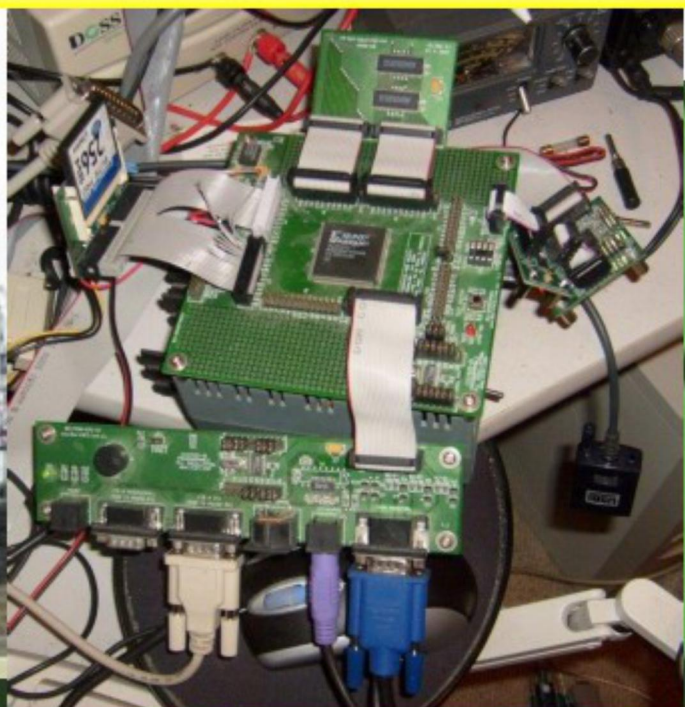




Jurnal Elektro dan Teknologi Informasi



VOL 1 NO 1 APRIL 2022



Editorial Boards

Editor-in-Chief

[Dr.Adhi Kusmantoro, ST, MT](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

Associate Editor-in-Chief

[Margono, ST, M.Eng](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

Reviewer

[Dr.Roy Rudolf Huizen, ST, MT](#) STIKOM, **Bali**

[Dr.Ari Endang Jayati, ST, MT](#) Universitas Semarang, **Semarang**

[Dr.Adri Gabriel Sooi, ST, MT](#) Universitas Katolik Widya Mandira, **Kupang**

[Dr.Eng.Imam Wahyudi Farid, ST, MT](#) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, **Surabaya**

[Dr.Dandy Pramana Hostiadi, S.Kom, MT](#) Institut Teknologi Sepuluh Nopember, **Surabaya**

[Dr.Sigit Ristanto, ST, M.Sc](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

Layout Editor

[Nugroho Dwi Saputro, M.Kom.](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

Administrator/ IT Support

[Rahmat Robi Waliyansyah, M.Kom.](#) Universitas PGRI Semarang, **Semarang**

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------|
| Pengendalian Pintu Pagar Geser Menggunakan Aplikasi Smartphone Android dan Mikrokontroler Arduino Melalui Bluetooth Kahfi Sukma Widi | 1-4 |
| Implementasi Pengendalian Suhu Pada Sistem Pasteurisasi Susu Dengan Metode PID Berbasis Temperature Controller Lisa Indriyani, Reza Maulidin, Puspa Jiwa Parahita Yunta | 5-12 |
| Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Superkapasitor Dengan Buck Converter Dan Boost Converter Puspa Jiwa Parahita Yunta, Lisa Indriyani, Reza Maulidin | 13-18 |
| Rancang Buck Boost Converter Untuk Mengatur Energi Pada Baterai Reza Maulidin, Puspa Jiwa Parahita Yunta, Lisa Indriyani | 19-24 |
| Kinerja Charger Controller dan Akumulator di Kampus III Universitas PGRI Semarang Edi Winambo | 25-30 |

Pengendalian Pintu Pagar Geser Menggunakan Aplikasi Smartphone Android dan Mikrokontroler Arduino Melalui Bluetooth

Kahfi Sukma Widi^{1*}

¹Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto, Semarang, 5023, Indonesia

*Email: kahfisukmawidi@gmail.com

ABSTRAK

Untuk membuka pintu pagar geser biasanya dilakukan secara konvensional yaitu dengan mendorongnya, membuka maupun menutup. Seiring perkembangan teknologi elektronika, pintu pagar dapat dibuka dan ditutup secara otomatis menggunakan remote control. Namun hal tersebut masih kurang efektif, karena remote control untuk membuka dan menutup pintu harus dibawa pemilik rumah sewaktu ia akan meninggalkan rumah, dan setiap pemilik rumah harus memiliki satu remote control khusus untuk membuka pintu pagar geser rumah. Pada penelitian ini, penulis mencoba membuat alat pengendali pintu pagar geser menggunakan aplikasi smartphone android dan mikrokontroler arduino melalui bluetooth, agar mempermudah penggunaannya dan menggantikan fungsi remote control. Dengan menerapkan bluetooth pada handphone android yang terkoneksi ke modul bluetooth pada arduino, kemudian sistem dikontrol melalui handphone android untuk mengirimkan data ke arduino agar diolah untuk mengontrol kondisi motor, sehingga pintu pagar dapat dibuka dan ditutup secara otomatis. Pengontrolan motor dan LED Indikator melalui arduino menggunakan sensor bluetooth dan photodiode dapat bekerja dengan baik. Dari hasil pengujian didapatkan maksimal pengontrolan menggunakan bluetooth dapat dipergunakan dengan jarak ± 10 meter dan jika melebihi jarak tersebut maka sistem akan mengalami error connection, untuk photodiode digunakan untuk mengontrol kondisi pintu untuk buka atau tutup setengah pintu pagar.

Kata Kunci : android, mikrokontroler, Arduino, bluetooth

PENDAHULUAN

Pintu pagar merupakan alat pembatas lahan antara rumah dan jalan, disamping itu pintu pagar juga berfungsi untuk keamanan dan kenyamanan sebagai tempat tinggal. Sebagai pengaman rumah, pagar dibuat tinggi dan dilengkapi dengan kunci pengaman agar hanya pemilik rumah saja yang bisa masuk. Selain itu dengan adanya pagar akan merasa nyaman karena tamu yang datang tidak langsung berdiri di depan pintu rumah kita.

Seiring perjalanan waktu dan perkembangan teknologi, pagar dibuat nyaman mungkin dengan membuat sistem buka tutup pintu pagar otomatis yang di kontrol dengan menggunakan remote control dari jarak jauh agar mempermudah kegiatan ke luar dan masuk rumah seperti kegiatan pergi bekerja, mengantar anak kesekolah, ibu pergi berbelanja atau anggota rumah lainnya yang melakukan kegiatan di luar rumah. Dengan adanya sistem kontrol otomatis ini penulis berharap bahwa pemilik rumah tidak bersusah payah menggeser dan mendorong pintu pagar yang banyak menghabiskan waktu dan tenaga, sedangkan bagi yang berada di atas kendaraannya merasa enggan beranjak turun dari kendaraannya hanya untuk membuka maupun menutup kembali pintu pagar yang dirasa kurang efisiensi waktu.

Remote control sebagai media membuka dan menutup pintu pagar secara otomatis kurang menguntungkan juga, terkadang remote control tersebut lupa di bawa dan tertinggal dirumah, sehingga orang yang berada di luar rumah bersusah payah untuk membuka pintu pagar. Permasalahan tersebut dapat di atasi dengan mengganti remote control tersebut dengan sebuah Handphone Android. Pada zaman sekaang ini handphone merupakan suatu kebutuhan sehari-hari bagi setiap manusia karena pentingnya sebagai media komunikasi dan informasi yang dapat di akses secara instan dimanapun dan kapanpun maka dari itu handphone selalu dibawa dan berada didekat kita. Dengan alasan diatas maka penulis mencoba meningkatkan fungsi handphone yang biasanya dipergunakan sebagai alat komunikasi juga dapat difungsikan sebagai pengganti remote control untuk media pengontrol pintu pagar. Pada penulisan ini, penulis membahas membuat alat pengendali pintu pagar dengan memanfaatkan teknologi Bluetooth pada Handphone yang dihubungkan ke modul bluetooth pada Arduino, sebagai input untuk membuka dan menutup pintu pagar secara otomatis. Alat ini merupakan serangkaian komponen berbentuk miniatur sebuah pintu yang dapat bergeser secara otomatis yang dikontrol menggunakan program mikrokontroler Arduino.

STUDI PUSTAKA

1. BLUETOOTH

Menurut Yogy Susaptoyono (2012:5) Bluetooth adalah teknologi yang memungkinkan dua perangkat yang kompatibel, seperti telepon dan PC untuk berkomunikasi tanpa kabel dan tidak memerlukan koneksi saluran yang terlihat. Teknologi ini memberikan perubahan yang Bluetooth sesungguhnya merupakan spesifikasi industri untuk jaringan wilayah pribadi nirkabel (WPAN). Bluetooth memfasilitasi koneksi dan pertukaran informasi di antara alat-alat seperti PDA, ponsel, komputer laptop, printer, dan kamera digital melalui frekuensi radio jarak dekat.

2. ARDUINO

Arduino adalah sebuah board mikrokontroler yang berbasis Atmega 328. Arduino memiliki 14 pininput / output yang mana 6 pin dapat digunakan sebagai output PWM, 6 analog input, crystalosilator 16MHz, koneksi USB, jack power, kepala ICSP, dan tombol reset. Arduino mempunen-support mikrokontroler; dapat dikoneksikan dengan komputer menggunakan kabel USB.

3. MOTOR DC

Menurut Syahrul, Motor bekerja berdasarkan prinsip induksi magnetik. Sirkuit internal motor DC terdiri dari kumparan/lilitan konduktor. Setiap arus yang mengalir dibentuk menjadi sebuah loop sehingga ada bagian konduktor yang berada didalam magnet pada saat yang sama, Konfigurasi konduktor seperti ini akan menghasilkan distorsi pada medan magnet utama menghasilkan gaya dorong pada masing-masing konduktor.

4. LIMIT SWITCH

Limit switch merupakan jenis saklar yang dilengkapi dengan katup yang berfungsi menggantikan tombol. Prinsip kerja limit switch sama seperti saklar Push ON yaitu hanya akan menghubungkan pada saat katupnya ditekan pada batas penekanan tertentu yang telah ditentukan dan akan memutus saat saat katup tidak ditekan. Limit switch termasuk dalam kategori sensor mekanis yaitu sensor yang akan memberikan perubahan elektrik saat terjadi perubahan mekanik pada sensor tersebut. Penerapan dari limit switch adalah sebagai sensor posisi suatu benda (objek) yang bergerak.

5. PWM (Pulse Width Modulation)

Pulse Width Modulation (PWM) secara umum adalah sebuah cara memanipulasi lebar sinyal yang dinyatakan dengan pulsa dalam suatu perioda, untuk mendapatkan tegangan rata-rata yang berbeda. Beberapa Contoh aplikasi PWM adalah pemodulasian data untuk telekomunikasi, pengontrolan daya atau tegangan yang masuk ke beban, regulator tegangan, audio effect dan penguatan, serta aplikasi-aplikasi lainnya. Aplikasi PWM berbasis mikrokontroler biasanya berupa, pengendalian kecepatan motor DC, Pengendalian Motor Servo, Pengaturan nyala terang LED.

Pembangkitan sinyal PWM yang paling sederhana adalah dengan cara membandingkan sinyal gigi gergaji sebagai tegangan carrier dengan tegangan referensi menggunakan rangkaian op-amp comparator.

6. App Inventor

Dengan kembalinya google membuat terobosan yang baru dalam dunia teknologi dan informasi, kali ini google

meluncurkan sebuah tool gratis yang dijalankan secara online untuk membuat berbagai macam aplikasi android.

Aplikasi ini adalah AppInventor. AppInventoryaitu sebuah appbuilder yang disediakan oleh googelabs untuk membuat aplikasi yang berjalan pada sistem operasi android. Prinsip kerja aplikasi ini sangat sederhana, untuk membuat sebuah aplikasi, tidak memerlukan coding sama sekali.

Dengan AppInventor ini google mencoba merobohkan paradigma dalam dunia pemograman yang selama ini dikenal sulit, apalagi untuk pengguna yang awam dalam dunia pemograman. Membuat aplikasi android menggunakan AppInventor sangatlah simple, hanya menyusun potongan-potongan puzzle yang terpisah kemudian disusun sedemikian rupa sehingga menjadi sebuah aplikasi android.

METODE/DESAIN

1. Perancangan Sistem

Dalam perancangan perangkat keras atau Hardware ini dibutuhkan beberapa komponen elektronika, perlengkapan mekanik dan device penunjang agar sistem dapat bekerja dan berjalan dengan baik sesuai dengan fungsinya. Agar mudah dipahami maka penulis membuat diagram blok dan alur kerjanya:



Gambar 1 Blok Diagram Sistem secara keseluruhan

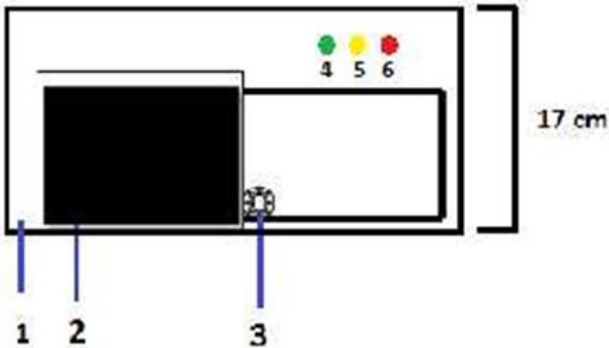
Diagram Blok di atas dapat dijelaskan sebagai berikut :

1. Handphone Android Tech berfungsi sebagai input yang mengoneksikan Bluetooth handphone dengan modul bluetooth pada arduino yang nantinya berfungsi sebagai pengontrol pintu pagar yang akan dikendalikan oleh operator.
2. Modul Bluetooth HC-05 berfungsi sebagai komunikasi data yang nantinya digunakan untuk mengirimkan data dari arduino, kemudian data yang terkirim tersebut diterima oleh handphone sehingga dapat mengendalikan pintu pagar. Range yang dapat dijangkau oleh bluetooth adalah ± 10 meter atau 30 feet.
3. Mikrokontroler arduino berfungsi sebagai otak dari sistem pengendalian pintu pagar secara keseluruhan.
4. Driver motor DC L293 berfungsi untuk mengendalikan motor DC, dalam rangkaian driver motor ini menggunakan IC L293 yang berfungsi sebagai saklar untuk dapat menghidupkan dan mematikan motor, mengatur kecepatan motor, dan mengendalikan arah putaran motor.
5. Motor DC berfungsi sebagai penggerak pintu pagar supaya dapat membuka dan menutup pintu pagar.

- 6. LED berfungsi sebagai display ketika bluetooth handphone terhubung ke sistem melalui modul bluetooth arduino.
- 7. *Power supply* berfungsi sebagai penyuplai daya untuk rangkaian sistem agar dapat bekerja dengan semestinya.

2. Rancangan Pintu Pagar

Pada perancangan mekanik pintu pagar, design yang dibuat nantinya akan diterapkan pada benda kerja sesuai dengan yang dikonsepsi sebelumnya dalam perancangan mekanik pintu pagar rumah



Gambar 2 Design pintu pagar rumah

Keterangan dari gambar diatas sebagai berikut:

- 1.Mekanik utama (body secara keseluruhan)
- 2.Pintu pagar
- 3.Motor DC
- 4.LED indicator
- 5.LED indicator
- 6.LED indicator

Dari gambar 2 diatas terlihat bahwa tinggi maksimal pintu pagar berukuran 17cm dengan diameter mekanik secara keseluruhan 35 x 40 cm dari design yang dibuat belum termasuk properti tambahan untuk pelindung rangkaian system yang akan diletakkan di dalam.

3. Aplikasi Android

Untuk mengontrol system pengendali pintu pagar ini menggunakan smartphone android, dirancang aplikasi android dengan menggunakan software App Inventor. Aplikasi ini berguna sebagai remote control untuk mengirimkan string kepada system pengendali pintu pagar. Adapun tampilan utama dari aplikasi android dapat dilihat pada gambar dibawah ini:



Gambar 3 interface android pengendali pintu pagar

4. Penulisan Program Pada Mikrokontroler

Dibutuhkan Driver USB, IDE Arduino 1.0 dan Arduino Uno Board agar program yang dibuat dapat berjalan di dalam mikrokontroler. Instalasi driver untuk Arduino Uno

dengan Windows 7, Vista atau XP:hubungkan board dan tunggu windows untuk memulai proses instalasi driver. Pada bagian Ports (COM & LPT) akan tampak sebuah port terbuka dengan nama Arduino Uno (COMxx), selanjutnya Update Driver Software dan ambil file driver Uno, dengan nama ArduinoUNO.inf. Memasukkan program kedalam mikrokontroler melalui menu Upload seperti pada gambar 4.



Gambar 4 Upload Program

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian

Setelah melakukan berbagai tahapan perancangan, selanjutnya adalah melakukan serangkaian uji coba pada masing - masing blok rangkaian yang bertujuan untuk mendapatkan hasil sesuai rancangan. Tujuan dari pengujian ini adalah melihat proses komunikasi data antara aplikasi dengan obyek yang akan dikendalikan, melalui perangkat modul bluetooth sebagai media komunikasi. Hasil pengujian dilakukan dengan 2 macampengujian, bisa dilihat pada table berikut :

Tabel 1 Pengujian Jarak Bluetooth Tegak Lurus Terhadap Benda:

| Jarak (meter) | Kondisi (Tegak Lurus Terhadap Benda) | Waktu Respon terhadap Pagar saat Tombol ditekan |
|---------------|--------------------------------------|---|
| 0 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 1 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 2 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 3 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 4 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 5 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 6 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 7 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 8 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 9 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 10 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 11 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 12 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 13 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 14 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| ≥ 15 | Pagar Tidak Terbuka | Error Connection |

Tabel 2 Pengujian Jarak Bluetooth Terhalang oleh Ruang/tembok:

| Jarak (meter) | Kondisi (terhalang oleh ruang/tembok) | Waktu Respon terhadap Pagar saat Tombol ditekan |
|---------------|---------------------------------------|---|
| 0 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 1 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 2 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 3 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 4 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 5 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 6 | Pagar Terbuka | 0,1 detik |
| 7 | Pagar Terbuka | 0,2 detik |
| 8 | Pagar Terbuka | 0,2 detik |
| 9 | Pagar Terbuka | 0,2 detik |
| 10 | Pagar Terbuka | 0,2 detik |
| ≥ 11 | Pagartidak Terbuka | Error connection |

2. Analisa

Setelah melakukan uji coba alat dengan hasil sesuai dengan rancangan, maka selanjutnya adalah implementasi alat. Kebutuhan aplikasi dan prototype untuk sistem yang akan diimplementasikan adalah sebagai berikut:

1. Kebutuhan aplikasi, 1 buah smartphone berbasis Android, Minimal SDK 2.2 (API 8)
2. Kebutuhan pengendali pintu pagar, Arduino Uno R3 : sebagai Platform untuk memasukkan program dan mengolah data pada mikrokontroler ATmega 328.
3. Motor Dc Gearbox, 1 buah untuk menggerakkan pintupagar, berada pada pin 12 dan 13
4. Modul bluetooth, 1 buah untuk menerima sinyal string dan berada pada pin 0 dan 1.

