RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK SEBAGAI SISTEM EKSITASI GENERATOR SINKRON BERBASIS KENDALI PID (*PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE*)

Skripsi

Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan
Guna Meraih Gelar Sarjana S-1

Oleh:

Desita Ambar Kusumawardani
1022211048

PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI DAN REKAYASA PERTAMBANGAN
FAKULTAS SAINS DAN TEKNIK
UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG

2026

HALAMAN PERSETUJUAN

RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK SISTEM EKSITASI GENERATOR SINKRON BERBASIS KENDALI PID (PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

DESITA AMBAR KUSUMAWARDANI

1022211048

Telah dipertahankan didepan dewan penguji

Tanggal, 24 September 2026

Susunan Dewan Penguji,

Ketua Dewan Penguji,

Tri Hendrawan Budiarto, S.T.,M.T.
NIP.197104282021211001

Anggota Dewan Penguji,

Rika Favoria Gusa, S.T.,M.Eng
NIP.198407222014042002

Anggota Dewan Penguji,

Asmar, S.T.,M.Eng
NIP.197610232021211002

Anggota Dewan Penguji,

Muhammad Fauzan Ridho, S.T.,M.T.
NIP.199503282022031009

HALAMAN PENGESAHAN

RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK SISTEM EKSITASI GENERATOR SINKRON BERBASIS KENDALI PID (PROPORTIONAL INTEGRAL DERIVATIVE)

Dipersiapkan dan disusun oleh:

DESITA AMBAR KUSUMAWARDANI

1022211048

Diperiksa dan disetujui

Pada Tanggal, 24 September 2026

Pembimbing Utama,	Pembimbing Pendamping,
Asmar, S.T.,M.Eng	**Muhammad Fauzan Ridho, S.T.,M.T.**
NIP.197610232021211002	**NIP.199503282022031009**

Mengetahui,

Koordinator Prodi Teknik Elektro,

Ir. Ghiri Basuki Putra, S.T.,M.T.

NIP.198107202012121003

HALAMAN PERNYATAAN KESESUAIAN PENELITIAN

saya yang bertandatangan dibawah ini:

Nama	: Desita Ambar Kusumawardani
NIM	: 1022211048
Judul	: Rancang Bangun Konverter Buck Sebagai Sistem Eksitasi Generator Sinkron Berbasis Kendali PID (*Proportional, Integral, Derivative*)

Menyatakan dengan ini, bahwa skripsi saya merupakan hasil karya ilmiah saya sendiri yang didampingi tim pembimbing dan bukan hasil karya dari penjiplakan/plagiat. Apabila nantinya ditemukan adanya unsur penjiplakan di dalam karya skripsi saya ini, maka saya bersedia untuk menerima sanksi akademik dari Universitas Bangka Belitung sesuai dengan ketentuan dan peraturan yang berlaku.

Dengan pernyataan ini saya buat dalam keadaan sehat dan sadar tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun.

Pangkalpinang, 24 September 2026



Desita Ambar Kusumawardani
NIM.1022211048

HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI

Sebagai sivitas akademik Universitas Bangka Belitung, saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama	: Desita Ambar Kusumawardani
NIM	: 1022211048
Program Studi	: Teknik Elektro
Jurusan	: Teknologi Industri dan Rekayasa Pertambangan
Fakultas	: Sains dan Teknik

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Bangka Belitung **Hak Bebas Royalti Nonekslusif (Non-excelusive Royalti-Free Right)**atas skripsi saya yang berjudul:

"RANCANG BANGUN KONVERTER BUCK SEBAGAI SISTEM EKSITASI GENERATOR SINKRON BERBASIS KENDALI PID (*PROPORTIONAL, INTEGRAL, DERIVATIVE*)"

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Nonekslusif ini Fakultas Sains dan Teknik Universitas Bangka Belitung berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di Pangkalpinang
Pada tanggal, 24 September 2026
Yang Menyatakan,



