

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Halaman Pengesahan	ii
Identitas Dan Uraian Umum	iii
DAFTAR ISI.....	1
RINGKASAN PROPOSAL.....	2
BAB 1. PENDAHULUAN	3
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	8
BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN	13
BAB 4. JADWAL PENELITIAN.....	15
BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB).....	16
DAFTAR PUSTAKA	17
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN	21
LAMPIRAN 2. SURAT KESEDIAAN BERKOMITMEN	23

RINGKASAN PROPOSAL

Sistem DC *microgrid* merepresentasikan pergeseran paradigma dalam distribusi tenaga listrik modern, menawarkan efisiensi yang lebih tinggi dalam integrasi energi terbarukan dan pengurangan kerugian konversi. Namun, sistem ini menghadapi tantangan stabilitas yang berbeda secara fundamental dari sistem AC tradisional. Stabilitas sistem DC *microgrid* dalam menghadapi sumber energi terbarukan yang *intermittent* dan fluktuasi beban menjadi tantangan utama karena terjadi variasi tegangan yang cepat, inersia sistem yang rendah, dan dinamika beban yang tidak dapat diprediksi. Tantangan-tantangan ini dapat diatasi secara efektif dengan mengintegrasikan sistem penyimpanan energi yang handal bersama dengan strategi kontrol adaptif dan terdistribusi. Dalam hal ini *bidirectional DC-DC converter* (BDC) mengambil peran yang cukup penting untuk mengatur arah aliran daya dua arah antara bus DC dan sistem penyimpanan energi / *energy storage system* (ESS). Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan *literature review comprehensive* meliputi topologi BDC, advanced control strategy, dan pemilihan konfigurasi sehingga menghasilkan desain *bidirectional DC-DC converter* untuk DC *microgrid* skala residential efisien, cost-effectiveness serta skalabel. Selanjutnya pemodelan sistem DC *microgrid* akan disimulasikan melalui Simulink matlab. Luaran dari penelitian berupa poster HKI, materi PPT yang terkait dengan implementasi sistem pada mata kuliah Elektronika Daya dan publikasi pada jurnal nasional.

Kata Kunci :

DC *microgrid*, stabilitas, *bidirectional DC-DC converter*, modular, strategi kontrol

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Transisi energi global menuju sistem energi berkelanjutan telah mendorong adopsi teknologi pembangkit listrik terdesentralisasi (*distributed generation*), terutama sistem fotovoltaik (PV), turbin angin, dan sistem penyimpanan energi. Jaringan mikro DC (*DC microgrid*) telah muncul sebagai solusi menjanjikan untuk mengintegrasikan sumber energi terbarukan / *renewable energy sources* (RES) secara efisien, menghilangkan tahap konversi AC-DC yang berulang, dan mengurangi kerugian daya sebesar 5-10% dibandingkan dengan sistem AC [1]. Kajian literatur komprehensif ini menganalisis peran BDC dalam menghadapi tantangan stabilitas pada sistem *DC microgrid*. *DC microgrid* semakin berperan penting dalam sistem tenaga listrik modern, menawarkan integrasi efisien sumber energi terbarukan (RES) dan pengelolaan energi yang fleksibel untuk aplikasi di daerah terpencil, perkotaan, dan infrastruktur penting. Perkembangan sumber energi terbarukan yang memiliki sifat intermittent terutama solar fotovoltaik (PV) dan angin telah menimbulkan tantangan signifikan dalam menjaga operasi yang stabil, terutama karena sumber-sumber ini menunjukkan fluktuasi tegangan keluaran yang cepat dan tidak terduga. Ditambah dengan profil beban dinamis, terutama beban daya konstan / *constant power loads* (CPL), menyebabkan stabilitas *DC microgrid* sering terganggu, sehingga memerlukan solusi kontrol canggih dan penyimpanan energi untuk memastikan regulasi tegangan dan frekuensi yang andal, stabilitas transien, dan ketahanan terhadap gangguan [2], [3]. Penelitian mengenai efisiensi, keefektifan biaya, dan skalabilitas topologi bidirectional DC-DC converter untuk *DC microgrid* perumahan telah menjadi bidang penelitian yang krusial akibat meningkatnya integrasi sumber energi terbarukan terdistribusi dan sistem penyimpanan energi dalam jaringan listrik modern [4], [5]. Lebih dari satu decade yang lalu, kemajuan dalam bidang elektronika daya telah memungkinkan pengembangan berbagai topologi konverter, mulai dari desain **buck-boost yang sederhana hingga konverter multiport dan resonan yang canggih** [6], [7]. Evolusi ini mendukung peningkatan manajemen energi, memperbaiki kualitas daya, dan kehandalan jaringan, yang penting untuk sistem energi berkelanjutan [8], [9].

Pentingnya penerapan secara praktis ditekankan oleh semakin luasnya penerapan *DC microgrid* di seluruh dunia, di mana konverter dua arah yang efisien memfasilitasi pertukaran energi yang mulus antara sumber dan beban, berkontribusi pada pengurangan kerugian transmisi dan peningkatan ketahanan sistem [10]. Meskipun telah dilakukan penelitian yang luas, tantangan tetap ada dalam **mengoptimalkan topologi konverter untuk *DC microgrid* perumahan**, terutama terkait efisiensi

di bawah kondisi beban yang bervariasi, batasan biaya, dan skalabilitas untuk tingkat daya yang beragam [11], [12]. Study literatur yang ada mengungkap gap pengetahuan pada **menjaga keseimbangan antara faktor-faktor ini sambil mempertahankan aliran daya dua arah yang andal dan pengaturan tegangan** [13], [14], [15]. Perdebatan terus berlanjut mengenai trade-off antara desain konverter terisolasi dan non-terisolasi, dengan topologi terisolasi menawarkan isolasi galvanik namun dengan biaya dan kompleksitas yang lebih tinggi, sedangkan desain non-terisolasi menawarkan kesederhanaan namun dapat mengorbankan keamanan dan rentang tegangan [7], [16]. Lebih jauh lagi, integrasi dari peralatan semikonduktor canggih dan strategi control menambah kompleksitas dalam mengevaluasi kinerja di dunia nyata [5], [17]. Ketidakmampuan untuk mengatasi kesenjangan ini dapat menghambat adopsi luas DC microgrids di lingkungan perumahan, yang dapat mempengaruhi keberlanjutan energi dan upaya modernisasi jaringan listrik [18].

