

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrohim.

Alhamdulillahirabbil'alamin, segala puji dan syukur hanyalah bagi Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, yang hanya kepada Dialah kita berlindung dan hanya kepada Dialah kita memohon pertolongan. Dialah Zat yang Maha perkasa yang tak perlu menjadi makhluk ataupun manusia untuk menyatakan kebesaran-Nya. Maka segala puji syukur penulis haturkan kepada Allah SWT atas segala petunjuk serta nikmat-Nya, baik itu nikmat jasmani maupun nikmat rohani, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Waktu Pemanggangan Titanium Dioksida (TiO_2) Terhadap Daya Keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC)” ini disusun untuk memenuhi sebagian persyaratan memperoleh gelar Sarjana Teknik di Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan ketulusan dan kerendahan hati penulis menyampaikan terima kasih kepada :

- M. Aziz Muslim, S.T., M.T., Ph.D. selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Hadi Suyono, S.T., M.T., Ph.D. selaku Sekretaris Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Ir. Nurussa'adah, M.T. selaku Ketua Kelompok Dosen Keahlian Elektronika Jurusan Teknik Elektro Universitas Brawijaya.
- Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. dan Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng. selaku Dosen Pembimbing 1 dan Dosen Pembimbing 2 atas segala bimbingan, ide, nasihat, arahan, motivasi, serta saran yang telah diberikan.
- Seluruh dosen TEUB dan Staff yang selama ini telah memberikan ilmu yang sangat berharga kepada penulis.
- Seluruh Mahasiswa Jurusan Teknik Elektro angkatan 2010, MAGNET '10 TEUB, terimakasih atas inspirasi - inspirasinya.
- Teman-teman konsentrasi Elektronika angkatan 2010 TEUB atas bantuan dan kerjasamanya.

- *Ummi* dan *Abi* penulis yaitu *Ummi Khoiruroh* dan *Abah Abd. Nafi'* yang telah berjuang keras mengerahkan seluruh kemampuan dan mengeluarkan semua harta yang dipunyai untuk membantu penulis sampai pada titik sekarang ini. Terima kasih atas segala pengertian serta kesabaran *Ummi* dan *Abi* dalam mendidik penulis, serta untuk setiap lantunan do'a yang senantiasa dipanjatkan demi kelancaran penulis hingga terselesaikannya skripsi ini.
- Saudara-saudara seperjuangan yang selalu teguh menggenggam erat bara api islam ditengah – tengah keterasingannya dan para *asatidz* yang senantiasa mengingatkan dan membantu penulis untuk selalu berada dalam koridor *Ad-diinul Islam*, yang tak pernah lelah menasehati penulis bahwa hidup dan diri ini hakikatnya adalah milik dan pemberian Allah SWT, maka sungguh tak pantas bila hidup pemberian Allah ini kemudian tidak digunakan untuk berjuang untuk *li isti'nafil hayaatil islamiyah* (melanjutkan kembali kehidupan islam). kepada beliau yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu namanya, penulis mengucapkan *Jazakumullah khoirul jaza'* atas segala bimbingan dan nasehat yang sangat berharga bagi penulis dalam menghadapi berbagai ujian kehidupan, ujian ini merupakan satu – satunya ujian yang tak akan pernah berakhir prosesnya, hingga yang memberi ujian sendirilah yang berkehendak untuk mengakhirinya, satu – satunya ujian yang tak ada kesempatan revisi setelahnya. Semoga penulis dan kita semua lulus dari ujian yang satu ini. *Aamiin*

Pada akhirnya, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih belum sempurna. Oleh karena itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran yang membangun. Penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan teknologi serta bagi masyarakat.

Malang, Juli 2015

Penulis

ABSTRAK

Azif Fuad F., Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2015, Pengaruh Variasi Waktu Pemanggangan Titanium Dioksida (TiO_2) Terhadap Daya Keluaran *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC). Dosen Pembimbing : Dr. Ir. Sholeh Hadi Pramono, M.S. dan Eka Maulana, S.T., M.T., M.Eng.

