

Studi Penggunaan DC Nanogrid dengan Sumber Photovoltaic pada Beban Bertegangan dibawah Dua Puluh Empat Volt

Sriyono¹, Budiyanto²

^{1,2)} Teknik Elektro Universitas Muhammadiyah Jakarta

^{1,2)} Jl. Cempaka Putih Tengah 27 no 47 Jakarta 10510

E-mail: ¹⁾ siriyon129@gmail.com1, ²⁾ yan.budiyanto@yahoo.com

Abstrak

Nanogrid adalah sistem terdistribusi dari suatu energi terbarukan yang digunakan untuk aplikasi rumah tangga berdaya rendah. Dc Nanogrid terdiri dari sistem Photovoltaic surya sebagai sumber energi, Maximum Power Point Tracking, converter, battery dan beban. Dalam penelitian ini menggambarkan konsep umum dan kelayakan praktis dari sistem energi terbuka berbasis dc yang mengusulkan cara alternatif untuk merubah jaringan konvensional dari PLN menjadi jaringan yang lebih ramah lingkungan, aman, efisien, praktis dan cara mendapatkan energinya gratis karena bersumber dari matahari. Dalam tahap awal konsep nanogrid DC ini peneliti menggunakan beban rumah tangga yang bertegangan di bawah dua puluh empat volt. Dc Nanogrid ini menggunakan dengan DC bus untuk mentransmisikan tegangan dari battery menuju ke beban, dan di sertai dengan konverter dc-dc jenis buck dan boost. Converter ini berfungsi untuk menyesuaikan kebutuhan tegangan pada masing- masing beban yang di gunakan pada penelitian. beban yang di gunakan pada penelitian adalah handphone, mobil maianan , lampu LED 12 volt dan motor DC 24 volt.

Kata kunci: Energi surya ,photovoltaic, DC nanogrid, DC converter

1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Didalam sistem jaringan distribusi listrik lokal (*local grid*) yang kita mengenal istilah *microgrid* dan *nanogrid* yang terkenal untuk pembangkit listrik yang berdiri sendiri. Konsep jaringan listrik mikro (*microgrid*) pertama dikembangkan oleh R.H.Lassete pada 2002, yaitu merupakan pola pembangkitan terdistribusi yang melingkupi berbagai macam sumber energi, mulai dari sumber energi fosil, maupun sumber energi terbarukan seperti: sel surya, angin, dan biogas. Jaringan listrik mikro merupakan sistem jaringan interkoneksi dari berbagai macam sumber energi yang terdistribusi kedalam suatu jaringan kecil yang dapat beroperasi secara mandiri maupun terhubung ke jaringan jaringan utama (PLN) [1]. Jaringan listrik mikro adalah jaringan listrik dengan kapasitas pasokan daya yang relatif kecil, biasanya hanya 1 MW sehingga jaringan ini hanya bekerja pada tingkat distribusi tegangan menengah dan rendah [2]. Terdapat 2 jenis sistem jaringan mikro berdasarkan sambungan jaringan listrik ke grid yaitu *on grid* dan *offgrid*. Dibandingkan dengan sumber energi lain, energi matahari memiliki banyak keuntungan [3]. Energi matahari harus dikonversi ke energi listrik untuk bisa digunakan pada peralatan [4].

Nanogrid dapat dilihat sebagai microgrids lebih kecil dan teknologi sederhana, biasanya melayani beberapa rumah atau beban

tunggal dalam satu lokasi. Setiap rumah dilengkapi dengan satu subsistem, sebuah *nanogrid* dc termasuk baterai, bersama *BUS* DC serta jalur komunikasi yang memungkinkan pertukaran energi dalam jaringan tersebut. Sehingga apabila ada ada *subsistem* terganggu maka masih bisa di *back-up* oleh subsistem yang lainnya. Kapasitas *nanogrid* sendiri tidak lebih dari 5 Kw dan berbasis arus AC dan DC [5].

DC nanogrid memiliki beberapa keunggulan antara lain: pada DC nanogrid efisiensi sistem lebih tinggi, stabilitas frekuensi tidak menjadi perhatian, dan tidak memiliki masalah daya reaktif , energinya gratis karena bersumber dari energi matahari [6].