Perkembangan terbaru dalam teknologi DC *microgrid* telah memperlihatkan beberapa tren dan metodologi baru yang inovatif, yang bertujuan untuk meningkatkan efisiensi, keandalan, dan integrasi sumber energi terbarukan. Berikut merupakan tren utama terkait perkembangan advanced technology pada sistem BDC untuk meningkatkan stabilitas DC *microgrid*.

1. Strategi Pengendalian dan Peningkatan Stabilitas

- Skema Pengendalian Otonom: Tren signifikan adalah pengembangan skema pengendalian otonom, seperti pengendalian V2-P *droop*, yang mengintegrasikan regulasi tegangan bus dan regulasi daya. Pendekatan ini memungkinkan transisi yang mulus antara mode operasi yang berbeda tanpa mengubah strategi pengendalian, sehingga meningkatkan stabilitas sistem dan mengurangi ketergantungan pada komunikasi [19].
- Pengendalian Inersia Virtual Hierarkis: Pendekatan inovatif lainnya adalah teknik kontrol inersia virtual hierarkis, yang meningkatkan kinerja transien dan *steady-state* DC *microgrid* dengan mengatur tegangan bus DC [20].
- Kontrol Berbasis Resistansi Negatif Virtual: Untuk mengatasi ketidakstabilan yang disebabkan oleh Beban Daya Konstan (CPL), telah diusulkan loop kontrol berbasis resistansi negatif virtual. Metode ini meningkatkan margin stabilitas dengan mengelola secara efektif impedansi negatif virtual yang dihasilkan oleh CPL [21].

2. Topologi Konverter dan Efisiensi

- Topologi Dual Active Bridge (DAB): Topologi Dual Active Bridge (DAB): Topologi DAB banyak diteliti karena efisiensinya dalam transmisi daya dan kemampuannya untuk mengurangi arus DC-Bias, yang merupakan penyebab utama tekanan pada saklar. Teknik seperti penekanan

fluks dan optimasi dinamis digunakan untuk meningkatkan efisiensi dan keandalan konverter DAB [22].

- Konverter DC-DC Multiport: Konverter ini menawarkan fleksibilitas yang lebih tinggi dengan memungkinkan koneksi antara sumber dan beban dengan tingkat tegangan dan daya yang berbeda. Konverter ini mengurangi konversi daya berulang dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan [23].

3. Teknik Pengendalian Lanjutan

- Pengendalian Prediktif Berbasis Model / *model predictive control* (MPC) dan Kecerdasan Buatan: Metode pengendalian lanjutan, termasuk pengendalian prediktif berbasis model dan kecerdasan buatan, sedang dieksplorasi untuk beradaptasi secara dinamis terhadap fluktuasi dalam pembangkitan dan permintaan daya, sehingga meningkatkan kinerja mikrogrid [24].
- Pengendalian Mode Geser / *sliding mode control* (SMC): SMC digunakan untuk pengelolaan aliran daya dua arah yang presisi, memastikan efisiensi tinggi dan respons dinamis cepat dalam berbagai kondisi beban [5].

4. Stabilitas Tegangan dan Pengurangan Ripple

- Inertia Tegangan dan Damping: Peningkatan inertia tegangan dan karakteristik damping sangat penting untuk meningkatkan stabilitas dinamis DC microgrid. Teknik seperti loop kontrol penurunan tegangan variabel telah dikembangkan untuk meningkatkan karakteristik ini [25].
- Pengurangan Ripple: Strategi seperti pengurangan ripple berbasis resistor virtual diterapkan untuk mengelola ripple orde kedua di subgrid DC, memastikan operasi stabil bahkan dengan impedansi garis yang signifikan [26].

5. Integrasi dengan Sistem Energi Terbarukan dan Sistem Penyimpanan Energi

- Sistem Penyimpanan Energi (ESS): BDCs memainkan peran kritis dalam mengintegrasikan ESS dengan DC microgrid, menyediakan keluaran tegangan yang konsisten dan beradaptasi dengan persyaratan beban yang bervariasi. Integrasi ini sangat penting untuk menjaga stabilitas tegangan dan meningkatkan keandalan mikrogrid [27], [28].
- Sumber Energi Terbarukan: Penggunaan BDC dalam sistem energi terbarukan, seperti PV dan angin, semakin meningkat. Konverter ini memfasilitasi transfer energi yang efisien dan meningkatkan kinerja keseluruhan mikrogrid [29], [30].

Kerangka konseptual untuk tinjauan ini berfokus pada bidirectional DC-DC converter sebagai komponen kunci yang memfasilitasi pertukaran energi dalam DC microgrid, yang ditentukan oleh konfigurasi topologisnya, mode operasional (buck, boost, buck-boost), dan metode pengendaliannya.

Efisiensi, penghematan biaya, dan skalabilitas metrik yang saling terkait yang memengaruhi pemilihan konverter dan desain sistem, dengan landasan teoretis yang didasarkan pada prinsip-prinsip elektronika daya dan perangkat semikonduktor [31], [32]. Kerangka kerja ini memberikan panduan untuk evaluasi sistematis topologi konverter guna menyesuaikan kemampuan teknologi dengan persyaratan DC microgrid skala perumahan.

Tujuan dari review sistematis ini untuk menganalisis secara kritis efisiensi, dan skalabilitas topologi bidirectional DC-DC converter yang dirancang khusus untuk DC microgrid perumahan, dengan menekankan dasar-dasar teoritis dan implikasi praktisnya. Dengan menggabungkan kemajuan terbaru dan mengidentifikasi tantangan yang sedang dihadapi, review ini bertujuan untuk memberikan pemahaman komprehensif yang dapat menjadi landasan bagi penelitian dan pengembangan di masa depan, mengatasi kesenjangan pengetahuan yang teridentifikasi dan mendukung penerapan solusi konverter yang lebih optimal. Tinjauan ini menggunakan metodologi terstruktur yang mencakup tinjauan literatur komprehensif, dan simulasi, serta analisis perbandingan topologi konverter. Hasil penelitian disusun untuk terlebih dahulu memaparkan landasan teoritis, dilanjutkan dengan evaluasi aspek efisiensi, dan skalabilitas, dan diakhiri dengan pembahasan tren yang sedang berkembang dan arah masa depan.

