

**POTENSI EKSTRAK DAUN JATI BELANDA (*Guazuma ulmifolia* Lamk)
DAN EKSTRAK TEMU IRENG (*Curcuma aeruginosa* Roxb) PADA
PEMBUATAN SEL SURYA PEWARNA TERSENSITISASI (SSPT)**

SKRIPSI

Oleh :
RIZQI MUNANDHAR
NIM.10630008



JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI (UIN) MAULANA MALIK IBRAHIM
MALANG
2014

**POTENSI EKSTRAK DAUN JATI BELANDA (*Guazuma ulmifolia* Lamk)
DAN EKSTRAK TEMU IRENG (*Curcuma aeruginosa* Roxb) PADA
PEMBUATAN SEL SURYA PEWARNA TERSENSITISASI (SSPT)**

SKRIPSI

Diajukan kepada:

**Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang
Untuk Memenuhi Salah Satu Persyaratan dalam
Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)**

Oleh:

**RIZQI MUNANDHAR
NIM. 10630008**

**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UNIVERSITAS ISLAM NEGERI
MAULANA MALIK IBRAHIM MALANG**

2014

**POTENSI EKSTRAK DAUN JATI BELANDA (*Guazuma ulmifolia* Lamk)
DAN EKSTRAK TEMU IRENG (*Curcuma aeruginosa* Roxb) PADA
PEMBUATAN SEL SURYA PEWARNA TERSENSITISASI (SSPT)**

SKRIPSI

Oleh:

**RIZQI MUNANDHAR
NIM. 10630008**

Telah Diperiksa dan Disetujui untuk Diuji:
Tanggal: 12 September 2014

Pembimbing I,

Pembimbing II,

Rachmawati Ningsih, M.Si
NIP. 19810811 200801 2 010

Ach. Nasichuddin, M.A
NIP. 19730705 200003 1 002

Mengetahui,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang

Elok Kamilah Hayati, M.Si
NIP. 19790620 200604 2 002

**POTENSI EKSTRAK DAUN JATI BELANDA (*Guazuma ulmifolia* Lamk)
DAN EKSTRAK TEMU IRENG (*Curcuma aeruginosa* Roxb) PADA
PEMBUATAN SEL SURYA PEWARNA TERSENSITISASI (SSPT)**

SKRIPSI

Oleh:

RIZQI MUNANDHAR
NIM. 10630008

Telah Dipertahankan di Depan Dewan Penguji Skripsi
Dan Dinyatakan Diterima Sebagai Salah Satu Persyaratan
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains (S.Si)
Malang, 12 September 2014

Penguji Utama	: A. Ghanaim Fasya, M.Si NIP. 19820616 200604 1 002	(.....)
Ketua Penguji	: Nur Aini, M.Si NIPT. 20130910 2 2316	(.....)
Sekretaris Penguji	: Rachmawati Ningsih, M.Si NIP. 19810811 200801 2 010	(.....)
Anggota Penguji	: Ach. Nasichuddin, M.A NIP. 19730705 200003 1 002	(.....)

Mengesahkan,
Ketua Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang

Elok Kamilah Hayati, M. Si
NIP. 19790620 200604 2 002

Halaman Persembahan

“Ungkapan hati sebagai rasa Terima Kasihku”

Alhamdulillahirabbil'alamin.... Alhamdulillahirabbil 'alamin.... Alhamdulillahirabbil alamin...

Akhirnya aku sampai ke titik ini,
sepercik keberhasilan yang Engkau hadiahkan padaku ya Illahi

Tak henti-hentinya aku mengucap syukur pada Mu ya Illahi
Serta shalawat dan salam kepada junjungan ku Rasulullah SAW dan para
sahabat yang mulia

Semoga sebuah karya ini menjadi amal shaleh bagiku dan menjadi kebanggaan
bagi keluargaku tercinta

Ku persembahkan karya ini :

untuk belahan jiwa ku bidadari surgaku yang tanpamu aku bukanlah siapa-
siapa

di dunia fana ini lbundaku tersayang (KAMLAH)
serta orang yang menginjeksikan segala idealisme, prinsip, edukasi dan kasih
sayang berlimpah dan pengertian luar biasa Ayahandaku tercinta (M. TAHIR)
yang telah memberikan segalanya untukku
Kepada Kakakku (Hardi Wiranata), Adikku (Arif Rahmatullah)
terima kasih tiada tara atas segala support yang telah diberikan selama ini

Terakhir, untuk Hikari yang selalu menghiasi hari-hariku dengan
senyuman dan terima kasih atas segalanya..

Akhir kata, semoga skripsi ini membawa kebermanfaatn. Jika hidup
bisa kuceritakan di atas kertas, entah berapa banyak yang dibutuhkan hanya
untuk kuucapkan terima kasih.

MOTTO

يُؤْتِي الْحِكْمَةَ مَنْ يَشَاءُ ۚ وَمَنْ يُؤْتَ الْحِكْمَةَ فَقَدْ
أُوتِيَ خَيْرًا كَثِيرًا ۚ وَمَا يَذَّكَّرُ إِلَّا أُولُو الْأَلْبَابِ ﴿٣٦٩﴾

Allah menganugerahkan Al Hikmah (kefahaman yang dalam tentang Al Quran dan As Sunnah) kepada siapa yang dikehendaki-Nya. dan Barangsiapa yang dianugerahi hikmah, ia benar-benar telah dianugerahi karunia yang banyak, dan hanya orang-orang yang berakallah yang dapat mengambil pelajaran (dari firman Allah).

(Do the Best For the Better Future)

**SURAT PERNYATAAN
ORISINALITAS PENELITIAN**

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rizqi Munandhar

NIM : 10630008

Fakultas/Jurusan : Sains dan Teknologi/Kimia

Judul Penelitian : Potensi Ekstrak Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) Dan Ekstrak Temu Ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) Pada Pembuatan Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa hasil penelitian saya ini tidak terdapat unsur-unsur penjiplakan karya penelitian atau karya ilmiah yang pernah dilakukan atau dibuat oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata hasil penelitian ini terbukti terdapat unsur-unsur jiplakan, maka saya bersedia untuk mempertanggung jawabkan, serta diproses sesuai peraturan yang berlaku.

Malang, 12 September 2014

Yang Membuat Pernyataan,

Rizqi Munandhar

NIM. 10630008

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah dengan rasa syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang maha pengasih dan lagi maha penyayang, dimana dengan limpahan rahmatnya, taufik, dan hidayah-Nya, penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini dengan penuh percaya diri.

Shalawat serta salam semoga tetap tercurah limpahkan kepada junjungan kita Nabi Akbar, yang merupakan pencetus kehidupan keadilan dan yang menjadikan umatnya agar senantiasa berlandaskan Al Qur'an dan Al Hadits. Beliau Nabi besar yakni Nabi Muhammad SAW yang patut dijadikan figur pegangan hidup atas syari'atnya.

Alhamdulillah, penulis panjatkan rasa syukur atas selesainya Skripsi yang berjudul "Potensi Ekstrak Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) Dan Ekstrak Temu Ireng (*Curcuma Aeruginosa* Roxb) Pada Pembuatan Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)". Dalam penyelesaian penulisan Skripsi ini tidak lepas dari bimbingan, nasehat, petunjuk serta bantuan dari semua pihak. Oleh karena itu pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Prof. Dr. H. Mudjia Rahardjo, M.Si selaku Rektor Universitas Islam Negeri (UIN) Malang.
2. Ibu Dr. Bayyinatul Muctaromah, drh. M.Si selaku Dekan Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Maulana Malik Ibrahim Malang.
3. Ibu Elok Kamilah Hayati, M.Si selaku Ketua Jurusan Kimia Universitas Islam Negeri (UIN) Maulana Malik Ibrahim Malang.
4. Ibu Rachmawati Ningsih, M.Si selaku dosen pembimbing I yang telah ikhlas membimbing dan memberi pengarahan kepada penulis.
5. Bapak Ach. Nasichuddin selaku dosen pembimbing II yang telah ikhlas membimbing dan memberi pengarahan kepada penulis.

6. Ibu Erna Hastuti, M.Si selaku dosen konsultan kampus yang telah ikhlas membimbing dan memberi pengarahan kepada penulis.
7. Bapak A. Ghanaim Fasya, M.Si dan Ibu Nur Aini, M.Si selaku dosen penguji utama dan ketua penguji yang telah memberikan nasehat dan masukan kepada penulis.
8. Teman-teman Kimia 10 yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu terima kasih (Fery, Ucup, Mijan) yang selalu penulis jadikan motivasi disetiap langkah kami untuk mewujudkan cita-cita kami.
9. Teman-teman UKM TAE KWON DO yang tidak bisa disebutkan namanya satu persatu terima kasih (Arif, Danu, Febi, Alfi, Lina) yang selalu memberikan rasa nyaman canda dan tawa.

Dalam penulisan Skripsi ini penulis menyadari dalam penyusunannya begitu jauh dari kesempurnaan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang membangun agar penyusunannya menjadi sempurna.

Akhirnya kata penulis berdo'a semoga penyusunan Skripsi ini dapat memberi nilai tambah bagi pembuat dan semoga Skripsi ini bermanfaat bagi kita semua dan penerus selanjutnya, AMIN.

Malang, 12 September 2014

Penulis

DAFTAR ISI

SAMPUL	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	iv
HALAMAN PERSEMBAHAN	v
HALAMAN MOTTO	vi
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN	vii
HALAMAN KATA PENGANTAR	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xv
ABSTRAK.....	xvi
 BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	7
1.3 Tujuan Penelitian	8
1.4 Batasan Masalah	8
1.5 Manfaat Penelitian.....	9
 BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Tanaman dalam perspektif islam.....	10
2.2 Deskripsi umum daun jati belanda dan temu ireng	13
2.3 Sel surya organik	17
2.4 Sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT).....	18
2.5 Material SSPT.....	21
2.5.1 Kaca substrat.....	21
2.5.2 Bahan semikonduktor celah lebar.....	21
2.5.3 Elektrolit redoks.....	23
2.5.4 Elektroda lawan	24
2.6 Senyawa flavonoid	28
2.7 Senyawa tanin.....	30
2.7.1 Klasifikasi tanin	31
2.7.1.1 Tanin terhidrolisis	31
2.7.1.2 Tanin terkondensasi.....	33
2.7.2 Sifat-sifat umum tanin	34
2.7.2.1 Sifat fisika	34
2.7.2.2 Sifat kimia	34
2.7.2.3 Sifat tanin sebagai pengkhelat logam.....	34

2.8	Ekstraksi Maserasi	35
2.9	Analisis <i>dye</i> menggunakan <i>Color Reader</i>	37
2.10	Analisis ekstrak sampel menggunakan Spektroskopi UV-Vis.....	38
2.11	Penentuan kadar fenolik	40
2.12	Spektrofotometer elisa	41

BAB III METODOLOGI

3.1	Waktu dan Tempat Penelitian.....	43
3.2	Alat dan Bahan	43
	3.2.1 Bahan penelitian	43
	3.2.2 Alat penelitian.....	43
3.3	Tahapan Penelitian.....	44
3.4	Pelaksanaan Penelitian.....	45
	3.4.1 Preparasi Sampel.....	45
	3.4.2 Analisa kadar air	45
	3.4.3 Ekstraksi maserasi sampel	46
	3.4.4 Analisa kepekatan warna menggunakan <i>color reader</i>	46
	3.4.5 Identifikasi senyawa golongan flavonoid	47
	3.4.5.1 Uji FeCl_3	47
	3.4.5.2 Uji menggunakan logam Mg	47
	3.4.6 Penetapan kadar fenolik total dengan reagen Folin-Ciocalteu ...	47
	3.4.6.1 Penentuan waktu kestabilan.....	47
	3.4.6.2 Pengukuran kadar fenolik total	48
	3.4.7 Analisis sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis	48
	3.4.8 Pembuatan pasta TiO_2	49
	3.4.9 Pembuatan larutan elektrolit	49
	3.4.10 Pembuatan <i>counter</i> elektroda.....	49
	3.4.11 Pelapisan pasta TiO_2 pada kaca substrat.....	49
	3.4.12 Perakitan SSPT	50
	3.4.13 Pengujian SSPT dan Analisis data.....	51

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1	Preparasi Sampel	53
4.2	Analisis kadar air	54
4.3	Ekstraksi sampel	55
4.4	Identifikasi senyawa golongan flavonoid dengan reagen.....	55
	4.4.1 Uji senyawa flavonoid menggunakan Mg	55
	4.4.2 Uji senyawa tanin menggunakan FeCl_3	57
4.5	Identifikasi ekstrak dengan spektrofotometer UV-Vis	59
4.6	Analisis warna menggunakan <i>Color reader</i>	62
4.7	Pengukuran kadar fenolik total.....	64
4.8	Pembuatan pasta TiO_2 dan elektroda kerja.....	65
4.9	Pembuatan <i>counter</i> elektroda	67
4.10	Pembuatan larutan elektrolit redoks	68
4.11	Pembuatan SSPT	69

4.12 Pengujian SSPT	70
4.13 Kajian potensi sampel dalam perspektif islam	73
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	77
5.2 Saran	77
DAFTAR PUSTAKA	78
LAMPIRAN	86



DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 4.1 Hasil uji senyawa flavonoid pada ekstrak sampel	56
Tabel 4.2 Hasil uji tanin pada ekstrak sampel	58
Tabel 4.3 Hasil pengukuran kepekatan warna ekstrak sampel	63
Tabel 4.4 Kandungan fenolik total pada ekstrak sampel	65
Tabel 4.5 Hasil pengukuran daya dan efisiensi pada SSPT	70



DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Daun jati belanda	15
Gambar 2.2 Temu ireng	17
Gambar 2.3 Skema kerja SSPT	20
Gambar 2.4 Proses mengalirnya energi listrik.....	21
Gambar 2.5 Bentuk kisi kristal TiO ₂	23
Gambar 2.6 Struktur dari sianin	26
Gambar 2.7 Struktur dasar flavonoid.....	29
Gambar 2.8 Kelas flavonoid berdasarkan oksidasi rantai C3.....	30
Gambar 2.9 Galotanin.....	32
Gambar 2.10 Elagitanin	32
Gambar 2.11 Sorgum procyanidin	33
Gambar 2.12 Transisi elektron dalam sebuah molekul.....	40
Gambar 3.1 Ilustrasi deposisi TiO ₂ dan perekatan <i>scoatch tape</i>	50
Gambar 3.2 Ilustrasi perakitan sel surya.....	51
Gambar 3.3 Skema rangkaian penguji tegangan dan arus sel surya.....	52
Gambar 4.1 Dugaan struktur flavonoid	57
Gambar 4.2 Reaksi dugaan antara flavonoid dengan serbuk Mg dan HCl.....	57
Gambar 4.3 Dugaan struktur tanin.....	59
Gambar 4.4 Reaksi dugaan antara tanin dengan FeCl ₃	59
Gambar 4.5 Spektra ekstrak daun jati belanda dengan pelarut etanol 70 %.....	60
Gambar 4.6 Spektra ekstrak temu ireng dengan pelarut etanol 70 %.....	60
Gambar 4.7 Diagram energi kerja TiO ₂ , ekstrak sampel dan larutan elektrolit	62
Gambar 4.8 Struktur dengan sianin berikatan dengan TiO ₂	67
Gambar 4.9 Lapisan pada SSPT	69
Gambar 4.10 Hasil pembuatan <i>prototipe</i> SSPT	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1	Rancangan Penelitian dan Diagram Alir Penelitian	86
Lampiran 2	Perhitungan Pembuatan Reagen	94
Lampiran 3	Perhitungan Energi Eksitasi.....	99
Lampiran 4	Perhitungan Pengukuran SSPT.....	102
Lampiran 5	Perhitungan Efisiensi SSPT.....	108
Lampiran 6	Uji Two-Way Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Efisiensi	113
Lampiran 7	Data Panjang Gelombang Maksimum.....	114
Lampiran 8	Data Analisis Warna Ekstrak Menggunakan <i>Color Reader</i>	115
Lampiran 9	Tabel Korelasi Warna Sampel.....	117
Lampiran 10	Analisis Kadar Fenolik Total	118
Lampiran 11	Perhitungan Analisis Kadar Air.....	125
Lampiran 12	Dokumen Penelitian	126



ABSTRAK

Munandhar, R. 2014. **Potensi Ekstrak Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan Ekstrak Temu Ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) Pada Pembuatan Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)**. Pembimbing I: Rachmawati Ningsih, M.Si.; Pembimbing II: Ach. Nasichuddin.; Konsultan: Erna Hastuti, M.Si.

Kata Kunci: Sel surya pewarna tersensitisasi, zat warna (*dye*), fenolik total

Telah dilakukan penelitian tentang pembuatan Sel surya pewarna tersensitisasi dengan memanfaatkan ekstrak daun jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan ekstrak temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb). Firman Allah SWT dalam surat an Nahl ayat 11 bahwa tumbuhan diciptakan berjenis-jenis merupakan tanda kekuasaan Allah SWT yang harus dikaji dan dipelajari untuk dapat dimanfaatkan sepenuhnya bagi kesejahteraan manusia. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kadar fenolik total hasil ekstraksi maserasi daun jati belanda dan temu ireng menggunakan pelarut etanol, mengetahui potensi ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebagai pewarna pada SSPT, serta mengetahui pengaruh lama perendaman elektroda TiO_2 dalam *dye* ekstrak daun jati belanda dan temu ireng terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian SSPT

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan yaitu: preparasi sampel daun jati belanda dan temu ireng, ekstraksi sampel daun jati Belanda dan temu ireng dalam pelarut etanol 70 %, analisis ekstrak daun jati belanda dan temu ireng menggunakan UV-Vis, analisis kepekatan warna menggunakan *color reader*, pengukuran kadar fenolik total, pengujian SSPT diperoleh melalui pengukuran tegangan dan kuat arus yang dihasilkan pada kondisi disinari lampu halogen dengan intensitas cahaya sebesar $4,488 \text{ Watt/m}^2$.

Hasil pengukuran kadar fenolik total ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebesar 93,214 dan 23,714 mg GAE/g. Nilai daya dan efisiensi maksimum yang dihasilkan pada pengujian SSPT yaitu pada lama perendaman 1 jam. *Dye* daun jati belanda diperoleh nilai daya sebesar $123,1 \times 10^{-4} \text{ mW}$ dengan efisiensi sebesar $18,28 \times 10^{-1} \%$. Sedangkan pada *dye* temu ireng diperoleh nilai daya sebesar $58,4 \times 10^{-4} \text{ mV}$ dengan efisiensi sebesar $86,6 \times 10^{-1} \%$. Lama perendaman mempengaruhi besarnya nilai daya dan efisiensi yang dihasilkan pada pengujian SSPT.

ABSTRACT

Munandhar, R. 2014. The Leaf Extract Dutch Teak (*Guazuma ulmifolia* Lamk) and temu ireng Extract (*Curcuma aeruginosa* Roxb) Potential On Making Dye sensitized Solar Cells (DSSC). Lector I: Rachmawati Ningsih, M.Si.; Lector II: Ach. Nasichuddin .; Lector Consultant: Erna Hastuti, M.Sc.

Keywords: dye sensitized solar cells, dye (dye), total phenolic

A research on the manufacture of dye sensitized solar cells by utilizing the leaf extract teak Netherlands (*Guazuma ulmifolia* Lamk) and Temu Ireng extract (*Curcuma aeruginosa* Roxb). Allah SWT says in the surah An-Nahl verse 11 that the plant created a sign manifold power of God which must be reviewed and studied to be able to be fully utilized for human welfare. This study aims to determine the total phenolic content of the extracted leaf maceration Dutch identity and Temu Ireng using ethanol solvent, knowing the potential of leaf extracts of Dutch identity and as a dye on the DSSC Temu Ireng, as well as determine the effect of immersion time in the dye-TiO₂ electrodes leaf extract Temu Ireng Dutch identity and the current and the voltage produced by the circuit DSSC.

