

DATA ARTIKEL ILMIAH

Judul	: Performa Kontroler MPC Berbasis Fungsi Laguerre dan Kontroler PID Untuk Kendali Konverter Buck-Boost
Penulis	: Adelhard Beni Rehiara, Yanty Rumengan
Abstrak	: Konverter buck-boost merupakan peralatan untuk mengubah besaran listrik DC. Alat ini bersifat sangat non linier sehingga diperlukan kontroler yang baik untuk meningkatkan performanya. Dalam penelitian ini telah dibuat sebuah kontroler MPC berbasis fungsi Laguerre untuk mengontrol konverter tersebut. Pengujian untuk mengetahui performa dari MPC tersebut pada konverter buck-boost dilakukan dengan membandingkan dengan kontroler PID yang sudah ada. Setting pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan input 55V pada beban 25W, 60W dan 100W dengan setpoint pada tegangan 100V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa MPC memiliki kecepatan respon yang tinggi dalam orde milidetik walaupun masih ada overshoot sebesar 12.4% jika dibandingkan dengan kontroler PID yang tidak memiliki overshoot namun memiliki respon yang lebih lambat dan sedikit kesalahan keadaan tunak serta beberapa kejutan sepanjang simulasi.
Keywords	: Konverter buck-boost, PID, MPC, fungsi Laguerre.
Judul Prosiding	: Seminar Nasional ReTII ke-15
Tahun Terbit	: 2020-10-27
Tempat Pelaksanaan	: Yogyakarta, Indonesia
Alamat web	: https://journal.itny.ac.id/index.php/ReTII/article/view/2066
Kategori	: Konferensi Nasional
SJR	: -

ISSN : 1907-5995



PROSIDING

SEMINAR NASIONAL ReTII-15

Rekayasa Teknologi Industri dan Informasi

Peran Technopreneur pada *New Revolusi Industri**

*) Revolusi Industri pada Kondisi New Normal

Selasa, 27 Oktober 2020



PENYUNTING

Reviewer

Dr. Ir. Sugiarto Kadiman, MT.
Dr. Hill. Gendoet Hartono, ST., MT
Dr. Ratna Kartikasari, ST., MT
Dr. Hita Pandita, ST., MT.
Dr. Ir. Ev. Budiadi, MS
Dr. Ani Tjitra Handayani, ST., MT.
Dr. Daru Sugati, ST., MT.
Dr. R. Andy Erwin Wijaya, ST., MT.
Subardi, ST., MT., Ph.D.
Aris Warsita, ST., MT., Ph.D.
Subardi, ST., MT., Ph.D.
Novi Maulida Ni;mah, ST., M.Sc.

Editor

Dr. Andriyanto Setyawan, ST., MT. (Politeknik Negeri Bandung)
Dr. Daru Sugati, ST., MT. (Institut Teknologi Nasional Yogyakarta)
Dr. Sugiarto, ST., MT. (Institut Teknologi Nasional Yogyakarta)

Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
Jl. Babarsari, Catur Tunggal, Depok, Sleman, Yogyakarta
Telp. (0274) 485390, Fax. (0247) 487249
Email: seminar@itny.ac.id

SUSUNAN PANITIA

Penanggung Jawab	: Rektor ITNY (Dr. Ir. H. Ircham, MT)
Pengarah	: Wakil Rektor I ITNY (Dr. Ratna Kartikasari, ST., MT.) : Wakil Rektor I ITNY (Marwanto, ST., MT) : Wakil Rektor I ITNY (Dr. Hill Gendoet Hartono, ST., MT.)
Ketua Pelaksana	: Dr. Ir. Sugiarto Kadiman, MT.
Sekretaris Pelaksana	: Ani Apriani, S.Si., M.Sc.
Staf Sekretaris	: Sunah, SE. Indah Rachmawati, SE.
Bendahara	: Ir. Hj. Oni Yuliani, M.Kom : Marsita Wuri Andari, SE.
Reviewer	:
a. Teknik Geologi	: Dr. Hill. Gendoet Hartono, ST., MT : Dr. Hita Pandita, ST., MT. : Dr. Ir. Ev. Budiadi, MS.
b. Teknik Mesin	: Dr. Ratna Kartikasari, ST., MT : Dr. Daru Sugati, ST., MT. : Subardi, ST., MT. Ph.D. : Aris Warsita, ST., MT. Ph.D.
c. Teknik Elektro	: Dr. Ir. Sugiarto Kadiman, MT.
d. Teknik Sipil	: Dr. Ani Tjitra Handayani, ST., MT.
e. Teknik Pertambangan	: Dr. R. Andy Erwin Wijaya, ST., MT.
f. PWK	: Novi Maulida Ni'mah, ST., M.Sc.
Seksi Makalah	: Rizqi Prastowo, S.Pd., M.Sc. Didit Setyo Pamuji, ST., M.Eng. Al Husein Flowers Rizqi, ST., M. Eng. Bagus Gilang Pratama, ST., M. Eng
Seksi Publikasi dan Dokumentasi	: Ferri Okto Satria, ST. Afif Suryo Anggoro, S.Kom.
Seksi Acara dan Sponsorship	: Diah Suwarti, ST., M.Eng. Dian Sulistyio Ardianto, ST. G.H. Yudhi Kristianto, ST.
Seksi Perlengkapan	: Ign. Purwanto Watimin