Aplikasi di pasang pada smartphone berbasis Android dalam penelitian ini menggunakan OPPO Mirror 3. Aplikasi yang dibuat dapat berkomunikasi dengan pintu pagar menggunakan koneksi bluetooth. Bluetooth yang digunakan pada sistem ini adalah modul Bluetooth HC-05, aplikasi akan mengirim data melalui Bluetooth yang selanjutnya dieksekusi oleh mikrokontroler. Mikrokontroler mengirimkan sinyal untuk dapat membuka dan menutup pintu pagar.

KESIMPULAN

Setelah melakukan perancangan, pembuatan, pengujian dan analisa terhadap alat ini, maka dapat diambil beberapa kesimpulan:

1. Prototype ini dibuat dengan bentuk seperti pintu pagar asli, sehingga dapat di implementasikan pada pintu pagar sungguhan. Serta memanfaatkan Arduino Uno sebagai Platform untuk perancangan dan pengembangan prototype.
2. Aplikasi kontrol berbasis android dapat dikembangkan oleh software apapun namun dalam penelitian ini memakai software App Inventor. Hasil penelitian ini, bahwa smartphone berbasis android dapat mengendalikan pintupagar melalui interface pada layar smartphone.
3. Aplikasi harus terkoneksi dengan Bluetooth HC-05 agar bisa mengendalikan pintu pagar dengan memfungsikan 2 pin pada arduino uno yakni PIN 12 dan 13 untuk menggerakkan motor dc.

REFERENSI

- [1] G. Eason, B. Noble, and I. N. Sneddon, "On certain integrals of Lipschitz-Hankel type involving products of Bessel functions," *Phil. Trans. Roy. Soc. London*, vol. A247, pp. 529–551, April 1955.
- [2] J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp.68–73.
- [3] I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271–350.
- [4] K. Elissa, "Title of paper if known," unpublished.
- [5] Y. Yorozu, M. Hirano, K. Oka, and Y. Tagawa, "Electron spectroscopy studies on magneto-optical media and plastic substrate interface," *IEEE Transl. J. Magn. Japan*, vol. 2, pp. 740–741, August 1987 [Digests 9th Annual Conf. Magnetics Japan, p. 301, 1982].
- [6] I. Setiawan, *Kontrol PID untuk proses industri*, Jakarta, Indonesia: Elex Media Komputindo, 2008.
- [7] R. Nicole, "Title of paper with only first word capitalized", *J. Name Stand. Abbrev.*, in press.
- [8] M. M'Saad, M. Bouslimani, and M. A. Latifi, "PID adaptive control of exothermic stirred tank reactors," in *Proc. 2nd IEEE Conference on Control Applications*, Sep. 1993, pp. 113–117.
- [9] R. Murray and B. Grunloh. (view Jan. 2013). FAQ: what is steady-state error? [Online]. Available: http://www.cds.caltech.edu/~murray/amwiki/index.php/FAQ:_What_is_steady_state_error%3F.

Implementasi Pengendalian Suhu Pada Sistem Pasteurisasi Susu Dengan Metode PID Berbasis Temperature Controller

Lisa Indriyani^{1*}, Reza Maulidin², Puspa Jiwa Parahita Yunta³

^{1,2,3} Program Studi Teknik Elektro, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur 24- Dr. Cipto Semarang 50232 Indonesia

*Email: lisaindriyani1309@gmail.com

ABSTRAK

Pasteurisasi berfungsi untuk membunuh bakteri patogen yang dapat mengganggu kesehatan. Selain itu juga bermanfaat untuk menjaga kualitas susu sehingga dapat bertahan lama. Proses pasteurisasi yang digunakan yaitu dengan model *Low Temperature Long Time* (LTLT) dan digunakan suhu pemanasan 64⁰C selama 30 menit. Penelitian ini menggunakan sensor suhu PT100 sebagai sensor utama untuk pengambilan pengendalian suhu pada proses pasteurisasi ini. *Temperature controller* digunakan sebagai alat pengontrol dengan metode PID (*Proportional Integral Derivative*). Proses penentuan nilai PID digunakan dengan metode pendekatan Ziegler-Nichols tipe II dan *auto tuning*. Dari beberapa uji dengan metode kontrol PID respon yang diberikan dengan metode pendekatan Ziegler-Nichols tipe II lebih baik berdasarkan pengukuran *overshoot*. Diperoleh nilai PB = 15; TI = 150; dan TD = 38. Proses pasteurisasi ini menghasilkan susu dengan daya tahan yang baik, yaitu bisa bertahan 1 hari.

Kata kunci: *Pasteurisasi susu, Pengendalian suhu, Kontrol PID (Proportional Integral Derivative), Temperature controller.*

PENDAHULUAN

Susu merupakan bahan minuman yang memiliki banyak kandungan gizi tinggi tetapi rentan terhadap bakteri sehingga tidak tahan lama. Oleh karena itu, perlu pengolahan susu agar bisa mengoptimalkan kualitas susu dan ketahanan susu sehingga susu bisa bertahan cukup lama. Salah satu pengolahan untuk mencegah kerentanan susu terhadap kerusakan yaitu melakukan pasteurisasi susu dengan cara pemanasan.

Pasteurisasi adalah proses pemanasan dengan tujuan untuk menghancurkan mikroorganisme penyebab penyakit (patogen) yang ada di dalam susu mentah, dengan cara memanaskan susu ditemperatur tinggi agar tetap terjaga kualitas nutrisi susu. Menurut [1] empat cara dasar pasteurisasi susu, (1) Pasteurisasi suhu rendah berkelanjutan (*LTLT = Low Temperature Long Time*), pasteurisasi dengan memanaskan hingga 62,2⁰-65⁰C selama 30 menit. (2) Pasteurisasi suhu tinggi berkelanjutan (*HTLT = High Temperature Long Time*), pasteurisasi dengan memanaskan hingga lebih dari 72⁰C selama lebih dari 15 menit. (3) Metode suhu tinggi waktu singkat (*HTST = High Temperature Short Time*), pasteurisasi pada suhu lebih dari 72⁰C selama lebih dari 15 detik. (4) Pasteurisasi suhu sangat tinggi waktu singkat (*UHT = Ultra High Temperature*), pasteurisasi dengan memanaskan hingga 120⁰-130⁰C selama 2 detik (atau hingga 150⁰C selama 1 detik).

Pada proses pasteurisasi ini, keadaan suhu merupakan bagian terpenting yang harus diperhatikan sehingga tetap stabil.

Oleh karena itu, pada penelitian ini pengendalian suhu merupakan aspek yang ditekankan agar mendapatkan

hasil pasteurisasi susu yang sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Penelitian ini akan membuat sistem pasteurisasi susu dengan kontrol otomatis agar suhu dapat dikendalikan dengan stabil. Kontroler PID memiliki konsep penerapan yang sederhana sehingga diharapkan dengan penggunaan PID performa sistem menjadi stabil dan reaksi sistem menjadi cepat serta memiliki keluaran sistem sesuai yang diinginkan.

STUDI PUSTAKA

Dalam penelitian [2], sistem pengendali PID memberikan respon lebih cepat daripada sistem pengendali Fuzzy berdasarkan pengukuran indikator waktu tunda, waktu naik, waktu puncak dan waktu penetapan. Sebaliknya sistem pengendali Fuzzy menghasilkan nilai MSE lebih kecil daripada sistem pengendali PID yang menunjukkan bahwa sistem pengendali Fuzzy memiliki fluktuasi kesalahan lebih kecil daripada sistem pengendali PID dalam proses pasteurisasi susu.

Dalam penelitian [3], dengan menerapkan rumus empiris metode Ziegler-Nichols osilasi teredam masih terjadi overshoot suhu namun osilasi mampu teredam dan cepat mencapai keadaan tunak/stabil. Namun dari beberapa hasil kontrol yang telah digunakan menunjukkan bahwa hasil kendali menggunakan pengendali PID yang menghasilkan kestabilan suhu yang diharapkan.

Dalam penelitian [4], diketahui bahwasan sistem tanpa menggunakan PID tidak dapat mencapai setpoint yang diinginkan. Dengan digunakannya parameter PID hasil tuning didapatkan respon yang lebih cepat dari pada respon tanpa menggunakan PID, serta dapat mencapai setpoint yang diinginkan.

Dalam penelitian [5], pada kontrol PID, temperatur naik dengan pelan pelan tetapi sangat teratur (step by step) hingga temperatur mencapai titik puncak dan kembali turun lagi. Pada saat pada posisi titik terendah PID sangat lama untuk kembali naik memerlukan 28 detik baru temperature naik kembali.

Dalam penelitian [6], selain mikrokontroler dan PLC, terdapat jenis kontroler lain yang didesain khusus untuk mengontrol suatu proses tertentu. Salah satunya adalah Autonics TK4S-14RN yang merupakan *temperature controller*. Autonics TK4S-14RN didesain memiliki sistem pengukur temperatur menggunakan sensor, sistem pemanas, sistem pendingin, power supply, multi SV setting, dan sistem penampil digital yang terintegrasi menjadi satu unit yang kompak. Sistem kontrol yang ada dapat bekerja secara maksimal dan dikehendaki oleh pengguna dengan mengatur parameter-parameter yang dibutuhkan dengan akurasi $\pm 0,3\%$. Sistem kontrol pada Autonics TK4S14RN diantaranya PID (Proporsional, Integral, dan Defrensial) dan on/off.

Dalam penelitian [7], Pengujian sistem dengan beban menggunakan PID ditunjukkan sistem didapatkan nilai debityang terukur mendekati nilai setpoint, dengan rata – rata prosentase error-nya yaitu 0.9%. Hasil tersebut membuktikan bahwa penambahan kontrol PID membuat sistem lebih stabil dengan nilai error yang dapat ditoleransi. Pada pengujian sistem menggunakan beban dengan PID, laju aliranair dapat kembali ke nilai setpoint ketika sistem diberi hambatan berupa putaran kran air dengan sudut tertentu.

Kinerja kendali PID ini akan optimal dengan penalaan yang baik. Penalaan dilakukan untuk memperoleh konstanta PID yang akan mempengaruhi karakteristik sistem seperti rise time, settling time, overshoot, dan steady state error. Untuk memperoleh nilai konstanta PID suatu sistem dapat dilakukan dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols (ZN). Metode ini digunakan karena mudah diterapkan pada sistem yang rumit seperti quadrotor tanpa memerlukan model matematikanya karena bisa langsung diuji coba pada sistem yang akan ditala. Nilai gain yang didapat mungkin akan menghasilkan tanggapan yang kurang baik sehingga memerlukan fine tuning sampai mendapatkan tanggapan sistem yang diinginkan [8].

Pada kendali PID diperlukan tiga parameter yang bisa didapatkan dengan penalaan Ziegler-Nichols. Hasil dari penelitian menunjukkan bahwa respon plant adalah osilasi kontinu dan bisa diatasi dengan menggunakan penalaan osilasi kontinyu Ziegler-Nichols. Dengan menggunakan kendali PID pada LabVIEW dan penalaan parameter menggunakan metode Ziegler-Nichols, untuk set point suhu 40°C didapatkan respon plant sebesar $(40 \pm 0,5)^{\circ}\text{C}$. Dengan kata lain pengendalian suhu menggunakan kendali PID dan metode Ziegler-Nichols memiliki error dibawah 2% yang menunjukkan bahwa sistem kendali suhu ini layak untuk digunakan [9].

1. Pasteurisasi Susu

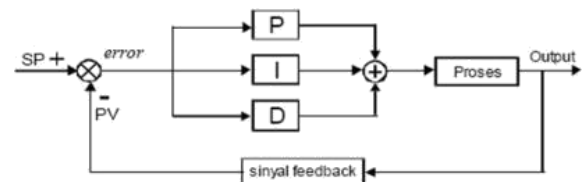
Pasteurisasi merupakan proses pengolahan bahan pangan dan hasil pertanian secara termal dan untuk memperpanjang umur simpan bahan pangan dengan cara inaktivasi sel vegetatif dari mikroorganisme patogen dan pembusuk dengan proses pemanasan, biasanya dilakukan pada suhu antara 65°C sampai 95°C [10].

Pasteurisasi susu dilakukan untuk membuat daya tahan susu menjadi lebih baik. Menurut [1] dalam pasteurisasi susu ada 4 cara dasar yang dapat dilakukan yaitu.

1. Pasteurisasi suhu rendah berkelanjutan (*LTLT = Low Temperature Long Time/Suhu Rendah Waktu Lama*).
2. Pasteurisasi dengan memanaskan hingga $62,2^{\circ}\text{C}$ - 65°C selama 30 menit. Cara ini disebut metode pasteurisasi suhu rendah.
3. Pasteurisasi suhu tinggi berkelanjutan (*HTLT = High Temperature Long Time/Suhu Tinggi Waktu Lama*). Pasteurisasi dengan memanaskan hingga lebih dari 75°C selama lebih dari 15 menit.
4. Metode suhu tinggi waktu singkat (*HTST = High Temperature Short Time*). Pasteurisasi pada suhu lebih dari 72°C selama lebih dari 15 detik. Cara ini adalah metode pasteurisasi yang paling banyak digunakan di seluruh dunia.
5. Pasteurisasi suhu sangat tinggi waktu singkat (*UHT = Ultra High Temperature*). Pasteurisasi dengan memanaskan hingga 120°C - 130°C selama 2 detik (atau hingga 150°C selama 1 detik).

2. Kontrol (Proportional Integral Derivative) PID

Kontrol PID (*Proportional Integral Derivative*) merupakan penggabungan semua dari ketiga mode kontrol (*proportional, integral, dan derivative*) memungkinkan untuk mendapatkan sebuah pengontrol yang tidak mempunyai *error* keadaan tunak serta dapat mereduksi kecenderungan terjadinya osilasi. Kontroler PID menentukan kepresisian suatu sistem instrumentasi dengan karakteristik adanya umpan balik/*feed back* pada sistem tersebut



Gambar 1. Diagram Blok Kontrol PID

Persamaan dibawah ini memperlihatkan bentuk umum PID ideal.

$$CO(t) = K_p \left[e(t) + \frac{1}{T_i} \int_0^1 e(\tau) d\tau + T_D \frac{de(t)}{dt} \right] \quad (1)$$

Atau

$$CO(t) = K_p e(t) + K_1 \int_0^1 e(\tau) d\tau + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (2)$$

Khusus untuk gain Proporsional, beberapa vendor PID komersil seperti Yokogawa dalam produknya

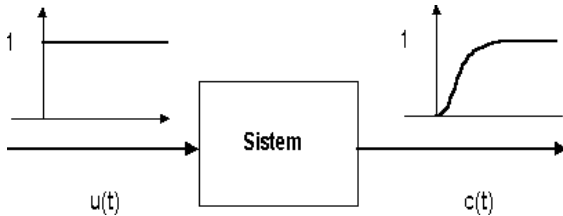
menggunakan istilah *Proporsional Band* (PB) yang dirumuskan oleh persamaan (3) berikut:

$$PB(\%) = \frac{100\%}{K_P} \quad (3)$$

3. Metode Ziegler-Nichols

Metode ini dilakukan dengan menentukan nilai K_P , T_I , dan T_D berdasarkan karakteristik tanggapan peralihan dari *plant* yang diberikan. Metode ini dibagi menjadi Ziegler-Nichols tipe I (*Open Loop*) dan Ziegler-Nichols tipe II (*Closed Loop*).

A. Ziegler-Nichols tipe I (*Open Loop*)

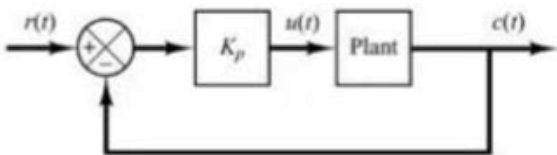


Gambar 2. Diagram Blok *Open Loop*

Dari respon *open loop* yang dihasilkan, parameter-parameter Ziegler-Nichols tipe I (L dan T) dapat didapatkan.

B. Ziegler-Nichols Tipe II (*Closed Loop*)

Dalam tipe II, digunakan sistem *closed loop*. Namun yang digunakan hanya K_P saja, sistem dibuat beresilasi terus-menerus dengan mengatur besarnya nilai K_P



Gambar 3. Diagram Blok *Closed Loop*

Basarnya nilai K_P saat respon sistem beresilasi terus-menerus merupakan nilai K_{cr} . Setelah parameter K_{cr} dan P_{cr} didapatkan, nilai-nilai K_P , T_I , dan T_D bisa dihitung berdasarkan rumus pada tabel 1 berikut ini

Tabel 1. Tabel parameter PID untuk Ziegler-Nichols tipe II

| Tipe Pengendali | K_P | T_I | T_D |
|-----------------|--------------|-----------------------|---------------|
| P | $0,5K_{cr}$ | ∞ | 0 |
| PI | $0,45K_{cr}$ | $\frac{1}{1,2}P_{cr}$ | 0 |
| PID | $0,6K_{cr}$ | $0,5P_{cr}$ | $0,125P_{cr}$ |

- $K_1 = 2 \times \frac{K_P}{T_I} \quad (4)$

- $K_D = K_P \times T_D \quad (5)$

4. Sensor suhu PT100



Gambar 4. Diagram Blok *Open Loop*

Sensor PT100 merupakan tipe sensor RTD (*Resistance Temperature Detector*). RTD adalah sebuah alat yang digunakan untuk menentukan nilai atau besaran suatu temperatur/suhu dengan menggunakan elemen sensitif dari kawat platina, tembaga, atau nikel murni. Sensor RTD PT100 digunakan pada kisaran -200°C sampai 650°C . PT100 merupakan salah satu jenis sensor suhu yang terkenal dengan keakurasiannya.

5. Relay

Relay adalah sebuah alat yang berfungsi sebagai *switch* elektronik dimana penggeraknya terbuat dari lilitan kawat tembaga. *Relay* berfungsi untuk mengontrol sirkuit kelistrikan pada arus yang besar dengan menggunakan sirkuit kelistrikan yang arusnya lebih rendah dan sebagai jugasebagai pengendali sistem.



Gambar 5. *Solid State Relay* (SSR)

Sebuah *Solid State Relay* (SSR) adalah saklar elektronik, yang tidak seperti sebuah *relay* elektromekanis tidak berisi bagian penggerak. SSR ditetapkan sebagai kontrol ON-OFF dimana arus beban dilakukan oleh satu semikonduktor. Perbedaan utama adalah SSR tidak memiliki bagian mekanik yang bergerak didalamnya. Pada dasarnya, ini adalah perangkat elektronik yang bergantung pada listrik, magnetik, dan optiksemi konduktor.