This study includes several stages, namely: sample preparation and Temu Ireng teak leaves the Netherlands, Dutch teak leaf sample extraction and Temu Ireng in 70 % ethanol, Dutch teak leaf extract analysis and UV-Vis Temu Ireng use, color density analysis using a color reader, measuring the levels of phenolic total, SSPT test is obtained by measuring voltages and currents generated in the condition of a halogen lamp illuminated with a light intensity of 4,488 watts/m².

The results of measurements of the total phenolic content of the extract of leaves of teak Netherlands and Temu Ireng at 93.214 and 23.714 mg GAE/g. Rated power and maximum efficiency generated in the DSSC test at 1 hour soaking time. Dutch teak leaf dye obtained value power of 123.1×10^{-4} mW with an efficiency of 18.28×10^{-1} %. While the dye Temu Ireng power values obtained for 58.4×10^{-4} mV with an efficiency of 86.6×10^{-1} . Immersion time affects the value and efficiency of power generated at DSSC test.

مستخلص البحث

مناندار ، R . ٢٠١٤ . ورقة المحتملين استخراج خشب الساج الهولندية (جوازومي أولميفولي لامك) و مستخلص تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) على جعل توعية صبغ الخلايا الشمسية (SSPT) . المشرفة الأول : رهموتي نينجسية الماجستير ؛ المشرف الثاني: أحمد نسيح الدين الماجستير ؛ المشرفة المستشارة : إرنا هستوتي الماجستير

الكلمات الرئيسية : صبغ الخلايا الشمسية توعيتهم، صبغة (الصبغة)، الفينول الكلي

والبحوث على تصنيع صبغة توعية الخلايا الشمسية من خلال الاستفادة من استخراج أوراق خشب الساج هولندا (جوازومي أولميفولي لامك) واستخراج تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) . ويقول الله سبحانه وتعالى في السورة النحل الآية ١١ أن المصنع خلق علامة قوة الله المتنوعة التي يجب مراجعتها ودراستها لتكون قادرة على استخدامها بشكل كامل لرفاهية الإنسان. وتهدف هذه الدراسة إلى تحديد المحتوى الفينولي الكلي للأوراق النقع استخراج الهوية الهولندية و تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) باستخدام الإيثانول المذيبيات، ومعرفة إمكانات مستخلصات أوراق الهوية الهولندية وكما صبغة على تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) SSPT ، وكذلك تحديد تأثير الوقت الغمر في صبغ TiO_2 أقطاب أوراق استخراج تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) الهوية الهولندية والتي تنتجها الدائرة SSPT .

وتشمل هذه الدراسة عدة مراحل، وهي: عينة إعداد و تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) خشب الساج يترك هولندا، وخشب الساج الهولندي عينة أوراق استخراج و تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) في الإيثانول ٧٠٪، ورقة خشب الساج الهولندية تحليل واستخراج والأشعة فوق البنفسجية فيس تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) استخدام وتحليل كثافة اللون باستخدام قارئ اللون، وقياس مستويات الفينول يتم الحصول على الكلي، SSPT الاختبار عن طريق قياس الفولتية والتيارات المتولدة في حالة من مصابيح الهالوجين مضيئة مع شدة الضوء من ٤،٤٨٨ واط / م^٢ .

النتائج قياسات المحتوى الفينولي الكلي للمستخلص أوراق خشب الساج هولندا و تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) في ٩٣،٢١٤ و ٢٣،٧١٤ ملغ / GAE ز . تصنيف الطاقة وأقصى قدر من الكفاءة ولدت في اختبار SSPT في ١ ساعة تمرغ الوقت. هولندي رقة صبغ خشب الساج القيمة التي تم الحصول عليها قوة ١٢٣،١ × ١٠^{-٤} ميغاواط مع كفاءة ١٨،٢٨ × ١٠^{-١} ٪ . بينما القيم السلطة الصبغة تيمو إيرينج (كركم الزنجارية روكسب) حصلت على ٥٨،٤ × ١٠^{-٤} ميغاواط مع كفاءة ٨٦،٦ × ١٠^{-١} . الوقت غمر يؤثر على قيمة وكفاءة الطاقة المولدة في SSPT الاختبار.

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan populasi penduduk, perkembangan industri dan perkembangan teknologi menyebabkan pemenuhan kebutuhan energi semakin meningkat. Energi yang dihasilkan sampai saat ini masih bersumber dari sumber daya alam yang tidak dapat diperbaharui, sehingga kemungkinan besar ketersediaan energi akan berkurang baik dalam waktu dekat maupun waktu lambat. Hal tersebut terjadi karena kebutuhan terhadap energi yang tidak terbatas sementara ketersediaan energi yang dihasilkan terbatas, sehingga dibutuhkan solusi-solusi baru untuk menciptakan sebuah alternatif sumber energi yang terbarukan, praktis, murah dan ramah lingkungan.

Konsumsi energi listrik Indonesia menurut Pusat Data dan Informasi (PUSDATIN) ESDM mencapai 157.997 GWh pada tahun 2011. Konsumsi listrik ini sebesar 41 % dikonsumsi oleh sektor rumah tangga dan sisanya industri serta komersial. Dalam mencukupi kebutuhan energi listrik tersebut, PLTU berperan sebesar 39,74 % memberikan pasokan energi listrik.

Listrik pada PLTU dibangkitkan dari bahan bakar fosil. Listrik juga dapat dibangkitkan dari energi terbarukan, namun penggunaan energi terbarukan di Indonesia belum digunakan secara maksimal. Energi terbarukan yang dapat digunakan ini diantaranya energi angin (bayu) dan energi surya. Energi surya

yang digunakan untuk elektrifikasi nasional masih memberikan pasokan listrik sebesar 0,72 GWh (ESDM, 2011).

Penggunaan bahan bakar fosil menimbulkan banyak masalah. Masalah tersebut di antaranya adalah masalah polusi. Masalah polusi disebabkan oleh penggunaan energi fosil yang berlebihan sehingga meningkatkan gas CO₂ di bumi. Peningkatan gas CO₂ dapat memicu efek rumah kaca (*green house effect*). Masalah lain penggunaan energi fosil adalah ketersediaan di bumi, jika penggunaan energi fosil tidak diimbangi dengan eksplorasi sumber yang baru maka energi fosil akan habis. Penyebab habisnya energi fosil di bumi di karenakan energi fosil bersifat tidak dapat diperbarui. Proyeksi kementerian Energi Sumber Daya Mineral (ESDM) (2011) mengatakan bahwa cadangan minyak 4 miliar barel di Indonesia akan habis dalam jangka 12 tahun kedepan jika tidak ditemukan cadangan minyak yang baru (Wijayanto, 2012).

Solusi masalah dapat diatasi apabila manusia memanfaatkan secara optimal sumberdaya alam lainnya yang bisa dieksploitasi terus menerus namun bisa diperbaharui. Angin, arus laut, panas bumi, dan sinar matahari adalah sumber daya alam yang bagus untuk mengatasi masalah ketersediaan energi, terutama sinar matahari (Baskoroadi, 2011). Suplai energi matahari yang diterima oleh permukaan bumi sebenarnya sangat luar biasa besarnya yaitu mencapai 3×10^{24} joule pertahun. Jumlah energi sebesar itu setara dengan 10.000 kali konsumsi energi di seluruh dunia saat ini. Oleh karena itu, sinar matahari merupakan alternatif sumber energi yang dapat dikembangkan melalui konversi energi cahaya menjadi energi listrik secara langsung atau efek fotovoltaiik dengan sistem sel

surya. Dengan kata lain, jika permukaan bumi ditutup sebesar 0,1 % menggunakan piranti sel surya yang memiliki efisiensi 10 % sudah mampu untuk menutupi kebutuhan energi listrik di seluruh dunia saat ini. Perkembangan yang pesat dari industri sel surya pada tahun 2004 telah mencapai tingkat 1000 MW membuat banyak kalangan semakin melirik sumber energi masa depan yang sangat diharapkan ini (Brian, 2010).

Sebuah sel surya umum rata-rata mampu menghasilkan tegangan konstan sebesar 0,5 - 0,7 V dengan arus sekitar 20 mA sehingga daya yang dihasilkan 12 mW. Daya yang dihasilkan oleh sel surya adalah cepat dan efektif, dibandingkan dengan bahan bakar minyak (BBM). BBM memakan waktu jutaan tahun dalam proses biosintesisnya (Manan, 2009).

Sel surya hasil pengembangan teknologi dibagi menjadi tiga yakni, pertama, sel surya terbuat dari silikon kristal tunggal dan silikon polikristalin. Kedua, sel surya lapis tipis (*thin film solar cell*). Ketiga, sel surya polimer dan sel surya fotoelektrokimia atau disebut dengan Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT) (Hardian, 2010).

Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT) menggunakan *dye* sebagai pembangkit elektron. *Dye* yang digunakan dalam sel surya dapat berasal dari bahan anorganik atau bahan organik. SSPT dengan *dye* berbahan organik maupun anorganik ini mempunyai harga perakitan relatif lebih murah dibandingkan sel surya yang terbuat dari silikon. Hal ini dikarenakan *dye* pada SSPT dapat berasal dari bahan alam (Hardian, 2010). Sebagai perbandingan, sel surya pewarna tersensitisasi terbaru lapisan tipis material nano TiO_2 mampu

menghasilkan efisiensi 11 %, dengan harga yang 6 kali lebih murah dari pada sel surya yang dibuat dari material kristalin, sedangkan efisiensi material kristalin hanya selisih 4 kali yakni 41 % (Janseen dan Wienk, 2010).

SSPT menggunakan *dye* sebagai pemompa elektron, *dye* yang umum digunakan yakni berasal dari kompleks organometalik dan *dye* yang berasal ekstrak bahan alam. *Dye* yang berasal dari kompleks organik logam merupakan *dye* hasil sintesis. *Dye* bahan alam merupakan hasil ekstraksi dari bahan alam, contohnya adalah kol merah, kunyit, teh hijau, dan beberapa jenis *berry* seperti strawberi dan *blackberry* (Maddu, dkk., 2007).

Penelitian sel surya tersensitisasi *dye* ekstrak antosianin bunga kol merah yang telah dilakukan oleh Maddu dkk. (2007) menghasilkan daya $2,8 \times 10^{-3}$ mW dan $3,67 \times 10^{-3}$ mW, pada variasi perendaman 1 dan 24 jam dengan iluminasi cahaya matahari. Penelitian Wijayanti (2010), sel surya yang tersensitisasi *dye* klorofil bayam telah menghasilkan daya sekitar $1,49 \times 10^{-2}$ mW dengan pengiluminasi cahaya sebesar 1050 lux. Penelitian Rahmawati (2011), dengan sensitisasi *dye* antosianin ekstrak antosianin strawberi menghasilkan daya $7,16 \times 10^{-5}$ mW dan $8,8 \times 10^{-5}$ mW pada variasi perendaman 24 jam dan 48 jam, dengan iluminasi cahaya matahari. Berdasarkan syarat penggunaan *dye*, daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) berpotensi sebagai *dye* pada pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT).

Tumbuhan merupakan salah satu dari ciptaan Allah SWT yang banyak manfaatnya bagi manusia. Tumbuhan dapat dijadikan sebagai sumber pangan dan

juga dapat dijadikan sebagai obat. Sesuai dengan penjelasan tersebut dapat diketahui bahwa Allah SWT menumbuhkan segala macam tumbuhan di bumi ini pasti mempunyai maksud dan tujuan yang pasti bermanfaat bagi manusia dan tidak ada sesuatu apapun yang diciptakan Allah SWT itu sia-sia. Allah SWT berfirman dalam Q.S an Nahl ayat 11 yang berbunyi :

يُنَبِّتُ لَكُمْ بِهِ الزَّرْعَ وَالزَّيْتُونَ وَالنَّخِيلَ وَالْأَعْنَابَ وَمِنْ كُلِّ الثَّمَرَاتِ إِنَّ فِي ذَلِكَ لَآيَةً لِّقَوْمٍ يَتَفَكَّرُونَ ﴿١١﴾

“Dia menumbuhkan bagi kamu dengan air hujan itu tanam-tanaman; zaitun, kurma, anggur dan segala macam buah-buahan. Sesungguhnya pada yang demikian itu benar-benar ada tanda (kekuasaan Allah) bagi kaum yang memikirkan” (Q.S an Nahl : 11).

Menurut Shihab (2005) menafsirkan bahwa berbagai tumbuhan dengan kualitas yang baik tumbuh pada tanah yang subur dan terdapat manfaat yang terkandung didalamnya pula. Tumbuhan yang baik dalam hal ini adalah tumbuhan yang bermanfaat bagi makhluk hidup.

Daun jati belanda telah dilaporkan mengandung senyawa metabolit sekunder paling dominan tanin, flavonoid dan fenolik hidrokuinon (Sulistiyani *et al.*, 2010). Penelitian Widyastuti (2010), kandungan total flavonoid diukur berdasarkan keberadaan kuersetin di dalam ekstrak tanaman daun jati belanda sebesar 3,0480 g serbuk kering. Penelitian Setiawan (2008), uji fitokimia ekstrak etanol 70 % menunjukkan adanya senyawa flavonoid, steroid, dan tanin dengan nilai rendemen sebesar 5,99 %. Penelitian Marthsolich (2007), uji fitokimia ekstrak etanol 70 % menunjukkan adanya senyawa flavonoid, fenolik

hidrokuinon, saponin, tanin dengan nilai rendemen sebesar 23,66 %. Penelitian Umar (2008) kadar flavonoid total dari ekstrak daun jati belanda dengan pelarut etanol 70 % sebesar 0,42 %.

Tumbuhan temu ireng menurut Syamsuhidayat dan Hutapea (1991) mengandung saponin, flavonoid, dan polifenol, disamping minyak atsiri. Choudhury dkk. (2013) menginformasikan dalam temu ireng mengandung 2,3-3,4 mg flavonoid, kurkumin 0,5-0,71 mg. Penelitian Jamil dkk. (1998) menginformasikan dalam temu ireng mengandung curzerenone (24,6 %), 1,8-cineole (11,0 %), kamper (10,6 %), zedoarol (6,3 %), isocurcumenol (5,8 %), kurkumenol (5,6 %) dan furanogermenone (5,5 %).

Senyawa fenolik dalam daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) memenuhi sifat dari *dye* karena terdiri dari struktur-struktur yang aromatis sehingga akan memudahkan terjadinya delokalisasi elektron. Adanya struktur aromatis ini juga akan menurunkan jarak antara level HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) dengan level LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) menjadi lebih kecil. Sehingga energi yang diperlukan untuk mengalami eksitasi dari HOMO menuju level LUMO menjadi lebih rendah. Senyawa fenolik tersusun dari kromogen dan auksokrom. Kromogen merupakan senyawa aromatik yang memiliki gugus kromofor, yaitu gugus yang mampu memberikan warna yang biasanya berasal dari kelompok nitro (-NO), kelompok azo (-N=N-), kelompok etilen (-C=C-) dan lainnya. Gugus -OH (hidroksil) yang terdapat pada struktur fenolik dapat berfungsi sebagai auksokrom. Gugus-gugus ini yang berguna sebagai perekat antara *dye* dengan

pasta TiO_2 sebagai elektroda. Semakin banyak jumlah dari gugus hidroksil ini akan menjadikan senyawa tersebut dapat menempel pada elektroda dan mempunyai lebih banyak jumlah elektron yang tidak berpasangan yang dapat digunakan sebagai sumber elektron yang akan dieksitasi.

Metode pengambilan ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dengan metode ekstraksi maserasi menggunakan pelarut etanol (Umar, 2008) yang sebelumnya sampel dianalisis terlebih dahulu kandungan airnya. Hasil maserasi tersebut dikarakterisasi menggunakan spektrofotometer UV-Vis, dan *color reader* untuk mengetahui tingkat kepekatan ekstrak *dye* yang dihasilkan, sedangkan untuk mengidentifikasi senyawa aktif yang ada dalam ekstrak kasar daun jati belanda dan temu ireng dilakukan identifikasi golongan senyawa flavonoid menggunakan uji fitokimia dan untuk penguatan dilakukan penetapan kadar fenolik total ekstrak etanol. Kemudian membuat *prototipe* sel surya tersebut menggunakan variasi lama perendaman elektroda TiO_2 pada *dye* dengan lama perendaman 0 menit, 10 menit, 1 jam, 24 jam, dan 48 jam kemudian diukur tegangan dan kuat arus yang dihasilkan menggunakan multimeter dengan iluminasi cahaya lampu halogen.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana kadar fenolik total ekstrak daun jati belanda dan temu ireng hasil ekstraksi maserasi menggunakan pelarut etanol ?
2. Bagaimana potensi ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebagai pewarna pada SSPT?

3. Bagaimana pengaruh lama perendaman elektroda TiO_2 dalam *dye* ekstrak daun jati belanda dan temu ireng terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian SSPT ?

1.3 Tujuan Penelitian

1. Untuk mengetahui kadar fenolik total hasil ekstraksi maserasi daun jati belanda dan temu ireng menggunakan pelarut etanol.
2. Untuk mengetahui potensi ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebagai pewarna pada SSPT.
3. Untuk mengetahui pengaruh lama perendaman elektroda TiO_2 dalam *dye* ekstrak daun jati belanda dan temu ireng terhadap arus dan tegangan yang dihasilkan oleh rangkaian SSPT.

1.4 Batasan Masalah

1. Pada penelitian ini sampel yang digunakan adalah daun jati belanda dan temu ireng yang diperoleh dari lumajang.
2. Pengambilan ekstrak daun jati belanda dan temu ireng menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol.
3. Spektrofotometer UV-Vis yang digunakan yaitu varian Carry 50, *color reader* yang digunakan adalah Minolta CR-10.
4. Variasi lama perendaman yang dilakukan dalam penelitian ini adalah 0 menit, 10 menit, 60 menit, 24 jam dan 48 jam.

5. Substrat kaca yang digunakan adalah jenis FTO, dengan pasangan larutan elektrolit I^-/I_3^- dan *counter* elektoda menggunakan karbon yang berasal dari pensil 2B.
6. Parameter yang akan diamati adalah kuat arus dan tegangan yang tercatat pada digital multimeter.

1.5 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi kepada masyarakat mengenai kemampuan ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebagai pewarna pada pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi. Aplikasi dari ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebagai pewarna pada pembuatan sel surya, sehingga dapat digunakan sebagai sumber energi alternatif yang terbarukan.

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1 Tanaman dalam Perspektif Islam

Allah SWT menciptakan alam dan isinya seperti hewan dan tumbuhan mempunyai hikmah yang besar, semuanya tidak ada yang sia-sia dalam ciptaanNya. Manusia diberikan kesempatan seluas-luasnya untuk mengambil manfaat dari hewan dan tumbuh-tumbuhan. Allah SWT berfirman dalam Q.S surat Ali Imran : 191 ;

الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ
وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ ﴿١٩١﴾

“(yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): “Ya Tuhan kami, tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha Suci Engkau, maka peliharalah kami dari siksa neraka” (Q.S Ali Imran : 191)

Ayat tersebut menjelaskan tentang penciptaan langit dan bumi, sehingga manusia harus selalu mengingat Allah SWT, baik dalam keadaan sholat maupun diluar sholat dan setiap aktivitasnya. Manusia dianjurkan memikirkan tentang keberadaan dan penciptaan keindahan langit dan bumi karena dalam setiap penciptaanNya terdapat hikmah tersendiri (Jabir, 2007).

