

RANCANG BANGUN KONVERTER MULTI INPUT BUCK DC/DC PADA PEMBANGKIT LISTRIK HIBRIDA SURYA – ANGIN UNTUK PENGISIAN BATERAI

Ciptian Weried Priyananda¹, Fauzi Imaduddin Adhim², Lucky Putri Rahayu³,
Muhammad Nasrudin Latif⁴, Arif Musthofa⁵, Joko Susila⁶

Departemen Teknik Elektro Otomasi, Pusat Unggulan IPTEK Perguruan Tinggi Mechatronics and Industrial
Automation, Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Jl. Raya ITS Sukolilo Surabaya 60111
Telp. (031) 5947319, Faks. (031) 5947319, PABX 1276
E-mail: ciptian.junior@gmail.com

ABSTRAK

Pemanfaatan sumber energi terbarukan seperti energi angin dan surya menjadi listrik telah meningkat secara signifikan dikarenakan diversifikasi pembangkit energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi. Perlu dikembangkan teknologi pembangkit listrik hibrida yang berasal dari angin dan matahari sebagai solusi alternatif untuk dikombinasikan agar daya yang dihasilkan lebih optimal untuk disimpan pada baterai/akumulator. Penelitian ini merancang pembangkit hibrida menggunakan panel surya sebagai sumber utama dan turbin angin. Turbin angin didesain dengan model sumbu vertikal dengan keuntungan mampu mengekstrak energi angin dengan mengabaikan arah anginnya. Daya yang dihasilkan oleh panel surya dan turbin angin dikombinasikan dengan rangkaian konverter multi input buck DC/DC untuk meregulasi tegangan keluaran sesuai dengan batas pengisian baterai dan dikendalikan oleh mikrokontroler dengan modulasi sinyal PWM untuk mengatur nilai duty cycle agar tegangan keluaran sesuai dengan tegangan charging baterai. Konverter multi input buck DC/DC mampu meregulasi tegangan keluaran dalam rentang 13 V – 14 V untuk mengisi baterai dengan efisiensi lebih dari 74%.

Kata Kunci : Konverter multi Input Buck, Mikrokontroler, Pembangkit listrik hibrida, Pengisian Baterai, Photovoltaic, Vertical Axis Wind Turbine.

1. PENDAHULUAN

Energi listrik merupakan salah satu kebutuhan manusia yang sangat penting dalam kehidupan sehari-hari. Konversi sumber energi terbarukan seperti energi surya atau energi angin menjadi energi listrik saat ini telah meningkat. Penggunaan energi terbarukan juga diiringi dengan pertumbuhan teknologi elektronika daya yang cepat seperti pembangkit listrik tenaga hibrida angin dan matahari yang merupakan salah satu alternatif pembangkit yang tepat diaplikasikan pada daerah-daerah yang sukar dijangkau oleh sistem pembangkit besar seperti jaringan PLN.

Pemanfaatan energi matahari sebagai sumber energi listrik dapat direalisasikan dengan menggunakan panel surya yang memanfaatkan cahaya matahari untuk diubah menjadi energi listrik. Panel surya merupakan sumber energi yang ramah lingkungan dan sangat menjanjikan karena tidak menimbulkan polusi dan jumlahnya melimpah terutama di negara tropis seperti Indonesia. Begitu juga dengan potensi angin yang juga salah satu sumber energi terbarukan dan ramah lingkungan. Penggunaan energi matahari dan angin juga berpotensi untuk mengurangi ketergantungan terhadap bahan bakar fosil, serta menjawab masalah terjadinya perubahan lingkungan dan alam yang diakibatkan oleh usaha konservasi dari sumber energi konvensional yang bisa diimplementasikan dengan teknologi panel surya dan turbin angin.

