

PERANCANGAN KONTROL TEGANGAN DC PADA JARINGAN LISTRIK DC BERBASIS FUZZY LOGIC

Machmud Effendy¹, Diding Suhardi²

Universitas Muhammadiyah Malang, Malang

Kontak Person:

Machmud Effendy

Jalan Raya Tlogomas No. 246, Tlogomas, Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur 65144

E-mail: machmud@umm.ac.id

Abstrak

Jaringan listrik searah (direct current/DC) merupakan jaringan listrik dengan sumber listrik DC seperti solar sel. Untuk menjamin keberlanjutan jaringan listrik DC, maka dibutuhkan interkoneksi dengan jaringan listrik umum. Jaringan listrik DC akan mengalami penurunan tegangan saat beban DC naik melebihi kapasitas maksimum solar sel. Untuk menaikkan tegangan DC yang turun, maka dibutuhkan arus listrik tambahan yang berasal dari jaringan listrik umum. Agar tegangan DC tetap stabil maka dibutuhkan sebuah kontrol tegangan yang mengatur banyaknya arus listrik dari jaringan listrik umum yang masuk ke jaringan listrik DC. Ada banyak strategi kontrol tegangan, salah satunya adalah Fuzzy logic. Kontrol ini didesain dan disimulasikan menggunakan program matlab. Dan kontrol fuzzy mampu menjaga kestabilan tegangan jaringan DC bus meskipun beban DC dan irradiasi matahari mengalami fluktuasi.

Kata kunci: Jaringan listrik DC, kontrol tegangan, fuzzy

1. Pendahuluan

Penggunaan sistem jaringan listrik DC telah meningkat beberapa tahun ini. Konsep DC microgrid telah banyak ditulis dalam beberapa literatur [1-4], antara lain microgrid AC, hibrid AC-DC yang akan dibahas dalam artikel ini. Sitem distribusi tegangan rendah DC banyak digunakan untuk tujuan komersial dan rumah pemukiman [5-7]. Namun, selalu ada permasalahan dalam menginterkoneksi antara tegangan AC dan DC, sehingga dibutuhkan kontrol tegangan untuk menyeimbangkan daya pada jalur bus. Beberapa penelitian telah membuat kontrol tegangan dalam jaringan DC [8], akan tetapi, kebanyakan masih menggunakan konsep *droop* untuk mengatur tegangan pada jaringan grid [9-10]. Dalam sistem jaringan DC, tegangan grid akan berubah ketika ada perubahan beban. Oleh karena itu diperlukan mekanisme kontrol tegangan yang lebih baik untuk jaringan DC.

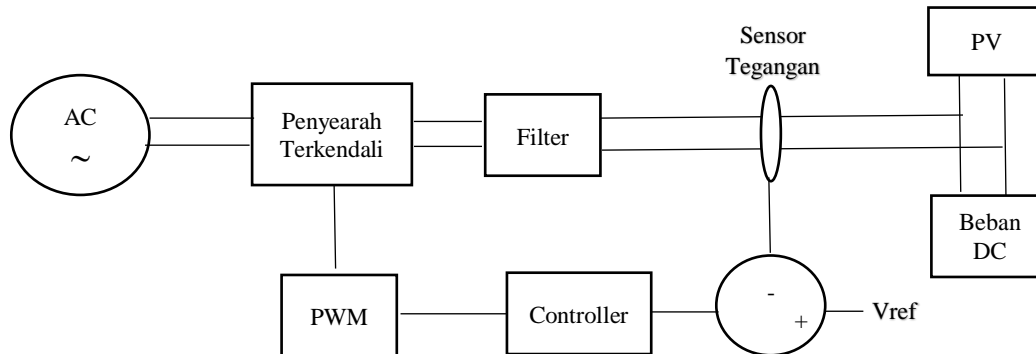
Beberapa skema kontrol untuk mengkompensasi arus pada jaringan kelistrikan DC menggunakan kontrol konvensional telah dilakukan [11-14]. Secara umum, kontrol PI digunakan untuk kontrol tegangan pada jaringan DC bus [15], namun kontrol PI menggunakan model matematika yang akurat dan membutuhkan metode tuning yang lebih sulit. Untuk menghilangkan model matematika yang lebih rumit dan metode tuning yang lebih mudah, maka kontrol fuzzy logic lebih tepat digunakan untuk menggantikan kontrol konvensional.