Kekayaan yang beraneka ragam dan tumbuhan yang terdapat di alam merupakan kekayaan yang tak ternilai harganya karena mempunyai beragam fungsi dan manfaat yang dapat kita nikmati dan kita rasakan. Apabila

dibandingkan kelimpahan tumbuhan yang terdapat di alam dengan ilmu pengetahuan yang dimiliki manusia, maka terlihat jelas banyak sekali yang tidak diketahui dari ciptaan Allah SWT yang tersebar di alam. Kekuasaan Allah SWT terhadap tumbuh-tumbuhan terlihat jelas pada morfologi tumbuh-tumbuhan sesuai dengan kondisi di lingkungan (Mahran dan Mubasyir, 2006). Maka manusia dengan kelebihan akal yang dimiliki harus berfikir dengan memanfaatkan nikmat alam yang Allah SWT berikan khususnya dalam bidang penelitian ini, pemanfaatan daun jati belanda dan temu ireng dalam pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT).

Dunia tumbuh-tumbuhan dibagi menjadi beberapa klasifikasi, salah satunya klasifikasi pada jenis tumbuhan. Jenis tumbuhan yang dimaksud adalah pada ukuran tumbuhan, yaitu jenis pohon-pohonan perdu dan semak. Masing-masing memiliki ciri-ciri tersendiri. Hal tersebut sesuai dengan firman Allah SWT dalam Q.S surat Al An'aam : 141 ;

﴿ وَهُوَ الَّذِي أَنْشَأَ جَنَّاتٍ مَّعْرُوشَاتٍ وَغَيْرَ مَعْرُوشَاتٍ وَالنَّخْلَ وَالزَّرْعَ مُخْتَلِفًا
أَكْلُهُمُ وَالزَّيْتُونَ وَالرُّمَّانَ مُتَشَابِهًا وَغَيْرَ مُتَشَابِهٍ كُلُوا مِنْ ثَمَرِهِ إِذَا أَثْمَرَ
وَأَتُوا حَقَّهُ يَوْمَ حَصَادِهِ وَلَا تُسْرِفُوا إِنَّهُ لَا يُحِبُّ الْمُسْرِفِينَ ﴾

“Dan Dialah yang menjadikan kebun-kebun yang berjunjung dan yang tidak berjunjung, pohon korma, tanam-tanaman yang bermacam-macam buahnya, zaitun dan delima yang serupa (bentuk dan warnanya) dan tidak sama (rasanya). makanlah dari buahnya (yang bermacam-macam itu) bila Dia berbuah, dan tunaikanlah haknya di hari memetik hasilnya (dengan disedekahkan kepada fakir miskin); dan janganlah kamu berlebih-lebihan. Sesungguhnya Allah tidak menyukai orang yang berlebih-lebihan” (Q.S Al An'aam :141).

Ayat tersebut menjelaskan bahwasannya Allah SWT menumbuhkan tanaman yang berjunjung dan tidak berjunjung, serta tanaman yang bermacam-macam buahnya. Menurut Hatta (2009), menafsirkan tanaman yang berjunjung adalah tanaman yang merambat dan tanaman tidak berjunjung adalah tanaman yang tidak merambat. Sehingga banyak klasifikasi tumbuhan, seperti halnya pada tanaman daun jati belanda dan temu ireng yang masuk dalam klasifikasi tanaman tidak merambat dan masuk dalam golongan tanaman tingkat tinggi.

Menurut Shihab (2001) adapun tujuan dari surat Al An'aam ayat 141 adalah untuk menggambarkan betapa besar nikmat Allah SWT serta untuk melarang segala yang mengantarkan kepada melupakan nikmat-nikmatnya. Ayat diatas berpesan tidak ada selain-Nya yang menjadikan dari tiada, kebun-kebun anggur atau lainnya yang berjunjung, yakni yang disanggah tiang dan yang tidak berjunjung. Hanya Allah SWT juga yang menciptakan pohon kurma dan tanaman-tanaman dalam keadaan bermacam-macam rasa bentuk dan aromanya dan Allah SWT juga yang menciptakan buah-buahan seperti, zaitun dan delima yang seerupa dalam berbagai segi seperti bentuk dan warnanya, dan tidak serupa dalam berbagai segi yang lain seperti rasanya, padahal semua tumbuh di atas tanah yang sama dan disiram dengan air yang sama.

Kitab Ibnu Katsir (1994) menafsirkan bahwa Allah SWT yang menciptakan segala tanaman, buah-buahan dan binatang ternak. Tanaman yang bernjunjung adalah tanaman yang tinggi sedangkan tanaman tak berjunjung adalah tanaman yang rendah (ada di gunung dan di darat).

Menurut Syaikh Shalih dalam tafsir Al-Muyassar (2008) menafsirkan bahwa Allah SWT yang Mahasuci telah menjadikan bagi kalian kebun-kebun, diantaranya ada yang menggantung dari permukaan bumi seperti buah anggur dan ada yang tidak menggantung, akan tetapi tegak di atas tanah seperti pohon kurma dan tanaman yang (lain). Rasanya bermacam-macam ada pohon zaitun dan ada pohon delima yang hampir serupa (bentuk dan daunnya), tetapi buah dan rasanya berbeda.

Menurut Ath Thabari (2008) menafsirkan maksud dari surat Al An'aam ayat 141 ini adalah pemberitahuan dari Allah SWT tentang kenikmatan dan keutamaan yang diberikan kepada umat manusia, sebagai peringatan bagi manusia tentang kedermawanan-Nya serta sebagai pemberitahuan kepada manusia tentang apa-apa yang diharamkan dan yang diharamkan, serta bagian-bagian yang harus diberikan kepada yang berhak. Allah SWT menjelaskan “wahai manusia tuhanmulah yang menciptakan seluruh makhluk, mereka tidak diciptakan oleh sesembahan kalian dan tidak pula oleh berhala-berhala, yakni kebun-kebun yaitu kebun-kebun yang dibangun tinggi oleh manusia dan yaitu kebun-kebun yang tidak ditinggikan. Manusia tidak bisa menumbuhkannya dan tidak pula meninggikannya akan tetapi, Allah SWT lah yang meninggikan dan menumbuhkannya.

2.2 Deskripsi Umum Daun Jati Belanda dan Temu Ireng

Tanaman jati belanda berasal dari Amerika dan dibawa oleh bangsa Portugis ke Indonesia. Di Indonesia tumbuhan ini banyak ditemukan di daerah

Jawa Tengah dan Jawa Timur. Di berbagai daerah, *Guazuma ulmifolia* Lamk. Dikenal juga dengan nama daerah Bastard Cedar atau West Indian Elm (inggris), Bois d'orme (Perancis), Caulote (Spanyol), Jati Belanda (Indonesia) dan Jatoss Iandi (Jawa) (Umar, 2008).

Menurut Suharmiati dan Maryani (2003) dalam Tresnanovia (2012) jati belanda mempunyai taksonomi sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Divisio	: Spermatophyta
Subdivisio	: Dicotyledoneae (tumbuhan biji belah)
Class	: Dicotyledonae
Ordo	: Malwales
Famili	: Sterculiaceae
Genus	: <i>Guazuma</i>
Spesies	: <i>Guazuma ulmifolia</i> Lamk.

Jati belanda adalah pohon yang dapat tumbuh dengan cepat mencapai 20 m dan didatangkan dari Amerika bagian tengah. Kini di Jawa pohon ini ditanam sebagai peneduh di pinggir-pinggir jalan. Tanaman ini mempunyai batang yang keras, dan bulat, dengan permukaan yang kasar, dan banyak alur, bercabang, serta berwarna hijau keputih-putihan. Daunnya tunggal, bulat telur, memiliki permukaan kasar dengan tepi bergerigi, berujung runcing, dengan pangkal berlekuk, pertulangan menyirip, dan berseling, panjangnya 10-16 cm, lebarnya 3-6 cm, dan berwarna hijau. Bunganya tunggal, bulat, dan terdapat di ketiak daun, berwarna hijau muda. Buahnya berbentuk bulat, kasar, dengan permukaan berduri, dan berwarna hitam. Bijinya kecil, keras, berdiameter sekitar 2 mm, dan berwarna cokelat muda. Akarnya tunggang dan berwarna putih kecoklatan. Tanaman jati belanda disajikan pada Gambar 2.1.



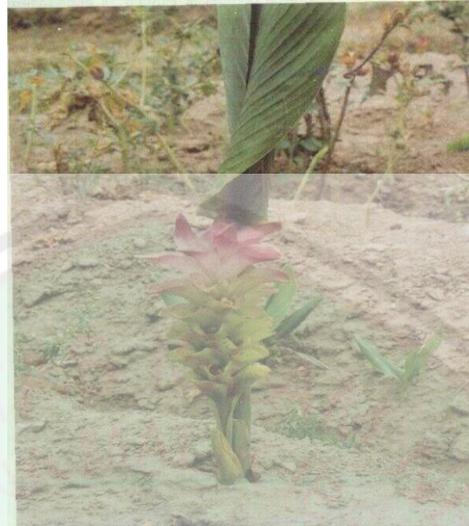
Gambar 2.1 Daun Jati (Umar, 2008)

Daun jati belanda telah dilaporkan mengandung senyawa flavonoid, steroid, triterpenoid, saponin, dan tanin. Kandungan senyawa dominan adalah flavonoid dan tanin (Umar 2008). Sulistiyani dkk. (2010) menginformasikan bahwa daun jati belanda mengandung senyawa metabolit sekunder paling dominan tanin, flavonoid dan fenolik hidrokuinon.

Temu ireng dalam bahasa daerah dikenal dengan beberapa nama, antara lain : temu hitam (Minang), koneng hideung (Sunda), temu ireng (Jawa), temu ereng (Madura), dan temu erang (Sumatra). Tanaman ini berasal dari Burma, kemudian menyebar ke daerah-daerah tropis lainnya, terutama di wilayah Indo-Malaya, termasuk Indonesia (Rahmat dalam Ariefta (2012). Tanaman temu ireng merupakan tumbuhan yang memiliki klasifikasi dan karakteristik morfologi sebagai berikut :

Kingdom	: Plantae
Sub kingdom	: Tracheobionta
Super Divisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Sub Kelas	: Commelinidae
Ordo	: Zingiberales
Famili	: Zingiberaceae
Genus	: Curcuma
Spesies	: <i>Curcuma aeruginosa</i> Roxb.

Tanaman temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) dari famili Zingiberaceae merupakan salah satu dari sekian banyak tanaman obat tradisional yang ada di Indonesia. Tinggi tanaman temu ireng mencapai dua meter dan lebar rumpun 26,90 cm. Jika ditanam di dataran rendah, tiap rumpun dapat menghasilkan dua belasan anakan; sedangkan di dataran tinggi hanya sekitar lima anakan per rumpun. Permukaan daun bagian atas bergaris menyirip dan pinggiran daun rata. Daun tidak berbulu dan ibu tulang daun atau kedua sisinya berwarna coklat merah sampai ungu. Ukuran panjang daun rata-rata 39,20 cm dan lebar 12,20 cm. Jumlah daun mencapai enam helai per rumpun. Tanaman temu ireng disajikan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 temu ireng (Rahmat, 2004)

Tanaman temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) dari famili Zingiberaceae merupakan salah satu dari sekian banyak tanaman obat tradisional yang ada di Indonesia. Tumbuhan ini menurut Syamsuhidayat dan Hutapea (1991) mengandung saponin, flavonoid, dan polifenol, disamping minyak atsiri.

2.3 Sel Surya organik

Sel surya berbahan organik dikelompokkan menjadi dua yakni, Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT) dan *Conjugated Polymer Solar Cell* (CPSC). SSPT ini memiliki efisiensi konversi energi yang relatif besar (Law dalam Hidayat dkk, 2011). Kerja sel surya organik yakni foton yang datang akan membangkitkan *exciton* (elektron yang tereksitasi). *Exciton* kemudian berdifusi pada dua permukaan bahan konduktor untuk menghasilkan pasangan rekombinasi hole dan elektron dan pada akhirnya menghasilkan efek arus foto (*photocurrent*) (Ripna dalam Hardian, 2010).

Sel Surya Pewarna Tersensitasi (SSPT) yaitu sel surya fotoelektrokimia organik dengan menggunakan elektrolit sebagai medium transport muatan. Selain elektrolit, SSPT terbagi menjadi beberapa bagian yang terdiri dari nanopori TiO₂ molekul *dye* yang teradsorpsi di permukaan TiO₂, elektrolit redoks, dan katalis yang semuanya dideposisi di antara dua kaca konduktif (Septina *et al.*, 2007). Sebuah SSPT terdiri dari tiga komponen penting untuk terjadi suatu mekanisme fotovoltaiik, yakni (Meng dan Kaxiras, 2010):

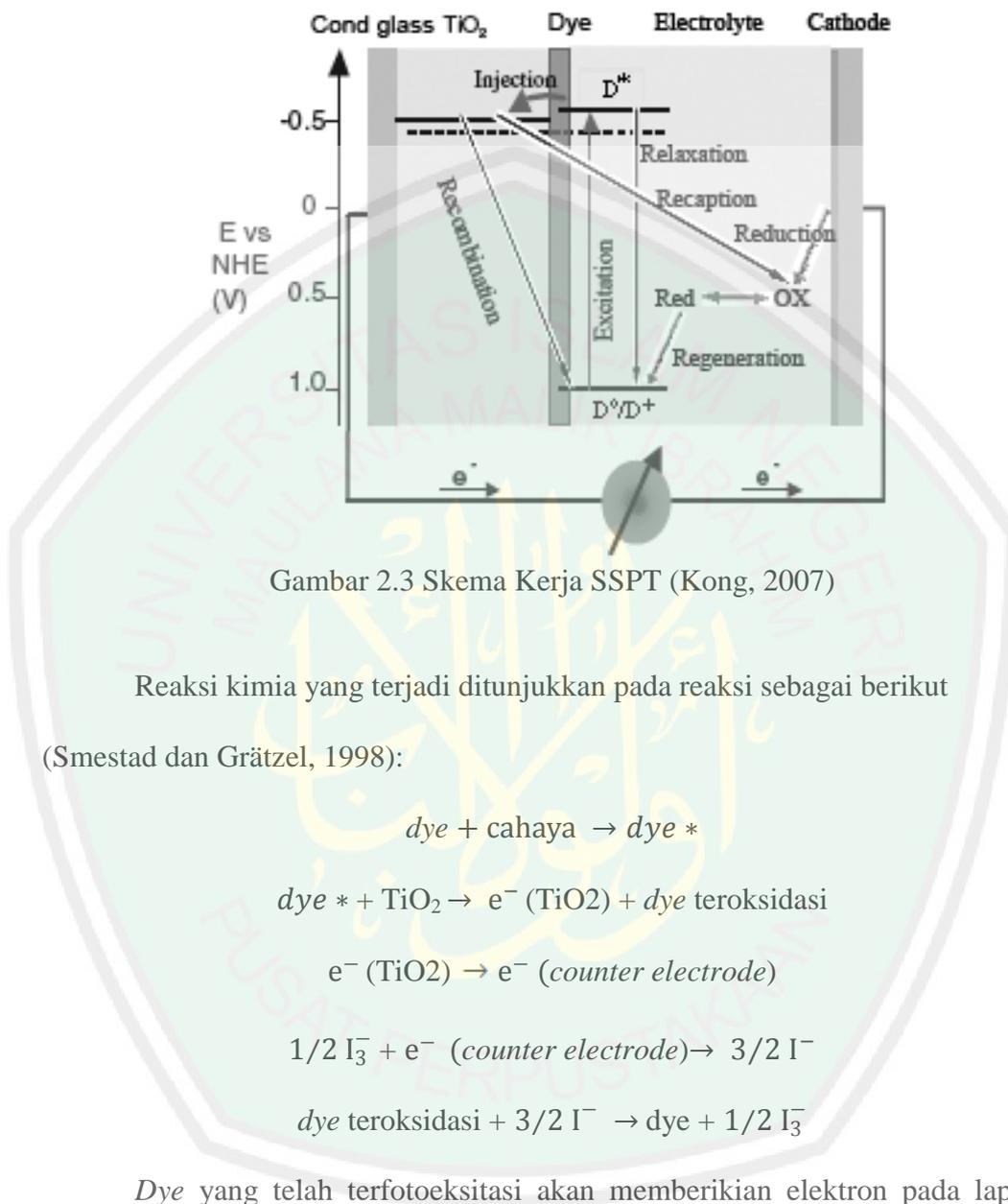
- a. Semikonduktor nanokristalin oksida sebagai elektroda, dapat menggunakan TiO₂, yang memiliki fungsi untuk menampung fotoelektron.
- b. Molekul *dye* teradsorpsi pada permukaan TiO₂ untuk penyerapan cahaya tampak.
- c. Elektrolit, yang akan menghantarkan elektron dari elektroda lawan untuk meregenerasikan kation *dye* yang tereksitasi.

2.4 Sel Surya Pewarna Tersensitasi (SSPT)

Sel Surya Pewarna Tersensitasi merupakan sel surya dengan bahan *dye* sebagai pompa fotoelektrokimia yang teradsorpsi pada permukaan partikel TiO₂. Elektron-elektron *dye* dari level HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) tereksitasi ke tingkat energi LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) dengan adanya foton yang berenergi sesuai. Kinerja SSPT ini mirip dengan fungsi klorofil pada proses fotosintesis tumbuhan. Lapisan TiO₂ bertindak sebagai akseptor atau kolektor elektron yang ditransfer dari *dye* yang teroksidasi. Elektrolit redoks, yang terdiri dari pasangan iodida dan triiodida (I^-/I_3^-) yang

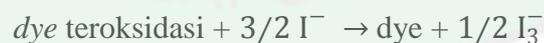
bertindak sebagai mediator redoks sehingga dapat menghasilkan proses siklus di dalam sel (Smestad dan Grätzel, 1998). Prinsip kerja sel surya TiO_2 tersensitisasi *dye* ditunjukkan secara skematik pada Gambar 2.3. Proses dan reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut (Kong, dkk., 2007):

- a. *Dye* (D) menyerap sebuah foton mengakibatkan elektron tereksitasi dari level HOMO ke LUMO pada molekul *dye*.
- b. *Dye* tereksitasi (D^*) menginjeksi sebuah elektron ke dalam pita konduksi (CB) semikonduktor (TiO_2) yang berada sedikit lebih tinggi dari pada level konduksi TiO_2 .
- c. Elektron tersebut melintas melewati partikel-partikel TiO_2 yang menuju elektroda berupa lapisan konduktif transparan.
- d. Elektron ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda lawan (*Counter Electrode*). Elektron masuk kembali ke dalam sel dan mereduksi sebuah donor teroksidasi (I) yang ada di dalam elektrolit.
- e. *Dye* teroksidasi (D^+) akhirnya menerima sebuah elektron dari donor tereduksi (I_3^-) dan tergenerasi kembali menjadi molekul awal (D).



