

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 451/Teknik Elektro

Bidang Fokus : Material Maju

**USULAN
PENELITIAN DISERTASI DOKTOR**



JUDUL PENELITIAN

**PENINGKATAN UNJUK KERJA *DYE SENSITIZED SOLAR CELL* DARI EKSTRAK LIMBAH KULIT MANGGIS
(*Garcinia mangostana L.*)**

PENGUSUL

**IR. I NYOMAN SETIAWAN, MT.
NIDN: 0029126315**

**UNIVERSITAS UDAYANA
JUNI 2017**

HALAMAN PENGESAHAN
PENELITIAN DISERTASI DOKTOR

Judul Penelitian : Peningkatan Unjuk Kerja Dye Sensitized Solar Cell dari Ekstrak Limbah Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.)

Bidang Fokus : Material Maju

Judul Disertasi : Konversi Sinar Matahari Menjadi Energi Listrik oleh Dye Sensitized Solar Cell (DSSC) Menggunakan Pewarna Alami yang Diekstrak dari Komponen Bioaktif Limbah Buah

Kode>Nama Rumpun Ilmu : 451/Teknik Elektro

Peneliti :

Nama Lengkap : Ir. I NYOMAN SETIAWAN MT

NIDN : 0029126315

Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Program Studi : Teknik Elektro

Nomor HP/Surel : 081338721408/setiawan@ee.unud.ac.id

NIM : 1591071015

Semester ke : 4

PT Penyelenggara : Universitas Udayana

Program Studi Doktor : Ilmu Teknik

Nama Promotor : Prof. Ir. IDA AYU DWI GIRIANTARI M.Eng.Sc, Ph.D

NIDN Promotor : 0013126509

Biaya yang Diusulkan ke DRPM : Rp 60,000,000.00

Biaya Luaran Tambahan : Rp 0.00



(Prof. Ir. Ngakan Putu Gede Suardana, MT.,PhD.)
NIP/NIK 196409171989031002

Kab.Badung, 03-06-2017

Ketua Peneliti

(Ir. I NYOMAN SETIAWAN MT)
NIP/NIK



(Prof. Dr. Ir. I Nyoman Gde Antara, M.Eng.)
NIP/NIK 196408071992031002

URAIAN UMUM

1. Judul Penelitian : Peningkatan Unjuk Kerja Dye Sensitized Solar Cell dari Ekstrak Limbah Kulit Manggis (*Garcinia mangostana* L.)

2. Tim Peneliti

No	Nama	Jabatan	Bidang Keahlian	Instansi Asal	Alokasi Waktu (jam/minggu)
1	Ir. I NYOMAN SETIAWAN MT	Ketua Pengusul	-	Universitas Udayana	8.00

3. Objek Penelitian (jenis material yang akan diteliti dan segi penelitian):

Limbah kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) sebagai dye sensitizer untuk pembuatan Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)

4. Masa Pelaksanaan

Mulai tahun: 2018

Berakhir tahun: 2018

5. Usulan Biaya DRPM Ditjen Penguatan Risbang

- Tahun ke-1: Rp60,000,000

6. Lokasi Penelitian (lab/studio/lapangan)

Laboratorium bersama Universitas Udayana

7. Prediksi lulus S-3. Dilengkapi lampiran surat pernyataan pengusul diketahui Promotor bahwa pengusul diprediksi belum lulus S3 ketika proposal mendapat persetujuan didanai

2019

8. Temuan yang ditargetkan dan / atau implikasi teoretik (termasuk penjelasan gejala atau kaidah, metode, teori, pendekatan-perspektif, atau antisipasi yang dikontribusikan pada bidang ilmu)

Target jangka panjang penelitian ini adalah untuk menghasilkan Dye-Sensitized Solar Cells (DSSC) komersial yang merupakan produk unggulan hasil inovasi bangsa sendiri dan pada saat yang sama akan menjadi solusi yang bersifat komprehensif terhadap permasalahan global yaitu krisis energi dan lingkungan. Target khusus penelitian adalah didapatkan pelarut yang tepat untuk pembuatan pewarna alami yang diekstrak dari limbah kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) untuk meningkatkan unjuk kerja DSSC.

9. Kontribusi mendasar pada suatu bidang ilmu (uraikan tidak lebih dari 50 kata, tekankan pada gagasan fundamental dan orisinal yang mendukung pengembangan tambahkan iptek, sosbud)

Penelitian ini berkontribusi pada pengembangan ilmu material yaitu pengembangan sel surya berbasis non silikon. Pemanfaatan material lokal seperti limbah kulit buah manggis untuk dye sensitizer dalam pembuatan DSSC merupakan primadona dan sangat strategis yang memenuhi harapan dari kesadaran akan pentingnya keselamatan lingkungan.

10. Jurnal ilmiah yang menjadi sasaran (tuliskan nama terbitan berkala ilmiah internasional bereputasi dan tahun rencana publikasi)

INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH
(<http://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/index>)

DAFTAR ISI

	HALAMAN
HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	ii
IDENTITAS DAN URAIAN UMUM.....	iii
DAFTAR ISI.....	v
RINGKASAN.....	vii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan Khusus.....	2
1.4. Keutamaan (Ugens) Penelitian.....	2
1.5. Target Luaran.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. <i>State of the Art Review</i>	5
2.2. <i>Dye-sensitized Solar Cells (DSSC)</i>	6
2.2.1 Cara kerja <i>Dye-sensitized Solar Cells (DSSC)</i>	7
2.2.2. Unjuk Kerja /Performansi Sel Surya	8
2.3. Peta Jalan (<i>Roadmap</i>) Penelitian	8
2.4. Buah Manggis (<i>Garcinia mangostana L.</i>)	9
BAB III METODE PENELITIAN.....	10
3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan	10
3.2. Alat dan Bahan	10
3.3. Prosedur Kerja	10
3.3.1. Persiapan.....	10
3.3.2. Ekstraksi Kulit Kulit manggis Sebagai <i>Dye</i>	10
3.3.3. Perendaman Lapisan TiO ₂ dengan <i>dye</i>	11
3.3.4. Pembuatan Lapisan <i>sandwich</i> DSSC.....	11
3.3.5. Pengukuran Tegangan dan Arus.....	11
3.4 . Alur Penelitian	12
BAB IV BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN.....	13
4.1. Anggaran Biaya.....	13
4.2. Jadwal Penelitian.....	13

DAFTAR PUSTAKA.....	14
---------------------	----

LAMPIRAN

Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian

Lampiran 2. Dukungan sarana dan prasarana penelitian

Lampiran 3. Biodata Peneliti

Lampiran 4. Surat pernyataan Peneliti

RINGKASAN

Energi matahari dapat dikonversikan menjadi energi listrik dengan perangkat sel surya. Sel surya yang banyak beredar dipasaran sekarang ini adalah sel surya berbasis silikon. Sel surya berbasis silikon memerlukan teknologi tinggi sehingga biaya produksinya menjadi mahal. Disamping mahal kekurangan sel surya berbasis silikon adalah penggunaan bahan kimia berbahaya pada proses produksinya. Seiring dengan perkembangan nanoteknologi, dominasi sel surya berbahan silikon bertahap mulai tergantikan dengan hadirnya *Dye-Sensitized solar cell* (DSSC) yang merupakan salah satu kandidat potensial sel surya generasi mendatang. DSSC tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi sehingga biaya proses produksinya yang relatif rendah. Sebagaimana diketahui bersama, salah satu trend yang berlaku di industri global saat ini adalah kesadaran akan pentingnya keselamatan lingkungan dengan jalan menerapkan teknologi produksi yang lebih bersih dan efisien serta pemanfaatan bahan yang dapat didaur ulang atau *recyclable-based society*. Penggunaan bahan pewarna sintesis sebagai *sensitizer* telah memberikan efisiensi DSSC yang lebih baik dan daya tahan yang tinggi, tetapi mempunyai kekurangan seperti biaya yang lebih tinggi, kecenderungan untuk mengalami degradasi dan penggunaan bahan beracun serta sulit disintesis. Pemanfaatan pewarna alami sebagai alternatif untuk *dye sensitizer* dalam pembuatan DSSC merupakan primadona yang memenuhi harapan dari kesadaran tersebut. Kesadaran akan trend pasar global serta didukung oleh hasil signifikan dari beberapa penelitian sebelumnya, merupakan pendorong dilakukannya kajian terhadap pembuatan prototipe DSSC dengan memanfaatkan limbah. Limbah yang digunakan dalam penelitian ini adalah limbah dari kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) untuk *dye sensitizer*. Tujuan jangka panjang penelitian ini adalah untuk menghasilkan DSSC komersial yang merupakan produk unggulan hasil inovasi bangsa sendiri dan pada saat yang sama akan menjadi solusi yang bersifat komprehensif terhadap permasalahan global yaitu krisis energi dan lingkungan. Tujuan khusus penelitian ini adalah didapatkan pengaruh variasi pelarut pewarna alami yang diekstrak dari limbah kulit manggis (*Garcinia mangostana* L.) terhadap unjuk kerja DSSC. Penelitian ini menggunakan tiga variasi larutan pewarna yaitu jenis pelarut, rasio pelarut dan konsentrasi asam sitrat. Daya serap (absorbansi) pewarna dari masing-masing variasi pelarut diuji dengan *Spectrophotometer UV-VIS* dan FTIR untuk mengetahui gugus bahan pewarna. DSSC dibuat dari dua keping kaca *fluorine-doped tin oxide* (FTO). Salah satu keping kaca FTO yang telah dilapisi *Titanium Dioksida* (TiO_2) sebagai elektroda kerja direndam selama 24 jam di masing-masing larutan pewarna. Pengujian morfologi lapisan TiO_2 dengan menggunakan SEM (*Scanning Electron Microscopy*). Elektroda pembanding dibuat dari kaca FTO yang dilapisi platina. Elektrode kerja dan elektrode pembanding disusun secara *sandwich* dan diantaranya diteteskan larutan elektrolit. Pengujian unjuk kerja DSSC digunakan Simulator Sel Surya. Luaran yang dihasilkan dari penelitian ini adalah draf disertasi dan satu artikel ilmiah pada jurnal Internasional bereputasi. Peneliti berharap dengan penelitian ini dapat menyelesaikan studi dengan tepat waktu yang direncanakan selesai pada awal tahun 2019.

