

# Analisis Tegangan Keluaran *DC Step-Up Cuk* Konverter Menggunakan *Fuzzy Logic* Kontroler

Selamat Meliala

Email: Selamat\_Meliala@yahoo.com

Dosen Teknik Elektro Universitas Malikussaleh Lhokseumawe

## Abstrak

Dalam penelitian merancang suatu model *Cuk* konverter tegangan dc ke dc menggunakan *fuzzy logic* kontroler dengan tujuan untuk mengecilkan riak (*ripple*) dan transien yang dihasilkan oleh pengaruh *switching* yang dibangkitkan oleh *trigger* elektronika daya. Dimana dari hasil referensi tegangan output *Cuk* konverter yang dihasilkan oleh elektronika daya masih terdapat riak - riak dalam gelombang dc. Untuk menghasilkan tegangan penyearah dc murni yang dapat di atur dalam arti dapat dinaikan (*Step-down*) maupun diturunkan (*Step-up*), umumnya masih mengandung *ripple* yang merupakan parasitic dari output tegangan dc dari suatu konverter. *Ripple* dan transien sangat berbahaya bagi peralatan elektronik yang sensitif terhadap tegangan dc yang tidak murni dan tidak stabil. Penelitian *Step-up Cuk* konverter yaitu menguji hasil tegangan keluaran yang dibangkitkan dari *Cuk* konverter menggunakan *fuzzy logic* dengan 5 fungsi keanggotaan operator *Mandani* dengan 25 dasar aturan (*Rule Base*). Serta membandingkan hasil keluaran tegangan tersebut dengan *Step-up Cuk* konverter dengan 3 fungsi keanggotaan *fuzzy logic* 9 aturan dasar. Hasil simulasi tegangan keluaran di *zooming* (*diperibesarkan* pengamatan) dari 5 fungsi keanggotaan menghasilkan keluaran tegangan dc sangat rata dibandingkan dengan 3 fungsi keanggotaan dengan tegangan 28.1468 Volt pada 0,945 detik dan riak terlihat kecil sedangkan 3 fungsi keanggotaan tegangan keluaran 28,1468 mengandung riak sangat besar.

**Kata Kunci:** *Step-up Cuk* Konverter, *Fuzzy Logic* Kontroler, *Mandani*

## Pendahuluan

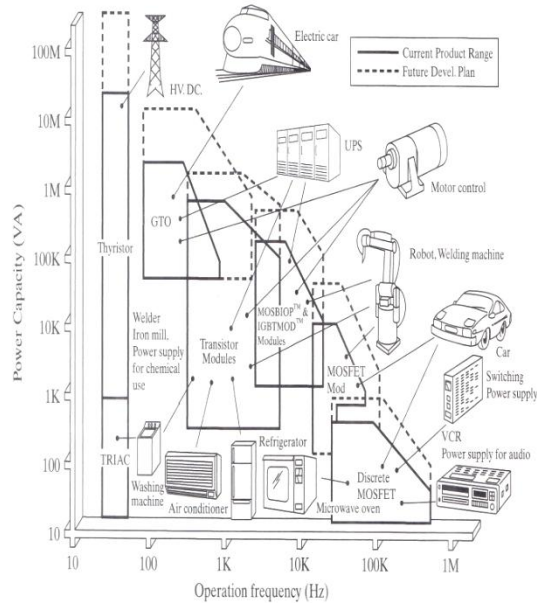
Pada era konversi energi listrik dewasa ini banyak menggunakan power konverter yang diaplikasikan pada sistem *Renewble Energy*. Mengingat betapa penting Energy listrik dewasa ini, dimana dalam hal ini *Unrenewble Energy* semakin lama semakin berkurang. Energy yang dibangkitkan menggunakan bahan bakar yang bersumber dari fosil sudah menyusut. Bahan bakar minyak dan bahan bakar gas sudah terbatas pemakaiannya pada pembangkit Energy listrik. Namun karena kebutuhan pembangkit listrik dari energi tak terbarukan semakin menyusut persediannya di bumi, Pengerak utama dari sumber energi terbarukan salah satunya seperti energi dari cahaya yang bersumber dari matahari. Alat konversi energi cahaya matahari berupa *photo voltaic* dari panel solar sel sangat diperlukan. Untuk mendapat tegangan searah atau menaikkan tegangan searah diperlukan konversi tegangan tersebut yaitu dengan menaikkan tegangan searah yang tetap menjadi keluaran tegangan searah yang lebih tinggi. Untuk membangkitkan tegangan searah yang sederhana biasanya menggunakan penyearah terkendali (*Controlled Rectifier*) dan penyearah tak terkendali (*Uncontrolled Rectifier*). Hasil penyearah keluaran tegangan setelah dikonversikan biasanya masih mengandung *ripple* maupun transien. Baik konversi tegangan AC ke

