

SIMULASI *BUCK CONVERTER* PADA RANGKAIAN *CONTROLLER* TURBIN ANGIN *THE SKY DANCER 500* DI PT LENTERA BUMI NUSANTARA

¹Aulia Dwiyanti

Program Studi Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Singaperbangsa Karawang
Jl. HS Ronggo Waluyo, Puserjaya. Kec Telukjambe Tim., Kabupaten Karawang, Jawa Barat
41361

1810631160129@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Penulis mensimulasikan rangkaian *buck converter* pada *controller* turbin angin *The Sky Dancer 500 W* di PT Lentera Bumi Nusantara. Simulasi *buck converter* penting untuk dilakukan karena *buck converter* pada turbin angin berfungsi untuk menurunkan tegangan pada *output* yang menyebabkan tegangan *output* menjadi lebih kecil daripada tegangan input. Hal ini dilakukan agar tegangan yang masuk sesuai dengan konfigurasi baterai. Pada simulasi ini, penulis menggunakan rangkaian *close loop*. Cara kerja rangkaian *close loop* adalah apabila tegangan keluar dari *buck converter* belum sesuai dengan konfigurasi baterai, maka tegangan akan masuk ke rangkaian *close loop* untuk disesuaikan tegangannya sesuai dengan konfigurasi baterai. Berdasarkan hasil dari simulasi, dapat disimpulkan bahwa *charging controller The Sky Dancer 500 W* digunakan untuk membuat tegangan yang dihasilkan generator bisa disimpan ke baterai. *Buck converter* berfungsi untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan generator dan membuatnya lebih stabil sebelum disimpan ke baterai agar umur baterai menjadi lebih panjang.

Kata kunci: *Controller, Close Loop, Buck Converter*

PENDAHULUAN

Energi listrik atau tenaga listrik adalah salah satu jenis energi utama yang dibutuhkan bagi peralatan listrik atau energi yang tersimpan dalam arus listrik dengan satuan Ampere (A) dan tegangan listrik dengan satuan Watt (W) untuk menggerakkan motor, lampu penerangan, memanaskan, mendinginkan atau menggerakkan kembali suatu mekanik untuk menghasilkan bentuk energi yang lain.[1]

PT Perusahaan Listrik Negara (Persero) atau PLN mencatat bahwa konsumsi energi listrik mengalami pertumbuhan disepuluh bulan pertama. Konsumsi listrik disepanjang Januari-Oktober 2021 mencapai 210.37 Terawatt-hour (TWh) atau naik 4,69% dibanding periode sama tahun lalu. Pertumbuhan konsumsi listrik diperkirakan masih akan berlanjut. Menurut direktur Niaga dan Manajemen pelanggan PLN Bob Saril memproyeksikan, konsumsi energi listrik disepanjang tahun 2021 akan menembus 4,75% bila dibandingkan dengan tahun 2020 lalu.

Secara terperinci, realisasi konsumsi listrik Januari-Oktober 2021 terdiri atas konsumsi energi

listrik pada segmen pelanggan rumah tangga sebesar 95.32 TWh (45%). Pelanggan sosial 7.05 TWh (3,35%), pelanggan bisnis 34,31 TWh (16,31%), pelanggan industri 65,33 TWh (31,05%), pelanggan publik 6,67 TWh (3,21%), dan pelanggan Traksi 1,61 TWh (0,76%).[2]

Pemerintah terus berupaya melaksanakan percepatan pengembangan Energi Baru Terbarukan (EBT) agar dapat mencapai target 23%. Energi Baru Terbarukan (EBT) pada bauran energi nasional tahun 2025 sebagaimana amanat Rencana Umum Energi Nasional (RUEN). Beberapa strategi percepatan pengembangan EBT untuk mencapai target ambisius pada tahun 2025.

Pertama, mendorong peningkatan unit-unit PLTEBT yang sudah ada dan proyek EBTKE yang sedang berjalan sesuai RUPTL. Kedua, upaya menciptakan pasar EBT untuk mengembangkan panas bumi. Diupayakan pengembangan Flores Geothermal Island, sinergi BUMN untuk percepatan pengembangan panas bumi di Wilayah kerja BUMN, dan pengembangan klaster ekonomi berbasis sumber daya setempat dengan pembangkit listrik.[3]

Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) merupakan pembangkit listrik yang memanfaatkan energi angin sebagai pendorong generator listrik, PLTB di Indonesia memiliki potensi yang cukup besar di daerah luar perkotaan. Hal ini disebabkan karena angin tidak tertahan gedung tinggi. Secara mekanisme, cara kerja PLTB memiliki prinsip yang sama dengan PLTA. Perbedaannya, pada PLTB energi kinetik yang dimanfaatkan untuk memutar turbin adalah energi kinetik yang berasal dari aliran angin.[4]

Menanggapi hal tersebut PT Lentera Bumi Nusantara membangun sebuah PLTB yang bertempat di Tasikmalaya, Jawa Barat. PT Lentera Bumi Nusantara merupakan perusahaan yang bergerak di bidang agrobisnis dan penelitian serta pengembangan energi terbarukan khususnya Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) berskala mikro. Terdapat sepuluh unit generator, lima dari generator tersebut dinamakan dengan sebutan *The Sky Dancer* (TSD) dan lima lainnya dinamakan dengan sebutan *E-wing*. Masing-masing dari generator tersebut dapat menghasilkan energi listrik sebesar 500 *WattPeak*.