Kata kunci : sel surya, *Dye Sensitized Solar Cell*, pewarna alami, *Titanium Dioksida*, kulit manggis.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Polusi udara adalah pembunuh senyap, menyebabkan 3 juta kematian dini (*premature death*) di seluruh dunia, dimana pembakaran batubara adalah salah satu kontributor terbesar polusi ini. Polusi udara menyebabkan peningkatan risiko kanker paru-paru, stroke, penyakit jantung, dan penyakit pernapasan. Angka estimasi kematian dini akibat PLTU Batubara yang saat ini sudah beroperasi di Indonesia, mencapai sekitar 6.500 jiwa/tahun. Jika rencana pengembangan terus dilakukan, maka korban kematian dini dapat bertambah hingga 15.700 jiwa/tahun di Indonesia dan estimasi total 21.200 jiwa/tahun termasuk di luar Indonesia (Greenpeace Indonesia, 2015).

Pengembangan energi terbarukan yang ramah lingkungan sebagai pengganti PLTU Batubara merupakan salah satu pilihan yang paling tepat untuk menanggulangi krisis energi dan lingkungan. Energi alternatif yang perlu ditingkatkan pemanfaatannya adalah pengembangan teknologi pembangkit listrik tenaga matahari. Berbagai teknologi pembuatan sel surya terus diteliti dan dikembangkan dalam rangka upaya penurunan harga produksi sel surya agar mampu bersaing dengan sumber energi lain. Seiring dengan perkembangan nanoteknologi, dominasi sel surya berbahan silikon bertahap mulai tergantikan dengan hadirnya sel surya generasi terbaru, yaitu *Dye-Sensitized solar cell* (DSSC) yang merupakan salah satu kandidat potensial sel surya generasi mendatang. DSSC tidak memerlukan material dengan kemurnian tinggi sehingga biaya proses produksinya yang relatif rendah.

Pewarna mempunyai peran penting dalam DSSC untuk menyerap sinar matahari. Penggunaan pewarna sintesis sebagai *sensitizer* telah memberikan efisiensi DSSC yang lebih baik dan daya tahan yang tinggi, tetapi mempunyai kekurangan seperti biaya yang lebih tinggi, kecenderungan untuk mengalami degradasi dan penggunaan bahan beracun serta sulit disintesis (Shalini *et al.*, 2015). Sebagai alternatif pemanfaatan pewarna alami sangat atraktif untuk aplikasi DSSC karena murah, tersedia dalam jumlah besar di Indonesia, dan berkelanjutan (Setiawan *et al.*, 2015). Penelitian DSSC yang telah dilakukan memanfaatkan daun, bunga, buah, dan akar (Abdel-Latif *et al.*, 2015; Maabong *et al.*, 2015; Torchani *et al.*, 2015, Setiawan *et al.*, 2016). Pada penelitian ini dilakukan kajian terhadap pembuatan prototipe DSSC dengan memanfaatkan limbah kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.). Buah manggis pada umumnya dikonsumsi daging buahnya sedangkan kulitnya dibuang sebagai

sampah yang akan mencemari lingkungan. Hal ini sangat disayangkan karena peningkatan nilai ekonomis buah manggis dapat dilakukan dengan memanfaatkan kulitnya. Kulit buah manggis mengandung zat warna alami antosianin (Cheok, *et al.*, 2013). Ekstraksi pewarna alami merah (antosianin) sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu jenis pelarut, perbandingan bahan dengan pelarut dan suasana keasaman (pH) (Puspawati, *et al.*, 2014). Dalam penelitian ini akan dikaji pengaruh variasi pelarut terhadap unjuk kerja DSSC. Dengan demikian hasil penelitian ini berharap didapatkan jenis pelarut yang sesuai untuk meningkatkan unjuk kerja DSSC. Pemanfaatan limbah sebagai ekstrak pewarna alami akan lebih murah, dan meningkatkan nilai tambah. Disamping itu pemanfaatan kulit buah dapat meminimalkan produksi limbah yang mulai meningkat seiring peningkatan jumlah dan konsumsi penduduk.

1.2. Rumusan Masalah :

1. Bagaimana daya serap pigmen antosianin kulit manggis dengan variasi pelarut.
2. Bagaimana pengaruh variasi pelarut pewarna alami yang diekstrak dari limbah kulit manggis terhadap unjuk kerja *Dye Sensitized Solar Cells (DSSC)*.

1.3 Tujuan Khusus:

1. Mengetahui daya serap (absorbansi) pigmen antosianin kulit manggis dengan variasi pelarut.
2. Didapatkannya pengaruh variasi pelarut pewarna alami yang diekstrak dari limbah kulit manggis terhadap unjuk kerja *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)*

1.4. Keutamaan (Urgensi) Penelitian

Pemahaman tentang lingkungan dan khususnya limbah, nampaknya masih dalam tahap gaya hidup dan belum merupakan pola berpikir bagi masyarakat pada umumnya. Sampah adalah salah satu jenis limbah yang mau tidak mau dan sadar tidak sadar merupakan bagian dari kehidupan kita. Volume sampah yang dihasilkan masyarakat seluruh Indonesia mencapai 200 ribu ton per hari. Sebanyak 30 ribu ton merupakan sampah nonorganik atau plastik (Putra, 2016). Jika sampah sebanyak ini tidak diolah, maka akan menimbulkan banyak masalah terutama pencemaran lingkungan. Prinsip 3R (*Reduce, Reuse, dan Recycle*) merupakan prinsip yang sudah diakui keberhasilannya oleh negara-negara maju dalam mengelola limbahnya, sedangkan di Indonesia masih belum maksimal. Pemerintah Indonesia pada tahun 2018

mendatang berencana akan mewajibkan perusahaan-perusahaan yang menghasilkan limbah untuk memanfaatkan limbah yang dihasilkannya. Kebijakan ini dilakukan pemerintah Indonesia untuk mengoptimalkan *waste to energy* yang merupakan salah satu langkah kontribusi Indonesia dalam menurunkan Emisi GKR dunia sebesar 29% pada tahun 2030 (Mulyana, 2016).

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka pilihan terbaik yang dapat diraih adalah mengembangkan paradigma baru yang memungkinkan untuk memanfaatkan sumber daya alam secara arif dan kreatif. Demikian juga pada saat yang sama akan menjadi solusi yang bersifat komprehensif terhadap permasalahan global yaitu krisis energi dan lingkungan. Disamping itu juga menghasilkan peluang bagi penguatan industri domestik dalam bentuk penciptaan produk unggulan hasil inovasi bangsa sendiri. Usulan penelitian ini disusun dengan logika berpikir yang demikian. Kesadaran akan trend pasar global serta didukung oleh hasil signifikan dari beberapa penelitian sebelumnya, merupakan pendorong dilakukannya kajian terhadap pembuatan prototipe *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* dengan memanfaatkan limbah. Pada penelitian ini akan diteliti limbah dari kulit manggis (*Garcinia mangostana L.*) untuk *dye sensitizer*. Sebagaimana diketahui bersama, salah satu trend yang berlaku di industri global saat ini adalah kesadaran akan pentingnya keselamatan lingkungan dengan jalan menerapkan teknologi produksi yang lebih bersih dan efisien serta pemanfaatan bahan yang dapat didaur ulang atau *recyclable-based society*. Pemanfaatan pewarna alami sebagai *dye sensitizer* dalam pembuatan *Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)* merupakan primadona yang memenuhi harapan dari kesadaran tersebut.