1.2. Perumusan Masalah

Tren penelitian terkini dalam bidirectional DC-DC converter untuk DC microgrid berfokus pada strategi pengendalian yang andal dan pemodelan tingkat lanjut untuk memastikan stabilitas sistem di tengah ketidakstabilan sumber energi terbarukan (RES) dan fluktuasi beban. Analisis stabilitas sinyal - berbasis impedansi, pendekatan kontrol nonlinier (mode geser (*sliding mode*), adaptif, berbasis pasivitas), dan simulasi inersia virtual (melalui kontrol arus kapasitor dan VDCM berbasis SOC) menjadi kunci dalam mengatasi masalah yang timbul dari beban daya konstan dan nonlinieritas konverter. Selain itu, terdapat penekanan yang semakin besar pada optimasi berbasis kecerdasan buatan (AI) dan pemodelan hibrida untuk efisiensi dan ketahanan real-time dalam lingkungan mikrogrid yang dinamis. Berkaitan dengan penelitian ini, akan dirumuskan beberapa rumusan masalah yang akan digunakan untuk study awal :

1. Bagaimana memilih topologi sistem BDC untuk aplikasi DC microgrid.
2. Bagaimana pengaruh advanced control strategi terhadap sistem.
3. Bagaimana technical modeling sistem DC microgrid pada Simulink matlab.

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan utama penelitian ini adalah untuk mengkaji penelitian yang sudah ada tentang efisiensi, penghematan biaya dan skalabilitas topologi BDC untuk DC microgrid skala residential. Landasan teori dari converter-converter pada DC microgrid dengan tujuan untuk menyediakan ringkasan komprehensif tentang desain konverter terkini (**state-of-the-art**) dan strategi pengendalian yang memungkinkan pengelolaan daya yang efisien dan andal dalam DC microgrid skala perumahan. Kajian ini penting karena BDC berperan penting dalam antar muka antara sumber energi terdistribusi, sistem penyimpanan energi, dan beban, yang secara langsung mempengaruhi efisiensi operasional, biaya, dan skalabilitas sistem mikrogrid. Dengan analisis secara sistematis dasar teori serta implementasi praktis, kajian ini bertujuan untuk mengidentifikasi tantangan yang sedang dihadapi, tren yang muncul, dan potensi cara untuk mengoptimalkan topologi converter untuk mendukung keberlanjutan dan skalabel penggunaan DC microgrid skala perumahan.

1.4. Batasan Penelitian

1. Simulasi pemodelan Teknik akan dilakukan berbasis skala laboratorium sehingga masih perlu pengembangan untuk diterapkan secara real world.
2. Terdapat trade-off antara efisiensi, skalabilitas dan kompleksitas sistem pengendalian yang digunakan.

1.5. Kaitan Penelitian dengan Road Map Penelitian Pribadi dan Road Map Penelitian Fakultas

Keterkaitan dengan road map penelitian pribadi dan road map penelitian fakultas adalah penelitian berfokus pada bidang green energy dan green technology.

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Komponen utama sistem konfigurasi DC microgrid

Sistem konfigurasi DC microgrid mengintegrasikan berbagai komponen untuk memastikan penyaluran daya yang efisien, andal, dan stabil. Komponen utama meliputi:

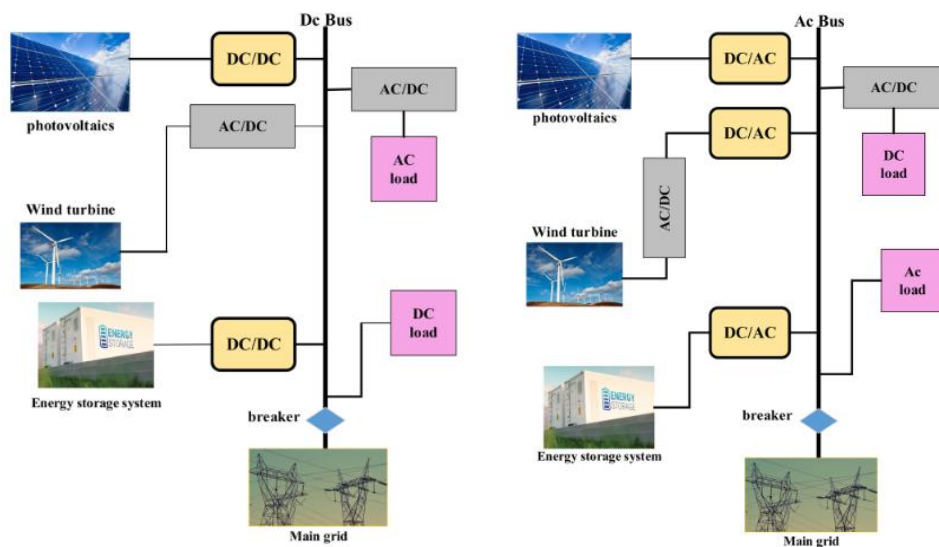
1. Distributed energy resources (DERs), yang bisa terdiri dari beberapa sumber energi terbarukan untuk menghasilkan energi listrik
 - *Photovoltaic* (panel PV) yang digunakan untuk mengubah energi matahari menjadi tenaga listrik.
 - Turbin angin yang menghasilkan energi listrik dari energi angin
 - *Fuel cells* yang mengubah energy kimia dari hydrogen menjadi energi listrik
 - *Combined heat and power* (CHP) merupakan sistem yang menghasilkan listrik dan panas berguna
2. Sistem penyimpanan energi / *energy storage systems* (ESS), yang terdiri dari beberapa jenis sistem untuk menyimpan energi listrik.
 - Baterai : Menyimpan energi listrik untuk digunakan nanti, memastikan ketersediaan daya selama periode produksi rendah.
 - Superkapasitor : Menyediakan kemampuan pengosongan dan pengisian daya yang cepat, berguna untuk menyeimbangkan fluktuasi jangka pendek.
 - *Hydrogen storage* : Menyimpan hidrogen yang dihasilkan dari kelebihan listrik, yang dapat dikonversi kembali menjadi listrik menggunakan sel bahan bakar.
3. Peralatan elektronika daya
 - DC-DC converter : Mengatur tingkat tegangan antara komponen yang berbeda dan memastikan transfer daya yang efisien.
 - Inverter : Mengonversi daya DC menjadi daya AC untuk kompatibilitas dengan beban AC dan integrasi jaringan.
 - Bidirectional converter : Mengelola aliran daya antara jaringan dan sistem penyimpanan, memungkinkan pengisian dan pengosongan daya.

