

PEMODELAN *FULL* SISTEM KENDALI MENGGUNAKAN APLIKASI PSIM PADA TURBIN ANGIN SKALA MIKRO *THE SKY DANCER* 500 DI PT LENTERA BUMI NUSANTARA

¹Irfan Alwanahda

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

1810631160053@student.unsika.ac.id

ABSTRAK

Abstrak– Upaya dalam pengembangan menggunakan energi baru terbarukan telah dilakukan, salah satunya di LBN (Lentera Bumi Nusantara) bertempat di desa Ciheras dengan skala mikro. LBN sendiri menggunakan generator *The Sky Dancer* dengan spesifikasi daya keluaranya 500 W, arus 3A dan tegangan 180V AC tiga fasa. Sistem turbin angin ini terdiri dari beberapa komponen penyusun, diantaranya: bilah, generator, kontroller, data logger, baterai, inverter dan beban. Cara kerja dari sistem turbin angin mikro ini yaitu, energi angin memutar bilah, lalu bilah memutar generator. Dimana keluaran daya dari generator ini berupa gelombang tegangan AC yang kemudian masuk kedalam bagian kontroller yang berfungsi untuk meng-konversikan tegangan AC menjadi gelombang tegangan DC sebelum masuk ke baterai 24V dan 25V. Proses untuk mengalirkan listrik dari baterai ke beban atau ke rumah-rumah yaitu melalui inverter terlebih dahulu untuk diubah kembali kedalam gelombang tegangan AC 220v dan 50hz.

Kata kunci: *Controller*, Tegangan, Generator.

PENDAHULUAN

Dalam era globalisasi dan modernisasi saat ini tidak dapat dipungkiri kembali bahwa listrik merupakan salah satu kebutuhan utama dalam segala bidang di hidup kita, mulai dari bidang pekerjaan, rumah tangga, maupun sekolah sekalipun tak luput dari penggunaan listrik dan dengan itu melihat penggunaannya yang sangatlah luas maka Indonesia sendiri membutuhkan sumber energi listrik yang mempunyai untuk memenuhi setiap kebutuhan dalam penggunaan listrik.[1]

Dalam memenuhi kebutuhan akan listrik, Indonesia memiliki banyak pembangkit listrik sebagai sumber daya yang dapat digunakan untuk menghasilkan listrik salah satunya yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) dengan menggunakan sumber daya batu bara untuk dapat mengasilkan uap, lalu uap digunakan untuk menggerakan turbin untuk menggerakan generator dan lalu dapat menghasilkan listrik. Namun dengan penggunaan dari PLTU sendiri bukanlah langkah yang tepat dikarenakan terbatasnya jumlah dari fosil dan batu bara dan juga PLTU sendiri dapat merusak ekosistem dan merugikan banyak pihak, dan dengan banyak pertimbangan mengenai dampak dari PLTU, pemerintah mulai mengusung agenda *net-zero emission* untuk mengantisipasi dampak dari pembangkit listrik tersebut.[2]

Melihat kondisi tersebut Indonesia membutuhkan sumber energi baru terbarukan yang dapat ditransformasikan kedalam energi listrik. Melihat potensi dan juga kondisi iklim yang ber sub-tropis, energi yang dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik yaitu panas bumi, air, angin, sinar matahari, dan masih banyak lagi. Selain itu sumber energi ini dapat kita jumpai di segala pelosok daerah di Indonesia. Dan ini bisa menjadi salah satu usaha untuk menjangkau daerah-daerah pelosok agar dapat mendapatkan listrik, dengan menggunakan pembangkit listrik skala mikro untuk memenuhi kebutuhan listrik pada suatu daerah atau desa.

Melihat potensi dari setiap daerah dapat menghasilkan angin dengan kisaran 3m/s hingga 12m/s yang bisa dimanfaatkan sebagai sumber daya untuk menghasilkan listrik. Maka Pembangkit Listrik Tenaga Bayu (PLTB) Dapat digunakan untuk memenuhi kebutuhan akan listrik. Dengan menggunakan turbin angin kita dapat menghasilkan listrik dari mulai skala mikro maupun makro.[3]