Berdasarkan uraian tersebut di atas, maka penelitian ini menjadi penting dan sangat layak dilaksanakan karena dapat memberikan sejumlah keuntungan berupa luaran yang sangat menjanjikan serta sangat strategis mendukung Provinsi Bali yang telah terpilih sebagai *Clean Energy Center of Excellence (CoE)* atau Pusat Keunggulan Energi Bersih Indonesia.

1.5. Target Luaran

Hasil penelitian ini diharapkan akan menghasilkan satu buah artikel ilmiah di jurnal internasional yang akan dipublikasikan di *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH* pada tahun 2019.

(<http://www.ijrer.org/ijrer/index.php/ijrer/index>)

Tabel 1. Rencana Target Capaian Tahunan

No.	Jenis Luaran				Indikator Capaian	
	Kategori	Sub Kategori	Wajib	Tambahan	2018	2019
1	Artikel ilmiah dimuat di jurnal	Internasional bereputasi	√		draf	submitted
		Nasional Terakreditasi			Tidak ada	
2	Artikel Ilmiah dimuat di prosiding	Internasional Terindeks			Tidak ada	
		Nasional			Tidak ada	
3	Invited speaker dalam temu ilmiah	International			Tidak ada	
		Nasional			Tidak ada	
4	Visiting Lecturer	International			Tidak ada	
5	Hak Kekayaan Intelektual (HKI)	Paten			Tidak ada	
		Paten sederhana			Tidak ada	
		Hak Cipta			Tidak ada	
		Merek dagang			Tidak ada	
		Rahasia dagang			Tidak ada	
		Desain Produk Industri			Tidak ada	
		Indikasi Geografis			Tidak ada	
		Perlindungan Varietas Tanaman			Tidak ada	
		Perlindungan Topografi Sircuit Terpadu			Tidak ada	
6	Teknologi Tepat Guna				Tidak ada	
7	Model/Purwarupa/Desain/Karya seni/Rekayasa Sosial				Tidak ada	
8	Buku Ajar (ISBN)				Tidak ada	
9	Tingkat Kesiapan Teknologi (TKT)					3

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1. *State of the Art Review*

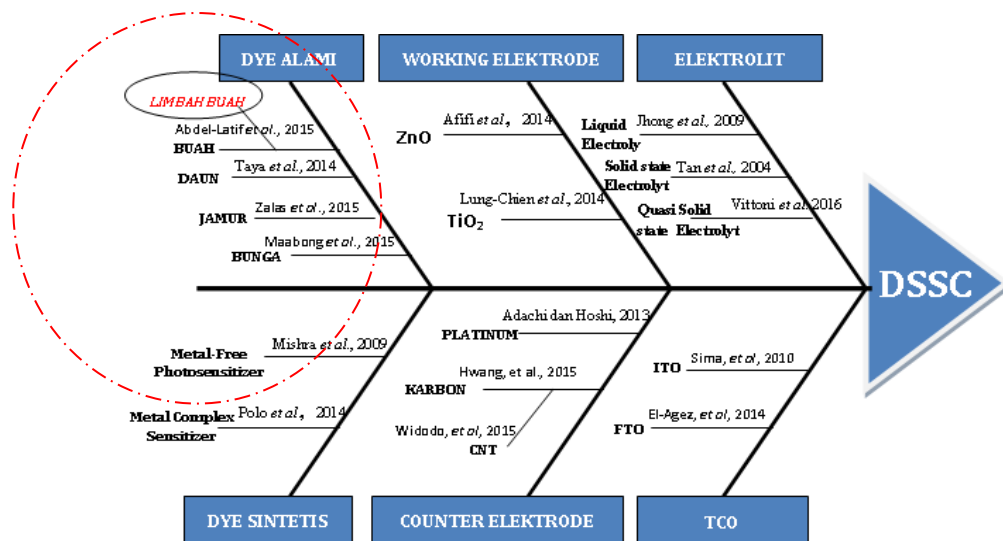
Banyak peneliti telah mengembangkan *dye* alami yang diekstrak dari buah, daun dan bunga sebagai pengganti *dye* sintetis yang harganya mahal dan tidak ramah lingkungan. Abdel-Latif *et al.*, (2015) melakukan penelitian terhadap 11 pewarna alami yang diekstrak dari tiga pohon dan digunakan sebagai fotosensitizer untuk DSSC. Pewarna ini diekstrak dari daun, bunga, kulit, dan akar dari tiga pohon. TiO₂ digunakan sebagai semikonduktor. Efisiensi konversi tertinggi adalah 0,40% untuk DSSC dengan daun *Zizyphus*. DSSC dengan akar dan kulit ditunjukkan dengan respon terendah.

Maabong *et al.*, (2015) menyiapkan 4 pewarna alami yang diekstrak dari daun tanaman dan bunga, yaitu morula (*Sclerocarya birrea*), lemon (*Citrus limon*) dan bugenvil (*Bougainvillea glabra*) (bunga oranye dan merah), yang digunakan untuk membuat *dye-sensitized solar cell*. DSSC ini menjanjikan potensi konversi energi surya, dengan lemon menjadi sumber lebih cocok sebagai pewarna alami untuk fabrikasi DSSC. DSSC dengan *dye* lemon memiliki efisiensi tertinggi, 0,036%, kemudian bugenvil merah dan bugenvil oranye masing-masing 0,023% dan 0,005% dan nilai terendah diperoleh untuk morula 0,0008%. Meskipun efisiensi pewarna alami relatif lebih rendah dibandingkan dengan fotosensitizer komersial, tapi pewarna alami lebih murah dan ramah lingkungan.

Torchani *et al.*, (2015), mempersiapkan beberapa pewarna alami untuk aplikasi DSSC. Bayam, bit, kubis merah dan stroberi yang terkenal dan sudah digunakan untuk penelitian. Penelitian ini juga menggunakan pewarna *Henna* dan *Mallow* (*Molokhia*) yang tersedia di Tunisia untuk mewujudkan DSSC. Sel dengan pewarna *mallow* menunjukkan *Fill Factor* yang baik 55% dan efisiensi konversi fotolistrik 0,215%.

Setiawan *et al.*, (2016) telah melakukan penelitian *Dye Sensitized Solar Cell* menggunakan pewarna alami dari limbah buah naga merah sebagai *dye sensitizer*. Kulit buah naga merah diekstrak dengan metanol. Spektrum penyerapan diukur dalam kisaran panjang gelombang 400-800 nm. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa spektrum penyerapan maksimum pada panjang gelombang 446 nm. Pewarna alami dari kulit buah naga merah memiliki potensi sebagai *dye sensitizer*. Hasil pengujian DSSC dengan sumber cahaya halogen menghasilkan tegangan sebesar 247,1 mV atau 0,2471 V dan arus listrik sebesar 4,5 μ A. Penelitian lebih lanjut masih diperlukan untuk meningkatkan kinerja DSSC.

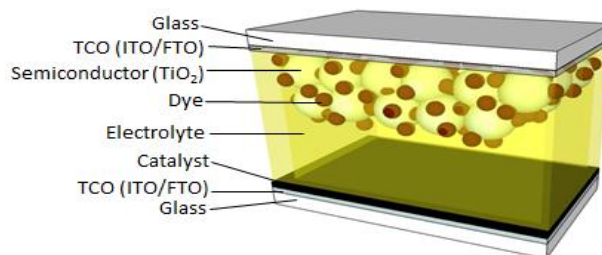
Berdasarkan uraian tersebut di atas, para peneliti telah berhasil menggunakan daun, bunga, buah, akar dan jamur untuk pewarna dalam pembuatan DSSC. Khususnya untuk buah para peneliti menggunakan daging buah, namun belum ada yang menggunakan limbah dari buah. Berdasarkan hal tersebut peneliti mencoba mengkaji limbah buah untuk *dye sensitizer* dan mengkaji jenis pelarut dalam pembuatan DSSC yang merupakan suatu kebaruan atau pembeda dari penelitian yang telah dilakukan. Posisi penelitian dapat ditunjukkan dengan gambar tulang ikan seperti terlihat pada Gambar 2.1



Gambar 2.1 Posisi Penelitian

2.2. Dye-sensitized Solar Cells (DSSC)

Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), berbeda dengan sel surya konvensional. DSSC adalah sel surya fotoelektrokimia sehingga menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, DSSC terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO₂, molekul *dye* yang teradsorpsi di permukaan TiO₂, dan katalis yang semuanya dideposisi diantara dua kaca konduktif, seperti terlihat pada Gambar 2.2.