Energi yang dihasilkan oleh generator tidak langsung dapat digunakan, melainkan energi tersebut disimpan terlebih dahulu ke baterai. Hal tersebut dikarenakan energi listrik yang dihasilkan oleh generator tidak stabil dan perlu dilakukan proses konversi sebelum disimpan ke baterai. Dengan permasalahan tersebut dibutuhkan *controller* untuk menstabilkan energi dan tegangan yang dihasilkan oleh generator.

Didalam *controller* terdapat rangkaian *buck converter* yang digunakan sebagai menurunkan tegangan agar tegangan yang dihasilkan sesuai dengan kapasitas baterai yaitu 24V. Dalam jurnal ini akan membahas lebih lanjut perihal simulasi *buck converter* pada rangkaian

controller turbin angin The Sky Dancer 500 W.

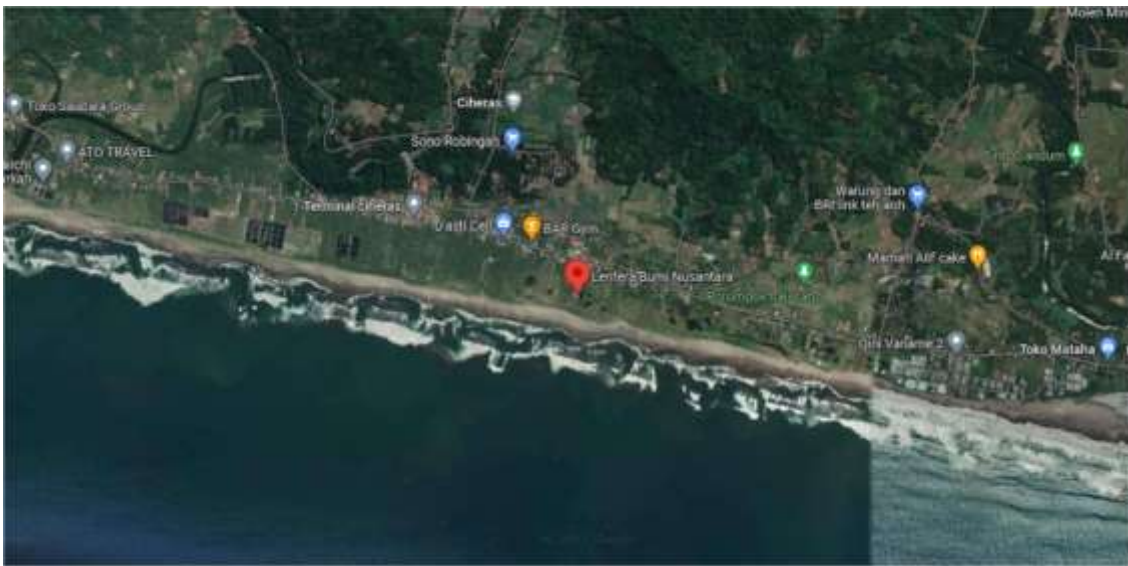
METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan dan eksploratif, yaitu menganalisis rangkaian *buck converter* pada *controller* turbin angin *The Sky Dancer* 500 W, dan rangkaian ini di simulasikan menggunakan aplikasi PSIM.

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bulan Juni 2021 sampai dengan Juli 2021. Simulasi rangkaian ini disusun di PT Lentera Bumi Nusantara, Tasikmalaya, Jawa Barat.



Gambar 1 Peta Wilayah PT Lentera Bumi Nusantara, Tasikmalaya, Jawa Barat.

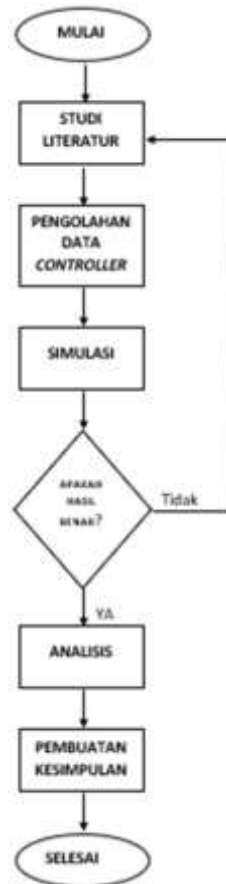
Target/Subjek Penelitian

Wilayah PT Lentera Bumi Nusantara yang akan dijadikan target atau subyek penelitian. Wilayah ini merupakan wilayah pesisir pantai yang memiliki Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB). Terdapat sepuluh unit generator, lima dari generator tersebut dinamakan dengan sebutan *E-wing* dan lima lainnya dinamakan dengan sebutan *The Sky Dancer*. Masing-masing generator tersebut dapat menghasilkan energi listrik sebesar 500 *WattPeak*.

