

Parameterisasi Kendali PID pada Konverter DC/DC Penurun Tegangan dengan Kriteria Domain Waktu dan Efisiensi Daya

Andy Lukman Affandy*¹, Faizal Arya Samman¹, Rhiza S. Sadjad¹

¹Teknik Elektro, Fakultas Teknik, Universitas Hasanuddin Makassar
Jl. Perintis Kemerdekaan Km. 10, Tamalanrea Indah, Makassar

*Email: luckyxco@gmail.com

DOI: 10.25042/jpe.052017.13

Abstrak

Paper ini menampilkan pemodelan, rancangan dan hasil simulasi rangkaian konverter DC/DC tipe penurun tegangan, dengan percobaan kendali menggunakan kontroler P, PI, dan PD terkompensasi. Sistem dirancang untuk tujuan penyediaan saluran DC di rumah-rumah modern masa depan yang dilengkapi dengan saluran DC selain saluran AC. Hasil rancangan menunjukkan kendali P, PI, dan PD yang digunakan untuk mempertahankan tegangan luaran DC dari converter telah memberikan kinerja yang cukup baik. Walaupun antara menggunakan kendali P, PI, dan PD tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan terhadap pengendalian pada beban RL dan RC. Penggunaan penggabungan kendali PI dan PD terlihat mampu meningkatkan nilai Efisiensi Daya yang disalurkan dari pada hanya menggunakan kendali P saja. Nilai Efisiensi yang didapatkan PI yaitu 84.72 dan PD yaitu 84.616. Sedangkan dengan hanya menggunakan kendali P nilai efisiensi terbaik yang didapatkan yaitu 84.283. Nilai-nilai parameter pengendali yang diperoleh antara lain $K_P = 8191$, $K_I = 63$, dan $K_D = 7 \times 10^{-6}$. Secara umum perubahan parameter K_P dan K_I tidak begitu memberikan perubahan kinerja yang signifikan. Sedangkan nilai K_D mesti ditentukan secara hati-hati agar dapat memberikan kinerja yang lebih baik. Kontroler PID juga secara umum masih mampu mengendalikan level tegangan DC pada batas yang dapat diterima pada pengujian dengan berbagai nilai beban resistive.

Abstract

PID Control Parameterisation on Voltage Regulator DC/DC Converter with Time Domain and Power Efficiency Criteria. This paper presents modeling, concepts and simulation DC/DC buck converter, using P, PI, and PD compensated controllers. Operating system for the purpose of providing DC in future modern homes equipped with DC channels other than AC channels. The result of P, PI, and PD control commands used to maintain the DC output of the converter has performed well. The equations between using P, PI, and PD controls do not have a very significant difference to controls in RL and RC. The use of PI and PD coupling controls is seen to increase the carrying capacity of power supplied rather than using only P controls. Efficiency value obtained by PI is 84.72 and PD is 84.616. Using only the best P efficient control is 84.283. Other parameter parameters are $K_P = 8191$, $K_I = 63$, and $K_D = 7 \times 10^{-6}$. Generally, the change of K_P and K_I parameters does not give significant performance change. While K_D must be determined carefully in order to provide better performance. PID controllers are also generally still capable of voltage levels. At various acceptable tests with various resistive values.

Kata-kunci: Energi terbarukan, Konverter DC/DC, Kontroler PID.

1. Pendahuluan

Energi merupakan kebutuhan dasar manusia, yang terus meningkat sejalan dengan tingkat kehidupannya. Bahan bakar minyak/energi fosil merupakan salah satu sumber energi yang bersifat tak terbarukan (*non renewable energy sources*) yang selama ini merupakan andalan untuk memenuhi kebutuhan energi di seluruh sektor kegiatan.