Permasalahan yang di hadapi *microgrid* adalah membutuhkan infrastruktur grid dan transmisi listrik skala yang lumayan besar, dan bila berbasis AC maka akan dihadapkan banyak masalah seperti rugi tegangan, rugi daya , frekuensi dan lain-lain, Oleh Karena itu *Dc Nanogrid* merupakan solusi yang tepat .

Hal tersebut yang mendasari penulis untuk mengusulkan, merancang dan meneliti suatu penelitian yaitu “Studi Penggunaan Jaringan DC Nanogrid Dengan Sumber Photovoltaic Pada Beban Bertegangan dibawah Dua Puluh Empat Volt”. Sehingga dengan penelitian ini diharapkan jaringan naogrid dc bisa diketahui karakteristik jaringannya sehingga layak diaplikasikan di rumah tangga.

1.2 Rumusan Masalah

Dengan dasar pemikiran di atas maka akan dibuat rancangan system jaringan nanogrid dc skala kecil, dengan menggunakan tiga buah *photovoltaic* jenis *monocrystalline* dan *polycrystalline*.

1.3 Batasan Masalah

Agar penelitian ini terfokus pada permasalahan, maka ruang lingkup penelitian ini dibatasi pada :

1. Menggunakan photovoltaic jenis photovoltaic monocrystalline dan polycrystalline
2. Daya photovoltaic yang digunakan sebesar 30 Wp untuk monocrystalline dan polycrystalline.
3. Converter yang digunakan adalah converter dc to dc step down (buck converter) dan step up (boost converter)
4. Menggunakan battery 7,2 AH sebagai storage dayanya.
5. Pengujian beban menggunakan perangkat elektronik yang berbasis DC.
6. Penelitian di fokuskan pada simulasi jaringan nanogrid dc untuk melayani beban yang digunakan.

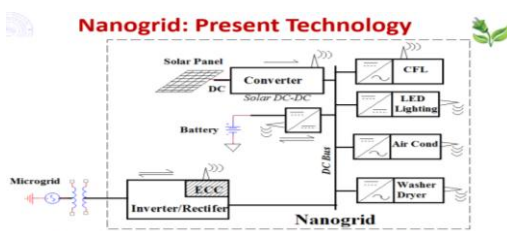
1.4 Tujuan

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan konsep jaringan nanogrid DC untuk beban yang bertegangan antara 5 – 24 volt.

2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Jaringan Listrik Nano (*Nanogrid*)

Nanogrid adalah sistem terdistribusi dari suatu energi terbarukan yang digunakan untuk aplikasi rumah tangga berdaya rendah. *Nanogrid* dianggap sebagai sel pembangunan untuk sistem *mikrogrid*. Sistem terdistribusi *nanogrid* dapat di desain berbasis DC atau AC. DC nanogrid memiliki beberapa keunggulan atas nanogrid AC, antara lain: pada DC *nanogrid* efisiensi sistem lebih tinggi, stabilitas frekuensi tidak menjadi perhatian, dan tidak memiliki masalah daya reaktif. [6].



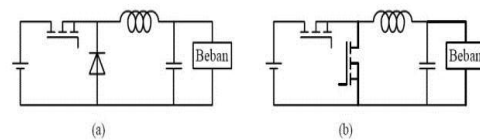
Gambar 1 *Nanogrid* [7].

Konverter jenis *buck* merupakan jenis konverter yang banyak digunakan dalam industri

catu-daya. Konverter ini akan mengkonversikan tegangan dc masukan menjadi tegangan dc lain yang lebih rendah (konverter penurun tegangan). Rangkaian ini terdiri atas satu saklar aktif (*MOSFET*) dan satu saklar pasif (*diode*). Untuk tegangan kerja yang rendah, saklar pasif sering diganti dengan saklar aktif sehingga susut daya yang terjadi bisa dikurangi. Kedua saklar ini bekerja bergantian. Setiap saat hanya ada satu saklar yang menutup [8].