Lalu pada jurnal kali ini penulis dapat berkesempatan untuk mempelajari tentang turbin angin skala mikro dengan menganalisis potensi angin di daerah Tasikmalaya, menggunakan aplikasi PSIM untuk melakukan perhitungan 2 dan simulasi sederhana. Sehingga nantinya, dalam pengimplementasian dari turbin angin ini bisa mendapatkan hasil yang maksimal dan diharapkan dapat sesuai dengan analisa pada simulasi yang dilakukan. Maka dari itu dalam jurnal ini akan membahas tentang "PEMODELAN *FULL* SISTEM KENDALI MENGGUNAKAN APLIKASI PSIM PADA TURBIN ANGIN SKALA MIKRO *THE SKY DANCE* 500 DI PT. LENTERA BUMI NUSANTARA"

METODE PENELITIAN

Jenis Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode penelitian terapan dan eksploratif, yaitu menganalisis rangkaian *full system* 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.



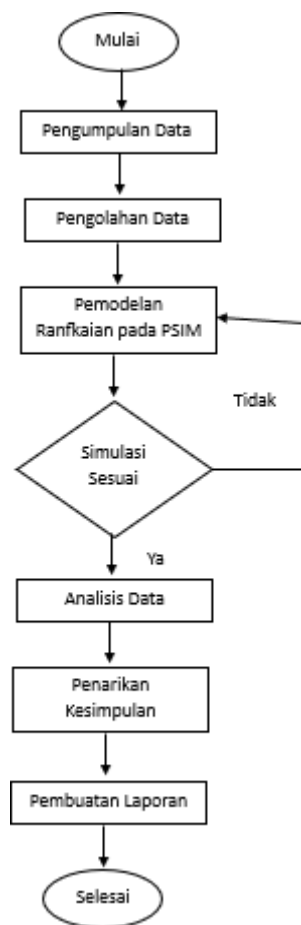
Gambar 1 Peta Wilayah PT Lentera Bumi Nusantara, Tasikmalaya, Jawa Barat.

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 di mulai dari pengumpulan data. Dalam pengumpulan data, peneliti melakukan beberapa simulasi melalui aplikasi PSIM tentang *full system controller* turbin angin. Setelah pengumpulan data dilakukan, data akan di kelola untuk memenuhi kebutuhan sistem. Setelah itu, tahapan dilanjutkan dengan pemodelan rangkaian pada aplikasi PSIM hingga simulasi sesuai. Jika belum sesuai maka simulasi diulang ke tahap pemodelan rangkaian pada PSIM. Jika sudah sesuai lalu data di analisis dan dibuat kesimpulan

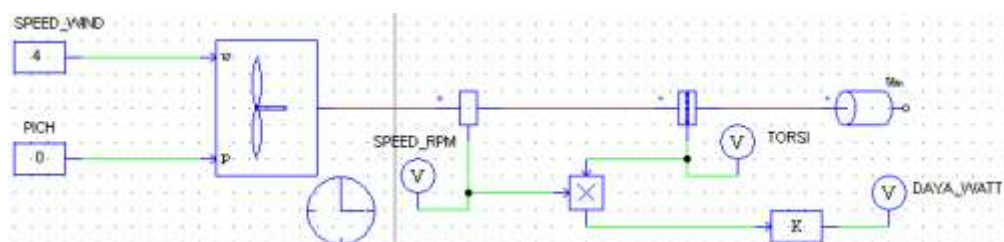


Gambar 2 Flowchart Metode Penelitian

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

1. Pemodelan Bilah

1.1 Simulasi Pada Aplikasi PSIM



Gambar 3 Simulasi Pemodelan Bilah Pada Aplikasi PSIM

Pada pemodelan bilah pada aplikasi PSIM terdapat beberapa komponen, diantaranya:

- *Constant*
- *Constant mechanical load (constant speed)*
- *Speed sensor*
- *Torque sensor*
- *Voltage probe*

• *Multiplier*

- *Propotional Block*
- *Wind turbine*

Pada simulasi ini, diketahui bahwa data-data mengenai bilah diantaranya : C_p (koefisien performa) : 53% TSR (*tip speed ratio*) : 6.5 lalu data tersebut merupakan input pada komponen *wind turbine*, dan setelah itu kita memberikan variasi inputan berupa kecepatan angin pada komponen *constant* setelah itu simulasikan setiap variabelnya lalu amatilah hasilnya.