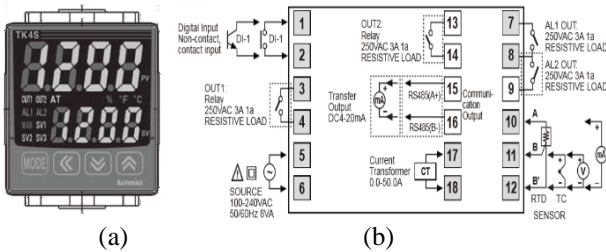
6. Kompor Listrik

Kompor listrik induksi dalam penelitian ini digunakan untuk menghasilkan panas yang dapat membantu proses pasteurisasi. Kompor listrik ini memiliki rentang kerja daya antara 300-600Watt. Kompor induksi bekerja akibat efek induksi yang diakibatkan oleh arus listrik yang melewati kumparan yang ada dalam kompor tersebut



Gambar 6. Kompor Listrik

7. Temperature Controller Kontrol PID seri TK4S



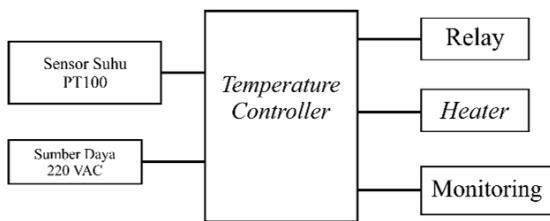
Gambar 7. (a) Tampilan Depan TK4S (b) Connection Pin TK4S

Temperature controller kontrol PID seri TK4S merupakan standar kontrol temperatur PID. Alat ini dapat mewujudkan kontrol yang lebih kuat dengan siklus pengambilan sampel dalam waktu 50 ms dan memiliki akurasi tampilan +/-0,3%. Kontrol ini mendukung beragam kontrol termasuk kontrol perubahan pemanasan dan pendinginan, pengendalian otomatis, dan fungsi komunikasi. TK4S juga mendukung beragam sensor, multi SV setting, SSR drive output + current output, dan tampilan resolusi tinggi.

METODE/DESAIN

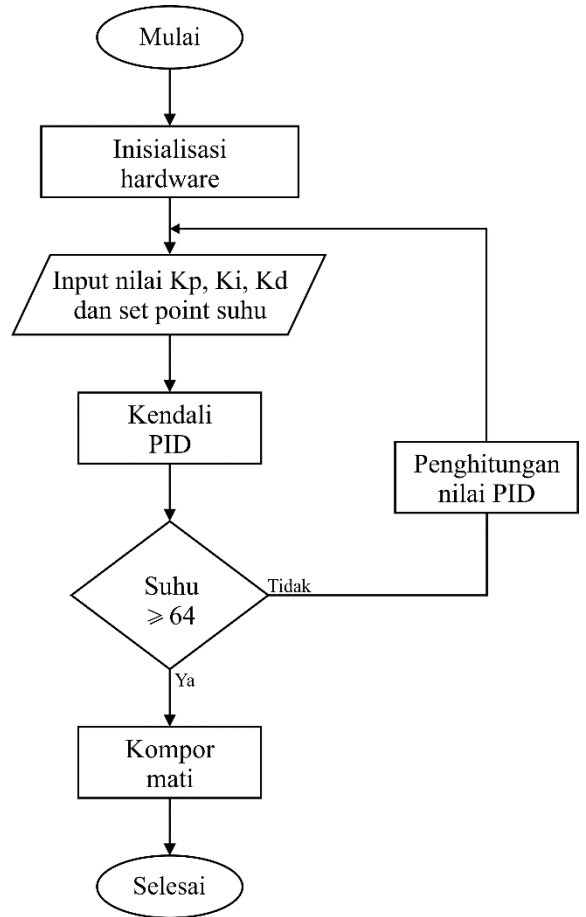
1. Melakukan Perancangan Pada Hardware

Perancangan hardware secara umum meliputi unit input dan output pada temperature controller. Hardware sistem pengendali suhu pada pasteurisasi susu diperlukan guna mendukung kinerja yang digunakan sistem untuk menghasilkan output sistem yang baik



Gambar 8. Blok Diagram Sistem Pengendalian Suhu Pasteurisasi Susu

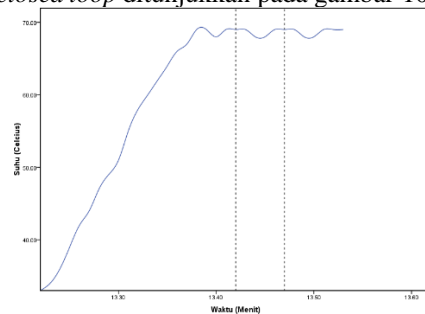
2. Perancangan Sistem



Gambar 9. Flowchart Sistem Pasteurisasi Susu dengan PID

3. Menentukan Nilai KP, KI, dan KD dengan Metode Ziegler-Nichols Tipe II (Close Loop)

Metode yang digunakan untuk menentukan nilai PID yaitu dengan menggunakan metode Ziegler-Nichols tipe II. Dalam menentukan nilai parameter PID dengan menggunakan respon yang diatur dengan slider gain sehingga respon berhasil. Percobaan dilakukan dengan menggunakan kontrol proporsional, KI dan KD di set 0. Respon closed loop ditunjukkan pada gambar 10 berikut.



Gambar 10. Grafik Respon Closed Loop

Nilai KP saat respon beresilasi terus- menerus merupakan nilai Kcr. Selanjutnya yaitu mencari nilai priode kritis atau disebut Pcr. Dari proses osilasi pada pengujian kontrol proportional diperoleh nilai $K_{cr} = 11$ dan $P_{cr} = 300$ detik. Setelah ini Kcr dan Pcr diperoleh, dimasukan ke rumus-rumus PID Ziegler Nichols II, maka diperoleh.

$$K_p = 0,6K_{cr} = 0,6 \times 11 = 6,6$$

$$T_i = 0,5P_{cr} = 0,5 \times 300 = 150$$

$$T_d = 0,125P_{cr} = 0,125 \times 300 = 38$$

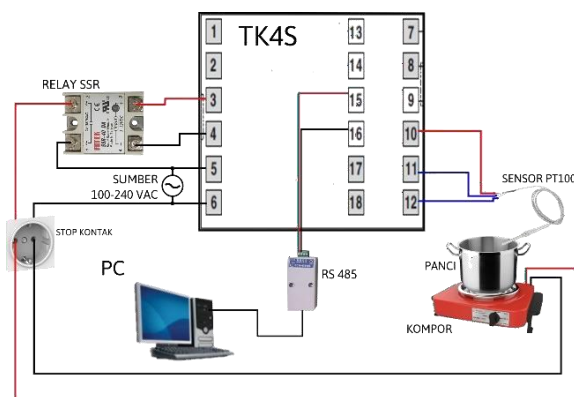
$$\%PB = \frac{1}{6,6} \times 100\% = 15$$

Maka konstanta dari Ki dan Kd dapat diperoleh dengan menggunakan rumus berikut.

$$K_i = 2 \times \frac{K_p}{T_i} = 2 \times \frac{6,6}{150} = 0,088$$

$$K_D = K_p \times T_D = 6,6 \times 38 = 250,8$$

4. Desain Mekanik Sistem



Gambar 11. Desain Mekanik Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Sensor Suhu PT100

Pengujian ini dilakukan dengan membandingkan antara sensor PT100 dengan termometer. Hasil pengujian sensor suhu PT100 dapat dilihat dalam tabel 2.

Tabel 2. Hasil Pengujian Sensor PT100

| No | Suhu Termometer (0C) | Sensor PT100 (0C) | Error (0C) |
|-----------------|----------------------|-------------------|-------------|
| 1. | 26 | 26 | 0 |
| 2. | 31 | 31 | 0 |
| 3. | 35 | 35 | 0 |
| 4. | 39 | 39 | 0 |
| 5. | 45 | 46 | 1 |
| 6. | 49 | 49 | 0 |
| 7. | 55 | 55 | 0 |
| 8. | 58 | 59 | 1 |
| 9. | 60 | 60 | 0 |
| 10. | 64 | 64 | 0 |
| Rata-rata error | | | 0.2 |

Dalam pengujian ini, suhu dibuat antara 260-640C. Hasil dari pengujian sensor suhu PT100 menunjukkan bahwa sensor memiliki kemampuan pembacaan yang cukup akurat dengan nilai rata-rata error sebesar 0.20C.

2. Pengujian Dengan Metode KontrolPID (Auto Tunning)

Hasil merupakan capaian kegiatan penelitian yang telah dilakukan. Hasil dapat berupa tabel atau grafik. Pembahasan menjelaskan hasil yang telah dicapai, juga membandingkan hasil yang telah dicapai dengan hasil dari penelitian sebelumnya. Keterbaruan juga dapat diperlihatkan berdasarkan hasil yang telah diperoleh.

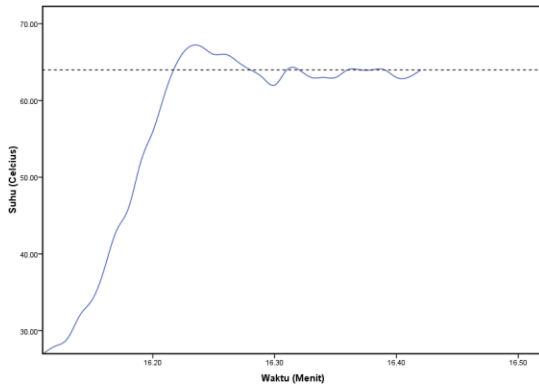
Pengujian respon sistem dilakukan dengan mengatur set point sebesar 64⁰C. Dari nilai suhu tersebut dapat diketahui respon yang dihasilkan untuk mencapai titik stabil dengan menggunakan nilai PB, TI, dan TD yang sudah didapatkan dengan cara auto tuning. Hasil dari auto tuning ini menghasilkan nilai PB = 1.4; TI = 59; dan TD= 12. Dibawah ini merupakan tabel hasil pengujian dengan menggunakan control PID.

Tabel 3. Tabel Hasil Pengujian kontrol PID (Auto Tunning)

| No. | Waktu (Menit) | Suhu (Celcius) |
|-----|---------------|----------------|
| 1. | 16.11 | 27 |
| 2. | 16.12 | 28 |
| 3. | 16.13 | 29 |
| 4. | 16.14 | 32 |
| 5. | 16.15 | 34 |
| 6. | 16.16 | 38 |
| 7. | 16.17 | 43 |
| 8. | 16.18 | 46 |
| 9. | 16.19 | 52 |
| 10. | 16.20 | 56 |
| 11. | 16.21 | 61 |
| 12. | 16.22 | 65 |
| 13. | 16.23 | 67 |
| 14. | 16.24 | 67 |
| 15. | 16.25 | 66 |
| 16. | 16.26 | 66 |
| 17. | 16.27 | 65 |
| 18. | 16.28 | 64 |
| 19. | 16.29 | 63 |
| 20. | 16.30 | 62 |
| 21. | 16.31 | 64 |
| 22. | 16.32 | 64 |
| 23. | 16.33 | 63 |
| 24. | 16.34 | 63 |
| 25. | 16.35 | 63 |
| 26. | 16.36 | 64 |

| | | |
|-----|-------|----|
| 27. | 16.37 | 64 |
| 28. | 16.38 | 64 |
| 29. | 16.39 | 64 |
| 30. | 16.40 | 63 |

Dari percobaan tersebut diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 0,3%, *overshoot* 0,67%, *settling time* dengan waktu 25 menit, dan *rise time* sebesar 11 menit, berikut grafik dari perubahan nilai suhu pada sistem pasteurisasi dengan kontrol PID (*auto tuning*), ditunjukkan dengan gambar 12



Gambar 12. Grafik Respon Sistem PID (Auto Tuning) Pada Pasteurisasi Susu

3. Pengujian Dengan Metode Kontrol PI

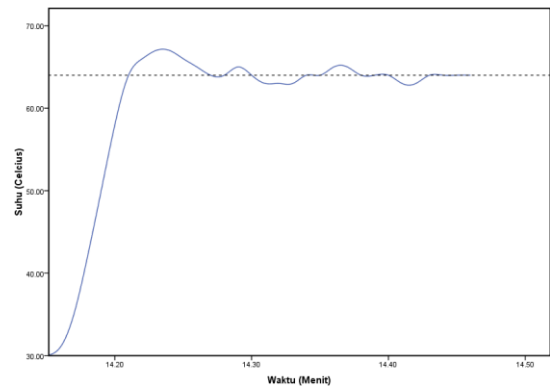
Nilai PI yang diberikan pada pengujian ini yaitu $PB = 15$ dan $TI = 150$ pengujian ini dilakukan pada suhu awal $30^{\circ}C$ dan setpoint suhu sebesar $64^{\circ}C$ selama 30 menit. Tabel 4 merupakan hasil pengujian dengan menggunakan kontrol PI

Tabel 4. Tabel Hasil Pengujian kontrol PI

| No. | Waktu (Menit) | Suhu (Celcius) |
|-----|---------------|----------------|
| 1. | 14.15 | 30 |
| 2. | 14.16 | 31 |
| 3. | 14.17 | 35 |
| 4. | 14.18 | 42 |
| 5. | 14.19 | 50 |
| 6. | 14.20 | 58 |
| 7. | 14.21 | 64 |
| 8. | 14.22 | 66 |
| 9. | 14.23 | 67 |
| 10. | 14.24 | 67 |
| 11. | 14.25 | 66 |
| 12. | 14.26 | 65 |
| 13. | 14.27 | 64 |
| 14. | 14.28 | 64 |
| 15. | 14.29 | 65 |
| 16. | 14.30 | 64 |
| 17. | 14.31 | 63 |

| | | |
|-----|-------|----|
| 18. | 14.32 | 63 |
| 19. | 14.33 | 63 |
| 20. | 14.34 | 64 |
| 21. | 14.35 | 64 |
| 22. | 14.36 | 65 |
| 23. | 14.37 | 65 |
| 24. | 14.38 | 64 |
| 25. | 14.39 | 64 |
| 26. | 14.40 | 64 |
| 27. | 14.41 | 63 |
| 28. | 14.42 | 63 |
| 29. | 14.43 | 64 |
| 30. | 14.44 | 64 |

Dari percobaan tersebut diperoleh nilai rata-rata *error* sebesar 0,3%, *overshoot* 0,67%, *settling time* dengan waktu 22 menit, dan *rise time* sebesar 5 menit, berikut grafik dari perubahan nilai suhu pada sistem pasteurisasi dengan kontrol PI, ditunjukkan dengan gambar 13.



Gambar 13. Grafik Respon Sistem PI Pada Pasteurisasi Susu

4. Pengujian Dengan Kontrol PID (Manual Tuning)

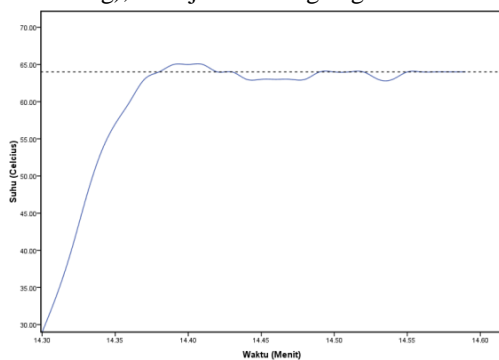
Pada pengujian terakhir dilakukan pengujian PID dengan manual tuning. Untuk mencapai titik stabil PID menggunakan metode Ziegler-Nichols tipe II. Besar nilai yang diberikan yaitu $PB = 15$; $TI = 150$; dan $TD = 38$. Berikut hasil pengujian dengan menggunakan kontrol PID pada tabel 5.

Tabel 5. Tabel Hasil Pengujian kontrol PID (*Manual Tuning*)

| No | Waktu (Menit) | Suhu (Celcius) |
|----|---------------|-----------------|
| 1. | 14.30 | 29 |
| 2. | 14.31 | 34 |
| 3. | 14.32 | 40 |
| 4. | 14.33 | 47 |
| 5. | 14.34 | 53 |
| 6. | 14.35 | 57 |
| 7. | 14.36 | 60 |

| | | |
|-----|-------|----|
| 8. | 14.37 | 63 |
| 9. | 14.38 | 64 |
| 10. | 14.39 | 65 |
| 11. | 14.40 | 65 |
| 12. | 14.41 | 65 |
| 13. | 14.42 | 64 |
| 14. | 14.43 | 64 |
| 15. | 14.44 | 63 |
| 16. | 14.45 | 63 |
| 17. | 14.46 | 63 |
| 18. | 14.47 | 63 |
| 19. | 14.48 | 63 |
| 20. | 14.49 | 64 |
| 21. | 14.50 | 64 |
| 22. | 14.51 | 64 |
| 23. | 14.52 | 64 |
| 24. | 14.53 | 63 |
| 25. | 14.54 | 63 |
| 26. | 14.55 | 64 |
| 27. | 14.56 | 64 |
| 28. | 14.57 | 64 |
| 29. | 14.58 | 64 |
| 30. | 14.59 | 64 |

Dari percobaan tersebut diperoleh nilai rata-rata error sebesar 0,1%, overshoot 0,65%, settling time dengan waktu 19 menit, dan rise time sebesar 8 menit, berikut grafik dari perubahan nilai suhu pada sistem pasteurisasi dengan kontrol PID (manual tuning), ditunjukkan dengan gambar 14.



Gambar 14. Grafik Respon Sistem PID Pada Pasteurisasi Susu

5. Pembahasan

Berdasarkan karakteristik dari sistem pasteurisasi susu dengan cara suhu rendah berkelanjutan (*LTLT = Low Temperature Long Time/Suhu Rendah Waktu Lama*). Pasteurisasi dengan memanaskan hingga 62,2^o-65^oC selama 30 menit. Cara ini disebut metode pasteurisasi suhu rendah. Maka metode PID dengan manual tuning yang paling baik karena overshoot dari metode tuning tersebut cukup rendah.

Berikut tabel perbandingan antara uji metode yang dilakukan.

Tabel 6. Perbandingan Hasil Uji Metode

| Metode | Error | Overshoot | Settling Time | Rise time |
|---------------------|-------|-----------|---------------|-----------|
| PID (Auto Tuning) | 0,12% | 0,67% | 25 menit | 11 menit |
| PI | 0,13% | 0,67% | 22 menit | 5 menit |
| PID (Manual Tuning) | 0,1% | 0,65% | 19 menit | 8 menit |

6. Pengujian Kualitas Susu

Pengujian kualitas susu dilakukan agar hasil yang diperoleh dari pasteurisasi dapat memperoleh hasil yang sesuai dengan kebutuhan. Susu memiliki daya tahan yang baik dan tahan lama. Berdasarkan pengujian yang dilakukan susu pada suhu normal bisa dibedakan berdasarkan sisi warnanya maupun dari tekstur dan bau susu. Susu hasil pasteurisasi yang diuji menghasilkan daya tahan yang lama yaitu dapat bertahan selama 1 hari. Pada saat hari ke 2 tekstur susu sudah hancur dan aromanya menyengat.



Gambar 15. Susu Hasil Pasteurisasi

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Pengujian sistem yang dilakukan secara otomatis untuk dapat mengatur temperatur suhu pasteurisasi susu dengan menggunakan metode PID mendapatkan mode manual tuning yang paling baik.
2. Sistem pengendali PID dengan penalaan Ziegler-Nichols tipe II diperoleh nilai $PB = 15$; $TI = 150$; $TD = 38$ sehingga memiliki unjuk kerja yang baik karena ini mampu mencapai dan mempertahankan suhu pada referensi yang diinginkan.
3. Pengujian respon sistem menggunakan referensi tetap 64^oC selama 30 menit dan menghasilkan nilai rata-rata error sebesar 0,1%, overshoot 0,65%, settling time dengan waktu 19 menit, dan rise time sebesar 8 menit.