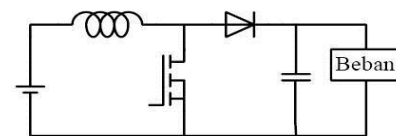
Konverter buck N-fasa inilah yang sekarang banyak digunakan sebagai regulator tegangan mikroprosesor generasi baru. Dengan memperbanyak jumlah fasa, ukuran tapis yang diperlukan bisa menjadi jauh lebih kecil dibanding konverter dc-dc satu-fasa.

Selain digunakan sebagai regulator tegangan mikroprosesor konverter buck multifasa juga banyak dipakai dalam industri logam yang memerlukan arus dc sangat besar pada tegangan yang rendah .



Gambar 2 Rangkaian Konverter Buck [9].

Topologi *boost* bisa menghasilkan tegangan keluaran yang lebih tinggi dibanding tegangan masukannya (penaik tegangan) [7]. Skema konverter ini diperlihatkan di gambar 2.4. Jika saklar MOSFET ditutup maka arus di induktor akan naik (energi tersimpan di induktor naik). Saat saklar dibuka maka arus induktor akan mengalir menuju beban melewati dioda (energi tersimpan di induktor turun). Rasio antara tegangan keluaran terhadap tegangan masukan konverter sebanding dengan rasio antara periode penyaklaran dan waktu pembukaan saklar [10].



Gambar 3 Konverter boost [9].

3 PERENCANAAN DAN PERANCANGAN

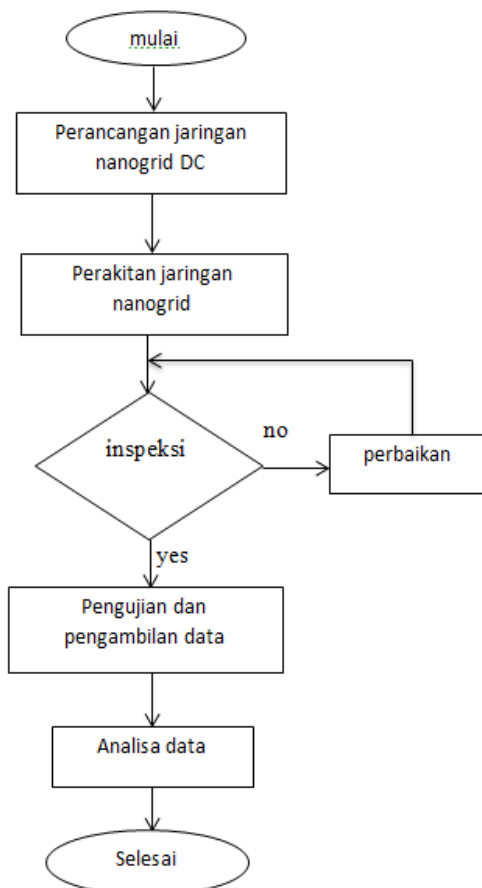
3.1 Perancangan Teknis

Perancangan adalah bagian yang sangat penting dalam merencanakan sebuah pembuatan peralatan. Karena dengan adanya perancangan kita

akan dapat mengidentifikasi komponen-komponen apa saja yang akan kita pakai dalam peratatan tersebut. Dengan perancangan alat tersebut kita juga bisa mengetahui penggunaan komponen, spesifikasi komponen, karakteristik komponen. Untuk mengantisipasi kerusakan peralatan harus di pertimbangkan ketersediaan komponen tersebut di pasaran sehingga akan memudahkan dalam mencari komponen apabila terjadi kerusakan. Sehingga didapat hasil yang optimal pada alat tersebut.