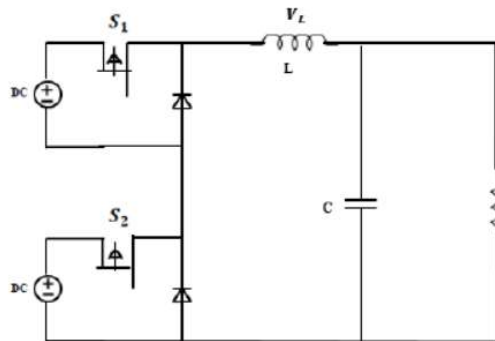
Namun penggunaan sumber energi terbarukan seperti energi matahari dan angin yang dimanfaatkan masih belum maksimal karena pada umumnya pembangkit listrik hanya menggunakan satu sumber energi saja. Permasalahan lainnya adalah mengondisikan kedua sumber tegangan untuk dikombinasikan, agar memiliki output tegangan yang teregulasi. Konverter multi input buck DC/DC merupakan sebuah perkembangan teknologi elektronika daya dimana dua atau lebih konverter DC/DC yang digabungkan secara paralel maupun seri untuk menyuplai beban yang sama dari beberapa sumber yang berbeda karakteristiknya yang dirancang untuk meregulasi tegangan keluaran yang stabil dan daya yang dihasilkan mampu digunakan untuk pengisian baterai / akumulator.

Penelitian ini merancang konverter multi input buck DC/DC untuk meregulasi pembangkit listrik tenaga hibrida surya dan angin. Energi surya dikonversi menggunakan photovoltaic 50 WP dan energi angin dikonversi menggunakan turbin angin sumbu vertikal dengan generator 10 watt yang memiliki keuntungan tidak perlu memperhatikan arah angin. Rangkaian konverter multi input buck DC/DC mengombinasikan dua input kemudian meregulasinya sebagai sumber tegangan pengisi baterai.

2. KONVERTER MULTI INPUT BUCK

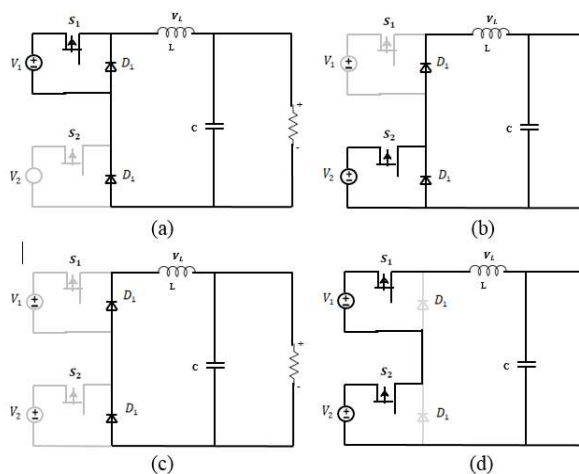
Konverter *multi input buck DC/DC* yang digunakan pada penelitian ini adalah sebuah konverter *buck*

DC/DC. Konverter ini meregulasi tegangan keluaran menjadi lebih rendah dibandingkan salah satu input atau kombinasi multi inputnya. Diagram rangkaian topologi dari konverter *buck DC/DC* ditunjukkan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Konverter *multi input buck*

Pada topologi konverter *multi input DC/DC* terdiri dari dua sumber input tegangan, tegangan *input* pertama (V_1) bisa lebih tinggi dari pada tegangan *input* kedua (V_2) maupun sebaliknya, namun tegangan *input* pertama (V_1) dan tegangan *input* kedua (V_2) tetap lebih tinggi atau sama dengan tegangan keluaran (V_o).



Gambar 2. Mode operasi konverter *multi input buck*

Mode operasi konverter *multi input Buck* ditunjukkan pada Gambar 2. Mode I ($S_1: on / S_2: off$): Saklar S_1 diaktifkan dan S_2 dimatikan. Karena konduksi S_1 dioda D_1 bekerja *reverse bias* dan dianggap sebagai rangkaian terbuka dan di sisi lain V_2 mati sehingga dioda D_2 akan menyediakan jalur *bypass* untuk induktor seperti ditunjukkan pada Gambar 2 (a). Dalam mode ini V_1 akan menyuplai komponen penyimpanan daya induktor L dan kapasitor (C) serta beban (R).