4. Karakteristik pada sistem *temperature controller* kontrol PID seri TK4S memberikan kemudahan dalam pemrograman yaitu melalui proses penentuan parameter-parameter padapengendalian suhu.

Pengujian susu ditempat ruangan dengan suhu normal, susu dapat bertahan hingga 1 hari, sehingga bisa dikatakan susu memiliki daya tahan yang baik.

2. Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan maka peneliti memiliki saran agar pengembangan terus berlanjut. Adapun saran sebagai berikut:

1. Menerapkan penggunaan *Unit Power Suplay* sebagai *buckup* daya apabila terjadi gangguan pada listrik PLN dan menerapkan sistem monitoring secara online.
2. Dapat menggunakan metode pengendalian temperatur yang bisa dikembangkan seperti logika *fuzzy* (FLC) dan jaringan syaraf tiruan (JST) agar mengurangi *steady state*.

Untuk pengembangan lanjutan, dapat menggunakan kontrol jenis lain dan sensor suhu yang lebih baik.

REFERENSI

- [1] H. Shinya, *The Miracle Of Enzyme: Self-Healing Program*, II. Bandung: Qanita, 2008.
- [2] Y. Triwidyastuti, M. Nizar, J. Jusak, P. Studi, and S. Komputer, "Pengendali Suhu pada Proses Pasteurisasi Susu dengan Temperature Control For Milk Pasteurization Utilizing The Proportional-Integral-Derivative (PID) And Fuzzy Sugeno Method," *J. Teknol. Inf. dan Ilmu Komput.*, vol. 9, no. 4, pp. 335-362, 2019.
- [3] T. B. Pratomo, A. Dharmawan, A. Syoufian, T. W. Supardi, and J. Kimia, "Purwarupa Sistem Kendali Suhu dengan Pengendali PID pada Sistem Pemanas dalam Proses Refluks/Distilasi," *IJEIS*, vol. 3, no. 1, pp. 23-34, 2013.
- [4] I. Kustanti, "Pengendalian Kadar Keasaman (pH) Pada Sistem Hidroponik Stroberi Menggunakan Kontroler PID Berbasis Arduino Uno," *J. Mhs. TEUB*, vol. 2, no. 1, pp. 1-6, 2014. J. Clerk Maxwell, *A Treatise on Electricity and Magnetism*, 3rd ed., vol. 2. Oxford: Clarendon, 1892, pp. 68-73.
- [5] M. T. Widadi, "Analisa Model Pengendalian Temperatur Proses Pasteurisasi Pada PT X Dengan Membandingkan PID Control Dengan System Anfis," vol. 5, no. 1, pp. 38-43, 2014.
- [6] D. S. Astuti, A. Aminudin, and Waslaluddin, "Analisis Karakteristik Sistem Kontrol Temperatur Berbasis Autronics TK4S-14RN Untuk Prototipe Pengereng Bahan Pakaian," *Wahana Fis.*, vol. 4, no. 1, pp. 12-20, 2019.
- [7] A. Ainurrohman, M. Rivai, and T. Tasripan, "Kontrol Laju Alir Pompa Air Berpenggerak Brushless DC Motor," *J. Tek. ITS*, vol. 7, no. 2, 2019.
- [8] P. A. Kusuma and A. Dharmawan, "Pengendalian Kestabilan Ketinggian pada Penerbangan Quadroter dengan Metode PID Fuzzy," vol. 7, no. 1, pp. 61-70, 2017.
- [9] D. A. Tyas and R. Sumiharto, "Purwarupa Sistem Kendali PID: Studi Kasus Kendali Suhu Ruang," *IJEIS*, vol. 3, no. 1, pp. 95-104, 2013.
- [10] E. Waziroh, D. Y. Ali, and Nur Istianah, *Proses Termal Pada Pengolahan Pangan*. Malang: UB Press, 2017.

Sistem Penyimpanan Energi Menggunakan Superkapasitor Dengan *Buck Converter* Dan *Boost Converter*

Puspa Jiwa Parahita Yunta^{1*}, Lisa Indriyani², Reza Maulidin³

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24 – Dr.Cipto, Semarang, 50232 Indonesia*

**Email: jiwapuspa316@gmail.com*

ABSTRAK

Di era modern ini perkembangan teknologi menjadi semakin pesat dan maju, perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyimpan daya tegangan searah (DC), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan DC keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Pada perkembangannya, penerapan DC-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpan baterai. Dimana baterai memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cukup lama dibandingkan dengan superkapasitor yang memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cepat, serta umur panjang. Maka dari itu penulis akan bereksperimen untuk membuat sistem penyimpanan energi menggunakan superkapasitor dengan buck converter dan boost converter. Buck boost converter merupakan salah satu regulator dc tipe switching non-isolated yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan sistem buckboost konverter, nilai tegangan keluaran dapat diatur untuk lebih besar maupun lebih kecil dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (duty cycle). Tujuan dari peneliti ini adalah untuk mensimulasikan penyimpanan superkapasitor menggunakan buck boost converter dan menganalisa hasil simulasi dari penyimpanan energi superkapasitor pada buck boost converter untuk menentukan hasil perbandingan dengan beda tegangan masukan dan keluaran. Hasil yang akan dicapai buck boost converter lebih efisien dan stabil. Hasil percobaan buck boost converter yang dibuat, dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan input dan outputnya yang berasal dari superkapasitor. menggunakan PI controller.

Kata kunci: *Superkapasitor; Buck Converter; Boost Converter; Kontrol PI*

PENDAHULUAN

Di era milenial saat ini, Perkembangan teknologi komponen dan rangkaian elektronika telah mampu menghasilkan sistem penyimpan daya tegangan searah (DC), yang dihasilkan melalui konversi tegangan dc masukan ke bentuk tegangan dc keluaran yang lebih tinggi atau lebih rendah. Pada perkembangannya, penerapan dc-dc konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpan baterai. Dimana baterai memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cukup lama dibandingkan dengan superkapasitor yang memiliki waktu pengisian-pengosongan yang cepat, serta umur panjang. Maka dari itu penulis akan bereksperimen untuk membuat sistem penyimpanan energi menggunakan superkapasitor dengan buck converter dan boost converter. Buck boost converter merupakan salah satu regulator dc tipe switching non- isolated yang dapat menjawab kebutuhan akan sebuah sumber tegangan searah dengan tegangan keluaran yang variabel. Dengan sistem buckboost konverter, nilai tegangan keluaran dapat diatur untuk lebih besar maupun lebih kecil dari nilai tegangan masukannya dengan mengatur besar lebar pulsa (duty cycle). Karena itu, dibandingkan dengan regulator dc tipe pensaklaran lainnya,

buckboost konverte memiliki range tegangan keluaran yang lebih lebar.

Dalam kualitas penyimpanan energi akan muncul sebuah sistem penyimpanan energi menggunakan superkapasitor. Dimana penyimpanan energi superkapasitor lebih efisien, ketika beban tiba-tiba berubah dapat ditangani oleh superkapasitor dan baterai dapat menangani beban yang konstan. Seperti pada baterai, superkapasitor memiliki sebuah elektrolit didalamnya, memisahkan bagian plat-platnya yang lebih mirip elektrolit pada baterai daripada dielektrik pada kapasitor konvensional.

STUDI PUSTAKA

1. Superkapasitor

Pengertian Superkapasitor
Superkapasitor memiliki komponen yang terdiri dari elektrode, elektrolit, pemisah (separator), dan pengumpul arus (current collector). Salah satu komponen yang memainkan peranan penting adalah elektrode. Umumnya material yang digunakan untuk pembuatan elektrode superkapasitor selain murah, juga memiliki potensi kerapatan energi yang tinggi dan aksesibilitas pori yang baik, yaitu karbon. (Pakhapan, Karo, & Suroto, 2017, hal. 1).

Superkapasitor merupakan suatu kapasitor dengan nilai kapasitansi yang jauh lebih besar daripada kapasitor biasa. Hal yang membedakan superkapasitor dengan kapasitor biasa adalah pada strukturnya. Elektroda superkapasitor berbasis material karbon, sedangkan elektroda kapasitor biasa berbasis logam. Selain itu, tidak seperti kapasitor konvensional, kedua elektroda tidak dipisahkan oleh dielektrik, efek kapasitansi superkapasitor muncul akibat dua lapisan karbon yang terpisah pada skala nanometer. Luas permukaan elektroda dapat diperbesar karena range dari jarak antar lapisan superkapasitor berada pada skala nanometer, sehingga memiliki kapasitansi yang besar untuk ukuran perangkat yang sama dengan kapasitor konvensional. (Zaenab, Tahir, & dkk, 2018, hal. 1).

2. Buck Boost Converter

Pengertian Buck Converter

Buck converter adalah salah satu topologi DC-DC konverter yang digunakan untuk menurunkan tegangan DC. Prinsip kerja rangkaian ini adalah dengan kendali pensaklaran. Komponen utama pada topologi buck adalah penyalak, dioda freewheel, induktor, dan kapasitor. Penyalak dapat berupa transistor, mosfet, atau IGBT. Kondisi saklar terbuka dan tertutup ditentukan oleh isyarat PWM. Pada saat saklar terhubung, maka induktor, kapasitor, dan beban akan terhubung dengan sumber tegangan. Kondisi seperti ini disebut dengan keadaan ON (ON State). Saat kondisi ON maka dioda akan reverse bias. Sedangkan saat saklar terbuka maka seluruh komponen akan terisolasi dari sumber tegangan, keadaan ini disebut dengan kondisi OFF (OFF State). Saat kondisi OFF ini dioda menyediakan jalur untuk arus induktor. Buck konverter disebut juga down konverter karena nilai tegangan keluaran selalu lebih kecil dari inputnya. (Dwidayanti, 2017, hal. 22-31).

Buck converter mengubah nilai tegangan masukan ke nilai tegangan keluaran yang lebih rendah. Dalam proyek akhir ini perancangan buck converter yang dikehendaki yaitu dengan tegangan masukan sebesar 48 Volt yang diperoleh dari DC Power Supply dan akan diturunkan dengan mengubah nilai duty cycle dari rangkaian buck converter ini hingga mencapai tegangan keluaran sebesar 15 Volt. Ada dua Keuntungan pada konfigurasi Buck antara lain adalah efisiensi yang tinggi, rangkaiannya sederhana, tidak memerlukan transformer, riak (ripple) pada tegangan keluaran yang rendah sehingga penyaring atau filter yang dibutuhkan pun relatif kecil. Kekurangan yang ditemukan misalnya adalah tidak adanya isolasi antara masukan dan keluaran, hanya satu keluaran yang dihasilkan, dan tingkat ripple yang tinggi pada arus masukan. (sutedjo, efendi, & mursyida, tanpa tahun, hal. 1).

Pengertian Boost Converter

Boost converter bekerja dengan menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dari tegangan masukannya. Dalam perancangan proyek akhir ini Boost Converter yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan inputnya yang berasal dari DC Power Supply sebesar 15 Volt menjadi 48 Volt dengan arus output hingga mencapai 0.802 Ampere. Boost juga memiliki efisiensi tinggi, rangkaian sederhana, tanpa transformer dan tingkat ripple yang rendah pada arus masukan. Tetapi boost tidak memiliki isolasi antara masukan dan keluaran, hanya satu keluaran yang dihasilkan, dan tingkatan ripple yang tinggi pada tegangan keluaran. (sutedjo, efendi, & mursyida, tanpa tahun, hal. 2).

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui kemampuan rangkaian boost converter menghasilkan tegangan yang sesuai dengan kebutuhan pengisian superkapasitor. Pada pengujian ini Vout dipertahankan 48 Volt untuk mengetahui pengaruh nilai duty cycle terhadap tegangan masukan boost converter. Sebagai referensi digunakan software simulasi menggunakan power simulator (PSIM).

Pengertian Buck Boost Converter

Buck boost converter yang akan digunakan superkapasitor pada saat bekerja, superkapasitor melakukan pengisian dan pengosongan akan lebih cepat karena dari buck boost converter bisa mengatur tegangan keluaran lebih besar atau lebih kecil dari sumber.

Buck-boost converter adalah sebuah rangkaian DC-DC konverter yang memiliki kelebihan yaitu tegangan keluaran dapat diatur lebih besar atau lebih kecil dari sumber. Adanya gangguan seperti partial shadow pada sistem photovoltaic juga sangat mempengaruhi tegangan keluaran panel surya. Sehingga dibuatlah sebuah alat pengubah tegangan DC-DC yaitu buck-boost converter. Alat ini dapat mengubah tegangan DC ke DC menjadi lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan inputnya. Sehingga pengguna dapat memilih sendiri tegangan yang akan diaplikasikan ke beban yaitu lebih tinggi atau lebih rendah dari tegangan output photovoltaic. Frekuensi pada Buckboost Converter berpengaruh pada ukuran dari tiap komponen terutama nilai dari induktor dan kapasitor. Induktor dan kapasitor sangat berpengaruh pada kinerja buckboost.

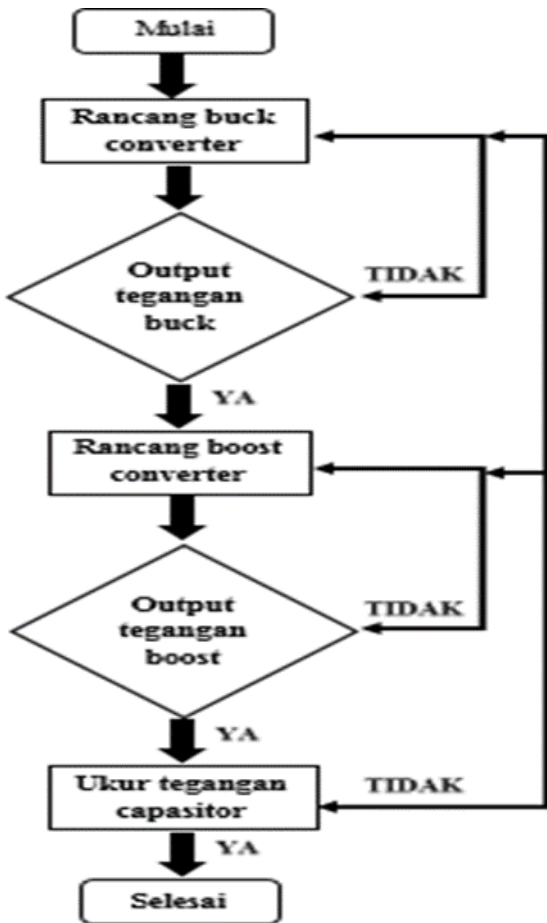
3. PI (*Proportional Integral*)

Pengertian PI

Pengertian dan kegunaan dari alat diatas tentang penyimpanan energi menggunakan superkapasitor dengan buck boost converter, maka peralatan tersebut akan disimulasikan menggunakan PI. PI digunakan untuk mengetahui hasil nilai simulasi penyimpanan energi superkapasitor pada saat pengisian maupun pengosongan. Maka dari itu, PI pada penelitian ini akan mensimulasikan superkapasitor dengan buck boost converter. Untuk lebih jelasnya akan dibahas pengertian dan kegunaan tentang PI.

METODE/DESAIN

Tahapan Penelitian



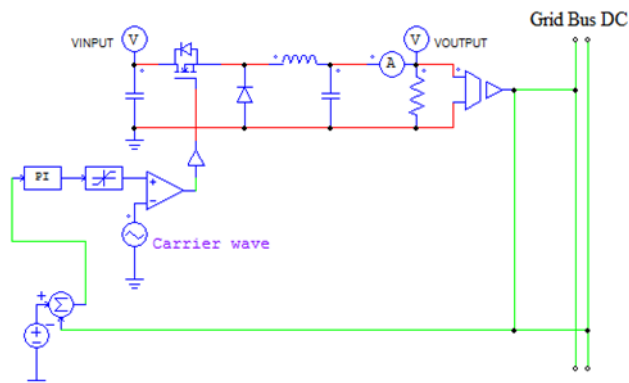
Gambar 1 Flowchart tahapan penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Buck Converter

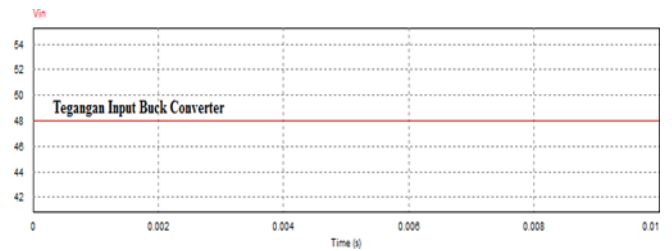
Berikut ini adalah simulasi rangkaian buck converter menggunakan pengendali PI, dengan $V_{in} = 48$ Volt dan akan diturunkan menjadi 15 Volt dengan frekuensi 4Khz.

Buck Converter dari 48 ke 15 dengan PI



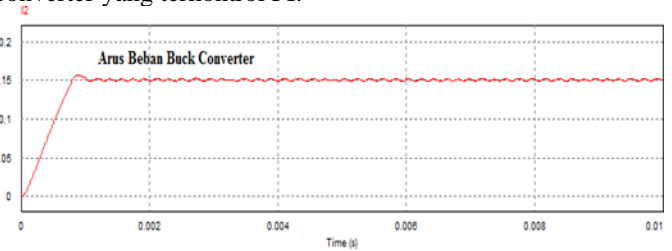
Gambar 2 Rangkaian buck converter dengan pengendali PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan input buck converter yang terkontrol PI.



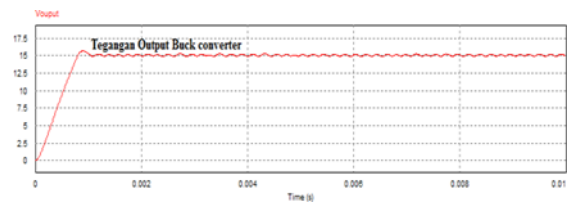
Gambar 3 Tegangan input buck converter yang terkontrol PI.

Berikut ini adalah hasil simulasi dari arus beban buck converter yang terkontrol PI.



Gambar 4 Arus beban buck converter yang terkontrol PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan output buck converter yang terkontrol PI.



