

SKRIPSI

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN SUBSTRAT
***FLUORINE-DOPED TIN OXIDE* DAN KONSENTRASI LARUTAN**
PREKURSOR ZnO:Mg TERHADAP PERFORMA *SOLAR CELL*
***HETEROJUNCTION* Cu₂O/ZnO**



Disusun Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan Pendidikan
Sarjana Terapan (D-IV) Pada Jurusan Teknik Kimia
Program Studi Teknik Energi

Oleh :

MARFITRA. S 062240412382

POLITEKNIK NEGERI SRIWIJAYA
PALEMBANG
2026

LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN SUBSTRAT *FLUORINE-DOPED TIN OXIDE* DAN KONSENTRASI LARUTAN PREKURSOR ZnO:Mg TERHADAP PERFORMA *SOLAR CELL* *HETEROJUNCTION $\text{Cu}_2\text{O/ZnO}$*

Oleh :

MARFITRA. S

062240412382

Palernbang, 13 Juli 2026

Menyetujui,

Pembimbing I,



Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T.
NUPTK. 6735756657230152

Pembimbing II,



Ir. Iriani Reka Septiana, S.ST., M.T.
NUPTK. 5254769670230293

Mengetahui,

Ketua Jurusan
Teknik Kimia



NIP. 197201131997021001

Koordinator Program Studi
DIV Teknik Energi



Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T.
NIP. 197804032012122002



SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : MARFITRA. S

NIM : 062240412382

Jurusan : Teknik Kimia

Program Studi : D-IV Teknik Energi

Menyatakan bahwa dalam penelitian tugas akhir dengan judul "Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Substrat *Fluorine-Doped Tin Oxide* dan Konsentrasi Larutan Prekursor ZnO:Mg terhadap Performa *Solar Cell Heterojunction Cu₂O/ZnO*", tidak mengandung unsur 'PLAGIAT' sesuai dengan PERMENDIKNAS No. 17 Tahun 2010.

Bila pada kemudian hari terdapat unsur-unsur plagiat dalam penelitian ini, saya bersedia diberikan sanksi peraturan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya dan tidak ada paksaan dari pihak manapun.

Palembang, Juli 2026

Pembimbing I,

Pemulis,

Dr. Ir. Lety Trihanalliani, S.T., M.T.

NUPTK. 6735796657230152

MARFITRA. S

NIM. 062240412382

Pembimbing II,

Ir. Iriani Reka Septiana, S.S.T., M.T.

NUPTK. 5254769670230293





Telah Diskeminarkan Dihadapan Tim Penguji
di Program Diploma IV – Teknik Energi Jurusan Teknik Kimia
Politeknik Negeri Sriwijaya
Pada Tanggal 02 Juli 2026

Tim Penguji :

1. Tolidid, S.T., M.T.
NUPTK. 0355749650130103
2. Ir. Sahral Effendy. A, MT
NUPTK. 9445750651130062
3. Boni Junita, S.ST., M.Tr.T
NUPTK. 9554770671230322

Tanda Tangan

Palembang, 13 Juli 2026

Mengetahui,

Koordinator Program Studi
D-IV Teknik Energi

Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T.
NIP 197804032012122002



ABSTRAK

PENGARUH VARIASI TEMPERATUR PEMANASAN SUBSTRAT FLUORINE-DOPED TIN OXIDE DAN KONSENTRASI LARUTAN PREKURSOR ZnO:Mg TERHADAP PERFORMA SOLAR CELL HETEROJUNCTION Cu₂O/ZnO

(Marfitra. S, 2026, 64 Halaman, 28 Tabel, 20 Gambar)