3.2 Diagram alir rangkaian

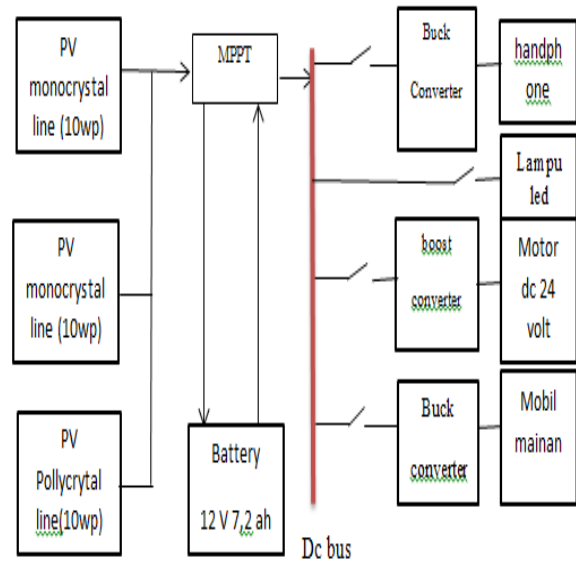
Untuk mempermudah alur pembuatan alat maka perlu di buat diagram alir. Adapun manfaat dari diagram alir adalah sebagai pedoman untuk mempermudah dalam mendisain jaringan, mengambil data dan menganalisa data yang telah di ambil dan sebagai dokumentasi prosedur kerja dalam membuat alat agar tidak melenceng dari tujuan awal pembuatan alat. Adapun diagram alir desain jaringan nanogrid nya adalah sebagai berikut :



Gambar 4 Diagram alir penelitian.

3.3 Diagram Blok Perancangan Alat

Berdasarkan diagram blok atas maka langkah selanjutnya adalah merancang rangkaian yang dibutuhkan untuk penelitian



Gambar 5 Diagram blok perancangan alat.

4 PENGUJIAN DAN HASIL

4.1 Pengujian dan analisa

Pada bab ini berisi pengujian alat yang telah selesai dibuat dan juga proses pengambilan data peralatan. Tujuannya adalah agar dapat mengetahui daya keluran *photovoltaic* secara keseluruhan didalam jarinngan nanogrid untuk melayani beban-beban rumah tangga berbasis arus DC.

4.2 Pengujian tegangan dan arus output *photovoltaic* dengan berbagai rangkaian.

Pada pengujian ini tiga buah modul *photovoltaic* di rangkai seri, paralel dan seri-paralel. kemudian diukur tegangan dan arusnya, sehingga di ketahui rangkaian mana yang paling baik untuk menghasilkan daya keluaran *photovoltaic*. Hal itu akan mempengaruhi lama waktu pegecasan battery yang akan di gunakan untuk melayani beban. Dengan demikian dapat dipilih rangkaian yang tepat yang di gunakan.

Tabel 1 Hasil pengukuran tegangan, arus dan daya rangkaian tiga buah *photovoltaic*.

Rangkaian	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Seri	57,6	0,53	30,52

Paralel	19,3	1,76	33,96
Seri paralel	48,20	0,56	26,99

Berdasarkan tabel diatas dapat diketahui bahwa rangkaian seri *photovoltaic* akan menghasilkan output tegangan sebesar 57,6 volt dengan arus 0,53 ampere dan daya sebesar 30,52 watt, untuk rangkaian paralel *photovoltaic* menghasilkan output tegangan sebesar 19,3 volt dengan arus 1,76 ampere dan daya sebesar 33,92 watt. Sedangkan untuk rangkaian seri paralel menghasilkan *output* tegangan sebesar 48,2 volt dengan arus 0,56 ampere dan daya sebesar 26,99 watt.

4.3 Efisiensi photovoltaic

Besarnya efisiensi photovoltaic dapat di lihat pada tabel di bawah ini :

Tabel 2 Efisiensi *photovoltaic*.

Rangkaian	Efisiensi
Seri	12,43 %
Paralel	13,83 %
Seri paralel	10,99 %

Dari data yang di ambil efisiensi panel surya bila di rangkai seri adalah sebesar 12,43% , rangkaian paralel photovoltaic efisiensinya sebesar 13,83% sedangkan rangkaian seri paralel photovoltaic sebesar 10,99% .

4.4 Lama waktu pengisian battery

Dari berbagai rangkaian *photovoltaic* dilakukan pengukuran tegangan dan arus pegisian battery. Battery yang di gunakan dalam penelitian adalah sebesar 7,5 AH. Dengan demikian maka dapat di hitung lama waktu yang di butuhkan untuk pengisian battery.

Tabel 3 Hasil perhitungan waktu lama pengecasan battery.

Rangkaian	Tegangan (V)	Arus (A)	W/M2	Waktu
Seri	13,3	0,58	855	12 jam 55 menit
Paralel	13,3	1,76	855	4 jam 15 menit
Seri paralel	13,3	0,56	855	13 jam 57 menit

Lama waktu pengisian battery bila *photovoltaic* pada rangkaian seri adalah 12 jam 55 menit, rangkaian paralel photovoltaic adalah 4 jam 15 menit dan seri paralel adalah 13 jam 57 menit.