Prosedur Penelitian

Gambar 2 menunjukkan tahapan prosedur penelitian. Penelitian ini dimulai dari studi literatur. Dalam studi literatur, peneliti melakukan pencarian referensi buku, modul dan jurnal penelitian yang terkait dengan simulasi *buck converter* pada *controller* turbin angin. Setelah studi literatur, dilanjutkan dengan pengolahan data *controller* dan membuat simulasi. Setelah itu, tahapan dilanjutkan dengan melihat hasil simulasi sudah benar atau belum. Jika belum diulang

kembali ke tahap studi literatur, dan jika sudah memasuki tahapan analisis. Data yang diambil adalah data primer dan sekunder. Tahapan terakhir adalah pembuatan kesimpulan. Pada tahapan ini, peneliti membuat kesimpulan dari hasil simulasi.



Gambar 2 Flowchart Metode Penelitian

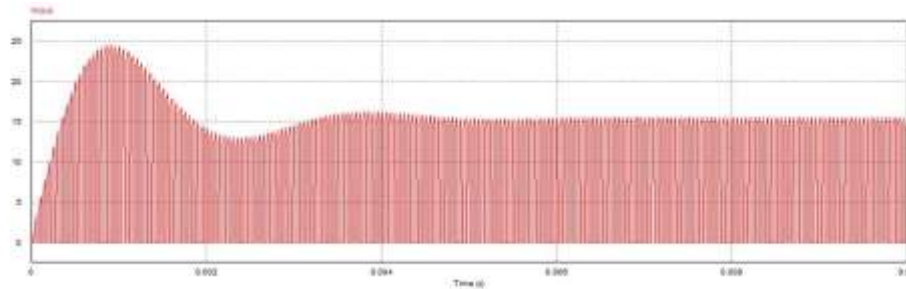
Data, Instrumen, dan Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan aplikasi PSIM untuk mensimulasikan rangkaian *buck converter* pada *controller* turbin angin. Pertama membuat pemodelan rangkaian menggunakan aplikasi PSIM dan dilakukan simulasi. Hasil yang dihasilkan dari simulasi ini berupa sebuah gelombang menyerupai sinyal-sinyal PWM. Hal itu terjadi karena pengaruh saklar MOSFET yang terdapat input sinyal PWM. Perubahan *duty cycle* sangat berpengaruh besar terhadap tegangan keluaran *buck converter*. Pengumpulan data dilihat dari hasil keluaran simulasi *buck converter* yang berupa gelombang.

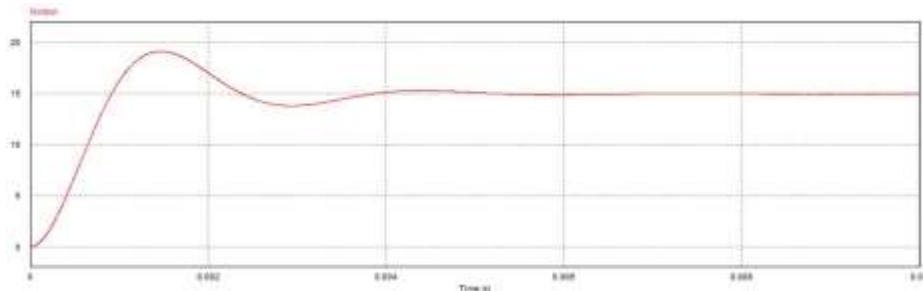
HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Hasil Penelitian

Setelah dilakukan pemodelan rangkaian pada PSIM, selanjutnya dilakukan simulasi dan analisis pada hasil *output buck converter*.