Energi surya merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang memiliki potensi besar untuk dikembangkan sebagai alternatif pemenuhan kebutuhan energi listrik yang ramah lingkungan. Salah satu teknologi yang terus dikembangkan adalah *solar cell heterojunction* berbasis Cu₂O/ZnO/FTO yang memanfaatkan kombinasi material semikonduktor tipe-p dan tipe-n untuk meningkatkan proses pemisahan serta transport pembawa muatan. Performa perangkat sangat dipengaruhi oleh kualitas lapisan penyusun yang dipengaruhi oleh parameter fabrikasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi temperatur pemanasan substrat FTO dan konsentrasi larutan prekursor ZnO terhadap performa *solar cell heterojunction* Cu₂O/ZnO/FTO serta mengevaluasi efisiensi konversi energi yang dihasilkan. Lapisan ZnO dideposisikan menggunakan metode *spray pyrolysis* pada temperatur 425°C, 450°C, 475°C, dan 500°C dengan variasi konsentrasi larutan ZnO sebesar 0,3 M:0,03 M; 0,4 M:0,04 M; dan 0,5 M:0,05 M. Selanjutnya, lapisan Cu₂O dibentuk menggunakan metode *electrodeposition* sehingga diperoleh struktur *heterojunction* Cu₂O/ZnO/FTO. Karakterisasi dilakukan melalui pengukuran parameter keluaran listrik yang meliputi *open-circuit voltage* (Voc), *short-circuit current* (Isc), daya keluaran (P), *power density* (Parea), dan efisiensi konversi energi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi temperatur pemanasan substrat dan konsentrasi larutan ZnO berpengaruh terhadap peningkatan karakteristik listrik solar cell. Kondisi optimum diperoleh pada konsentrasi ZnO 0,5 M:0,05 M dengan temperatur pemanasan 500°C yang menghasilkan nilai *open-circuit voltage* sebesar 120,5 mV, *short-circuit current* sebesar 145,8 mA, daya keluaran sebesar 17,57 mW, *power density* sebesar 0,234 mW/cm², dan efisiensi konversi energi sebesar 0,35%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa peningkatan temperatur pemanasan substrat yang dipadukan dengan konsentrasi larutan prekursor ZnO yang tepat mampu menghasilkan lapisan ZnO dengan kualitas yang lebih baik sehingga meningkatkan performa *solar cell heterojunction* Cu₂O/ZnO/FTO.

Kata Kunci : *Solar Cell, Heterojunction, Cu₂O/ZnO/FTO, Spray Pyrolysis.*

ABSTRACT

THE EFFECT OF HEATING TEMPERATURE VARIATIONS OF FLUORINE-DOPED TIN OXIDE SUBSTRATE AND ZnO:Mg PRECURSOR SOLUTION CONCENTRATION ON THE PERFORMANCE OF A Cu₂O/ZnO HETEROJUNCTION SOLAR CELL

(Marfitra. S, 2026, 64 Pages, 28 Tables, 20 Figures)

Solar energy is one of the most promising renewable energy sources that can be developed as an environmentally friendly alternative for electricity generation. One of the emerging technologies is the Cu₂O/ZnO/FTO heterojunction solar cell, which utilizes the combination of p-type and n-type semiconductor materials to improve charge carrier separation and transport. The performance of the device is strongly influenced by the quality of its constituent layers, which is determined by the fabrication parameters. Therefore, this study aims to analyze the effect of FTO substrate heating temperature and ZnO precursor solution concentration on the performance of Cu₂O/ZnO/FTO heterojunction solar cells, as well as to evaluate their energy conversion efficiency. The ZnO layer was deposited using the spray pyrolysis method at substrate heating temperatures of 425°C, 450°C, 475°C, and 500°C with ZnO precursor solution concentrations of 0.3 M:0.03 M, 0.4 M:0.04 M, and 0.5 M:0.05 M. Subsequently, the Cu₂O layer was fabricated using the electrodeposition method to form the Cu₂O/ZnO/FTO heterojunction structure. The electrical performance was characterized by measuring the open-circuit voltage (*V*_{oc}), short-circuit current (*I*_{sc}), output power (*P*), power density (*P*_{area}), and energy conversion efficiency. The results indicate that both the substrate heating temperature and the ZnO precursor solution concentration significantly affect the electrical characteristics of the solar cells. The optimum performance was achieved at a ZnO concentration of 0.5 M:0.05 M and a substrate heating temperature of 500°C, yielding an open-circuit voltage of 120.5 mV, a short-circuit current of 145.8 mA, an output power of 17.57 mW, a power density of 0.234 mW/cm², and an energy conversion efficiency of 0.35%. These findings demonstrate that increasing the substrate heating temperature combined with an appropriate ZnO precursor solution concentration improves the quality of the ZnO layer, thereby enhancing the performance of Cu₂O/ZnO/FTO heterojunction solar cells.

Keywords : Solar Cell, Heterojunction, Cu₂O/ZnO/FTO, Spray pyrolysis.