Kontrol fuzzy telah banyak digunakan dalam beberapa aplikasi [16-18]. Kontrol fuzzy bekerja berdasarkan pengelompokan member function bukan berdasarkan model seperti pada kontrol konvensional. Kontrol fuzzy membuat hubungan tak linier antara sistem input dan output. Kontrol ini dapat dengan mudah di tuning untuk mendapatkan performa sistem yang diinginkan.

Dalam penelitian ini, terdapat perubahan konsumsi daya beban dan iradiasi matahari yang mengakibatkan fluktuasi tegangan listrik pada jaringan DC. Maka diperlukan kontrol tegangan untuk menjaga kestabilannya sesuai dengan tegangan referensi yaitu 12 Volt. Dan kontrol tegangan yang digunakan adalah fuzzy logic.

2. Konfigurasi Sistem Jaringan Listrik DC

Layout sistem kontrol tegangan untuk jaringan kelistrikan DC ditunjukkan dalam gambar 1. Jaringan listrik DC terdiri dari pembangkit listrik PV yang dipasang di rumah sebesar 800 Watt, beban listrik DC 12 V, jaringan listrik umum (AC).

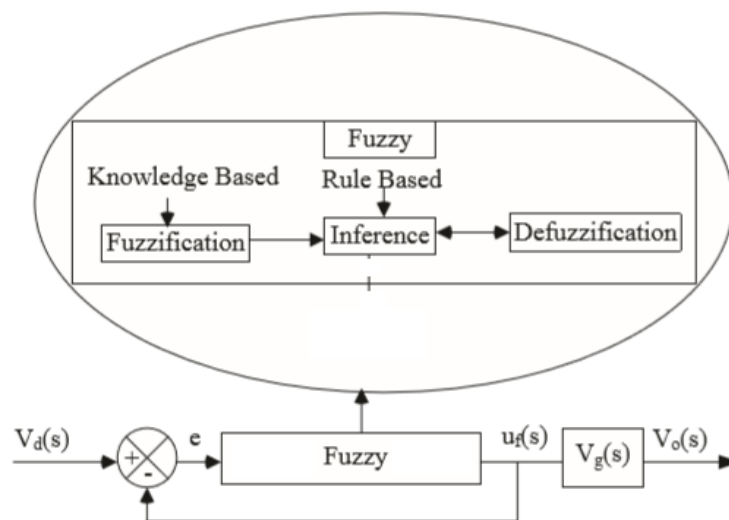


Gambar 1 Layout Jaringan Listrik DC

Penyearah terkendali yang digunakan adalah jenis penyearah jembatan gelombang penuh, sedangkan filter kapasitor digunakan untuk mengurangi riak pada beban DC. Fuzzy logic digunakan untuk mengontrol tegangan DC bus agar stabil pada kisaran 12 Volt. Beban listrik DC akan dikondisikan untuk berubah-ubah mulai dari 500 watt sampai dengan 1250 Watt.

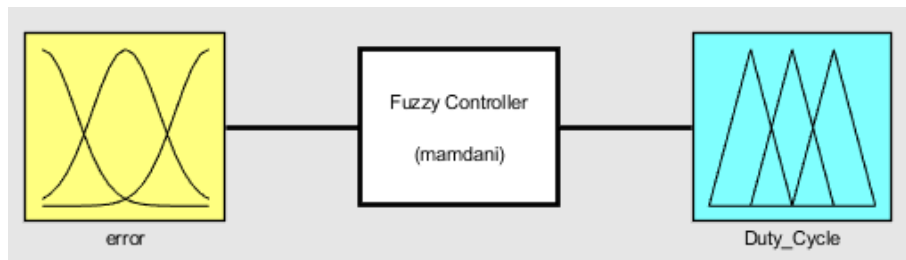
3. Desain Fuzzy Logic Controller

Variabel pada sebuah sistem dapat direpresentasikan sebagai anggota (*member*) dari fuzzy logic. Dalam teori fuzzy logic controller dapat dibagi menjadi tiga bagian seperti pada gambar 2. Blok fuzzy dibagi lagi menjadi tiga bagian yaitu *fuzzification*: mengkonversi memberfunction input menjadi variable linguistic. Blok selanjutnya adalah *inference*: pembuatan *rule base*, dan blok terakhir adalah *defuzzification*: mengkonversi variabel linguistic menjadi memberfunction output.