DAFTAR ISI

Ekstraksi Dalam Kolom Unggun Tetap dan Pemurnian secara Simultan pada Isolasi Minyak Dedak Padi Haryono, Evi Ernawati, Atiek Rostika Noviyanti.....	1
Koefisien Perpindahan Massa dan Karakteristik Gelatin Dengan Proses Leaching Dewi Fernianti, Astri Handayani, Nola Dwiayu Adinda	7
Application of Fuzzy Logic in Grouping the Ideal SWR Value of Antenna with Alluminium as Base Material Roni Kartika Pramuyanti	13
Studi Pemilihan Transportasi Publik Di Yogyakarta Dwi Kunto Nurkukuh, Amithya Irma Kurniawati	21
Survey dan Inventarisasi Potensi Sumber Daya Air Baku di Wilayah Sungai Progo Opak Serang Edy Sriyono	26
Perancangan Sistem Kontrol Berbasis Arduino pada Air Blast Freezer dengan Kabin Pemanas Eddy Erham	34
Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Kondisi Ekonomi Masyarakat Pemukiman Kumuh Menggunakan Regresi Berganda Ridayati.....	41
Monitoring Daya Listrik Laboratorium Instalasi Listrik ITNY berbasis IOT Diah Suwarti Widyastuti, Arif Basuki, Enggar Sulisty Nugroho	46
IoT Smart Health Untuk Monitoring Dan Kontrol Suhu Dan Kelembaban Ruang Penyimpan Obat Berbasis Android Di Rumah Sakit Umum Pusat Dr. Sardjito Yogyakarta Sindung HW Sasono, Ari Sriyanto Nugroho, Eko Supriyanto, Sri Kusumastuti	54
Performa Kontroler MPC Berbasis Fungsi Laguerre dan Kontroler PID Untuk Kendali Konverter Buck-Boost Adelhard Beni Rehiara, Yanty Rumengan.....	63
Sistem Pendektesi Gas CO Ruang Parkir di Basement Berbasis IOT Iyus Rusmana.....	70
Modelling Mitigasi Kebencanaan Black Out pada Kasus Paparan (Exposure) Medan Listrik SUTET-500 kV Budi Utama , Diah Suwarti	75
Rancang Bangun Alat Ukur Gaya Pada Wind Tunnel Menggunakan Sensor Load Cell Grace Dayanty Siahaan, Denny Dermawan, Catur Budi Waluyo.....	90
Kontrol Infus Pasien Sri Kusumastuti, Sindung Hadwi Widi Sasono, Suryono, Supriyati	97
Identifikasi Wajah Menggunakan Enkoding Data Histogram of Oriented Gradient Yusuf Ari Bahtiar, Oni Yuliani, Arif Basuki	102

Model Predictive Control Untuk Kendali Konverter Buck- Boost Adelhard Beni Rehiara, Yanty Rumengan.....	109
Sifat Sintered Body Keramik Alumina pada Ukuran Partikel yang Direduksi Fandy Prastowo, Andre Giovanni, M Andri, Nofriady Handra, Sri Elfina, Ade Indra.....	115
Briket Biomassa Berbahan Dasar Serat TKKS Dengan Penambahan Serbuk Pinus dan Kanji pada Sistem Screw Ekstruder Terhadap Kekuatan Nofriady Handra, Ade Indra, Indra Purnama.....	122
Rancang Bangun Sistem Penggerak Pompa Air Menggunakan Kincir Angin untuk Pengairan Rumput di Lahan Pasir Rivan Muhfidin, Dandung Rudy Hartana	129
Rancang Bangun Sistem Kontrol Air Mancur Menggunakan Internet Of Thing Tugino, Muklis.F Azari , Joko Prasajo	134
Kajian Teknologi Parameter Desain dan Pemodelan Numerik pada Turbin Vortex Berbasis Gravitasi Hafidz Komarul Ikhsan, Rivhan Nugroho, Dendi Gusma, Didit Setyo Pamuji.....	140
Overview Perbandingan Teknologi Alternatif Aktif Dan Pasif Dalam Pengelolaan Air Asam Tambang Shahensah Anand Anggjan Rambe, Nurkhamim	149
Penurunan Muka Air Tanah Pada Wilayah Pesisir Pantai “Interface” Arrina Khanifa, Waterman S.B, Tedy Agung C., Rika Ernawati, Nur Khamim	156
Tingkat Kerawanan Longsor Berdasarkan Peralihan Fungsi Kawasan: Studi Kasus Kecamatan Samigaluh, Kabupaten Kulonprogo, D.I. Yogyakarta Bayurohman Pangacella Putra, Ani Apriani	162
Pengaruh Number Of Neighbors Terhadap Perhitungan Ordinary Kriging Dan Cokriging Calvin Maharza, Nurul Fitriah Rahmah.....	170
Perbandingan Geostatistik Metode Kriging Dan Co-Kriging Menggunakan Estimasi Point Kriging Arief Pambudi Nugraha, Andesta Granitio Irwan, Listyawati Nugraha	177
Tinjauan Literatur: Evaluasi dan Keandalan Klasifikasi Massa Batuan Menggunakan Uji Beban Titik Astika Putri Roshinta, Singgih Saptono, S. Koesnayo, Tedy Agung Cahyadi, Eddy Winarno....	182
Review : Teknik Artificial Intelligent dalam Prediksi Ground Vibration pada Peledakan Risaldi Hidayat, Tedy Agung Cahyadi, Eddy Winarno, Singgih Saptono, S. Koesnaryo.....	187
Tinjauan Literatur: Pelapukan dan Pengaruhnya terhadap Kekuatan Batuan Dwi Yolanda Sumbung, S. Koesnaryo, Eddy Winarno, Singgih Saptono, Tedy Agung Cahyadi	194

