

## **BAB II**

### **TINJAUAN PSUTAKA**

#### **2.1 Penelitian Terdahulu**

Studi yang dilaksanakan oleh Machmud Effendy, Mochammad Ashari, dan Heri Suryoatmojo, yang judul “*Load Sharing and Voltage Restoration Improvement in DC Microgrids with Adaptive Droop Control Strategy*”. Pada penelitian ini penggunaan *Adaptive Droop Control* menggunakan logika *Fuzzy* pada *DC Microgrid*, yang mana logika *Fuzzy* menyinkronkan antara resistansi *droop* dengan arus keluaran rata-rata pada setiap konverter yang diakibatkan oleh perubahan tahanan saluran, sehingga diperoleh pembagian beban yang proposional antara generator DC[13]

#### **2.2 DC Microgrid**

Selama beberapa tahun terakhir, microgrid telah menghasilkan banyak keuntungan bagi banyak konsumen dan operator jaringan listrik. Microgrid dianggap dapat meningkatkan kualitas daya, mengurangi emisi, mengurangi kehambatan dan kehilangan daya dalam jaringan, meningkatkan efisiensi energi, dan berpotensi meningkatkan ekonomi sistem. Selain itu, microgrid dapat menghilangkan investasi pada fasilitas pembangkitan dan transmisi tambahan untuk menyediakan beban jarak jauh. Microgrid terbagi menjadi kategori AC, DC, dan Hybrid[14]

*DC Microgrid* ialah sistem distribusi tegangan rendah yang melibatkan beragam generator, perangkat penyimpanan, dan beban yang dapat dikontrol. *Microgrid* dapat berfungsi secara terhubung atau terisolasi dari jaringan utilitas konvensional sebagai suatu entitas yang terkendali. *DC Microgrid* memiliki keunggulan, seperti tingkat efisiensi yang lebih tinggi, struktur yang simpel, dan kemudahan guna penggabungan sumber energi yang dapat diperbarui.

Sumber energi yang dapat diperbarui tersebut saling terhubung secara paralel ke arus searah (DC) melalui konverter DC-DC. Hal ini mengoptimalkan performa *DC Microgrid* dengan arus beban didistribusikan dengan seimbang di antara arus dari konverter. Dalam literatur mendatang, beberapa metode yang dapat digunakan pada DC Microgrid yaitu; *Master-Slave Method*, *centralized method*, *master-slave method*, dan metode lainnya. Umumnya dari metode ini yang disarankan terhubung konverter[15].

### **2.3 Faktor Yang Mempengaruhi Kinerja pengendalian *Droop***

Resistansi kabel dan ketidakakuratan pengukuran merupakan variabel yang memengaruhi kinerja tagangan dan distribusi beban pada sistem pengendalian *Droop*. Pengaruh dalam kinerja akan dianalisis dibawah ini.

#### **2.3.1 Hambatan Kabel**

Dalam sistem distribusi hambatan kabel salah satu penyebab terjadinya kesalahan dalam sistem DC Microgrid yang dihubungkan ke dalam sistem *DC Microgrid* lainnya dengan tidak dapat dihindari. Hambatan kabel bisa terbentang sampai puluhan meter dan menyebabkan pengurangan tegangan pada kabel sekitar 2,5% sampai 5% pada sistem DC Microgrid.

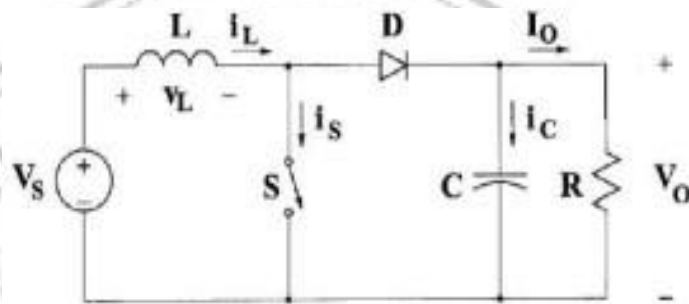
#### **2.3.2 Kesalahan pengukuran**

Selain hambatan kabel, faktor yang mempengaruhi pembagian beban ialah kesalahan pengukuran. Dalam sebuah percobaan berdasarkan datasheet tegangan 1 V pada sistem DC 380 V dengan hasil LV 25-P memiliki tingkat akurasi 1%. Kesalahan ini secara konsisten ada dan tidak dapat dielakkan[16].