Penelitian ini bertujuan untuk melakukan karakterisasi dan analisis pengaruh variasi waktu pemanggangan TiO_2 terhadap daya keluaran DSSC, fabrikasi DSSC dilakukan dengan metode deposisi *doctor blading* untuk pelapisan pasta TiO_2 sebagai fotoelektroda dan menggunakan ekstraksi klorofil daun jarak merah (*Jatropha Gossypifolia Linn*) sebagai *dye*. Substrat yang digunakan merupakan jenis *Indium Tin Oxide* (ITO) yang memiliki resistifitas permukaan sebesar 15-25 ohm/sq. Sebagai lapisan *counter-electrode*, substrat dilapisi karbon yang berasal dari api lilin. Substrat dengan deposisi pasta TiO_2 di-*firing* pada suhu 450°C menggunakan lima variasi waktu yaitu: 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Pasta TiO_2 , *dye* daun jarak merah, elektrolit dan *counter-electrode* lawan disusun dengan struktur berlapis sebagai lapisan donor-aseptor. Sumber cahaya yang digunakan untuk mengamati keluaran DSSC adalah cahaya lampu LED *Cool Daylight* dan cahaya matahari AM 1.5. Pengujian DSSC pada waktu pemanggangan TiO_2 selama 75 menit menggunakan lampu LED *Cool Daylight* 7 watt iluminasi 50000 lux menghasilkan Voc 388 mV, Isc 47.9 uA, *fill factor* 24,976% dan daya maksimal mencapai $4642 \times 10^{-9}\text{W}$. Sedangkan hasil pengujian DSSC pada waktu pemanggangan TiO_2 selama 75 menit menggunakan sumber cahaya matahari AM 1.5 menghasilkan Voc 426 mV, Isc 137 uA, efisiensi 0.00392 % dan daya maksimal mencapai $14574.56 \times 10^{-9}\text{W}$.

Kata kunci : *Dye-Sensitized Solar Cell* (DSSC), Waktu Pemanggangan TiO_2 , *Doctor Blading*, Daya Keluaran.

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xi
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Ruang Lingkup.....	5
1.4 Tujuan	6
1.5 Sistematika Penulisan	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1 <i>Solar Cell</i> Berbasis Silikon.....	7
2.2 Performansi Sel Surya.....	9
2.3 <i>Dye-Sensitized Solar Cell</i> (DSSC).....	10
2.4 Prinsip Kerja DSSC	12
2.5 Material DSSC	13
2.5.1 Substrat.....	13
2.5.2 Nanopartikel TiO ₂ (<i>Titanium (IV) Oxide</i>).....	14
2.5.3 <i>Dye</i>	16
2.5.4 Elektrolit (I / I ₃ ⁻).....	18
2.5.5 Counter-Electrode	19
2.6 Fabrikasi DSSC.....	19
2.7 Spectrophotometer UV-Visible	20
2.8 Metode Deposisi	21
2.9 <i>Magnetic Stirrer</i> dan <i>Magnetic Stir Bar</i>	23
2.10 Pelarut	24
2.11 <i>Scale</i>	25
2.12 Furnace.....	26
2.13 <i>Air Mass 1.5</i>	26