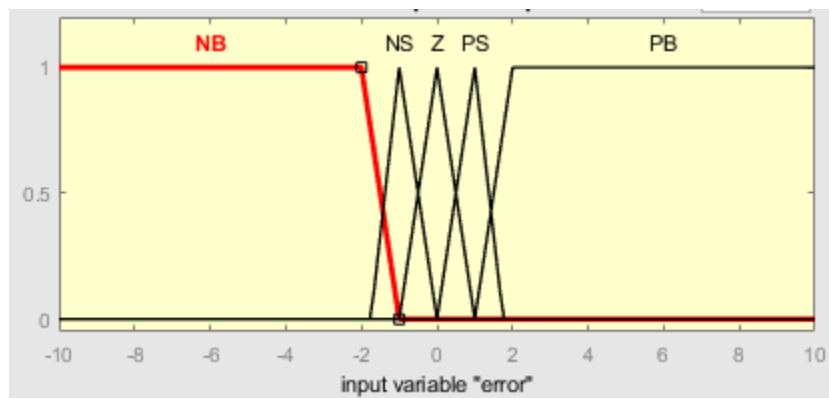
Gambar 2 Diagram Blok Sistem Kontrol Tegangan Menggunakan Fuzzy

u_f adalah keluaran yang didapat dari fuzzy yang diumpanbalikkan pada sistem. e adalah error (selisih) antara V_d sebagai tegangan referensi dan u_f . Seperti yang ditunjukkan pada gambar 3, terdapat satu input error dan satu output duty cycle.

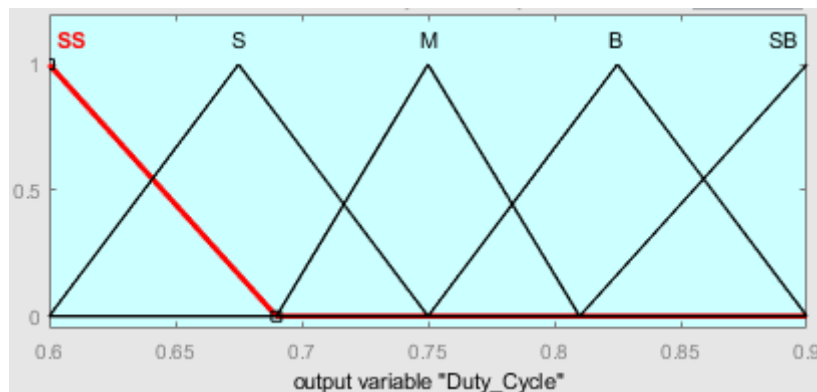


Gambar 3 Sistem Fuzzy, Satu Input, Satu Output, 5 Aturan

Variabel linguistic untuk input adalah NB (*negative big*), NS (*negative small*), Z (*zero*), PS (*positive small*), PB (*positive big*). Sedangkan variabel linguistic untuk output adalah SS (*super small*), S (*small*), M (*medium*), B (*big*), dan SB (*super big*). Gambar 4 menunjukkan member function input error dan gambar 5 adalah member function output duty cycle.