Mode II ($S_1: off / S_2: on$): Saklar S_1 dimatikan dan S_2 diaktifkan. Karena konduksi S_2 dioda D_2 bekerja *reverse bias* dan dianggap sebagai rangkaian terbuka dan di sisi lain V_1 mati sehingga dioda D_1 akan menyediakan jalur *by-pass* untuk induktor seperti ditunjukkan pada Gambar 2 (b). Dalam mode ini V_2

akan menyuplai komponen penyimpanan daya induktor L dan kapasitor (C) serta beban (R).

Mode III ($S_1: off / S_2: off$): Saklar S_1 dan S_2 dalam operasi mati. Sakelar satu S_1 dan S_2 isolasi, D_1 dan D_2 bekerja *forward bias* dan dianggap sebagai rangkaian terbuka. Disisi lain V_1 dan V_2 mati sehingga D_1 dan D_2 akan menyediakan jalur *by pass* untuk induktor sesuai ditunjukkan pada Gambar 2 (c). Dalam mode ini V_1 dan V_2 tidak menyuplai ke beban namun ada arus sisa dari induktor menyuplai kapasitor (C) dan beban (R).

Mode IV ($S_1: on / S_2: on$): Saklar S_1 dan S_2 dalam operasi aktif. Sakelar satu S_1 dan S_2 konduksi, D_1 dan D_2 bekerja *reverse bias* dan dianggap sebagai rangkaian terbuka dan V_1 dan V_2 aktif tersusun sehingga menyuplai komponen penyimpanan daya induktor L dan kapasitor (C) serta beban (R) sesuai ditunjukkan pada Gambar 2 (d).

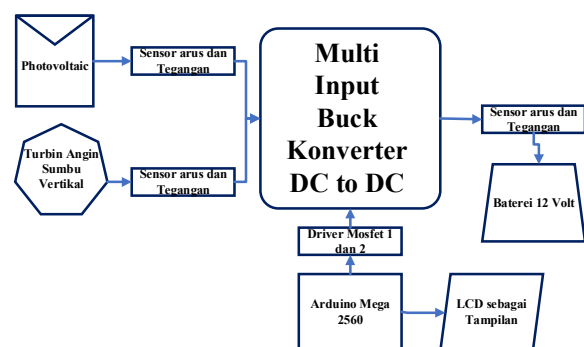
Secara teori frekuensi penyalaan dari S_1 dan S_2 dapat berbeda, tetapi untuk mengurangi intervensi elektromagnetik dan memudahkan desain filter maka frekuensinya dibuat sama.

3. METODOLOGI

Pada bagian ini dibahas mengenai perancangan perangkat keras (*hardware*) dan perangkat lunak (*software*). Dengan perancangan perangkat keras berupa konstruksi mekanik dari pembangkit listrik tenaga hibrida, perancangan konverter *multi input buck DC/DC* dan perancangan perangkat lunak berupa sistem pengendali pensaklaran konverter serta monitoring dengan menggunakan *Arduino Mega*.

3.1. Perancangan Perangkat Keras (Hardware)

Rancangan perangkat keras (*hardware*) dari pembangkit listrik tenaga hibrida dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 3. Blok fungsional sistem

Dari diagram Gambar 3 dijelaskan bahwa sistem pembangkit listrik hibrida berasal dari tenaga matahari sebagai sumber utama dan turbin angin sebagai sumber kedua. Tegangan yang dihasilkan dari dua sumber pembangkit tersebut tidak stabil maka diperlukan rangkaian konverter *multi input* berupa konverter *multi input buck* yang digunakan untuk meregulasi tegangan.