1.2 Hasil dan Analisis

Data perhitungan

V angin (m/s)	P in Bilah (Watt)	w (rad/s)	Kecepatan (rpm)	P out bilah (Watt)	Torsi output bilah (Nm)	Daya (Watt)
1	1,92325	6,5	62,10191083	1,00009	0,15386	1,00009
2	15,386	13	124,2038217	8,00072	0,61544	8,00072
3	51,92775	19,5	186,3057325	27,00243	1,38474	27,00243
4	123,088	26	248,4076433	64,00576	2,46176	64,00576
5	240,40625	32,5	310,5095541	125,01125	3,8465	125,01125
6	415,422	39	372,611465	216,01944	5,53896	216,01944
7	659,67475	45,5	434,7133758	343,03087	7,53914	343,03087
8	984,704	52	496,8152866	512,04608	9,84704	512,04608
9	1402,04925	58,5	558,9171975	729,06561	12,46266	729,06561
10	1923,25	65	621,0191083	1000,09	15,386	1000,09
11	2559,84575	71,5	683,1210191	1331,11979	18,61706	1331,11979
12	3323,376	78	745,2229299	1728,15552	22,15584	1728,15552

Tabel 1 Hasil dari Perhitungan Data Pemodelan Bilah

Data perhitungan didapatkan dengan menghitung menggunakan rumus pada setiap kondisi kecepatan angin. Dan data perhitungan digunakan untuk perbandingan data ketika akan melakukan simulasi agar dapat menghasilkan *output* yang sesuai.

Daya (Watt)	Torsi ouput bilah (Nm)	Kecepatan (rpm)
0,98	0,15	62,03
7,76	0,59	124,07
26,19	1,34	186,11
62,08	2,38	248,15
121,26	3,73	310,18
209,54	5,37	372,23
332,74	7,31	434,27
496,69	9,55	496,31
707,2	12,08	558,35
970,09	18,05	620,38
1291,19	18,05	682,43
1676,32	21,49	744,47

Tabel 2 Data Hasil Simulasi Pemodelan Bilah pada Aplikasi PSIM

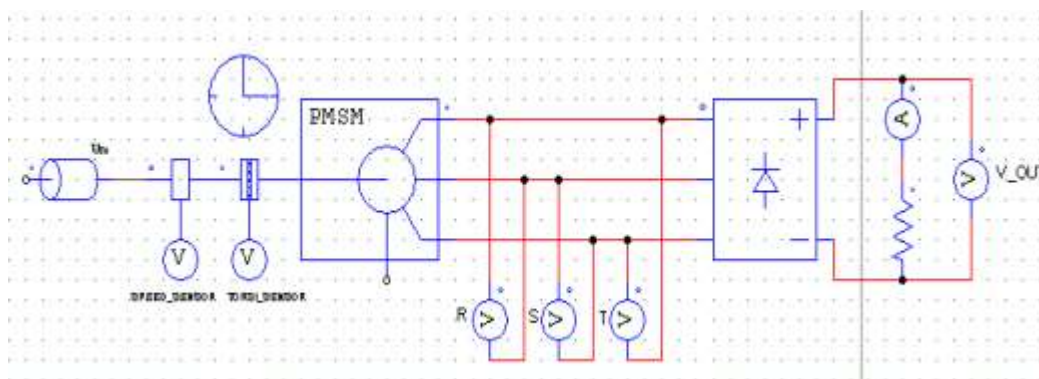
Data simulasi didapatkan dengan mensimulasikan pemodelan menunakan aplikasi PSIM lalu

memberikan variasi *input* kecepatan angin. Lalu dapat dilihat pada kedua tabel diatas ada

perbandingan antara hasil perhitungan dan simulasi namun selisih tidak jauh berbeda. Dengan itu dapat dikatakan bahwa simulasi ini berhasil, karena selisih antara data perhitungan dengan data simulasi tidak terlalu jauh. Terlihat bahwa seiring dengan naiknya kecepatan angin dari atas ke bawah yaitu 1-12 m/s, daya yang dihasilkan pun semakin bertambah. Daya yang dihasilkan inilah yang nantinya akan berguna untuk memutar generator.