Gambar 4 Memberfunction Input Error



Gambar 5 Memberfunction Output Duty Cycle

Sedangkan aturan fuzzy yang digunakan sebanyak lima yaitu:

Jika error= NB, maka duty cycle = SB

Jika error= NS, maka duty cycle = B

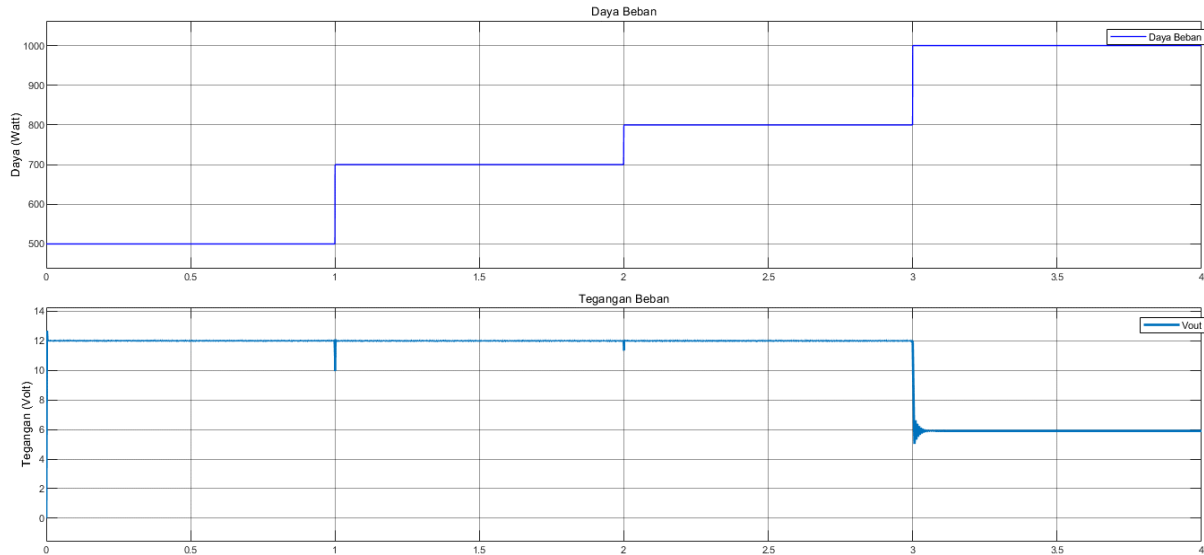
Jika error= Z, maka duty cycle = M

Jika error= PS, maka duty cycle = S

Jika error= PB, maka duty cycle = SS

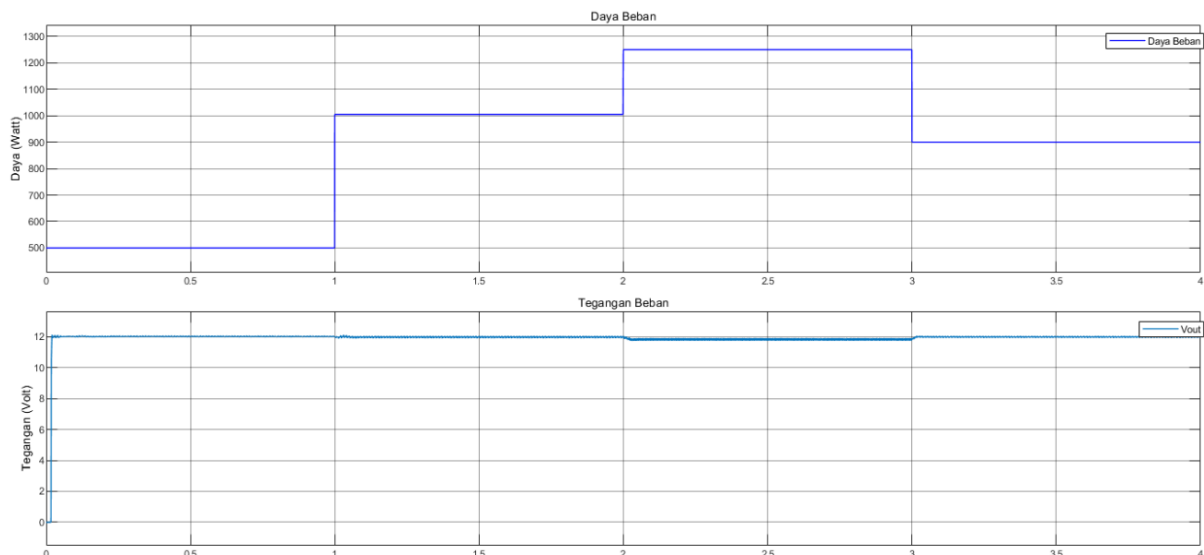
4. Hasil dan Pembahasan

Simulasi sistem kontrol tegangan pada jaringan listrik DC menggunakan program Matlab dengan bantuan Simulink. Terdapat 4 kondisi dalam sistem jaringan listrik DC yang disimulasikan dan dianalisa. Pertama, beban DC dikondisikan berubah-ubah mulai 