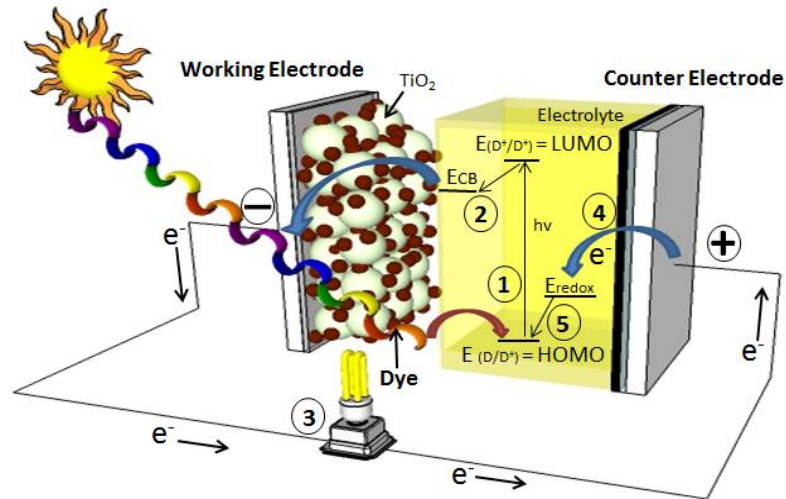


Gambar 2.2. Struktur *Dye-sensitized Solar Cell* (Setiawan, 2016).

2.2.1. Cara Kerja *Dye-sensitized Solar Cells* (DSSC)

Skema kerja dari DSSC ditunjukkan pada Gambar 2.3. Pada dasarnya prinsip kerja dari DSSC merupakan reaksi dari transfer elektron (Setiawan, 2016).

1. Proses pertama dimulai dengan terjadinya eksitasi elektron pada molekul *dye* akibat absorpsi foton. Elektron tereksitasi dari *ground state* (D) ke *excited state* (D^{*}).



Gambar 2.3. Skema Kerja DSSC (Setiawan, 2016)

2. Elektron dari *excited state* kemudian langsung terinjeksi menuju *conduction band* (E_{CB}) titania sehingga molekul *dye* teroksidasi (D⁺). Dengan adanya donor elektron oleh elektrolit (I⁻) maka molekul *dye* kembali ke keadaan awalnya (*ground state*) dan mencegah penangkapan kembali elektron oleh dye yang teroksidasi.



3. Setelah mencapai elektroda WE (*Working Electrode*), elektron mengalir menuju CE (*Counter-Electrode*) melalui rangkaian eksternal.
4. Adanya katalis pada counter-elektroda, elektron diterima oleh elektrolit sehingga *hole* yang terbentuk pada elektrolit (I₃⁻), akibat donor elektron pada proses sebelumnya, berekombinasi dengan elektron membentuk *iodide* (I⁻).



5. *Iodide* ini digunakan untuk mendonor elektron kepada *dye* yang teroksidasi, sehingga terbentuk suatu siklus transport elektron. Dengan siklus ini terjadi konversi langsung dari cahaya matahari menjadi listrik.

2.2.2. Unjuk Kerja/Performansi Sel Surya

Kemampuan sel surya direpresentasikan dalam kurva arus-tegangan (I-V). Ketika sel dalam kondisi *short circuit*, arus maksimum atau arus *short circuit* (I_{sc}) dihasilkan, sedangkan pada kondisi terbuka sirkuit tidak ada arus yang dapat mengalir sehingga tegangannya maksimum, disebut tegangan *open-circuit* (V_{oc}). Titik pada kurva I-V yang menghasilkan arus dan tegangan maksimum disebut titik daya maksimum (V_{mp} , I_{mp}). Karakteristik penting lainnya dari sel surya yaitu *Fill Factor* (FF), dengan persamaan 2.1,

$$FF = \frac{V_{mp}I_{mp}}{V_{oc}I_{sc}} \quad 2.1$$

Dengan menggunakan *Fill Factor*, maka maksimum daya dari sel surya didapat dari persamaan 2.2,

$$P_{maks} = V_{oc}I_{sc}FF \quad 2.2$$

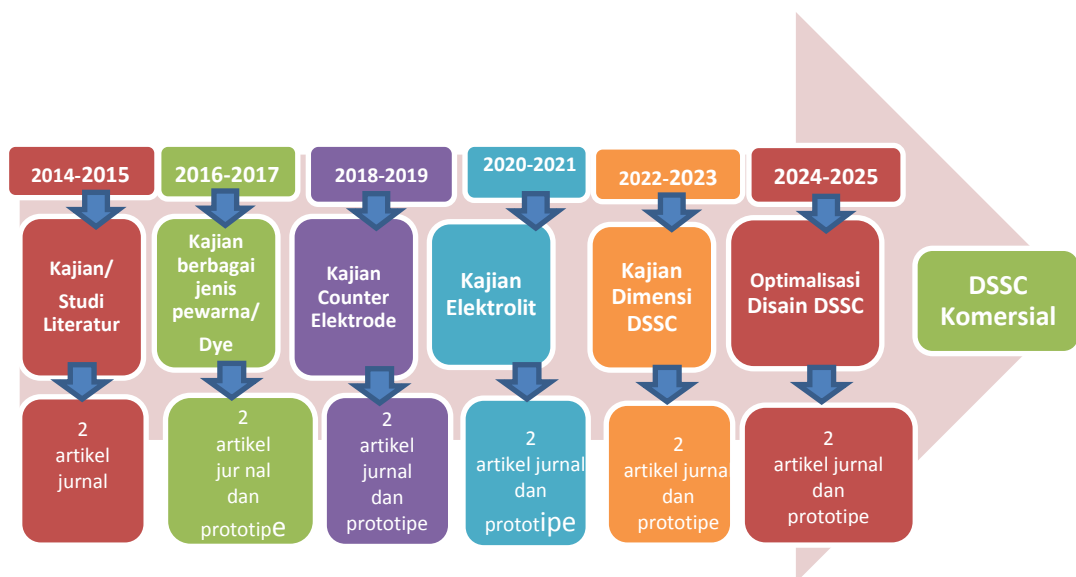
Sehingga efisiensi sel surya yang didefinisikan sebagai daya yang dihasilkan dari sel (P_{maks}) dibagi dengan daya dari cahaya yang datang (P_{in}) persamaan 2.3:

$$\eta = \frac{P_{maks}}{P_{in}} \quad 2.3$$

Nilai efisiensi ini yang menjadi ukuran global dalam menentukan kualitas unjuk kerja/performansi suatu sel surya.

2.3. Peta Jalan (*Roadmap*) Penelitian

Agar penelitian yang dilakukan terarah dan berujung pada produk penelitian yang mampu menghasilkan *Dye-sensitized Solar Cells* (DSSC) komersial, maka disusunlah roadmap penelitian seperti Gambar 2.4.



Gambar 2.4 *Roadmap* Penelitian

Pada tahap pertama peneliti sudah melaksanakan studi literatur, baik teori, paten maupun penemuan (hasil penelitian terdahulu) seperti telah disampaikan pada *State of the Art Review*. Keluaran dari tahap pertama ini sebuah artikel jurnal yang telah diseminarkan dan dimuat dalam Prosiding Seminar Nasional Ketenagalistrikan dan Aplikasinya (SENKA) pada tanggal 19-20 Agustus 2015 yang diselenggarakan oleh Institut Teknologi Bandung (ITB). Tahap kedua peneliti melaksanakan kajian berbagai jenis pewarna/*dye* dan telah melakukan kajian pewarna dari limbah kulit buah naga (*Hylocereus Polyrhizus*). Hasilnya sudah dipublikasikan pada *Journal of Electrical, Electronics and Informatics* Vol. 1 No. 1, February 2017 dan satu artikel juga sudah diseminarkan dalam *International Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS 2016)* on 6 – 8 October 2016, Sanur, Bali. Selanjutnya akan dilakukan kajian terhadap limbah kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) untuk *dye sensitizer* seperti yang diusulkan dalam proposal ini.

2.4 Buah Manggis (*Garcinia mangostana* L.)

Indonesia merupakan salah satu negara tropis penghasil buah manggis terbanyak di dunia (Mardiana, 2011). Manggis yang dalam bahasa latinnya dikenal dengan nama *Garcinia mangostana* L. merupakan tanaman buah berupa pohon yang berasal dari hutan tropis yang teduh di kawasan Asia Tenggara. Data dari Badan Pusat Statistika pada tahun 2011 produksi manggis di Indonesia mencapai 117,600 ton (BPS 2011). Banyaknya produksi buah manggis akan menimbulkan masalah pada lingkungan terutama yang disebabkan oleh kulit manggis yang dibuang begitu saja setelah buahnya dikonsumsi (Mardiana, 2011).

Salah satu sentra penghasil buah manggis di Bali berada di Kecamatan Pupuan dan Selemadeg Barat Kabupaten Tabanan. Di Tabanan, musim panen manggis antara bulan Januari hingga Mei. Petani manggis binaan STA Sari Buah tersebar di desa/banjar yang dikelompokkan menjadi empat zona yaitu : Zona satu; Munduk Temu, Belatungan, Bantiran, Pajahan dan Pupuan. Zona dua; desa Kebon Padangan, Mundeh Kangin, dan Jelijih Pungang. Zona tiga; desa Batuengsel, Sanda, Belimbing dan Karyasari. Zona empat; desa Lumbang, Tiyang Gading, Yeh Silah dan Nyuh Gading. Luas tanaman manggis sekitar 950 hektare memiliki produksi sekitar 4.000 ton (Yuda, 2016).