4.5 Pengujian beban dalam penelitian

Dalam jaringan nanogrid akan di bebani peralatan rumah tangga yang bertegangan di bawah 24 volt, antara lain: *handphone*, lampu led 12 volt, battery mobil mainan 5 volt, dan motor dc 24 volt.

Tabel 4 Pengujian beban rangkaian nanogrid dengan battery 7,2 AH.

Kondisi	Handphone	Lampu led 12 Volt	Mobil mainan	Motor 24 VDC	Tegangan (V)	Arus (A)	Daya (W)
Kondisi 1	ON	Off	Off	Off	12,2	0,15	1,83
Kondisi 2	Off	ON	Off	Off	12	0,75	9,0
Kondisi 3	Off	Off	ON	Off	12,1	0,37	4,48
Kondisi 4	Off	Off	Off	ON	12	0,32	3,84
Kondisi 5	ON	ON	Off	Off	12,1	0,90	10,89
Kondisi 6	ON	Off	ON	Off	12,3	0,52	6,39
Kondisi 7	ON	Off	Off	ON	12,1	0,46	5,62
Kondisi 8	Off	ON	ON	Off	12,1	1,12	13,55
Kondisi 9	Off	ON	Off	ON	12,2	0,98	11,95
Kondisi 10	Off	Off	ON	ON	12,2	0,65	7,93
Kondisi 11	ON	ON	ON	Off	12,0	1,26	15,12
Kondisi 12	ON	ON	Off	ON	12,1	0,86	10,40
Kondisi 13	ON	Off	ON	ON	12,0	0,81	9,72
Kondisi 14	Off	ON	ON	ON	12,0	1,44	17,30
Kondisi 15	ON	ON	ON	ON	12,0	1,57	18,92

4.6 Perhitungan Efisiensi Converter

Di setiap beban terdapat *DC to DC converter* yang berfungsi menurunkan tegangan sesuai tegangan beban yang di gunakan. Tiap tiap *converter* di hitung efisiensinya.

Tabel 5 Hasil perhitungan waktu efisiensi converter.

Beban Converter	Efisiensi (%)
Handphone	73,77
Mobil mainan	87,80
Motor Dc	98,46

4.7 Perhitungan lama waktu battery dalam melayani beban

Dari percobaan berbagai kondisi diatas dapat di ketahui beban puncak semua peralatan yaitu

ketika beban terhubung dan pada posisi ON semua ke jaringan yaitu sebesar 18,92 watt (kondisi 15). Pada kondisi inilah beban puncak terjadi. Dengan kapasitas batry yang di gunakan adalah 7,5 ah. Sehingga dapat di hitung lama waktu battery dalam melayani beban yang di gunakan pada jaringan, yaitu :

Diketahui

$$P = 18,92 \text{ Watt.}$$

$$V \text{ Battery} = 12 \text{ V}$$

$$E = 7,2 \text{ Ah.}$$

Maka didapat :

$$P = V \cdot I$$

$$I = \frac{P}{V}$$

$$I = \frac{18,92}{12}$$

$$I = 1,57 \text{ Ampere.}$$

Waktu lama penggunaan battery adalah

$$t = \frac{E}{I}$$

$$t = \frac{7,2}{1,57}$$

$$t = 4,5 \text{ jam atau 4 jam 30 menit.}$$

4.8 Perencanaan Kapasitas Battery

Agar battery mampu bertahan dalam 3 hari maka di hitung

Tabel 6 Hasil perhitungan beban harian yang digunakan.