### **2.4 Konverter DC-DC Peningkat (*Boost*)**

Konverter arus searah (DC-DC) beroperasi untuk mengubah tegangan arus searah (DC) yang berada pada level tegangan yang diinginkan. Hasil output konverter DC-DC bisa dimodifikasi sesuai dengan keperluan yang diinginkan

pada beban. *Boost Converter* ialah sistem transmisi daya untuk menyerap dan menyuntikkan energi dari supply jaringan DC. Terdapat empat komponen dalam penyerapan dan injeksi pada jaringan DC yaitu, komponen-komponen seperti induktor, dioda, MOSFET, dan kapasitor. *Boost Converter* merupakan suatu perangkat yang digunakan untuk menaikkan tegangan arus searah (DC) yang dibutuhkan saat suatu alat memiliki tegangan output yang melebihi tegangan supply. Dengan ketentuan tegangan hasil keluaran melebihi tegangan *input* dan potensial tegangan *ouput* memiliki orientasi polar yang identik dengan tegangan *output*.



Gambar 2.1 Skema *Boost Converter*

Parameter induktansi, duty cycle, dan kapasitor pada *boost converter* bisa dihitung dengan memakai rumus:

- *Duty Cycle* dapat dirumuskan sebagai:

$$D = 1 - \frac{V_{in}}{V_{out}} \quad (1)$$

Keterangan:

D = *Duty Cycle*

V<sub>in</sub> = Tegangan Masukan

V<sub>out</sub> = Tegangan Keluaran

- Resistor

$$R = \frac{V_{out}^2}{P_o} \quad (2)$$

Keterangan:

R = Nilai Resistansi

Po = Daya

➤ Induktor

Untuk mendapatkan  $I_{L(avg)}$ , rumusnya adalah:

$$I_{L(avg)} = \frac{V_{in}}{(1-D)^2 R} \quad (3)$$

Keterangan:

IL = Arus dari Induktor

Estimasi yang akurat untuk arus riak induktor berkisar 20% hingga 40% dari arus keluaran[17].

➤ Mencari nilai  $\Delta I_L = 20\% - 40\% \times I_L$  dapat dihitung dengan rumus:

$$L = \frac{V_{in} \cdot D}{\Delta I_L \cdot f_s} \quad (5)$$

Keterangan:

$\Delta I_L$  = Estimasi Riak Arus Induktor

Fs = Frekuensi Switching

➤ Untuk kapasitor, perhitungan dapat dilakukan dengan rumus:

$$\Delta V_o = 0.01 \times V_o \quad (6)$$

$$C = \frac{D}{R \left(\frac{\Delta V_o}{V_o}\right) f_s} \quad (7)$$

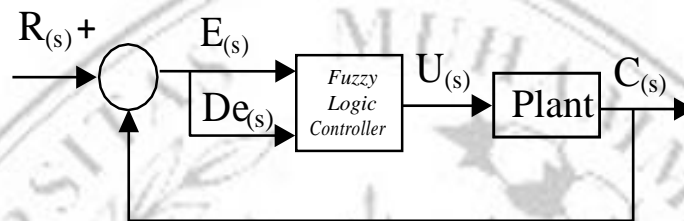
Keterangan:

$\Delta V_o$  = Fluktuasi Tegangan Output

Faktor utama yang harus diperhatikan saat merancang *boost converter* ialah variabel awal pada saat merencanakan *boost converter* yang kemudian digunakan sebagai variabel perhitungan untuk mendapatkan nilai keluaran pada setiap elemen-elemen lainnya seperti induktor, *duty cycle*, kapasitor, dan resistor[18].

## 2.5 Kontrol Logika Fuzzy

Prof. Lotfi A. Zadeh adalah [engembang pertama logika *fuzzy*, yang dikembangkan pada era 1960-an. Sistem logika *fuzzy* ialah suatu metode yang menggantikan, serta menggunakan pengetahuan manusia untuk mengelola suatu sistem. Banyak penerapan dari kontrol logika *fuzzy* diaplikasikan pada sektor industri sebagai pengontrolan sistem karena lebih sederhana dan memiliki fleksibilitas yang tinggi dalam pembentukannya. Berikut ini adalah skema blok sistem kendali *fuzzy* tertutup.

