

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI TEGANGAN OUTPUT GENERATOR DC PADA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE SAVONIUS

TUGAS AKHIR



**Disusun Oleh :
ADI TOTO HARYONO
1052510557**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS BUDI LUHUR
J A K A R T A
2015**

RANCANG BANGUN SISTEM KENDALI TEGANGAN OUTPUT GENERATOR DC PADA TURBIN ANGIN SUMBU VERTIKAL TIPE SAVONIUS

TUGAS AKHIR

**Tugas akhir ini diajukan
sebagai syarat untuk memperoleh
gelar sarjana teknik**



Disusun Oleh :

Adi Toto Haryono

1052510557

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK ELEKTRO
UNIVERSITAS BUDI LUHUR
J A K A R T A
2015**

LEMBAR PERSETUJUAN

Nama : Adi Toto Haryono
NIM : 1052510557
Judul : Rancang Bangun Sistem Kendali Tegangan *Output* Generator DC
Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius

Disetujui dan telah dipertahankan dalam Sidang Tugas.

Jakarta, Februari 2015
Dosen Penguji I

(Drs. Suwasti Broto, MT)

Dosen Penguji II

(DR. Ir. Nazori AZ, MT)

LEMBAR PENGESAHAN

Nama : Adi Toto Haryono
NIM : 1052510557
Judul : Rancang Bangun Sistem Kendali Tegangan *Output* Generator DC
Pada Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius

Jakarta, Februari 2015
Dosen Pembimbing

(Sujono, ST, MT)

Mengetahui :

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Budi Luhur

Ketua Program Studi Teknik Elektro
Fakultas Teknik – Universitas Budi Luhur

(Sujono, ST, MT)

(Akhmad Musafa, ST. MT)

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga angin merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan yang bias dimanfaatkan sebagai pengganti bahan bakar dari tambang. Permasalahan yang dihadapi oleh turbin angin adalah tegangan keluaran yang dihasilkan tidak stabil. Pada tugas akhir ini membahas tentang pengaturan tegangan keluaran sebuah generator DC yang memiliki penggerak turbin angin sumbu vertikal tipe savonius. Turbin angin vertical digunakan sebagai penggerak generator DC. Tegangan keluaran generator DC diatur oleh regulator agar tegangan keluaran yang dihasilkan antara 13 volt hingga 14 volt yang akan digunakan sebagai tegangan masukan untuk pengisian akumulator. Tegangan keluaran dari regulator akan diatur oleh mikrokontroler ATMEGA16 melalui rangkaian Digital to analog Converter sehingga dapat menghasilkan tegangan antara 13 volt hingga 14 volt. Tegangan dari akumulator akan dikonversi menggunakan inverter DC-AC menjadi tegangan 220 Volt AC dengan beban 8 Watt.

Kata Kunci – Tegangan keluaran, Generator DC, turbin angin, savonius, Inverter DC-AC

ABSTRACT

Wind power is one of the renewable alternative energy source that can be used as a substitute fuel of mine. The problem faced by wind turbine output voltage generated is not stable. In this thesis discusses about setting the output voltage of a DC generator that has a vertical axis wind turbine drive type savonius. Vertical wind turbine generator is used as the driving force to generate a DC voltage of 6 VDC to 30 VDC. DC generator output voltage is set by the DC-DC voltage converter so that the output voltage is generated between 14 Vdc to 15 Vdc which will be used as the input voltage for charging the battery. The voltage of the battery will be converted using the DC-AC inverter into a 220 Vac with 8 Watt load.

Keywords - *The output voltage, DC generator, wind turbine, savonius, DC-AC Inverter*

KATA PENGANTAR

Segala puji hanya bagi Allah SWT, sholawat beriring salam semoga tercurahkan kepada-Nya yang mulia, Muhammad SAW, keluarga beserta sahabatnya, dan yang mengikuti jejaknya sampai hari akhir kelak.