Perhatian dunia terhadap pembangunan energi terbarukan semakin meningkat. Tahun-tahun

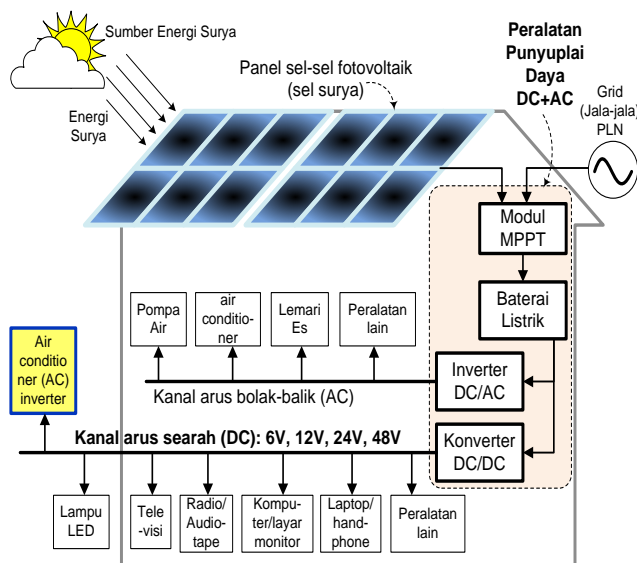
belakangan ini, misalnya, lebih dari 40% dari seluruh penambahan kapasitas pembangkit listrik di dunia dilakukan untuk memanfaatkan energi terbarukan. Hal ini semakin membuktikan bahwa energi terbarukan merupakan solusi dengan biaya yang efektif untuk memenuhi kebutuhan energi dunia.

Salah satu energi terbarukan adalah energi surya yang mencakup penggunaannya dalam pembangkit listrik. Namun pembangkit ini memiliki tegangan keluaran yang tidak tetap. Hal ini disebabkan radiasi matahari dan suhu yang

dirasakan oleh panel surya untuk setiap waktu. Sementara alat elektronik membutuhkan tegangan yang tetap pada level tertentu.

Disisi lain penggunaannya pada konsumen tidaklah selalu sama, sehingga peyaluran daya dari pembangkit ke beban juga berubah-ubah. Dan juga kebutuhan tegangan pada perangkat elektronik juga berbeda-beda. Sebagai contoh untuk peralatan elektronik seperti laptop diperlukan tegangan DC 19-20V, sedangkan untuk handphone diperlukan tegangan DC 5V. Untuk itu di butuhkan suatu konverter yang dapat menjaga tegangan keluaran tetap pada level tertentu sesuai kebutuhan beban, walaupun tegangan masukan dan penggunaan daya berubah-ubah.

Selain itu isu mengenai saluran DC di rumah-rumah yang disuplai oleh sumber energi terbarukan sudah ramai dibicarakan di forum-forum internet, dan pada beberapa forum resmi oleh industri dan akademika. Dalam forum-forum tersebut, pertanyaan yang paling mendasar adalah berapa tegangan DC yang terbaik untuk distandardkan, dan bagaimana kesiapan seluruh produsen produk-produk elektrik dan elektronika untuk menyediakan terminal suplai DC pada produk mereka.



Gambar 1. Sistem listrik rumah tangga modern dengan saluran daya listrik DC dan AC

2. Deskripsi Permasalahan

Perubahan daya listrik langsung dari sumber energi terbarukan, maupun yang secara tidak

langsung melalui baterai menyebabkan terganggunya suplai tegangan DC konstan yang diperlukan oleh beberapa peralatan-peralatan listrik DC rumah tangga. Perubahan beban juga memberikan andil terhadap perubahan tersebut. Selain itu, tidaknya adanya standard atas nilai tegangan DC, mendorong kebutuhan akan produk regulator tegangan yang keluaran tegangan DC-nya dapat direkonfigurasi.

Paper ini akan menunjukkan rancangan konverter DC/DC [1, 2] tipe buck menggunakan model SPICE dengan percobaan menggunakan kontrol P, PI, dan PD yang mampu secara fleksibel didesain untuk bekerja pada beberapa level tegangan DC. Agar dapat mensimulasikan rangkaianannya, maka model SPICE dari kendali P, PI, dan PD mesti diturunkan terlebih dahulu [3]. Percobaan menggunakan ketiga kontrol tersebut yaitu kontrol P, PI, dan PD dimaksudkan untuk mencari kontrol yang terbaik yang memberikan efisiensi daya yang signifikan.