Penerapan Metode Constructed Wetland dalam Upaya Pengelolaan Limbah Air Asam Tambang pada Penambangan Batubara , Berdasarkan Literatur Review Andrawina, Rika Ernawati, Tedy Agung Cahyadi, Waterman SB, Nur Ali Amri	201
Pengaplikasian Permodelan Air Tanah Pada Lingkungan Pertambangan: Literatur Review Satria Fitrio, Tedy Agung C, Barlian Dwinagara	208
Overview Prediksi Aliran Airtanah Pada Penambangan Open Pit Kadek Nando Setiawan, Tedy Agung Cahyadi	215
Klasifikasi Kekerasan Batugamping Berdasarkan Nilai Kuat Tekan di Kecamatan Ponjong, Kecamatan Semanu, dan Kecamatan Tanjungsari, Kabupaten Gunung Kidul, Yogyakarta Rety Winonazada, Listiyawati Nugraha, S. Koesnaryo	221
Analisis Kestabilan Lereng dengan Pendekatan Probabilitas Longsor pada Penambangan Batubara Pit 8an East Block PT Indominco Mandiri Ilham Firmansyah, Barlian Dwinagara, Untung Sukamto, Bagus Wiyono, Tedy Agung Cahyadi	227
Limbah Tempurung Kelapa Sebagai Alternatif Penyerap Logam Berat Yang Ramah Lingkungan Dan Ekonomis - Mycelia Paradise, Edy Nursanto, Nurkhamim	235
Seismic Site Response Simulation of Jakarta subsoils due to 5.4 MW Banten Earthquake on July 7th 2020 - Muhammad Fatih Qodri.....	239
Penentuan Batuan Alas dan Batuan Penyekat berdasarkan Metode Geolistrik Konfigurasi Dipole-Dipole pada Telaga Gesing, Pucanganom, Kabupaten Gunung Kidul Al Hussein Flowers Rizqi, Fatimah	247
Rekonstruksi Stratigrafi Jalur Sungai Krenceng, Ponjong, Gunung Kidul, Yogyakarta Al Hussein Flowers Rizqi, Oky Sugarbo	255
Lapisan condensed section pada batulempung gampingan Nanggulan, Pegunungan Kulonprogo, DIY - Siti Nuraini	272
Analisis Kestabilan Lereng di Waduk Sermo dengan Metode Kinematika dan Keseimbangan Batas Arief Pambudi Nugraha, Dr. Ir. S. Koesnaryo	280
Analisis Pemanfaatan Limbah B3 Batubara dan Gamping Serbuk sebagai Bahan Tambah Semen terhadap Kekuatan Beton Ifa Aulia Chusna, Muhammad Wildan Ilyasa, Rahmat Aditya, Tedy Agung Cahyadi, Heru Suharyadi	285
Analisa Geofisika di Sekitar Air Hangat Kaliulo Jawa Tengah Lia Yunita, Anastasi Neni C.P, Aji Wisnu Waskito	291
Lithofacies analysis and Depositional Environment of the Kali Songgo Track of Nanggulan Formation, Kulon Progo District - Delvina Syaifira Norma Hani, Hita Pandita, Al Hussein Flowers Rizqi.....	298

Studi Zona Alterasi Hidrothermal Daerah Sumi Dan Sekitarnya, Kecamatan Lambu, Kabupaten Bima Propinsi Nusa Tenggara Barat Juhair Al Habib, Moh. Alfariji, Hill Gendoet Hartono	310
Sedimentasi Batubara dan Karakteristik Mikroskopis Sulfur Batubara Daerah Sangatta, Kalimantan Timur Basuki Rahmad, Sugeng Raharjo, Ediyanto, Gerhana Prasetya Putra.....	315
Optimalisasi Fan Pada Sistem Ventilasi Tambang Bawah Tanah Area Kubang Kicau Pt. Aneka Tambang Tbk, Ubpe Pongkor Bogor, Jawa Barat Wahyu Bagas Yuniarto, R. Andy Erwin W, Hidayatullah Sidiq	325
Pemetaan Daerah Rawan Tanah Longsor Menggunakan Sistem Informasi Geografis Di Kecamatan Patuk Kabupaten Gunungkidul Ardian Ridwan, Samsudin A. Hafid, Eva Purnamasari	333
Analisa Struktur Mikro, Kandungan Lignin Dan Hemiselulosa Serat Pelepah Sawit Akibat Perlakuan Alkali Shaiful Malik Jenifer, Hendriwan Fahmi, Anrinal, Mastariyanto Perdana.....	339
Peningkatan kapasitas produksi Pati singkong basah bahan baku Geblek di UKM Patimurni Andani Kabupaten Kulon Progo Daru Sugati, Nani Ratnaningsih, Mutiasari Kurnia Devi	345

Performa Kontroler MPC Berbasis Fungsi Laguerre dan Kontroler PID Untuk Kendali Konverter *Buck-Boost*

Adelhard Beni Rehiara¹, Yanty Rumengan²

^{1,2}Jurusan Teknik Elektro, Universitas Papua
Korespondensi : a.rehiara@unipa.ac.id

ABSTRAK

Konverter buck-boost merupakan peralatan untuk mengubah besaran listrik DC. Alat ini bersifat sangat non linier sehingga diperlukan kontroler yang baik untuk meningkatkan performanya. Dalam penelitian ini telah dibuat sebuah kontroler MPC berbasis fungsi Laguerre untuk mengontrol konverter tersebut. Pengujian untuk mengetahui performa dari MPC tersebut pada konverter *buck-boost* dilakukan dengan membandingkan dengan kontroler PID yang sudah ada. *Setting* pengujian dilakukan dengan memberikan tegangan input 55V pada beban 25W, 60W dan 100W dengan *setpoint* pada tegangan 100V. Hasil pengujian menunjukkan bahwa MPC memiliki kecepatan respon yang tinggi dalam orde milidetik walaupun masih ada *overshoot* sebesar 12.4% jika dibandingkan dengan kontroler PID yang tidak memiliki *overshoot* namun memiliki respon yang lebih lambat dan sedikit kesalahan keadaan tunak serta beberapa kejutan sepanjang simulasi. Kata kunci: Konverter *buck-boost*, PID, MPC, fungsi Laguerre.