4. Sistem kontrol, yang terdiri dari beberapa sistem yang digunakan.
 - Load microgrid controller : Mengelola operasi mikrogrid, termasuk penyeimbangan beban, pengelolaan penyimpanan energi, dan deteksi gangguan.
 - Energy management system (EMS) : Mengoptimalkan penggunaan sumber daya energi yang tersedia, memastikan operasi yang efisien dan andal
 - Maximum power point tracking (MPPT) : Memastikan sumber energi terbarukan beroperasi pada output daya maksimumnya
5. Beban, beban-beban listrik yang terdiri dari,
 - Electric loads : Perangkat dan sistem yang mengonsumsi daya listrik, yang dapat bersifat perumahan, komersial, atau industry.
 - Thermal loads : Sistem yang memerlukan panas, yang dapat disuplai oleh unit CHP.
6. Bus DC dan sistem pentanahan
 - Bus DC : Titik pusat di mana semua sumber daya dan beban terhubung, memfasilitasi distribusi daya di dalam microgrid.
 - Sistem pentanahan : Menjamin keamanan dan stabilitas dengan menyediakan titik referensi untuk sistem listrik.
7. Sistem proteksi
 - Deteksi dan isolasi gangguan : Sistem untuk mendeteksi dan mengisolasi gangguan dengan cepat guna mencegah kerusakan dan memastikan keamanan.
 - High-frequency protection : Menggunakan komponen frekuensi tinggi untuk mengidentifikasi dan mengisolasi gangguan secara cepat.

Gambar 2.1 berikut menunjukkan perbandingan General DC microgrid dan Typical AC microgrid. Gambar 2.1 (a) menunjukkan arsitektur **DC microgrid**, di mana **DC bus** menjadi pusat distribusi daya.

- **Sumber energi terbarukan:**
 - **Photovoltaics (PV)** menghasilkan daya DC, kemudian dikondisikan melalui konverter **DC/DC** sebelum masuk ke DC bus.
 - **Wind turbine** menghasilkan daya AC, dikonversi ke DC melalui **AC/DC converter** untuk disalurkan ke DC bus.

- **Sistem penyimpanan energi (Energy Storage System)** dihubungkan langsung ke DC bus melalui **DC/DC converter**, memungkinkan proses charging dan discharging untuk menjaga stabilitas sistem.
- **Beban sistem** terdiri dari:
 - **DC load**, yang terhubung langsung ke DC bus.
 - **AC load**, yang menerima daya melalui **inverter AC/DC** dari DC bus.
- **Main grid** dihubungkan melalui breaker, berfungsi sebagai sumber cadangan atau sink daya ketika terjadi ketidakseimbangan antara pembangkitan dan konsumsi daya.



(a) General DC microgrid

(b) Typical AC microgrid

Gambar 2.1 Perbandingan General DC microgrid dan Typical AC microgrid

Gambar 2.1 (b) menampilkan arsitektur **AC microgrid**, di mana **AC bus** menjadi pusat distribusi daya.

- **Sumber energi terbarukan:**
 - **Photovoltaics (PV)** menghasilkan daya DC yang dikonversi ke AC melalui **DC/AC converter** sebelum disalurkan ke AC bus.
 - **Wind turbine** secara alami menghasilkan daya AC dan dihubungkan ke AC bus melalui **AC/DC–DC/AC converter** (jika diperlukan pengaturan kualitas daya).
- **Energy Storage System** juga terhubung ke AC bus melalui **DC/AC converter**, sehingga dapat berfungsi sebagai sumber dan penyerap daya sesuai kebutuhan sistem.
- **Beban sistem:**

- **AC load**, yang langsung mengambil daya dari AC bus.
- **DC load**, yang menerima daya melalui **AC/DC converter** dari AC bus.
- **Main grid** juga dihubungkan ke AC bus melalui breaker untuk fungsi grid-connected dan islanding mode.

2.2 Bidirectional DC-DC converter

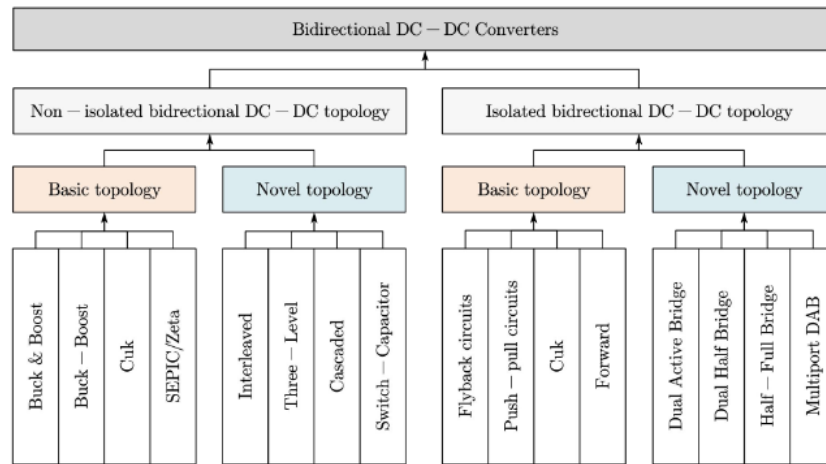
Perkembangan bidirectional DC-DC converter untuk sistem pembangkitan energi dari RES terutama pemanfaatan dalam aplikasi DC microgrid telah mengalami kemajuan pesat dalam beberapa tahun terakhir, dengan kemajuan signifikan dalam desain sirkuit, teknologi material, dan strategi pengendalian. Salah satu perkembangan teknologi adalah penggunaan semikonduktor lebar pita lebar, seperti karbida silikon (SiC) dan nitrida gallium (GaN), yang meningkatkan manajemen panas, mengurangi ukuran desain konverter, dan memungkinkan frekuensi switching yang lebih tinggi.