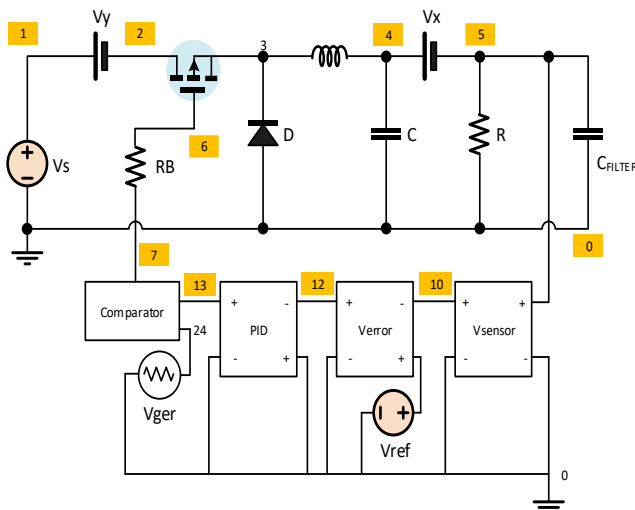
3. Hasil Perancangan

Sistem Kendali PID telah banyak dan paling lazim digunakan untuk mengendalikan Konverter DC/DC [4, 5, 6, 7, 8]. Kontroler PID ini dapat direalisasikan secara analog atau pun secara digital [5]. Masalah paling mendasar dalam perancangan ini adalah bagaimana memilih parameter PID terbaik. Banyak metode yang dapat digunakan misalnya dengan teknik polinomial [6], teknik adaptif dikombinasikan dengan metode *fuzzy logic* [7], atau menggunakan teknik optimisasi khusus [8].

Paper ini akan mencoba mengkaji hasil rancangan dengan pendekatan simulasi PID analog menggunakan SPICE, dimana PID parameter akan dapat ditemukan melalui teknik eksplorasi simulasi parameter. Melalui teknik simulasi dengan variasi parameter ini, maka nilai-nilai PID terbaik dapat diestimasi. Ada dua kriteria yang digunakan dalam paper ini yaitu Nilai *Average Absolute Error* dan Efisiensi Daya dari setiap simulasi parameter nilai PID. Nilai konstanta kendali P, I dan D terbaik, tentu saja adalah yang memiliki nilai terkecil dari kedua kriteria tadi.

3.1. Pemodelan SPICE

Perangkat keras yang akan dibangun didasarkan pada model rancangan. Contoh alur desain skematik rangkaian converter DC/DC tipe buck ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Diagram kotak kontroler and skematika rangkaian converter DC/DC tipe buck.

3.2. Perangkat Kendali PID

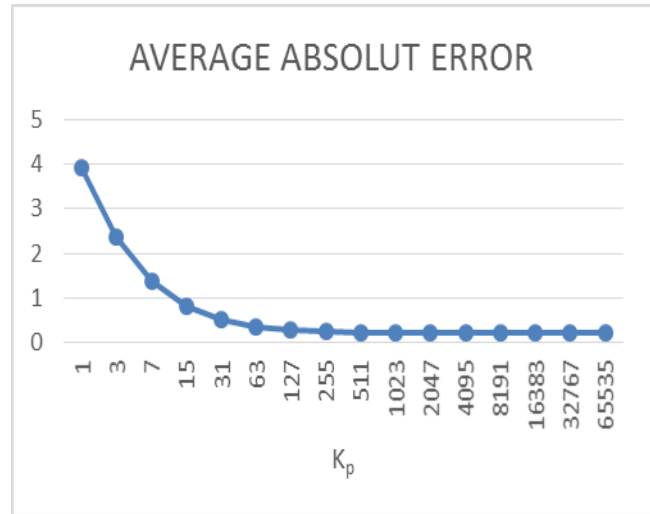
Gambar 1 memperlihatkan skematik rangkaian kendali PID. Kendali PID termodifikasi digunakan untuk mengendalikan level tegangan DC pada luaran konverter DC/DC. Selisih antara data sensor tegangan pada luaran konverter dan tegangan referensi V_{ref} digunakan sebagai acuan untuk membangkitkan PWM.