ABSTRACT

The buck-boost converter is a device to change the amount of DC electricity. This device is very non-linear, so a better controller is needed to improve its performance. In this research, a Laguerre function based MPC has been made to control the converter. A simulation to determine the performance of the MPC on the buck-boost converter is done by comparing it with the existing PID controller. The simulation setting is done by providing an input voltage of 55V with loads of 25W, 60W and 100W within a setpoint of 100V. The simulation results show that the MPC has a high response speed in the order of milliseconds even though there is still an overshoot of 12.4% when compared to the PID controller which does not have overshoot but has a slower response with a little steady state errors and some spikes along the simulation.
Keywords: Buck-boost converter, PID, MPC, Laguerre function.

1. PENDAHULUAN

Sistem kelistrikan DC tidak populer dalam perkembangan kelistrikan di dunia. Hal ini disebabkan karena sifatnya yang sulit untuk digunakan menyalurkan daya yang besar dan sulit dalam pengubahan besarannya. Seiring dengan bertambahnya integrasi pembangkit listrik dari energi terbarukan, sistem kelistrikan DC mulai diteliti dan dikembangkan. Dalam hal perubahan besaran listrik DC, diperlukan peralatan konverter DC-DC. Peralatan ini biasanya digunakan dalam pengisian baterai, pengendalian putaran motor DC, transmisi DC, dan sebagainya.

Konverter *buck-boost converter* merupakan salah satu jenis konverter DC-DC yang digunakan untuk mengubah besaran listrik DC. Kelebihan konverter jenis ini yaitu tegangan keluaran yang bervariasi baik sebagai penaik maupun sebagai penurun tegangan yang dapat dilakukan sesuai dengan kemampuan peralatan yang digunakan. Di lain pihak, konverter jenis ini cukup sulit dikendalikan karena sangat tidak linear dan juga efisiensinya yang rendah. Sistem kendali pada sebuah konverter *buck-boost* telah banyak diteliti para peneliti sebelumnya dengan menggunakan pengendali PI [1], [2], PID[3], [4], Fuzzy [5] dan MPC [6].

Model Predictive Control (MPC) merupakan salah satu tipe kontroler yang mampu memprediksi keluaran dari controller dengan menggunakan masukan sistem pada masa lampau. Pada setiap interval kontrol, algoritma MPC akan mengoptimalkan respon sistem di masa mendatang pada setiap langkah waktu dengan menghitung urutan penyesuaian variabel yang dimanipulasi [7]. MPC dengan fungsi Laguerre merupakan salah satu jenis MPC yang memiliki keunggulan dalam optimalisasi pengendali jika dibandingkan dengan MPC klasik [8]. Dalam tulisan ini sebuah MPC berbasis fungsi Laguerre telah di buat untuk mengontrol konverter *buck-boost* dan sebuah kontroler PID menjadi pembanding untuk menguji performa MPC yang tersebut.

2. METODE PENELITIAN

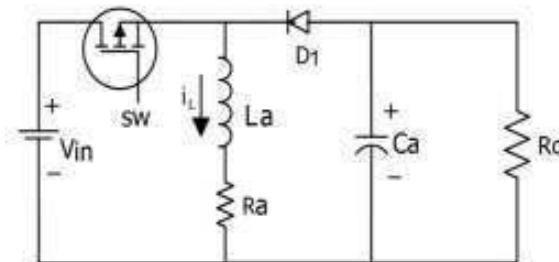
2.1. Konverter *Buck-boost*

Konverter *buck boost* terdiri dari dua bagian pengubah yaitu a) konverter *buck* yang berfungsi untuk mengubah tegangan keluaran lebih rendah dari tegangan masukan dan b) konverter *boost* yang berfungsi untuk mengubah tegangan keluaran menjadi lebih tinggi dari tegangan masukan. Proses pengubahan pada konverter *buck-boost* ini dilakukan dengan mengatur *duty cycle* δ dalam menghidupkan dan mematikan saklar SW. Besaran keluaran tegangan pada konverter *buck* dan *boost* ditentukan menurut persamaan (1) dan (2) berikut ini [9]:

$$V_o = \delta V_{in} \quad (1)$$

$$V_o = \frac{V_{in}}{1-\delta} \quad (2)$$

Konfigurasi sebuah konverter *buck-boost* ditunjukkan pada Gambar 1 dengan V_{in} , V_o , L_a , R_a , D_1 , C_a , dan R_o merupakan tegangan input, tegangan output, induktor, hambatan induktor, dioda, kapasitor, dan hambatan keluaran.