Penerapan metode pembelajaran mesin (ML) dalam sistem pengendalian konverter, terutama pembelajaran penguatan (RL) dan pengendalian jaringan saraf (NR), merupakan salah satu inovasi tersebut. Teknik cerdas ini dapat menyesuaikan diri dengan operasi non-linier, mempelajari kebijakan pengendalian secara real-time, dan mengurangi kompleksitas sistem model. Kemampuan agen RL untuk secara dinamis mengubah siklus kerja guna memaksimalkan kinerja konverter di bawah kondisi beban dan tegangan yang bervariasi telah dibuktikan dalam studi-studi terbaru. Bidirectional DC-DC converter dapat diklasifikasikan menjadi dua jenis berdasarkan apakah mereka memiliki isolasi listrik: bidirectional DC-DC converter non-isolasi dan bidirectional DC-DC converter isolasi [33].

Topologi konverter non-isolasi memungkinkan transfer energi melalui koneksi listrik langsung, menghilangkan kebutuhan akan komponen magnetik yang digunakan untuk isolasi. Meskipun konfigurasi ini tidak mampu mencapai rasio gain tegangan tinggi karena tidak menggunakan transformator, konfigurasi ini menawarkan desain yang lebih sederhana, struktur yang lebih ringan, dan menghindari masalah umum seperti gangguan magnetik serta ukuran dan berat tambahan yang terkait dengan transformator dalam sistem isolasi [34].

Fitur-fitur ini membuat topologi non-isolasi sangat bermanfaat dalam aplikasi di mana pengurangan ukuran dan berat menjadi hal yang esensial, seperti pada perangkat elektronik portabel dan sistem energi terbarukan. Di sisi lain, topologi isolasi mencapai pemisahan listrik dengan terlebih dahulu mengubah tegangan DC menjadi arus bolak-balik (AC) berfrekuensi tinggi, mentransfernya melalui transformator berfrekuensi tinggi, dan kemudian mengubahnya kembali menjadi DC melalui proses penyearahan dan penyaringan [35]. Penggunaan transformator frekuensi tinggi memungkinkan sistem-sistem ini mencapai gain tegangan tinggi dan keamanan listrik yang lebih baik, menjadikannya

ideal untuk digunakan dalam aplikasi yang membutuhkan isolasi yang kuat dan konversi tegangan tinggi, seperti kendaraan listrik (EV) dan sistem pembangkit energi terbarukan [36]. Gambar 1 menggambarkan klasifikasi terperinci dari bidirectional DC-DC converter.



Gambar 2.2. Klasifikasi topologi bidirectional DC-DC converter

BAB 3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian akan bertempat di Laboratorium Konservasi Energi, Jurusan Teknik Elektro Universitas Trisakti. Waktu penelitian akan direncanakan selama 8 bulan, dengan jadwal sebagaimana Tabel 3.1 berikut.

Tabel 3. 1 Jadwal Kegiatan

No	Jenis Kegiatan	Bulan							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Penyusunan Proposal dan Studi Literatur								
2	Perancangan Sistem								
3	Simulasi dan Pengambilan Data								
4	Analisis dan Pemecahan Masalah								
5	Penulisan Laporan								

3.2. Metode Penelitian

Metode yang digunakan pada penelitian ini adalah perancangan desain sistem pada perangkat lunak Simulink MATLAB versi R2022a serta studi literatur terkait topologi dan sistem *control strategy* untuk aplikasi BDC pada DC *microgrid*. Study literatur meliputi :

- 1.Study terkait topologi bidirectional DC-DC converter
- 2.Study *control strategies* BDC
- 3.Pemodelan sistem DC *microgrid*

3.3. Metode Analisis

Metode analisis yang digunakan dalam penelitian ini adalah study literatur-eksperimental terkait pemodelan teknis sistem bidirectional DC-DC converter untuk aplikasi DC *microgrid*. Dari pemodelan teknis yang dibuat dalam simulink matlab dapat dilihat pengaruh topologi dan strategi control terhadap peningkatan stabilitas sistem DC *microgrid*.

3.4. Indikator Capaian Penelitian

Indikator capaian dari penelitian ini adalah berupa publikasi pada jurnal nasional dan HKI poster penelitian.

BAB 4. JADWAL PENELITIAN

Penelitian akan dilakukan dan direncanakan selama 8 bulan dengan rincian jadwal kegiatan seperti dalam Tabel 4.1 berikut.

Tabel 4. 1 Rencana Kegiatan Penelitian

No	Jenis Kegiatan	Bulan							
		1	2	3	4	5	6	7	8
1	Penyusunan Proposal dan Studi Literatur								
2	Perancangan Sistem								
3	Simulasi dan Pengambilan Data								
4	Analisis dan Pemecahan Masalah								
5	Penulisan Laporan								

BAB 5. RENCANA ANGGARAN BIAYA (RAB)

No	Komponen	Total
I. Biaya Langsung		
A	Tenaga Ahli dan Tenaga Penunjang	2.400.000
B.1	Biaya bahan habis, peralatan, sewa peralatan	13.600.000
B.2	Perjalanan dan transport lokal	0
	Sub Total	16.000.000
II. Biaya Tidak Langsung		
A	Laporan, Seminar, dan Publikasi	4.000.000
B	Forum Group Discussion	0
	Sub Total	4.000.000
	TOTAL	20.000.000

DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Sousa, B. Grasel, and J. Baptista, “Stability Analysis of DC Microgrids: Insights for Enhancing Renewable Energy Integration, Efficiency and Power Quality,” *Applied Sciences*, vol. 14, no. 24, p. 11851, Dec. 2024, doi: 10.3390/app142411851.
- [2] Y. Xu, L. Zhou, N. Chen, and M. Huang, “Simulation study of stabilization control strategies for photovoltaic microgrid,” in *2025 7th International Conference on Information Science, Electrical and Automation Engineering (ISEAE)*, IEEE, Apr. 2025, pp. 286–289. doi: 10.1109/ISEAE64934.2025.11041777.
- [3] R. P. Nair and P. Kanakasabapathy, “Control of a DC microgrid under dynamic load condition,” in *2017 International Conference on Technological Advancements in Power and Energy (TAP Energy)*, IEEE, Dec. 2017, pp. 1–6. doi: 10.1109/TAPENERGY.2017.8397212.
- [4] S. Patra, A. Chatterjee, and K. C. Patra, “Emerging Topologies of DC–DC Converters for Microgrid Applications,” in *Microgrids for Commercial Systems*, Wiley, 2024, pp. 73–132. doi: 10.1002/9781394167319.ch4.
- [5] J. K. R, A. P, R. S, S. P. S, and V. R, “Bi-Directional DC-DC Converters for Microgrid Applications,” in *2025 6th International Conference on Inventive Research in Computing Applications (ICIRCA)*, IEEE, Jun. 2025, pp. 185–190. doi: 10.1109/ICIRCA65293.2025.11089752.
- [6] M. Frivaldsky, S. Kascak, J. Morgos, and M. Prazenica, “From Non-Modular to Modular Concept of Bidirectional Buck/Boost Converter for Microgrid Applications,” *Energies (Basel)*, vol. 13, no. 12, p. 3287, Jun. 2020, doi: 10.3390/en13123287.
- [7] M. A. Alam, A. F. Minai, and F. I. Bakhsh, “Isolated bidirectional DC-DC Converter: A topological review,” *e-Prime - Advances in Electrical Engineering, Electronics and Energy*, vol. 8, p. 100594, Jun. 2024, doi: 10.1016/j.prime.2024.100594.
- [8] D. Peña, P. Arevalo, Y. Ortiz, and F. Jurado, “Survey of Optimization Techniques for Microgrids Using High-Efficiency Converters,” *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 15, p. 3657, Jul. 2024, doi: 10.3390/en17153657.
- [9] S. Puppala, P. P. Singh, and D. Potnuru, “Advancements in Multiple Input Multiple Output DC-DC Converters for Efficient DC Microgrid Integration: A Scientometric Analysis,” in *2024 International Conference on Smart Systems for applications in Electrical Sciences (ICSSES)*, IEEE, May 2024, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICSSES62373.2024.10561353.
- [10] S. Wijanarko, G. I. Hasyim, J. Furqani, A. Rizqiawan, P. A. Dahono, and A. Muqorobin, “A bidirectional power converter connecting electric vehicle battery and DC microgrid,” *International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS)*, vol. 15, no. 2, p. 978, Jun. 2024, doi: 10.11591/ijpeds.v15.i2.pp978-992.
- [11] Q. Ren, Y. Han, P. Yang, and C. Wang, “Selection of Bidirectional DC-DC Topology for DC Microgrid Energy Storage Systems,” in *2023 IEEE 4th China International Youth Conference On Electrical Engineering (CIYCEE)*, IEEE, Dec. 2023, pp. 1–7. doi: 10.1109/CIYCEE59789.2023.10401763.
- [12] K. M. Nagabushanam, S. V. Tewari, R. R. Udumula, and T. Mahto, “A comparative analysis of non-isolated Bi-directional converters for energy storage applications,” *Engineering Research Express*, vol. 6, no. 2, p. 022301, Jun. 2024, doi: 10.1088/2631-8695/ad3f73.

- [13] A. J. Alrubaie, M. Swadi, M. Salem, A. Richelli, A. Bughneda, and M. Kamarol, "Systematic Review of Bidirectional, Multiport Converter Structures and Their Derivatives: A Case Study of Bidirectional Dual Input Dual Output Converters," *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 7, p. 1575, Mar. 2024, doi: 10.3390/en17071575.
- [14] R. Kumar, P. K. Behera, and M. Pattnaik, "A Comparative Analysis of Two-phase and Three-phase Interleaved Bidirectional DC-DC Converter," in *2023 IEEE International Students' Conference on Electrical, Electronics and Computer Science (SCEECS)*, IEEE, Feb. 2023, pp. 1–5. doi: 10.1109/SCEECS57921.2023.10063095.
- [15] A. B. Reddy, S. N. Mahato, and N. Tewari, "Innovative Non-Isolated DC-DC Converter Design with High Gain and Reduced Switch Voltage Stress for DC Microgrid Applications," in *2024 IEEE Region 10 Symposium (TENSYP)*, IEEE, Sep. 2024, pp. 1–7. doi: 10.1109/TENSYP61132.2024.10752130.
- [16] N. Elsayad, H. Moradisizkoohi, and O. A. Mohammed, "Design and Implementation of a New Transformerless Bidirectional DC-DC Converter With Wide Conversion Ratios," *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 66, no. 9, pp. 7067–7077, Sep. 2019, doi: 10.1109/TIE.2018.2878126.
- [17] V. Alekhya, Manjunatha. B, R. Sobti, A. Kumar, S. Chauhan, and K. A. Jabbar, "Topology Optimization and Unified Control of Dual Active Bridge Converters for Flexible DC Grids with Energy Storage Integration," in *2023 International Conference on Power Energy, Environment & Intelligent Control (PEEIC)*, IEEE, Dec. 2023, pp. 398–402. doi: 10.1109/PEEIC59336.2023.10451100.
- [18] V. F. Pires, A. Cordeiro, D. Foito, and A. J. Pires, "Bidirectional DC-DC Converter with High Voltage Step-Up/Down Ratio for the Interconnection of Unipolar and Bipolar DC Microgrids," in *2024 12th International Conference on Smart Grid (icSmartGrid)*, IEEE, May 2024, pp. 54–59. doi: 10.1109/icSmartGrid61824.2024.10578223.
- [19] X. Li, W. Jiang, J. Wang, P. Wang, and X. Wu, "An Autonomous Control Scheme of Global Smooth Transitions for Bidirectional DC-DC Converter in DC Microgrid," *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 36, no. 2, pp. 950–960, Jun. 2021, doi: 10.1109/TEC.2020.3020127.
- [20] S. Samanta, J. P. Mishra, and B. K. Roy, "Inertia Enhancement of an Isolated DC Microgrid Using Hierarchical Virtual Inertia Control," *IETE J Res*, vol. 68, no. 5, pp. 3149–3157, Sep. 2022, doi: 10.1080/03772063.2020.1754932.
- [21] R. Krishan and Y. Rohith, "Load and Generation Converters Control Strategy to Enhance the Constant Power Load Stability Margin in a DC Microgrid," *IEEE Access*, vol. 12, pp. 35972–35983, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3370673.
- [22] O. M. Butt, R. H. Ahmed, and M. H. Ashfaq, "Systematic Review on Phase-Shift Optimization Strategies of Dual Active Bridge based DC-DC Converter," *Transportation Research Procedia*, vol. 70, pp. 107–114, 2023, doi: 10.1016/j.trpro.2023.11.008.
- [23] A. A. Saafan, V. Khadkikar, M. S. El Moursi, and H. H. Zeineldin, "A New Multiport DC-DC Converter for DC Microgrid Applications," in *2021 IEEE Industry Applications Society Annual Meeting (IAS)*, IEEE, Oct. 2021, pp. 1–7. doi: 10.1109/IAS48185.2021.9677403.
- [24] D. Peña, P. Arevalo, Y. Ortiz, and F. Jurado, "Survey of Optimization Techniques for Microgrids Using High-Efficiency Converters," *Energies (Basel)*, vol. 17, no. 15, p. 3657, Jul. 2024, doi: 10.3390/en17153657.