2. Pemodelan Generator

1.1 Simulasi Pada PSIM



Gambar 4 Simulasi Pemodelan Generator Pada Aplikasi PSIM

Pada pemodelan generator pada aplikasi PSIM terdapat beberapa komponen, diantaranya:

- *Constant mechanical load (constant speed)*
- *Speed sensor*
- *Torque sensor*
- *Voltage probe*
- *Permanent Magnet Sync. Machine (PMSM)*
- *Rectifier*
- *Resistor*
- *Ampere meter*
- *Volt meter*

Sebelum melakukan simulasi, didapatkan data generator untuk parameter generator dengan melakukan pengukuran dan juga mencari referensi dari spesifikasi generator tersebut sebagai berikut:

Generator TSD-500	
Rs (ohm)	13,5
Ld (mH)	6,3
Lq (mH)	7,5
Ke (vpk/rpm)	2,8999
Momen Inersia	0,00183
Pole	16

Tabel 3 Data Input Parameter Generator

Pada simulasi generator ini, kita menggunakan masukkan dari data perhitungan dan simulasi dari pemodelan bilah agar mendapatkan keluaran yang sesuai:

2.1 Hasil dan Analisis

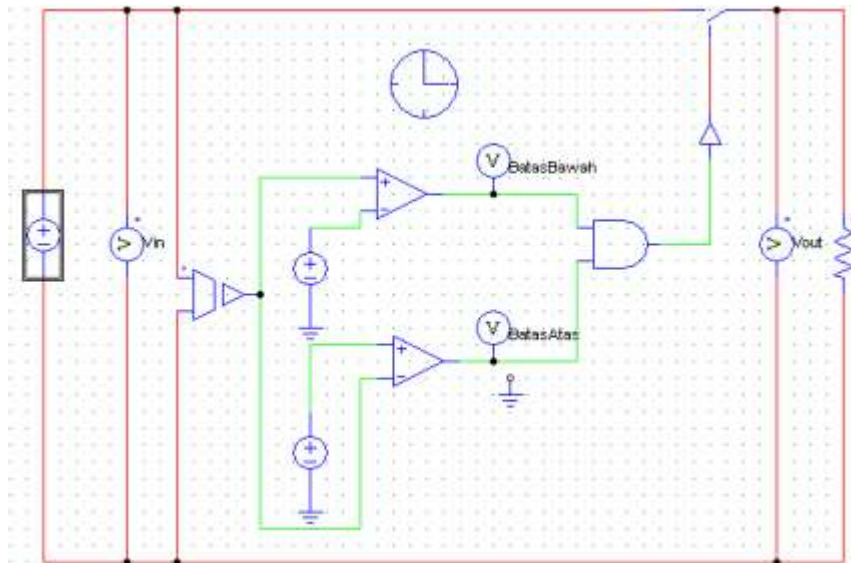
Tegangan EMF (AC)			Tegangan EMF (DC)	
r	s	t	Simulasi PSIM	Perhitungan
12,64	12,71	12,84	17,204	18,84935
25,43	25,5	25,46	34,408	37,6987
38,15	38,14	38,3	51,95	56,54805
50,85	50,93	50,95	68,77	75,3974
63,656	63,606	63,729	85,947	94,24675
76,28	76,44	76,45	103,108	113,0961
83,93	94,02	88,92	120,26	131,94545
90,77	107,14	106,5	137,21	150,7948
103,15	114,95	124,38	154,53	169,64415
121,16	122,1	137,62	171,422	188,4935
139,56	134,36	145,65	188,77	207,34285
152,92	151,96	152,94	205,597	226,1922

Tabel 4 Data Hasil Simulasi Pemodelan Generator pada Aplikasi PSIM

Dapat dilihat pada tabel diatas bahwa hasil perhitungan dan simulasi terdapat perbedaan yang cukup signifikan. Hal ini disebabkan karena adanya perubahan parameter pada saat pengukuran dan percobaan langsung sehingga data yang dihasilkan pun sedikit berbeda.

3. Pemodelan *Controller*

3.1 Simulasi *Relay* Pada Aplikasi PSIM



Gambar 5 Pemodelan *Relay* Pada Aplikasi PSIM

Didalam membuat pemodelan *relay* pada aplikasi PSIM menggunakan beberapa komponen yaitu:

- *DC Voltage Source*
- *Voltage probe*
- *Voltage sensor*
- *Ground*
- *Comparator*
- *AND*
- *On off switch controller*
- *Resistance*

Pada komponen gerbang AND diberi tegangan *cutt in* sebesar 70V dan tegangan *cutt off* sebesar 370V. Karena bertujuan sebagai pelindung komponen lainnya dari kelebihan tegangan aliran arus listrik ataupun sebagai pengaman arus listrik dari hubung singkat (konsleting) atau *short* dan untuk mengendalikan sebuah sirkuit tegangan tinggi dengan bantuan dari signal tegangan rendah.