4. Hasil Simulasi

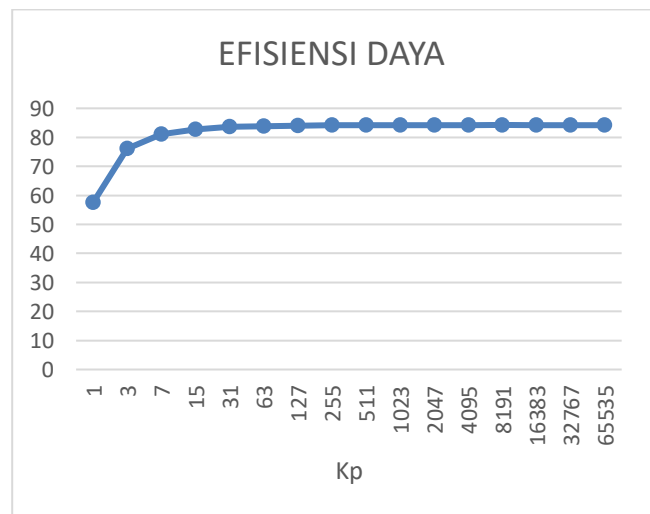
Gambar 3 memperlihatkan pengukuran *Average Absolute Error* dan Efisiensi Daya dari hasil simulasi dengan hanya menggunakan kendali P dengan variasi nilai K_P untuk tegangan 12V. Nampak terlihat bahwa nilai *Average Absolute Error* cenderung berubah ketika diberikan nilai K_P yang berbeda. Hal yang sama juga terlihat pada Efisiensi Daya, bahwa nilai efisiensi cenderung meningkat pada nilai K_P tertentu.

Gambar 4 memperlihatkan pengukuran *Average Absolute Error* dan Efisiensi Daya dari hasil simulasi menggunakan kendali PI dan dengan variasi nilai K_I terhadap nilai K_P untuk tegangan 12V. Nampak terlihat bahwa nilai *Average Absolute Error* cenderung berubah

ketika diberikan nilai K_I yang berbeda. Hal yang sama juga terlihat pada Efisiensi Daya, bahwa nilai efisiensi cenderung meningkat pada nilai K_I dan K_P tertentu. Sementara itu, perubahan nilai K_P yang lebih besar cenderung menurunkan nilai pengukuran kedua parameter tadi.



(a)



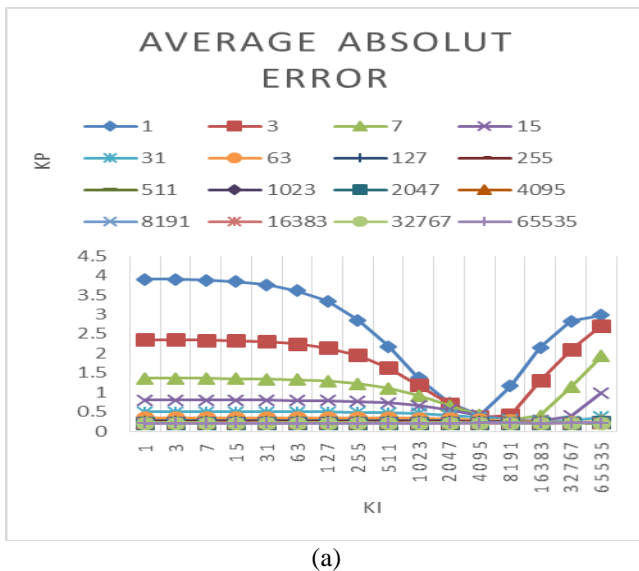
(b)