Jenis	Unit	Daya (W)	Durasi (H)	Total Daya (W)
Handphone	1	1,83	2	3,66
Mobil mainan	1	4,48	1	4,48
Lampu led	1	9	8	72
Motor dc	1	3,84	2	7,68
Total			19,15	87,82

Setelah mengetahui profile beban harian, maka dapat di hitung kapasitas *daily battery* tersebut, yaitu :

- Battery yang di gunakan : 12 Volt , maka dapat di hitung:
- $87,82 \text{ Ah} / 12 \text{ Volt} = 7,3 \text{ Ah.}$
- Diketahui efisiensi battery 90 %
- Maka *daily battery* $7,3 \text{ Ah} / 0,9 = 8.1 \text{ Ah} = 9 \text{ Ah}$ (yang ada di pasaran)
 Jika di inginkan bertahan 3 hari kedepan maka :

- $3 \times 9 \text{ Ah} = 27 \text{ Ah}$ atau paralel 3 buah battery @ 12Volt 9 Ah
- Presentase kapasitas sehari dapat di hitung
- $7,3 \text{ Ah} / 27 \text{ Ah} = 27 \%$
- Umur battery jika 1 cycle = 1x charge dan 1x discharge = 1 hari asumsi 1500 cycle penggunaan, maka
- $1500 \text{ penggunaan} / 365 \text{ hari} = 4,1 \text{ tahun}$ penggunaan.

Dari perhitungan di atas maka battery yang di pakai yaitu konfiurasi battery paralel 3 battery/ 27 Ah.

Namun dalam pengujian hanya menggunakan battery 7,2 sebanyak 1 buah dengan tegangan 12 Volt dan arus 2,16 A.

5 Kesimpulan

Dari Pengujian tegangan dan arus output *photovoltaic* dengan berbagai rangkaian, rangakiaan paralel paling besar dalam menghasilkan daya yaitu sebesar 33,996 watt dengan efisiensi sebesar 13,83% degan waktu pengisian battery selama 4 jam 15 menit. Kemampuan battery dalam melayani beban sebesar 1,57 Ampere yaitu selama 4 jam 42 menit dengan Efisiensi converter masing masing beban yaitu 73,77 % untuk beban handphone, 87,80 % untuk mobil mainan dan 98, 46 % untuk beban motor dc 24 volt. Untuk bertahan selama 3 hari kedepan maka di perlukan paralel 3 buah battery @ 12Volt 9 ah.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] B. Budiyo and R. Setiabudy, "Jaringan Mikro Arus Searah (Dc Microgrid) sebagai Upaya Ketersediaan Energi Listrik dalam Pengembangan Energi Terbarukan," *Pros. Semnastek*, vol. 1, no. 1, 2014.
- [2] C. Cho, J.-H. Jeon, J.-Y. Kim, S. Kwon, K. Park, and S. Kim, "Active synchronizing control of a microgrid," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 26, no. 12, pp. 3707–3719, 2011.
- [3] B. Budiyo and F. Fadliandi, "The Improvement of Solar Cell Output Power Using Cooling and Reflection from Mirror," *Int. J. Power Electron. Drive Syst. IJPEDS*, vol. 8, no. 3, p. 1320, Sep. 2017.
- [4] F. Fadliandi, H. Isyanto, and B. Budiyo, "Bypass Diodes for Improving Solar Panel Performance," *Int. J. Electr. Comput. Eng. IJECE*, vol. 8, no. 5, p. 2703, Oct. 2018.

- [5] M. Ahmed, U. Amin, S. A. Qureshi, and Z. Ahmed, "IMPLEMENTATION OF NANOGGRIDS FOR FUTURE POWER SYSTEM.," *Sci. Int.*, vol. 27, no. 1, 2015.
- [6] A. Werth, N. Kitamura, and K. Tanaka, "Conceptual study for open energy systems: distributed energy network using interconnected DC nanogrids," *IEEE Trans. Smart Grid*, vol. 6, no. 4, pp. 1621–1630, 2015.
- [7] S. Mishra, R. Adda, and A. Joshi, "Inverse Watkins–Johnson topology-based inverter," *IEEE Trans. Power Electron.*, vol. 27, no. 3, pp. 1066–1070, 2012.
- [8] P. A. Dahono, I. Sasongko, and A. Rizqiawan, "Teknik Kendali Konverter DC-DC Topologi Baru," *EECCIS*, 2008.
- [9] A. Nugroho, R. Rahmayanti, E. Rijanto, and D. Wijaya, "Telaah Topologi Konverter DC-DC untuk Nano DC Grid."
- [10] "Page not found | Energi Surya." .