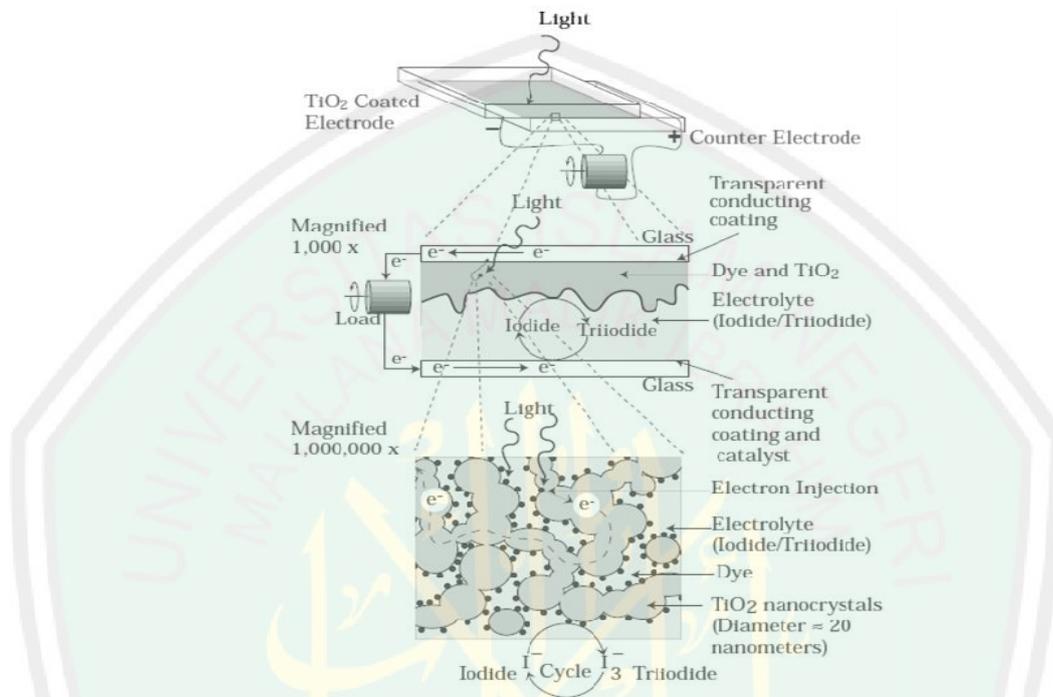
Gambar 2.3 Skema Kerja SSPT (Kong, 2007)

Reaksi kimia yang terjadi ditunjukkan pada reaksi sebagai berikut
(Smestad dan Grätzel, 1998):



Dye yang telah terfotoeksitasi akan memberikan elektron pada lapisan semikonduktor TiO_2 lewat injeksi elektron. Elektron kemudian akan dialirkan oleh lapisan nanopori TiO_2 dan akan diberikan pada lapisan konduktif SnO_2 yang terlapiskan pada permukaan kaca. Keberadaan elektrolit sebagai mediator (I^-/I_3^-) akan meregenerasi *dye* dengan katalis yang terlapiskan pada elektroda lawan

listrik mengalir. Proses mengalirkan elektron sebagai listrik dinamis, dijelaskan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Proses mengalirnya energi listrik (Smestad dan Gratzel, 1998)

2.5 Material SSPT

2.5.1 Kaca Substrat

Elektroda SSPT berupa *Transparent Conducting Oxide* (TCO), yang dilapiskan pada kaca substrat. Lapisan oksida tersebut berfungsi sebagai penghantar elektron menuju luar dan bahan substrat (kaca) tersebut sebagai pembatas antara sel dengan udara bebas (Gordon, 2000). *Fluorine-doped tin oxide* ($\text{SnO}_2:\text{F}$) dan *indium tin oxide* ($\text{In}_2\text{O}_3:\text{Sn}$) adalah jenis konduktor transparan yang sering digunakan untuk TCO sebagai pelapis sel fotovoltaik (Gordon, 2000).

2.5.2 Bahan Semikonduktor Celah Lebar

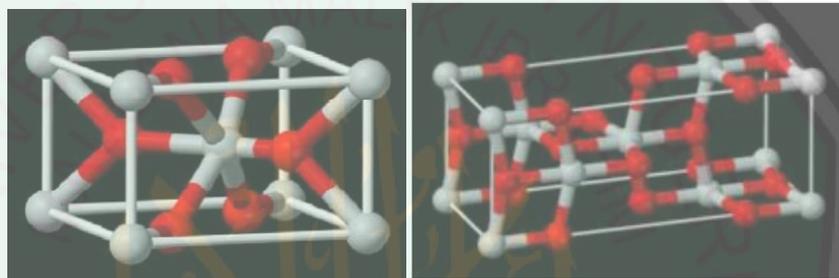
Penggunaan semikonduktor oksida dalam fotoelektrokimia di karenakan

kestabilannya tahan terhadap fotokorosi ketika terjadi eksitasi optik (Kalyanasundaram dan Grätzel, 1998). Lebar pita energinya besar ($>3\text{eV}$), dibutuhkan dalam SSPT untuk transparansi semikonduktor pada sebagian besar spektrum cahaya matahari. Semikonduktor yang digunakan selain semikonduktor TiO_2 yaitu ZnO , CdSe , CdS , WO_3 , Fe_2O_3 , SnO_2 , Nb_2O_3 , dan Ta_2O_5 . Semikonduktor TiO_2 masih sering digunakan untuk SSPT karena memiliki efisiensi yang lebih baik (Septina dkk., 2003). TiO_2 juga memiliki keuntungan lain di samping efisiensinya yang baik dalam fotokimia yakni, biaya rendah, tersedia secara luas, tidak beracun dan bahan yang biokompatibel, bahkan digunakan dalam produk perawatan kesehatan serta aplikasi umum seperti pigmentasi cat (Grätzel, 2003).

TiO_2 mempunyai tiga fasa yaitu rutile, anatase, dan brookit. Fasa rutile dari TiO_2 adalah fasa yang umum dan merupakan fasa yang disintesis dari mineral *ilmenite* melalui proses Becher. Melalui proses Becher, oksida besi yang terkandung dalam *ilmenite* dipisahkan dengan temperatur tinggi dan juga dengan bantuan gas sulfat atau klor sehingga menghasilkan TiO_2 rutile dengan kemurnian 91-93 %. Titania pada fasa anatase umumnya stabil pada ukuran partikel kurang dari 11 nm, fasa brookit pada ukuran partikel 11 – 35 nm, dan fasa rutile di atas 35 nm (Zhang dan Banfield, 2000). Struktur kristal TiO_2 memiliki luas permukaan adsorpsi $97 \text{ m}^2/\text{g}$ (Septina, dkk., 2007), dan di dalam kristalnya terdapat rongga dengan ukuran dalam nano. Keberadaan sifat tersebut akan menyebabkan *dye* yang terserap lebih banyak (Rahmawati, 2011).

Anatase muncul sebagai kristalin piramida dan stabil pada temperatur

rendah, sedangkan kristal rutil berupa jarum yang dominan terbentuk pada suhu tinggi. Kepadatan struktur kristal anatase TiO_2 adalah $3,89 \text{ g/cm}^3$ sedangkan kepadatan struktur kristal untuk rutil adalah $4,26 \text{ g/cm}^3$. Energi pita kristal anatase adalah $3,2 \text{ eV}$ (puncak serapan pada 388 nm) dan $3,0 \text{ eV}$ (puncak serapan pada 413 nm) untuk rutil (Kalyanasundaram dan Grätzel, 1998). Struktur kristal TiO_2 fasa anatase dan rutil disajikan pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Bentuk kisi kristal TiO_2 fasa rutil (kanan), fasa anatase (kiri) (Benjah dalam Rahmawati, 2011)

Bentuk kristal TiO_2 fasa anatase terjadi pada pemanasan suhu rendah ($100\text{-}700 \text{ }^\circ\text{C}$) (Rahmawati, 2011). Transformasi fase rutil ke fase anatase terjadi pada kisaran suhu $700\text{-}1000 \text{ }^\circ\text{C}$, yang tergantung pada ukuran kristal dan pengotor. Celah energi (e_g) anatase dan rutil masing-masing diperkirakan $3,2 \text{ eV}$ dan $3,0 \text{ eV}$ (Kalyanasundaram dan Grätzel, 1998).

2.5.3 Elektrolit Redoks

Elektrolit SSPT terdiri dari pasangan redoks yakni ion iodida dan ion triiodida (I^-/I_3^-) yang terlarut. Elektrolit tersebut dilarutkan dalam pelarut organik yakni asetonitril atau senyawa yang memiliki titik didih yang lebih tinggi seperti metoksi-asetonitril, metoksi-propionitril, atau butironitril. Penggunaan pelarut organik tersebut untuk menjaga *dye* yang teradsorb pada permukaan TiO_2

lepas. Keberadaan air dapat menyebabkan *dye* yang teradsorb pada permukaan TiO_2 dapat lepas, sehingga akan mengurangi kinerja sel (Bowerman dan Fthenakis, 2001).

Fungsi elektrolit redoks yakni sebagai sarana untuk mengisi elektron pada molekul *dye* (setelah *dye* menyerap cahaya foton dan elektron ditransfer ke pita konduksi TiO_2). Pasangan redoks yang ditambahkan sebagai elektrolit berasal dari padatan iodine (I_2) dan garam iodida seperti LiI_3 , NaI , atau tertrametil ammonium iodida (Bowerman dan Fthenakis, 2001).

2.5.4 Elektroda Lawan

Elektroda lawan digunakan untuk menghantarkan elektron dari luar menuju elektrolit. Platinum dapat digunakan sebagai katalis konvensional yang lebih efisien, akan tetapi harga platinum yang mahal maka digunakanlah elektroda lawan dengan katalis lain yakni dengan katalis karbon (Halme, 2002).

Kay dan Grätzel (1996) telah mengembangkan rancangan sel, dengan memanfaatkan karbon berpori *counter*-elektroda sebagai lapisan katalis. Elektroda karbon tersebut terbuat dari campuran karbon hitam, grafit bubuk dan nanokristalin partikel TiO_2 . Elektroda tersebut memiliki konduktivitas tinggi (resistensi 5Ω / persegi untuk tebal setiap lapisan $50 \mu\text{m}$) yang diperoleh karena karbon hitam antar partikel grafit yang saling berhubungan sesamanya, dengan TiO_2 yang digunakan sebagai pengikat. Elektroda ini aktif untuk reduksi triioda seperti elektroda konvensional platinum (Kay dan Grätzel, 1996).

2.5.5 Sensitizer

Dye berfungsi sebagai pengabsorb cahaya yang teradsorb pada

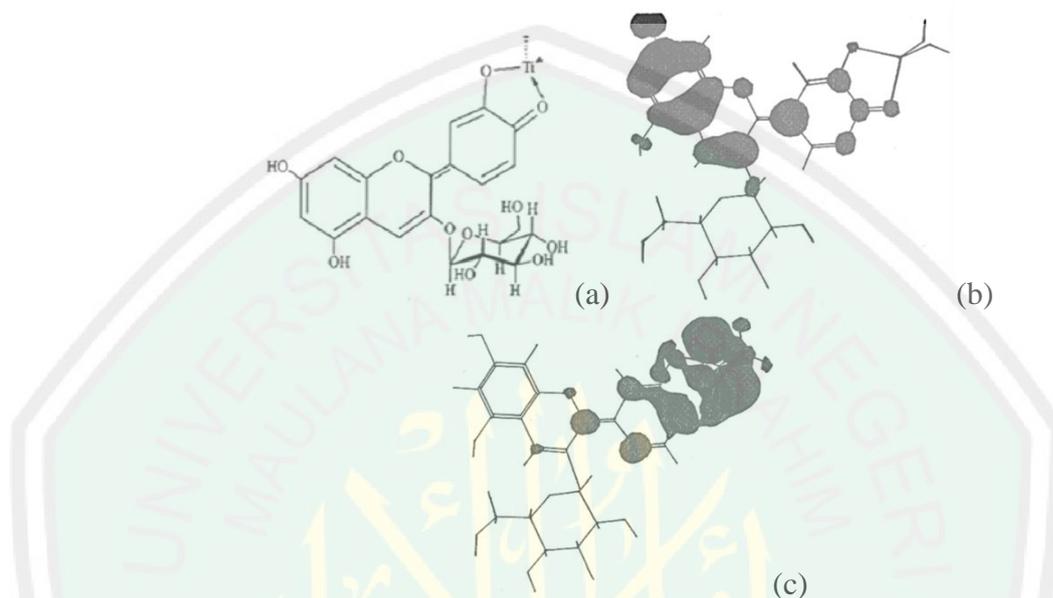
permukaan TiO_2 . Dalam mencapai efisiensi energi yang tinggi pada SSPT, maka penting mengetahui sifat-sifat molekul *dye*. Sifat tersebut dijelaskan sebagai berikut (Halme, 2002):

1. *Dye* harus menyerap cahaya pada panjang gelombang sampai sekitar 920 nm.
2. Energi eksitasi *dye* harus sedikit lebih tinggi dari pita konduksi TiO_2 , tetapi masih belum memiliki energi dorongan cukup untuk proses injeksi elektron. Keadaan dasar molekul (*dye*) harus memiliki sedikit energi di bawah potensi redoks elektrolit.
3. Proses injeksi elektron dari keadaan tereksitasi pada pita konduksi semikonduktor harus cepat sehingga tidak menimbulkan reaksi lain.
4. Molekul *dye* yang teradsorpsi harus cukup stabil ketika bekerja di lingkungan.
5. *Dye* mampu teradsorpsi pada semikonduktor.
6. Memiliki sifat praktis, seperti mudah larut pada pelarut yang digunakan untuk impregnasi.

Sensitizer yang baik adalah memiliki gugus fungsi seperti karboksilat atau fosfonat yang harus menempel pada permukaan semikonduktor oksida. Sensitizer harus dapat memberikan elektron ke padatan setelah terjadi eksitasi dengan hasil satuan kuantum. Tingkat energi keadaan tereksitasi harus disesuaikan dengan batas bawah pita konduksi untuk meminimalkan kerugian energi selama terjadi reaksi transfer elektron (Grätzel, 2003).

Penelitian Cherepy dkk. (1997) menjelaskan bahwa *dye* sianin mampu membentuk kompleks dengan Ti (IV). Terbentuknya kompleks tersebut menyebabkan densitas elektron akan menuju pada gugus yang membentuk

komplek ketika kondisi LUMO, sehingga elektron mampu diinjeksikan ke pita konduksi Ti. Ikatan TiO₂ dengan *dye* seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Struktur dari quinonoidal sianin (a). quonoidal keadaan HOMO (b). quinonoidal keadaan LUMO (c) (Cherephy, 1997)

SSPT menggunakan kompleks rutenium telah mencapai efisiensi yang cukup tinggi, namun *dye* jenis ini cukup sulit untuk disintesa dan kompleks ruthenium komersil mahal harganya. Penelitian Septina dkk. (2007) menggunakan buah delima sebagai *dye*, pada rakitan SSPT berhasil mengkonversi energi surya menjadi listrik dengan voltase sebesar 162,3 mV atau 0,1624 V dan arus listrik sebesar 0,07 mA pada kondisi iluminansi cahaya matahari cerah.

Sebuah kelompok peneliti di Jepang, Minoura dkk. Jurnal yang disusun oleh Chiba dkk. (2006) telah mencoba lebih dari dua puluh jenis *dye* alami dari ekstrak tumbuhan sebagai fotosensitizer pada sistem sel surya ini, di antaranya adalah kol merah, kunyit, teh hijau, dan sebagainya. Kelompok lain dari Brazil

juga intensif mengembangkan sel surya berbasis *dye* alami, selain itu Smestad dkk. (1998) juga telah menguji beberapa jenis *berry* seperti strawberry dan *blackberry* sebagai fotosensitizer pada sistem sel surya tersensitisasi *dye*. Ekstrak *dye* atau pigmen tumbuhan yang telah digunakan sebagai fotosensitizer berupa ekstrak klorofil, karoten atau antosianin (Maddu, dkk., 2007).

Sel surya tersensitisasi *dye* dari klorofil bayam yang memiliki absorbansi cahaya pada panjang gelombang 400-700 nm dan berwarna hijau, memberikan performansi beda potensial 0,1 V dan arus sekitar 149 μA dengan intensitas penyorotan 1050 lux (Wijayanti, 2010). Buah delima sebagai sensitizer dengan absorbansi panjang gelombang maksimum 562 nm dengan memberikan warna merah, memberikan tegangan 162,4 mV dan arus sebesar 0,07 mA pada penyorotan sinar matahari (Septina, dkk., 2007). Ekstrak rosela (berwarna merah) dengan puncak serapan 520 nm dan ekstrak kapri biru dengan puncak serapan 580 dan 620 nm, masing-masing memberikan efisiensi sebesar 0,37 % dan 0,05 % pada pencahayaan matahari (Wongcharee, 2007). SSPT dari *dye* ekstrak buah naga dengan serapan maksimum pada 535 nm menghasilkan daya sebesar 13 μW , dan efisiensi 0,22 % (Ali dan Nayan, 2010). Buah jamblang (*Eugenia jambolana*) menghasilkan voltase sebesar 711 mV dan arus 2,3 mA, ekstrak tersebut memiliki serapan maksimum pada daerah 550 nm (Garsia, dkk., 2003). Penelitian Rahmawati (2011) dengan variasi perendaman 1 hari dan 2 hari menggunakan ekstrak rosela menghasilkan peningkatan daya dari 0,0789 mW menjadi 0,0796 mW. Penelitian Maddu dkk. (2007) menggunakan ekstrak dari kol merah sebagai sel surya memberikan peningkatan efisiensi dari 0,023 % menjadi 0,055 % pada

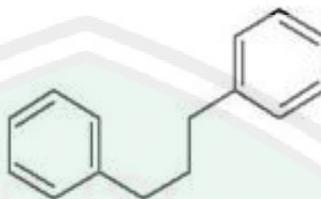
perendaman 1 jam dan 24 jam.

2.6 Senyawa Flavonoid

Flavonoid berasal dari kata flavon yang merupakan nama dari salah satu jenis flavonoid yang terbesar jumlahnya dan sering ditemukan di alam. Beberapa golongan flavonoid yang bersifat polar merupakan senyawa yang larut dalam air. Golongan jenis flavonoid dalam jaringan tumbuhan yang didasarkan pada telaah sifat kelarutan dan reaksi warna meliputi antosianin, proantosianin, flavonol, flavon, glikoflavon, biflavonol, kalkon dan auron, flavonon, dan isoflavon. Flavonoid alam ditemukan dalam bentuk glikosida, yaitu suatu bentuk kombinasi antara gula dan alkohol. Flavonoid merupakan kandungan khas tumbuhan hijau. Flavonoid terdapat pada semua bagian tumbuhan termasuk daun, akar, kulit kayu, tepung sari, nektar, bunga, buah, dan biji. Flavonoid juga terkandung pada hewan, misalnya dalam kelenjar bau berang-berang, propolis (sekresi lebah), dan di dalam sayap kupu-kupu, dengan anggapan bahwa flavonoid tersebut tidak dibiosintesis di dalam tubuh mereka (Markham, 1988).

Flavonoid merupakan golongan terbesar dari senyawa fenolik di samping fenol sederhana, fenilpropanoid, dan kuinon fenolik (Harborne, 1996). Sebanyak 2 % dari seluruh karbon yang difotosintesis oleh tanaman diubah menjadi flavonoid atau senyawa yang berhubungan erat dengannya (Markham, 1988). Dalam tumbuhan, aglikon flavonoid terdapat dalam berbagai bentuk struktur. Semuanya mengandung 15 atom C dalam inti dasarnya yang tersusun dalam konfigurasi C₆-C₃-C₆, yaitu dua cincin aromatik yang dihubungkan oleh 3

karbon yang dapat atau tidak dapat membentuk cincin ketiga. Struktur dasar flavonoid dapat dilihat pada Gambar 2.7.