Gambar 5 Tegangan output buck converter yang terkontrol PI

Dengan perhitungan parameter buck converter dari 48 ke 15 sebagai berikut:

A.) Step 1 : Menentukan Nilai Duty Cycle:

$$D = \frac{V_o}{V_{in}} = \frac{15}{48} = 0.31 = 31\%$$

B.) Step 2 : Arus rata-rata induktor:

$$I_L = \frac{15}{100} = 0.15 \text{ A}$$

$$\Delta I_L = 0.3 \times 0.15 = 0.045$$

C.) Step 3 : Menentukan Nilai Induktor:

Induktor berfungsi sebagai pengatur ripple arus pada rangkaian dan menyimpan energi. Berikut hasil perhitungan nilai Induktor:

$$L = \left(\frac{1}{f}\right) = [V_{in} - V_{out}] \times \left(\frac{V_o + V_f}{V_{in} + V_f}\right) = \left(\frac{1}{\Delta I_L}\right)$$

$$L = \frac{1}{4000} \times [48 - 15] \times \left(\frac{15 + 4000}{48 + 4000}\right) \times \left(\frac{1}{0.045}\right)$$

$$L = 0.00025 \times 33 \times 0.628 \times 22.22 = 0.181 \text{ H}$$

D.) Step 4 : Menentukan Nilai Kapasitor:

Kapasitansi digunakan sebagai pengurang ripple tegangan yang disebabkan kenaikan nilai beban. Berikut hasil perhitungan kapasitor :

$$\Delta V_o = \pm 0.1 \% \times V_{out} = 0.001 \times 15 = 0.015$$

$$C_o = \frac{\Delta I_L}{8 \times f \times \Delta V_o} = \frac{0.045}{8 \times 40 \times 0.015}$$

$$C = \frac{0.045}{480} = 0.0000937 \mu$$

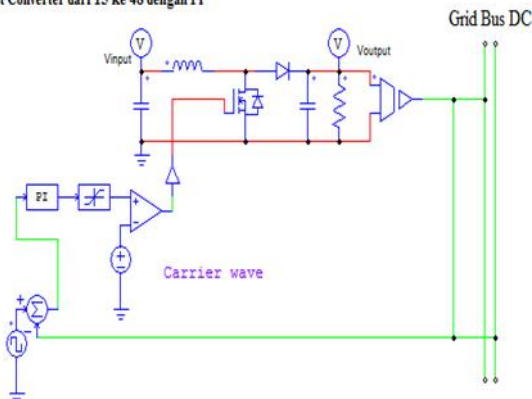
Tabel 1 Hasil simulasi rangkaian buck converter dengan pengontrol PI

| No. | Vin | Vout | Iout |
|-----|-----|------|-------|
| 1 | 28 | 15 | 0.151 |
| 2 | 38 | 15 | 0.155 |
| 3 | 48 | 15 | 0.156 |

2. Boost Converter

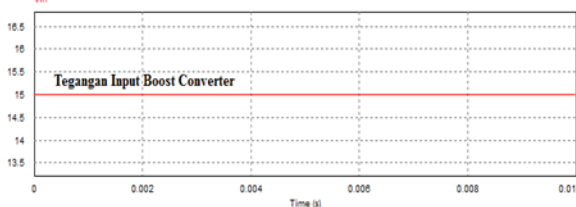
Berikut adalah simulasi rangkaian boost converter menggunakan pengendali PI, dengan Vin = 15 Volt dan akan dinaikkan menjadi 48 Volt dengan frekuensi 4Khz.

Boost Converter dari 15 ke 48 dengan PI



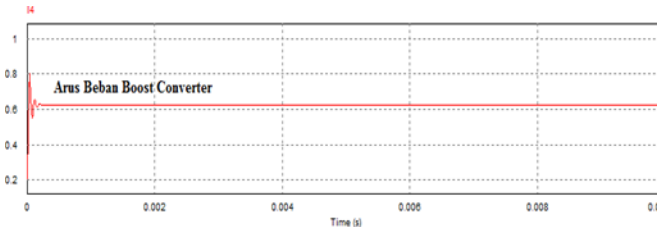
Gambar 6 Rangkaian boost converter dengan pengendali PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan input boost converter yang terkontrol PI.



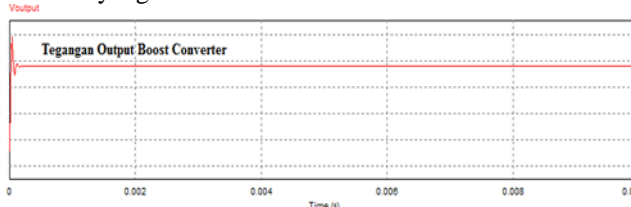
Gambar 7 Tegangan input boost converter yang terkontrol PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari arus beban boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 8 Arus beban boost converter yang terkontrol PI

Berikut ini adalah hasil simulasi dari tegangan output boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 9 Tegangan output boost converter yang terkontrol PI

Dengan perhitungan parameter boost converter dari 15 ke 48 sebagai berikut:

$$V_{out} = -V \left[\frac{D}{1-D} \right]$$

$$-48 = -15 \left[\frac{D}{1-D} \right]$$

$$3.2 = \left[\frac{D}{1-D} \right]$$

$$3.2(1-D) = D$$

$$3.2 - 3.2D = D$$

$$3.2 = D + 3.2D$$

$$3.2 = 4.2D$$

$$D = \frac{3.2}{4.2} = 0.761$$

A.) Step 1 : Menentukan resistansi beban:

Pada perancangan boost converter kita perlu menentukan nilai resistor untuk menstabilkan tegangan dan arus pada rangkaian boost converter. Berikut hasil perhitungan resistance beban:

$$R = \frac{V_o}{I}$$

$$R = \frac{48}{2} = 24 \Omega$$

B.) Step 2 : Menentukan Nilai Arus Induktor :

$$I_L (avg) = \frac{V_o^2}{V_{SRD}} = \frac{48^2}{15 \times (24 \times 0.761)} = \frac{2.304}{273.96} = 8.40 A$$

C.) Step 3 : Menentukan Gap/Delta Inductor Current Value:

$$\Delta I_L (avg) = 20\% \times I_L (avg) = 0.2 \times 8.40 = 1.68 A$$

D.) Step 4 : Menentukan Nilai Induktor:

Induktor berfungsi sebagai pengatur ripple arus pada rangkaian dan penyimpanan energi. Berikut hasil perhitungan nilai Induktor:

$$L = \left(\frac{1}{f} \right) = [V_{out} + V_f] \times \left(\frac{V_{in} - V_{min}}{V_{out} + V_f + V_{in} + V_{min}} \right) = \left(\frac{1}{\Delta I_L} \right)$$

$$= \frac{1}{4000} \times [48+1] \times \left(\frac{15}{48+1+15} \right) \times \left(\frac{1}{1.68} \right)$$

$$= 0.00025 \times 49 \times 0.23 \times 0.6 = 0.0016905 H$$

E.) Step 5 : Menentukan Nilai Kapasitor:

Kapasitansi digunakan sebagai pengurang ripple tegangan yang disebabkan kenaikan nilai beban. Berikut hasil perhitungan kapasitor:

$$\Delta V_o = \pm 0.1 \% \times V_{out} = 0.001 \times 48 = 0.048$$

$$\Delta V_o = \frac{V_o \times D}{R \times C \times f}$$

$$0.048 = \frac{48 \times 0.761}{24 \times C \times 40.000}$$

$$46.080 C = 36.528$$

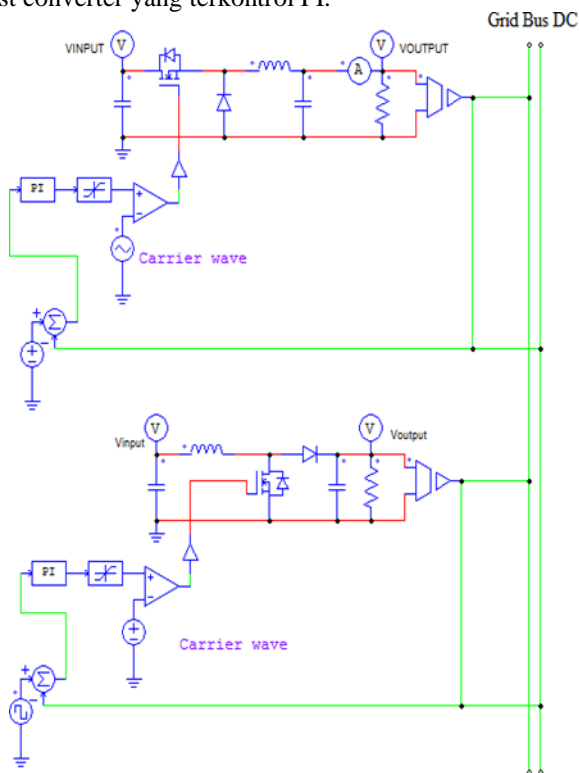
$$C = \frac{36.528}{46.080} = 0.79 \mu$$

Tabel 2 Hasil simulasi rangkaian boost converter dengan pengontrol PI

| No. | Vin | Vout | Iout |
|-----|-----|------|-------|
| 1 | 5 | 48 | 0.214 |
| 2 | 10 | 48 | 0.428 |
| 3 | 15 | 48 | 0.642 |

3. Buck Converter dan Boost Converter

Berikut ini adalah simulasi rangkaian buck converter dan boost converter yang terkontrol PI.



Gambar 10 Rangkaian buck converter dan boost converter dengan pengendali PI

KESIMPULAN

Dari hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Dari hasil percobaan yang didapat, buck converter yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan outputnya yang berasal dari superkapasitor sebesar 48 Volt menjadi 20 Volt dengan arus output hingga mencapai 0.205 Ampere.
2. Dari hasil percobaan yang didapat, boost converter yang akan dibuat dikehendaki memiliki kemampuan untuk menaikkan tegangan outputnya yang berasal dari superkapasitor sebesar 15 Volt menjadi 48 Volt dengan arus output hingga mencapai 0.642 Ampere.
3. Dari hasil simulasi yang didapat, buck converter menghasilkan tegangan masukan yang stabil dan tegangan keluaran yang stabil tetapi masih terdapat ripple yang rendah. Sedangkan boost converter menghasilkan tegangan masukan dan keluaran yang stabil.
4. Dari data yang didapat, dapat dilihat bahwa penggunaan PI controller dapat mengendalikan keluaran dari rangkaian buck dan boost agar lebih stabil, sekalipun dengan kondisi tegangan masukan yang tidak seimbang.
5. PI controller juga dapat digunakan untuk mengendalikan kestabilan keluaran dari rangkaian yang disebabkan oleh pembebanan yang berubah-ubah pada saat rangkaian bekerja.

REFERENSI

- [1] Adi, a. n. (2010). Mekatronika. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Atmam. (2017). penggunaan filter kapasitif pada rectifier satu fasa dan tiga fasa menggunakan power simulator (PSIM). Jurnal sain, energi, teknologi & industri Vol. 2 No. 1.
- [3] Dewi, R., Prijono, a., & dkk. (2015). Dasar- dasar rangkaian listrik. Bandung: Alfabeta.
- [4] Dwidayanti, R. (2017). Optimasi pengisian daya baterai pada panel surya menggunakan maximum power point tracking (MPPT).
- [5] Kurniawan, F. (2018). Pengembangan model Boost Buck untuk mempertinggi stabilitas tegangan keluaran konvenverter DC ke DC.
- [6] Nurfaizah, Istarti, D., & Toar, H. (2015). Rancang bangun modul praktikum motor AC dengan aplikasi pengaturan posisi dengan menggunakan PID. Jurnal integrasi Vol. 7, No. 1, 3-4.
- [7] Pakhapan, J. K., Karo, P. K., & Suroto, B.J. (2017). Studi luas permukaan spesifik zeolit akibat pengaruh mikrostruktur dan potensinya sebagai elektrode superkapasitor. Jurnal teori dan aplikasi fisika, Vol. 5, No. 1, 1.
- [8] Pambudi, W. S., & Pelawi, J. (2015). Simulasi folding machine dengan PID, P, PI, PD dan fuzzy-PD (Proportional Diferential). Jurnal sains dan teknologi Volume 1, Nomor 1, 5.

- [9] Prasetyo, M. T., & Assaffat, L. (2010). Efektifitas pemasangan kapasitor sebagai metode alternatif penghemat energi listrik. *Media elektrika*, Vol. 3 No. 2, 3.
- [10] Riyanto, A. (tanpa tahun). superkapasitor. superkapasitor sebagai piranti penyimpan energi listrik masa depan, 1.
- [11] sutedjo, efendi, z., & mursyida, d. (tanpa tahun). rancang bangun DC-DC converter dengan pengendali PI, 1.
- [12] Wicaksono, H., & Pramudijanto, J. (2004). Kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor DC dengan metode Tuning Direct Synthesis. *jurnal teknik elektro* vol. 4.
- [13] Wicaksono, H., & Pramudijanto, J. (2004). Kontrol PID untuk pengaturan kecepatan motor dc dengan metode tuning direct synthesis. *Teknik elektro* Vol. 4, No. 1, 1.
- [14] Zaenab, N. I., Tahir, D., & dkk. (2018). Pembuatan superkapasitor menggunakan arang aktif dari tempurung kelapa dengan separator kertas saring whatman. 1.

RANCANG BUCK BOOST CONVERTER UNTUK MENGATUR ENERGI PADA BATERAI

Reza Maulidin^{1*}, Puspa Jiwa Parahita Yunta², Lisa Indriyani³

^{1,2,3}*Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik dan Informatika, Universitas PGRI Semarang*

JL.Sidodadi Timur No.26-Dr.Cipto Semarang, 50232 Indonesia

** Email: rezabatang24@gmail.com*

ABSTRAK

Konverter DC-DC merupakan salah satu jenis rangkaian daya yang berfungsi untuk mengkonversi tegangan masukan searah konstan menjadi tegangan keluaran searah yang dapat divariasikan berdasarkan perubahan duty cycle rangkaian kontrolnya. Pada pengembangannya, penerapan DC-ke-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpanan baterai. Maka dari itu penulis akan membuat eksperimen rancang buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai dan menganalisa hasil simulasi dari rancang bangun buck boost converter. Simulasi dan analisa dilakukan menggunakan perangkat lunak PSIM, meliputi percobaan pengaturan tegangan dan arus beban, dengan parameter yang diamati berupa arus kualitas tegangan DC. Dari hasil pengujian dan analisa rangkaian buck boost converter ini di dapat hasil pengujian pada keadaan buck converter dengan efisiensi $V_{in} = 12$ dan $V_{out} = 48$ dengan hasil Arus beban 0.6A. Sedangkan dalam keadaan boost converter dengan efisiensi $V_{in} = 48$ dan $V_{out} = 12$ didapatkan hasil arus beban 0.24A.

Kata Kunci : Buck boost converter, Baterai, PSIM

PENDAHULUAN

Saat ini, konverter DC-ke-DC banyak dikembangkan karena mempunyai berbagai keunggulan, diantaranya adalah bentuknya yang lebih kompak dan mempunyai efisiensi tinggi. Terdapat dua jenis konverter yang sering digunakan, yaitu buck dan boost. Konverter buck digunakan untuk menurunkan tegangan masukan dan konverter boost untuk menaikkan tegangan. Agar suatu konverter dapat menaikkan dan menurunkan tegangan masukan dan juga mempunyai kisaran tegangan masukan lebih besar, dikembangkanlah konverter dengan konfigurasi buck boost. Pada pengembangannya, penerapan DC-ke-DC konverter telah memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat berfungsi dengan menggunakan sumber energi penyimpanan baterai. Maka dari itu penulis akan membuat eksperimen rancangan buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai. Untuk mengoptimalkan efisiensi keluaran pada baterai maka diperlukan beberapa subjek dan pengetahuan dasar dalam perancangan, salah satunya adalah penerapan konsep Buck-Boost converter sebagai kontrol charger. Dengan menerapkan konverter ini akan memungkinkan suatu perangkat elektronika dapat menggunakan sumber energi masukan yang bernilai kecil atau rendah. Tipe konverter buck-boost juga banyak digunakan karena tegangan keluarannya dapat bernilai lebih besar ataupun lebih kecil dari pada tegangan masukannya, atau dengan kata lain, level tegangan keluaran dapat diatur sesuai kebutuhan pemakaian

1. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas maka dapat dirumuskan masalah dalam penelitian ini adalah bagaimana desain simulasi rancang buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai yang dapat menstabilkan tegangan pada digrid

DC dengan proses discharging dan bagaimana proses charging pada baterai pada saat tegangan pada baterai rendah, serta bagaimana bentuk sinyal tegangan dan arus keluaran pada buck boost converter.

2. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

- Memahami cara kerja konverter DC-DC buck boost dua arah.
- Mensimulasikan rancang bangun buck boost converter dua arah.
- Memahami pengaruh duty cycle pada rancang bangun buck boost converter dua arah.
- Dapat Menganalisa hasil tegangan masukan dan keluaran dari rancang bangun buck boost converter pada baterai dan digrid DC.

3. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat yang diharapkan penelitian ini yaitu antara lain sebagai berikut :

- Dapat menambah pengetahuan yang berkaitan dengan konverter buck boost.
- Peneliti diharapkan dapat menjadi informasi, evaluasi, referensi dan keuntungan untuk penelitian yang akan datang serta dapat memberikan perbandingan dalam mengadakan penelitian terkait dengan rancang buck boost converter untuk mengatur energi pada baterai.
- Dapat membantu memanfaatkan energi terbaru untuk digunakan kebutuhan sehari-hari atau sesuai kapasitas beban yang tersimpan pada batara

STUDI PUSTAKA

Model boost-buck untuk membentuk konverter DC-ke-DC. Konverter ini tersusun dari konverter boost dan buck.

Konverter boost mengonversi tegangan masukan menjadi tegangan di kapasitor bersama dengan empat mode operasi: tanpa beban, transisi-naik, boost, dan transisi turun. Sementara itu konverter buck mengonversi tegangan di kapasitor bersama menjadi tegangan keluaran. Untuk memperkecil waktu transien dan tegangan kerut, konverter buck menanggapi kemungkinan naik/turunnya tegangan keluaran dengan menurunkan/menaikkan waktu on/off pulsa switching. Konverter boost-buck ini mempunyai waktu transien 1 mikrodetik dan tegangan kerut 20 mV pada beban 5 A. (Freddy Kurniawan,2018).Penelitian yang dilakukan oleh Mosey (2016), yang berjudul simulasi dan pembuatan rangkaian sistem kontrol pengisian batrai untuk pembangkit listrik tenaga surya, dalam penelitian ini metode penelitian yang di lakukan yaitu dengan merangkai rangkaian yang di dapat dari pustaka kemudian di simulasikan dengan perangkat lunak proteus ISIS profesional, selanjutnya dilakukan pembuatan rangkaian

elektronika dalam sebuah PCB. Untuk mengetahui penuh atau tidaknya batrai, sistem ini bekerja dengan memonitor tegangan baterai 15 VDC. Sebelumnya batas tegangan atas indikator baterai penuh adalah 14,8 volt dan batas tegangan bawah. Untuk tegangan ambang $11,95 \text{ Volt} < V_{\text{baterai}} < 14,8 \text{ Volt}$, pengisian baterai atau pembebanan ke dummy load akan ditentukan oleh user dengan menekan switch on-off pada kontrol.