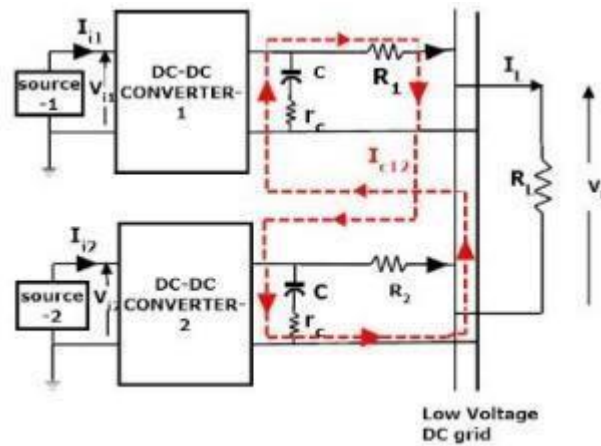


Gambar 2.2 Skema Blok Pengendalian Logika Fuzzy

Pada gambar 2.2, terdapat skema blok pengendalian logika *fuzzy*. Pada skema blok di atas, memiliki dua inputan yaitu  $E$ (error) dan  $De$ (Delta error).  $U$  adalah nilai variabel yang berfungsi sebagai input pada sistem plant. Nilai *error* dihasilkan melalui pengurangan antara set point (nilai acuan) dan keluaran dari sistem plant[19].

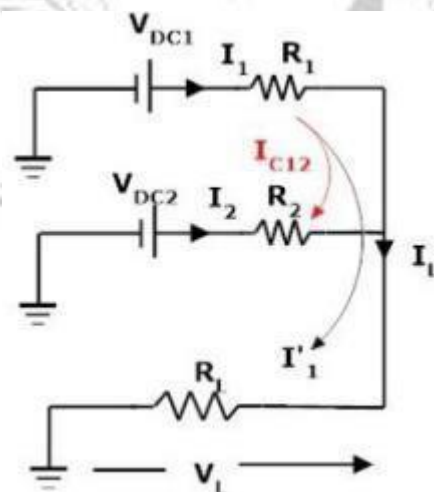
## 2.6 Skema Pembagian Beban dan Arus

Konverter yang terhubung secara paralel sangat mungkin terjadinya pembagian beban. Untuk mengatasi pembagian beban tersebut, perlu adanya pengontrolan yang akurat pada konverter DC-DC. Skema ini membahas permasalahan terkait pembagian beban dan arus ketika dibagi dari konverter yang terkoneksi secara paralel dengan mempertimbangkan resistansi kabel. Dua skema konverter DC-DC yang terhubung secara paralel dalam sistem tegangan rendah, untuk kemudahan, baban dianggap sebagai beban resistif sesuai dengan Gambar 2.3. Pada Gambar 2.4,  $V_{DC1}$ ,  $V_{DC2}$ ,  $I_1$ ,  $I_2$ , dan  $R_1$ ,  $R_2$  mewakili output konverter, arus output, dan resistansi kabel pada masing-masing konverter.



Gambar 2.3 Rangkain Pararel Konverter DC-DC Dengan Tegangan Output Yang berbeda

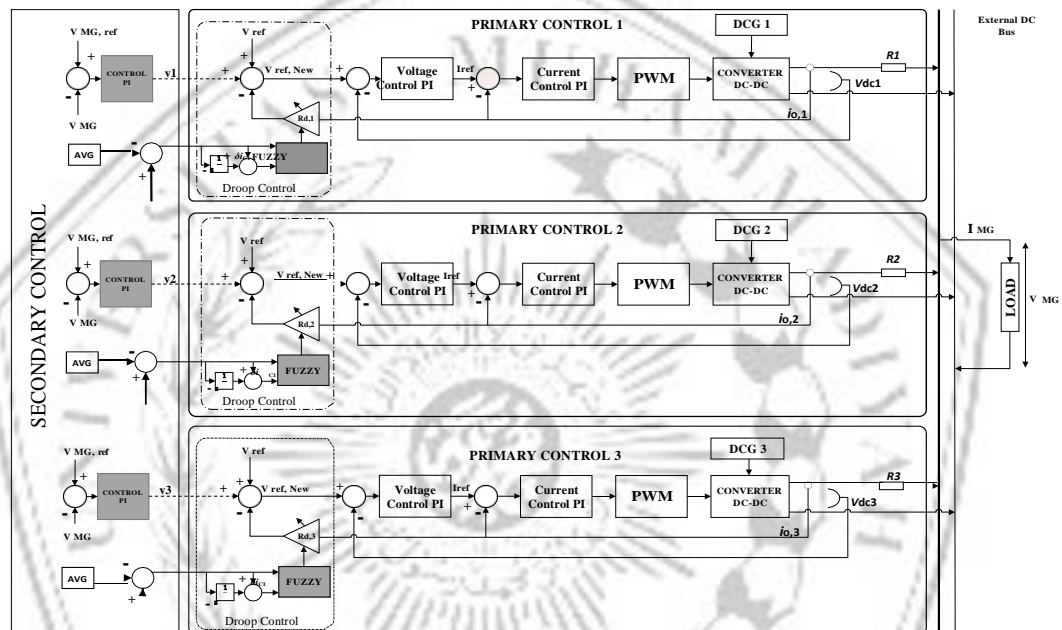
Kabel resistansi yang terhubung secara seri dengan konverter diilustrasikan pada Gambar 2.4 dari skema *equivalent*. Penyebab terjadinya sirkulasi arus dikarenakan tegangan output dari konverter yang berbeda, secara lebih spesifik, apabila  $V_{DC1} > V_{DC2}$ ,  $I_{C12}$  mencerminkan pembagian arus dari konverter-1 menuju konverter-2 dan  $I_1$  mencerminkan arus beban dari konverter-1. Selain itu, penyebab terjadinya pembagian arus karena adanya perbedaan resistansi kabel yang direpresentasikan oleh  $R_1$  dan  $R_2$ . Berbagai jenis kabel memiliki resistansi yang tidak sama sehingga mengakibatkan tegangan dan arus pada DC bus tidak bersifat proporsional dikarenakan adanya variasi di dalam kabel[20].