DC maupun DC ke DC. Kandungan riak (*ripple*) yang tinggi pada tegangan sangat berbahaya dan rugi panas bagi peralatan elektronik yang sensitif maupun peralatan-peralatan yang dikontrol. Pengubah tegangan (*Converter*) masih banyak aplikasinya pada penggunaan elektronika daya. Dalam penelitian ini mempelajari tentang *Step-up Cuk* konverter sebagai pembangkit tegangan DC yang di kontrol berbasis *Fuzzy Logic*. *Fuzzy Logic* digunakan dengan 3 fungsi keanggotaan (*Membership Function*) dan membandingkan kandungan *ripple* tegangan keluaran 5 *Membership Function*. Operator *fuzzy* yang digunakan adalah *Mandani*. Operator *Mandani* banyak digunakan dalam penelitian – penelitian rangkaian kontrol dengan menggunakan *Fuzzy Logic* karena mengoperasikan secara simulasi sangat mudah dan familiar dibandingkan dengan metode Sugeno. Kontroler *Fuzzy logic* sangat kecil menghasilkan transien danmencapai kondisi waktu steady state gelombang DC dibandingkan dengan menggunakan controller PI atau PID [Panda, dkk].

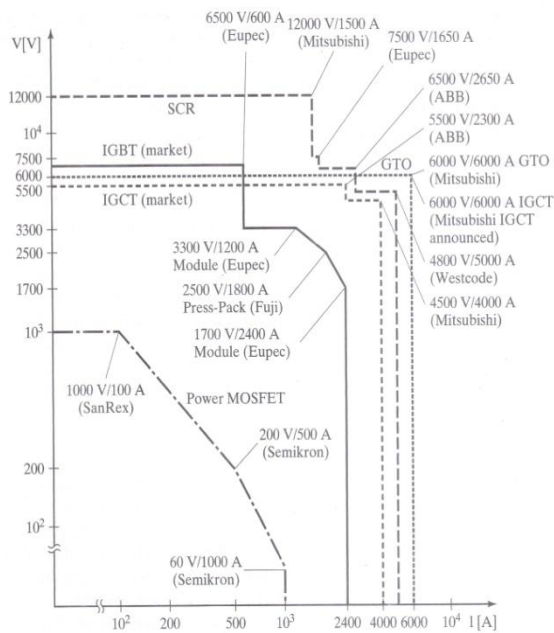
Power semikonduktor seperti *Mosfet*, *IGBT*, *BJT*, *GTO* banyak digunakan sebagai saklar power konverter yang menggunakan kontrol *switching* frekwensi tinggi. Dalam rancangan *Step-up Cuk* konverter yaitu menggunakan saklar *IGBT* dikarenakan cepat menghasilkan respon steady state pada frekwensi tinggi.

Konversi tegangan DC ke DC berbagai macam bentuk topologinya. Ada namanya *Buck-Boost* konverter, *Zeta* konverter, *SEPIC* konverter, *Flyback* konverter, *Step-up/Step-down Cuk* konverter dan lain- lain.

Aplikasi komponen power konverter yang menggunakan tegangan dan operasional frekwensi tinggi serta kapasitas membangkitkan tegangan dan kemampuan bekerja pada arus yang tinggi seperti diperlihatkan pada Gambar 1. dan Gambar 2 [Patil,dkk,2012]. [Rashid, 2004].



Gambar 1. Aplikasi Power Konverter



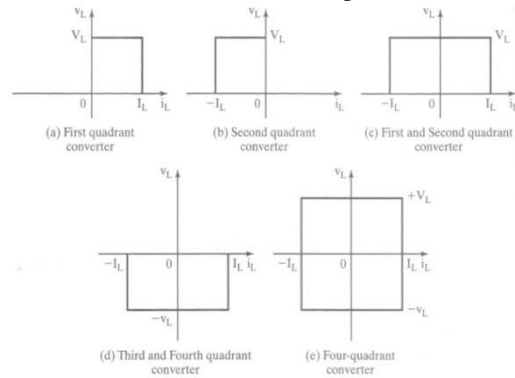
Gambar 2. Kapasitas Power Konverter

**Konverter**

Pengubah tegangan dan arus DC ke DC disebut dengan konverter. Konverter biasanya masih mengandung ripple dan transien. Konverter biasa kerjanya diklasifikasikan kedalam beberapa kuadran seperti Gambar 3.

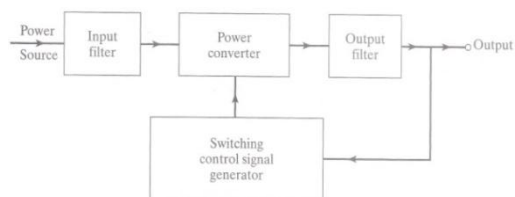
Ada 5 kuadran dalam klasifikasikan konverter.

1. Konverter kuadran pertama
2. Konverter kuadran kedua
3. Konverter kuadran pertama dan kedua
4. Konverter kuadran ketiga dan keempat
5. Konverter kuadran keempat



Gambar 3. Klasifikasik Kuadran Konverter

Tegangan masuk kedalam konverter umumnya mengandung ripple sehinga diperlukan filter untuk mendapatkan tegangan input DC maupun AC yang murni sedangkan tegangan keluaran dari hasil switching masih mengandung ripple, transien yang tinggi serta terdistorsinya tegangan keluaran maka diperlukan filter Output pada tegangan keluaran murni untuk mendapatkan DC murni seperti yang diinginkan. Dibawah ini Gambar 4. Blok diagram sistem konverter.