1. Baterai

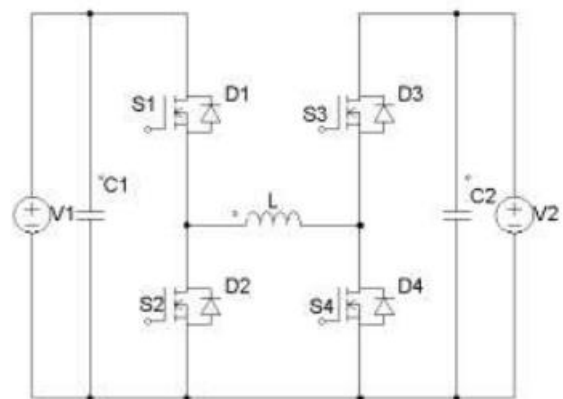
Baterai adalah perangkat yang mengandung sel listrik yang dapat menyimpan energi yang dapat dikonversi menjadi daya. Baterai menghasilkan listrik melalui proses kimia. Baterai atau akkumulatur adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversible (dapat berkebalikan) dengan efisiensi yang tinggi. Yang dimaksud dengan reaksi elektrokimia menjadi tenaga listrik (proses pengosongan) dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (proses pengisian) dengan cara proses regenerasi dari elektroda –elektroda yang dipakai yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan didalam sel. Status pengisian baterai dapat diketahui berdasarkan tegangan atau berat jenis elektrolit. Perubahan kepadatan berat jenis asam sulfat baterai memberikan suatu keadaan pengisian yang berbeda. Berat jenis elektrolit baterai dapat dibaca menggunakan hydrometer untuk memberikan informasi tentang keadaan pengisian secara tepat. Namun hydrometer tidak dapat digunakan untuk baterai berjenis sealed, AGM, dan baterai gel cell. Voltmeter juga dapat digunakan untuk menunjukkan kondisi pengisian baterai. Voltmeter memberikan akurasi untuk membaca tegangan dan mudah untuk digunakan

Tabel 1 Standar charge baterai

| Percentage of charger | Specific Gravity Corrected to 80°F | Open Circuit Voltage | | | | | |
|-----------------------|------------------------------------|----------------------|------|-------|-------|-------|-------|
| | | 6V | 8V | 12V | 24V | 36V | 48V |
| 100 | 1.277 | 6.37 | 8.49 | 12.73 | 25.46 | 38.20 | 50.93 |
| 90 | 1.258 | 6.31 | 8.41 | 12.62 | 25.24 | 37.85 | 50.47 |
| 80 | 1.238 | 6.25 | 8.33 | 12.50 | 25.00 | 37.49 | 49.99 |
| 70 | 1.217 | 6.19 | 8.25 | 12.37 | 24.74 | 37.12 | 49.49 |
| 60 | 1.195 | 6.12 | 8.16 | 12.24 | 24.48 | 36.72 | 48.96 |
| 50 | 1.172 | 6.05 | 8.07 | 12.10 | 24.20 | 36.31 | 48.41 |
| 40 | 1.148 | 5.98 | 7.97 | 11.96 | 23.92 | 35.87 | 47.83 |
| 30 | 1.124 | 5.91 | 7.88 | 11.81 | 23.63 | 35.44 | 47.26 |
| 20 | 1.098 | 5.83 | 7.77 | 11.66 | 23.32 | 34.97 | 46.63 |
| 10 | 1.073 | 5.75 | 7.67 | 11.51 | 23.02 | 34.52 | 46.03 |

2. Buck Boost Converter Dua Arah

Konverter DC-DC dua arah umumnya digunakan untuk mengatur aliran daya dari suatu level tegangan DC menuju level tegangan DC yang lain seperti yang sering digunakan pada kendaraan listrik (sheng, dkk. 2012). Pada kendaraan listrik , konverter DC-DC buck boost dua arah ini dapat berfungsi mengatur aliran daya pada saat akselerasi maupun pengereman. Pada saat mode akselerasi, konverter mengalirkan daya dari baterai menuju ke motor. Tegangan pada motor dapat diubah ubah dengan cara mengubah pola pensaklaran dan duty cycle pada konverter. Pada mode pengereman konverter mengalirkan daya dari motor menuju baterai, pada keadaan ini kecepatan mototr dapat diperlambat dan arus pengereman dapat digunakan untuk pengisian baterai. Arus pda mode pengereman dapat diatur sehingga mencegah kerusakan baterai saat tegangan baterai turun, pada keadaan ini tegangan pengisian baterai harus lebih kecil dari tegangan maksimum pengisian baterai sehingga arus pengisian tidak terlalu besar.(Yudo, dkk. 2015). Topologi buck boost dua arah terdiri dari empat saklar, empat dioda, dua kapasitor dan satu iinduktor sebagai mana ditunjukkan pada gambar 1.



Gambar 1 Topologi Buck Boost Converter Dua arah

Konfigurasi rangkaian sebagaimana ditunjukkan pada gambar 1.1 adalah dua saklar yang disusun secara seri pada sisi tegangan V_1 dan dua saklar yang disusun secara seri pada sisi tegangan V_2 . Terpasang empat dioda yang masing-masing terpasang secara paralel dengan keempat saklar. Titik diantara kedua saklar pada sisi tegangan V_1 dan titik diantara kedua saklar pada sisi tegangan V_2 tersebut dihubungkan dengan sebuah induktor. Sisi negatif dari kedua tegangan V_1 dan V_2 saling dihubungkan. Kapasitor C_1 berfungsi memperhalus riak tegangan pada sisi V_1 , sedangkan kapasitor C_2 berfungsi memperhalus riak tegangan pada sisi V_2 .

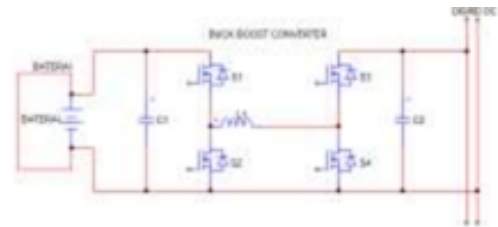
3. Microbrid

Microgrid secara sederhana dapat didefinisikan sebagai sistem listrik kecil yang terdiri dari pembangkit terdistribusi dan beban yang beroperasi sebagai kesatuan jaringan otonom, baik tersambung dengan sistem eksternal ataupun beroperasi secara terisolasi. Dalam microgrid, sumber energi dan beban bisa terhubung maupun terputus ke jaringan distribusi (grid). Sistem microgrid PLTS yang dikembangkan ini untuk menjadi pasokan daya listrik untuk beban-beban penting. Microgrid sendiri adalah jaringan lokal dengan kemampuan kendali, yang berarti dapat memisahkan diri dari jaringan listrik tradisional dan bekerja secara mandiri atau terpisah. Cara kerja jaringan pada microgrid menghubungkan rumah, bisnis dan bangunan lain ke sumber listrik pusat, yang memungkinkan kita menggunakan alat-alat rumah tangga, sistem pemanas atau pendingin dan alat-alat elektronik. Secara umum microgrid beroperasi ketika terhubung dengan jaringan listrik, tetapi dapat memisahkan diri dan bekerja secara mandiri menggunakan energi lokal, misal ketika badai, mati lampu atau alasan lainnya. Microgrid bisa ditenagai oleh generator, baterai atau sumber tenaga yang dapat diperbarui seperti panel surya. Microgrid dapat berfungsi tanpa batas waktu, bergantung pada sumber tenaga dan pengolahannya. Microgrid tidak hanya dapat berfungsi sebagai backup dalam keadaan darurat, tetapi juga dapat mengurangi biaya atau terhubung dengan sumber energi lokal yang terlalu kecil. Microgrid memungkinkan masyarakat untuk lebih mandiri dalam hal energi dan dalam beberapa kasus dan lebih ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

1. Konfigurasi sistem

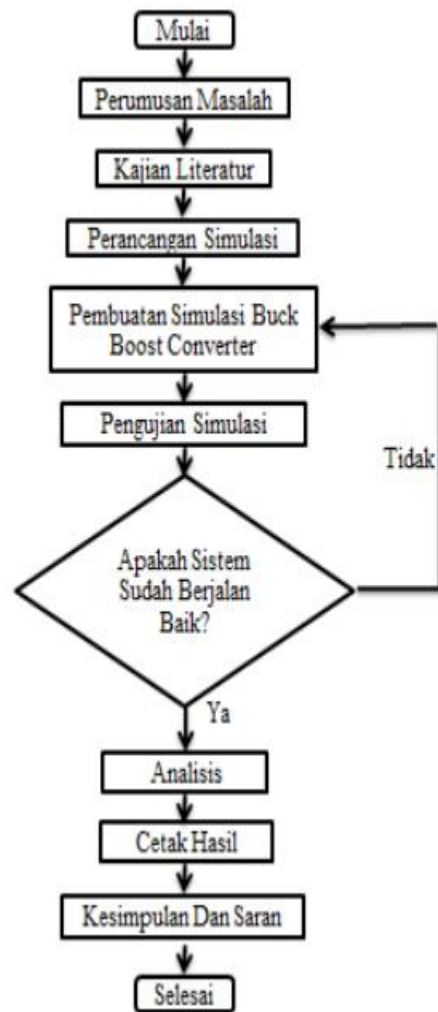
Topologi konverter DC-DC buck boost dua arah pada tugas akhir ini menggunakan baterai sebagai sumber tegangan V_1 , rangkaian konverter DC-DC buck boost dua arah. Baterai berfungsi sebagai sumber tegangan pada saat mode buck sekaligus berfungsi menyimpan energi. Digrid DC berfungsi sebagai beban dan sebagai sumber pada saat baterai habis. Dengan demikian konverter DC-DC mempunyai dua fungsi yaitu untuk mengalirkan daya dari baterai menuju beban dan sebaliknya. Konfigurasi sistem ditunjukkan pada gambar 2.



Gambar 2.1 Konfigurasi Sistem Buck Boost Converter

Konverter DC-DC buck boost merupakan konverter yang dapat bekerja menurunkan tegangan (buck) dan menaikkan tegangan (boost). Mekanisme kerja konverter sehingga dapat menurunkan atau menaikkan tegangan ditentukan oleh pensaklaran $S_1, S_2, S_3,$ dan S_4 . Pensaklaran nyala dan padam dari keempat saklar tersebut diatur menggunakan gerbang NOT. Seperti pada penjelasan diatas, konverter ini berfungsi mengalirkan daya secara dua arah, sehingga dibutuhkan mekanisme kontrol yang berfungsi mengatur konverter untuk dapat bekerja pada dua keadaan tersebut.

2. Perancangan Sistem



Gambar 3 Perancangan Sistem

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Pengujian Simulasi Converter

Pada simulasi konverter ini dibagi menjadi dua bagian yaitu pengujian konverter mode boost dan mode buck. Pengujian mode boost dilakukan dengan menaikkan tegangan dari sisi V1 sebesar 12V menuju tegangan sisi V2 sebesar 48V. Bagian ini dinamakan discharging dikarenakan pada simulasi konverter menggunakan sumber energi baterai dan beban digrid DC, mode ini mengalirkan daya dari baterai (V1) menuju beban digrid DC (V2). Pada mode buck, konverter menurunkan tegangan V2 sebesar 48V menjadi tegangan V1 sebesar 12V. mode ini dinamakan charging dikarenakan pada simulasi konverter menggunakan baterai dan digrid DC, konverter mengalirkan daya dari digrid DC (V2) menuju baterai (V1). Nilai parameter pengujian konverter pada pengujian ini ditunjukkan oleh tabel 2.

Tabel 2 Nilai Parameter Pengujian Konverter

| Parameter | Nilai |
|---------------|--------|
| tegangan V1 | 12V |
| tegangan V2 | 48V |
| Induktor L | 150uH |
| Kapasitor C1 | 9,43uF |
| Kapasitor C2 | 3,14uf |
| Frekuensi (f) | 200kHz |

Pada pengujian konverter, beban yang digunakan pada sisi V1 pada mode discharging adalah resistor 79,5Ohm sehingga dengan tegangan 48V arus yang melewati beban adalah sebesar arus beban penuh yakni sebesar 0,6A. Sebaliknya pada pengujian konverter mode buck, bebanyang digunakan pada sisi V1 adalah resistor sebesar 50 Ohm sehingga dengan tegangan sebesar 12V arus melewati beban adalah sebesar 0,24A. Selanjutnya pada pengujian dalam dua kondisi diatas pengamatan dilakukan menggunakan simulasi pada gelombang tegangan dan arus induktor.

2. Simulasi Boost

Pada simulasi konverter mode ini, konverter berkerja menaikkan tegangan V1 sebesar 12V menjadi tegangan V2 sebesar 48V. Konverter ini diuji dengan daya sebesar 200W, dengan demikian besarnya arus keluaran (I2) diatur sebesar 0.6A dengan cara memberikan beban resistif (RL) sebesar.

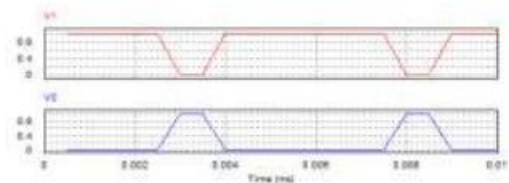
$$R_L = \frac{V_2}{I_2} = \frac{48}{0.6} = 80 \text{ ohm}$$

Parameter lain yang digunakan pada simulasi konverter mode boost ditunjukkan pada tabel 3.2. Tabel 3.2 Parameter Simulasi Konverter Mode Boost

Tabel 3 Parameter Simulasi Konverter Mode Boost

| Parameter | Nilai |
|----------------|--------|
| V1 | 12V |
| C2 | 3.14uF |
| L | 150uH |
| duty cycle (D) | 0.75 |
| RL | 80ohm |

Pada rangkaian pengganti konverter saat bekerja pada mode boost, saklar yang berfungsi sebagai ON/OFF adalah saklar S4. Saklar S3 bekerja berkebalikan dengan saklar S4. Saklar S1 selalu menyala, sedangkan saklar S2 selalu padam. Dengan demikian pada saat saklar S4 menyala, pada induktor dilakukan pengisian, sedangkan saat saklar S4 padam, pada induktor dilakukan pengosongan. Pada saat pengosongan, arus yang mengalir adalah arus pengosongan induktor.



Gambar 4 Arus Boost Converter

3. Simulasi Mode Buck

Pada simulasi konverter mode buck, konverter bekerja menurunkan tegangan V2 sebesar 48V menjadi tegangan V1 sebesar 12V. Dengan demikian tegangan V2 merupakan tegangan masukan (input) dan tegangan V1 merupakan tegangan keluaran (Output) konverter. Konverter diuji pada daya sesuai desain, yaitu sebesar 450W, dengan demikian arus keluaran konverter (I1) diatur 0,24A dengancara memberikan beban resistif pada sisi V1 sebesar.

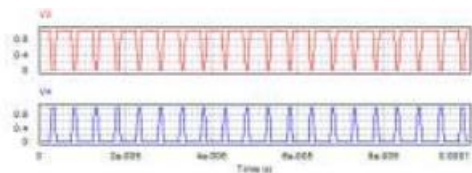
$$R_L = \frac{V_2}{I_2} = \frac{12}{0.24} = 50 \text{ Ohm}$$

Parameter yang digunakan pada simulasi konverter mode buck ditunjukkan oleh tabel 3.

Tabel 3 Parameter Simulasi Konverter Mode Buck

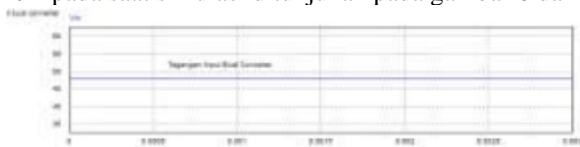
| Parameter | Nilai |
|----------------|---------|
| V2 | 48V |
| C1 | 9,434uF |
| L | 150uH |
| duty cycle (D) | 0,25 |
| RL | 50ohm |

Pensaklaran pada mode buck ini sama dengan pensaklaran pada mode boost. Namun yang berperan sebagai pencacah pada mode ini adalah saklar S3. Saat saklar S3 menyala, pada induktor dilakukan pengisian, sedangkan saat saklar S3 padam, pada induktor dilakukan pengkosongan.



Gambar 5 Pensaklaran Buck Converter

Pada konverter DC-DC dua arah ini, kapasitor $C1$ merupakan kapasitor yang berfungsi mengurangi riak tegangan pada sisi $V1$. Sama halnya dengan induktor, waktu pengisian kapasitor $C1$ adalah pada saat saklar $S3$ menyala dan dikosongkan pada saat saklar $S3$ padam. Pada pengujian konverter mode buck, tegangan $V1$ yang dikehendaki pada sisi keluaran konverter bernilai 12V. Grafik tegangan $V1$ dan $V2$ pada saat simulasi ditunjukkan pada gambar 6 dan 7



Gambar 6 Tegangan Input Buck Converter



Gambar 7 Tegangan Output Buck Converter

Tegangan keluaran pada pengujian konverter mode boost, yaitu tegangan V adalah sebesar 12V. Pada pengujian konverter mode boost ini arus yang dialirkan pada konverter ini yaitu 0,24A yang ditunjukkan pada gambar 8.

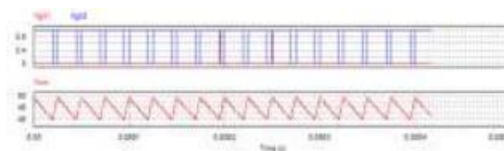


Gambar 8 Arus Output Buck Converter

4. Pengaruh Duty Cycle (D) Dan Kapasitor C Pada Rangkaian.

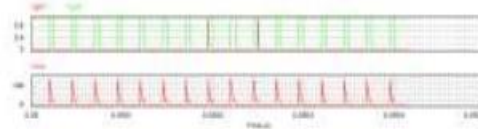
Saat keadaan Boost Converter

Pengujian Duty Cycle 80% Pada saat keadaan duty cycle 80% output tegangan rangkaian boost converter mengalami kenaikan. Dimana tegangan output sebesar 47,8V yang dipengaruhi oleh nilai duty cycle. Keadaan tunak pada duty cycle 80% pada output mencapai waktu 0,050019. Kemudian pada keadaan overshoot pada output mencapai 0,050024. Saat keadaan duty cycle 80% tegangan output sebesar 47,8V dimana keadaan tunak pada output tegangan saat menggunakan kapasitor mencapai waktu 0.050019499, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.050025766. Dapat dilihat pada gambar 9.



Gambar 9 Output Tegangan Pada Saat Duty Cycle 80%

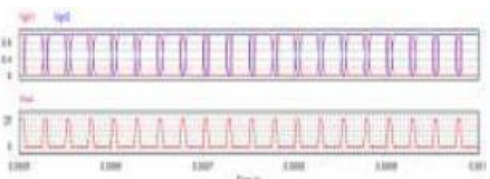
Sedangkan saat rangkaian tanpamenggunakan kapasitor tegangan output sebesar 26,2V dimana keadaan tunak pada output tegangan mencapai waktu 0.05002507, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.050044568. Dapat dilihat pada gambar 10



Gambar 10 Output Tegangan Saat Tidak Menggunakan Kapasitor

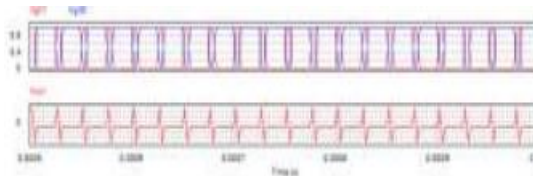
Saat keadaan Buck Converter Pengujian Duty Cycle 20%

Pada saat keadaan duty cycle 20% output tegangan rangkaian buck converter mengalami kenaikan. Dimana tegangan output sebesar 11,7V yang dipengaruhi oleh nilai duty cycle. Keadaan tunak pada duty cycle 20% pada output mencapai waktu 0.00050557103. Kemudian pada keadaan overshoot pada output mencapai 0.0005264624. Saat keadaan duty cycle 40% tegangan output sebesar 11,7V dimana keadaan tunak pada output tegangan saat menggunakan kapasitor mencapai waktu 0.00050626741, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.00052855153. Dapat dilihat pada gambar 11.