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan dalam kurun waktu 10 bulan. Eksperimen dan pengujian dilakukan di beberapa laboratorium di Universitas Udayana seperti di Laboratorium Mikrobiologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian, Laboratorium Bersama MIPA, Laboratorium Metalurgi dan Material dan Laboratorium Konversi Energi Fakultas Teknik.

3.2. Alat dan Bahan

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi kaca *FTO (fluorine-doped tin oxide)*, Ti-Nanoxide D/SP, buah manggis, platina, Iodolyte HI-30, selotif, alkohol, metanol, etanol, asam sitrat dan aquades. Sedangkan peralatan yang digunakan antara lain multimeter, *magnetic stirrer*, gelas kimia, blender, spatula, kertas saring, aluminium foil, botol tetes, hotplate, lampu halogen 220 volt 500 watt, *luxmeter*, kabel penjepit, *ultrasonic cleaner*, *hair drayer*, *Spectrophotometer Genesys 10S UV-VIS*, *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer IRPrestige-21* dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*).

3.3. Prosedur Kerja

3.3.1. Persiapan

Persiapan yang dilakukan dalam penelitian ini meliputi pembersihan alat-alat untuk ekstraksi. Pembersihan alat dilakukan dengan menggunakan alkohol agar lebih steril. Proses persiapan untuk ekstraksi dilakukan dengan pembersihan alat berupa mortar dan alu, gelas kimia, dan spatula. Bahan yang digunakan sebagai substrat adalah kaca *fluorine-doped tin oxide* (FTO) dan TiO_2 . Penelitian ini menggunakan tiga variasi larutan pewarna yaitu jenis pelarut (etanol, methanol dan air), rasio pelarut (1:4; 1:6 dan 1:8) dan konsentrasi asam sitrat (8%, 10% dan 12%) (Puspawati, *et al.*, 2014). Setiap perlakuan diulang 2 kali dan parameter yang diamati adalah daya serap larutan pewarna.

3.3.2. Ekstraksi Kulit Manggis Sebagai Dye

Tahap 1, kulit buah manggis (*Garcinia mangostana* L.) dicuci, dihaluskan kemudian ditimbang, dimasukkan erlenmeyer, ditambah jenis pelarut sesuai perlakuan dengan jumlah pelarut dan kondisi asam yang seragam, dishaker 24 jam, disaring, dievaporasi, ditimbang dan dianalisis. Tahap 2 Limbah halus kulit manggis ditambah jenis pelarut terbaik hasil tahap1 dengan perbandingan bahan dengan pelarut sesuai

perlakuan dan suasana asam yang seragam, dishaker 24 jam, disaring, dievaporasi, ditimbang dan dianalisis. Tahap 3 limbah halus ditambah pelarut dan perbandingan bahan dengan pelarut terbaik hasil tahap 2 dengan konsentrasi asam sitrat sesuai perlakuan, dishaker 24 jam, disaring, dievaporasi, ditimbang dan dianalisis. Masing-masing larutan akan diuji absorbansi terhadap panjang gelombang. Pada saat pengujian ekstrak kulit manggis merah, dilakukan kalibrasi alat dengan menggunakan cuvet kosong sebagai larutan *blank*-nya. Kemudian, ekstrak kulit manggis dimasukkan dalam cuvet. Pengujian dilakukan untuk mengetahui kepekaan ekstrak terhadap panjang gelombang yang diserap. Alat yang digunakan dalam pengujian ini adalah *Spectrophotometer Genesys 10S UV-VIS*. Ekstrak limbah kulit manggis ini juga diuji dengan *Fourier Transform Infrared Spectrophotometer IRPrestige-21*.

3.3.3. Perendaman Lapisan TiO₂ dengan dye

Sebelum direndam, kaca *fluorine-doped tin oxide* (FTO) yang telah dilapisi TiO₂ diuji dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) untuk mengetahui morfologinya. Kemudian kaca FTO yang telah dilapisi TiO₂ direndam selama 24 jam di masing-masing larutan yang telah dibuat.

3.3.4. Pembuatan Lapisan sandwich DSSC

Susunan lapisan DSSC berupa kaca sebagai substrat yang sudah dilapisi dengan TiO₂ yang sudah direndam dalam *dye* dan disebut elektroda kerja (*anode*) disusun secara *sandwich* dengan elektroda pembanding (*cathode*). Elektrode pembanding adalah sebuah kaca *fluorine-doped tin oxide* (FTO) yang telah dilapisi titanium. Lapisan DSSC yang sudah disusun secara *sandwich* ditetesi larutan elektrolit (Iodolyte HI-30 Solaronix).

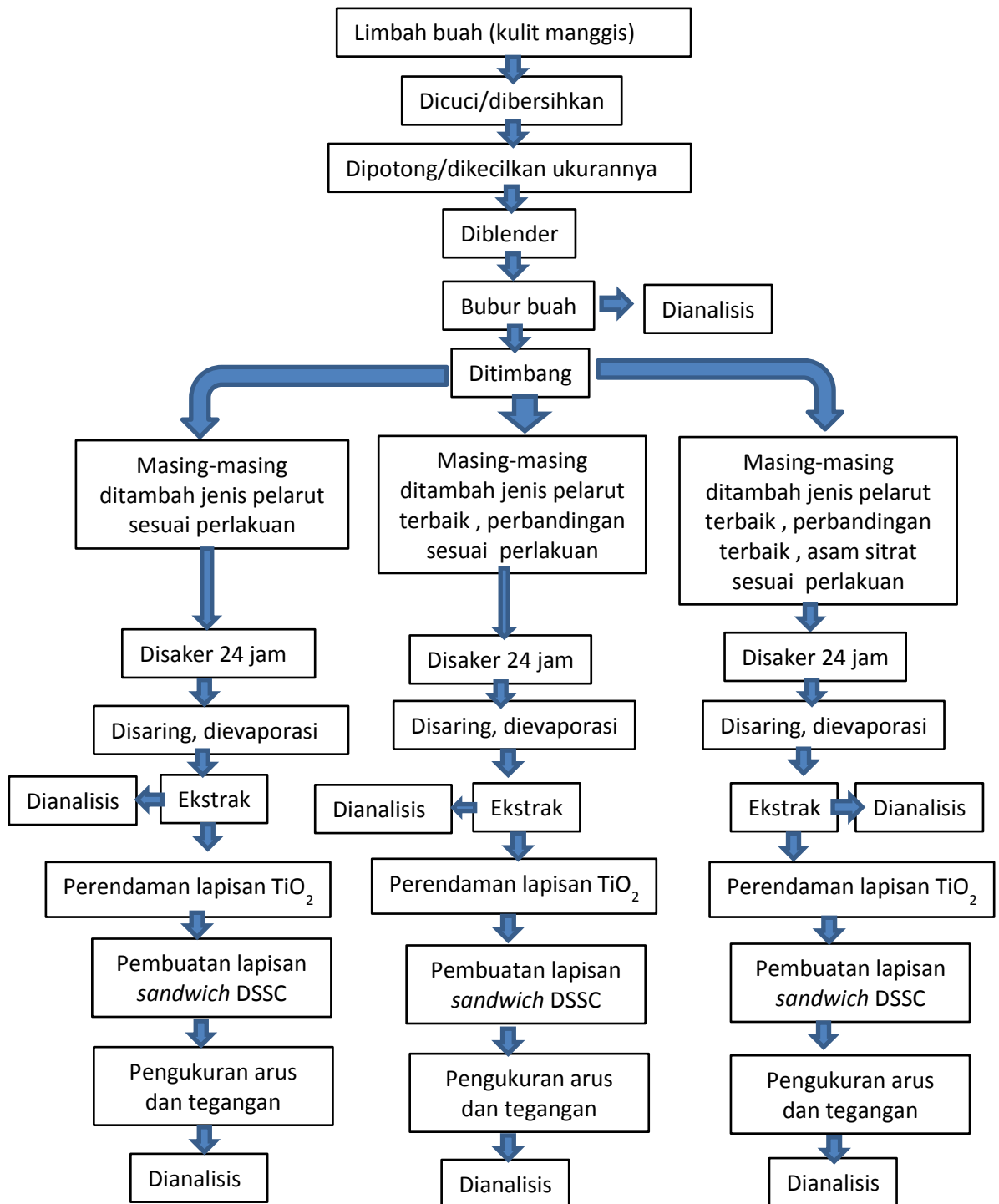
3.3.5. Pengukuran Tegangan dan Arus

Lapisan DSSC yang terbentuk dikarakterisasi arus dan tegangannya dengan menggunakan voltmeter (V) dan sebuah amperemeter (A). Sumber cahaya diarahkan tegak lurus terhadap permukaan sel. Pengujian dilakukan dengan simulator sel surya dengan sumber cahaya halogen 220 volt 500 watt. Pengujian arus dan tegangan dengan menggunakan potentiometer sebagai hambatan yang divariasikan dan dilihat perubahannya. Kemudian dilakukan analisis untuk mendapatkan performansi sel surya

seperti efisiensi (η), *Fill Factor* (FF), arus *short circuit* (I_{sc}) dan tegangan *open circuit* (V_{oc}).