Gambar 4. Sistem power konverter sederhana

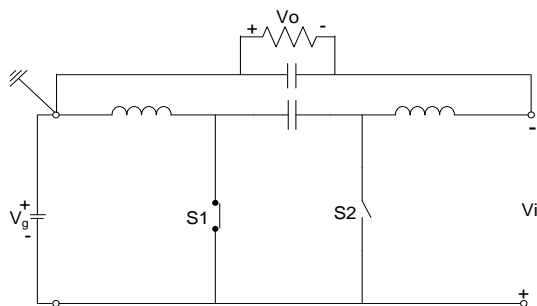
*Cuk* konverter sangat efisien tegangan yang dihasilkan dari konversi input menjadi tegangan output DC dibandingkan *boost* dan *Flyback* konverter ditinjau dari ripple tegangan output yang dihasilkan oleh konverter (*Cuk*, dkk). Sumber tegangan input *Cuk* konverter dapat diaplikasi menggunakan *Photo Voltaic* atau menggunakan panel *Solar Cell* sebagai sumber tegangan input dc ataupun berasal dari baterai maupun sumber aplikasi tegangan dc lainnya.

Mengingat permasalahan sumber energi tak terbarukan (*Unrenewable Energy*) akan berkurang energinya, oleh karena itu, *engineer* listrik perlu memikirkan pemanfaatan sumber energi terbarukan (*Renewable Energy*) seperti *Prime Mover* maupun penguatan tegangan dc yang bersumber dari energi terbarukan untuk menggerakkan sebuah Generator Sinkrons.

**Topologi Cuk Konverter**

Topologi *Cuk* konverter adalah lebih efisien daripada topologi *Buck*, *Boost* dan *Buck-Boost* konverter ataupun *fly-back* konverter (Cuk, dkk).

*Cuk* konverter pertama kali ditemukan dan mengemukakan landasan teori oleh *Slobodan Cuk* yaitu pada dasarnya berfungsi sebagai sebuah konverter yaitu membalikkan pulsa masukan (input) dan keluaran arus dari pengaruh tegangan masukan positif dc. Ada 3 dasar topologi *Cuk* konverter yang secara umum digunakan pada aplikasi tegangan DC dari jenisnya yaitu *Step-down Cuk* konverter, *Step-up Cuk* konverter dan *Cuk* konverter.



Gambar 5. Topologi Step-up Cuk konverter

Topologi *Cuk* konverter berfungsi untuk menaikkan dan menurunkan tegangan dc dengan polaritas keluaran tegangan terbalik atau berlawanan dari tegangan masukan. Topologi *Cuk* ini menghasilkan output tegangan dc dengan polaritas negatif (Cuk, dkk, Rashid).

Topologi *Step-down* konverter berfungsi untuk menurunkan tegangan dc dari sisi tegangan input menjadi berkurang disisi tegangan keluaran *Cuk* konverter ( $V_o$ ). Sedangkan *Step-up Cuk* konverter menaikkan tegangan dc pada sisi tegangan outputnya dengan topologi diperlihatkan seperti Gambar 6.

Topologi *Step-up Cuk* konverter seperti Gambar 5 dapat dibentuk ulang gambar rangkaiannya seperti diperlihatkan pada Gambar 6. *Step-up Cuk* konverter dimana tegangan keluaran ( $V_o$ ) samadengan yaitu tegangan masukan ( $V_{in}$ ) penjumlahan tegangan keluaran ( $V_{o1}$ ) dari *Step-up Cuk* konverter. Polaritas positif tegangan masukan

( $V_i$ ) samadengan polaritas positif tegangan keluaran ( $V_o$ ). Tegangan keluarannya seperti Persamaan 1.

$$V_o = V_{in} + V_{o1} \dots\dots\dots (1)$$

Untuk mengetahui simpangan regulasi kenaikan tegangan dengan perubahan tegangan output ( $V_o$ ) dari tegangan input ( $V_{in}$ ) dengan cara merubah kenaikan tegangan input per interval pada *Step-up Cuk* konverter dapat dinyatakan dalam persentase sebagai berikut:

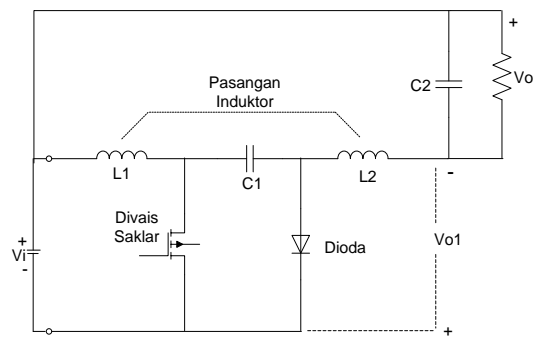
$$V_{\mathcal{E}r}(\%) = \frac{V_{out} - V_{in}}{V_{out}} \times 100\% \dots\dots\dots (2)$$

Dimana:

$V_{\mathcal{E}r}$  = Simpangan regulasi tegangan keluaran ( $V_o$ )