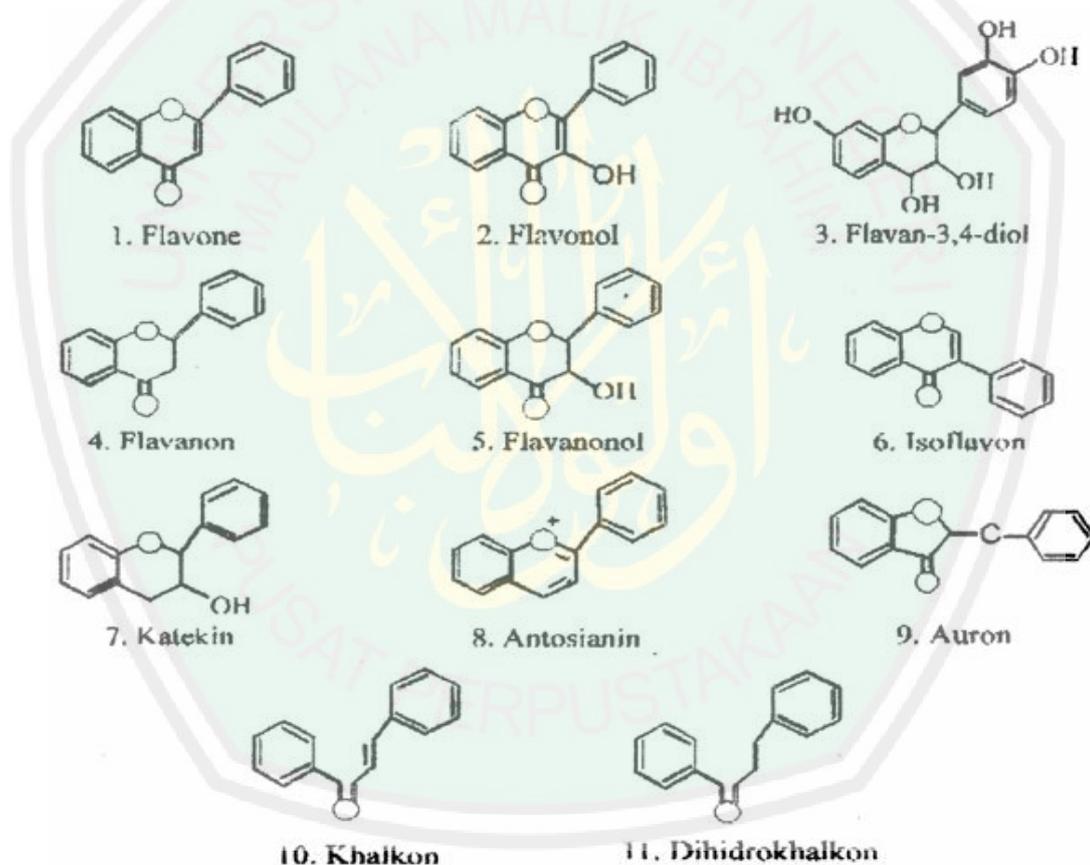
Gambar 2.7 struktur dasar flavonoid (Markham 1988)

Flavonoid mengandung sistem aromatik yang terkonjugasi sehingga menunjukkan pita serapan kuat pada daerah spektrum ultraviolet (UV) dan tampak (Vis). Pengelompokan flavonoid berdasarkan pada cincin heterosiklik-oksigen tambahan dan gugus hidroksil yang tersebar menurut pola yang berlainan (Robinson, 1995). Golongan terbesar flavonoid memiliki cincin piran yang menghubungkan rantai tiga-karbon dengan salah satu cincin benzena. Pada umumnya ada 2 bentuk flavonoid, yaitu flavonoid yang terikat pada gula sebagai glikosida dan flavonoid bebas (aglikon). Bentuk-bentuk ini dapat berada pada satu tumbuhan dalam beberapa bentuk kombinasi glikosida (Harborne, 1996).

Ikan dalam Harborne (1996) menggolongkan flavonoid menjadi 11 kelas seperti ditunjukkan Gambar 2.8. Semua kelas ini mengandung 15 atom karbon dalam inti dasarnya, yang tersusun dalam konfigurasi C₆-C₃-C₆ yaitu dua cincin aromatis yang dihubungkan oleh satuan tiga karbon yang dapat atau tidak dapat membentuk cincin ketiga.

Perbedaan tingkat oksidasi –C₃- penghubung inilah yang menjadi menjadi dasar penggolongan jenis flavonoid. Modifikasi flavonoid lebih lanjut mungkin

terjadi pada berbagai tahap dan menghasilkan penambahan (atau pengurangan) hidroksilasi, metilasi gugus hidroksi inti flavonoid, isoprenilasi gugus hidroksi atau inti flavonoid, metilasi gugus orto-hidroksi, dimerisasi (pembentukan) biflavonoid, pembentukan bisulfat, dan terpening glikosilasi gugus hidroksi (pembentukan flavonoid O-glikosida) atau inti flavonoid (pembentukan flavonoid C-glikosida) (Markham, 1988).



Gambar 2.8 Kelas Falvonoid berdasarkan oksidasi rantai C3 (Ikan dalam Harborne, 1996)

2.7 Senyawa Tanin

Tanin adalah senyawa polifenol yang memiliki berat molekul cukup tinggi (lebih dari 1000) dan dapat membentuk kompleks dengan protein. Tanin terdapat

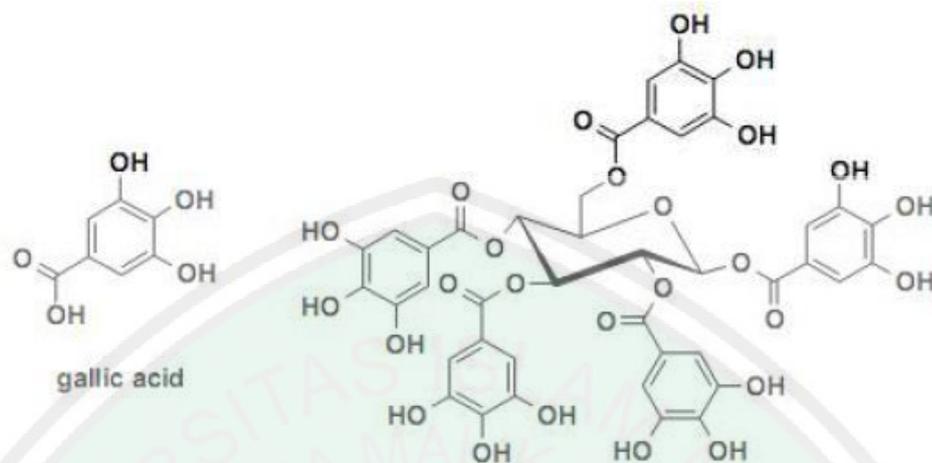
luas dalam tumbuhan berpembuluh, dalam angiospermae terdapat khusus dalam jaringan kayu. Dalam tumbuhan, letak tanin terpisah dari protein dan enzim sitoplasma, bila jaringan tumbuhan rusak, misalnya hewan memakannya, maka dapat terjadi reaksi penyamakan. Reaksi ini menyebabkan protein lebih sukar dicapai oleh cairan pencernaan hewan. Sebagian besar tumbuhan yang banyak mengandung tanin dihindari oleh hewan pemakan tumbuhan karena rasanya sepat, sehingga mungkin mempunyai arti sebagai pertahanan bagi tumbuhan (Harbone, 1996).

2.7.1 Klasifikasi Tanin

Senyawa tanin dibedakan menjadi dua, yaitu tanin terkondensasi dan tanin terhidrolisis.

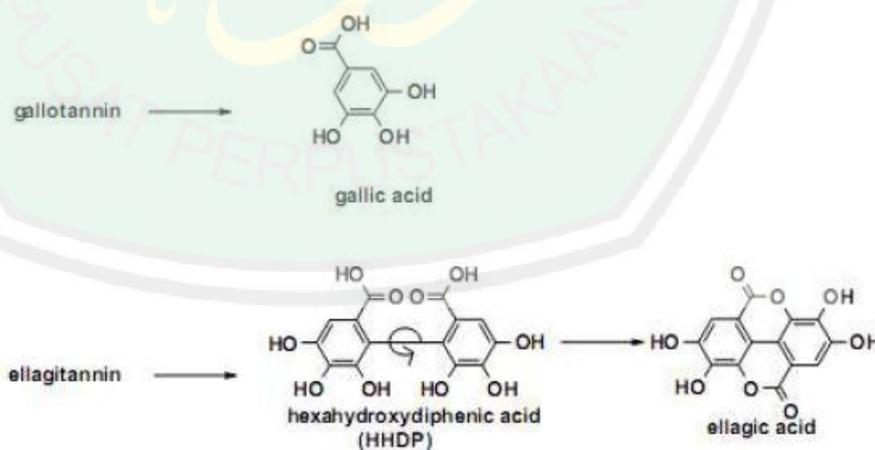
2.7.1.1 Tanin Terhidrolisis

Tanin ini biasanya berikatan dengan karbohidrat dengan membentuk jembatan oksigen, maka dari itu tanin ini dapat dihidrolisis dengan menggunakan asam sulfat atau asam klorida (Hagerman, 2002). Salah satu contoh jenis tanin ini adalah galotanin yang merupakan senyawa gabungan karbohidrat dan asam galat seperti yang terlihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Galotanin (Hagerman, 2002)

Selain membentuk galotanin, dua asam galat akan membentuk tanin terhidrolisis yang disebut elagitanin. Elagitanin sederhana disebut juga ester asam *hexahydroxydiphenic* (HHDP) (Hagerman, 2002). Senyawa ini dapat terpecah menjadi asam galat jika dilarutkan dalam air yang dapat dilihat pada Gambar 2.10.

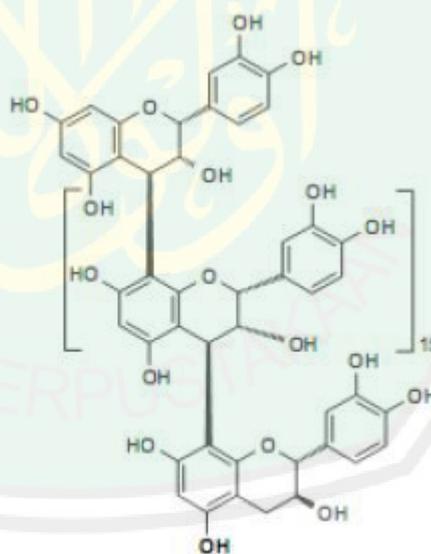


Gambar 2.10 Elagitanin (Hagerman, 2002)

Tanin terhidrolisis biasanya berupa senyawa amorf, higroskopis, dan berwarna coklat kuning yang larut dalam air (terutama air panas) membentuk larutan koloid bukan larutan sebenarnya (Harborne, 1996).

2.7.1.2 Tanin terkondensasi

Tanin jenis ini biasanya tidak dapat dihidrolisis. Tanin jenis ini kebanyakan terdiri dari polimer flavonoid yang merupakan senyawa fenol. Nama lain dari tanin ini adalah proantosianidin. Proantosianidin merupakan polimer dari flavonoid, salah satu contohnya adalah *Sorghum procyanidin* (tertera pada Gambar 2.11), senyawa ini merupakan trimer yang tersusun dari *epiccatechin* dan *catechin* (Hagerman, 2002).



Gambar 2.11 Sorghum Procyanidin (Hagerman, 2002)

Senyawa ini jika dikondensasi maka akan menghasilkan flavonoid jenis flavan dengan bantuan nukleofil berupa floroglusinol (Hagerman, 2002). Tanin terkondensasi banyak terdapat dalam paku-pakuan, gymnospermae, dan tersebar luas dalam angiospermae, terutama pada jenis tumbuhan berkayu (Robinson,

1991). Makin murni tanin terkondensasi, makin kurang kelarutannya dalam air dan makin mudah diperoleh dalam bentuk kristal. Tanin larut dalam pelarut polar dan tidak larut dalam pelarut non polar (Robinson, 1991).

2.7.2 Sifat-sifat Umum Tanin

Senyawa tanin mempunyai sifat-sifat umum sebagai berikut :

2.7.2.1 Sifat Fisika

Sifat fisika dari tanin (Hagerman, 2002) adalah sebagai berikut :

- a. Jika dilarutkan kedalam air akan membentuk koloid dan memiliki rasa asam dan sepat.
- b. Jika dicampur dengan alkaloid dan gelatin akan terjadi endapan.
- c. Mengendapkan protein dari larutannya dan bersenyawa dengan protein tersebut sehingga tidak dipengaruhi oleh enzim proteolitik.

2.7.2.2 Sifat Kimia

Sifat kimia dari tanin (Hagerman, 2002) adalah sebagai berikut :

- a. Merupakan senyawa kompleks dalam bentuk campuran polifenol yang sukar dipisahkan sehingga sukar mengkristal.
- b. Tanin dapat diidentifikasi dengan kromatografi.
- c. Senyawa fenol dari tanin mempunyai aksi adstringensia, antiseptik dan pemberi warna.

2.7.2.3 Sifat Tanin Sebagai Pengkhelat Logam

Senyawa fenol yang secara biologis dapat berperan sebagai pengkhelat logam. Karena itulah tanin terhidrolisis memiliki potensial untuk menjadi

pengkhelat logam. Hasil khelat dari tanin ini memiliki keuntungan yaitu kuatnya daya khelat dari senyawa tanin ini membuat khelat logam menjadi stabil dan aman dalam tubuh. Tetapi jika tubuh mengkonsumsi tanin berlebih maka akan mengalami anemia karena zat besi dalam darah akan dikhelat oleh senyawa tanin tersebut (Hagerman, 2002).

2.8 Ekstraksi Maserasi

Ekstraksi adalah metode isolasi suatu senyawa berdasarkan sifat kelarutan senyawa tersebut terhadap dua pelarut yang tidak saling bercampur dengan tujuan mengambil suatu zat dari bahannya (Brown, 1993). Maserasi merupakan salah satu jenis ekstraksi padat cair, yaitu dengan cara merendam beberapa menit jaringan tumbuhan yang telah diblender dalam pelarut yang sesuai kemudian disaring dengan corong Buchner dan akhirnya dievaporasi untuk mendapatkan ekstrak pigmen (Arisandi, 2006).

Pemilihan pelarut yang digunakan untuk ekstraksi harus bersifat dapat melarutkan bahan-bahan atau zat yang akan di ekstraksi dengan cepat, dapat mengekstraksi sedikit atau tidak sama sekali kotoran atau bahan lain (selektif), memiliki titik didih rendah, mudah menguap, memiliki perbedaan titik didih ekstrim dengan zat yang akan diisolasi, dan bersifat inert artinya tidak bereaksi dengan senyawa yang diisolasi akan tetapi dapat berinteraksi dengan senyawa tersebut (Brian, 1993).

Menurut Guenther (1987) pelarut adalah salah satu faktor yang menentukan dalam proses ekstraksi sehingga banyak faktor yang harus diperhatikan dalam

pemilihan pelarut. Pemilihan pelarut pada umumnya dipengaruhi oleh faktor-faktor berikut ini: Selektifitas, pelarut hanya boleh melarutkan ekstrak yang diinginkan, bukan komponen-komponen lain dari bahan ekstraksi. Kelarutan, pelarut sedapat mungkin memiliki komponen melarutkan ekstrak yang besar (kebutuhan pelarut lebih sedikit). Reaktifitas, pada umumnya pelarut tidak boleh menyebabkan perubahan secara kimia pada komponen-komponen bahan ekstraksi. Titik didih, karena ekstrak dan pelarut biasanya harus dipisahkan dengan cara penguapan atau destilasi maka titik didih kedua bahan itu tidak boleh terlalu dekat. Ditinjau dari segi ekonomi, akan menguntungkan jika pada proses ekstraksi titik didih tidak terlalu tinggi. Kriteria yang lain, Pelarut sedapat mungkin harus murah, tersedia dalam jumlah besar, tidak beracun, tidak dapat terbakar, tidak eksplosif, tidak *volatile*, tidak korosif, tidak membentuk emulsi, memiliki viskositas yang rendah dan stabil.

Pemilihan metode maserasi dikarenakan senyawa polifenol rentan terhadap panas sehingga tidak bagus menggunakan metode Soxhlet. Penggunaan ekstraksi dengan metode soxhlet dapat merusak senyawa polifenol dalam daun teh (Cheong dkk., 2005 dalam Hukmah, 2007). Pada penelitian (Hukmah, 2007) Pelarut yang digunakan adalah air, metanol 90 % dan etanol 70 %. Pelarut ini dipilih karena senyawa pada daun jati belanda dan temu ireng merupakan senyawa yang mengandung 2 cincin aromatik dengan gugus hidroksil lebih dari satu. Robinson (2005) menyatakan suatu senyawa fenol dengan gugus hidroksil semakin banyak memiliki tingkat kelarutan dalam air semakin besar atau bersifat polar sehingga untuk ekstraksi dipilih pelarut-pelarut polar.

2.9 Analisis Dye menggunakan *Color Reader*

Warna suatu bahan dapat diukur dengan menggunakan alat spektrofotometer, *color reader* dan berbagai alat lain yang dirancang khusus untuk mengukur warna. Alat-alat tersebut biasanya terbatas penggunaannya untuk bahan cair yang tembus cahaya dan pada penelitian ini menggunakan sampel hasil ekstraksi dari temu ireng dan daun jati belanda. Bahan bukan cairan atau padatan, warna dapat diukur dengan membandingkannya terhadap suatu warna standar yang dinyatakan dalam angka-angka (Winarno, 2002).

Analisis intensitas warna dengan *color reader* merupakan suatu metode analisis kimia yang didasarkan pada tercapainya kesamaan besaran warna antara larutan sampel dengan standar menggunakan sumber cahaya polikromatis dan detektor. Metode ini didasarkan pada penyerapan cahaya tampak dan energi radiasi lainnya oleh suatu larutan. Metode ini dapat diterapkan untuk penentuan komponen zat warna. Jika telah tercapai kesamaan warna berarti jumlah molekul zat penyerap yang dilewati sinar pada kedua sisi tersebut telah sama dan ini dijadikan dasar perhitungan. Jumlah radiasi yang diserap berbanding lurus dengan konsentrasi zat penyerap dalam sampel (Yuwono dan Susanto, 2002).

Analisis warna dari suatu sampel dapat diukur dengan menggunakan *Color Reader*. Alat ini mempunyai sistem notasi warna L, a*, dan b*. Alat *Color Reader* Minolta CR-10 dapat dilihat pada sistem warna L menyatakan parameter kecerahan (*brightness*) dengan [L=0 (hitam) dan L=100 (putih)]. Sistem warna a* dan b* merupakan koordinat - koordinat kromatisitas, menyatakan warna

kromatik campuran merah hijau dengan nilai $+a$ dari 0 sampai +60 untuk warna merah dan $-a$ dari 0 sampai -60 untuk warna hijau. Nilai b menyatakan warna kromatik campuran kuning biru dengan nilai $+b$ dari 0 sampai +60 untuk warna kuning dan nilai $-b$ dari 0 sampai -60 untuk warna biru (Sagala, 2009).

2.10 Analisis Ekstrak Daun Jati Belanda dan Temu Ireng menggunakan Spektroskopi UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis adalah teknik analisis spektroskopik yang memakai sumber radiasi elektromagnetik ultraviolet dan sinar tampak dengan memakai instrumen spektrofotometer. Studi mengenai interaksi cahaya dengan atom atau molekul. Bila cahaya jatuh pada senyawa, maka sebagian cahaya tersebut akan terserap oleh molekul atau atom yang dapat menyebabkan eksitasi elektron dari keadaan dasar ke keadaan tereksitasi. Baik molekul organik maupun molekul anorganik dapat menyerap radiasi UV-Vis. Metode spektrofotometri didasarkan pada interaksi antar energi radiasi elektromagnetik dengan molekul pada panjang gelombang UV 180-380 nm dan panjang gelombang 380-780 nm untuk sinar *visible* (Hayati, 2007).