DESITA AMBAR KUSUMAWARDANI

ABSTRAK

Energi listrik yang digunakan dalam kehidupan sehari-hari dihasilkan oleh pembangkit listrik yang menggunakan generator sinkron. Pada proses pembangkitan energi listrik terdapat 2 parameter utama yang perlu diatur dan dijaga tetap yaitu frekuensi dan tegangan. Pada penelitian ini berfokus pada pengendalian tegangan generator sinkron dengan metode kendali PID. Tegangan keluaran generator sinkron diatur melalui arus eksitasi pada rotor generator. Perubahan tegangan keluaran generator dapat terjadi akibat dari karakteristik beban induktif dan kapasitif. Beban induktif dan kapasitif akan memberikan arus beban yang mengakibatkan munculnya fluks pada kumparan stator. Beban induktif akan memberikan fluks beban yang dapat menurunkan tegangan keluaran generator sehingga arus eksitasi pada rotor perlu ditingkatkan sedangkan beban kapasitif memperkuat fluks pada stator sehingga terjadi peningkatan tegangan sehingga sistem eksitasi perlu menurunkan arus eksitasi pada rotor generator sinkron.

Untuk mengatur arus eksitasi ini menggunakan metode kendali otomatis yaitu PID (Proporsional, Integral, dan Derivatif). Penelitian ini menggunakan rangkaian konverter buck yang bekerja berdasarkan faktor kerja yang diberikan oleh rangkaian kontrol. Konverter buck ini mendapat sumber dari rangkaian penyearah gelombang penuh yang menghasil tegangan searah yang diperlukan oleh eksitasi generator. Faktor kerja untuk konverter buck ditentukan oleh kendali PID. Pada kendali PID menggunakan 3 komponen Kp, Ki, dan Kd yang ditentukan dengan metode Ziegler-Nichols dan metode *fine tunning* hingga didapatkan nilai Kp = 0,00017, Ki = 0, dan Kd = 0,00006.

Dari hasil pengujian didapatkan overshoot maksimum tegangan mencapai 240,62 (+9,37%), error steady state minimum 216,19V dan maksimum 224V. *Rise time* yang diperlukan sistem untuk mencapai kondisi tunak selama 0,879s dan *settling time* dari awal sistem diaktifkan adalah 5,065s. Waktu pemulihan sistem atau *settling time* ketika adanya perubahan beban adalah 2s.

Kata Kunci: Pembangkit Listrik, Arus Eksitasi, Buck Converter, PID, Mikrokotroler.

ABSTRACT

Electrical energy used in daily life is generated by power plants that utilize synchronous generators. In the process of electrical power generation, there are two main parameters that need to be regulated and maintained, namely frequency and voltage. This research focuses on controlling the voltage of a synchronous generator using the PID control method. The output voltage of the synchronous generator is regulated through the excitation current in the generator rotor. Variations in the generator output voltage may occur due to the characteristics of inductive and capacitive loads. Inductive and capacitive loads produce load currents that result in the generation of magnetic flux in the stator winding. An inductive load produces a load flux that can reduce the generator output voltage; therefore, the excitation current in the rotor needs to be increased. Meanwhile, a capacitive load strengthens the flux in the stator, resulting in an increase in the generator output voltage, so the excitation system needs to reduce the excitation current in the synchronous generator rotor.

To regulate the excitation current, an automatic control method, namely PID (Proportional, Integral, and Derivative) control, is employed. This research uses a buck converter circuit that operates based on the duty cycle provided by the control circuit. The buck converter receives its input from a full-wave rectifier circuit, which produces the direct-current voltage required for generator excitation. The duty cycle of the buck converter is determined by the PID controller. The PID controller consists of three parameters, namely Kp, Ki, and Kd, which were determined using the Ziegler–Nichols method and fine-tuning, resulting in Kp = 0.00017, Ki = 0, and Kd = 0.00006.

The test results showed that the maximum voltage overshoot reached 240.62 V (+9.37%), while the minimum and maximum steady-state voltages were 216.19 V and 224 V, respectively. The rise time required for the system to reach the steady-state condition was 0.879 s, while the settling time from the initial system activation was 5.065 s. The system recovery time, or settling time, following a load change was 2 s.

Keywords: *Power Generation, Excitation Current, Buck Converter, PID, Microcontroller.*

HALAMAN PERSEMBAHAN

Segala puji dan syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa atas berkat, rahmat, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Karya tulis ini merupakan salah satu bentuk tanggung jawab penulis dalam menyelesaikan pendidikan, yang tentunya melalui berbagai tantangan, pembelajaran, dan pengalaman berharga selama proses perkuliahan.