$V_{ou}$  = Tegangan keluaran dc

$V_{in}$  = Tegangan masukan dc



Gambar 6. Topologi Step-up Cuk Konverter

**Fuzzy logic**

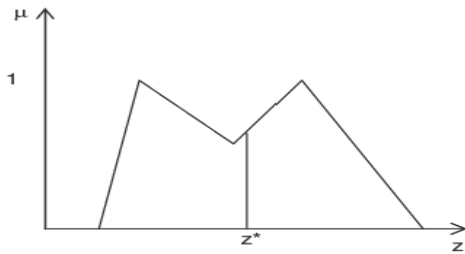
Adapun karakteristik Fuzzy kontroler dalam penelitian ini terdiri dari:

- Tiga dan lima kumpulan *fuzzy* masing terdiri dari variabel input dan variabel output
- Fuzzifikasi
- Implikasi Fuzzy menggunakan operator Mandani”min”
- De-fuzzifikasi menggunakan metode Centroid

Fuzzifikasi yaitu proses kontrol dari perubahan variabel numerik di rubah ke bahasa variable (bilangan fuzzy).

De-fuzzifikasi yaitu aturan dari Fuzzy Logic kontroler menghasilkan permintaan keluaran variabel, hasil nyata bahasa variabel yang sudah ditransformasikan ke keluaran *crisp (real Number)*.

Metode Centroid sangat luas digunakan karena menitikberatkan pada pusat metode luas area.



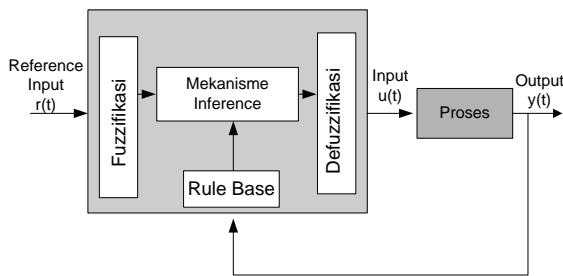
Gambar 7. Grafis metode Centroid

Persamaan Grafis metode centroid sebagai berikut:

$$z^* = \frac{\int \mu_C(z)zdz}{\int \mu_C(z)dz} \dots\dots\dots(3)$$

∫ adalah digunakan integral aljabar secara grafis terlihat pada Gambar 7.

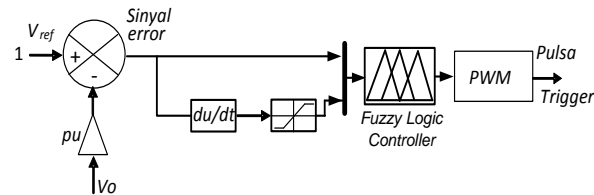
Database yaitu database menyimpan definisi dari fungsi keanggotaan yang diperlukan oleh *fuzzifier* dan *defuzzifier* [Panda, dkk]



Gambar 8. Rule base pada Fuzzy Logic

**Rangkaian Kontrol**

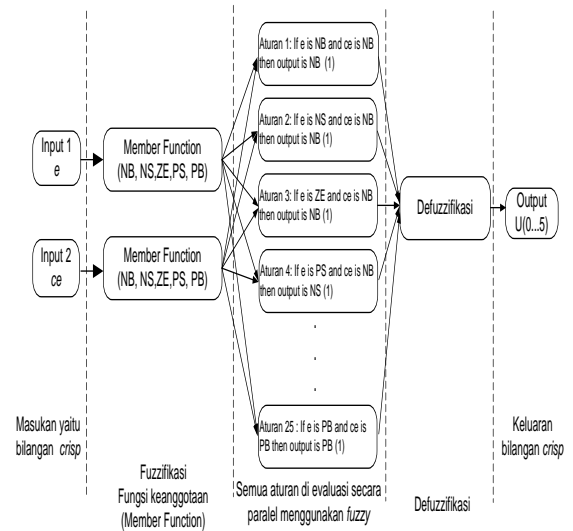
Rangkaian kontrol untuk menggerakkan gate devais elektronika daya yaitu sebagai *switching Cuk* menggunakan *PWM single pulse modulator*, dimana lebar pulsa modulasi hanya memberi sinyal *trigger* ke devais elektronika daya. Sinyal output tegangan ( $V_o$ ) dari *Step-up Cuk* konverter sebagai sinyal referensi, dimasukan sebagai kontrol dengan tujuan untuk membandingkan sinyal keluaran tegangan berkurang dari *Cuk* konverter supaya tegangan yang dinaikan, sesuai yang diharapkan.



Gambar 9. Kontrol Fuzzy Logic Step-up Cuk Konverter

Fuzzy logic kontroller menggunakan 5 Membership Function yaitu 5 x 5 yang bisa

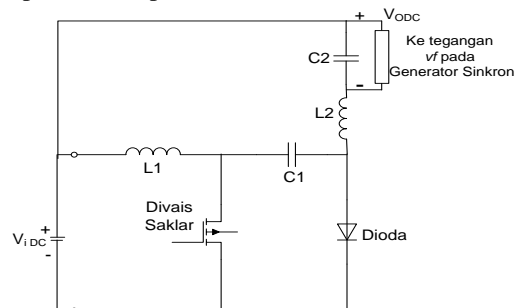
menjadi 25 kombinasi dasar aturan untuk menggerakkan saklar power konverter sehingga dapat menghasilkan *switching* dengan riak yang kecil.