2.14	<i>Scanning Electron Microscope</i>	30
BAB III METODE PENELITIAN		32
3.1	Perancangan <i>Dye-Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	32
3.2	Metode Deposisi	35
3.3	Perlakuan Sampel dan Variabel Input.....	36
3.4	Set Up Pengukuran dan Variabel Output.....	36
BAB IV PERANCANGAN DAN PEMBUATAN		41
4.1	Perancangan DSSC	41
4.2	Persiapan Alat dan Komponen DSSC.....	41
4.3	Pembuatan DSSC.....	42
4.3.1	Persiapan Material.....	43
4.3.1.1	Preparasi Substrat Kaca TCO	43
4.3.1.2	Pembuatan Larutan Elektrolit	44
4.3.2	Pembuatan Larutan Dye.....	45
4.3.3	Pembuatan Pasta TiO ₂	47
4.3.4	Pelapisan Pasta TiO ₂ pada Kaca TCO	47
4.3.5	Proses Firing Pasta TiO ₂	48
4.3.6	Perendaman TiO ₂ Dalam Larutan Klorofil (<i>Dye</i>)	49
4.3.7	Pembuatan <i>Counter-Electrode</i>	49
4.3.8	Pemberian Elektrolit	50
4.3.9	Perakitan DSSC	51
BAB V PENGUJIAN DAN ANALISIS.....		53
5.1	Pengujian Absorpsi Klorofil (<i>Dye</i>).....	53
5.2	Pengukuran Ketebalan dan Permukaan TiO ₂	55
5.3	Pengujian Tegangan Hubung Buka (V _{OC}) terhadap Intensitas Cahaya.....	59
5.4	Pengujian Arus Hubung Singkat (I _{SC}) terhadap Intensitas Cahaya	61
5.5	Pengujian Variasi Waktu Pemanggangan TiO ₂ pada DSSC.....	63
5.6	Hasil Pengujian DSSC Variasi Waktu Pemanggangan TiO ₂ Sumber Cahaya LED <i>Cool Daylight 7W</i>	65
5.6.1	Hasil Pengujian DSSC pada Waktu Pemanggangan TiO ₂ 30 menit	65
5.6.2	Hasil Pengujian DSSC pada Waktu Pemanggangan TiO ₂ 45 menit	67
5.6.3	Hasil Pengujian DSSC pada Waktu Pemanggangan TiO ₂ 60 menit	69

5.6.4	Hasil Pengujian DSSC pada Waktu Pemanggangan TiO ₂ 75 menit	71
5.6.5	Hasil Pengujian DSSC pada Waktu Pemanggangan TiO ₂ 90 menit	73
5.7	Pengujian DSSC Variasi Waktu Pemanggangan TiO ₂ Sumber Cahaya Matahari pada <i>Air Mass</i> 1.5	77
5.7.1	Hasil Pengujian Arus Hubung Singkat (I _{SC}) dan Tegangan Hubung Buka (V _{OC}) DSSC	71
5.7.2	Hasil Perhitungan Daya Maksimum dan Efisiensi DSSC Waktu Pemanggangan TiO ₂ 30 menit	80
5.7.3	Hasil Perhitungan Daya Maksimum dan Efisiensi DSSC Waktu Pemanggangan TiO ₂ 45 menit	83
5.7.4	Hasil Perhitungan Daya Maksimum dan Efisiensi DSSC Waktu Pemanggangan TiO ₂ 60 menit	86
5.7.5	Hasil Perhitungan Daya Maksimum dan Efisiensi DSSC Waktu Pemanggangan TiO ₂ 75 menit	88
5.7.6	Hasil Perhitungan Daya Maksimum dan Efisiensi DSSC Waktu Pemanggangan TiO ₂ 90 menit	91
5.7.7	Hasil Daya Maksimum dan Efisiensi DSSC dibawah Penyinaran Cahaya Matahari AM 1.5	94
5.8	Perbandingan Daya Keluaran Maksimum DSSC Terhadap Waktu Pemanggangan TiO ₂	95
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....		97
6.1	Kesimpulan	97
6.2	Saran	98
DAFTAR PUSTAKA		99