3.2 Hasil dan Analisis



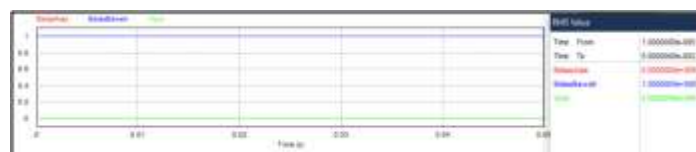
Gambar 6 Gelombang Sinusoidal Percobaan Input 200 V

Pada percobaan gambar 4 menunjukkan bahwa bila *input* diberi tegangan 200V maka *output* nya akan 200V juga. Hal ini dikarenakan tegangan 200V berada diantara tegangan 70V-370V.



Gambar 7 Gelombang Sinusoidal Percobaan Input 60V

Pada percobaan gambar 5 menunjukkan bahwa bila *input* diberi tegangan 60V maka *output* nya akan 0V. Hal ini dikarenakan tegangan 60V tidak berada (dibawah) diantara tegangan 70V – 370V.



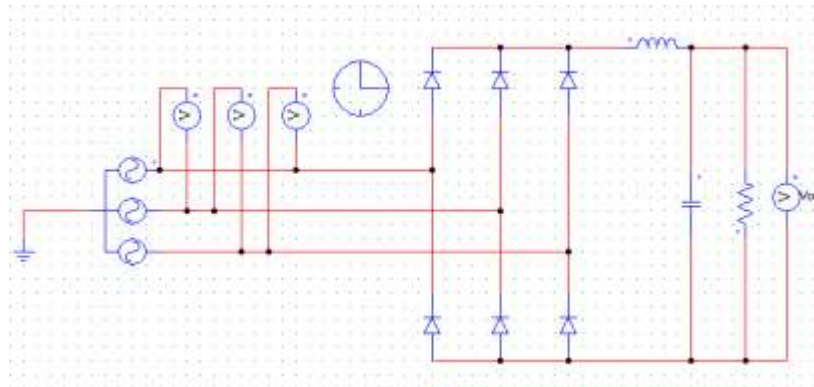
Gambar 8 Gelombang Sinusoidal Percobaan Input 380V

Pada percobaan gambar 6 menunjukkan bahwa bila *input* diberi tegangan 380V maka *output* nya akan 0V. Hal ini dikarenakan tegangan 380V tidak berada (diatas) diantara tegangan 70V – 370V.

Dari semua percobaan diatas kita dapat disimpulkan bahwa pada pemodelan *relay* memiliki gerbang AND yaitu bila salah satu *input* 0 maka *output* nya akan 0 dan bila *input* nya 1 semua maka *output* nya akan 1, bisa dilihat pada gambar bahwa *relay* ini memiliki batas atas sebesar 270V dan batas bawah 70V. Sehingga tegangan yang keluar dari generator tiga fasa akan melalui *relay* terlebih dahulu sebelum masuk kedalam *rectifier*. Tegangan yang akan melewati *relay* hanyalah tegangan yang berbeda diantara batas atas dan batas bawah. Sehingga, apabila ada tegangan yang melebihi batas atas ataupun bawah, maka *relay* akan memutuskan tegangan kedalam *rectifier*.

4. Pemodelan *Rectifier* dan *Filter* pada Aplikasi PSIM

4.1 Simulasi pada Aplikasi PSIM



Gambar 9 Pemodelan *Rectifier* dan *Filter* pada Aplikasi PSIM

Didalam membuat pemodelan *rectifier* dan *filter* pada aplikasi PSIM kita akan memakai komponen sebagai berikut:

- *Input 380V*
- *Ground*
- *3 Phase sinusoidal voltage source*
- *Inductor*
- *Diode*
- *Capasitor*
- *Resistor*
- *Voltage probe*

4.2 Hasil dan Analisis

Variasi L			
VI	L	C	Vout
380	0,001	0,001	566,7
380	0,002	0,001	567,6
380	0,003	0,001	562,4
380	0,004	0,001	558,7
380	0,005	0,001	559,6
380	0,006	0,001	559,3
380	0,007	0,001	556,9
380	0,008	0,001	552,9
380	0,009	0,001	547,3
380	0,01	0,001	541,1