Gambar 10. Fuzzy logic 25 dasar aturan

**Metodologi Menaikan Tegangan DC ke DC**

Pada penelitian ini merancang model *Step-up Cuk* konverter dengan menggunakan tegangan input dc seperti diperlihatkan pada Gambar 6 atau dapat juga dirangkai ulang rangkaiannya seperti diperlihatkan pada Gambar 11.



Gambar 11. Topologi Step-up Cuk konverter

Gambar 11. memperlihatkan suatu model *Step-up Cuk* konverter dimana tegangan keluaran sebagai terminal tegangan keluaran  $V_o$ . Untuk mengetahui model tersebut sudah berjalan yaitu menggunakan *Simulink*. Tegangan keluaran *Step-up Cuk* konverter sudah terlihat tegangan keluaran sudah stabil dengan riak sudah semakin kecil.

Oleh karena itu, rancangan *Step-up Cuk* konverter dalam penelitian ini, dilakukan dengan menguji dan membandingkan keluaran tegangan  $V_o$  *Step-up Cuk* konverter berbasis *fuzzy logic* dengan 3 fungsi keanggotaan dan 5 fungsi keanggotaan. Dibawah ini bentuk aturan dasar 3 fungsi keanggotaan dan 5 fungsi keanggotaan dari *fuzzy*

logic kontroler seperti terlihat pada Tabel 1. dan Tabel 2.

Variabel-variabel linguistic yang diperkenalkan pada Dasar aturan input dan output fuzzy logic yaitu:

- NB : Negatif Big
- NS : Negatif Small
- ZE : Zero Error
- PS : Positif Small
- PB : Positif Big

Tabel 1. Dasar aturan 3 fungsi keanggotaan

3 x 3 = 9 Aturan

$\Delta e \backslash e$		NB	ZE	PB
NB		NB	NB	ZE
ZE		NB	ZE	PB
PB		ZE	PB	NB

Tabel 2. Dasar aturan fungsi 5 keanggotaan  
5 x 5 = 25 Aturan

$\Delta e \backslash e$		NB	NS	ZE	PS	PB
NB		NB	NB	NB	NS	ZE
NS		NB	NB	NS	ZE	PS
ZE		NB	NS	ZE	PS	PB
PS		NS	ZE	PS	PB	PB
PB		ZE	PS	PB	PB	PB

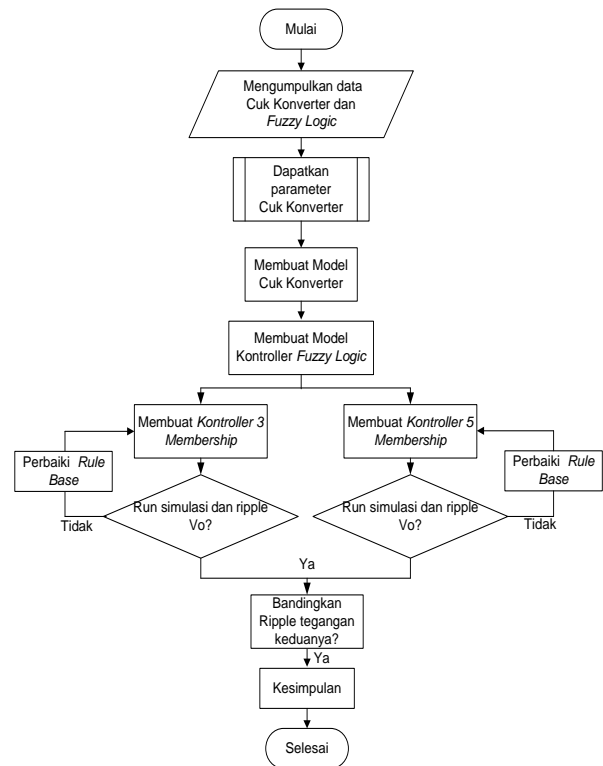
Pemodelan sistem *Step-up Cuk* konverter dilakukan seperti pada Gambar 3.1 adalah sebagai berikut:

- a. Model devais elektronika daya / switch berupa *IGBT single pulse*.
- b. Model  $L_1$  dan  $L_2$  berupa Induktor.
- c. Model Dioda.
- d. Model  $C_1$  berupa kapasitor sedangkan  $C_2$  adalah kapasitor untuk filter tegangan output *dc*.
- e. Pemodelan *Blok Fuzzy Logic Controller* sebagai kontroler *switching*.
- f. Blok *PWM generator* sebagai trigger *IGBT*.

**Diagram Alir Penelitian**

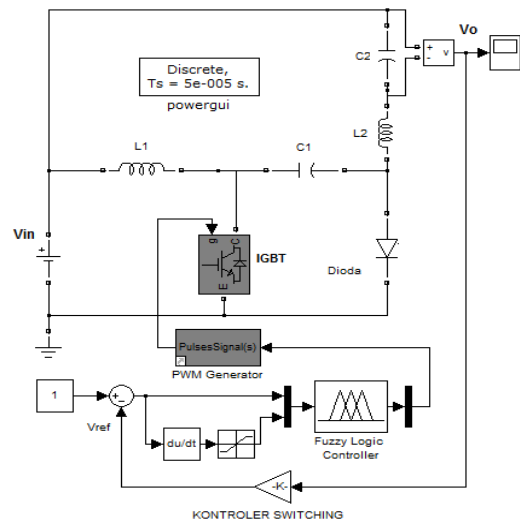
Secara garis besar penelitian analisis step-up cuk konverter berbasis *fuzzy logic* dapat dituangkan dalam diagram alir seperti Gambar 12.