Tugas akhir ini disusun sebagai salah satu syarat akademik untuk mencapai derajat Sarjana S-1 di Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur. Disamping itu tugas akhir ini merupakan salah satu bentuk perwujudan ilmu pengetahuan yang telah diperoleh selama penulis menempuh perkuliahan baik secara teori maupun praktek laboratorium.

Tugas Akhir ini mengambil judul "Rancang Bangun Sistem Kendali Tegangan *Output* Generator DC pada Turbin Angin Sumbu Vertikal tipe Savonius. Tujuan dari tugas akhir ini adalah mengaplikasikan teknologi mikrokontroller untuk mengendalikan system tegangan keluaran pada generator DC yang dihasilkan dari konversi energi mekanik menjadi energi listrik secara otomatis.

Penulis menyadari bahwa rintangan dan tantangan yang menghadang turut meramaikan perjalanan indah dalam menyelesaikan laporan tugas akhir ini. Oleh karena itu, penulis dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan penyusunan laporan tugas akhir ini lebih lanjut. Tidak lupa penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya jika dalam Tugas Akhir ini terdapat kesalahan dan kekeliruan. Akhir kata, semoga Tugas Akhir ini bermanfaat bagi kita semua.

Jakarta, Februari 2015

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LEMBAR PERSETUJUAN	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR TABEL.....	xii
 BAB I PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Batasan Masalah	1
1.3 Tujuan.....	2
1.4 Metode Penelitian	2
1.5 Sistematika Penulisan	2
 BAB II LANDASAN TEORI	 4
2.1 Energi Angin	4
2.2 Turbin Angin	8
2.2.1 Jenis Turbin Angin	9
2.2.2 Sistem Konversi Energi Angin (SKEA)	11
2.2.3 <i>Tip Speed Ratio</i>	12
2.3 Generator DC	13
2.3.1 Pengertian Generator DC	13
2.3.2 Konstruksi Generator DC	13
2.3.3 Prinsip Kerja Generator DC	14
2.4 Regulator Tegangan	16
2.4.1 Regulator Tegangan Seri	16
2.4.2 Regulator Tegangan Paralel	16
2.4.3 Regulator Tegangan Integrated Circuit (IC)	17
2.5 Mikrokontroler ATMEGA16.....	19
2.5.1 Fitur-fitur dan Arsitektur ATMEGA16.....	19
2.5.2 Memori.....	21
2.5.3 Konfigurasi Pin ATMEGA16	22
2.5.4 USART.....	23
2.5.5 <i>Timer & Counter</i>	24
2.5.6 <i>Prescaler</i>	26
2.6 Akumulator	27
2.6.1 Pengisian Akumulator	27
2.6.2 Kapasitas Akumulator	28
2.6.3 Spesifikasi Akumulator	28
2.7 Inverter	29
2.7.1 Jenis Gelombang Inverter	29
2.7.2 Prinsip kerja Inverter	29
2.7.3 Spesifikasi Inverter	30
2.8 Digital to Analog Converter (DAC)	30
2.8.1 Jenis-jenis DAC	31
2.9 Rotary Encoder	34
2.10 LCD Display	36

BAB III PERANCANGAN SISTEM	38
3.1 Konfigurasi Sistem Pembangkit Listrik Tenaga Angin	38
3.2 Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Angin	39
3.2.1 Perencanaan Turbin Angin	39
3.2.2 Penggunaan Generator DC	43
3.2.3 Perancangan Sensor Tegangan	44
3.2.4 Perancangan Regulator	45
3.2.5 Perancangan Digital to Analog Converter (DAC)	45
3.2.6 Penggunaan LCD	47
3.2.7 Penggunaan Mikrokontroler	48
3.2.8 Perancangan Pengisi Akumulator Otomatis	49
3.2.9 Penggunaan Akumulator.....	50
3.2.10 Penggunaan Inverter	51
3.2.11 Penggunaan Beban	51
3.3 Perancangan Perangkat Lunak (Software).....	52
3.3.1 Algoritma Program Utama	53
3.3.2 Diagram Alir (Flowchart) dari Keseluruhan Program	54
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS ALAT.....	55
4.1 Pengujian Kemampuan Turbin Angin dan Generator DC.....	55
4.2 Pengujian Rotary Encoder	59
4.3 Pengujian Sensor Tegangan.....	60
4.4 Pengujian Regulator	64
4.5 Pengujian Rangkaian DAC	65
4.6 Pengujian Rangkaian Pengisian Akumulator Otomatis	67
4.7 Pengujian Pengisian Akumulator	68
4.8 Pengujian Inverter	70
4.9 Pengujian Sistem Secara Keseluruhan.....	72
BAB V KESIMPULAN	78
DAFTAR REFERENSI	79
DAFTAR PUSTAKA	79
LAMPIRAN	80