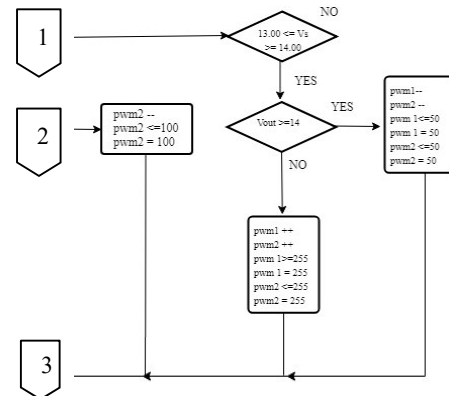
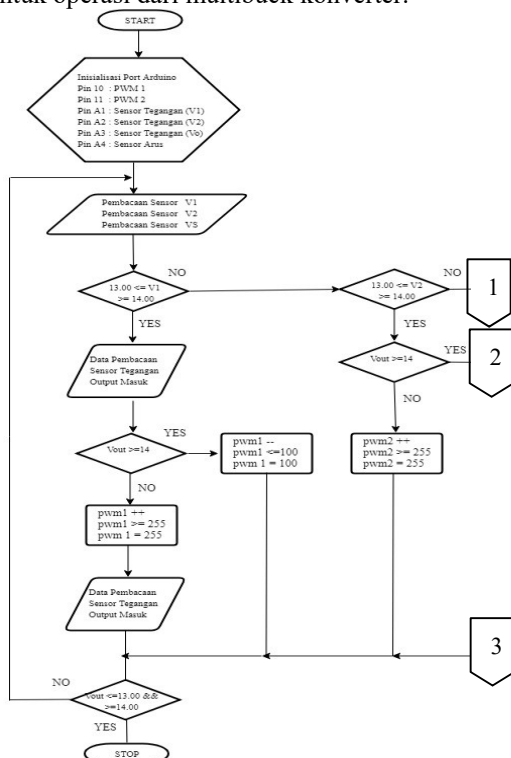
Tegangan keluaran konverter di atur agar stabil dan mampu mengisi energi listrik pada aki/akumulator.

Pengendali sistem pembangkit hibrida menggunakan *Arduino* yang digunakan untuk modulasi sinyal PWM dengan mengatur *duty cycle* dan frekuensi *switch* mosfet pada konverter *multi input buck*. Terdapat dua mosfet yaitu mosfet untuk *input* panel surya dan mosfet untuk *input* turbin angin.

Sensor tegangan dan arus mengirimkan sinyal ke mikrokontroler untuk mengubah *duty cycle* secara otomatis. Tampilan (*display*) LCD 20x4 digunakan untuk menampilkan tegangan *input* dan *output*, arus *output* serta besar *duty cycle*.

3.2. Perancangan Perangkat Lunak (Software)

Dalam perancangan perangkat lunak, beberapa perangkat yang digunakan diantaranya adalah mikrokontroler *Arduino* Mega, sensor tegangan, sensor arus dan LCD (*display*). Dengan perancangan program untuk pembangkit sinyal PWM, program pembacaan sensor tegangan, pembacaan sensor arus dan perancangan keseluruhan konverter *multi input buck*. Gambar 4 merupakan algoritma mode 1 sampai dengan 4 untuk operasi dari multibuck konverter.