Gambar 2.4 Skema *Equivalent Steady State*

## 2.7 Kontrol Dc Microgrid

*Microgrid DC* terbentuk dari sumber yang saling terhubung secara paralel ke bus DC melalui konverter DC-DC (*boost*). Studi ini mempertimbangkan sumber arus searah (DC) yang bersifat ideal. Dasar kendali dari *Microgrid DC* dibentuk oleh dua loop, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 2.5. Metode *droop* diterapkan pada *Primary Control* untuk mengatur arus pada konverter agar memastikan pembagian arus sesuai pada tiap konverter. Kemudian *Secondary Control* untuk mengatur deviasi tegangan[21].



Gambar 2.5 Rangkaian kendali *Droop Adaptive* pada *Microgrid DC*

## 2.8 Primary Control

*Primary Control* sebagai mengendalikan tegangan dan arus pada output konverter selama konverter bekerja sehingga menjaga stabilitas pada arus bus arus searah (DC) saat terjadi perubahan beban, tegangan harus dipertahankan dalam batas yang ditentukan. Sehingga, *Primary Control* harus selalu menjaga ketika ada perubahan pada sistem yang ditentukan dan mengirimkan sinyal kendali yang sesuai dengan parameter yang telah diterapkan[22]. Meningkatkan pembagian daya dengan menambahkan  $\pm\Delta R$  pada *Droop Control*. Nilai resistansi *Virtual* yang diperbarui diperoleh seperti berikut ini:

➤  $V_{dci}$  dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$V_{dci} = V_{dc}^* - i_{o,i} \times (R_{di} \pm \Delta R_i) \quad (8)$$

Implementasi kendali *Droop Adaptive* ini bertujuan untuk melakukan perbaikan karakteristik garis ke posisi yang tepat dan mengurangi ketidaksesuaian tegangan terhadap karakteristik konverter. Karakteristik *droop* yang sebelumnya ditempatkan di  $R_{d1}$  dan  $R_{d2}$  digunakan untuk menjaga pembagian arus dan tegangan, sehingga tegangan bus tetap berada dalam batas yang ditetapkan[23]

## 2.9 Secondary Control

*Primary Control* awalnya diterapkan agar memastikan akurasi pembagian beban pada setiap konverter dalam *DC Microgrid* dengan secara terus-menerus memperbarui nilai resistansi yang telah ada sebelumnya. Deviasi tegangan bus bergantung pada kesalahan umpan balik arus dan tagangan, atau beban. *Secondary Control* dimanfaatkan sebagai mengatasi permasalahan pada bus DC dalam menaikkan tegangan dan menjaga arus tetap stabil di setiap konverter. Agar mendapatkan sinyal deviasi tegangan yang sesuai, maka nilai  $V_{MG,ref}$  dibandingkan dengan nilai keluaran  $V_{MG}$  dengan menggunakan *Control PI*.

$$\Delta V_{MG} = K_{p1} (V_{MG,ref} - V_{MG}) + K_{i1} \int (V_{MG,ref} - V_{MG}) dt \quad (9)$$

Untuk memulihkan tegangan bus kembali ke nilai yang ditentukan masing-masing konverter diimbangi dengan deviasi tegangan yang dinotasikan sebagai  $\Delta V_{MG}$ . Kemudian, tegangan referensi dalam karakteristik droop diperbarui menjadi:[23]

$$V_{dci} = V_{dc}^* + \Delta V_{MGi} - i_{o,i} \times R_{di} \quad (10)$$