Dalam penyusunan karya tulis ini, penulis menyadari bahwa skripsi ini tidak akan terselesaikan tanpa adanya bantuan, dukungan, do'a, motivasi, serta kontribusi baik secara langsung maupun tidak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa hormat dan terima kasih kepada seluruh pihak yang mendampingi, membantu, dan memberikan semangat hingga skripsi ini dapat terselesaikan.

1. Tuhan Yang Maha Esa Allah SWT.
2. Kepada Ibu yang selalu memberikan do'a, dukungan, dan rasa aman hingga penulis dapat menempuh pendidikan hingga saat ini dan nanti. Ibu yang selalu menjadi cahaya di jalan putrinya ini. Karya ini diharapkan dapat menjadi hasil dari usaha dan perjuangan ibu yang terus berjuang dan menahan air mata untuk anaknya.
3. Kepada Bapak yang raganya sudah rapuh tetapi jiwanya tetap hadir didalam diri penulis. Bapak yang selalu mengusahakan semua untuk anaknya. Bapak yang telah kalah pada takdir tetapi tetap berusaha untuk menjadi kompas putrinya. Semoga karya ini dapat menjadi persembahan yang cukup untuk mempresentasikan hasil dari usaha yang telah diperjuangkan semasa hidup.
4. Bapak Prof. Dr. Ibrahim, M.Si., selaku rektor Universitas Bangka Belitung.
5. Ibu Ir. Eka Sari Wijayanti, S.Pd., M.Si. selaku dekan fakultas sains dan teknik Universitas Bangka Belitung.
6. Bapak Ir. Ghiri Basuki Putra, S.T., M.T. selaku koordinator program studi Teknik Elektro.
7. Kepada Bapak Asmar, S.T., M.Eng sebagai dosen pembimbing utama, yang banyak sekali membantu dalam proses penelitian. Memberikan banyak ilmu, pengetahuan, dan pengalaman untuk penulis.
8. Kepada Bapak M. Fauzan Ridho, S.T.,M.T. selaku dosen pembimbing pendamping yang selalu mendampingi dan membimbing penulis hingga dapat menyelesaikan penelitian ini.
9. Kepada Bapak Ir. M. Yonggi Puriza, S.T.,M.T. selaku pembimbing akademik yang membina selama masa perkuliahan.
10. Seluruh dosen atau tenaga pengajar yang telah memberikan ilmu pengetahuan bagi penulis.
11. Staff Teknik Elektro Bang Hendy dan Pak Noverdi yang bersedia untuk selalu direpotkan masalah administrasi penulis.
12. Kepada sahabat-sahabat penulis Naja dan Pira atau lebih tepatnya kakak?. Penulis sangat amat berterima kasih kepada mereka karena selalu mengajak penulis untuk bersosialisasi bahkan bisa dibilang

mereka berdua bersedia untuk memungut penulis yang sangat introvert. Mereka orang yang sering marah dan emosi tapi yang paling peduli bagi penulis. Mereka adalah sekumpulan warna-warna cerah yang selalu menghiasi jiwa penulis.

13. Kepada Mbak&friends Indah, Belle, Jessica, Nadia, Helen, Yudha, Juan, Tole, dan Rama. Sekelompok orang-orang yang kurang bisa bersosialisasi berkumpul bersama dan membentuk jati diri didalamnya. Mereka memiliki bahasa yang berbeda-beda untuk mengungkapkan kasih dan sayang untuk satu sama lain. Berjuang bersama terutama saat mengerjakan tugas pak Asmar hehehehe.
14. Akan penulis ucapkan kalimat terima kasih untuk seluruh keluarga yang terus mendukung. Sering mengajak untuk menjaga kewarasan ini walaupun sering menghabiskan uang.
15. Terakhir akan ku ucapkan terima kasih kepada doping yang terus menemani penulis dalam penyusunan skripsi ini yaitu kopi latte.
16. Penulis ucapkan terima kasih kepada teman-teman lintas angkatan yang terus membantu dan memberikan dukungan yang berarti untuk penulis. Memberikan alasan penulis untuk memberikan yang terbaik dan terus berusaha menjadi contoh yang baik.
17. Terima kasih untuk jiwaku yang tidak mati ditangan sendiri.