Pemodelan *Simulink Step-up Cuk* konverter menggunakan *Fuzzy Logic* kontroler dalam membangkitkan tegangan dc untuk untuk mengecilkan *ripple* seperti Gambar 13.



Gambar 12. Flowchart Penelitian

CUK step up dc to dc Converter Regulator Simulation based Fuzzy Logic



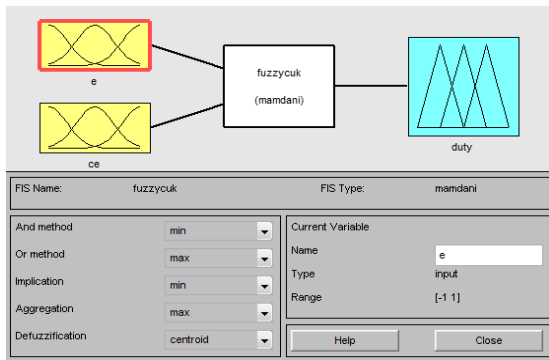
Gambar 13. Step-up Cuk Konverter dan Fuzzy logic kontroler

Rancangan kontrol masukan fuzzy logic dari tegangan keluaran yang sesuai dari referensi tegangan input yaitu:

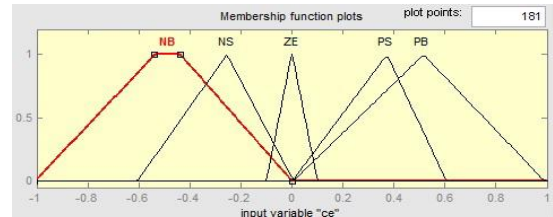
- $e$  adalah tegangan kesalahan ( $e$ ) tegangan referensi dikurangi tegangan aktual
- $ce$  atau  $\Delta e$  adalah merubah tegangan kesalahan ( $ce$ ) dikurangi tegangan sebelumnya.



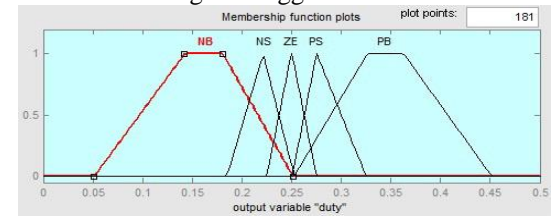
Rancangan Fuzzy Logic kontroler tersebut seperti terlihat pada Gambar 14 sampai Gambar 20.



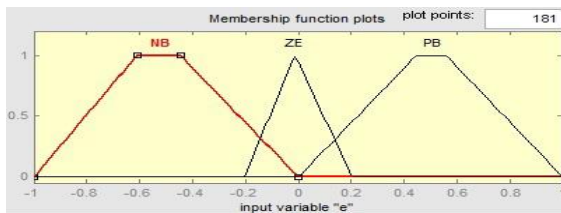
Gambar 14. Fuzzy logic kontroler Step-up Cuk konverter



Gambar 19. Input variabel change error (ce) 5 fungsi keanggotaan

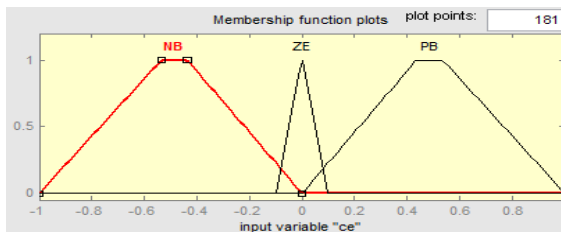


Gambar 20. Output variabel duty 5 fungsi keanggotaan

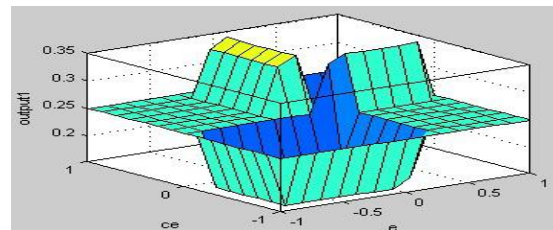


Gambar 15. Input variabel error (e) 3 fungsi Keanggotaan

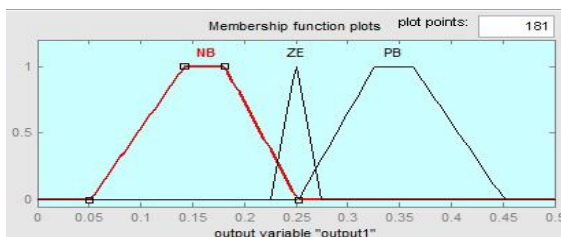
Hasil dari penampilan variabel input dan output dari 3 fungsi keanggotaan dan 5 fungsi keanggotaan dapat dilihat seperti Gambar 21 dan 22.