Tabel 5 Hasil Percobaan *Rectifier* dan *Filter* Variasi Parameter Induktor

Pada tabel diatas dapat dilihat bahwa seiring dengan naiknya kapasitor induktor, meskipun hanya sedikit, namun perbedaan pada V_{out} nya cukup berpengaruh dan semakin turun. Hal ini disebabkan karena semakin besarnya induktor, maka daya untuk melakukan pengisian pada induktor semakin besar sehingga V_{out} nya mengecil.

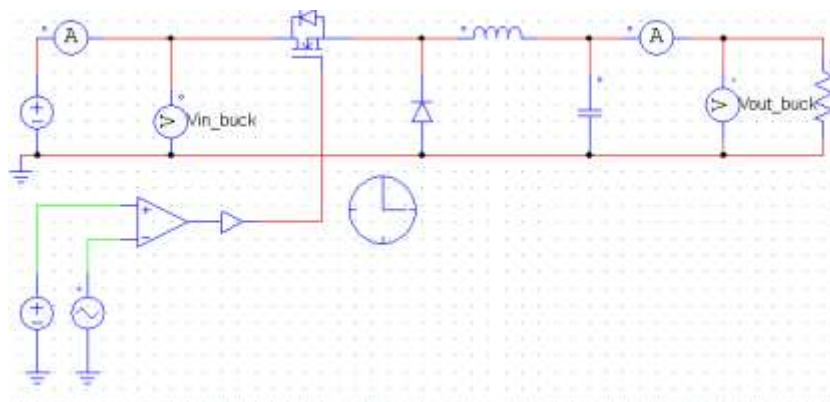
Variasi C			
V I	L	C	Vout
380	0,001	0,001	566,7
380	0,001	0,002	566,7
380	0,001	0,003	678,1
380	0,001	0,004	726,3
380	0,001	0,005	760,9
380	0,001	0,006	784,8
380	0,001	0,007	800,5
380	0,001	0,008	800,5
380	0,001	0,009	817,7
380	0,001	0,01	822,9

Tabel 6 Hasil Percobaan Rectifier dan Filter Variasi Parameter Kapasitor

Sementara gambar diatas, semakin bertambahnya kapasitas kapasitor, maka tegangan *output* nya akan naik. Hal ini disebabkan karena daya yang diteruskan dari kapasitor menjadi semakin besar, namun waktu untuk melakukan pengisian kapasitor pun lebih lama dan tentu saja akan berpengaruh kepada *troubleshoot* nya.

5. Pemodelan *Buck Converter* pada Aplikasi PSIM

5.1 Simulasi pada Aplikasi PSIM

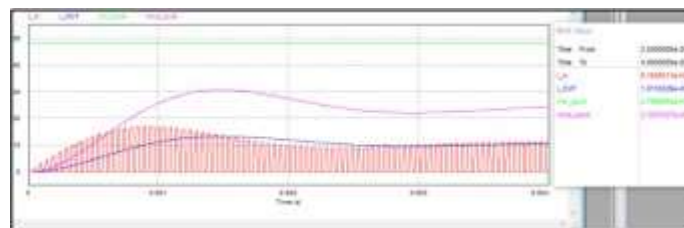


Gambar 10 Pemodelan *Buck Converter* pada Aplikasi PSIM

Didalam membuat pemodelan *Buck Converter* pada aplikasi PSIM kita menggunakan beberapa komponen, diantaranya:

- *DC Voltage Source*
- *MOSFET Switch*
- *Dioda*
- *Inductor*
- *Capasitor*
- *Resistor*
- *Triangular-wave voltage source*
- *Comparator*
- *On-Off switch controller*
- *Voltage probe*
- *Ground*

5.2 Hasil dan Analisis



Gambar 11 Gelombang Sinusoidal Hasil Simulasi Buck Converter

Pada arus *input* terlihat bahwa gelombang yang dihasilkan menyerupai sinyal-sinyal PWM. Hal ini dikarenakan pengarus dari saklar MOSFET yang mendapat *input*-an sinyal PWM. Pada tegangan dan arus *output* gelombang yang dihasilkan sudah stabil dan *steady* pada 0,004s.