- [25] X. Zhang, H. Li, and Y. Fu, "Optimized Virtual DC Machine Control for Voltage Inertia and Damping Support in DC Microgrid," in *2021 IEEE Applied Power Electronics Conference and Exposition (APEC)*, IEEE, Jun. 2021, pp. 2727–2732. doi: 10.1109/APEC42165.2021.9487274.
- [26] H. Tian and Y. Li, "Virtual Resistor Based Second-Order Ripple Sharing Control for Distributed Bidirectional DC–DC Converters in Hybrid AC–DC Microgrid," *IEEE Trans Power Electron*, vol. 36, no. 2, pp. 2258–2269, Feb. 2021, doi: 10.1109/TPEL.2020.3006072.
- [27] C. Liang, X. Ji, Y. Zhang, W. Ren, P. Cheng, and Y. An, "Design and Research of Bidirectional DC/DC Converter for Energy Storage System of DC Micro-grid," in *2020 Chinese Automation Congress (CAC)*, IEEE, Nov. 2020, pp. 4636–4641. doi: 10.1109/CAC51589.2020.9327558.
- [28] L. Babu and M. Chacko, "Modular Multilevel Converter based Grid connected DC Microgrid Integrating Wind Energy," in *2025 2nd International Conference on Trends in Engineering Systems and Technologies (ICTEST)*, IEEE, Apr. 2025, pp. 1–6. doi: 10.1109/ICTEST64710.2025.11042628.
- [29] S. Kumar Prince *et al.*, "Challenges and Advancements in Protection of DC Microgrid System-A Comprehensive Review," *Energy Sources, Part A: Recovery, Utilization, and Environmental Effects*, vol. 44, no. 4, pp. 10481–10505, Dec. 2022, doi: 10.1080/15567036.2022.2151667.
- [30] N. A. Al-Obaidi, R. A. Abbas, and H. F. Khazaal, "A Review of Non-Isolated Bidirectional DC-DC Converters for Hybrid Energy Storage System," in *2022 5th International Conference on Engineering Technology and its Applications (IICETA)*, IEEE, May 2022, pp. 248–253. doi: 10.1109/IICETA54559.2022.9888704.
- [31] A. Nadermohammadi *et al.*, "Cost-effective soft-switching ultra-high step-up DC–DC converter with high power density for DC microgrid application," *Sci Rep*, vol. 14, no. 1, p. 20407, Sep. 2024, doi: 10.1038/s41598-024-71436-w.
- [32] S. Mandal and P. Prabhakaran, "A Non-isolated Bidirectional Buck-Boost DC-DC Converter with Minimum Component Count," in *2024 IEEE International Conference on Signal Processing, Informatics, Communication and Energy Systems (SPICES)*, IEEE, Sep. 2024, pp. 1–6. doi: 10.1109/SPICES62143.2024.10779649.
- [33] Y. Tong, I. Salhi, Q. Wang, G. Lu, and S. Wu, "Bidirectional DC-DC Converter Topologies for Hybrid Energy Storage Systems in Electric Vehicles: A Comprehensive Review," *Energies (Basel)*, vol. 18, no. 9, p. 2312, May 2025, doi: 10.3390/en18092312.
- [34] A. A. Fardoun, E. H. Ismail, A. J. Sabzali, and M. A. Al-Saffar, "Bidirectional converter for high-efficiency fuel cell powertrain," *J Power Sources*, vol. 249, pp. 470–482, Mar. 2014, doi: 10.1016/j.jpowsour.2013.10.122.
- [35] J. Wang, B. Wang, L. Zhang, J. Wang, N. I. Shchurov, and B. V. Malozyomov, "Review of bidirectional DC–DC converter topologies for hybrid energy storage system of new energy vehicles," *Green Energy and Intelligent Transportation*, vol. 1, no. 2, p. 100010, Sep. 2022, doi: 10.1016/j.geits.2022.100010.
- [36] R. Rana, T. S. Saggu, S. S. Letha, and F. I. Bakhsh, "V2G based bidirectional EV charger topologies and its control techniques: a review," *Discover Applied Sciences*, vol. 6, no. 11, p. 588, Nov. 2024, doi: 10.1007/s42452-024-06297-z.