3.4. Alur Penelitian

Secara umum alur tahapan penelitian ditunjukkan pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 Diagram alir penelitian

BAB IV
BIAYA DAN JADWAL PENELITIAN

4.1. Anggaran Biaya

Pembiayaan penelitian mengacu pada Peraturan Menteri Keuangan tentang Standar Biaya Keluaran, yang memuat kebijakan satuan biaya untuk SBK Sub-Keluaran Penelitian. Berdasarkan SBK dan keluaran wajib, maka anggaran yang diusulkan untuk satu tahun Rp. 60.000.000,- (Enam puluh juta rupiah). Rincian anggaran untuk satu tahun seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Ringkasan Anggaran Biaya Penelitian Disertasi Doktor

No.	Jenis Pengeluaran	Biaya yang Diusulkan (Rp)
1	Honorarium untuk pelaksana, petugas laboratorium, pengumpul data, pengolah data, penganalisis data, honor operator, dan honor pembuat sistem.	14.400.000
2	Pembelian bahan habis pakai untuk ATK, fotocopy, surat menyurat, penyusunan laporan, cetak, penjilidan laporan, publikasi, pulsa, internet, bahan laboratorium, langganan jurnal	37.600.000
3	Perjalanan untuk biaya survei/sampling data, seminar/workshop DN-LN, biaya akomodasi-konsumsi, perdiem/lumpsum, transport	1.000.000
4.	Sewa untuk peralatan/mesin/ruang laboratorium, kendaraan, kebun percobaan, peralatan penunjang penelitian lainnya	7.000.000
	JUMLAH	60.000.000

4.2. Jadwal Penelitian

Penelitian ini berlangsung dalam waktu 10 bulan dimulai bulan Pebruari sampai dengan bulan Nopember tahun 2018. Adapun jadwal kegiatannya adalah seperti pada Tabel 4.2

Tabel 4.2 Jadwal Penelitian

No.	Tahun/bulan ke Kegiatan	TAHUN 2018												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	Studi Pustaka		■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	
2	Persiapan Bahan dan Pengurusan Ijin Laboratorium			■	■	■								
3	Analisis Laboratorium					■	■	■						
4	Sintesis							■	■	■				
5	Penyusunan Laporan Kemajuan									■	■	■		
6	Penyusunan publikasi Jurnal Internasional									■	■	■	■	
7	Penyusunan laporan Akhir									■	■	■	■	

REFERENSI

- Abdel-Latif, Monzir S., Mahmoud B. Abuiriban, Taher M. El-Agez, and Sofyan A. Taya, 2015. Dye-Sensitized Solar Cells Using Dyes Extracted From Flowers, Leaves, Parks, and Roots of Three Trees, *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, Vol.5, No.1
- Cheok, C.Y, N.L. Chin, Y.A. Yusof, R.A. Talib, C.L. Law., 2013. Optimization of total monomeric anthocyanin (TMA) and totalphenolic content (TPC) extractions from mangosteen (*Garciniamangostana* Linn.) hull using ultrasonic treatments, *Industrial Crops and Products* 50 (2013) 1– 7. <http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.07.024>
- Greenpeace Indonesia, 2015 Hasil Penelitian Harvard : Ancaman Maut PLTU Batubara – Indonesia, <http://www.greenpeace.org/> diakses 24 Mei 2017
- Maabong, K, C. M. Muiva, P. Monowe, T. S. Sathiaraj, M. Hopkins, L. Nguyen, K. Malungwa and M. Thobega, 2015. Natural Pigments as Photosensitizers for Dye-Sensitized Solar Cells with TiO₂ Thin Films, *INTERNATIONAL JOURNAL of RENEWABLE ENERGY RESEARCH*, Vol.5, No.1.
- Mardiana, Lina. 2011. *Ramuan Dan Khasiat Kulit Manggis*. Jakarta : Penebar Swadaya
- Mulyana, R., 2016. Tahun 2018, Pemerintah Akan Wajibkan Perusahaan Manfaatkan Limbah Yang Dihasilkan Tersedia : <http://www.esdm.go.id/> diakses tanggal 17 Pebruari 2016
- Puspawati, G.A.K.D, PT. Ina, IM Wartini, dan IARP Pudja, 2014. Ekstraksi Komponen Bioaktif Limbah Buah Lokal Berwarna Sebagai Ekstrak Pewarna Alami Sehat, *Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian Sebagai Aktualisasi Pelaksanaan Tri Dharma Perguruan Tinggi*, Inna Grand Bali Beach Sanur-Bali, 27-28 Februari 2014
- Putra, E. P., 2016. Indonesia Hasilkan 200 Ribu Ton Sampah per Hari. <http://nasional.republika.co.id/>
- Setiawan, I.N., Ida Ayu Dwi Giriantari, W.Gede Ariastina, I Nyoman Satya Kumara, 2015, Sel Surya Berbasis Pewarna Alami dan Potensi Pengembangannya di Indonesia sebagai Sumber Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan, *Prosiding Seminar Nasional Ketenagalistrikan dan Aplikasinya (SENKA)*. Bandung 19 -20 Agustus 2015
- Setiawan,I.N, I A Dwi Giriantari1, W.G. Ariastina, IB Alit Swamardika and Agus Selamat Duniaji, 2016. Characterization of Titanium Dioxide (TiO₂) thin films as materials for Dye Sensitized Solar Cell (DSSC), *Proceeding International Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS 2016)* on 6 – 8 October 2016, Sanur, Bali.
- Setiawan,I.N., I. A. D. Giriantari, W. G. Ariastino, I. B. Swamardika, A. S. Duniaji and N Satya Kumara., 2017. Natural Dyes from Fruit waste as a sensitizer for Dye sensitized Solar Cell (DSSC). *Journal of Electrical, Electronics and Informatics* Vol. 1 No. 1, February 2017
- Torchani,A., S. Saadaoui, R. Gharbi, M. Fathallah. 2015. Sensitized solar cells based on natural dyes. *Current Applied Physics* 15 307-312
- Yudha, Pande , 2016, Tabanan Ekspor Buah Manggis Ke Tiongkok, 17 April 2016 10:30 WIB | 640 Views <http://www.antarabali.com/>

Lampiran 1. Justifikasi Anggaran Penelitian

1. Honor				
Honor	Honor/Jam	Waktu	Minggu	Honor per Tahun (Rp)
	(Rp)	(jam/minggu)		
Ketua	30.000	8	40	9.600.000
Laboran 1	20.000	4	30	2.400.000
Laboran 2	20.000	4	30	2.400.000
			SUB TOTAL (Rp)	14.400.000
2. Pembelian bahan habis pakai				
Material	Jastifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Harga Peralatan Penunjang (Rp)
FTO (flourine tin oxide), TCO30-8	Bahan	20 bh	225.000	4.500.000
Ti-Nanoxide D/SP	Bahan	150 gram	63.500	9.525.000
Platisol T/SP	Bahan	100 gram	29.700	2.970.000
buah manggis	Bahan	10 kg	25.000	250.000
Iodolyte HI-30	Bahan	100 ml	44.550	4.455.000
asam asetat	Bahan	1 l	75.000	75.000
Etanol	bahan	500 ml	950	475.000
methanol	bahan	500 ml	950	475.000
alkohol	Bahan	5 l	50.000	250.000
aquades	Bahan	6 l	25.000	150.000
Kertas A4	Laporan	3 rim	45.000	135.000
Alat Tulis	Menulis	1 paket	500.000	500.000
Flas Disk	Simpan Data	1 buah	100.000	100.000
Tinta printer warna	Print	1 buah	265.000	265.000
Tinta printer hitam	Print	1 buah	225.000	225.000
Publikasi Internasional	Publikasi	1 paket	7.500.000	7.500.000
Pembuatan Jurnal Internasional	Jurnal	1 paket	2.750.000	2.750.000
Pendaftaran Seminar	Seminar	1 paket	1.000.000	1.000.000
Rapat Koordinasi	Koordinasi	5 kali	100.000	500.000
Penyusunan Laporan	Laporan	1 paket	1.000.000	1.000.000
Penggandaan Laporan	Laporan	1 paket	500.000	500.000
			SUB TOTAL (Rp)	37.600.000
3. Perjalanan				
Material	Jastifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Biaya per Tahun (Rp)
Transportasi lokal	Kegiatan penelitian	1 paket	1.000.000	1.000.000
			SUB TOTAL (Rp)	1.000.000