Gambar 3. (a) *Average Absolute Error* dan (b) Efisiensi Daya dari hasil simulasi menggunakan kendali P yang nilainya bervariasi untuk tegangan input 12V dan tegangan referensi 5V

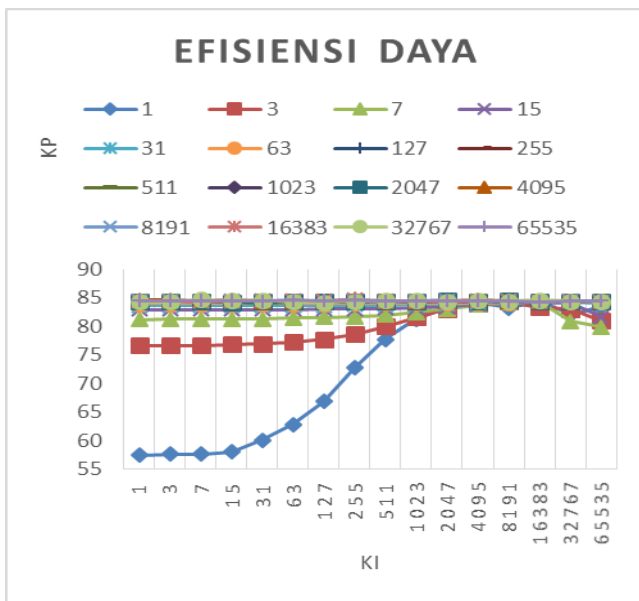
Gambar 5 memperlihatkan pengukuran *Average Absolute Error* dan Efisiensi Daya dari hasil simulasi menggunakan kendali PD dan dengan variasi nilai K_D terhadap nilai K_P untuk tegangan 12V. Nampak terlihat bahwa nilai *Average Absolute Error* cenderung naik pada setiap kenaikan nilai K_D . Hal yang yang bervariasi terlihat pada Efisiensi Daya, bahwa nilai efisiensi

cenderung meningkat pada nilai K_P K_D tertentu, dan cenderung menurun pada K_P K_D tertentu pula. Sementara itu, kecenderungan nilai Efisiensi Daya terendah terjadi pada K_P yang semakin kecil.

sedangkan untuk beban RC (10 Ω , 2000u) terlihat terjadi perubahan level tegangan, walaupun demikian kendali P dapat segera mengendalikan ke level yang sesuai dengan referensi yang diberikan.



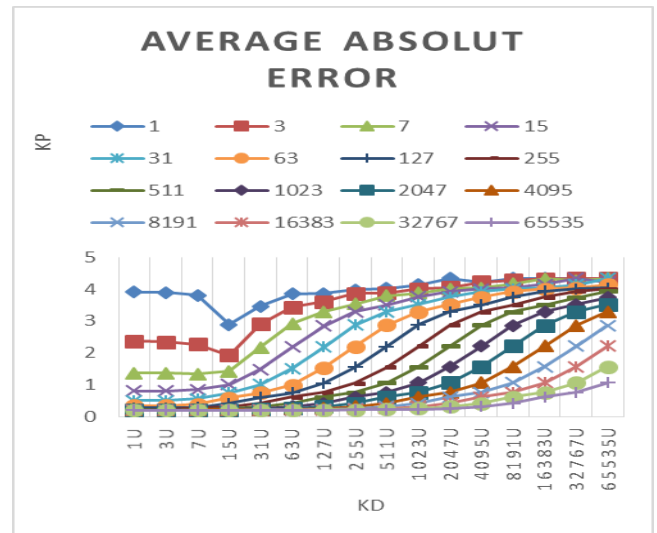
(a)