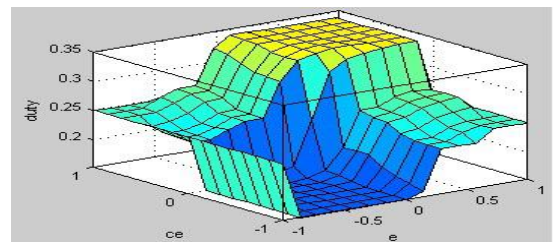
Gambar 16. Input variabel change error (ce) 3 fungsi keanggotaan



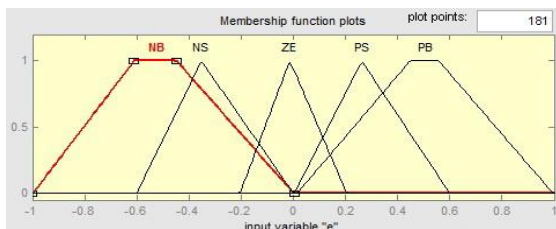
Gambar 21. Tampilan permukaan variabel 3 fungsi keanggotaan



Gambar 17. Output variabel 3 fungsi keanggotaan



Gambar 22. Tampilan permukaan variabel 5 fungsi keanggotaan



Gambar 18. Input variabel error (e) 5 fungsi keanggotaan

Untuk keberhasilan jalannya simulasi diperlukan pengumpulan data yang diolah sehingga menjadi parameter – parameter input ke dalam model Simulink. Parameter dari suatu model Step-up Cuk konverter pada Tabel 3 didapat dari referensi penelitian mengenai Cuk konverter dan Fuzzy Logic Controller dari hasil pengujian penelitian simulasi trial and error menggunakan Simulink.

Tabel 3. Parameter Step-up Cuk konverter

No.	Cuk Konverter	Parameter
1.	Tegangan input ( $V_i$ )	15 – 60 $V_{DC}$
2.	Tegangan Output ( $V_o$ )	28,1468–117,3 $V_{DC}$
3.	Indukansi ( $L_1$ )	$50.10^{-4} H$
4.	Kapasitansi ( $C_1$ )	$5 \mu F$
5.	Devais elektronika daya (IGBT):	
	$R_s$	$1.10^5 \Omega$
	$R_{on}$	$1.10^{-3} \Omega$
6.	Dioda:	
	- $R_{on}$	$0,001 \Omega$
	- $R_s$	$500 \Omega$
	- $V_{forward}$	$0,8 V$
7.	Induktansi $L_2$	$5.10^{-5} H$
8.	Kapasitansi ( $C_2$ )	$6500 \mu F$
9.	Frekwensi <i>switching</i>	$25 kHz$

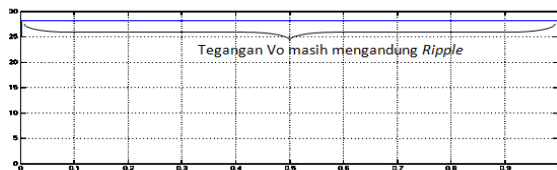
### Hasil Dan Pembahasan

#### a. Step-up Cuk konverter 3 Membership Function.

Dari hasil simulasi memperlihatkan tegangan input ( $V_{in}$ ) 15 Vdc menghasilkan tegangan keluaran ( $V_o$ ) 28,1468 Vdc dan ini menunjukkan bahwa Step-up Cuk konverter mampu menaikkan tegangan dc yang diperlihatkan Gambar 23.

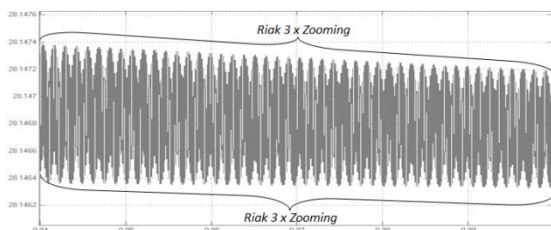


Gambar 23 a. Tegangan Input ( $V_i$ ) Step-up Cuk Konverter



Gambar 23 b. Bentuk gelombang tegangan ( $V_o$ ) Step-up Cuk Konverter

Hasil simulasi dari tegangan keluaran ( $V_o$ ) Step-Up Cuk konverter setelah tegangan  $V_o$  dizoom 3 kali di area terlihat kandungan ripple besar sekali pada kondisi steady state range waktu 0,94 – 1 detik

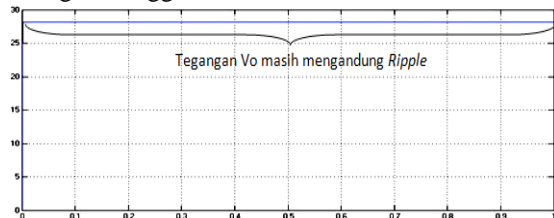


Gambar 24. Bentuk riak gelombang tegangan keluaran ( $V_o$ ) Step-up Cuk Konverter

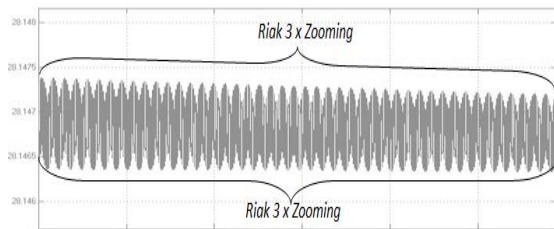
Gambar 24  $V_o$  yang diperbesar (zooming) terlihat kandungan riak tegangan ( $V_o$ ) seperti gelombang sinusoidal yang rapat sangat besar dimana terlihat puncak atas dan bawah. Dan gelombang tegangan keluaran dc Step-up Cuk konverter masih mengandung komponen sinusoidal yang dibangkitkan dari *switching*.