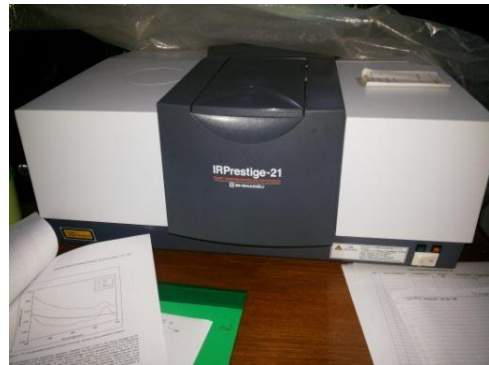
4. Sewa				
Material	Jastifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Biaya per Tahun (Rp)
Magnetic stirrer, gelas kimia, cawan petri, blender, mortar alu, spatula, kertas saring, aluminium foil, botol tetes, hotplate, pensil grafit, penjepit, ultrasonic cleaner, hair drayer	Sewa peralatan penelitian	1 paket	2.500.000	2.500.000
<i>Spectrofotometer Genesys 10S UV-VIS</i> , XRD, FTIR, dan SEM (Scanning Electron Microscopy).	Sewa alat uji bahan	1 paket	4.500.000	4.500.000
			SUB TOTAL (Rp)	7.000.000
			TOTAL ANGGARAN YANG DIPERLUKAN SELURUHNYA (Rp)	60.000.000

Lampiran 2. Dukungan sarana dan prasarana penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di beberapa laboratorium seperti Laboratorium Mikrobiologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana yang sudah mendapat ijin dan dukungan dari Ketua Lab. Bapak Ir. Agus Selamat Duniaji, MSi. Peralatan yang dibutuhkan tersedia di lab ini seperti : *magnetic stirrer*, gelas kimia, cawan petri, blender, spatula, kertas saring, aluminium foil, botol tetes, *hotplate*, *ultrasonic cleaner*, *hair dryer*, *spectrophotometer 10S UV-VIS* Gambar.1. Analisis FTIR dilakukan di Lab Bersama MIPA dengan alat Spektrofotometer *Fourier Transform Infrared Shimadzu* Gambar 2. Analisis morfologi Titanium Dioksida dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dan *X-Ray Diffraction (XRD)* Gambar 3 di Laboratorium Metalurgi dan Material Teknik Mesin. Untuk Pengukuran arus dan tegangan menggunakan Simulator Sel Surya Gambar 4 dilakukan di Lab Konversi Energi Teknik Elektro, Fakultas Teknik Universitas Udayana.



Gambar 1. *Spectrofotometer Genesys 10S UV-VIS* (Lab Mikrobiologi Pangan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Udayana)



Gambar 2. Fourier Transform Infrared Spectrophotometer IRPrestige-21 Shimadzu (Lab Bersama MIPA Unud.)



Gambar 3. SEM (*Scanning Electron Microscopy*) (Lab Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Udayana)



Gambar 4. Simulator Photovoltaic (Lab Konversi Energi Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Udayana)

Lampiran 3. Biodata Peneliti

A. Identitas Diri

1	Nama Lengkap (dengan gelar)	Ir. I Nyoman Setiawan, MT.	L
2	Jabatan Fungsional	Lektor Kepala	
3	Jabatan Struktural	-	
4	NIP.	19631229 199103 1 001	
5	NIDN	0029126315	
6	Tempat dan Tanggal Lahir	Gianyar, 29 Desember 1963	
7	Alamat Rumah	Br. Jasri Belega Blahbatuh Gianyar	
8	Nomor Telepon/Faks /HP	081338721408	
9	Alamat Kantor	Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Univ. Udayana, Kampus Bukit Jimbaran	
10	Nomor Telepon/Faks	0361 - 703315	
11	Alamat e-mail	setiawan@unud.ac.id	
12	Lulusan yang telah dihasilkan	S-1= ± 30 orang; S-2= - Orang; S-3= - Orang	
13	Mata Kuliah yg diampu	1. Bahan Listrik	
		2. Photovoltaics (Sel Surya)	
		3. Matematika Teknik	
		4. Statistik dan Probabilitas	
		5. Analisa Sistem Tenaga Listrik	
		6. Energi Terbarukan	

B. Riwayat Pendidikan

Program	S-1	S-2
Nama Perguruan Tinggi	ITS Surabaya	ITS Surabaya
Bidang Ilmu	Teknik Elektro	Teknik Elektro
Tahun Masuk	1984	1996
Tahun Lulus	1990	1999
Judul Skripsi/Thesis/ Disertasi	Peranan Power Sistem Stabilizer (PSS) dalam Meningkatkan Stabilitas Sistem Tenaga Listrik	Pengembangan Metode Analisis Aliran Daya untuk Menentukan kWh tidak terjual akibat Pemadaman dan Susut Energi pada Jaringan Distribusi
Nama Pembimbing/ Promotor	Ir. Ontoseno Penangsang, MSc., PhD.	Prof. Ir. Ontoseno Penangsang, MSc., PhD

C. Pengalaman Penelitian dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tahun	Judul Penelitian	Pendanaan	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1.	2010	Usaha Mengatasi Krisis Energi dengan Memanfaatkan Aliran Pangkung sebagai Sumber Pembangkit Listrik Alternatif Bagi Masyarakat Dusun Gambuk Pupuan Tabanan	Strategi Nasional Universitas Udayana	100
2.	2012	Perbandingan Peramalan Beban Jangka Pendek Menggunakan Suport Vector Machine dan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik (Studi Kasus Di Pulau Bali)	Hibah Program Studi	7,5
	2013	Pemanfaatan Remote Kontrol untuk Pengendalian On Off Lampu Penerangan Pada Rumah Tangga Tradisional Bali Berbasis Mikrokontroler	Hibah Program Studi	10
3.	2013	Pemanfaatan SMS untuk Mencegah Hilangnya Benda-Benda Suci dan Bernilai Ekonomi Tinggi Milik Pura Bekerjasama dengan Prajuru dan Masyarakat Sekitarnya	Hibah Bersaing Tahap I	50,3
4.	2014	Pemanfaatan SMS untuk Mencegah Hilangnya Benda-Benda Suci dan Bernilai Ekonomi Tinggi Milik Pura Bekerjasama dengan Prajuru dan Masyarakat Sekitarnya	Hibah Bersaing Tahap II	51,0
5.	2015	Sel Surya Berbasis Pewarna Alami	Hibah Program Studi	9,0
6.	2016	Pemanfaatan Limbah Buah untuk <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC).	Hibah Unggulan Udayana	47,0

D. Pengalaman Pengabdian kepada Masyarakat dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Tah	Judul Pengabdian	Pendanaan	
			Sumber *)	Jml (Juta Rp.)
1.	2012	Instalasi Biogas di Subak Tingkih Kerep, Desa Tengkudak, Penebel Tabanan	Fakultas Teknik	10
2.	2013	Penghijauan di Pura Silayukti Desa Padangbai Kecamatan Manggis Kabupaten Karangasem	Hibah Program Studi	10

3	2015	Pelatihan Implementasi Jaringan Komputer Local Area Network (LAN) di Kantor Kepala Desa Kintamani	Hibah Program Studi	15
4	2016	Demonstrasi dan Sosialisasi Unjuk Kerja Bel Sekolah Otomatis di Sekolah Dasar Negeri 5 Keramas	Udayana Mengabdi	10

E. Publikasi Artikel Ilmiah Dalam Jurnal dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Judul Artikel Ilmiah	Nama Jurnal	Volume/ Nomor/Tahun
1.	Perbandingan Peramalan Beban Listrik Jangka Pendek Menggunakan Support Vector Machine Dan Jaringan Syaraf Tiruan Perambatan Balik	Majalah Ilmiah Teknologi Elektro	2/12/2013
2.	Rancang Bangun Robot 6WD Sebagai Alat Pemantau Kebocoran Gas Berbahaya Berbasis Komunikasi Wireless XBee-PRO Series1 60mW	Majalah Ilmiah Teknologi Elektro	1/14/2015
3.	Pemanfaatan SMS untuk Mencegah Hilangnya Benda-Benda Suci Pura Berbasis Mikrokontroler	Majalah Ilmiah Teknologi Elektro	2/15/2016
4.	Analisis Ketidakseimbangan Beban pada Jaringan Distribusi Sekunder Gardu Distribusi DS 0587 di PT. PLN (Persero) Distribusi Bali Rayon Denpasar	Jurnal Ilmiah SPEKTRUM	2/3/2016
5.	Probabilitas Tegangan Sentuh Dan Tegangan Langkah Di Lokasi Rencana Gardu Induk 500 kV Antosari	Majalah Ilmiah Teknologi Elektro	1/15/2016
6.	Natural Dyes from Fruit waste as a sensitizer for Dye sensitized Solar Cell (DSSC)	Journal of Electrical, Electronics and Informatics	1/1/2017