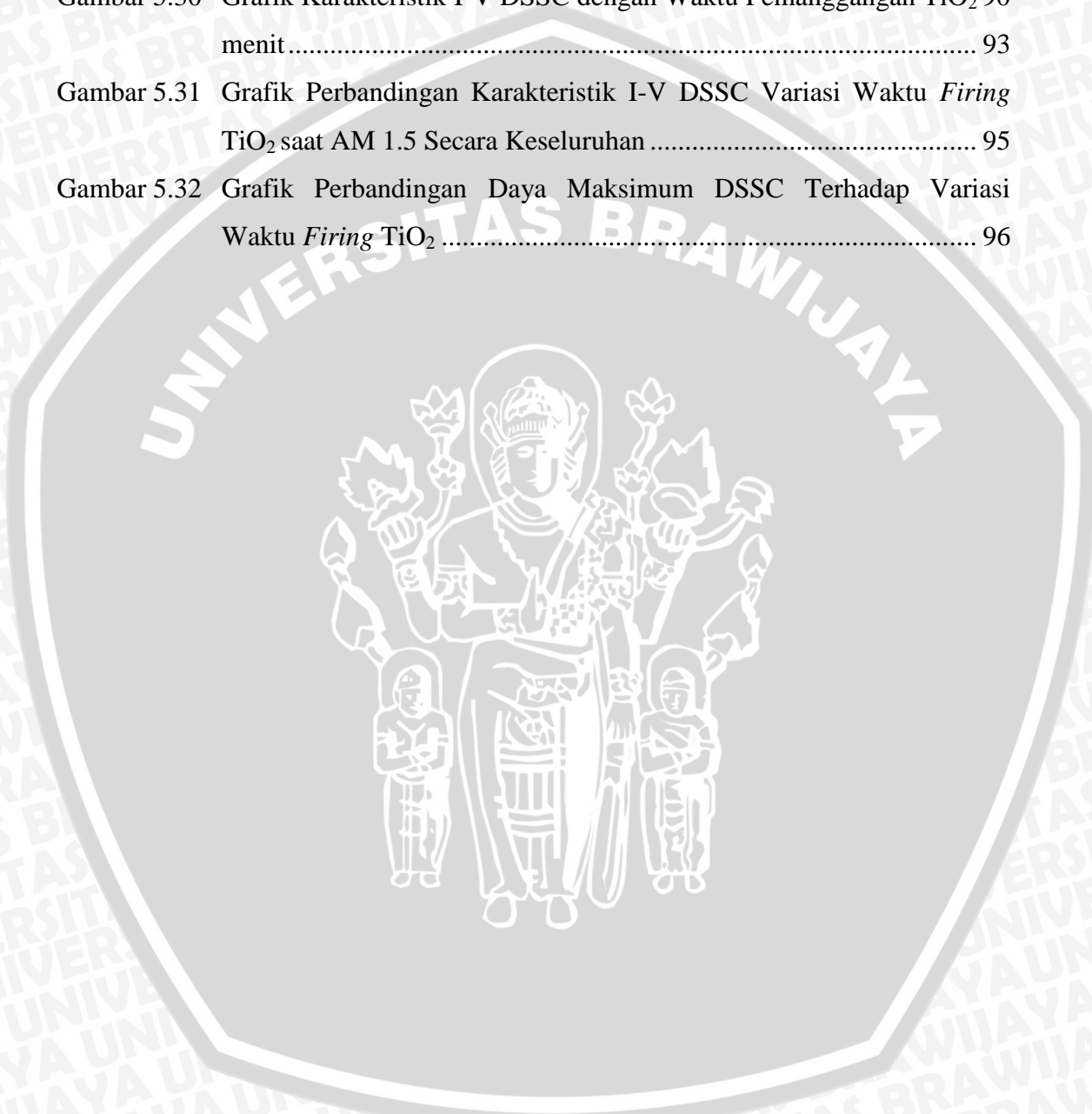
DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur Sel Surya Silikon.....	8
Gambar 2.2	Prinsip Kerja Sel Surya Silikon.....	8
Gambar 2.3	Karakteristik Kurva I-V pada Sel Surya.....	9
Gambar 2.4	Struktur Dye-Sensitized Solar Cell.....	11
Gambar 2.5	Struktur Standar DSSC.....	11
Gambar 2.6	Skema Kerja DSSC.....	12
Gambar 2.7	Kaca TCO <i>Indium Tin Oxide</i>	14
Gambar 2.8	Titanium (IV) Oxide.....	16
Gambar 2.9	Struktur Kimia Klorofil a dan Klorofil b.....	17
Gambar 2.10	Spektrum Penyerapan Klorofil a dan b.....	17
Gambar 2.11	Daun Jarak Merah.....	18
Gambar 2.12	Skema dari Dua Struktur Umum Sel DSSC.....	20
Gambar 2.13	<i>Spectrophotometer UV-1601</i>	21
Gambar 2.14	Variasi Metode Deposisi.....	22
Gambar 2.15	Magnetic Stirrer dan Magnetic Stir Bar.....	24
Gambar 2.16	Pelarut Ethanol PA 98%.....	25
Gambar 2.17	Digital Scale.....	25
Gambar 2.18	Furnace Vulcan A-550.....	26
Gambar 2.19	Persebaran Solar Spectrum.....	27
Gambar 2.20	Metode Penentuan <i>Zenith Angle</i>	28
Gambar 2.21	Metode Pengukuran <i>Air Mass</i>	29
Gambar 2.22	<i>Scanning Electron Microscopy Phenom G2 Pro</i>	30
Gambar 2.23	<i>Scanning Electron Microscopy Hitachi Tabletop TM300</i>	31
Gambar 3.1	Diagram Alir Metode Perancangan DSSC.....	33
Gambar 3.2	Metode Deposisi.....	35
Gambar 3.3	Rangkaian Pengukuran Voc.....	38
Gambar 3.4	Rangkaian Pengukuran Isc.....	38
Gambar 3.5	Kurva karakteristik I-V DSSC.....	40
Gambar 4.1	Struktur Berlapis DSSC.....	41
Gambar 4.2	Flowchart Langkah-langkah Pembuatan DSSC.....	43