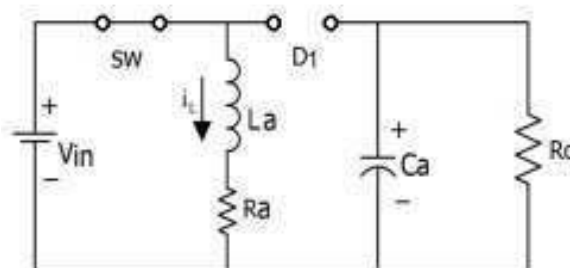


Gambar 1. Konfigurasi konverter *buck-boost*

Jika pada waktu $0 < t < \delta T$ saklar SW diasumsikan dalam keadaan ON, konfigurasi konverter ini dapat diperlihatkan pada Gambar 2. Pada mode switch ON ini, dioda mengalami *reverse bias* sehingga arus tidak mengalir pada dioda, sehingga induktor L_a menjadi rangkaian tertutup dengan sumber tegangan V_{in} dan arus mengalir melalui induktor. Dalam kondisi ini kapasitor C_a mengalami *discharge* dan mengalirkan muatannya ke beban R_o . Berdasarkan hukum Kirchoff arus (KCL) dan tegangan (KVL), persamaan untuk *mode switch* ON dapat dituliskan sebagai berikut [10], [11]:

$$\dot{i}_L = -\frac{R_a}{L_a} i_L + \frac{1}{L_a} V_{in} \quad (3)$$

$$\dot{v}_o = -\frac{1}{C_a R_o} v_o \quad (4)$$

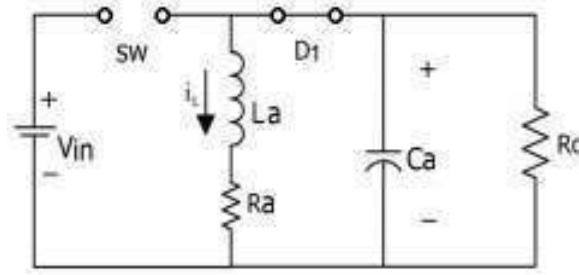


Gambar 2. *Mode switch ON*

Untuk kondisi waktu lainnya pada $\delta T < t < T$, saklar SW berada pada kondisi OFF yang mana dalam kondisi ini konverter berada pada *mode switch* OFF. Konfigurasi konverter pada ada kondisi *switch* OFF ditunjukkan Gambar 3. Pada kondisi ini tegangan masukan terputus, dan dioda mengalami *forward bias* sebagai akibat dari mengalirnya dari induktor L_a menuju kapasitor C_a dan beban R_o . Kapasitor akan segera mengisi muatannya kembali dan arus dari induktor L_a akan segera berkurang sampai mode ON diaktifkan kembali. Persamaan arus dan tegangan dengan KCL dan KVL untuk mode switch OFF dapat ditulis sebagai berikut:

$$\dot{i}_L = -\frac{R_a}{L_a} i_L + \frac{1}{L_a} V_o \quad (5)$$

$$\dot{v}_o = -\frac{1}{C_a} i_L - \frac{1}{C_a R_o} v_o \quad (6)$$



Gambar 3. Mode switch OFF

Duty cycle pada satu periode *switching* menjadi pertimbangan dalam pemodelan konverter ini, yang diasumsikan sebagai rata-rata dari mode switch ON dan OFF.

$$\begin{aligned} A_{Kon} &= \delta A_{ON} + (1 - \delta) A_{OFF} \\ B_{Kon} &= \delta B_{ON} + (1 - \delta) B_{OFF} \end{aligned} \quad (7)$$

Model *state space* untuk konverter ini dapat ditulis sebagai berikut [10], [11]:

$$\dot{x} = \begin{bmatrix} \frac{-R_a}{L_a} & \frac{\delta - 1}{L_a} \\ \frac{\delta - 1}{C_a} & \frac{1}{R_o C_a} \end{bmatrix} x + \begin{bmatrix} \frac{V_{in}}{L_a} \\ 0 \end{bmatrix} u \quad (8)$$

$$y = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix} x + [0] u \quad (9)$$

Dimana state vector $x = [i_L, v_o]$, y adalah keluaran sistem dan masukan $u = \delta$ [12].

2.2. MPC dengan Fungsi Laguerre

Fungsi Laguerre adalah sekumpulan fungsi *orthonormal* yang digunakan untuk memperkirakan respons impuls waktu-diskrit $H(k)$ dari sistem dinamis. Dengan sejumlah suku N tertentu, tanggapannya dapat ditulis sebagai berikut [6]:

$$H(k) = c_1 l_1(k) + c_2 l_2(k) + \dots + c_N l_N(k) \quad (10)$$

Dengan $L(k) = [l_1(k) \ l_2(k) \ \dots \ l_N(k)]^T$ adalah fungsi Laguerre diskrit dan merupakan koefisien Laguerre yang akan ditentukan dari data sistem. Variabel k adalah sampling sesaat dari fungsi Laguerre diskrit yang dapat diturunkan dari persamaan diferensial sebagaimana dituliskan sebagai berikut:

$$L(k+1) = A_l L(k) \quad (11)$$

Dimana A_l matriks toeplitz dari faktor skala a dengan $\beta = 1 - a^2$, seperti diformulasikan pada persamaan 12. Persamaan 13 menunjukkan kondisi awal dari fungsi Laguerre pada waktu $k=0$.