MOTTO

“Skripsi ini mungkin tidak sempurna, tetapi setiap halamannya adalah saksi bahwa saya tidak pernah menyerah. Untuk setiap doa yang dipanjatkan orang tua dan setiap langkah yang terasa berat, semoga pencapaian kecil ini menjadi awal untuk membalas segala pengorbanan yang telah diberikan”

-Marfitra. S-

“Information is not knowledge. The only source of knowledge is experience. You need experience to gain wisdom.”

-Albert Einstein-

KATA PENGANTAR

Puji dan Syukur penulis sampaikan atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa, karena atas Rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan Substrat *Fluorine-Doped Tin Oxide* dan Konsentrasi Larutan Prekursor ZnO:Mg Terhadap Performa *Solar cell Heterojunction* Cu₂O/ZnO”. Skripsi ini dibuat untuk menyelesaikan Pendidikan Sarjana Terapan (D-IV) Jurusan Teknik Kimia Program Studi Teknik Energi. Penulis menyusun skripsi ini berdasarkan penelitian yang dilakukan pada April-Juni 2026.

Dalam melaksanakan penulisan skripsi ini, penulis telah banyak menerima bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak, baik secara langsung dan tidak langsung. Maka pada kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada :

1. Ir. Irawan Rusnadi, M.T. Selaku Direktur Politeknik Negeri Sriwijaya.
2. Dr. Yusri, S.Pd., M.Pd. Selaku Wakil Direktur Bidang Akademik Politeknik Negeri Sriwijaya.
3. Tahdid, S.T., M.T., Selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
4. Isnandar Yunanto, S.S.T., M.T. Selaku Sekertaris Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Sriwijaya.
5. Dr. Ir. Lety Trisnaliani, S.T., M.T., selaku Koordinator Program Studi D-IV Teknik Energi sekaligus dosen pembimbing I, yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.
6. Ir. Iriani Reka Septiana, S.S.T., M.T. Selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan arahan, bimbingan, serta dukungan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi ini hingga dapat terselesaikan dengan baik.
7. Segenap Bapak/Ibu Dosen di Jurusan Teknik Kimia Program Studi D-IV Teknik Energi Politeknik Negeri Sriwijaya.

8. Terkhusus kepada orang tua tercinta, Ibunda dan Ayahanda, yang senantiasa memberikan dukungan baik secara moril maupun materil, serta tidak henti-hentinya memberikan semangat, motivasi dan nasihat kepada penulis. Terima kasih atas segala doa yang selalu dipanjatkan demi kelancaran dan keberhasilan penulis dalam menyelesaikan karya ini. Segala bentuk pengorbanan, kasih sayang dan perhatian yang diberikan menjadi sumber kekuatan dan inspirasi bagi penulis untuk terus berusaha dan mencapai hasil yang terbaik.
9. Teman-teman Kelas EGC angkatan 2022 yang selalu memberikan dukungan, semangat, serta kebersamaan yang penuh makna selama proses perkuliahan. Terima kasih atas kerja sama, bantuan dan kenangan indah yang telah dilalui bersama, sehingga menjadi pengalaman berharga dan tidak terlupakan bagi penulis dalam menyelesaikan skripsi dan menjalani masa perkuliahan.
10. Teman-teman penelitian “ *Solar cell* ” yang telah bersama-sama berjuang, saling membantu dan memberikan dukungan selama proses penyelesaian tugas akhir ini. Terima kasih atas kerja sama, kebersamaan, serta kontribusi yang telah diberikan, sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir ini dengan baik.
11. Semua pihak yang telah terlibat dan memberikan kontribusi dalam penyusunan skripsi, yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Penulis mengucapkan terima kasih atas segala bantuan, dukungan, serta kerja sama yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis sepenuhnya menyadari bahwasannya dalam pembuatan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca. Semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi semua pihak.

Palembang, 13 Juli 2026

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
LAPORAN SKRIPSI.....	1
LEMBAR PENGESAHAN SKRIPSI	ii
ABSTRAK	iii
ABSTRACT.....	vi
MOTTO	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian	5
1.5 Relevansi Penelitian	6
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	7
2.1 Energi surya dan Fotovoltaik	7
2.2 <i>Solar cell</i>	8
2.3 <i>Fluorine-doped Tin Oxide (FTO)</i>	10
2.3.1 <i>Spray pyrolysis</i> pada FTO.....	10
2.3.2 Parameter Metode <i>Spray Pyrolysis</i>	13
2.4 Semikonduktor Cu ₂ O dan ZnO	14
2.4.1 Tembaga (I) Oksida (Cu ₂ O)	14
2.4.2 Seng Oksida (ZnO)	15
2.4.3 Elektrodeposisi Cu ₂ O dan ZnO	16
2.4.4 Parameter Metode Elektrodeposisi	17
2.5 <i>Solar cell Heterojunction Cu₂O/ZnO/FTO</i>	18
2.6 Parameter Keluaran Listrik <i>Solar cell</i>	19
2.6.1 Tegangan <i>Open Circuit</i> (V _{oc})	19
2.6.2 Arus <i>Short Circuit</i> (I _{sc})	20
2.6.3 Daya Keluaran (P).....	20
2.6.4 Daya per Satuan Luas (P _{area})	21