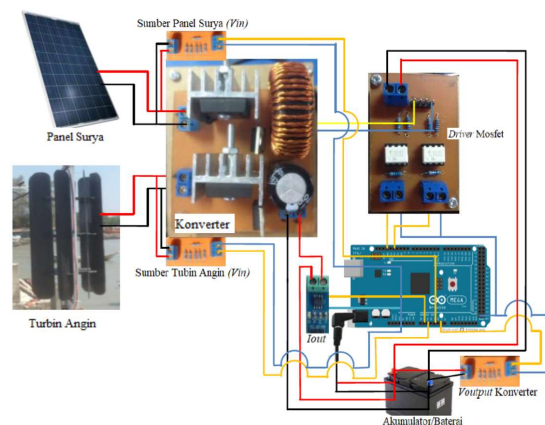


Gambar 4. Algoritma Operasi Multi input Buck Converter

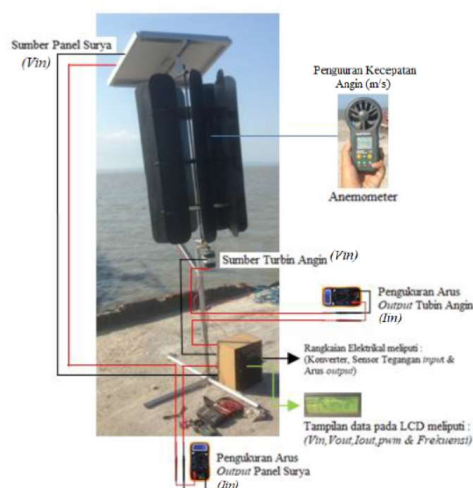
Berdasarkan *flowchart* pada Gambar 4, inisialisasi *port* ADC sebagai PWM mode *buck* pada pin 10 dan 11, pembacaan sensor tegangan *input* pada pin A1 dan A2, sensor tegangan *output* pada pin A3, dan sensor arus *output* pada A4. Data pembacaan sensor akan diproses oleh mikrokontroler. Data pembacaan dari sensor tegangan digunakan untuk menentukan *switching buck* PWM 1 atau PWM 2. Jika tegangan *output* konverter yang dihasilkan sudah sesuai dalam rentang tegangan pengisian baterai (13 s.d. 14 volt) maka pengisian aki bekerja, jika tidak maka PWM 1 atau PWM 2 akan menyesuaikan kembali.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengujian sistem yang dilakukan merupakan pengujian dari sistem secara keseluruhan untuk memastikan agar komponen-komponen sistem yang akan digunakan dapat berfungsi dengan baik. Gambar 5 dan 6 adalah gambar perangkat keras dari sistem Multi Input Buck Konverter menggunakan sumber panel surya dan turbin angin.



Gambar 5. Perangkat keras multi input buck konverter



Gambar 6. Implementasi perangkat *multiinput buck converter*

4.1 Pengujian Performa Konverter

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui kinerja dari konverter *multi input buck* dan pengaruh *duty cycle* terhadap tegangan *output* menggunakan power supply di Laboratorium Elektronika Terapan – Fakultas Vokasi ITS.

Tabel 1. Hasil pengujian *duty cycle* konverter *multi input buck*

V_{in1} ut1 (V)	V_{in2} ut2 (V)	Duty Cycle S_1	Duty Cycle S_2	V_{out} Uji (V)	V_{out} Hitung (V)	Error
18	18	20 %	40 %	10,02	10,8	7,2 %
18	18	30 %	50 %	13,55	14,4	5,9 %
16	16	40 %	65 %	15,71	16,8	6,4 %
16	16	50 %	70 %	17,86	19,2	6,9 %
14	14	60 %	45 %	13,74	14,7	6,5 %
14	14	70 %	80 %	19,49	21	7,1 %
12	12	80 %	45 %	13,88	15	7,4 %
10	10	20 %	35 %	4,71	5,5	1,4 %
8	8	30 %	60 %	6,41	7,2	1,0 %
8	8	40 %	45 %	6,02	6,8	1,1 %

Diperoleh suatu hasil pengujian dari Tabel 1 dengan menggunakan *power supply* sebagai sumber dan menggunakan beban resistor geser, maka dengan memberikan nilai tegangan *input* yang berbeda dan mengatur nilai *duty cycle* (DC) yang berbeda, dapat disimpulkan bahwa semakin kecil presentase nilai *duty cycle* (DC) akan berpengaruh terhadap tegangan *output* rangkaian konverter *multi input buck* akan semakin kecil. Hasil pengujian V_{out} perhitungan didapatkan dari persamaan 1:

$$V_{out} \text{ Perhitungan} : V_{in1} * DC1 + V_{in2} * DC2 \quad (1)$$

Dari data pengujian pada Tabel I juga dapat dilihat bahwa Error tegangan yang terjadi maksimum adalah 7,4%, dan trend error cenderung membesar ketika tegangan inputnya menurun.