Gambar 4.3	Kaca TCO yang Siap Digunakan dengan Dimensi 2,5x2,5 cm	44
Gambar 4.4	Daun Jarak Merah yang Telah Dihaluskan	46
Gambar 4.5	Proses Homogenisasi Klorofil Dengan Pelarut	46
Gambar 4.6	Proses Penyaringan <i>Dye</i>	47
Gambar 4.7	Area pada Kaca TCO yang Telah Dibuat.....	48
Gambar 4.8	Pasta TiO ₂ Sebelum dan Sesudah Dideposisi pada Kaca.....	48
Gambar 4.9	Pasta TiO ₂ Sebelum dan Sesudah Melalui Proses Firing.....	49
Gambar 4.10	Proses Perendaman lapisan TiO ₂ dalam Larutan <i>Dye</i>	49
Gambar 4.11	Proses Pembuatan <i>Counter-Electrode</i> dan <i>Counter-Electrode</i> yang telah jadi	50
Gambar 4.12	Proses Pemberian Elektrolit	50
Gambar 4.13	Lapisan Fotoelektroda dan <i>Counter-Electrode</i> yang Telah Siap Dirangkai	51
Gambar 4.14	Hasil Perakitan DSSC dan kelima prototype DSSC.....	51
Gambar 5.1	Grafik Absorpsi klorofil jarak merah	54
Gambar 5.2	Grafik Perbandingan Tingkat Absorpsi Klorofil pada Jarak Merah dan Jarak Pagar.....	54
Gambar 5.3	Gambar ketebalan 2 lapis masker TiO ₂ dengan perbesaran 250 kali .	55
Gambar 5.4	Permukaan TiO ₂ pada Waktu Pemanggangan 30 menit dengan Perbesaran 1000 kali.....	56
Gambar 5.5	Permukaan TiO ₂ pada Waktu Pemanggangan 45 menit dengan Perbesaran 1000 kali.....	56
Gambar 5.6	Permukaan TiO ₂ pada Waktu Pemanggangan 60 menit dengan Perbesaran 1000 kali.....	57
Gambar 5.7	Permukaan TiO ₂ pada Waktu Pemanggangan 75 menit dengan Perbesaran 1000 kali.....	57
Gambar 5.8	Permukaan TiO ₂ pada Waktu Pemanggangan 90 menit dengan Perbesaran 1000 kali.....	58
Gambar 5.9	Grafik Tegangan <i>Open Circuit</i> (<i>Voc</i>) kelima DSSC terhadap Intensitas Cahaya (lux).....	60
Gambar 5.10	Grafik Arus <i>Short Circuit</i> (<i>Isc</i>) kelima DSSC terhadap Intensitas Cahaya (lux) lampu LED <i>Cool Daylight</i> 7W	62