$$A_l = \begin{bmatrix} a & 0 & 0 & 0 & \vdots \\ \beta & a & 0 & 0 & \vdots \\ -a\beta & \beta & a & 0 & \vdots \\ a^2\beta & -a\beta & \beta & a & \vdots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & a \end{bmatrix} \quad (12)$$

$$L(0)^T = \sqrt{\beta} [1 \ -a \ a^2 \ -a^3 \ \dots \ (-a)^{N-1}] \quad (13)$$

Bentuk *state space* matriks dari sistem pada waktu diskrit sebagaimana dikonversikan dari sistem waktu kontinyu diperlihatkan pada persamaan berikut:

$$\begin{aligned}x(k+1) &= A_d x(k) + B_d u(k) \\ y(k) &= C_d x(k)\end{aligned}\quad (14)$$

Jika A_d , B_d , C_d merupakan matriks sistem diskrit, model sistem diskrit tersebut dapat ditransformasikan menjadi model augmentasi dari sistem dengan bentuk sebagai berikut.

$$\begin{aligned}x(k+1) &= \tilde{A}x(k) + \tilde{B}\Delta u(k) \\ y(k) &= \tilde{C}x(k)\end{aligned}\quad (15)$$

Dimana $x(k)=[x(k) \ y(k)]^T$, $u(k)=u(k)-u(k-1)$.

Menggunakan fungsi Laguerre, trajektori pengendali pada waktu sesaat $k+p$ dapat diberikan sebagai berikut:

$$\Delta u(k+p) = \sum_{j=1}^N c_j(k) l_j(p) = L(p)^T \eta \quad (16)$$

Masalah optimalisasi dapat diformulasikan dengan variable state dari saat terkini k sebagai berikut:

$$J = \sum_{p=1}^{N_p} x(k+p|k)^T Q x(k+p|k) + \sum_{p=0}^{N_p} \Delta u(k+p)^T r(k) \Delta u(k+p) \quad (17)$$

Dimana $r(k)$ adalah penalti pada input dan $Q=C^T C$ merupakan matriks pembobot. Karena sifat ortonormal fungsi Laguerre, fungsi tujuan untuk MPC berbasis fungsi Laguerre dapat diberikan sebagai berikut dengan mengganti (16) ke (17).

$$J = \sum_{p=1}^{N_p} x(k+p|k)^T Q x(k+p|k) + \eta^T R_L \eta \quad (18)$$

Dimana R_L merupakan diagonal matriks dengan ukuran $M \times M$ dengan pinalti $r(k)$ pada diagonalnya.

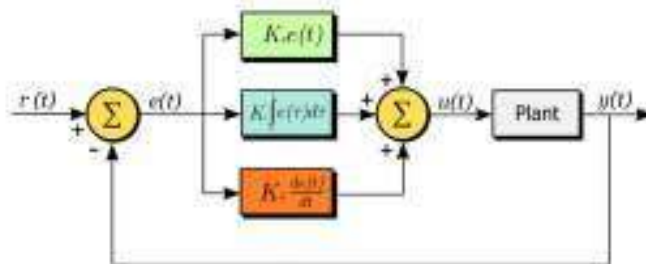
Receding horizon control dapat diterapkan untuk memperkuat ketahanan sistem dengan hanya menerapkan sampel pertama dari *control trajectory* sebagai input. *Receding horizon control* diperoleh dengan persamaan berikut.

$$\Delta u(k) = L(0)^T \eta \quad (19)$$

2.3. Kontroler PID

Pengendali PID (Proporsional Integral Derivative) merupakan salah satu pengendali yang sederhana dan banyak dipakai sebagai pengendali peralatan dalam dunia industri. Diagram blok pengendali ini dapat diberikan pada Gambar 4. Pengontrol PID akan memberikan aksi $u(t)$ kepada *plant* berdasarkan besar kesalahan $e(t)$ yang diperoleh antara setpoint $r(t)$ dengan keluaran $y(t)$. Berdasarkan namanya kontroler PID menggabungkan gain yang diperoleh proportional gain (K_p), integral gain (K_i) dan differential gain (K_d) untuk menghasilkan sinyal $u(t)$ menuju plant. Hasil penggabungan yang tepat akan menghasilkan reaksi sistem yang cepat, menghilangkan overshoot, dan kesalahan keadaan tunak yang mendekati nol.

Untuk menghasilkan penggabungan gain dari ketiga jenis controller tersebut, dapat dilakukan dengan melakukan tuning yang tepat. Tuning pada kontroler PID dilakukan pada saat sistem berada pada kondisi keadaan tunak, sehingga perilaku kontroler sudah stabil pada saat dilakukan tuning. Salah satu metode penalaan yang banyak dipakai adalah Ziegler and Nichols.



Gambar 4. Diagram pengendali PID

Jika $e(t)$ sebagai input ke alat kontrol PID sebagai akibat adanya selisih antara keluaran sistem dengan *setpoint* $r(t)$, maka output $u(t)$ dari alat kontrol ini diberikan oleh persamaan berikut [4]:

$$u(t) = K_p e(t) + K_i \int_0^t e(\tau) d\tau + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (20)$$