F. Pengalaman Penyampaian Makalah Secara Oral pada Pertemuan/Seminar Ilmiah dalam 5 Tahun Terakhir

No.	Nama Pertemuan ilmiah/	Judul Artikel Ilmiah	Waktu dan Tempat
1.	Seminar Forum Pendidikan Tinggi Teknik Elektro Indonesia	Sistem Kelistrikan Tiga Nusa Setelah Beroperasinya Kabel Laut Bali-Nusa Lembongan	2014 ITB Bandung
2.	Seminar Nasional dan Expo Teknik Elektro 2014	Analisa Sistem Kelistrikan dan Sistem Back-Up pada Air Traffic Control (ATC) di Bandara Internasional Ngurah	2014 Medan

3.	Seminar Nasional Ketenagalistrikan dan Aplikasinya (SENKA) 2015	Sel Surya Berbasis Pewarna Alami dan Potensi Pengembangannya di Indonesia sebagai Sumber Energi Alternatif yang Ramah Lingkungan	2015 ITB Bandung
4.	International Conference on Smart-Green Technology in Electrical and Information Systems (ICSGTEIS 2016)	Characterization of Titanium Dioxide (TiO ₂) thin films as materials for Dye Sensitized Solar Cell (DSSC)	on 6 – 8 October 2016, in Sanur, Bali
5	Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SENASTEK 2016)	Pemanfaatan Limbah Buah untuk <i>Dye Sensitized Solar Cells</i> (DSSC).	15-16 Desember 2016, Badung Bali

G. Penghargaan yang Pernah Diraih dalam 10 tahun Terakhir (dari Pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

No.	Jenis Penghargaan	Institusi Pemberi	Tahun
1.	Satya Lencana 10 tahun	Presiden RI	2010

Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidak- sesuaian dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.

Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam pengajuan Penugasan Penelitian Disertasi Doktor.

Denpasar, 30 Mei 2017

Pengusul,



(Ir. I Nyoman Setiawan, MT)
NIP. 19631229 199103 1001

Lampiran 4. Surat Pernyataan Peneliti



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS UDAYANA
LEMBAGA PENELITIAN DAN PENGABDIAN
KEPADA MASYARAKAT

Kampus Unud Bukit Jimbaran, Bali 80361, Indonesia Telepon: (0361) 701954, 701797, Fax: (0361) 701907
Laman: www.unud.ac.id

SURAT PERNYATAAN KETUA PENGUSUL

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ir. I Nyoman Setiawan, MT.
NIDN : 0029126315
Pangkat/Golongan : Pembina Tk. I/IV/b
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Dengan ini menyatakan bahwa proposal saya dengan judul :

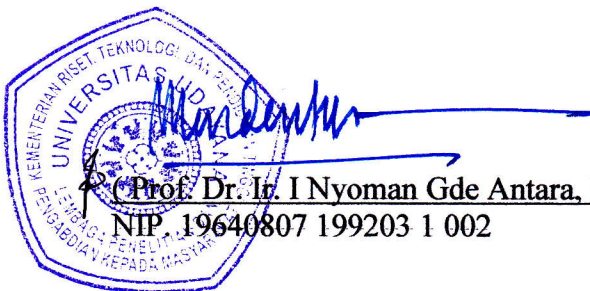
“Peningkatan Unjuk Kerja *Dye Sensitized Solar Cells* Melalui Perbaikan Pelarut Pewarna Alami yang Diekstrak dari Limbah Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*)“ yang diusulkan dalam skema Penelitian Disertasi Doktor untuk tahun anggaran 2018 bersifat original dan belum pernah dibiayai oleh lembaga/sumber dana lain.

Bilamana di kemudian hari ditemukan ketidaksuaian dengan pernyataan ini, saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku dan mengembalikan seluruh biaya penugasan yang sudah diterima ke Kas Negara.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Menyetujui,
Ketua LPPM Universitas Udayana

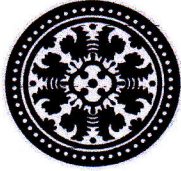
Denpasar, 30 Mei 2017
Yang Menyatakan,



(Prof. Dr. Ir. I Nyoman Gde Antara, M.Eng.)
NIP. 19640807 199203 1 002



(Ir. I Nyoman Setiawan, MT.)
NIP. 19631229 199103 1001



**KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS UDAYANA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK**

Jalan Panglima Besar Sudirman Denpasar Bali
Telepon/Fax : (0361) 223797, Ext. 102/(0361) 247962
Email : programdokterilmuteknik@gmail.com; Laman : www.pps.unud.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ir. I Nyoman Setiawan, MT.
NIDN : 0029126315
Pangkat/Golongan : Pembina Tk. I/IV/b
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Dengan ini menyatakan bahwa pada saat ini saya memang benar sedang menempuh studi S3 di Program Studi Doktor Ilmu Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Udayana dengan Nomor Induk Mahasiswa (NIM) 1591071015.

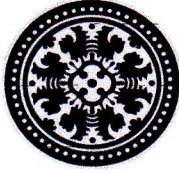
Demikian Surat Pernyataan ini dibuat dengan sebenarnya untuk dapat dipergunakan sebagaimana mestinya sebagai kelengkapan administrasi Hibah Penelitian Disertasi Doktor tahun anggaran 2018. Bilamana dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Mengetahui,
Promotor

(Prof. Ir. I.A. Dwi Giriantari, M.Eng.Sc., Ph.D.)
NIP. 196512131991032001

Denpasar, 30 Mei 2017
Yang Menyatakan,

(Ir. I Nyoman Setiawan, MT)
NIP. 19631229 199103 1001



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS UDAYANA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK

Jalan Panglima Besar Sudirman Denpasar Bali
Telepon/Fax : (0361) 223797, Ext. 102/(0361) 247962
Email : programdokterilmuteknik@gmail.com; Laman : www.pps.unud.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ir. I Nyoman Setiawan, MT.
NIM : 1591071015
NIDN : 0029126315
Pangkat/Golongan : Pembina Tk. I/IV/b
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

merupakan mahasiswa S3 Program Studi Doktor Ilmu Teknik Fakultas Teknik Universitas Udayana, merekomendasikan mahasiswa tersebut untuk mengajukan proposal yang berjudul : **“Peningkatan Unjuk Kerja *Dye Sensitized Solar Cells* dari Ekstrak Limbah Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*)“** yang diusulkan dalam skema Penelitian Disertasi Doktor untuk tahun anggaran 2018. Judul tersebut merupakan bagian dari Disertasi yang sedang disusun.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Denpasar, 30 Mei 2017

Promotor

Prof. Ir. Ida Ayu Dwi Giriantari, M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 196512131991032001

Kopromotor I

Wayan Gede Ariastina, ST., M.Eng.Sc., Ph.D.
NIP. 196904131994121001

Kopromotor II,

Dr. Ir. Ida Bagus Alit Swamardika, M.Erg
NIP. NIP. 196612181994031001

Mengetahui

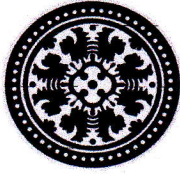
Dekan

Fakultas Teknik Universitas Udayana



NGAKAN PUTU GEDE SUARDANA

NIP. 19640917 198903 1002



KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI DAN PENDIDIKAN TINGGI
UNIVERSITAS UDAYANA
FAKULTAS TEKNIK

PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU TEKNIK

Jalan Panglima Besar Sudirman Denpasar Bali
Telepon/Fax : (0361) 223797, Ext. 102/(0361) 247962
Email : programdokterilmuteknik@gmail.com; Laman : www.pps.unud.ac.id

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama Lengkap : Ir. I Nyoman Setiawan, MT.
NIM : 1591071015
NIDN : 0029126315
Pangkat/Golongan : Pembina Tk. I/IV/b
Jabatan Fungsional : Lektor Kepala

Dengan ini menyatakan bahwa, ketika proposal saya yang berjudul :
“Peningkatan Unjuk Kerja *Dye Sensitized Solar Cells* dari Ekstrak Limbah Kulit Manggis (*Garcinia mangostana L.*)“ yang diusulkan dalam skema Penelitian Disertasi Doktor untuk tahun anggaran 2018 mendapat persetujuan didanai, **saya belum lulus S3 dari Program Studi Doktor Ilmu Teknik, Fakultas Teknik, Universitas Udayana.**

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan dengan sebenar-benarnya.

Mengetahui,
Promotor

(Prof. Ir. I.A. Dwi Giriantari, M.Eng.Sc., Ph.D.)
NIP. 196512131991032001

Denpasar 30 Mei 2017
Yang Menyatakan,

(Ir. I Nyoman Setiawan, MT)
NIP. 19631229 199103 1001