500 Watt – 1250 Watt dan jaringan listrik AC belum masuk untuk membantu sistem, seperti yang ditunjukkan pada gambar 6. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan keluaran pada beban mengalami tegangan jatuh (*under voltage*) saat beban DC lebih dari 800 Watt.



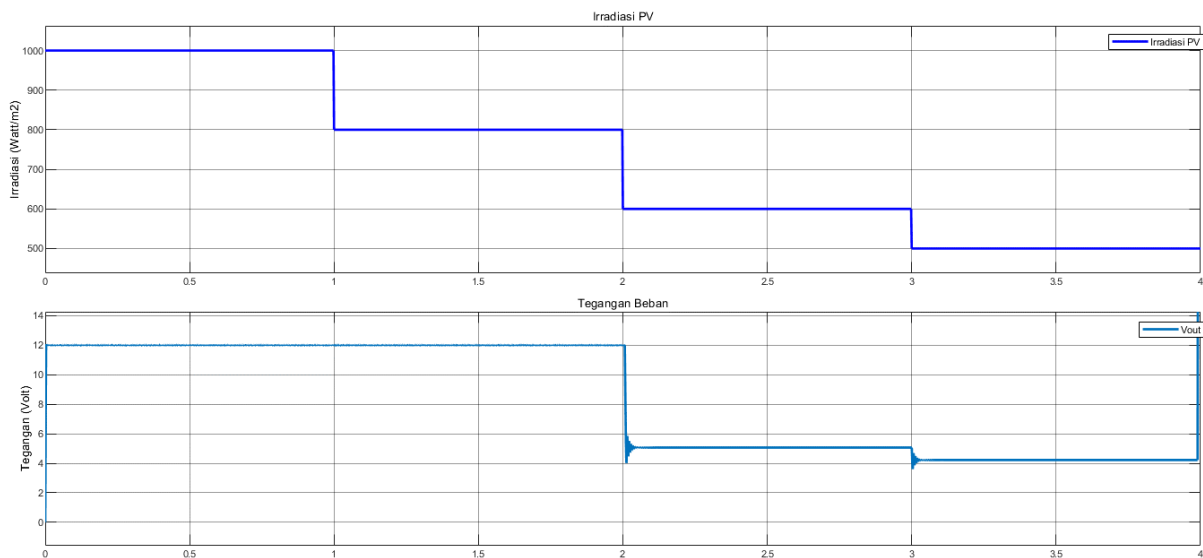
Gambar 6 Hasil Simulasi Beban DC berfluktuasi Tanpa Kontrol Tegangan.

Kondisi kedua, beban DC tetap berubah-ubah, namun jaringan AC sudah mulai masuk membantu sistem dengan menggunakan kontrol tegangan berbasis fuzzy logic. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan keluaran pada beban tetap stabil 12 Volt, seperti ditunjukkan pada gambar 7.