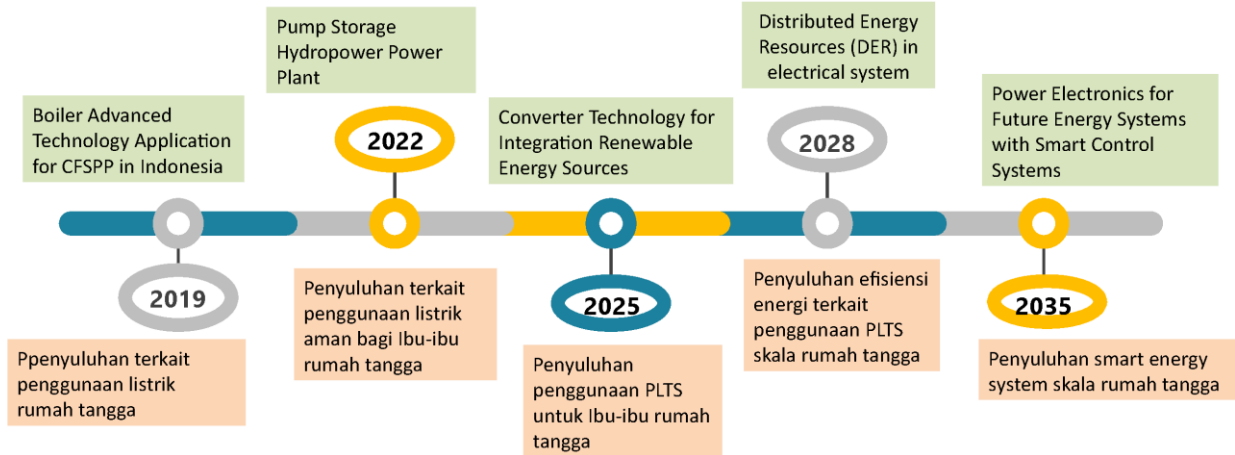
LAMPIRAN 1. ROAD MAP PENELITIAN



PETA JALAN PENELITIAN <Tyas Kartika Sari>

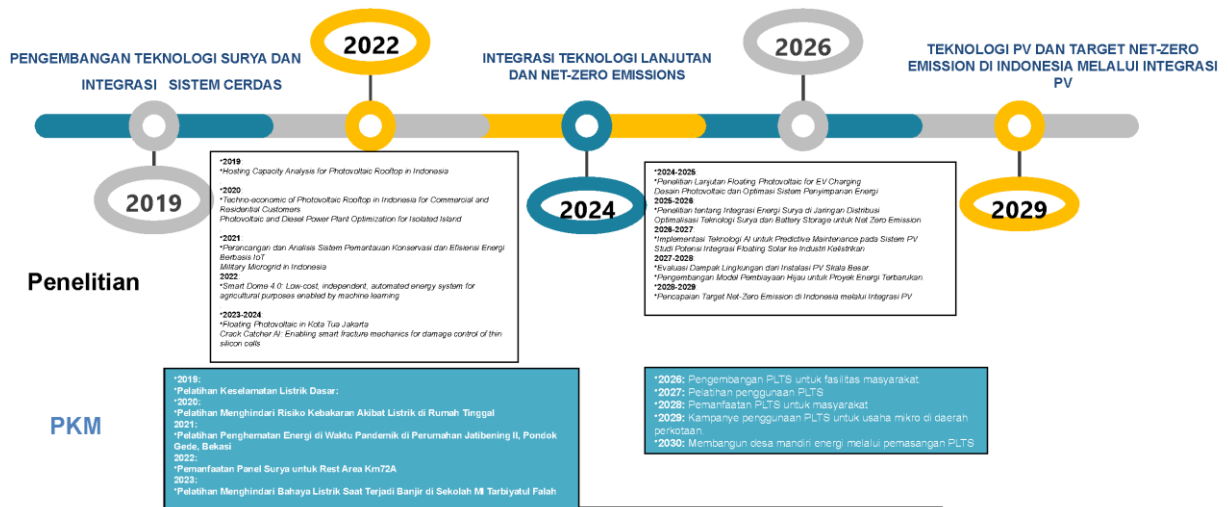
Unggulan Universitas : Green Energy
Rumpun Penelitian : Green Engineering Technology
Bidang Penelitian : Smart Product & Services (Sistem Ketenagalistrikan)

Penelitian
PKM



Roadmap Penelitian dan PKM Fotovoltaik di Indonesia: Inovasi, Integrasi, dan Pencapaian Net Zero Emissions (2019-2029) <DIANING NOVITA NURMALA PUTRI, ST, MSC>

Rumpun Penelitian: Green Engineering Technology
Unggulan Universitas: Green Energy
Bidang Penelitian : Energi Terbarukan





Roadmap Penelitian dan PKM Energi Terbarukan di Indonesia (2019-2029)

<DR.IR.CHAIRUL G.IRIANTO, MS>

Rumpun Penelitian: Green Engineering Technology

Unggulan Universitas: Green Energy

Bidang Penelitian : Energi Terbarukan



LAMPIRAN 2. SURAT KESEDIAAN BERKOMITMEN

SURAT PERNYATAAN BERKOMITMEN PELAKSANAAN PENELITIAN TH. AKAD. 2025/2026

Yang bertanda tangan dibawah ini

Nama : Tyas Kartika Sari, S.T., M.T.
NIK/NIDN/NIDK : 3823 / 0325068605
Judul Penelitian : Bidirectional DC-DC Converter Technical Modeling for
Enhancing DC Microgrid Stability Using Simulink Matlab
No. rekening BNI : 0231276307

Menyatakan

Bersedia/Berkomitmen

untuk menyusun dan menyerahkan Laporan Kegiatan Penelitian dengan Luaran sebagai berikut:

1. Hak Kekayaan Intelektual - Hak Cipta
2. Artikel Ilmiah -
3. Bahan Ajar - Materi Paparan Format Powerpoint

Demikian, pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya dengan penuh tanggung jawab.

Jakarta, 12 Oktober 2025

Mengetahui
Ketua DRPM Fakultas



(Syah Alam, S.Pd, MT, PhD)

Yang menyatakan
Ketua Peneliti



(Tyas Kartika Sari, S.T., M.T.)