3. HASIL DAN ANALISIS

3.1. Konverter Buck-Boost

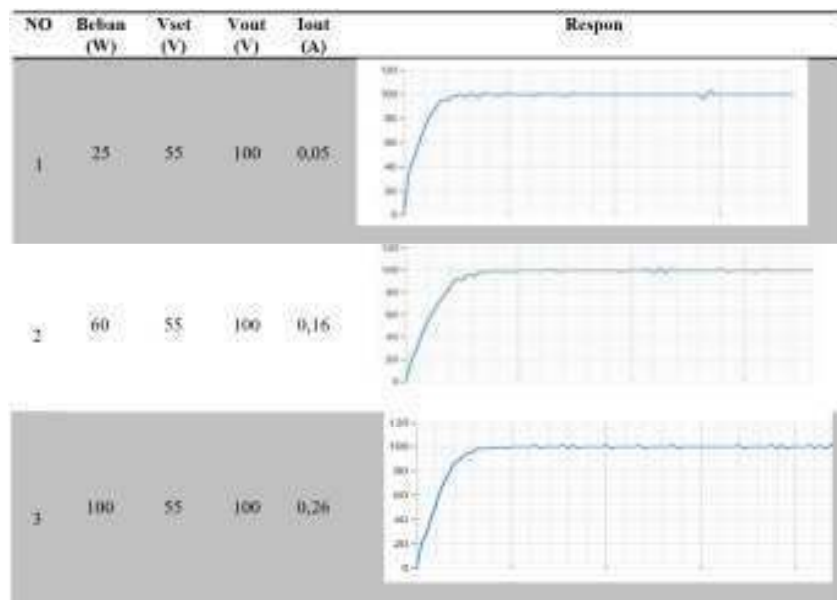
Konverter *buck-boost* yang digunakan dalam tulisan ini menggunakan struktur yang sama dengan seperti digambarkan pada Gambar 1. Konfigurasi konverter yang digunakan diberikan pada Table 1 yang mana konfigurasinya sesuai dengan yang ada pada penelitian sebelumnya [4]. Tegangan keluaran V_o merupakan *setpoint* yang menjadi acuan MPC dengan nilai bervariasi konstan pada tegangan 100V lebih tinggi dari tegangan sumber sebesar 55V.

Tabel 1. Parameter Konverter

Parameter	Nilai dan Satuan
V_{in}	55 V
V_o	100 V
R_a	2.22 mH
C_a	100 μ F
R_o	2000, 625, 400 Ω
P_o	25, 60, 100 W
F_s	10 kHz

3.2. Pengujian Kontroler PID

Untuk pengujian kontroler PID, hasil pengujian dari Sheren dan Aswardi [4] akan digunakan. Dalam penelitian tersebut terlihat adanya kesulitan untuk mendapatkan nilai terbaik dari konfigurasi PID dengan penalaan berdasarkan metode Ziegler and Nichols (ZN2). Sehingga dengan metode *trial and error*, didapatkan konfigurasi dengan respon terbaik pada nilai $K_p = 0.34$, $K_i = 0.355$ dan $K_d = 0.0195$. *Time delay*, *rise time*, dan *setling time* dari pengujian ini terturut-turut 0.37s, 1.851s, dan 1.851s. Hasil pengujian ditulis ulang sebagaimana tampak pada Gambar 5.



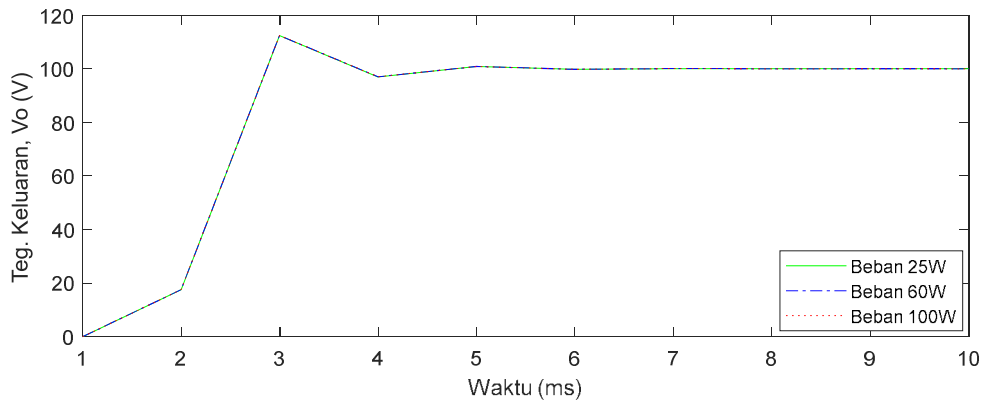
Gambar 5. Respon pengendali PID

Hasil pengujian menggunakan lampu pijar 25, 60 dan 100 watt seperti tampak pada Gambar 5, terlihat bahwa ada sedikit kesalahan keadaan tunak dimana respon sistem berada sedikit dibawah garis *setpoint* 100V. Dalam pengujian ini juga hanya di uji konverter *boost* untuk menaikkan tegangan menjadi 100V pada tegangan input 55V dan tidak di uji performa konverter *buck* untuk menurunkan tegangan.

3.3. Pengujian MPC

MPC berbasis fungsi Laguerre yang digunakan dalam tulisan ini merupakan MPC diskrit. Beberapa parameter yang digunakan untuk penalaan MPC antara lain: panjang network $N=4$, faktor skala $a=0.5$, horison prediksi $N_p=20$, horison kontrol $N_c=4$, dan waktu sampling $T_p=0.001$ s.

Pengujian dilakukan dengan mengeset tegangan masukan V_o sebesar 100V. Perubahan beban ditandai dengan perubahan hambatan beban R_o sebesar 2000, 625 dan 400 ohm. Hasil pengujian MPC ditampilkan pada Gambar 6, dengan nilai tegangan dan arus keluaran disajikan pada Tabel 2.



Gambar 6. Respon pengendali MPC

Berdasarkan Gambar 5 terlihat bahwa beban yang di pasang walaupun besarnya di rubah tegangan keluaran tetap sama, ini terlihat pada grafik tegangan keluaran yang saling tumpang tindih. Pengukuran *time delay*, *rise time*, *peak time* dan *setling time* adalah berturut-turut 0ms, 2.6ms, 3ms dan 4.2ms. Terlihat juga bahwa ada *overshoot* 12.4% sehingga *settling time* (2%) baru tercapai pada 4.2ms.