#### b. Step-up Cuk konverter 5 Membership Function.

Berdasarkan hasil simulasi fuzzy logic 5 fungsi keanggotaan dengan tegangan  $V_i$  adalah 15 Volt memperlihatkan bentuk gelombang dc samadengan 3 fungsi keanggotaan.



Gambar 25. Bentuk Gelombang  $V_o$  Step-up Cuk Konverter



Gambar 26. Bentuk riak digelombang tegangan keluaran ( $V_o$ ) Step-up Cuk Konverter

Hasil pengujian simulasi tegangan keluaran keduanya Step-up Cuk dari 3 dan 5 Membership Function tersebut diatas ditabulasikan kedalam Tabel 4.

Tabel 4. Hasil tegangan ( $V_o$ ) Step-up Cuk Konverter menggunakan Fuzzy Logic 3 dan 5 Membership Function

No.	$V_{in}$ (Vdc)	$V_{out}$ (Vdc)
1.	15	28,15
2.	30	57,88
3.	45	87,61
4.	60	117,30

Dari Tabel 4 memperlihatkan bahwa semakin besar tegangan input  $V_i$  maka semakin besar tegangan keluaran  $V_o$ . Perbandingan antara 3 dan 5 membership function terhadap tegangan keluaran dc adalah tegangan keluaran sama, yang membedakan pada Gambar 24 dan Gambar 26.

## Kesimpulan

Dari hasil simulasi, penelitian *Step-up Cuk* konverter yang menggunakan Fuzzy Logic Kontroler disimpulkan bahwa:

1. Perbandingan tegangan keluaran ( $V_o$ ) *Step-up Cuk* konverter menggunakan Fuzzy Logic antara 3 Membership Function dengan 5 Membership Function menghasilkan tegangan  $V_o$  yang sama besar pada waktu mulai 0 sampai 1 detik.
2. Perbandingan kandungan ripple (riak) pada Tegangan ( $V_o$ ) *Step-up Cuk* konverter menggunakan Fuzzy logic antara 3 Membership Function dan 5 Membership Function dengan *zooming* pengamatan durasi waktu 0,94 sampai 1 detik menghasilkan riak yang besar 3 Membership Function.
3. Penggunaan *Fuzzy Logic* 5 Membership Function pada *Step-up Cuk* konverter untuk meratakan tegangan keluaran ( $V_o$ ) sangat bagus dikarenakan unsur riak dan pengaruh *switching* sangat kecil.

## Daftar Pustaka

- Agrawal, R., Shukla, S.,Thakur, S.S., 2013. *Comparative Analysis of Vague Controller and Fuzzy Controller For Single Machine Infinite Bus System. IEEE Conference Publications.*1-5.
- Arun, K.N., Sivakumaran, T.S. and Shanmugasundaran, C., 2006. *Simulation and Real Time Implementation of Fuzzy Logic Controller for Cuk Converter Operating in buck mode. IEEE Conference Publications,*1- 6.
- Duka, AV., Oltean, S.E. 2012. *Fuzzy Control of a Heat Exchanger, IEEE Conference Publications,*. 135-139.
- Ghassoul, M., 2011. *Design of Fuzzy System To Control A Small Train Using The Microchip PIC32 With The Aid Of The Matlab Blocksets. IEEE Conference Publications.* 3:242-246.
- Gopinath, M. and Sheela, V., 2013. *Efficiency Analysis Of Bridgeless Cuk Converter For PFC Applications. IEEE Conferences Publication.*1052-1056.
- Nik Ismail, N.F., Hashim, N., Baharon, R., 2011, A *Comparative Study of Proportional Integral Derivative Controller and Fuzzy Logic Controller on DC/DC Buck-Boost Converter. IEEE Conference Publications.* 149-154.
- Panda, B., Sarkar., Panda, B., 2015. *A Comparative Study of PI and Fuzzy Controllers for Solar Powered DC-DC Boost Converter. IEEE Conference Publications.* 47-51.
- Patil, D., Sinha, M. and Agarwal, V. 2012. *A Cuk Converter based Bridgeless Topology For High Power Factor Fast Battery Charger For Electric Vehicle Application. IEEE Publication Conference,*1- 6.
- Rashid, M. H., 2004. *Power Electronics, Circuit, Device and Application* 3<sup>rd</sup> Eadition, Pearson Education, Inc.
- Simon, R, Geetha, A., 2013. *Comparison on the Performance of Induction Motor Control Using Fuzzy and ANFIS Controllers. IEEE Conference Publication,* 491-495.