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
<i>Gambar 2. 1 Peta Potensi Angin di Indonesia</i>	4
<i>Gambar 2. 2 Sketsa Turbin Angin</i>	8
<i>Gambar 2. 3 Turbin Angin Tipe Horizontal</i>	9
<i>Gambar 2. 4 Turbin Angin Tipe Vertikal</i>	10
<i>Gambar 2. 5 Torsi Rotor untuk Berbagai Jenis Turbin Angin (Sumber : Wind Turbines, Erich Hau)</i>	13
<i>Gambar 2. 6 Konstruksi Generator DC</i>	14
<i>Gambar 2. 7 Prinsip Kerja Generator DC</i>	15
<i>Gambar 2. 8 Kaidah Tangan Kanan</i>	15
<i>Gambar 2. 9 Blok Diagram Regulator Tegangan Seri</i>	16
<i>Gambar 2. 10 Blok Diagram Regulator Tegangan Paralel</i>	17
<i>Gambar 2. 11 IC Regulator Tipe LM7812</i>	17
<i>Gambar 2. 12 Regulator Tegangan IC LM317</i>	18
<i>Gambar 2. 13 Blok Diagram Mikrokontroler ATMEGA16</i>	20
<i>Gambar 2. 14 Register Mikrokontroler ATMEGA16</i>	21
<i>Gambar 2. 15 Memory Flash Mikrokontroler ATMEGA16</i>	21
<i>Gambar 2. 16 Pin Konfigurasi Mikrokontroler ATMEGA16</i>	22
<i>Gambar 2. 17 Register TCCR1B</i>	24
<i>Gambar 2. 18 Register TCNT1</i>	25
<i>Gambar 2. 19 Register TIMSK</i>	25
<i>Gambar 2. 20 Register TIFR</i>	26
<i>Gambar 2. 21 Akumulator 12 V – 3.5 Ah</i>	29
<i>Gambar 2. 22 Prinsip Kerja Inverter</i>	29
<i>Gambar 2. 23 Inverter 150 W</i>	30
<i>Gambar 2. 24 Blok Diagram DAC</i>	31
<i>Gambar 2. 25 Rangkaian Binary Weighted DAC</i>	31
<i>Gambar 2. 26 Rangkaian ekivalen dari Binary Weighted DAC</i>	32
<i>Gambar 2. 27 Rangkaian R/2R Ladder DAC</i>	33
<i>Gambar 2. 28 Rangkaian Ekivalen R/2R Ladder DAC</i>	33
<i>Gambar 2. 29 Rotary Encoder</i>	34
<i>Gambar 2. 30 Sistem Blok Penyusunan Rotary Encoder</i>	35
<i>Gambar 2. 31 Susunan Piringan Untuk Incremental Encoder</i>	36
<i>Gambar 2. 32 Susunan Alamat pada LCD</i>	36
<i>Gambar 2. 33 LCD Display</i>	37