Gambar 11 Output Tegangan Pada Saat Duty Cycle 20%

Sedangkan saat rangkaian tanpa menggunakan kapasitor tegangan output sebesar 43,9V dimana keadaan tunak pada output tegangan mencapai waktu 0.00050487465, kemudian pada keadaan overshoot pada output tegangan mencapai waktu 0.00052785515. Dapat dilihat pada gambar 12.



Gambar 12 Output Tegangan Saat Tidak Menggunakan Kapasitor

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

Dari hasil percobaan dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

- Konverter DC-DC buck boost dua arah pada tugas akhir ini dapat menaikkan atau menurunkan level tegangan DC pada dua arah aliran daya.
- Dari hasil pengujian simulasi nilai duty cycle (D) sangat berpengaruh pada output. Saat nilai duty cycle diatas 50% maka akan berkerja sebagai boost converter dan saat nilai duty cycledibawah 50% maka akan berkerja mde buck converter.
- Dari hasil pengujian dan analisa rangkaian buck boost converter ini di dapat hasil pengujian pada keadaan buck converter dengan efisiensi $V_{in} = 12V$ dan $V_{out} = 48V$ dengan hasil Arus beban 0,6A. Sedangkan dalam keadaan
- boost converter dengan efisiensi $V_{in} = 48V$ dan $V_{out} = 12V$ didapatkan hasil arus beban 0,24A.
- Dari hasil percobaan rangkaian buck boost converte didapat bahwa fungsi nilai capasitor adalah untuk mengurangi riak tegangan.
- Sistem yang digunakan dalam penelitian ini yaitu sistem microgrid. Karena sistem microgrid sangat cocok di pakai di daerah pegunungan atau pedalaman, yang sangat mempengaruhi intensitas cahaya saat diterapkan. Microgid adalah sistem yang ramah lingkungan karena energi yang dihasilkan dari energi matahari.

2. Saran

Sebagai saran kedepannya hasil penelitian berupa simulasi ini dapat dikembangkan lagi dengan caramerealisasikannya dalam bentuk perangkat keras. Pada aplikasi perangkat keras yang akan dirancang, alat ini dapat digunakan untuk mensuplai beban DC yang nilai bebannya tetap dengan menggunakan sistem microgrid.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Adi, a. n. (2010). Mekatronika. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- [2] Arifin, B., Suryoatmojo, H., & Soedibojo. (2016). DESAIN DAN IMPLEMENTASIPENAIK TEGANGAN MENGGUNAKAN KOMBINASI KY CONVERTER DAN BUCK BOOST CONVERTER. JURNAL TEKNIK ITS, B176-B182.
- [3] Ashari, M. (2012). Sistem Konverter DC.Surabaya: ITS PRESS.
- [4] Cahyadi, L. W., Andromeda, T., & Facta, M. (2017). KINERJA KONVERTER ARUS SEARAH TIPE BUCK CONVERTERDENGAN UMPAN BALIK TEGANGAN BERBASIS TL494. TRANSIENT, 161-167.
- [5] dewi, r., Prijono, a., & & dkk. (2015). Dasar-dasar rangkaian listrik . Bandung: Alfabeta.
- [6] Fitri, A. L., Iskandar, R. F., & Qurthobi, A. (2018). Desain Dan karakterisasi Konverter DC Ke DC Berbasis RANGKAIAN BUCK-BOOST PADA SISTEM MAXIMUM POWER POINT TRACKING (MPPT). e-Proceeding of Engineering, 2314-2321.
- [7] Juarsah, M. A., Facta, M., & Nugroho, A. (2015). PERANCANGAN DC CHOPPER TIPE BUCK-BOOST CONVERTER PENGUATAN UMPAN BALIK IC TL 494. TRANSIENT, 597-562.
- [8] Justiadi, Houssein, E. H., & Samman, F. A. (2014). SISTEM KENDALI LEVEL TEGANGAN KONVERTER BUCK-BOOST TIPE SEPIC. Seminar Nasional Teknik Energi dan Ketenagalistrikan (SNTEK), 133-136.
- [9] Komarudin, A. (2014). DESAIN DAN ANALISIS PROPORSIONAL KONTROL BUCK BOOST CONVERTER PADA SISTEM PHOTOVOLTAIK. Jurnal ELTEK, 78-89.
- [10] kurniawan, F. (2018). Pengembangan Model Boost-Buck untuk Mempertinggi Stabilitas Tegangan Keluaran Konverter DC-ke-DC. Jurnal EECCIS, 98-103.
- [11] Mahrubi, I., Bintoro, J., & Djatmiko, W. (2018). RANCANG BANGUN SOLAR CHARGE CONTROLLER MENGGUNAKAN SYNCRONOUS NON-INVERTING BUCK BOOST CONVERTER PADA PANEL SURYA 50 WATT PEAK (WP) BERBASIS ARDUINO NANO V3.0. Jurnal Pendidikan Vokasional Teknik Elektronika Volume I, 14-17.
- [12] Maulana, A., Sarwoko, I., Rusdinar, A. P., & MT.K. B. (2016). RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK – BOOST MENGGUNAKAN FUZZY LOGIC UNTUKPEMBANGKIT LISTRIK TENAGA OMBAK. e-Proceeding of Engineering, 35-42.
- [13] Putra, W., Bachtiar, I. K., & Suhendra, T. (2017). Perancangan Battery Charge Control Unit (BCCU) untuk Aplikasi Solar Home System (SHS). -, 1-10.
- [14] Sandewo, R. A., Kurniawan, E., & Adam, K. B. (2017). Perancangan Dan Implementasi Pengisian Baterai Lead Acid Menggunakan Solar Cell Dengan Menggunakan Metode Three Steps Charging Design and Implementation Of Charging Lead Acid Battery . -, hal 26-35.
- [15] Santoso, Y. A., Setiawan, D. K., & Kaloko, B. S. (-). Rancang Bangun Sistem Pengisi Baterai Lead Acid Berbasis Mikrokontroler Atmega328 dengan Sumber Stand-Alone PV System. Jurnal Aris Elektro Indonesia (JAEI), 1-7.
- [16] Wijaya, Y. K. (2015). DESAIN DAN IMPLEMENTASI KONVERTER DC-DC BUCK BOOST DUA ARAH UNTUK APLIKASI KENDARAAN LISTRIK. -, -.

Kinerja Charger Controller dan Akumulator di Kampus III Universitas PGRI Semarang

Edi Winambo

¹Program Studi Teknik Elektro Universitas PGRI Semarang
Jl. Sidodadi Timur No.24-Dr.Cipto Semarang, 50125, Indonesia

*Corresponding author. Email:ediwinambo@gmail.com

ABSTRAK

Penggunaan energi listrik semakin bertambah seiring dengan perkembangan teknologi. Padahal sumber daya alam saat ini semakin berkurang, sedangkan penggunaan energi listrik bahan bakar fosil dalam jangka panjang akan menguras sumber daya alam. Krisis energi dunia dan tingginya harga sumber energi (Minyak) menyebabkan inovasi dalam pemanfaatan sumber energi alternatif murah yang ramah lingkungan seperti energi surya. Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan berbagai terobosan oleh berbagai pihak, baik itu pemerintah maupun masyarakat. Salah satu terobosan yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang sangat besar adalah energi matahari. Penelitian ini mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) yang dilakukan di Kampus III Universitas PGRI Semarang Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah : Untuk mengetahui efisiensi dari charger controller dan accumulator

Kata Kunci: charger, controller, akumulator, PLTS

PENDAHULUAN

Penggunaan energi listrik semakin bertambah seiring dengan perkembangan teknologi. Padahal sumber daya alam saat ini semakin berkurang, sedangkan penggunaan energi listrik bahan bakar fosil dalam jangka panjang akan menguras sumber daya alam. Dalam kasus ini, perlu mengembangkan energi alternatif yang dihasilkan dari sumber daya alam yang melimpah. Pemanfaatan energi terbarukan yang lebih ramah lingkungan perlu dioptimalkan, Indonesia memiliki sumber daya Energi baru terbarukan (EBT) yang lengkap dari langit, bumi, hingga air, sehingga dapat segera menjadi EBT yang utama. Pemanfaatan energi terbarukan is a must, tidak lagi sekedar alternatif tetapi harus menjadi mainstream. (Prasetyo, 2018). Energi listrik alternatif yang dihasilkan panel surya telah digunakan sebagai solusi energi terbarukan untuk menunjang kehidupan manusia. Pembangunan pembangkit listrik tenaga surya membutuhkan perencanaan yang sangat baik agar tidak menimbulkan dampak yang berlebihan bagi lingkungan. Untuk membangun suatu pembangkit listrik tenaga surya memerlukan investasi awal yang cukup mahal. Sehingga perlu dirancang komponen pembangkit listrik tenaga surya yaitu salah satunya solar charge controller yang handal, optimal, dan ekonomis sehingga diperoleh perencanaan pembangunan plts yang optimal (Mufit, 2017). Krisis energi dunia dan tingginya harga sumber energi (Minyak) menyebabkan inovasi dalam pemanfaatan sumber energi alternatif murah yang ramah lingkungan seperti energi surya. Kesadaran masyarakat yang ditunjang dengan kondisi geografis Indonesia yang terletak di khatulistiwa menciptakan perkembangan dalam pembangunan maupun inovasi teknologi yang berhubungan dengan energi surya, salah satunya PLTS. (Muttaqin, 2017). Untuk mengatasi masalah tersebut perlu dilakukan berbagai terobosan oleh berbagai pihak, baik itu pemerintah maupun masyarakat. Salah satu terobosan yang dapat dilakukan adalah pemanfaatan energi terbarukan. Salah satu energi terbarukan yang sangat besar adalah energi matahari. Energi matahari adalah salah satu energi baru dan terbarukan yang secara aktif dikembangkan di Indonesia sebagai negara tropis. Letak Indonesia yang berada pada daerah khatulistiwa, maka wilayah Indonesia selalu disinari matahari selama 10-12

jam dalam sehari (Widodo dkk, 2009). Potensi sumber energi matahari Indonesia rata-rata sekitar 4,8 kWh/M2/hari, setara dengan 112.000 GWp, akan tetapi baru dimanfaatkan sekitar 10 MWp (Syafii, 2015). Untuk memanfaatkan potensi energi matahari sebagai sumber energi listrik diperlukan sel surya (photovoltaic/PV) sebagai piranti untuk mengkonversi energi matahari menjadi energi listrik (Asy'ari and Widodo, 2019). Energi surya adalah salah satu energi yang sedang giat dikembangkan saat ini. Energi ini merupakan salah satu alternatif pembangkit energi listrik yang sangat baik untuk masa kini dan masa depan. Alat untuk mengubah energi surya menjadi energi listrik adalah panel surya. Pada tugas akhir kali ini, akan diteliti tentang pemanfaatan solar sel atau panel surya yang dapat mengubah cahaya matahari menjadi energi listrik sebagai sumber listrik tegangan DC yang dapat digunakan untuk mengisi atau charging baterai. Akan tetapi, kondisi negara Indonesia adalah negara yang sangat luas dan terdiri dari beribu-ribu pulau dan dengan penyebaran penduduk yang tidak merata serta masih banyak daerah-daerah yang terpencil yang menjadikan kendala utama untuk melakukan pendistribusian pembangkit listrik ke setiap pelosok-pelosok negeri kita ini. Maka wajar kalau kita masih banyak menjumpai masyarakat di pedesaan, pesisir pantai dan daerah pegunungan yang belum merasakan penerangan listrik dan tidak terjangkau oleh pembangkit listrik negara (PLN). (Rusman, 2017)

STUDI PUSTAKA

Daya listrik adalah jumlah energi yang diserap atau dihasilkan dalam sebuah sirkuit atau rangkaian. Sumber energi seperti tegangan listrik akan menghasilkan daya listrik, sedangkan beban yang terhubung dengannya akan menyerap daya listrik tersebut.

Rumus daya listrik adalah :

$$P = V \cdot I \dots \dots \dots (2.1)$$

Dimana :

P : Daya (Watt)

V : Beda potensial (Volt)

I : Arus (A)

Misalkan suatu potensial v dikenakan ke suatu beban daya maka mengalir arus dc agar energi matahari yang diberikan ke masing-masing aliran yang menghasilkan arus listrik, karena energi matahari sangat penting untuk masyarakat di pedalaman pedesaan, seperti di papua bagian pinggiran kota belum ada listrik untuk itu energi matahari sangat membutuhkan bagi masyarakat di pelosok desa agar bisa dapat penerangan dari energi matahari menjadi energi listrik. (Wanimbo E).

Charger Controller Solar Charge Controller adalah peralatan elektronik yang digunakan untuk mengatur arus searah yang diisi ke baterai dan diambil dari baterai ke beban. Solar charge controller mengatur overcharging (Kelebihan pengisian karena batere sudah 'penuh') dan kelebihan voltase dari panel surya/solar cell. Kelebihan voltase dan pengisian akan mengurangi umur baterai. Solar charge controller menerapkan teknologi Pulse width Modulation (PWM) untuk mengatur fungsi pengisian baterai dan pembebasan arus dari baterai ke beban. Panel surya / solar cell 12 Volt umumnya memiliki tegangan output 16 - 21 Volt. Jadi tanpa solar charge controller, baterai akan rusak oleh over-charging dan ketidakstabilan tegangan. Baterai umumnya di-charge pada tegangan 14 - 14.7 Volt. Beberapa fungsi detail dari solar charge controller adalah sebagai berikut:

1. Mengatur arus untuk pengisian ke baterai, menghindari overcharging, dan overvoltage.
2. Mengatur arus yang dibebaskan/ diambil dari baterai agar baterai tidak 'full discharge', dan overloading.
3. Monitoring temperatur baterai

Untuk membeli solar charge controller yang harus diperhatikan adalah:

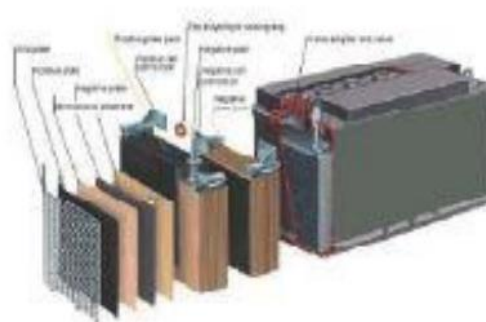
1. Voltage 12 Volt DC / 24 Volt DC
2. Kemampuan (dalam arus searah) dari controller. Misalnya 5 Ampere, 10 Ampere, dsb.
3. Full charge dan low voltage cut.

Seperti yang telah disebutkan di atas solar charge controller yang baik biasanya mempunyai kemampuan mendeteksi kapasitas baterai. Bila baterai sudah penuh terisi maka secara otomatis pengisian arus dari panel surya / solar cell berhenti. Cara deteksi adalah melalui monitor level tegangan baterai. Solar charge controller akan mengisi baterai sampai level tegangan tertentu, kemudian apabila level tegangan drop, maka baterai akan di isi kembali.

Solar Charge Controller biasanya terdiri dari : 1 input yang terhubung dengan output panel surya / solar cell, 1 output yang terhubung dengan baterai dan 1 output yang terhubung dengan beban (load). Arus listrik DC yang berasal dari baterai tidak mungkin masuk ke panel sel surya karena biasanya ada 'diode protection' yang hanya melewatkan arus listrik DC dari panel surya ke baterai, bukan sebaliknya. Charge Controller bahkan ada yang mempunyai lebih dari sumber daya, yaitu bukan hanya berasal dari matahari, tapi juga bisa berasal dari tenaga angin ataupun mikro hidro. Di pasaran sudah banyak ditemui charge controller 'tandem' yaitu mempunyai input yang berasal dari matahari dan angin. Untuk ini energi yang dihasilkan menjadi berlipat ganda karena angin bisa bertiup kapan saja, sehingga keterbatasan waktu yang tidak

bisa disuplai energi matahari secara full, dapat disupport oleh tenaga angin. Bila kecepatan rata-rata angin terpenuhi maka daya listrik per bulannya bisa jauh lebih besar dari energi matahari. (teknologi sel surya 2552).

Baterai/ Accumulator



Gambar 2.1 Accumulator

(Menurut Sadewo 2017), baterai atau akumulator adalah sebuah sel listrik dimana didalamnya berlangsung proses elektrokimia yang reversibel (dapat berbalikan) dengan efisiensinya yang tinggi. Prinsip kerjanya mengubah energi listrik menjadi energi kimia pada saat menyimpan, dan mengubah energi kimia menjadi energi listrik pada saat digunakan. Proses elektrokimia reversible merupakan proses didalam baterai dapat berlangsung perubahan kimia menjadi tenaga listrik (Proses pengosongan), dan sebaliknya dari tenaga listrik menjadi tenaga kimia (Proses pengisian) dengan cara regenerasi dari elektroda-elektroda yang dipakai, yaitu dengan melewati arus listrik dalam arah polaritas yang berlawanan di dalam sel. Pengertian baterai berdasarkan SNI 8395:2017 adalah alat yang terdiri dari satu atau lebih sel dimana energi kimia diubah menjadi energi listrik dan digunakan sebagai penyimpan energi listrik. Tanpa baterai maka energi surya hanya dapat digunakan pada saat ada sinar matahari saja karena tidak ada alat penyimpan energinya. Baterai atau aki berfungsi untuk menyimpan energi listrik dalam bentuk energi kimia yang akan digunakan untuk menyuplai (menyediakan) listrik pada komponen-komponen kelistrikan.

Dalam sistem energi surya, baterai berfungsi untuk memberikan daya listrik kepada sistem ketika panel surya tidak mengeluarkan daya atau dalam kata lain panel surya tidak terkena paparan sinar matahari. Selain itu baterai digunakan untuk menyimpan kelebihan daya yang ditimbulkan oleh panel surya setiap kali daya melebihi beban. Ketika adanya matahari dan panel menghasilkan daya listrik, daya yang tidak digunakan dengan segera dipergunakan untuk mengisi daya baterai. Ketika tidak adanya matahari, permintaan daya listrik disediakan oleh baterai

Kemampuan dari suatu baterai ditentukan oleh kapasitasnya yang diukur dalam satuan Ampere/hour dengan persamaan dibawah ini:

$$Ah = I \times t \text{ (2.2)}$$

Dimana : Ah (Ampere Hourse) : kapasitas baterai

I : kuat arus (ampere)

t : waktu (jam/detik)

Setiap baterai terdiri dari terminal positif(Katoda) dan terminal negative (Anoda) serta Elektrolit yang berfungsi sebagai penghantar. Output arus listrik dari baterai adalah arus searah atau disebut juga dengan arus DC (Direct Current). Pada umumnya, Baterai terdiri dari 2 Jenis utama yaitu baterai Primer yang hanya dapat sekali pakai (single use battery) dan baterai Sekunder yang dapat diisi ulang (rechargeable battery).