Pada gambar 9 tegangan input diberi nilai 48V yang ditunjukkan pada sinyal yang berwarna merah. Nilai *duty cycle* yaitu 0,5 atau 50% sehingga *output* yang dihasilkan *steady* pada nilai yang mendekati 24V, yaitu pada sinyal berwarna biru.

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

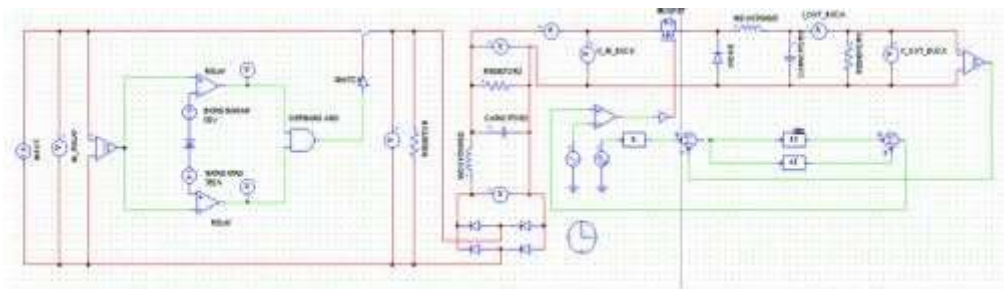
Tabel 7 Pengaruh duty cycle

Perubahan *duty cycle* sangat berpengaruh besar terhadap tegangan keluaran *buck converter*. Dilihat pada Tabel 7, bahwa perubahan tegangan keluaran berbanding lurus dengan perubahan *duty cycle*. Pada saat *duty cycle* diatur 10% maka tegangan *output* yang dihasilkan 4,78V 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.

6. Pemodelan *Controller* pada Aplikasi PSIM

6.1 Simulasi pada Aplikasi PSIM



Gambar 12 Pemodelan *Controller* pada Aplikasi PSIM

Pada pemodelan *controller* menggunakan aplikasi PSIM kita akan memakai rangkaian-rangkaian yang sudah dibahas diatas, adapun rangkaian sebagai berikut:

- *Relay*
- *Rectifier dan Filter*
- *Buck Converter*

Selain juga 3 rangkaian diatas pada rangkaian ditambahkan rangkaian *open loop* yang bertujuan untuk memaksimalkan daya baterai dan juga sebagai *monitoring* dengan menggunakan sensor tegangan.

6.2 Hasil dan Analisis

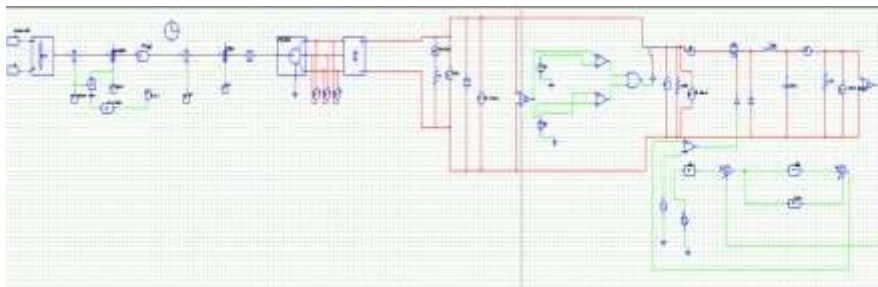
KEC. ANGIN (m/s)	DAYA GENERATOR AC	DAYA CONTROLLER DC
1	12,64	0
2	25,43	0
3	38,18	24,53
4	50,85	25,11
5	63,656	25,53
6	76,28	25,54
7	83,93	25,54
8	90,77	25,54
9	103,15	25,54
10	121,16	25,54
11	139,56	25,54
12	152,92	25,54