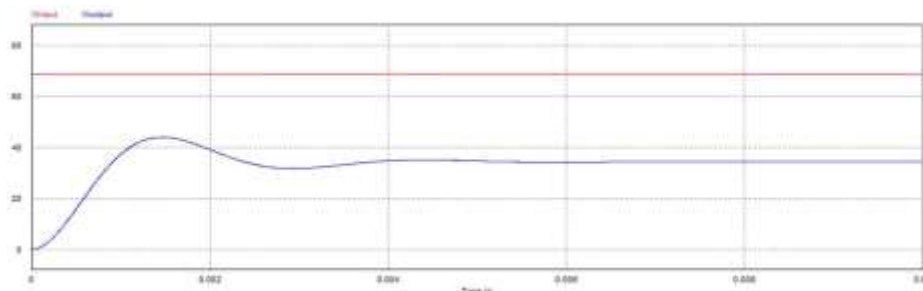


Gambar 3 Gelombang Arus Input



Gambar 4 Output Open Loop Buck Converter

Pada arus *input* terlihat bahwa gelombang yang akan dihasilkan menyerupai sinyal-sinyal PWM. Hal ini dikarenakan pengaruh dari saklar MOSFET yang terdapat *input* sinyal PWM. Pada tegangan dan arus *output* gelombang yang dihasilkan sudah stabil *steady* pada 0,004s seperti yang terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Gelombang Tegangan Input dan Output Open Loop Buck Converter

Pada Gambar 4, tegangan *input* diberi nilai 48V yang ditunjukkan pada sinyal yang berwarna merah. Nilai *duty cycle* yaitu 0,5 atau 50% sehingga tegangan *output* yang dihasilkan *steady* pada nilai yang mendekati 24V, yaitu pada sinyal berwarna biru.

Tabel 1 Variasi Nilai Duty Cycle

Tegangan <i>Input</i> (V)	<i>Duty Cycle</i> (50%)	Tegangan <i>Output</i> (V)
48	10	4.78
48	30	14.37
48	50	23.95
48	70	33.53
48	90	43.11

Perubahan *duty cycle* sangat berpengaruh besar terhadap tegangan keluaran *buck converter*. Dilihat pada Tabel 1, bahwa perubahan tegangan keluaran berbanding lurus dengan perubahan *duty cycle*. Pada saat *duty cycle* diatur 10% maka tegangan output yang dihasilkan 4,78 dan pada saat *duty cycle* 90% dihasilkan tegangan output 43.11V.

Tegangan keluaran dari generator tidak tetap dan selalu berubah-ubah, sehingga harus adanya pengontrol untuk mengatur *duty cycle* secara otomatis agar tegangan output *buck converter* dipertahankan pada nilai 24V.

Pembahasan

1. *Controller The Sky Dancer 500*

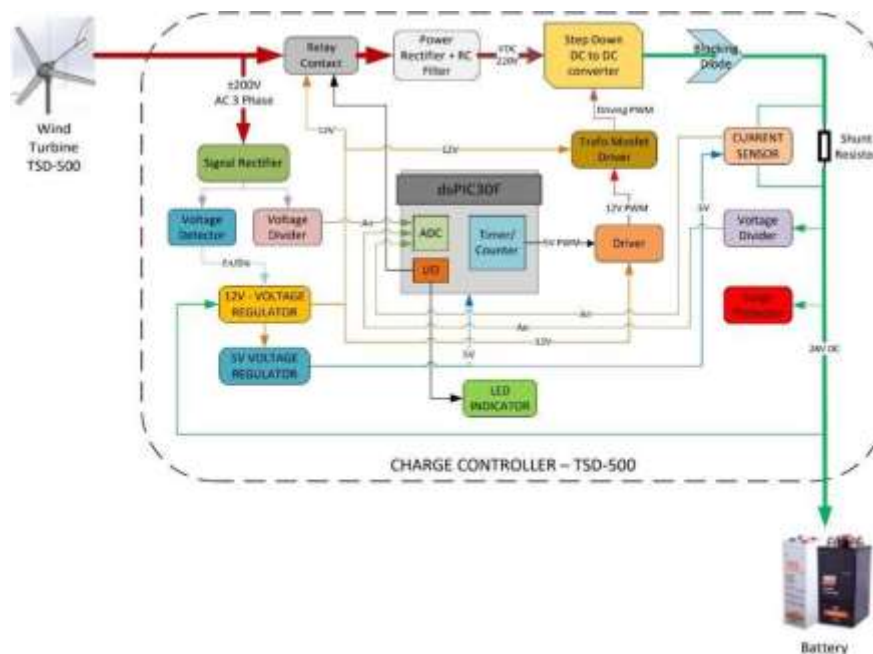
Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) di PT Lentera Bumi Nusantara menggunakan turbin angin dengan nama TSD-500. *Controller* pada TSD-500 dirancang dan diproduksi diperusahaan Jepang yang bernama NIDEC. *Controller* pada TSD-500 memiliki fungsi sebagai pengatur tegangan dan arus hasil dari generator sebelum disimpan ke baterai. Tegangan keluaran dari generator adalah tegangan AC 3 fasa dan nilainya masih sangat tidak stabil maka perlu diubah terlebih dahulu menjadi tegangan DC dan nilai tegangan 24V agar dapat tersimpan dan membuat umur baterai menjadi lebih panjang.