3.4. Analisa Performa

Berdasarkan pengujian kedua kontroler, dapat disimpulkan bahwa kedua kontroler dapat bekerja dengan baik untuk mengendalikan konverter *buck-boost*. MPC tidak memiliki *time delay*, disamping itu *rise time*, *peak time* dan *setling time* adalah jauh lebih cepat dibandingkan PID. Pada keadaan tunak, MPC tidak memiliki *error*, sedangkan PID memiliki sedikit *error* dan beberapa kejutan sepanjang simulasi.

Walaupun MPC memiliki keunggulan dalam hal tanpa *delay*, kesalahan keadaan tunak tidak ada, respon waktu yang cepat dan juga stabil sepanjang proses, tetapi MPC memiliki *overshoot* sekitar 12.4%. Jika dibandingkan dengan MPC, Kontroler PID memiliki respon yang lebih lama dan terdapat *overshoot* yang timbul.

4. KESIMPULAN

Dalam penelitian ini telah dikembangkan sebuah pengendali MPC berbasis fungsi Laguerre untuk mengontrol konverter *buck-boost*. Pengaturan pada parameter MPC untuk pengujian antara lain panjang network $N=4$, faktor skala $a=0.7$, horison prediksi $N_p=20$ dan horison kontrol $N_c=2$, sedangkan parameter pada kontroler PID antara lain *proporsional gain* $K_p=0.34$, *integral gain* $K_i=0.335$ dan *differential gain* $K_d=0.0195$. Simulasi dilakukan dengan variasi beban sebesar 25W, 60W dan 100W pada tegangan input 55V dan *setpoint* 100V. Hasil simulasi menunjukkan bahwa MPC tidak memiliki *time delay* dan respon waktu yang sangat cepat yang ditunjukkan dengan *rise time* dan *settling time* yang cepat namun sebagai akibatnya terjadi *overshoot* sebesar 12.4% pada responnya. Di lain pihak, kontroler PID memiliki respon waktu yang lebih lama namun tidak terjadi *overshoot* dan terdapat kesalahan keadaan tunak pada tanggapan sistem.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] M. I. Safii, A. N. P. F, M. C. Pujianto, B. Y. Dewantara, and D. P. K. Iradiratu, "Analisa Pengendalian Kecepatan Motor DC Menggunakan Buck Boost Konverter," in *Seminar Nasional Kelautan XIV*, 2019, pp. 29–35.
- [2] A. Dogra and K. Pal, "Design of Buck-Boost Converter for Constant Voltage Applications and Its Transient Response Due To Parametric Variation of PI Controller," *Int. J. Innov. Res. Sci. Eng. Technol.*, vol. 3, no. 6, pp. 13579–13588, 2014.
- [3] F. S. Dinniyah, W. Wahab, and M. Alif, "Simulation of Buck-Boost Converter for Solar Panels using PID Controller," *Energy Procedia*, vol. 115, pp. 102–113, 2017, doi: 10.1016/j.egypro.2017.05.011.

- [4] S. D. D. Putri and Aswardi, "Rancang Bangun Buck-Boost Converter menggunakan Kendali," *J. Tek. Elektro dan Vokasional*, vol. 06, no. 02, pp. 258–272, 2020.
- [5] Imam Setyawan & Bambang Suprianto, "Rancang Bangun Prototype Solar Cell Buck Boost Converter Menggunakan Kontrol Fuzzy Di Implementasikan Pada Aerator Tambak Udang," *J. Tek. Elektro*, vol. 8, no. 3, pp. 627–635, 2019.
- [6] S. Bououden, S. F. O. Hazil, and M. Chadli, "Modelling and model predictive control of a DC-DC Boost converter," in *15th International Conference on Sciences and Techniques of Automatic Control and Computer Engineering (STA)*, 2014, pp. 643–648.
- [7] A. B. Rehiara, H. Chongkai, Y. Sasaki, N. Yorino, and Y. Zoka, "An Adaptive Internal Model for Load Frequency Control Using Extreme Learning Machine," *Telkomnika*, vol. 16, no. 6, pp. 1–6, 2018.
- [8] A. B. Rehiara, H. Chongkai, Y. Sasaki, N. Yorino, and Y. Zoka, "An adaptive IMC-MPC controller for improving LFC performance," in *2017 IEEE Innovative Smart Grid Technologies - Asia*, 2018, pp. 1–6, doi: 10.1109/ISGT-Asia.2017.8378403.
- [9] Sutedjo, Z. Efendi, and D. M. Mursyida, "Rancang Bangun Modul DC – DC Converter Dengan Pengendali PI," *Politek. Elektron. Negeri Surabaya - ITS*, pp. 1–5, 2016.
- [10] L. Wang, S. Chai, D. Yoo, L. Gan, and K. Ng, *PID and Predictive Control of Electrical Drives and Power Converters Using MATLAB/Simulink*. Singapore: John Wiley & Sons Singapore pte. Ltd, 2015.
- [11] R. H. G. Tan and L. Y. H. Hoo, "DC-DC converter modeling and simulation using state space approach," in *2015 IEEE Conference on Energy Conversion (CENCON)*, 2015, pp. 42–47.
- [12] P. Singh and S. Purwar, "Sliding mode controller for PWM based Buck-boost DC/DC converter as state space averaging method in continuous conduction mode," in *2012 2nd International Conference on Power, Control and Embedded Systems*, 2015, pp. 1–5.