Karakteristik Baterai

Baterai ini tidak memiliki caps/ katup, tidak ada akses ke elektrolit dan total sealed. Dengan demikian baterai jenis ini tidak memerlukan maintenance. Baterai Deep Cycle, adalah baterai yang cocok untuk sistem solar cell, karena dapat discharge sejumlah arus listrik secara konstan dalam waktu yang lama. Umumnya baterai deep cycle dapat discharge sampai dengan 80% kapasitas baterai. Dengan perencanaan kapasitas dan maintenance yang baik, baterai jenis ini dapat bertahan selama kurang lebih 10 tahun. Untuk mengetahui waktu dalam proses pengisian baterai, dapat menggunakan rumus berikut :

Lama pengisian arus :

$$ta = \frac{Ah}{A}$$

Keterangan :

ta = Lamanya pengisinya arus (jam)

Ah = Besarnya kapasitas baterai (ampere hours)

A = Besarnya arus pengisian ke baterai (ampere)

Lamanya pengisian daya:

$$td = \frac{\text{Daya Ah}}{\text{Daya A}}$$

Keterangan :

td = Lamanya pengisian daya (jam) Daya

Ah = Besar daya Ah x tegangan baterai (Watt hours) Daya

A = Besar daya A x besar tegangan baterai (Watt)

(Menurut Sutedjo dkk 2010), DC-DC converter merupakan suatu rangkaian listrik yang mentransfer energi dari sumber tegangan dc ke beban. Pada banyak aplikasi industri, diperlukan untuk mengubah sumber tegangan dc tetap menjadi sumber tegangan dc yang bersifat variable. Dalam sistem perubahan daya DC atau DC to DC konverter, terdapat dua tipe yaitu tipe linier dan tipe peralihan atau tipe switching (DC chopper). Tipe linier merupakan cara termudah untuk mencapai tegangan keluaran yang bervariasi, namun kurang diminati karena tingginya daya yang

hilang (power loss) pada transistor (VCE*IL) sehingga berakibat rendahnya efisiensi. Sedangkan pada tipe switching, tidak ada daya yang diserap pada transistor sebagai switch. Ini dimungkinkan karena pada waktu switch ditutup tidak ada tegangan yang jatuh pada

transistor, sedangkan pada waktu switch dibuka, tidak ada arus listrik mengalir. Iniberarti semua daya terserap pada beban, sehingga efisiensi daya menjadi 100%. Namun pada prakteknya, tidak ada switch yang ideal. Pada tipe switching, fungsi transistor sebagai electronic switch yang dapat dibuka (off) dan ditutup (on). Jika switch ditutup maka tegangan keluaran akan sama dengan tegangan masukan, sedangkan jika switch dibuka maka tegangan keluaran akan menjadi nol. Dengan demikian tegangan keluaran yang dihasilkan akan berbentuk pulsa. Pertama, energi ditransfer melalui suatu piranti elektronik (switch device) ke piranti penyimpan energi. Kemudian, energi dikirimkan ke beban dari piranti penyimpan energi. Induktor dan kapasitor biasanya digunakan sebagai penyimpan energi. Proses transfer energi ini menghasilkan tegangan keluaran yang ditentukan oleh tegangan input dan duty ratio rangkaian switching. Secara umum, DC to DC konverter berfungsi untuk mengkonversikan daya listrik searah kebentuk daya listrik searah lainnya yang terkontrol arus, atau tegangan, atau arus dan tegangan. Ada lima rangkaian dasar dari converter DC- DC non-isolasi, yaitu buck, boost, buck-boost, cuk, dan sepic. Pada penelitian ini, rangkaian DC to DC konverter yang akan diuji merupakan rangkaian buck-boost converter. Tegangan dc masukan dari proses DC to DC konverter tersebut berasal dari sumber tegangan DC yang dihasilkan oleh modul surya. (Asy'ari and Widodo, 2019)

Efisiensi Charger Controller

Energy cahaya matahari yang di terima oleh sel surya dapat diubah menjadi energy listrik, Semakin besar energy cahaya yang diserap maka semakin besar energy listrik yang dapat di hasilkan. Maka konversi energy inipun memiliki nilai efisiensi didalamnya.

Efisiensi keluaran Maksimum (η) didefinisikan sebagai persentase keluaran daya Minimum terhadap energy cahaya.

$$\eta = \frac{P_{out}}{P_{in}} \times 100\%$$

η = Efisiensi sel surya (%)

Pout = Daya yang dibangkitkan oleh sel surya (Watt)

Pin = Daya yang diterima akibat radiasi matahari (Watt)

METODE/DESAIN

Penelitian mengenai Pembangkit Listrik Tenaga Surya

(PLTS) ini dilakukan di Kampus III Universitas PGRI Semarang pada awal bulan Agustus sampai dengan akhir September. Dalam penelitian tersebut mengalami beberapa kendala yaitu cuaca, yang menjadikan intensitas cahaya matahari tidak stabil.



Gambar 3.1 Flow Chart

Analisa Data

Untuk mengetahui hubungan dalam koneksi energy matahari Sel surya perlu dilakukan uji, pengujian menggunakan uji kualitatif. Diantaranya uji yang dilakukan :

1. Menghitung luas area untuk pemasangan PLTS berdasarkan data dimensi dari panel surya
2. Menghitung pemakaian energy listrik rumah tangga.

Setelah pemasangan Panel surya selesai, maka akan diuji tingkat efisiensinya :

1. Menghitung pemakaian listrik sebelum terpasang PLTS
2. Menghitung pemakaian listrik setelah terpasang PLTS
3. Menghitung tingkat efisiensi pembangkit listrik hybrid PLN Solar cell
4. Menghitung Pay back period

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pembangkit Listrik Tenaga Surya Penelitian ini memanfaatkan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) di Kampus III Universitas PGRI Semarang, Energi cahaya matahari untuk mengisi energi pada Akumulator 70Ah yang akan digunakan sebagai sumber energy listrik. Tegangan DC 11 volt pada akumulaoor sebelum mengisi energy matahari, setelah solar control charger terhubung ke akumulator mengisi tegangan DC menjadi 12 volt. Selain itu pengukuran ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kesesuaian alat controll charger panel surya pada pembangkit listrik tenaga surya, dapat dilihat pada Tabel 4.1 Hasil penelitian PLTS.

Hasil Pengukuran Tegangan

Tabel 4.1 Hasil Pengukuran Charger Controller dan accumulator

| No | Waktu | Iin | Vin | Pin | Iout | Vout | Pout | Efisiensi |
|----|-------|------|-------|--------|------|-------|--------|-----------|
| 1 | 08.00 | 0,2 | 19,51 | 3,902 | 0,02 | 12,56 | 0,2512 | 6% |
| 2 | 08.30 | 0,2 | 19,52 | 3,904 | 0,02 | 12,57 | 0,2514 | 6% |
| 3 | 09.00 | 0,3 | 19,55 | 5,865 | 0,03 | 12,57 | 0,3771 | 6% |
| 4 | 09.30 | 0,07 | 19,74 | 1,3818 | 0,02 | 12,57 | 0,2514 | 18% |
| 5 | 10.00 | 0,09 | 19,61 | 1,7649 | 0,04 | 12,57 | 0,5028 | 28% |
| 6 | 10.30 | 0,11 | 19,87 | 2,1857 | 0,06 | 12,58 | 0,7548 | 35% |
| 7 | 11.00 | 0,13 | 19,89 | 2,5857 | 0,08 | 12,58 | 1,0064 | 39% |
| 8 | 11.30 | 0,15 | 19,86 | 2,979 | 0,13 | 12,59 | 1,6367 | 55% |
| 9 | 12.00 | 0,17 | 19,89 | 3,3813 | 0,15 | 12,59 | 1,8885 | 56% |
| 10 | 12.30 | 0,19 | 19,88 | 3,7772 | 0,18 | 12,59 | 2,2662 | 60% |
| 11 | 13.00 | 0,21 | 19,91 | 4,1811 | 0,29 | 12,61 | 3,6569 | 87% |
| 12 | 13.30 | 0,23 | 19,96 | 4,5908 | 0,28 | 12,7 | 3,556 | 77% |
| 13 | 14.00 | 0,21 | 19,82 | 4,1622 | 0,26 | 12,65 | 3,289 | 79% |
| 14 | 14.30 | 0,16 | 19,76 | 3,1616 | 0,16 | 12,59 | 2,0144 | 64% |
| 15 | 15.00 | 0,12 | 19,67 | 2,3604 | 0,13 | 12,58 | 1,6354 | 69% |
| 16 | 15.30 | 0,2 | 19,64 | 3,928 | 0,12 | 12,58 | 1,5096 | 38% |
| 17 | 16.00 | 0,3 | 19,6 | 5,88 | 0,12 | 12,57 | 1,5084 | 26% |
| 18 | 16.30 | 0,4 | 18,85 | 7,54 | 0,09 | 12,53 | 1,1277 | 15% |
| 19 | 17.00 | 0,5 | 15,58 | 7,79 | 0,06 | 12,03 | 0,7218 | 9% |

Pengukuran Daya Input Yang dilakukan pertama kali pada penelitian ini adalah memasang kabel NYA dari solar cell ke control charger untuk mengukur arus I in dan V in pada control charger dan mengukur tegangan I out dan V out pada accumulator. Dengan begitu dapat terhitung daya input dengan rumus,

$$\text{Daya input } \eta = \frac{P \text{ Out}}{P \text{ In}}$$

Dari rumus tersebut, didapat nilai daya input seperti pada Tabel 4.2 berikut.

Tabel, 4.2 Hasil pengukuran nilai daya input.

| No | Waktu | Iin | Vin | Pin |
|----|-------|------|-------|--------|
| 1 | 08.00 | 0,2 | 19,51 | 3,902 |
| 2 | 08.30 | 0,2 | 19,52 | 3,904 |
| 3 | 09.00 | 0,3 | 19,55 | 5,865 |
| 4 | 09.30 | 0,07 | 19,74 | 1,3818 |
| 5 | 10.00 | 0,09 | 19,61 | 1,7649 |
| 6 | 10.30 | 0,11 | 19,87 | 2,1857 |
| 7 | 11.00 | 0,13 | 19,89 | 2,5857 |
| 8 | 11.30 | 0,15 | 19,86 | 2,979 |
| 9 | 12.00 | 0,17 | 19,89 | 3,3813 |
| 10 | 12.30 | 0,19 | 19,88 | 3,7772 |
| 11 | 13.00 | 0,21 | 19,91 | 4,1811 |
| 12 | 13.30 | 0,23 | 19,96 | 4,5908 |
| 13 | 14.00 | 0,21 | 19,82 | 4,1622 |
| 14 | 14.30 | 0,16 | 19,76 | 3,1616 |
| 15 | 15.00 | 0,12 | 19,67 | 2,3604 |
| 16 | 15.30 | 0,2 | 19,64 | 3,928 |
| 17 | 16.00 | 0,3 | 19,6 | 5,88 |
| 18 | 16.30 | 0,4 | 18,85 | 7,54 |
| 19 | 17.00 | 0,5 | 15,58 | 7,79 |

Tabel 4.3 Hasil pengukuran nilai daya output.

| No | Waktu | Iout | Vout | Pout |
|----|-------|------|-------|--------|
| 1 | 08.00 | 0,02 | 12,56 | 0,2512 |
| 2 | 08.30 | 0,02 | 12,57 | 0,2514 |
| 3 | 09.00 | 0,03 | 12,57 | 0,3771 |
| 4 | 09.30 | 0,02 | 12,57 | 0,2514 |
| 5 | 10.00 | 0,04 | 12,57 | 0,5028 |
| 6 | 10.30 | 0,06 | 12,58 | 0,7548 |
| 7 | 11.00 | 0,08 | 12,58 | 1,0064 |
| 8 | 11.30 | 0,13 | 12,59 | 1,6367 |
| 9 | 12.00 | 0,15 | 12,59 | 1,8885 |
| 10 | 12.30 | 0,18 | 12,59 | 2,2662 |
| 11 | 13.00 | 0,29 | 12,61 | 3,6569 |
| 12 | 13.30 | 0,28 | 12,7 | 3,556 |
| 13 | 14.00 | 0,26 | 12,65 | 3,289 |
| 14 | 14.30 | 0,16 | 12,59 | 2,0144 |
| 15 | 15.00 | 0,13 | 12,58 | 1,6354 |
| 16 | 15.30 | 0,12 | 12,58 | 1,5096 |
| 17 | 16.00 | 0,12 | 12,57 | 1,5084 |
| 18 | 16.30 | 0,09 | 12,53 | 1,1277 |
| 19 | 17.00 | 0,06 | 12,03 | 0,7218 |

Perhitungan Nilai Input dan Output

Setelah diketahui nilai daya input, dilanjutkan dengan perhitungan daya output, dengan rumus,

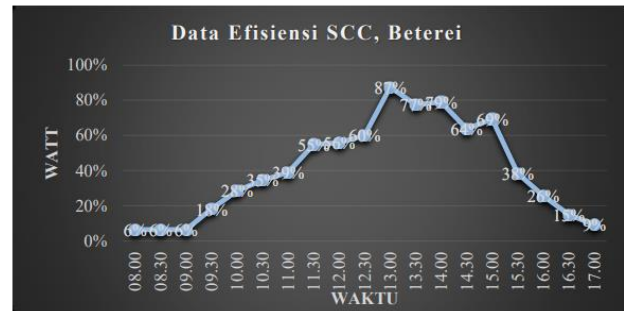
Daya input η

$$\frac{Pout}{Pin}$$

Maka dengan rumus tersebut, terhitung nilai Daya output seperti pada Tabel 4.4 berikut ini.

Tabel 4.4 Hasil perhitungan nilai daya input dan output.

| No | Waktu | Pin | Pout | Efisiensi |
|----|-------|--------|--------|-----------|
| 1 | 08.00 | 3,902 | 0,2512 | 6% |
| 2 | 08.30 | 3,904 | 0,2514 | 6% |
| 3 | 09.00 | 5,865 | 0,3771 | 6% |
| 4 | 09.30 | 1,3818 | 0,2514 | 18% |
| 5 | 10.00 | 1,7649 | 0,5028 | 28% |
| 6 | 10.30 | 2,1857 | 0,7548 | 35% |
| 7 | 11.00 | 2,5857 | 1,0064 | 39% |
| 8 | 11.30 | 2,979 | 1,6367 | 55% |
| 9 | 12.00 | 3,3813 | 1,8885 | 56% |
| 10 | 12.30 | 3,7772 | 2,2662 | 60% |
| 11 | 13.00 | 4,1811 | 3,6569 | 87% |
| 12 | 13.30 | 4,5908 | 3,556 | 77% |
| 13 | 14.00 | 4,1622 | 3,289 | 79% |
| 14 | 14.30 | 3,1616 | 2,0144 | 64% |
| 15 | 15.00 | 2,3604 | 1,6354 | 69% |
| 16 | 15.30 | 3,928 | 1,5096 | 38% |
| 17 | 16.00 | 5,88 | 1,5084 | 26% |
| 18 | 16.30 | 7,54 | 1,1277 | 15% |
| 19 | 17.00 | 7,79 | 0,7218 | 9% |



Gambar 4.1 Grafik Efisiensi Controll Charger dan Acumulator.

Data Efisiensi Charger Controller dan Acumulator

Dari perhitungan efisiensi control charger dan accumulator, maka seperti yang terlihat pada Gambar 4.1. maka dapat dilihat bahwa dari awal pengukuran pada pukul 08 : 00 sd 09 : 00, menunjukkan efisiensi yang rendah sekitar 6%, kemudian efisiensi meningkat setelah waktu tersebut, nilai rata - rata efisiensi maksimal solar charger controller adalah 87% pada rentang waktu 13 : 00 sampai dengan 15: 00 dengan nilai maksimal 38% pada pukul 15 : 30 sampai dengan pukul 17 : 00 adalah nilai maksimal.

Table 4.5 Nilai Total, Maksimum, Minimum dan Rata-Rata.

| Nilai | $\eta = \frac{Pout}{Pin}$ | Satuan |
|-------|---------------------------|--------|
| Max | 7,79 | Watt |
| Min | 0,2512 | Watt |
| Avg | 2,72438 | Watt |

KESIMPULAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis keseluruhan yang telah dilaksanakan maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Telah dibangun rancang charger controller yang dapat diaplikasikan oleh solar cell ke dalam charger controller dan accumulator untuk mengatur batas tegangan minimum dan maksimum ke accumulator.
2. Daya output yang dihasilkan oleh charger controller dari inputan. Hal ini terjadi dikarenakan pengaruh cuaca tidak menstabilkan tegangan ketika proses pengisian.
3. Daya yang dihasilkan oleh charger controller dengan kapasitas efisiensi 87% vdc dapat mengisi aki melalui berkapasitas 12 v 70Ah melalui charger lama pengisian selama 3 jam dengan tegangan yang kurang stabil.

REFERENSI

- [1] Asy'ari, H. and Widodo, D. A. (2019) 'Pengisian Baterai Menggunakan Buck-Boost Converter Pada Sistem Energi Surya', *Edu Elekrika Journal*, 8(2), pp. 91–95
- [2] HARYANTI, M., YULIANTI, B. and ... (2021) 'Pembangkit Listrik Tenaga Surya Menggunakan Solar Cell 50 Watt', *Jurnal ...*, pp. 129–141. Available at: <https://journal.universitassuryadarma.ac.id/index.php/jtin/article/view/821>.
- [3] Mufit, C. (2017) 'Rancang Bangun Solar Charge Controller Dengan Mode Fast PWM Menggunakan Atmega 16', p. 87. Available at: <http://repository.its.ac.id/46949/>.
- [4] Muttaqin, R. (2017) 'Analisa Performansi dan Monitoring Pembangkit Listrik Tenaga Surya di Departemen Teknik Fisika FTI-ITS', p. 120. Available at: <http://repository.its.ac.id/47444/>.
- [5] Prasetyo, K. A. (2018) 'Pengembangan Alat Control Charging Panel Surya Menggunakan Aduino Nano Untuk Sepeda Listrik Niaga', *Jurnal Edukasi Elektro*, 2(1), pp. 50–58. doi: 10.21831/jee.v2i1.19947.
- [6] Raban, R., Kurniawan, E. and Sunarya, U. (2015) 'Desain Dan Implementasi Charger Baterai Portable Menggunakan Modul Ic X16009E1 Sebagai Boost Converter Dengan Memanfaatkan Tenaga Surya', *e-Proceeding of Engineering*, 2(2), pp. 1900–1908. Available at: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=2&ved=2ahUKEwiP3aPYjbTgAhUKP48KHeFICgEQFjABegQIBRAC&url=https%3A%2F%2Fopenlibrary.telkomuniversity.ac.id%2Fpustaka%2Ffiles%2F102722%2Fjurnal_eproc%2Fdesain-dan-implementasi-charger-baterai-port
- [7] Rusman, R. (2017) 'Pengaruh Variasi Beban Terhadap Efisiensi Solar Cell Dengan Kapasitas 50 Wp', *Turbo: Jurnal Program Studi Teknik Mesin*, 4(2). doi: 10.24127/trb.v4i2.75
- [8] (2552) ' (Solar Cell)', , pp. 4–29. Available at: <http://www3.egat.co.th/re/solarcell/solarcell.htm>.