Gambar 6 *Controller TSD-500*

2. Sistem Kerja *Controller TSD-500*

Controller TSD-500 memiliki skematik kerja seperti pada gambar 6. Tegangan keluaran dari generator adalah tegangan AC 3 fasa dan nilainya masih sangat tidak stabil. Tegangan hasil keluaran generator akan menjadi tegangan *input charging controller* ke *relay* dan akan aktif ketika nilai tegangan di *input* terdapat pada rentang nilai 30-48V. Setelah melewati *relay* selanjutnya akan dialirkan menuju *rectifier* dan *filter* selanjutnya akan masuk ke *buck converter* untuk diturunkan nilai tegangan dan disesuaikan dengan spesifikasi baterai. Setelah *buck converter*, tegangan akan dialirkan ke baterai.



Gambar 7 Diagram Alir Controller TSD-500

3. Voltage Detector

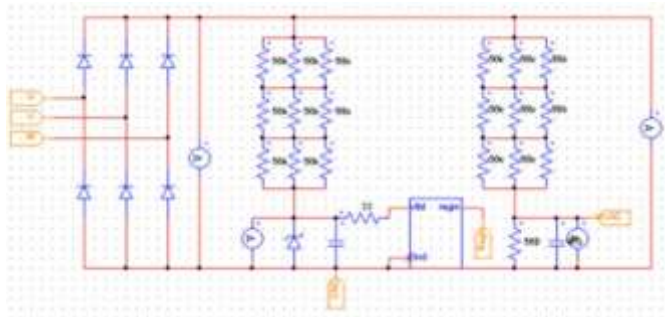
Voltage Detector adalah rangkaian yang berfungsi sebagai masukan ke mikrokontroler untuk mengetahui besar tegangan pada generator, rangkaian ini terdiri dari pembagi tegangan dan penyearah yang terhubung dengan mikrokontroler. *Voltage detector* memiliki cara kerja, tegangan AC dari generator disearahkan oleh *full-wave rectifier* menjadi tegangan DC dan masuk ke rangkaian pembagi tegangan. Pembagi tegangan memiliki fungsi sebagai pengecil tegangan yang masuk ke mikrokontroler.

Setelah tegangan melewati pembagi tegangan selanjutnya akan masuk ke pin analog

mikrokontroller dan diproses sampai mikrokontroller dapat menentukan nilai tegangan

generator. Nilai data tegangan yang didapat akan digunakan untuk mengatur *relay*, jika hasil pembacaan adalah nilai 30 – 180 V mikrokontroller akan menjadikan kondisi *relay on* dan *off* jika nilai kurang atau lebih dari rentang tegangan tersebut. Pada *controller* TSD 500 digunakan 2 sensor tegangan. Sensor pertama untuk mendeteksi tegangan maksimum dan minimum hasil generator. Sensor kedua sebagai *feedback* pengontrolan *buck converter* oleh mikrokontroller dsPIC30F3013.

Sensor-sensor tersebut tersusun dari rangkaian pembagi tegangan. Pembagi tegangan ini bertujuan agar mikrokontroller tidak rusak karena kelebihan tegangan. Rangkaian sensor tegangan ini biasa disebut juga sebagai rangkaian pembagi tegangan yang memiliki tugas untuk mengukur nilai tegangan yang lewat. Fungsi sensor input tegangan adalah untuk mengetahui besar nilai tegangan input *controller*, mengetahui besar input nilai tegangan adalah sebagai proteksi terhadap tegangan berlebih (*overvoltage*) dan memberi batas *input controller* dengan nilai (30 V - 180 V) untuk menjaga umur baterai. Prinsip sensor tegangan ini menggunakan metode pembagi tegangan (*voltage divider*). Metode pembagi tegangan ini digunakan untuk menyesuaikan tegangan input pada *controller* yang sebesar 5 V.



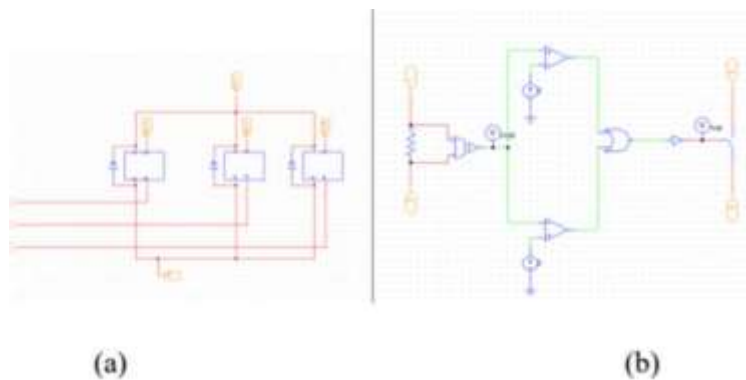
Gambar 8 Rangkaian Voltage Detector pada Rangkaian PSIM

4. Relay

Relay memiliki prinsip kerja utama pada bagian kumparan, jika kumparan ada arus listrik mengalir maka akan terjadi gaya elektromagnet. Kumparan akan berfungsi untuk menarik armatur agar saklar dapat menentukan kondisi terhubung atau terputus tergantung jenis *relay*-nya. Pada kondisi awal dari saklar, *relay* memiliki dua tipe yaitu *Normally Open* (NO) dan *Normally Close* (NC). *Relay* tipe *Normally Close* adalah *relay* berkondisi awal belum aktif dan posisinya menutup atau terhubung (*close*). *Relay* tipe *Normally Open* adalah *relay* berkondisi awal berada pada posisi terbuka atau terputus (*open*).