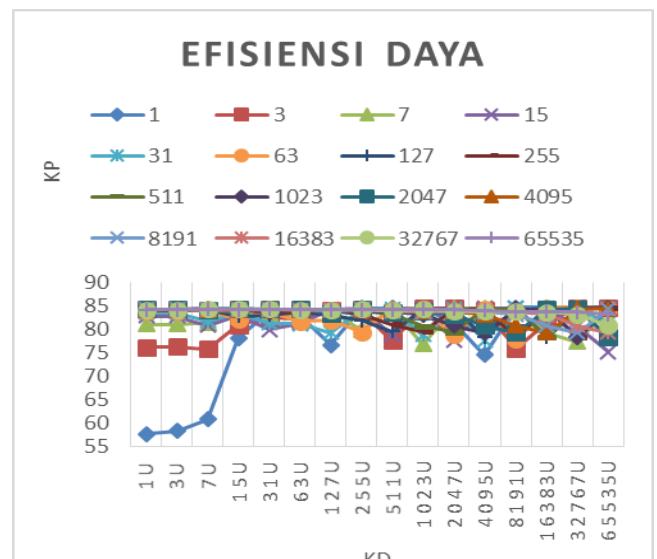
(b)

Gambar 4. (a) Average Absolut Error dan (b) Efisiensi Daya dari hasil simulasi menggunakan kendali P dan I yang nilainya bervariasi untuk tegangan input 12V dan tegangan referensi 5V

Gambar 6 memperlihatkan hasil pengujian DC/DC Konverter tipe buck dengan kendali P dengan memberikan beban RL pada waktu 4ms dan beban RC pada waktu 7ms. Nampak terlihat bahwa Konverter tipe buck dengan kendali P mampu mengendalikan level tegangan sesuai referensi untuk beban RL (100 Ω , 20m),



(a)

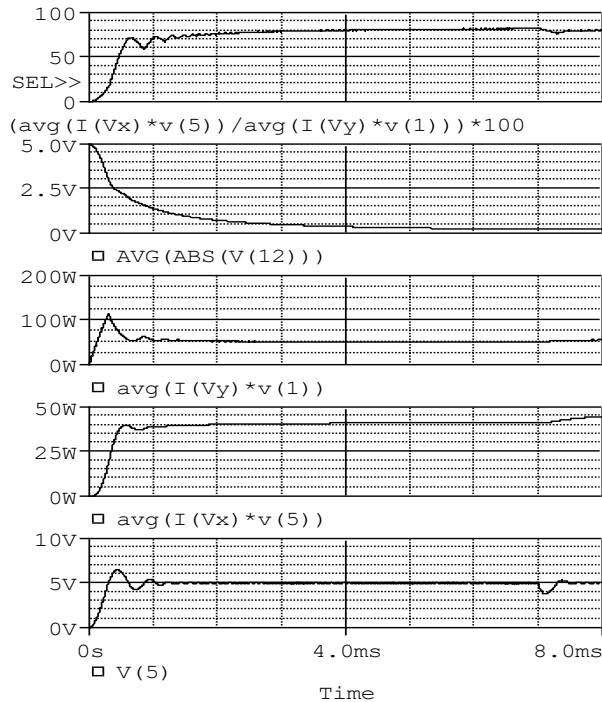


(b)