<i>Gambar 3. 1 Blok Diagram Sistem Kendali Turbin Angin</i>	<i>38</i>
<i>Gambar 3. 2 Turbin Angin Sumbu Vertikal Tipe Savonius</i>	<i>39</i>
<i>Gambar 3. 3 Rotor Turbin Angin</i>	<i>40</i>
<i>Gambar 3. 4 Koefisien Rotor Turbin Angin</i>	<i>41</i>
<i>Gambar 3. 5 Poros Turbin Angin</i>	<i>42</i>
<i>Gambar 3. 6 Hubungan Roda-roda</i>	<i>43</i>
<i>Gambar 3. 7 Generator DC</i>	<i>44</i>
<i>Gambar 3. 8 Sensor Tegangan</i>	<i>44</i>
<i>Gambar 3. 9 Regulator dengan IC LM317</i>	<i>45</i>
<i>Gambar 3. 10 Rangkaian DAC</i>	<i>46</i>
<i>Gambar 3. 11 Rangkaian DAC Ekuivalen</i>	<i>46</i>
<i>Gambar 3. 12 Rangkaian LCD 2x40</i>	<i>47</i>
<i>Gambar 3. 13 Rangkaian Sistem</i>	<i>49</i>
<i>Gambar 3. 14 Rangkaian Charger Akumulator Otomatis</i>	<i>49</i>
<i>Gambar 3. 15 Akumulator 12 V – 3.5 Ah</i>	<i>50</i>
<i>Gambar 3. 16 Inverter 150 W</i>	<i>51</i>
<i>Gambar 3. 17 Lampu DC 12 Volt</i>	<i>52</i>
<i>Gambar 3. 18 Lampu AC 8 Watt</i>	<i>52</i>
<i>Gambar 3. 20 Flowchart Keseluruhan Sistem</i>	<i>54</i>
<i>Gambar 4. 1 Pengujian Turbin Angin</i>	<i>56</i>
<i>Gambar 4. 2 Pengujian Turbin Angin dan Generator</i>	<i>56</i>
<i>Gambar 4. 3 Grafik Hubungan antara Kecepatan Angin terhadap Tegangan Keluaran Generator</i>	<i>58</i>
<i>Gambar 4. 4 Pengujian Rotary Encoder</i>	<i>59</i>
<i>Gambar 4. 5 Pengujian Pengukuran Sensor Tegangan</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4. 6 Blok Diagram Pembacaan Sensor Tegangan</i>	<i>61</i>
<i>Gambar 4. 7 Grafik Hubungan Tegangan Input dengan Data ADC</i>	<i>62</i>
<i>Gambar 4. 8 Grafik Hubungan Tegangan Input dengan Tegangan Output Pengukuran</i>	<i>63</i>
<i>Gambar 4. 9 Pengujian Regulator LM317</i>	<i>64</i>
<i>Gambar 4. 10 Rangkaian Pengujian Output DAC</i>	<i>65</i>
<i>Gambar 4. 11 Grafik Tegangan Output DAC</i>	<i>67</i>
<i>Gambar 4. 12 Pengujian Rangkaian Pengisian Akumulator</i>	<i>68</i>
<i>Gambar 4. 13 Pengujian Pengisian Akumulator</i>	<i>69</i>
<i>Gambar 4. 14 Pengujian Inverter</i>	<i>70</i>
<i>Gambar 4. 15 Grafik Hubungan antara Tegangan Input Terhadap Tegangan Output tanpa Beban Lampu 8 Watt pada Inverter</i>	<i>71</i>
<i>Gambar 4. 16 Grafik Hubungan antara Tegangan Input Terhadap Tegangan Output dengan Beban Lampu 8 Watt pada Inverter</i>	<i>71</i>
<i>Gambar 4. 17 Turbin Angin</i>	<i>72</i>
<i>Gambar 4. 18 Modul Kontrol Setelah ON</i>	<i>73</i>
<i>Gambar 4. 19 Modul Kontrol ON</i>	<i>73</i>
<i>Gambar 4. 20 Tampilan LCD</i>	<i>74</i>
<i>Gambar 4. 21 Pengisian Akumulator</i>	<i>74</i>
<i>Gambar 4. 22 Penggunaan Beban</i>	<i>75</i>