Relay pada sistem ini seperti gerbang masuk sebelum *rectifier* atau saklar yang menyambung dan memutus rangkaian *controller* dengan sumber yaitu generator. *Relay* pada umumnya terdiri

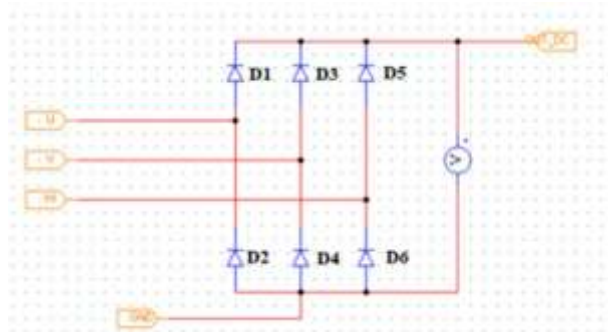
dari kumparan dan saklar. *Relay* yang digunakan pada *controller* TSD 500 adalah *relay Normally Open*, berarti keadaan awalnya posisi terbuka atau terputus. Saat tegangan generator adalah 30 V sampai dengan 180 V, *relay* akan berada dalam kondisi *on*, maka mikrokontroler akan mengalirkan arus DC melewati kumparan sehingga menghasilkan medan magnet yang akan menarik saklar sehingga keluaran generator dan *controller* terhubung dan arus dapat melewati *relay*. Saat tegangan dari generator kurang dari 30 V atau lebih dari 180 V, *relay* akan *off* atau rangkaian akan terputus dan arus tidak akan mengalir ke *controller*. Berikut rangkaian *relay* pada TSD 500 yang dibuat saat melakukan simulasi rangkaian pada *software* PSIM:



Gambar 9 (a) Rangkaian Relay pada Simulasi PSIM, dan (b) rangkaian subcircuit pada Simulasi PSIM

5. Rectifier dan Filter

Rectifier memiliki fungsi sebagai pengubah tegangan AC 3 fasa menjadi tegangan DC. *Rectifier* yang digunakan berjenis *full-wave three phase rectifier*. Jenis *rectifier* ini digunakan karena tegangan input pada *rectifier* adalah tegangan AC 3 fasa dan penyearah gelombang penuh ini menghasilkan output gelombang dengan riak lebih kecil dari pada penyearah setengah gelombang. Rangkaian seperti pada Gambar 9.



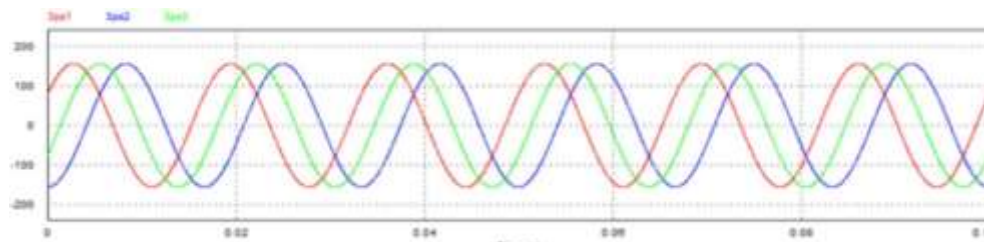
Gambar 10 Rangkaian Full-Wave Three Phase Rectifier

Pada input terdapat tiga fasa gelombang AC, prinsip kerja *rectifier* ini mengarahkan

gelombang melalui dioda bernilai paling positif dan paling negatif. Pada Gambar 11 ada

gelombang tiga fasa, dimisalkan gelombang berwarna merah adalah gelombang A, gelombang biru adalah gelombang B, dan gelombang berwarna hijau adalah gelombang C.