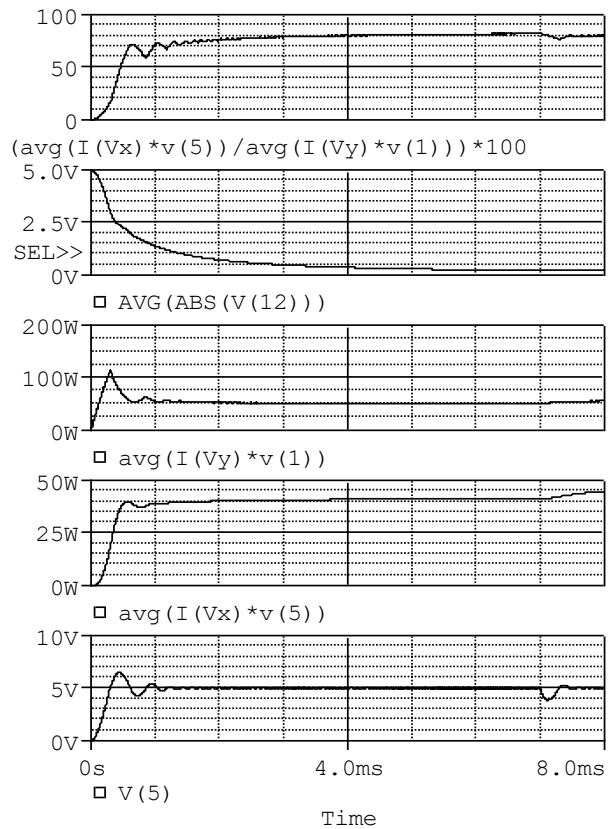
Gambar 5. (a) Average Absolut Error dan (b) Efisiensi Daya dari hasil simulasi menggunakan kendali P dan D yang nilainya bervariasi untuk tegangan input 12V dan tegangan referensi 5V

Gambar 7 memperlihatkan hasil pengujian DC/DC Konverter tipe buck dengan kendali PI dengan memberikan beban RL pada waktu 4ms dan beban RC pada waktu 7ms. Nampak terlihat bahwa Konverter tipe buck dengan kendali PI

mampu mengendalikan level tegangan sesuai referensi untuk beban RL (100Ω, 20m), sedangkan untuk beban RC (10 Ω, 2000u) terlihat terjadi perubahan level tegangan, walaupun demikian kendali PI dapat segera mengendalikan ke level yang sesuai dengan referensi yang diberikan.

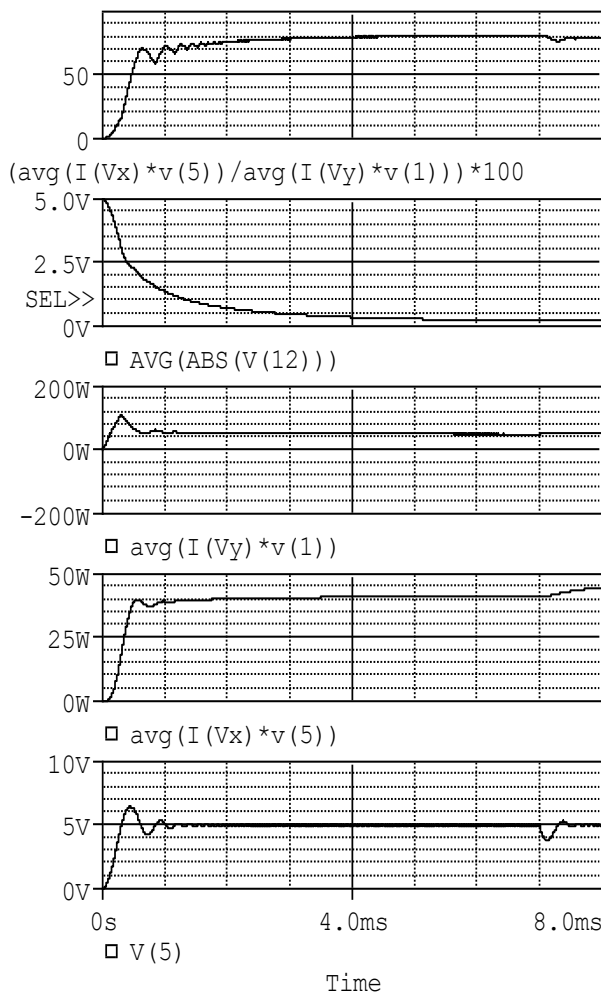


Gambar 6. Pengujian kendali P terhadap beban RL(4ms) RC(7ms) untuk tegangan input 12V dan tegangan referensi 5V



Gambar 7. Pengujian kendali PI terhadap beban RL(4ms) RC(7ms) untuk tegangan input 12V dan tegangan referensi 5V

Gambar 8 memperlihatkan hasil pengujian DC/DC Konverter tipe buck dengan kendali PD dengan memberikan beban RL pada waktu 4ms dan beban RC pada waktu 7ms. Nampak terlihat bahwa Konverter tipe buck dengan kendali PD mampu mengendalikan level tegangan sesuai referensi untuk beban RL(100Ω, 20m), sedangkan untuk beban RC(10 Ω, 2000u) terlihat terjadi perubahan level tegangan, walaupun demikian kendali PD dapat segera mengendalikan ke level yang sesuai dengan referensi yang diberikan.