Radiasi elektromagnetik, yang mana sinar ultraviolet dan sinar tampak merupakan salah satunya, dapat dianggap sebagai energi yang merambat dalam bentuk gelombang. Beberapa istilah dan hubungan digunakan untuk menggambarkan gelombang ini. Panjang gelombang merupakan jarak linier dari satu titik pada satu gelombang ke titik yang bersebelahan pada gelombang yang berdekatan (Rohman, 2009).

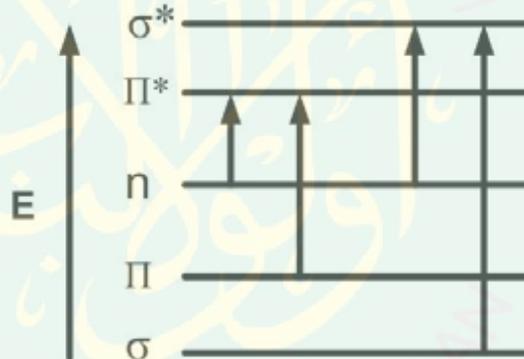
Molekul sederhana jika dikenakan radiasi elektromagnetik maka molekul tersebut akan menyerap radiasi elektromagnetik yang energinya sesuai. Interaksi antara molekul dengan radiasi elektromagnetik ini akan meningkatkan energi potensial elektron pada tingkat keadaan tereksitasi. Apabila pada molekul yang sederhana hanya terjadi transisi elektronik pada satu macam gugus yang terdapat pada molekul, maka hanya akan terjadi satu absorpsi yang merupakan garis spektrum (Rohman, 2009).

Serapan cahaya oleh molekul dalam daerah spektrum UV dan tampak tergantung pada struktur elektronik dari molekul (Sastrohamidjojo, 1995). Energi yang diserap dalam suatu molekul dapat menyebabkan transisi tingkat emisi atom atau molekul dari tingkat yang rendah (dasar) ke tingkat energi yang lebih tinggi (tereksitasi). Molekul yang memerlukan lebih banyak energi untuk promosi akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih pendek yaitu pada daerah violet. Molekul yang memerlukan energi yang lebih sedikit akan menyerap pada panjang gelombang yang lebih panjang, yaitu pada daerah tampak (*visible*) (Fessenden and Fessenden, 1986).

Spektroskopi UV dan sinar tampak merupakan cara tunggal yang paling berguna untuk menganalisis struktur flavonoid (Markham, 1988) karena ciri spektrum yang sama memberikan data mengenai jenis senyawa yang sama (Harborne, 1996). Keuntungan utama cara spektroskopi ialah sangat sedikitnya jumlah sampel yang diperlukan untuk analisis lengkap, biasanya sekitar 0,1 mg. Sebagai pemastian akhir, perbandingan langsung dengan senyawa autentik harus dilakukan. Bila senyawa autentik tidak tersedia, maka perbandingan yang sama

dengan daftar pustaka, sudah mencukupi untuk melakukan diidentifikasi (Harborne, 1996).

Spektroskopi UV-Vis ada tiga macam distribusi elektron di dalam suatu senyawa organik secara umum, yang selanjutnya dikenal sebagai orbital elektron π , sigma dan elektron *non-bonding* (n). Apabila pada molekul tersebut dikenai radiasi elektromagnetik maka atom terjadi eksitasi elektron. Diagram tingkat energi pada keadaan dasar dan keadaan tereksitasi di tunjukkan pada Gambar 2.12.



Gambar 2.12 Transisi elektron dalam sebuah molekul

2.11 Penentuan Kadar Fenolik

Fenol adalah senyawa dengan satu gugus hidroksil (-OH) yang terikat pada cincin aromatik (Fessenden dan Fessenden 1986). Fenolik merupakan metabolit sekunder yang tersebar dalam tumbuhan. Senyawa fenolik dalam tumbuhan dapat berupa fenol sederhana, antraquinon, asam fenolat, kumarin, flavonoid, lignin dan tanin (Harborne 1996). Senyawa fenolik telah diketahui memiliki berbagai efek biologis seperti aktivitas antioksidan melalui mekanisme

sebagai pereduksi, penangkap radikal bebas, pengkhelat logam, peredam terbentuknya oksigen singlet serta pendonor elektron (Karadeniz, dkk., 2005).

Fenolik total dapat dilakukan dengan menggunakan pereaksi Folin-Ciocalteu (Lee, dkk., 2003). Metode ini berdasarkan kekuatan mereduksi dari gugus hidroksil fenolik. Semua senyawa fenolik termasuk fenol sederhana dapat bereaksi dengan reagen Folin Ciocalteu, walaupun bukan penangkap radikal (antiradikal) efektif (Huang, dkk., 2005). Adanya inti aromatis pada senyawa fenolik dapat mereduksi fosfomolibdat fosfotungstat menjadi molibdenum yang berwarna biru (Sudjadi dan Rohman 2004).

Kandungan fenolik total dalam tumbuhan dinyatakan dalam GAE (*gallic acid equivalent*) yaitu jumlah kesetaraan miligram asam galat dalam 1 gram sampel (Lee, dkk., 2003). Flavonoid tersebar luas di alam, terutama dalam tumbuhan tingkat tinggi dan jaringan muda. Sekitar 5 – 10 % metabolit sekunder tumbuhan adalah flavonoid. Flavonoid merupakan grup senyawa alami dengan ragam struktur fenolat yang dapat ditemukan pada buah, sayuran, gandum, teh, dan anggur (Middleton, dkk., 1998).

2.12 Spektrofotometer Elisa

Spektrofotometer Elisa atau biasa disebut *microplate reader* adalah alat untuk membaca sebuah pengecekan yang biasanya terdapat di Laboratorium. Umumnya spektrofotometer Elisa mempunyai kuvet yang disebut *microwell* (terdapat 96 lubang). *Microplates* terbuat dari Plastik (biasanya *polystyrene*) dan memiliki beberapa kelebihan diantaranya: murah, kompatibel dengan perangkat

penanganan cair. Spektrofotometer Elisa pada prinsipnya menggunakan cahaya monokromatik dan bekerja pada wilayah serapan cahaya UV dan menghasilkan nilai absorbansi (Upstone, 2000).



BAB III

METODOLOGI

3.1 Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2013 sampai dengan bulan Februari 2014 di laboratorium Kimia Organik dan laboratorium Kimia Bioteknologi jurusan Kimia Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.

3.2 Alat dan Bahan

3.2.1 Bahan Penelitian

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan ekstrak temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) bahan-bahan kimia yang digunakan dalam penelitian ini antara lain: metanol 50 %, etanol 70 %, tissue, pensil 2B, titanium oksida (TiO_2), asetonitril, potasium iodida (KI), akuades, aluminium foil, larutan iodin, PVA (*polyvinyl alcohol*), serbuk logam Mg, pereaksi Folin-Ciocalteu, Na_2CO_3 7 %, FeCl_3 1 %, asam klorida, asam galat dan detergen.

3.2.2 Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan antara lain: erlenmeyer, *beaker glass*, cawan petri, digital multimeter, *light meter*, *magnetic stirrer hot plate*, *Shaker*, spektrofotometer UV-Vis varian carry 50, *transparent conductive oxide* (TCO) jenis FTO (*flour thin oxide*), *color reader* Minolta CR-10, oven, pipet, *scotch tape*, blender, ayakan 60 dan 100 mesh, pipet tetes, corong Buchner, neraca

analitik, labu takar 25 mL, mikropipet, klip blinder, desikator, spektrofotometer Elisa.

3.3 Tahapan Penelitian

Tahapan dalam pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Preparasi sampel daun jati belanda dan temu ireng
2. Analisis kadar air
3. Ekstraksi maserasi daun jati dan temu ireng
4. Analisis kepekatan warna ekstrak daun jati belanda dan temu ireng menggunakan *color reader* (CR10)
5. Uji golongan senyawa flavonoid pada ekstrak daun jati belanda dan temu ireng
6. Penetapan kadar fenolik ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dengan reagen Follin-Ciocalteu menggunakan spektrofotometer Elisa
7. Analisis ekstrak daun jati belanda dan temu ireng menggunakan spektrofotometer UV-Vis
8. Pembuatan Pasta TiO₂
9. Pembuatan Larutan Elektrolit
10. Pembuatan *Counter* Elektroda (Karbon)
11. Pelapisan TiO₂ Pada Kaca Substrat
12. Perakitan SSPT
13. Pengujian SSPT dan Analisis Data

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Preparasi Sampel Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan Temu Ireng (*Curcuma Aeruginosa* Roxb)

Sampel yang sudah kering dihaluskan menggunakan blender, kemudian diayak agar memiliki ukuran yang sama yaitu antara 60-100 mesh (Lampiran 1.1). Hasil ayakan yang dipakai adalah yang tertahan di ayakan 100 mesh dengan asumsi ukuran sampel tersebut lebih kecil dari 60 mesh dan atau lebih kecil sama dengan 100 mesh.

3.4.2 Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan pada bagian daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb). Sebelumnya cawan dipanaskan dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 15 menit untuk menghilangkan kadar airnya, kemudian cawan disimpan dalam *vacum* desikator sekitar 10 menit. Cawan tersebut selanjutnya ditimbang dan dilakukan perlakuan yang sama sampai diperoleh berat cawan yang konstan. Sampel daun jati belanda dan temu ireng dimasukkan ke dalam cawan yang telah diketahui berat konstannya. Sampel yang sudah dipotong kecil-kecil diambil 5 gram dan dikeringkan ke dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 15 menit untuk menghilangkan kadar air dalam sampel daun jati belanda dan temu ireng, kemudian sampel disimpan dalam *vacum* desikator selama 10 menit dan ditimbang. Sampel tersebut dipanaskan kembali dalam oven 15 menit, didinginkan dalam *vacum* desikator dan ditimbang kembali. Perlakuan ini diulangi

sampai berat konstan. Kadar air dalam sampel daun jati belanda dan temu ireng dihitung menggunakan rumus berikut (Arifin dkk., 2006):

$$\text{Kadar Air} = \frac{b-c}{b-a} \times 100 \% \dots\dots\dots(3.1)$$

Keterangan :

a = berat konstan cawan kosong

b = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan

c = berat konstan cawan + sampel setelah dikeringkan

$$\text{Faktor Koreksi} = \frac{100 \%}{100 \% - \text{kadar air}} \dots\dots\dots(3.2)$$

$$\% \text{ kadar air terkoreksi} = \text{kadar air} - \text{faktor koreksi} \dots\dots(3.3)$$

3.4.3 Ekstraksi Maserasi Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan Temu Ireng (*Curcuma Aeruginosa* Roxb)

Sampel yang halus ditimbang sebanyak 40 gram kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer 500 mL. Serbuk sampel kemudian direndam dengan pelarut etanol sebanyak 200 mL, kemudian diaduk dengan menggunakan *shaker* dengan kecepatan 130 rpm (*rotation per minutes*) selama 5 jam kemudian didiamkan selama 24 jam (Hartini, 2004). Estraksi dilakukan dalam erlenmeyer yang bagian luarnya telah dilapisi alumunium foil, setelah itu ekstrak disaring dengan menggunakan corong *vacum* Buchner. Hasil filtrat yang didapat dipindahkan pada botol gelap dan terhindar dari sinar matahari secara langsung (Septina dkk., 2007).

3.4.4 Analisis Kepekatan Warna Ekstrak *Dye* menggunakan *Color Reader*

Lima mililiter ekstrak kasar sampel diambil, kemudian dimasukkan dalam kuvet. Bagian detektor *color reader* minolta CR-10 dihadapkan pada ekstrak tersebut di kuvet. Color reader dinyalakan dan nilai pada kordinat L, a*, dan b* diukur (Sagala, 2009).

3.4.5 Identifikasi Senyawa Golongan Flavonoid pada Ekstrak Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan Temu Ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb)

3.4.5.1 Uji FeCl₃

Ekstrak pekat sebesar 0,5 g dimasukkan dalam tabung reaksi dilarutkan dengan 50 mL air panas, dididihkan selama 15 menit. Kemudian disaring. 5 mL filtrat direaksikan dengan 2-3 tetes larutan FeCl₃ 1 % (Lampiran 2.7). Jika larutan menghasilkan warna hijau kehitaman atau biru tua maka bahan tersebut mengandung golongan senyawa tanin (Hidayati, 2009).

3.4.5.2 Uji menggunakan Logam Mg

Ekstrak sampel diambil 0,5 mL kemudian dimasukkan kedalam tabung reaksi kemudian dilarutkan menggunakan 1-2 mL metanol 50 % (Lampiran 2.1) panas, kemudian ditambahkan logam Mg dan 4-5 mL tetes HCl pekat. Jika larutan berwarna merah atau jingga maka menunjukkan adanya golongan senyawa flavonoid (Husnah, 2009).

3.4.6 Penetapan Kadar Fenolik Total dengan Reagen Folin-Ciocalteu

3.4.6.1 Penentuan Waktu Kestabilan

Asam galat dengan konsentrasi 0, 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1800 dan 2000 ppm, kemudian dari tiap-tiap konsentrasi ditambahkan aquades (3 mL), 250 µL larutan Folin-Ciocalteu dan divortex kemudian ditambahkan NaCO₃ 7 % (750 µL) diinkubasi selama 8 menit pada suhu kamar, ditambahkan 950 µL aquades, kemudian dicari waktu kestabilan pengukuran fenolik total pada rentang 0-130 menit dengan interval 10 menit.

Sampel diukur pada panjang gelombang 655 nm dengan menggunakan Spektrofotometer Elisa (Rudianto, 2013).

3.4.6.2 Pengukuran Kadar Fenolik Total

Kandungan total fenolik diukur dengan uji Folin-Ciocalteu menggunakan asam galat sebagai standar sampel ekstrak etanol 70 % daun jati belanda dan temu ireng masing-masing dilarutkan kedalam pelarut dengan konsentrasi 75, 150, 300, 600, 800, dan 100 ppm. Ekstrak diambil 50 μ L dari tiap-tiap konsentrasi, ditambahkan dengan aquades (3 mL) 250 μ L larutan Folin-Ciocalteu dan divortex kemudian ditambahkan NaCO_3 7 % (750 μ L) diikubasi selama 8 menit pada suhu kamar. Ditambahkan 950 μ L aquades, kemudian larutan didiamkan selama waktu kestabilan pada suhu ruang. Diukur nilai absorbansi menggunakan Spektrofotometer Elisa pada panjang gelombang 655 nm. Kandungan total fenol dinyatakan dengan ekuivalen asam galat (mg EAG/g sampel) (Rudianto, 2013).

3.4.7 Analisis Ekstrak Daun Jati Belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan Temu Ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb) menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

Larutan hasil ekstraksi yang diperoleh diambil sebanyak 1 tetes dimasukkan kedalam *beaker glass* 100 mL kemudian dilarutkan dengan pelarut etanol dan dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam kuvet dan diukur pada panjang gelombang 200-800 nm kemudian diamati panjang gelombang maksimumnya. Blangko yang digunakan adalah etanol tanpa penambahan larutan hasil ekstraksi (Arishandy, 2010).

3.4.8 Pembuatan Pasta TiO₂

Sebanyak 0,5 g polivinil alkohol (PVA) dilarutkan dengan 5 mL akuades didalam *beaker glass* 100 mL, kemudian dipanaskan pada temperatur 80 °C menggunakan *hot plate* sambil diaduk. Suspensi ini akan berfungsi sebagai binder dalam pembuatan pasta. Suspensi diambil sebanyak $\pm 0,1$ mL dan ditambahkan kedalam mortar yang berisi 1 gram bubuk TiO₂, kemudian diaduk sampai terbentuk pasta yang baik untuk dilapiskan (Septina, dkk., 2007).

3.4.9 Pembuatan Larutan Elektrolit

Larutan elektrolit iodida/triiodida dibuat dengan prosedur sebagai berikut: Dicampurkan 0,8 gram (0.5 M) kalium iodida (KI) ke dalam 10 mL asetonitril (Lampiran 2.4) kemudian diaduk. Dicampurkan 0,127 gram (0,05 M) iodin (I₂) ke dalam 10 mL asetonitril (Lampiran 2.3). Kedua larutan kemudian dicampurkan dan diaduk hingga homogen. Larutan disimpan dalam botol gelap dan tertutup rapat (Septina, dkk., 2007).

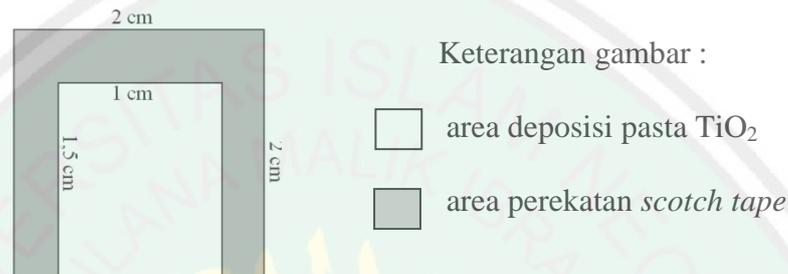
3.4.10 Pembuatan Counter Elektroda (Karbon)

Sebagai sumber karbon digunakan grafit dari pensil 2B. Grafit dilapiskan pada kaca FTO pada bagian konduktifnya dengan cara mengarsir grafit pada FTO kemudian dipanaskan pada suhu 450 °C selama 10 menit agar grafit membentuk kontak yang baik sesama partikel karbon dan FTO (Septina, dkk., 2007).

3.4.11 Pelapisan TiO₂ pada Kaca Substrat

Kaca substrat (kaca konduktif FTO) dengan hambatan 2-5 k Ω /cm² sebanyak 4 buah, masing-masing berukuran 2 × 2 cm dicuci dengan detergen kemudian dibasuh dengan etanol pada bagian konduktif untuk menghilangkan

kotoran yang mungkin ada. *Scotch tape* direkatkan pada sisi kaca substrat, sehingga sisi konduktif hanya tersisa $1 \times 1,5$ cm yang ilustrasikan pada Gambar 3.1.



Gambar 3.1 Ilustrasi deposisi TiO₂ dan perekatan *scotch tape*

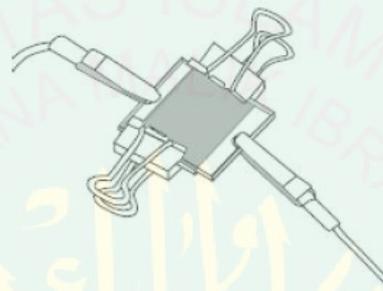
Teknik *doctor blade* dilakukan dengan bantuan batang gelas pengaduk untuk meratakan pasta TiO₂ yang dilapiskan pada kaca substrat. Lapisan TiO₂ kemudian dikeringkan dengan cara dianginkan selama 15 menit. Setelah lapisan TiO₂ kering, *scotch tape* diambil kemudian dipanaskan pada suhu 450 °C selama 30 menit pada *hotplate*.

3.4.10 Perakitan SSPT

Empat elektroda kerja direndam dalam ekstrak kasar sampel dengan variasi perendaman 0 menit, 10 menit, 1 jam, 24 jam dan 48 jam. Perendaman dilakukan didalam cawan petri. Setelah perendaman, bagian TiO₂ dibasuh menggunakan aquades dengan menggunakan pipet tetes dan dibasuh kembali dengan menggunakan etanol, lalu dikeringkan dengan tisu (Pancaningtyas dan Akhlus, 2009).