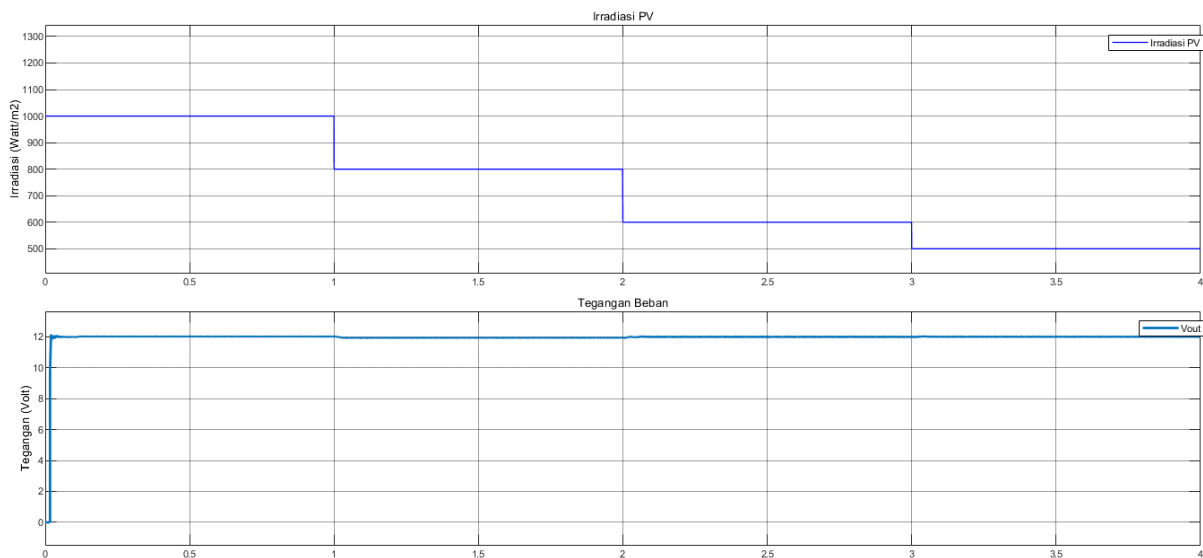
Gambar 7 Hasil Simulasi Beban DC berfluktuasi Dengan Kontrol Tegangan.

Kondisi ketiga, beban DC stabil di 700 Watt, namun irradiasi solar sel berubah-ubah mulai dari 500 Watt/m² sampai dengan 1000 Watt/m², dan sistem kontrol tegangan belum digunakan. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan beban DC mengalami penurunan saat irradiasi kurang dari 800 Watt/m², seperti yang ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 8 Hasil Simulasi Irradiasi berfluktuasi Tanpa Kontrol Tegangan.

Kondisi terakhir beban DC dijaga stabil 700 Watt, irradiasi solar sel berubah-ubah mulai dari 500 Watt/m² sampai dengan 1000 Watt/m², dan menggunakan sistem kontrol tegangan. Hasilnya menunjukkan bahwa tegangan beban DC stabil di 12 Volt seperti yang ditunjukkan pada gambar 9.



Gambar 9 Hasil Simulasi Irradiasi berfluktuasi Menggunakan Kontrol Tegangan.

5. Kesimpulan

Jaringan listrik DC merupakan jaringan listrik alternatif dalam memanfaatkan solar sel tanpa baterai, karena terhubung dengan jaringan listrik AC. Stabilitas tegangan pada jaringan listrik DC adalah topik utama dan menjadi tantangan dalam pengembangan jaringan listrik DC. Dalam artikel ini, fuzzy logic controller telah didesain untuk menjaga kestabilan tegangan pada jaringan DC bus. Kekurangan daya pada jaringan DC diambilkan dari jaringan listrik AC yang sebelumnya melewati penyearah terkendali. Hasil simulasi menunjukkan bahwa, saat beban DC dan irradiasi matahari mengalami fluktuasi, sistem kontrol tegangan mampu menstabilkan tegangan di angka 12 Volt.