DAFTAR TABEL

Halaman

<i>Tabel 2. 1 Kecepatan Angin dan Kelembaban di Stasiun Pengamatan BMKG.....</i>	5
<i>Tabel 2. 2 Tabel Kondisi Angin.....</i>	7
<i>Tabel 2. 3 Spesifikasi tegangan IC regulator LM78xx dan LM79xx.....</i>	18
<i>Tabel 2. 4 Spesifikasi Tegangan dan Arus IC Regulator</i>	18
<i>Tabel 2. 5 Fungsi alternatif pin port B.....</i>	22
<i>Tabel 2. 6 Fungsi alternatif pin port C</i>	23
<i>Tabel 2. 7 Fungsi alternatif pin port D.....</i>	23
<i>Tabel 2. 8 Deskripsi Clock Select Bit</i>	25
<i>Tabel 2. 9 Deskripsi TIMSK Bit</i>	25
<i>Tabel 2. 10 Deskripsi TIFR Bit.....</i>	26
<i>Tabel 2. 11 Spesifikasi Inverter.....</i>	30
<i>Tabel 2. 12 Output Binary-weighted DAC.....</i>	32
<i>Tabel 2. 13 Output Rangkaian R/2R Ladder DAC.....</i>	34
<i>Tabel 2. 14 Kabel Konektor pada Rotary Encoder.....</i>	36
<i>Tabel 2. 15 Susunan Kaki LCD M1632</i>	37
<i>Tabel 3. 1 Spesifikasi Generator.....</i>	44
<i>Tabel 3. 2 Penggunaan Pin pada Mikrokontroler ATMEGA16</i>	48
<i>Tabel 3. 3 Spesifikasi Inverter.....</i>	51
<i>Tabel 4. 1 Hasil Pengujian Generator.....</i>	56
<i>Tabel 4. 2 Pengujian Kecepatan Putar Turbin Angin terhadap Kecepatan Angin</i>	58
<i>Tabel 4. 3 Hasil Pengujian Rotary Encoder Dengan Tachometer.....</i>	60
<i>Tabel 4. 4 Hasil Pengujian Sensor Tegangan.....</i>	61
<i>Tabel 4. 5 Hasil Perhitungan Regresi Linier pada Sensor Tegangan</i>	62
<i>Tabel 4. 6 Hasil Pengujian Regulator LM317 dengan Nilai DAC Berubah-ubah.....</i>	64
<i>Tabel 4. 7 Hasil Pengujian DAC.....</i>	66
<i>Tabel 4. 8 Hasil Pengujian Rangkaian Pengisian Akumulator Otomatis</i>	68
<i>Tabel 4. 9 Hasil Pengujian Pengisian Akumulator</i>	69
<i>Tabel 4. 10 Hasil Pengujian Inverter.....</i>	70
<i>Tabel 4. 11 Data Hasil Pengisian Akumulator.....</i>	75

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Acha, V.G. Agelidis, O-Anaya Lara, T.J.E. Miller, *Power Electronic Control in Electrical System*, Newnes Power Engineering Series, 2002
- [2] Ogata, Katsuhiko, *Teknik Kontrol Automatik*, Erlangga, Jakarta, 1997
- [3] Rashid M.H, *Power Electronics Circuit, Devices, and Aplication*, Edisiketiga, United States of America, 2004
- [4] <http://www.bps.go.id>, diakses pada 7 Agustus 2014.
- [5] <http://afifharuka.blogspot.com/2012/12/energi-angin-sebagai-sumberdaya.html>
diakses 19 Desember 2014
- [6] <http://zoniaelektro.net/dac-digital-to-analog-converter/> *diakses 23 Desember 2014*
- [7] <http://inovasi.blogspot.com/2014/05/rangkaian-pengisi-aki-otomatis-dengan.html#more> *diakses 20 Desember 2014*
- [8] <https://ahlannet99.files.wordpress.com/2012/04/bs-12-proyek-mikrokontroler-untuk-pemula.pdf> *diakses 26 Desember 2014*