Elektroda lawan (*counter electrode*) dan elektroda kerja ditempelkan secara berhadapan. Sisi kedua elektroda dijepit dengan menggunakan klip blinder seperti

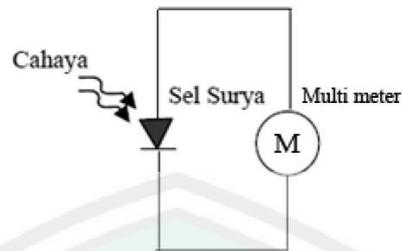
pada Gambar 3.2. diantara kedua elektroda tersebut kemudian diberikan tetesan elektrolit redoks sebanyak dua tetes. Untuk meratakan cairan elektrolit tersebut, kedua penjepit klip dilonggarkan secara bergantian hingga cairan elektrolit merata.



Gambar 3.2 Ilustrasi perakitan sel surya

3.4.11 Pengujian SSPT dan Analisis Data (Albari, 2012)

Sel surya dihubungkan dengan kabel multimeter pada kedua sisinya, dengan kutub (+) adalah elektroda kerja, dan kutub (-) adalah elektroda lawan. Sel surya yang dihasilkan diukur kuat arus dan tegangan (I-V) dengan merangkainya dengan sebuah voltmeter (V) dan sebuah amperemeter (A) seperti rangkaian (Gambar 3.3). pengukuran sel surya dilakukan terhadap cahaya lampu halogen dengan kekuatan sinar yakni sebesar 3000 lux terhadap sel surya dengan jarak 20 cm. Cahaya lampu halogen diarahkan secara tegak lurus terhadap permukaan sel surya. Metode pengukuran dilakukan hingga tiga kali pengukuran dan dengan variasi pengukuran volt-ampere-volt.



Gambar 3.3 Skema rangkaian pengujian tegangan dan arus sel surya

Pengukuran efisiensi sel surya (η) dapat dinyatakan dengan perbandingan antara daya listrik maksimum sel surya atau daya output yang dikeluarkan sel surya dengan daya pancaran (radiant) atau daya input yang berasal dari cahaya matahari pada sel surya :

$$\eta = \frac{I \times V}{\text{Intensitas cahaya} \times \text{Luas panel}} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.4)$$

$$\eta = \frac{P}{G \times A} \times 100 \% \dots \dots \dots (3.5)$$

η menunjukkan nilai efisiensi dalam persen (%), P adalah daya output yang dihasilkan sel surya. G menunjukkan intensitas irradiansi sinar lampu halogen. A adalah luas kerja panel.

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian dan pembahasan ini disusun berdasarkan tahapan penelitian yang telah dilakukan meliputi preparasi sampel daun jati belanda (*Guazuma ulmifolia* Lamk) dan temu ireng (*Curcuma aeruginosa* Roxb), analisis kadar air sampel, ekstraksi sampel, uji golongan senyawa flavonoid ekstrak sampel, analisis ekstrak sampel menggunakan spektrofotometer UV-Vis, analisis kepekatan warna menggunakan *color reader* Minolta CR-10, pengukuran kadar fenolik total, pembuatan pasta TiO₂, pembuatan elektroda kerja, pembuatan *counter* elektroda, pembuatan larutan elektrolit, pembuatan prototipe sel surya dan pengujian.

4.1 Preparasi Sampel

Preparasi sampel dilakukan dengan tujuan untuk menghilangkan kotoran-kotoran yang berupa tanah, debu, atau pengotor lainnya yang dapat mengganggu proses ekstraksi. Sampel daun jati belanda dan temu ireng dikeringkan dengan pemanasan dalam oven pada suhu 30-37 °C selama 1 hari. Penggunaan suhu tersebut tidak akan merusak senyawa aktif dalam sampel. Kandungan senyawa aktif yang terdapat pada tanaman sangat dipengaruhi oleh proses pengeringan. Setiap jenis tanaman mempunyai respon yang berbeda, ada beberapa tanaman yang peka terhadap pengeringan menggunakan suhu yang tinggi. Pengeringan yang tepat akan menghasilkan sampel yang tahan lama dan tidak terjadi perubahan senyawa aktif yang dikandungnya selama penyimpanan.

4.2 Analisis Kadar Air

Analisis kadar air dilakukan bertujuan untuk mengetahui kadar air dalam sampel, jika kandungan air dalam sampel lebih dari 10 %, maka perlu dilakukan pengeringan terhadap sampel. Pengeringan dilakukan untuk menurunkan kadar air, sehingga tidak mudah ditumbuhi bakteri dan jamur serta menghilangkan aktivitas enzim yang dapat menguraikan kandungan zat aktif. Analisis kadar air dilakukan dengan mengeringkan sampel dalam oven pada suhu 100-105 °C selama 15 menit, dilakukan secara berulang-ulang hingga tercapai berat yang konstan. Hasil yang diperoleh kadar air daun jati belanda sebesar 8,46 % dan temu ireng sebesar 7,9 % (Lampiran 11). Apabila kadar air yang terkandung dalam suatu bahan/sampel organik kurang dari 10 %, maka kestabilan optimum bahan akan tercapai dan pertumbuhan mikroba dapat dikurangi (Puspita, 2009), sehingga komposisi kimianya tidak mengalami perubahan, dan tidak mempengaruhi proses ekstraksi.

Sampel kemudian dihaluskan dengan menggunakan ayakan 60-100 mesh. Penghalusan bertujuan untuk menghomogenkan ukuran sampel dan memperbesar kontak antara bidang sampel dengan pelarut sehingga mempermudah proses ekstraksi komponen aktif pada sampel. Serbuk dengan penghalusan yang tinggi memungkinkan sel-sel yang rusak juga semakin besar sehingga memudahkan pengambilan bahan kandungan aktif langsung oleh bahan pelarut (Voight, 1995). Serbuk yang diperoleh digunakan untuk proses selanjutnya.

4.3 Ekstraksi Sampel

Ekstraksi yang digunakan dalam penelitian ini adalah ekstraksi maserasi. Metode maserasi dipakai karena prosesnya mudah dan tidak memerlukan suhu tinggi yang memungkinkan dapat merusak senyawa-senyawa kimia yang terkandung pada sampel. Ekstraksi sampel menggunakan metode maserasi dengan pelarut etanol 70 % (Umar, 2008). Penggunaan pelarut etanol 70 % agar senyawa metabolit sekunder yang terkandung didalam sampel dapat terekstrak kedalam pelarut berdasarkan tingkat kepolarannya. Sampel yang telah direndam dalam pelarut etanol 70 %, selanjutnya *dishaker* dengan kecepatan 130 rpm selama 5 jam kemudian didiamkan selama 24 jam. Proses pengadukan (*shaker*) dilakukan untuk mempercepat proses ekstraksi komponen aktif.

Adanya ekstraksi maserasi menyebabkan pelarut akan menembus dinding dan membran sel kemudian masuk ke dalam rongga (sitoplasma) yang mengandung senyawa metabolit sekunder. Senyawa metabolit sekunder akan larut karena adanya perbedaan konsentrasi antara larutan senyawa-senyawa metabolit sekunder di dalam dan di luar sel, maka cairan hipertonis akan masuk ke cairan yang hipotonis sehingga terjadi keseimbangan (Brian, 1993). Hasil ekstraksi daun jati belanda yang diperoleh ekstrak pekat berwarna merah bata sedangkan temu ireng berwarna kuning.

4.4 Identifikasi Senyawa Golongan Flavonoid dengan Reagen

4.4.1 Uji Senyawa Flavonoid Menggunakan Serbuk Mg

Flavonoid biasanya terdapat dalam bentuk struktur *O*-glikosida. Senyawa tersebut mengandung satu gugus hidroksil flavonoid (atau lebih) terikat pada satu

gula (atau lebih) dengan ikatan hemiasetal (reaksi antara gugus aldehid dan alkohol) yang tidak tahan asam (Markham, 1998). Suatu glikosida akan terurai kembali atas komponen-komponennya menghasilkan gula dan alkohol dengan dihidrolisis oleh asam. Alkohol yang dihasilkan disebut aglikon sedangkan residu gula dari glikosida flavonoid adalah glukosa, ramnosa, galaktosa, dan gentiobiosa sehingga glikosida tersebut masing-masing disebut dengan glukosida, ramnosida, galaktosida dan gentiobiosa (Lenny, 2006).

Uji golongan senyawa flavonoid dilakukan dengan cara diambil sedikit masing-masing ekstrak sampel daun jati belanda dan temu ireng kemudian ditambahkan metanol panas dengan konsentrasi 50 %. Masing-masing ekstrak tersebut kemudian ditambahkan 4 mL HCl pekat dan sedikit serbuk Mg. Hasil uji senyawa flavonoid ditunjukkan oleh Tabel 4.1.

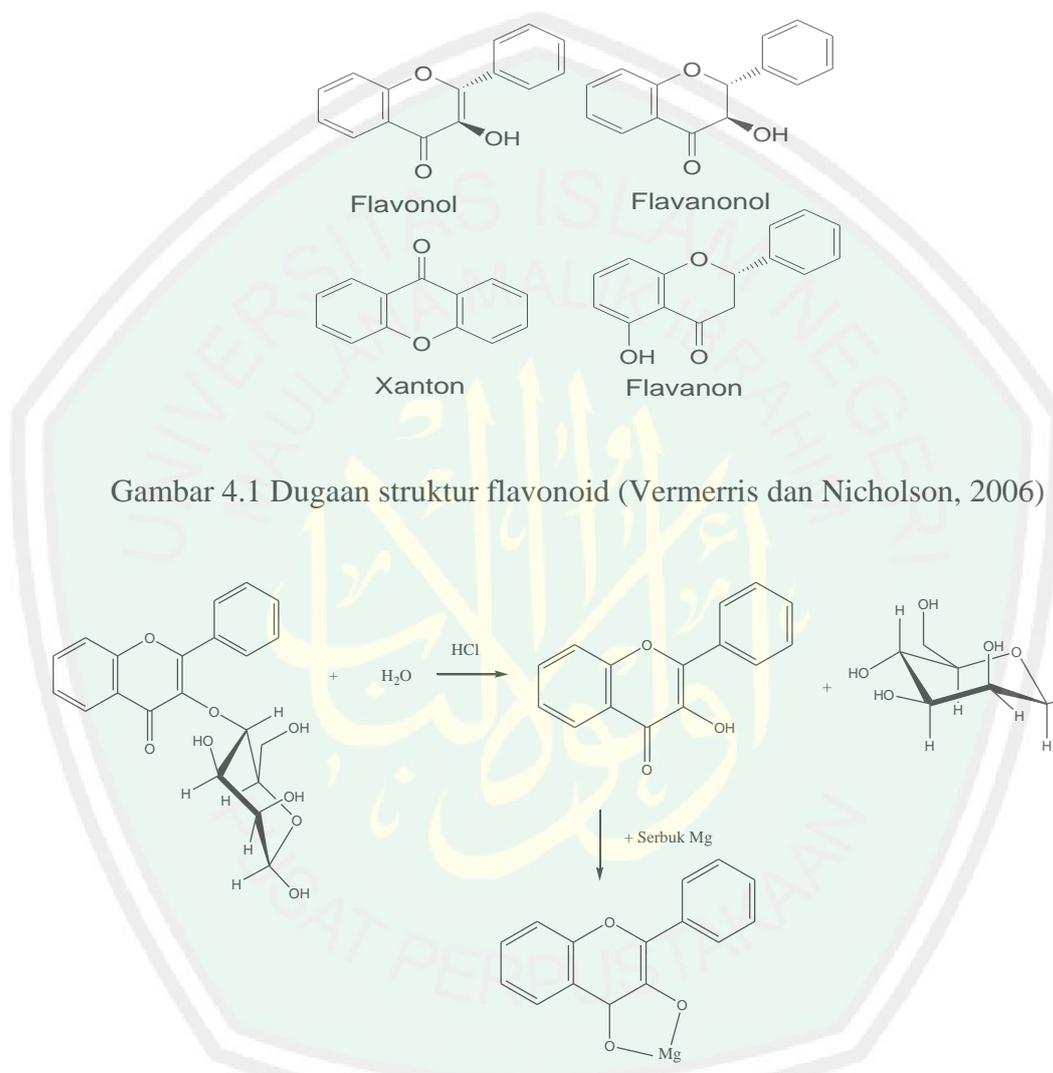
Tabel 4.1 Hasil uji senyawa flavonoid pada ekstrak sampel

Sampel	Hasil	Warna
Daun jati belanda	+	Biru kehitaman
Temu ireng	+	Hijau

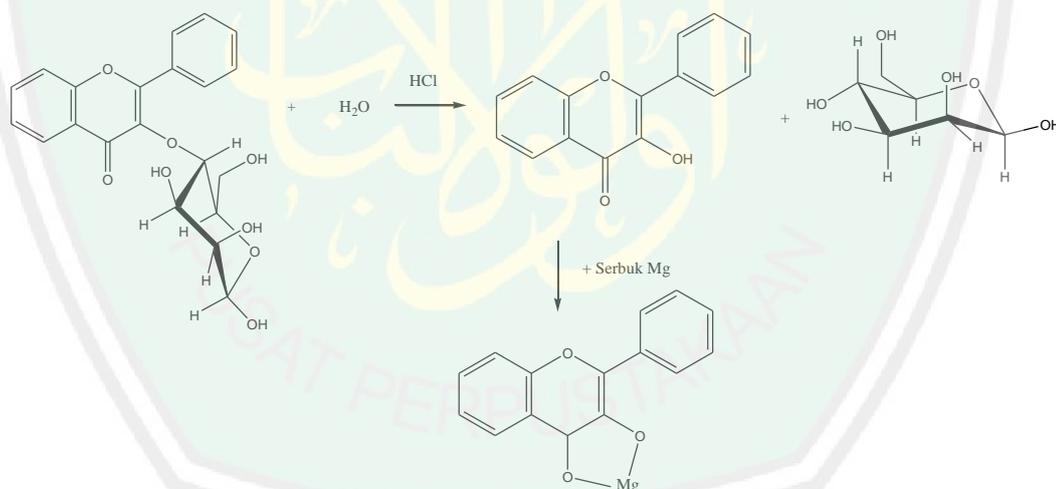
Keterangan : tanda + : terkandung senyawa/terjadi perubahan warna
tanda - : tidak terkandung senyawa/tidak terjadi perubahan warna

Tabel 4.1 menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70 % daun jati belanda dan temu ireng mengandung senyawa flavonoid. Hal ini ditunjukkan adanya perubahan warna dari merah bata menjadi biru kehitaman, Sedangkan temu ireng terjadi perubahan warna dari kuning menjadi hijau. Adanya HCl untuk menghidrolisis flavonoid menjadi aglikonnya, yaitu dengan menghidrolisis O-glikosil. Glikosil akan tergantikan oleh H^+ dari asam karena sifatnya yang elektrofilik. Reduksi dengan Serbuk Mg dan HCl menghasilkan senyawa kompleks yang bewarna merah, jingga, hijau atau biru pada flavonol, flavonon,

flavonol, dan xanton (Robinson, 1995). Dugaan struktur flavonoid dan Reaksi dugaan yang terjadi pada uji flavonoid ditunjukkan pada Gambar 4.1 dan 4.2.



Gambar 4.1 Dugaan struktur flavonoid (Vermerris dan Nicholson, 2006)



Gambar 4.2 Reaksi dugaan antara flavonoid dengan serbuk Mg dan HCl pekat (Hidayat, 2004)

4.4.2 Uji Senyawa Tanin Menggunakan FeCl_3

Menurut harbone (1987) timbulnya warna hijau kehitaman menunjukkan adanya senyawa tanin. Uji fitokimia menggunakan FeCl_3 digunakan untuk menentukan apakah suatu bahan atau sampel mengandung gugus fenol. Dugaan adanya gugus fenol ditunjukkan dengan warna hijau kehitaman atau biru tinta

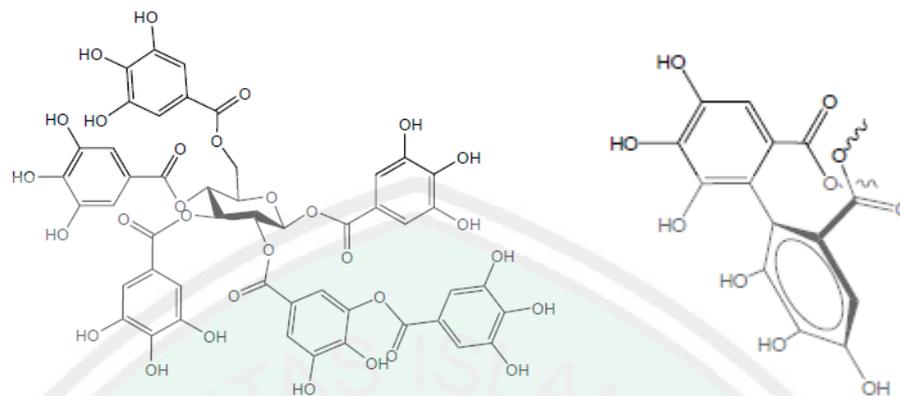
sehingga apabila uji fitokimia dengan FeCl_3 memberikan positif dimungkinkan dalam suatu sampel terdapat suatu senyawa fenol dan dimungkinkan adalah tanin karena tanin merupakan senyawa polifenol. Terbentuknya warna hijau kehitaman atau biru tinta pada ekstrak setelah ditambahkan dengan FeCl_3 karena tanin akan membentuk senyawa kompleks dengan FeCl_3 . Hasil uji tanin ditunjukkan oleh tabel 4.2.

Tabel 4.2 Hasil uji tanin pada ekstrak sampel

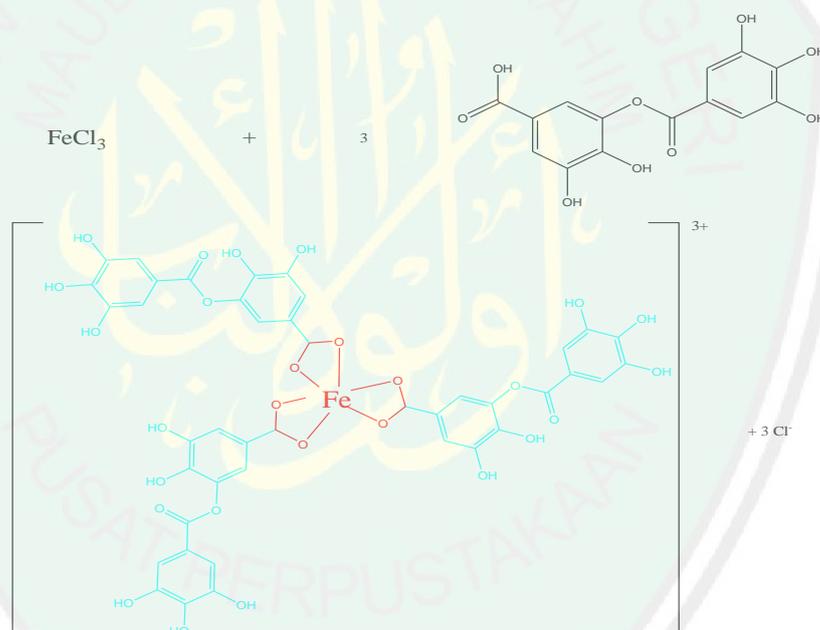
Sampel	Hasil	Warna
Daun jati belanda	+	Hijau kehitaman
Temu ireng	-	Kuning

Keterangan : tanda + : terkandung senyawa/terjadi perubahan warna
 tanda - : tidak terkandung senyawa/tidak terjadi perubahan warna

Tabel 4.2 menunjukkan bahwa ekstrak etanol 70 % daun jati belanda mengandung senyawa tanin. Hal ini ditunjukkan adanya perubahan warna dari merah bata menjadi hijau kehitaman, sedangkan ekstrak 70 % temu ireng tidak terjadi perubahan warna yang menunjukkan negatif mengandung tanin. Terjadinya perubahan warna hijau kehitaman pada ekstrak etanol 70 % daun jati belanda disebabkan karena terbentuknya senyawa kompleks antara logam Fe dan tanin. Senyawa kompleks terbentuk karena adanya ikatan kovalen koordinasi antara ion/atom logam dengan atom non-logam (Effendy, 2007). Reaksi dugaan yang terjadi pada uji tanin ditunjukkan pada Gambar 4.3 dan 4.4.