4.2 Pengujian Keseluruhan

Pengujian keseluruhan bertujuan untuk mengetahui performa sistem sebagai pengisian baterai 12 V. Pengujian dilakukan menggunakan sumber dari panel surya dan turbin angin dan menggunakan anemometer untuk mengetahui kecepatan angin yang melewati turbin, di mana tegangan *output* dibaca oleh sensor tegangan yang hasilnya telah diregulasi oleh konverter *multi input buck* pada rentang 13 - 14 V dan digunakan untuk mengisi baterai. Nilai yang diukur ditampilkan pada LCD berupa V_{in} panel surya dan turbin angin, V_{out} konverter *multi input buck*, I_{out} dari konverter *multi input buck* dan menampilkan PWM beserta frekuensi sesuai dengan yang di ilustrasikan pada Gambar 6.

Tabel 2. Hasil pengujian *output* panel surya dan wind turbine pada *multi input buck* konverter

Pukul (WIB)	Kec. Angin (m/s)	V_{in} PV (volt)	I_{in} PV (ampere)	V_{in} Wind Turbine (volt)	I_{in} Wind Turbine (ampere)	V_{out} (volt)	I_{out} (ampere)	P_{in} (watt)	P_{out} (watt)	Effisiensi (%)	Status baterai
09.30	2,32	20,89	0,86	13,41	0,098	13,77	1,22	19,27958	16,7994	87%	Charge
10.30	3,31	20,53	1,1	13,84	0,124	13,84	1,3	24,29916	17,992	74%	Charge
11.00	4,43	20,48	0,88	14,43	0,184	13,75	1,4	20,67752	19,25	93%	Charge
11.30	4,01	20,63	0,8	14,16	0,122	13,82	1,21	18,23152	16,7222	92%	Charge
12.00	4,15	21,03	0,71	14,33	0,109	13,89	1,15	16,49327	15,9735	97%	Charge
12.30	3,31	20,75	0,9	14,28	0,111	13,84	1,2	20,26008	16,608	82%	Charge
13.00	3,35	20,7	0,5	13,89	0,075	13,68	0,81	11,39175	11,0808	97%	Charge
13.30	2,18	20,46	0,9	13,34	0,049	13,6	1,3	19,06766	17,68	93%	Charge
14.00	3,17	20,17	0,86	13,63	0,098	13,75	1,2	18,68194	16,5	88%	Charge
14.30	3,54	19,51	0,93	14,06	0,124	13,84	1,2	19,88774	16,608	84%	Charge
15.00	4,04	19,75	0,81	15,13	0,096	13,8	1,2	17,44998	16,56	95%	Charge
15.30	4,95	19,42	0,58	21,36	0,178	13,89	1,01	15,06568	14,0289	93%	Charge
16.00	4,02	18,19	0,56	16,2	0,12	13,77	0,8	12,1304	11,016	91%	Charge

Dari pengujian secara keseluruhan didapatkan data pada Tabel 2. Pada Tabel 2 pengujian dilakukan dengan cuaca yang cerah panel surya mampu menghasilkan tegangan maksimum sebesar 21,03 V dan tegangan minimum sebesar 18,19 V dan V_{out}

yang dihasilkan *multi input* konverter stabil pada batas pengisian akumulator/baterai pada range tegangan 13,6 volt – 13,89 volt. Pada Tabel 2 ini di pengujian dilakukan beberapa kali dengan kecepatan angin yang fluktuatif. Turbin angin mampu

menghasilkan tegangan maksimum sebesar 21,36 volt dan tegangan minimum sebesar 13,34 volt. Meskipun tegangan input turbin angin fluktuatif, tegangan output yang dihasilkan konverter tetap stabil dan proses pengisian akumulator/baterai masih bisa bekerja.