Gambar 8. Pengujian kendali PD terhadap beban RL(4ms) RC(7ms) untuk tegangan input 12V dan tegangan referensi 5V

5. Kesimpulan

Pencobaan simulasi kendali P, PI, PD pada Konverter tipe Buck dengan domain isyarat kesalahan yang dibatasi telah ditunjukkan pada paper ini. Hasil rancangan menunjukkan kendali P, PI, PD yang digunakan untuk mempertahankan tegangan luaran DC dari converter telah memberikan kinerja yang cukup baik. Walaupun antara menggunakan kendali P, PI, dan PD tidak memiliki perbedaan yang sangat signifikan terhadap pengendalian pada beban RL dan RC.

Penggunaan penggabungan kendali PI dan PD terlihat mampu meningkatkan nilai Efisiensi Daya yang disalurkan dari pada hanya menggunakan kendali P saja. Nilai Efisiensi yang didapatkan PI

yaitu 84.72 dan PD yaitu 84.616. Sedangkan dengan hanya menggunakan kendali P nilai efisiensi terbaik yang didapatkan yaitu 84.283.

Nilai-nilai paramater pengendali terbaik yang diperoleh untuk tegangan Input 12V dan Referensi 5V antara lain $K_P=8191$, $K_I=63$, dan $K_D=7 \times 10^{-6}$ merupakan contoh-contoh nilai yang dapat digunakan sebagai acuan untuk dua buah kriteria yang telah digunakan yaitu minimisasi *Average Absolute Error* dan meningkatkan Efisiensi Daya. Penggunaan tegangan Input dan Referensi yang lain tentunya membutuhkan nilai-nilai konstanta kendali PID yang berbeda pula. Oleh karena itu, kajian lebih lanjut mengenai pemilihan nilai-nilai parameter dan multi kriteria yang berbeda-beda masih terus kami lakukan.

Referensi

- [1] Muhammad H. Rashid. "Power Electronics Handbook Third Edition". University of West Florida.
- [2] Mohan, Ned, Undeland, T.M., and Robbins, P. W., "Power Electronics Converters Applications and Design", Second Edition, John Wiley and Sons.
- [3] Muhammad H. Rashid, Hasan M. Rashid, "SPICE for Power Electronics And Electric Power Second Edition". University of West Florida. Taylor & Francis CRC.ISBN 0-8493-3418-7.
- [4] Chao-Ying Wang. 2015, "A Voltage-Mode DC-DC Buck Converter with Digital PID Controller". 12th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (FSKD). Electronic ISBN: 978-1-4673-7682-2.
- [5] Zhou Chu. 2014. "A general digital PID controller based on PWM for buck converter". IEEE World Congress on Intelligent Control and Automation (WCICA), Page(s):4596-4599.
- [6] MadhuKiran, E.R.C.S. 2012. "Control of Buck converter by Polynomial, PID and PD controllers". IEEE Asia Pacific Conference on Postgraduate Research in Microelectronics and Electronics (PrimeAsia). Page(s): 94-99.
- [7] Rabbani, M. 2012. "Fuzzy logic driven adaptive PID controller for PWM based buck converter". IEEE International Conference on Informatics, Electronics & Vision (ICIEV). Page(s): 985-962.
- [8] Sridhar Seshagiri, 2016, "Optimal PID Design for Voltage Mode Control of DC-DC Buck Converters" 2016 IEEE 13th International Conference on Networking, Sensing, and Control (ICNSC). Electronic ISBN: 978-1-4673-9975-3.