MOTTO

"JIKA LELAH MAKA ISTIRAHATLAH, JIKA SAKIT MAKA SEMBUHLAH, JIKA HANCUR MAKA BANGKITLAH. TIDAK ADA ALASAN UNTUK MENYERAH DI JALAN TAKDIR TUHAN"

KATA PENGANTAR

Dengan Memanjatkan puji syukur kehadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayah-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul:

"Rancang Bangun Konverter Buck Sebagai Sistem Eksitasi Generator Sinkron Berbasis Kendali PID (*Proportional Integral Derivative*)"

Melalui skripsi ini, penulis menyadari sepenuhnya bahwa penulisan ini masih terdapat banyak kekurangan dan keterbatasan. Oleh karena itu, penulis mengharapkan saran dan kritikan yang membangun agar penulisan ini bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan dimasa depan.

Pangkalpinang, 23 September 2026

Desita Ambar Kusumawardani
NIM. 1022211048

DAFTAR ISI

HALAMAN PERSETUJUAN ii
HALAMAN PENGESAHAN iii
HALAMAN PERNYATAAN KESESUAIAN PENELITIAN iv
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI v
ABSTRAK vi
ABSTRACT vii
HALAMAN PERSEMBAHAN viii
KATA PENGANTAR x
DAFTAR ISI xi
DAFTAR GAMBAR xiv
DAFTAR TABEL xvii
DAFTAR LAMPIRAN xix
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1. Latar Belakang 1
1.2. Rumusan Masalah 2
1.3. Tujuan Penelitian 2
1.4. Batasan Masalah 2
1.5. Manfaat Penelitian 3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 4
2.1. Tinjauan Pustaka 4
2.2. Dasar Teori 5
2.2.1. Pembangkit Tenaga Listrik 5
2.2.2. Jenis-jenis beban 6
2.2.3. *Automatic Voltage Regulator* (AVR) 9
2.2.4. Generator Sinkron 9
2.2.5. *Total Harmonic Distortion* (THD) 14

2.2.6. Rangkaian AC-DC *Converter* Tak Terkendali Gelombang Penuh15
2.2.7. Konverter Buck.....17
2.2.8. MOSFET (*Metal Oxide Semiconductor Field Effect Transistor*)..21
2.2.9. Pulsa PWM (*Pulse Widht Modulation*).....23
2.2.10. LM311.....23
2.2.11. Metode Kendali PID (*Proportional-Integral-derivatif*).....24
2.2.12. Mikrokontroler.....26
2.2.13. Rangkaian Pembagi Tegangan.....27
2.2.14. Pengukuran 27
BAB III METODE PENELITIAN.....29
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian.....29
3.2. Alat dan Bahan.....29
3.2.1. Alat.....29
3.2.2. Bahan 30
3.3. Prosedur Penelitian.....33
3.3.1. Studi Literatur.....33
3.3.2. Perencanaan dan Perancangan Sistem 33
3.3.3. Persiapan Alat dan Bahan 40
3.3.4. Perakitan Rangkaian 41
3.3.5. Pembuatan Sistem (Software).....41
3.3.6. Pengujian dan Evaluasi Alat 47
3.3.7. Implementasi pada Sistem Pembangkit Listrik (Skala Laboratorium) 48
3.3.8. Pengambilan Data 49
3.3.9. Pengolahan dan Analisis Data.....49
3.3.10. Kesimpulan 50

BAB IV PEMBAHASAN 51
4.1. Rangkaian Daya 51
4.2. Rangkaian Kendali 56
BAB V PENUTUP.....85
5.1 Kesimpulan.....85
5.2 Saran 85
DAFTAR PUSTAKA.....87
LAMPIRAN.....89