Gelombang V_{ab} hasil penyearahan gelombang A dan B, tegangan melewati dioda D1 dulu karena gelombang A bernilai paling positif, selanjutnya menuju D4 karena gelombang B bernilai paling negatif. Prinsip ini berlaku juga pada gelombang selanjutnya yaitu V_{ac} . Tegangan melewati D1 dulu karena gelombang A bernilai paling positif dan selanjutnya menuju D6 karena gelombang C bernilai paling negatif. Tegangan berjalan menuju dioda yang gelombangnya bernilai paling positif menuju dioda yang gelombangnya bernilai paling negatif. Gelombang V_{bc} hasil penyearahan tegangan yang melewati dioda D3 karena gelombang B bernilai paling positif dan akan mengalir ke D6 karena gelombang C bernilai yang paling negatif. Proses penyearahan gelombang memiliki prinsip yang sama untuk menghasilkan gelombang keluaran dari rectifier. Dilihat hasil output rectifier, gelombang hanya terdiri dari satu fasa dan masih memiliki riak tegangan, tetapi gelombang yang dihasilkan lebih halus dari pada hasil pada penyearah setengah gelombang.

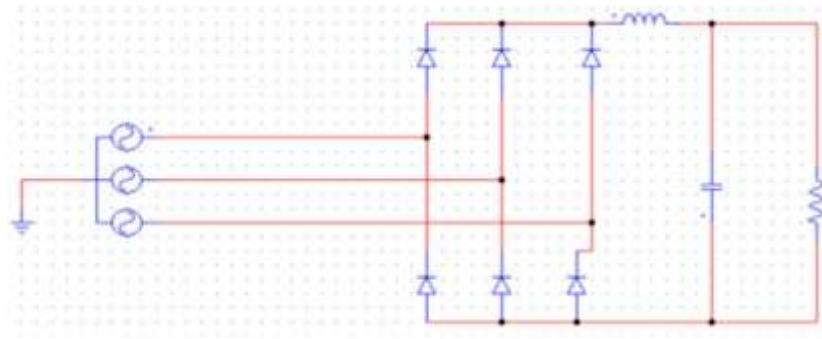


Gambar 11 Gelombang Full-Wave Three Phase Rectifier

Rangkaian rectifier ini melakukan simulasi dengan software PSIM menggunakan tegangan masukan $V_{RMS} = 150$ Volt, dan $f = 50$ Hz. Rangkaian menggunakan 6 dioda seperti rangkaian full-wave three-phase rectifier, dengan harapan output hasilnya memiliki riak yang kecil atau halus. Dengan nilai input tersebut, melakukan simulasi dengan PSIM. Gelombang input dilihat pada Gambar 11, ada tiga gelombang berwarna hijau, biru dan merah yang memiliki nilai sama tetapi berbeda fasa. Gelombang tersebut melewati rectifier dan disearahkan oleh dioda.

Filter berperan sama penting seperti rectifier. Gelombang output rectifier masih memiliki riak gelombang yang membuat nilainya masih fluktuatif, filter dibutuhkan untuk mengurangi riak tersebut. Filter yang digunakan pada controller adalah filter pasif karena menggunakan komponen kapasitor dan resistor saja. Filter tegangan RC adalah jenis filter yang digunakan seperti pada Gambar 11. Kapasitor adalah komponen untuk menyimpan tegangan sementara, agar nilai lebih efektif untuk digunakan memfilter tegangan. Selain itu, filter dengan kapasitor

juga menghasilkan nilai tegangan output yang mendekati tegangan puncak.



Gambar 12 Rangkaian Rectifier dan Filter Tegangan RC

6. Buck Converter

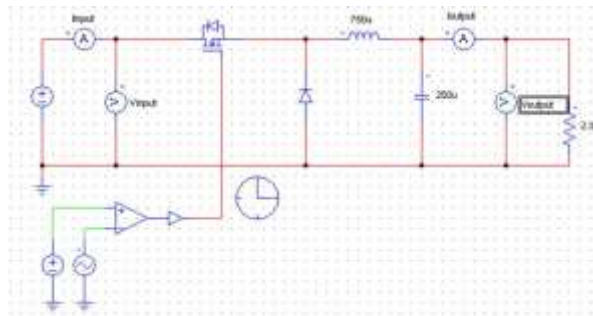
Buck converter adalah *converter* DC to DC yang memiliki fungsi menurunkan tegangan pada output, jadi tegangan output akan lebih kecil dari pada tegangan input. Tegangan output dari *rectifier* masih tinggi sesuai tegangan input dari generator. Pada baterai tegangan yang dapat masuk berkisar 22-26 Volt, sehingga perlu disesuaikan dengan tegangan yang bisa disimpan ke baterai dengan penurunan tegangan agar dapat disimpan ke baterai.

7. Blocking Dioda

Blocking dioda adalah rangkaian dioda yang dipasang paralel. Rangkaian *blocking dioda* ini memiliki fungsi mengamankan rangkaian *buck converter*, maksudnya memberi perlindungan ke pada rangkaian *buck converter* jika terjadi arus balik dari baterai. Arus balik dari baterai terjadi jika *controller* mati atau tidak menerima tegangan dari generator. Rangkaian *blocking dioda* ini bertujuan mengalirkan arus ke satu arah saja yaitu menuju baterai dan tidak bisa mengalirkan arus ke arah sebaliknya, yaitu ke rangkaian *buck converter*.