Referensi

- [1] N. D. Hatzigiorgiou, H. Asano, H. R. Iravani, and C. Marnay, "Microgrids," *IEEE Power Energy Mag.*, vol.5, no.4, pp.78–94, Jul. 2007.
- [2] R. K. Chauhan, B. S. Rajpurohit, S. N. Singh and F. M. G. Longatt, "DC Grid Interconnection for Conversion Losses and Cost Optimization", *Renewable Energy Integration: Challenges and Solutions*, Springer book, ch. 14, pp 327-345, Sep. 2013.
- [3] N. Pogaku, M. Prodanovic, and T. C. Green, "Modeling, analysis and testing of autonomous operation of an inverter-based microgrid," *IEEE Trans. Power Electron*, vol.22, no.2, pp.613–625, Mar. 2007.
- [4] R. K. Chauhan, B. S. Rajpurohit, and N. M. Pindoriya, "DC power distribution system for rural applications" in *proc. 2012 8th National conference on Indian energy sector*, AMA, Ahmedabad, pp.108-112.
- [5] R. K. Chauhan, B. S. Rajpurohit, R. E. Hebner, S. N. Singh, and F. M. Gonzalez-Longatt, "Voltage Standardization of DC Distribution System for Residential Buildings," *Journal of Clean Energy Technologies*, vol. 4, no.3, May 2016, pp. 167-172.
- [6] J. M. Carrasco, L. G. Franquelo, J. T. Bialasiewicz, E. Galvan, E. Guisado, M. M. Prats, J. I. Leon, and N. M. Alfonso, "Power-electronic systems for the grid integration of renewable energy sources: A survey," *IEEE Trans. Power Electron*, vol.53, no.4, pp.1002–1016, Jun.2006.
- [7] R. K. Chauhan, B. S. Rajpurohit, "DC Distribution System for energy efficient buildings," in *proc. 2014 IEEE 18th National Power System Conference, India*, Dec. 18-20, 2014, pp.1-6.
- [8] J. C. Choi, H. Y. Jeong, D. J. Won, S. J. Ahn and S. I. Moon, "Cooperative voltage control of distributed generation and grid connected converter in dc microgrid," *Renewable Energy and Power Quality Journal*, no.2, Mar. 2013.
- [9] Y. Ito, Y. Zhongqing, and H Akagi, "DC microgrid based distribution power generation system," in *proc. 2004 IEEE 4th International Conference on Power Electronics and Motion Control*, vol. 3, pp. 17401745.
- [10] H. Kakigano, A. Nishino, and T. Ise, "Distribution voltage control for dc microgrid with fuzzy control and gain-scheduling control," in *proc. 2011 IEEE 8th International Conference on Power Electronics and ECCE Asia*, pp. 254-263.
- [11] B. Singh, A. Chandra, and K. Al-Haddad, "Computer-aided modeling and simulation of active power filters," *Elect. Mach. and Power Syst.*, vol.27, no.11, pp.1227–1241, 1999.
- [12] K. Chatterjee, B. G. Fernandes, and G. K. Dubey, "An instantaneous reactive volt-ampere compensator and harmonic suppressor system," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 14, no. 2, pp. 381–392, Mar. 1999.
- [13] S. Jain, P. Agarwal, and H. O. Gupta, "Design simulation and experimental investigations on a shunt active power filter for harmonics and reactive power compensation," *Elect. Power Compon. and Syst.*, vol. 32, no. 7, pp. 671–692, Jul. 2003.
- [14] F. Blaabjerg, R. Teodorescu, M. Liserre, and A.V. Timbus, "Overview of control and grid synchronization for distributed power generation systems," *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol. 55, no.3, pp. 1398–1411, Oct. 2006.
- [15] S. Buso, L. Malesani, and P. Mattavelli, "Comparison of current control techniques for active power filter applications", *IEEE Trans. Ind. Electron.*, vol.45, no.5, pp.722-729, Oct. 1998.
- [16] Surojo, Mohammad Ashari, Mauridhi Heri, 2010, " *Desain dan Simulasi Maximum Power Point Tracking (MPPT) Sel Surya Menggunakan Fuzzy Logic Control Untuk Kontrol Boost Konverter*", 7th Basic Science National Seminar Proceeding.
- [17] Nuralif , 2015, *Sistem MPPT Menggunakan Fuzzy Logic Pada Pembangkit Photovoltaic*, Proceeding Sentra Vol.2. ISBN 978-979-796-238-6
- [18] Machmud, 2017, *Implementasi MPPT Pada PV Berbasis P&O-Fuzzy*, JNTETI UGM, Vol.6 No.1, Terakreditasi Dikti No.001/E.5/PB/I/2016.