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1. Phasor Tegangan dan Arus untuk Beban Resistif 7
Gambar 2. 2. Phasor tegangan dan arus pada beban kapasitif 8
Gambar 2. 3. Phasor tegangan dan arus pada beban induktif 8
Gambar 2. 4. Generator Sinkron 10
Gambar 2. 5. Kutub generator sinkron 3 fasa 10
Gambar 2. 6. Penampang stator dan rotor berkutub tonjol (salient) 11
Gambar 2. 7. Rangkaian Ekivalen Generator 12
Gambar 2. 8. Grafik Tegangan terhadap Arus eksitasi 12
Gambar 2. 9. Nameplate Generator Sinkron 14
Gambar 2. 10. Standar THD pada IEEE 519-2022 14
Gambar 2. 11. Rangkaian Penyearah Tak Terkendali Gelombang Penuh 16
Gambar 2. 12. Bentuk Gelombang Tegangan Beban dari 17
Gambar 2. 13. Rangkaian Buck converter 18
Gambar 2. 14. Rangkaian Buck converter Kondisi ON 18
Gambar 2. 15. Rangkaian Buck converter Kondisi OFF 18
Gambar 2. 16. Grafik arus induktor terhadap waktu pada kondisi diskontinu 19
Gambar 2. 17. Grafik arus induktor terhadap waktu pada kondisi kontinu 19
Gambar 2. 18. Gelombang sinyal untuk kondisi kontinu 20
Gambar 2. 19. Bentuk Fisik dan Skematik Diagram MOSFET 21
Gambar 2. 20. Kurva Karakteristik MOSFET 22
Gambar 2. 21. LM311 23
Gambar 2. 22. Diagram Blok PID 24
Gambar 2. 23. Grafik Respon Sistem 25
Gambar 2. 24. Rangkaian Pembagi Tegangan 27
Gambar 3. 1. Diagram Alir Penelitian 33
Gambar 3. 2. Skema Sistem Eksitasi Generator Sinkron Berbasisi Kendali PID 34
Gambar 3. 3. Rangkaian Penelitian 34
Gambar 3. 4. Rangkaian Penyearah Dioda Bridge 35

Gambar 3. 5. Rangkaian Buck Converter 35
Gambar 3. 6. Mikrokotroler 36
Gambar 3. 7. Sensor Tegangan 36
Gambar 3. 8. Sensor Arus ACS758 37
Gambar 3. 9. Rangkaian Komparator 37
Gambar 3. 10. Rangkaian Antarmuka 38
Gambar 3. 11. Skematik Rangkaian Pengujian 39
Gambar 3. 12.Diagram Alir Tuning Metode Ziegler-Nichol dan Fine Tunning.....43
Gambar 3. 13. Diagram Blok Sistem Kendali PID 45
Gambar 3. 14. Diagram Alir Program ARDUINO UNO R3.....46
Gambar 3. 15. Diagram Pengawatan Pembangkit Listrik 48
Gambar 4. 1. Rangkaian Penyearah.....51
Gambar 4. 2.Gelombang Tegangan Masukan Rangkaian Penyearah.....52
Gambar 4. 3. Gelombang Tegangan Keluaran Rangkaian Penyearah.....52
Gambar 4. 4. Rangkaian Konverter Buck.....54
Gambar 4. 5. Sensor Tegangan.....56
Gambar 4. 6. Bentuk Gelombang Tegangan Masukan 50Vac 56
Gambar 4. 7. Bentuk Gelombang Tegangan Masukan 250Vac 57
Gambar 4. 8. Sensor Tegangan.....58
Gambar 4. 9. Hubungan Tegangan Masukan dan Pembacaan Nilai Digital Mikrokontroler 59
Gambar 4. 10. Rangkaian Komparator LM311 64
Gambar 4. 11. Gelombang PWM Dengan Faktor Kerja 0,1 Keluaran Mikrokontroler 65
Gambar 4. 12. Gelombang PWM Dengan Faktor Kerja 0,5 Keluaran Mikrokontroler 65
Gambar 4. 13. Gelombang PWM Dengan Faktor Kerja 0,9 Keluaran Mikrokontroler 66
Gambar 4. 14. PWM dengan Faktor Kerja 0,1 Keluaran Komparator 66
Gambar 4. 15. PWM dengan Faktor Kerja 0,5 Keluaran Komparator 67
Gambar 4. 16. PWM dengan Faktor Kerja 0,9 Keluaran Komparator 67