Gambar 5.11	Peralatan yang digunakan untuk pengujian DSSC.....	63
Gambar 5.12	Rangkaian Pengukuran Tegangan Hubung Buka Voc dan Rangkaian Pengukuran Arus Hubung Singkat Isc	64
Gambar 5.13	Rangkaian Pengujian Voc DSSC	64
Gambar 5.14	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 30 menit.....	66
Gambar 5.15	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 45 menit.....	68
Gambar 5.16	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 60 menit.....	70
Gambar 5.17	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 75 menit.....	72
Gambar 5.18	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 90 menit.....	74
Gambar 5.19	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Variasi Waktu <i>Firing</i> TiO ₂ .	76
Gambar 5.20	Pengujian Tegangan V _{OC} dan arus hubung singkat (I _{SC}) DSSC Waktu <i>Firing</i> 75 menit pada AM 1.5.....	78
Gambar 5.21	Pengujian Tegangan V _{OC} dan arus hubung singkat (I _{SC}) (kanan) DSSC Waktu <i>Firing</i> 30 menit pada AM 1.5.....	81
Gambar 5.22	Grafik Karakteristik I-V DSSC Dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 30 menit.....	82
Gambar 5.23	Pengujian tegangan V _{OC} dan arus hubung singkat (I _{SC}) DSSC Waktu <i>Firing</i> 45 menit pada AM 1.5.....	83
Gambar 5.24	Grafik Karakteristik I-V DSSC Dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 45 menit.....	85
Gambar 5.25	Pengujian tegangan V _{OC} dan arus hubung singkat (I _{SC}) DSSC Waktu <i>Firing</i> 60 menit pada AM 1.5.....	86
Gambar 5.26	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 60 menit.....	87
Gambar 5.27	Pengujian tegangan V _{OC} dan arus hubung singkat (I _{SC}) DSSC Waktu <i>Firing</i> 75 menit pada AM 1.5.....	89

Gambar 5.28	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 75 menit.....	90
Gambar 5.29	Pengujian tegangan V _{OC} dan arus hubung singkat (I _{SC}) DSSC Waktu Firing 90 menit pada AM 1.5.....	91
Gambar 5.30	Grafik Karakteristik I-V DSSC dengan Waktu Pemangangan TiO ₂ 90 menit.....	93
Gambar 5.31	Grafik Perbandingan Karakteristik I-V DSSC Variasi Waktu Firing TiO ₂ saat AM 1.5 Secara Keseluruhan.....	95
Gambar 5.32	Grafik Perbandingan Daya Maksimum DSSC Terhadap Variasi Waktu Firing TiO ₂	96



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Data Hasil Pengamatan <i>Air Mass</i> pada waktu tertentu.	29
Tabel 5.1	Hasil Pengujian Tegangan <i>Open Circuit</i> (<i>Voc</i>) Terhadap Intensitas Cahaya.....	59
Tabel 5.2	Hasil Pengujian Arus <i>Short Circuit</i> (<i>Isc</i>) Terhadap Intensitas Cahaya...	61
Tabel 5.3	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 30 menit...	66
Tabel 5.4	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 45 menit...	68
Tabel 5.5	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 60 menit...	70
Tabel 5.6	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 75 menit...	72
Tabel 5.7	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 90 menit...	74
Tabel 5.8	Hasil Pengujian DSSC dengan variasi waktu pemanggangan TiO_2	75
Tabel 5.9	Hasil Pengujian Tegangan Hubung Buka (V_{OC}) DSSC terhadap Intensitas Cahaya Matahari saat AM 1.5.....	78
Tabel 5.10	Hasil Pengujian Arus <i>Short Circuit</i> (<i>Isc</i>) terhadap Intensitas Cahaya Matahari saat AM 1.5.....	79
Tabel 5.11	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 30 menit...	81
Tabel 5.12	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 45 menit...	84
Tabel 5.13	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 60 menit...	87
Tabel 5.14	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 75 menit...	89
Tabel 5.15	Hasil Perhitungan V_{MPP} dan I_{MPP} DSSC Waktu <i>Firing</i> TiO_2 90 menit...	92
Tabel 5.16	Hasil Pengujian DSSC dengan Variasi Waktu Pemanggangan TiO_2 pada AM 1.5	94