2.7 Penelitian Terdahulu (<i>State of The Art</i>).....	22
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	25
3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan	25
3.2 Alat dan Bahan	25
3.2.1 Alat	25
3.2.2 Bahan	25
3.3 Perlakuan dan Rancangan Percobaan.....	26
3.3.1 Perlakuan Percobaan	26
3.3.2 Variabel Penelitian	26
3.3.3 Diagram Alir Penelitian	28
3.4 Prosedur Percobaan.....	29
3.4.1 Membuat kaca FTO (<i>Fluorine-doped Tin Oxide</i>)	29
3.4.2 Membuat lapisan ZnO:Mg	29
3.4.3 Membuat lapisan Cu ₂ O	29
3.4.4 Melapiskan elektroda grafit.....	30
3.4.5 Pengamatan data.....	30
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil Penelitian	31
4.1.1 Hasil Pengukuran Parameter Listrik	31
4.1.2 Perhitungan Parameter Keluaran Listrik <i>Solar Cell</i>	32
4.1.3 Efisiensi Konversi Energi <i>solar cell</i>	33
4.2 Pembahasan.....	35
4.2.1 Pengaruh Variasi Temperatur Pemanasan dan Konsentrasi larutan Prekursor ZnO:Mg terhadap Perfoma <i>Solar cell Heterojunction</i> Cu ₂ O/ZnO/FTO	35
4.2.2 Pengaruh Variasi Temperatur dan Konsentrasi larutan terhadap Efisiensi Konversi Energi	44
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	47
5.1 Kesimpulan	47
5.2 Saran.....	48
DAFTAR PUSTAKA	49

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
2. 1 State of Art Penelitian <i>Solar cell</i> Cu ₂ O/ZnO dan metode fabrikasi terkait....	22
4. 1 Data Hasil Pengukuran <i>Solar Cell</i>	32
4. 2 Hasil Perhitungan Parameter Keluaran Listrik <i>Solar cell</i>	33
4. 3 Hasil Perhitungan Efisiensi Konversi Energi <i>Solar cell</i>	34

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2. 1 Sebaran potensi energi surya Indonesia berdasarkan nilai <i>Global Horizontal Irradiation</i> (GHI).	7
2. 2 Ilustrasi Cara Kerja <i>Solar Cell</i>	9
2. 3 Ilustrasi rangkaian <i>spray pyrolysis</i>	11
2. 4 Ilustrasi rangkaian elektrodeposisi.	16
2. 5 Diagram Alir Proses Penelitian	28
3. 1 Rancangan Struktur <i>Solar Cell</i>	26
4. 1 Pengaruh Temperatur Pemanasan Substrat dan Konsentrasi larutan terhadap Tegangan Rangkaian Terbuka (<i>Open-Circuit Voltage</i> , <i>Voc</i>)	36
4. 2 Pengaruh Temperatur Pemanasan Substrat dan konsentrasi larutan terhadap Arus Hubung Singkat (<i>Short-Circuit Current</i> , <i>Isc</i>).....	38
4. 3 Pengaruh Temperatur Pemanasan Substrat dan Konsentrasi larutan terhadap Daya Keluaran (<i>Output Power</i>)	40
4. 4 Pengaruh Temperatur Pemanasan Substrat dan Konsentrasi larutan terhadap Daya per Satuan Luas (<i>Power Density</i> , <i>Parea</i>)	42
4. 5 Grafik Pengaruh Variasi Temperatur dan Konsentrasi larutan terhadap Efisiensi Konversi Energi <i>Solar Cell Heterojunction Cu₂O/ZnO/FTO</i>	45

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran I Data pengamatan	52
Lampiran II Perhitungan	54
Lampiran III Dokumentasi	61