Tabel 8 Hasil simulasi *controller* pada Aplikasi PSIM

Rangkaian *controller* mengolah masukkan tegangan AC yang berubah gelombang sinusoidal kemudian masuk ke sensor tegangan dan lalu masuk ke *relay* sebagai pengaman rangkaian agar tidak menimbulkan kerusakan pada rangkaian dengan cara meng *cutt-off* jika tegangan berlebih tidak diantara batas atas dan batas bawah *relay*, kemudian setelah itu masuk ke rangkaian *rectifier*, rangkaian *rectifier* sendiri sebagai penyearah dari masukkan tadi yang masih berupa gelombang sinusoidal tadi lalu disearahkan menggunakan komponen *diode* lalu setelah itu di *filter* kembali menggunakan komponen induktor kapasitor dan juga resistor setelah itu maka akan menghasilkan gelombang DC yang konstan lalu setelah itu masukkan ke bagian *buck converter* di bagian *buck converter* itu sendiri untuk menurunkan tegangan sesuai dengan kapasitas baterai yaitu berkisar diantara 24-28V. Jadi, dari rangkaian converter itu sendiri dapat dilihat bahwa mengalami penurunan hanyalah tegangannya sedangkan arusnya sendiri kita mengambil arus maksimalnya.

7. Pemodelan *Full System*

7.1 Simulasi pada Aplikasi PSIM



Gambar 13 Simulasi Full System pada Aplikasi PSIM

Didalam membuat pemodelan *full system* pada aplikasi PSIM kita menggunakan beberapa komponen, diantaranya:

- Bilah
- Generator
- *Controller (relay, rectifier, buck converter)*

7.2 Hasil dan Analisis

Pada simulasi rangkaian *full system* tersebut kita memberi masukan menggunakan data bilah berupa nilai kecepatan dalam rpm lalu daya keluaran dan juga kecepatan angin. Setelah itu pada generator akan mendapatkan keluaran *back EMF AC* kemudian di searahkan menggunakan *rectifier*, dari *rectifier* didapatkan keluaran DC lalu masuk ke *relay* sebagai pengaman tegangan berlebih agar menimalisir kerusakan pada rangkaian, setelah itu masuk ke

rangkaian *buck converter* sebagai penurun tegangan agar sesuai dengan kapabilitas baterai yaitu 24-28V, setelah itu di rangkaian *buck converter* sendiri terdapat *system close loop* yang bertujuan untuk memastikan keluaran sesuai dengan kapabilitas baterai dengan cara membandingkan tegangan keluaran dengan tegangan referensi, setelah itu jika keluaran telah dipastikan diantara 24-28V maka akan disimpan kedalam baterai, setelah itu agar bisa di transmisikan maka kita menggunakan rangkaian *inverter* sebagai pengkonversi tegangan DC menjadi tegangan AC dan lalu ke beban dengan *system on grid*.

KESIMPULAN DAN IMPLIKASI

1. *Controller The Sky Dancer 500* digunakan untuk menyimpan tegangan yang dihasilkan oleh generator ke dalam baterai dengan cara memotong tegangan diluar parameter *relay*, lalu di searahkan menggunakan *rectifier* dan *filter*, setelah itu masuk kedalam rangkaian *buck converter* untuk menurunkan tegangan agar keluaran sesuai dengan spesifikasi baterai yang digunakan.
2. Ada beberapa pemodelan yang dicoba diantaranya :
 - Pemodelan Bilah
 - Pemodelan Generator
 - Pemodelan *Controller*
 - *Relay*
 - *Rectifier* dan *filter*
 - *Buck converter*
 - Pemodelan *full controller*
 - Pemodelan *full sytem* dari semua pemodelan dilakukanlah variasi *input* pada setiap pemodelan dan didapatkan hasil adanya selisih data, dari data perhitungan dan juga data simulasi namun selisih data yang terjadi tidak terlalu signifikan dan masih bisa di toleransi, maka simulasi dianggap berhasil atau sesuai.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] R. Wicaksono, "ANALISIS TURBIN ANGIN HORIZONTAL TIPE TSD 500 DENGAN DAYA 500 WATT UNTUK KEBUTUHAN RUMAH TANGGA DI PT LENTERA BUMI NUSANTARA," *Inst. Sains Teknol. AKPRIND Yograkarta*, hal. 1, 2020.
- [2] Y. Daryanto, "Kajian Potensi Angin Untuk Pembangkit Listrik Tenaga Bayu," *BALAI*

PPTAGG – UPT-LAGG, hal. 1, 2007.

- [3] R. S. Hanif, Khairul Amri, “RANCANG BANGUN MICRO TURBIN ANGIN
PEMBANGKIT LISTRIK UNTUK RUMAH TINGGAL DI DAERAH
KECEPATAN ANGIN RENDAH,” *Fak. Tek. Univ. Muhammad Jakarta*, hal. 1, 2015