Gambar 4. 17. Gelombang Tegangan dengan KP = 0,00045 68
Gambar 4. 18. Grafik Respon PID (Kp = 0,000225).....68
Gambar 4. 19. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu dengan Nilai Kp= 0,0002025 dan Ki = 0,00019.....69
Gambar 4. 20. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu dengan Kp = 0,00027, Ki = 0,00042, dan Kd = 0,000043.....70
Gambar 4. 21. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu Tegangan Kp = 0,00027 dan Kd = 0,000043 71
Gambar 4. 22. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu Tegangan Kp = 0,0002 dan Kd = 0,00005 72
Gambar 4. 23. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu Tegangan Kp = 0,00018 dan Kd = 0,00006 73
Gambar 4. 24. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu Tegangan Kp = 0,00017 dan Kd = 0,00007 74
Gambar 4. 25. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu dengan Nilai Kp = 0,00017 dan Kd = 0,00006.....75
Gambar 4. 26. Respon Perubahan Tegangan terhadap Waktu Ketika Terjadi Perubahan Beban.....76
Gambar 4. 27. Duty Cycle Saat Adanya Beban Induktif L2 77
Gambar 4. 28. Pelepasan Beban Induktif 77
Gambar 4. 29. Grafik Tegangan akibat adanya penambahan beban kapasitif 77
Gambar 4. 30. Faktor Kerja ketika adanya beban kapasitif (C1) 78
Gambar 4. 31. Osilasi Tegangan Pada Beban Lampu Pijar, R1, dan C2.....78
Gambar 4. 32. Duty cycle ketika adanya beban kapasitif C2 79

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1. Alat Penelitian 29
Tabel 3. 2. Bahan Penelitian 30
Tabel 3. 3. Spesifikasi Kontrol PID yang diinginkan pada sistem eksitasi generator 38
Tabel 3. 4. Perhitungan Kp, Ki, dan Kd dengan Metode Ziegler-Nichols ...44
Tabel 4. 1. Komponen Konverter Buck 54
Tabel 4. 2. Arus Batas Kontinu dan Diskontinu 55
Tabel 4. 3. Pembacaan Sensor Tegangan Oleh Mikrokontroler 58
Tabel 4. 4. Hasil Analisis Statistik Pencocokan Kurva 59
Tabel 4. 5. Hasil Pembacaan Sensor (kuadratik) Dengan Tegangan Masukan 100Vac 60
Tabel 4. 6. Hasil Pembacaan Sensor (kuadratik) Dengan Tegangan Masukan Bervariasi 61
Tabel 4. 7. Hasil Pembacaan Sensor (kubik) Dengan Tegangan Masukan 100Vac 62
Tabel 4. 8. Hasil Pembacaan Sensor (kubik) Dengan Tegangan Masukan Bervariasi 62
Tabel 4. 9. Kondisi Parameter Kendali PID dengan Kp = 0,000225 69
Tabel 4. 10. Parameter PID yang diberikan oleh nilai Kp = 0,00027 dan Kd = 0,000043 71
Tabel 4. 11. Parameter PID yang diberikan oleh nilai Kp = 0,0002 dan Kd = 0,00005 72
Tabel 4. 12. Parameter PID yang diberikan oleh nilai Kp = 0,00018 dan Kd = 0,00006 73
Tabel 4. 13.Parameter PID yang diberikan oleh nilai Kp = 0,00017 dan Kd = 0,00007 74
Tabel 4. 14. Kondisi Parameter PID dengan Nilai Kp = 0,00017 dan Kd = 0,00006 75
Tabel 4. 15. Perubahan Tegangan Generator Ketika Adanya Perubahan Beban 76

Tabel 4. 16. Perubahan tegangan terhadap waktu ketika adanya beban kapasitif 77
Tabel 4. 17. Parameter Generator Sinkron 80
Tabel 4. 18. Hasil Pengukuran Pada Sisi Beban.....82

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.
Hasil Analisis Pencocokan Kurva untuk Sensor Tegangan 89
Lampiran 2. Perhitungan Arus Batas Kontinu dan Diskontinu 90
Lampiran 3. Kondisi Pembangkit Listrik dengan Sistem Eksitasi Konverter Buck berbasis kendali PID 91
Lampiran 4. Program Mikrokontroler 93
Lampiran 5. Data Pengujian PID 101
Lampiran 6. Dokumentasi Penelitian 102