5. KESIMPULAN

Dari tahapan keseluruhan yang sudah dilaksanakan, dapat disimpulkan bahwa kecepatan rata-rata angin yang didapatkan data alat ukur adalah berkisar 2,18 m/s – 4,95 m/s. Saat intensitas cahaya matahari tinggi yaitu pada pukul 12.00- 12.30 WIB menghasilkan tegangan input photovoltaic sebesar 21,03 V dengan efisiensi berkisar diantara 74% sampai dengan 97 %. Diperoleh hasil dari pengujian konverter menggunakan *power supply* pada Tabel I bahwa tegangan *output* dapat di regulasi dengan mengatur nilai *duty cycle*. Hasil pengujian keseluruhan menunjukkan bahwa tegangan output sebagai tegangan charging mampu diregulasi dengan cukup baik dan efisiensi yang dicapai juga berada di atas 74%. Dengan hasil demikian, multi input konverter dapat bekerja mengisi baterai. Hal lain yang perlu dipertimbangkan adalah, daya yang dihasilkan oleh turbin angin masih relatif kecil, sehingga perlu disusun kembali desain yang lebih baik agar memiliki performa yang lebih baik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Peneliti mengucapkan terima kasih kepada Lembaga Penelitian dan Pengabdian masyarakat – Institut Teknologi Sepuluh Nopember (LPPM-ITS) yang telah membantu pendanaan penelitian ini. Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian besar berjudul Sistem Monitoring Terpadu Jaringan Smart - Solar Powered Street Lighting menggunakan Modul Komunikasi Radio Frekuensi dengan Metode Autoroute.

PUSTAKA

- [1] Pebri Hendrawan Alnur, “Rancang Bangun Buck-Boost Converter”, Tugas Akhir, Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia, Jogjakarta, 2015
- [2] Masters. Gilbert M, “Renewable and Efficient Electric Power System”, Stanford University, Canada, 2004
- [3] Yunita Ika Agil Yani, “Rancang Bangun Buck-Boost Converter”, Tugas Akhir, Jurusan D3 Teknik Elektro FTI-ITS, Surabaya, 2017
- [4] Lalit Kuma, “Multiple Source DC/DC Converter Topology ”, Departement of Electrical Engineering, Bhopal, 2013

- [5] D. E. Newman, B. A. Carreras, M. Kirchner, I. Dobson, ““The Impact of Distributed Generation on Power Transmission Grid Dynamics,” *hicss*, pp.1-8, 2011 44th Hawaii International Conference on System Sciences, 2011
- [6] T. Longentiran, D. Srinivasan, “Short Term Generation Scheduling of a Microgrid,” *TENCON – IEEE Region 10 Conference*, 2009
- [7] Robert H. Lasseter and Paolo Piagi, “Microgrid: A Conceptual Solution”, *PESC’04 Aachen, Germany: 20-25 June 2004*.
- [8] Zeineldin, H. H., and J.L. Kirtley., ” Micro-grid Operation of Inverter Based Distributed Generation with Voltage and Frequency Dependent Loads”, *Proceedings of the IEEE Power & Energy Society General Meeting, (PES '09)*, 2009, pp 1 – 6.
- [9] Susyanto. (2012, Desember) www.esdm.go.id. [Online]. Diakses dari: <http://www.esdm.go.id/siaran-pers/55-siaran-pers/6127-kinerja-sektorendm-tahun-2012-.html>. 18 Februari 2013.
- [10] Peta Potensi Angin. (30 Maret 2007). www.esdm.go.id. [Online].
- [11] Homer Energy Diakses dari <http://www.homerenergy.com/>
- [12] Anwari M, M. I. M. Rashid, H. T. M. Muhyiddin, A. R. M. Ali. An Evaluation of Hybrid Wind/Diesel Energy Potential in Pemanggil Island Malaysia. *IEEE Conference on Power Engineering and Renewable Energy 2012 3-5 July 2012, Bali, Indonesia*. IEEE: 978-1-4673-2470-0/12. 2012.
- [13] Liu Gang, M. G. Rasul, M. T. O. Amanullah, M. M. K. Khan. Feasibility study of stand-alone PV-wind-biomasshybrid energy system in Australia. *IEEE 978-1-4244-6255-1/11*. 2011.
- [14] Hasan Khurshid, Kaniz Fatima and Md. Sohel mahmood. Feasibility of Hybrid Power Generation over Wind and Solar Standalone System. *The 5th International Power Engineering and Optimization Conference (PEOCO2011), Shah Alam, Selangor, Malaysia : 6-7 June 2011*. IEEE 978-1-4577-0354-6/11. 2011.