8. Open Loop Buck Converter

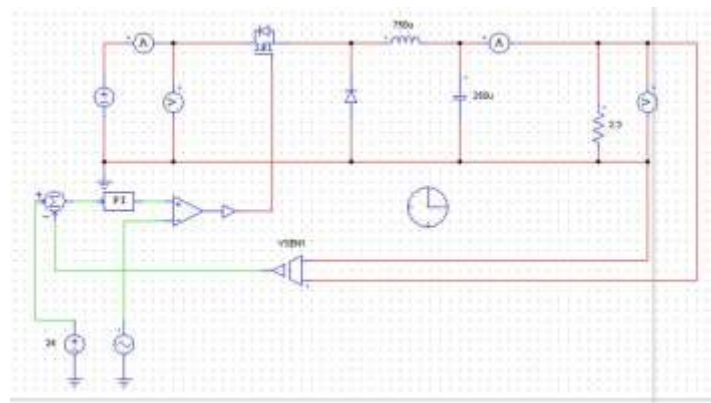
Pemodelan *buck converter* ini MOSFET yang berfungsi sebagai saklar elektronik dengan sinyal PWM sebagai input saklar. Dalam perancangan *buck converter* hal yang harus diperhatikan adalah menghitung *duty cycle* dan nilai kompone RLC. Dalam merangkai rangkaian pada PSIM tentunya memerlukan komponen elektronika.



Gambar 13 Simulasi Open Loop Buck Converter

9. Close Loop Buck Converter

Tegangan keluaran yang dihasilkan generator tidak tetap dan selalu berubah-ubah, sehingga dibutuhkan suatu *controller* untuk menjaga tegangan agar selalu stabil dan bisa masuk ke baterai. Oleh karena itu, digunakan kontrol PID sebagai pengontrol tegangan sebagai masukan pada MOSFET. Kontrol PID akan mengatur *duty cycle* sesuai dengan tegangan *input*. Jadi berapa pun tegangan *input* yang masuk pada *buck converter* akan selalu menghasilkan tegangan *output* 24 V DC. Adapun parameter komponen yang digunakan dalam merangkai kontrol PID adalah:



Gambar 14 Simulasi Close Loop Buck Converter

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

1. *Controller The Sky Dancer 500* digunakan untuk membuat tegangan yang dihasilkan generator menjadi bisa disimpan pada baterai dengan menyesuaikan spesifikasi baterai yang digunakan, dengan rangkaian utama *relay*, *rectifier*, *filter*, dan *buck converter*.
2. Rangkaian *buck converter* digunakan untuk menurunkan tegangan yang dihasilkan dari generator dan membuatnya lebih stabil sebelum disimpan kepada baterai agar umur baterai dapat lebih panjang. *Buck Converter* sangat dipengaruhi oleh *duty cycle* untuk menentukan tegangan yang akan diperkecil, didalamnya terdapat resistor, kapasitor dan induktor

sebagai pendukung *buck converter* untuk memfilter riak yang masih terlewatkan dari rangkaian sebelumnya.

3. Induktor dan kapasitor pada *buck converter* memiliki fungsi sebagai *filter* untuk memperkecil riak. Induktor serta kapasitor akan saling berpadu untuk memenuhi nilai tegangan sesuai dengan ketentuan untuk mengisi baterai agar baterai dapat berumur panjang.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Wikipedia, “Energi Listrik,” *Ensiklopedia Bebas*, 2021.
https://id.wikipedia.org/wiki/Energi_listrik (diakses Mar03,2022).
- [2] Muhammad Julian, “PLN: Konsumsi Listrik tahun 2021 diprediksi tumbuh di atas 4,75%,” *NEWSSETUP*, 2021. <https://newssetup.kontan.co.id/news/pln-konsumsi-listrik-tahun-2021-diprediksi-tumbuh-di-atas-475> (diakses Mar 03,2021).
- [3] H. EBTKE, “Strategi Pemerintah Dalam Pengembangan EBT, Menuju Kemandirian Energi Nasional,” *Direktorat Jenderal EBTKE*, 2019.
<https://ebtke.esdm.go.id/post/2019/10/17/2369/berikut.strategi.pemerintah.dalam.pengembangan.ebt.menuju.kemandirian.energi.nasional> (diakses Mar 03,2021).
- [4] M. S. Maesha Gusti Rianta ST., “Mengetahui Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) dan Mekanisme Kegagalan pada Turbin Angin,” *IndonesiaRe*, 2021.
<https://indonesiare.co.id/id/article/mengenal-pembangkit-listrik-tenaga-bayu-pltb-dan-mekanisme-kegagalan-pada-turbin-angin> (diakses Mar 07, 2021).