Gambar 4.3 Dugaan struktur tanin (Vermerris dan Nicholson, 2006)



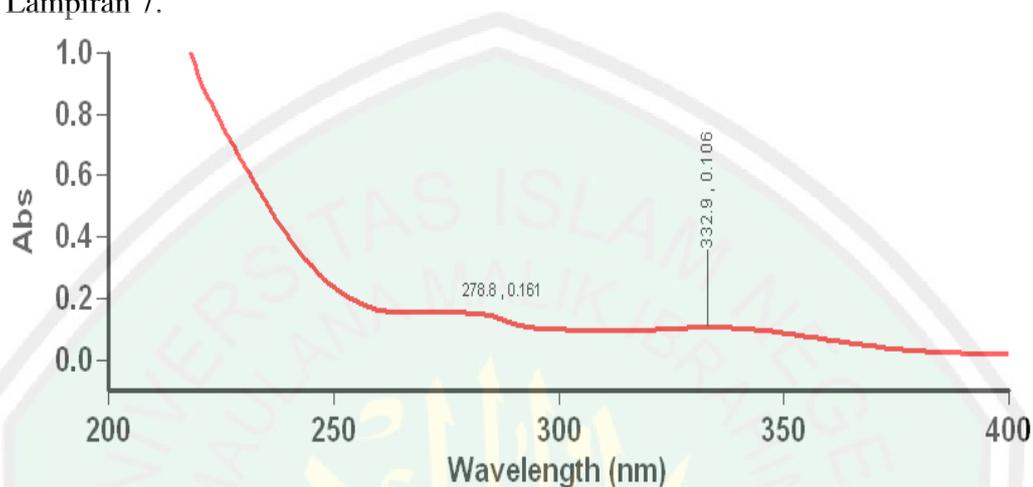
Gambar 4.4 Reaksi dugaan antara tanin dengan FeCl_3 (Perronn dan Brumaghi, 2009)

4.5 Identifikasi Ekstrak dengan Spektrofotometer UV-Vis

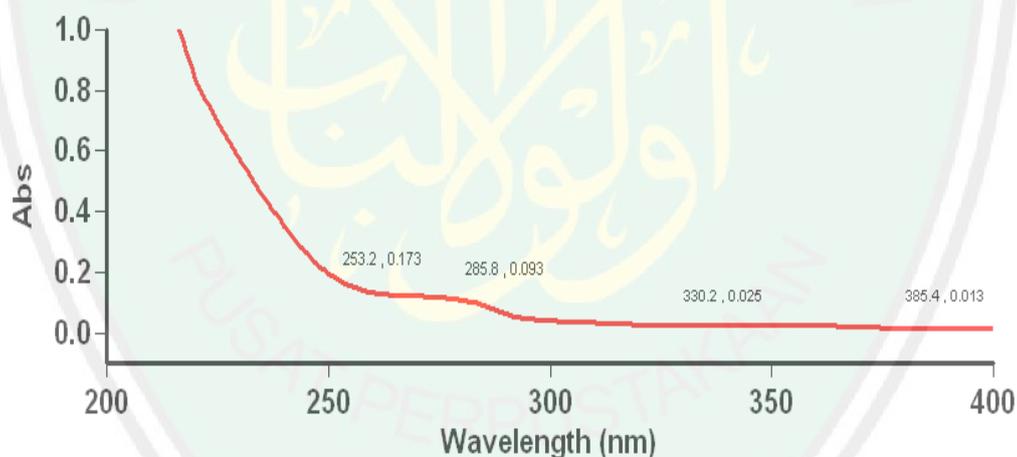
Spektrofotometer UV-Vis merupakan metode pengukuran berdasarkan absorbansi suatu sampel yang diamati. Analisis ekstrak dengan spektrofotometer UV-Vis bertujuan untuk mengidentifikasi secara kualitatif golongan senyawa

flavonoid dalam sampel. Pengukuran dilakukan pada rentang panjang gelombang 200-800 nm. Hasil pengukuran sampel menggunakan UV-Vis ditunjukkan pada

Lampiran 7.



Gambar 4.5 Spektra ekstrak daun jati belanda dengan pelarut etanol 70 %.

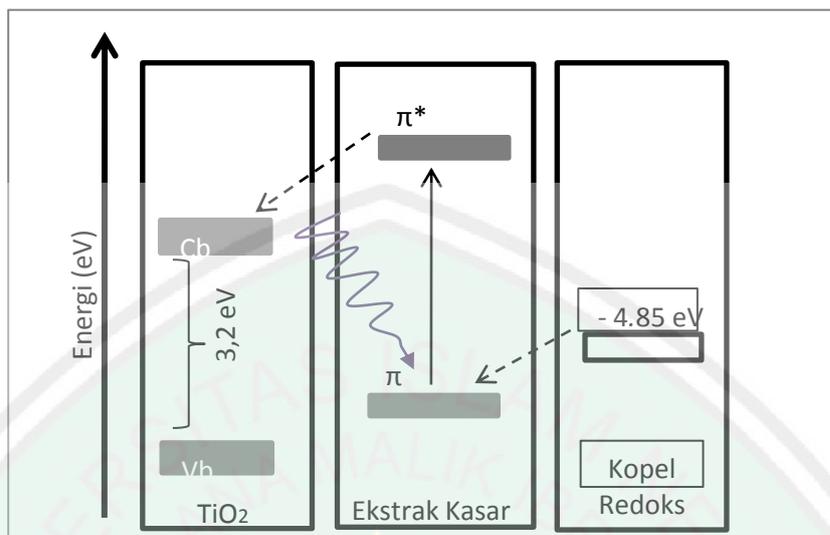


Gambar 4.6 Spektra ekstrak temu ireng dengan pelarut etanol 70 %

Berdasarkan Gambar 4.5 dan 4.6 menunjukkan ekstrak daun jati belanda memiliki serapan cahaya pada panjang gelombang 278,8 dan 332,9 nm, sedangkan ekstrak temu ireng memiliki serapan cahaya pada panjang gelombang 253,2; 285,8; 330,2 dan 385,4 nm. Menurut Markham (1982) serapan cahaya pada panjang gelombang 240-285 nm (pita II) dan 310-550 nm (pita I) mengindikasikan terdapat golongan senyawa flavonoid. Hasil serapan cahaya

pada panjang gelombang tersebut diperkirakan adanya ikatan $\pi \rightarrow \pi^*$, $n \rightarrow \pi^*$, dan seperti ikatan C=C terkonjugasi (Sastrohamidjojo, 1991). Eksitasi tersebut terjadi pada gugus-gugus hidroksil dan aromatik yang terdapat pada ekstrak daun jati belanda dan temu ireng.

Ekstrak daun jati belanda dan temu ireng akan mengalami eksitasi elektronik membentuk orbital antibonding (π^*) dengan bantuan energi yang berasal dari cahaya dengan panjang gelombang 278,8 dan 332,9 nm untuk ekstrak daun jati belanda dan 253,2; 285,8; 330,2 dan 385,4 nm untuk ekstrak temu ireng. Senyawa mengalami eksitasi elektron akan dapat kembali ke keadaan dasar (Nattestad, 2008). Elektron pada senyawa ekstrak daun jati belanda dan temu ireng yang diinjeksikan ke dalam pita konduksi TiO_2 menjadikan senyawa tersebut mengalami kekurangan elektron. Kekurangan elektron senyawa dalam ekstrak daun jati belanda dan temu ireng akan digantikan dengan elektron yang berasal dari larutan elektrolit. Menurut Halme (2002) senyawa *dye* dapat digunakan untuk bahan *sensitizer* sel surya pewarna tersensitisasi apabila senyawa tersebut memiliki keadaan eksitasi elektronik yang sedikit lebih tinggi dari pada pita konduksi pada TiO_2 dan memiliki keadaan dasar yang rendah sedikit dibawah potensial redoks elektrolit. Energi celah semikonduktor TiO_2 yaitu 3,2 eV, sedangkan energi potensial pasangan elektrolit redoks adalah -4.85 eV. Berdasarkan perhitungan panjang gelombang hasil eksperimen didapatkan nilai energi eksitasi pada *dye* daun jati belanda sebesar 4,45 dan 3,73 eV sedangkan pada *dye* temu ireng sebesar 4,9; 4,34; 3,76 dan 3,22 eV. Diagram energi untuk eksitasi $\pi \rightarrow \pi^*$ ditunjukkan pada Gambar 4.7.



Gambar 4.7 Diagram energi kerja TiO_2 , ekstrak sampel dan larutan elektrolit

4.6 Analisis Warna Menggunakan *Color Reader*

Analisis warna menggunakan *color reader* untuk mengetahui warna dari ekstrak sampel, semakin gelap warna dari ekstrak sampel akan meningkatkan penyerapan foton sehingga dapat menghasilkan nilai efisiensi SSPT yang tinggi. *Color reader* mempunyai prinsip parameter pembacaan L, a^* , dan b^* parameter L menunjukkan tingkat kecerahan dengan skala 0 (gelap/hitam) sampai 100 (terang/cerah). Nilai a^* menyatakan warna jingga hingga merah dengan skala -100 sampai +100. Nilai a^* negatif menunjukkan warna hijau kebiruan sedangkan nilai positif menunjukkan warna merah keunguan. Nilai b^* menunjukkan warna kromatik campuran kuning biru dengan nilai +b dari 0 sampai +60 untuk warna kuning dan nilai -b dari 0 sampai -60 untuk warna biru (Sagala,2009). Hasil pembacaan kepekatan warna ekstrak sampel ditunjukkan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Hasil pengukuran kepekatan warna ekstrak sampel

Sampel	Nilai Warna		
	L	a*	b*
Daun jati belanda	20,6	6,4	7,5
Temu ireng	21,4	7,6	7,9

Berdasarkan Tabel 4.3 Nilai kecerahan warna (L) menunjukkan tingkat kecerahan ekstrak daun jati belanda sebesar 20,6 dan ekstrak temu ireng sebesar 21,4 yang diambil dari rentang L adalah 0 (hitam) sampai 100 (putih). Nilai a* positif dengan nilai 6,4 menunjukkan warna ekstrak daun jati belanda menuju ke merah dan nilai a* positif dengan nilai 7,6 menunjukkan warna ekstrak temu ireng menuju ke merah, sedangkan nilai b* menunjukkan nilai positif yaitu 7,5 menunjukkan warna ekstrak daun jati belanda menuju ke arah kuning dan nilai b* menunjukkan nilai positif yaitu 7,9 menunjukkan ekstrak temu ireng menuju ke arah kuning. Skala warna ekstrak daun jati belanda dan temu ireng untuk memudahkan pembacaan dapat dimasukkan kedalam program *color data spectramagic* CM-S100W, dengan hasil yang ditunjukkan pada Lampiran 8.

Berdasarkan Tabel 4.3 dapat dijelaskan bahwa warna dari ekstrak daun jati belanda adalah merah kekuningan dan warna dari ekstrak temu ireng adalah kuning kemerahan. Hal ini diperkuat dari penelitian Husnah (2009) yang menyatakan flavonoid berwarna merah. Pigmen warna (*dye*) senyawa yang terkandung dalam daun jati belanda dan temu ireng dapat digunakan sebagai pewarna alami pada pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi.

Hubungan warna ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dengan panjang gelombang cahaya yang diserap berdasarkan tabel korelasi warna komplementer

dengan warna cahaya yang diserap pada lampiran (lampiran 9) menunjukkan bahwa ekstrak daun jati belanda yang berwarna merah kekuningan memiliki panjang gelombang antara 490-500 nm. Warna cahaya yang diserap adalah *bluish green*, sedangkan ekstrak temu ireng yang berwarna kuning kemerahan memiliki panjang gelombang antara 480-490 nm. Warna cahaya yang diserap adalah *greenish blue*.

4.7 Pengukuran Kadar Fenolik Total

Penentuan kandungan fenolik total pada ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dilakukan dengan menggunakan metode Folin-Ciocalteu, semua senyawa fenolik termasuk fenol sederhana dapat bereaksi dengan reagen Folin-Ciocalteu. Reaksi ini melibatkan oksidasi gugus fenolik (ROH) (Rohman, dkk., 2005). Prinsip metode Folin-Ciocalteu adalah reaksi oksidasi dan reduksi kolorimetrik untuk mengukur semua senyawa fenolik dalam sampel uji. Reduksi reagen Folin-Ciocalteu ini menghasilkan warna biru sesuai dengan kadar fenol total yang bereaksi. Kandungan senyawa fenolik pada ekstrak daun jati belanda dan temu ireng diukur dengan menggunakan spektrofotometer Elisa pada panjang gelombang 655 nm. Hasil yang diperoleh dinyatakan sebagai ekivalen asam galat (EAG/g sampel). Asam galat digunakan sebagai standar pengukuran dikarenakan asam galat merupakan senyawa polifenol yang terdapat di hampir semua tanaman (Santana, dkk., 2009).

Penentuan kadar fenol dibuat kurva standar asam galat. Kurva standar dicari hubungan antara konsentrasi asam galat dengan absorbansinya. Penentuan

konsentrasi fenolik pada sampel sebagai hasil nilai absorbansi sampel yang dihitung dengan analisis regresi linear. Selanjutnya hasil pengukuran total yang diperoleh dinyatakan dalam satuan mg GAE (*Gallic acid Equivalent*)/g sampel (Santana, dkk., 2009). Hasil pengujian terhadap nilai fenolik dari ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dapat dilihat pada tabel 4.4.

Tabel 4.4 Kandungan fenolik total pada ekstrak sampel

Sampel	Kadar Fenolik Total (mg GAE/g sampel)
Daun jati belanda	93,214
Temu ireng	23,714

Berdasarkan Tabel 4.4 didapatkan nilai fenolik total yang dihasilkan dari ekstrak daun jati belanda sebesar 93,214 mg GAE/g, hasil tersebut cukup rendah dibandingkan penelitian Kusumowati (2012) yang meneliti kandungan fenolik total daun jati belanda menghasilkan 95,465 mg GAE/g sampel. Pada ekstrak temu ireng didapatkan nilai total fenolik sebesar 23,714 mg GAE/g, nilai ini cukup rendah bila dibandingkan penelitian Sum (2006) yang meneliti kandungan fenolik total temu ireng menghasilkan 50,9 mg/g sampel.

4.8 Pembuatan Pasta TiO₂ dan Elektroda Kerja

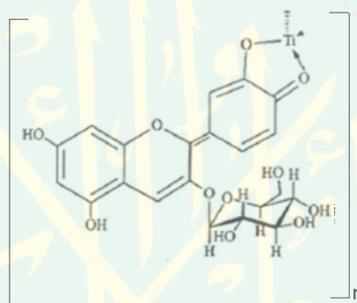
Pembuatan pasta TiO₂ dengan penambahan suspensi PVA bertujuan untuk melekatkan serbuk TiO₂ dengan kaca FTO. Penggunaan semikonduktor TiO₂ karena memiliki pita energi yang besar (3 eV) . Pasta TiO₂ selanjutnya digunakan untuk pembuatan elektroda kerja.

Kaca substrat yang digunakan dalam pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT) adalah kaca TCO (*transparent conductive oxide*) dengan

lapisan konduktif yang berjenis FTO (*flourin tin oxide*). Kaca FTO merupakan material substrat yang berfungsi sebagai badan sel surya dan lapisan konduktifnya berfungsi sebagai tempat elektron mengalir. Penggunaan kaca FTO telah banyak digunakan dalam penelitian karena memiliki konduktivitas yang tinggi dan dalam proses pelapisan material TiO_2 kepada substrat, diperlukan proses *sintering* pada temperatur 400-500 °C dan material FTO (*flourin tin oxide*) merupakan pilihan yang cocok karena tidak mengalami *defect* atau kerusakan pada rentang temperatur tersebut (Septina, dkk., 2007). Sisi aktif kaca FTO ditemukan dengan mengukur hambatannya menggunakan multimeter. Kaca FTO yang dipergunakan untuk sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT) dengan lebar 4 cm² dan memiliki hambatan 2-5 kΩ/cm². Pembuatan elektroda kerja dilakukan menggunakan teknik *doctor blade*. Teknik *doctor blade* dilakukan dengan mengoleskan pasta TiO_2 diatas kaca FTO dengan menggunakan batang pengaduk secara searah dan setipis mungkin. Ilustrasi skema pelapisan pasta TiO_2 dapat dilihat pada Gambar 3.1.

Kaca FTO yang telah dilapisi pasta TiO_2 kemudian diangin-anginkan untuk membentuk padatan, selanjutnya *scotch tape* dari elektroda dilepas dan elektroda dipanaskan diatas hotplate dengan suhu 450 °C selama 30 menit. Pemanasan pada suhu 450 °C bertujuan untuk menghilangkan senyawa-senyawa organik maupun kotoran yang melekat pada kaca konduktif yang nantinya dapat mengganggu kinerja SSPT. Proses pemanasan akan meningkatkan besarnya pori-pori pada lapisan TiO_2 dan melekatkan lapisan TiO_2 dengan kaca substrat FTO. Pada saat pemanasan lapisan TiO_2 berubah menjadi coklat yang menandakan senyawa-senyawa organik terbakar, kemudian setelah beberapa saat lapisan TiO_2

menjadi putih kembali. Kaca konduktif yang telah dipanaskan diangin-anginkan kemudian di rendam dalam *dye* dengan variasi perendaman 0 menit, 10 menit, 60 menit, 24 jam, dan 48 jam. Dalam proses perendaman ini dimaksudkan agar terjadi ikatan antara senyawa golongan senyawa flavonoid yang ada pada ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dengan lapisan konduktif TiO₂. Dugaan ikatan yang terjadi antara golongan senyawa flavonoid dengan TiO₂ dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Struktur dari sianin berikatan dengan TiO₂ (Cherepy dkk., 1997)

4.9 Pembuatan *Counter* Elektroda

Pada pembuatan *counter* elektroda sama seperti pembuatan elektroda kerja. Pertama dibersihkan kaca konduktif FTO, kemudian diberi *scotch* tape pada tiap-tiap sisi yang luasnya sama dengan pembuatan elektroda kerja. Kaca FTO pada bagian konduktifnya diarsir menggunakan karbon pensil 2B. Penggunaan karbon ini berfungsi sebagai katalis dalam mempercepat reaksi oksidasi yang terjadi dalam elektrolit redoks. Kandungan pensil 2B menurut Sousa (2000) terdiri dari 74 % grafit, 20 % lempung (*clay*), dan lilin 5 % (*wax*). Setelah bagian konduktif diarsir menggunakan karbon pensil 2B, kemudian kaca FTO dipanaskan

pada suhu 450 °C selama 10 menit. Proses pemanasan dilakukan untuk menempelkan grafit pada kaca konduktif agar tidak mudah terhapus. Proses pemanasan juga berfungsi agar lilin yang terkandung dalam pensil 2B terbakar (Barbe dkk., 1997). Setelah proses pemanasan selesai maka kaca FTO siap digunakan sebagai *counter* elektroda dalam SSPT.

4.10 Pembuatan Larutan Elektrolit Redoks

Larutan dikatakan bersifat elektrolit apabila larutan tersebut dapat menghantarkan arus listrik. Selain menggunakan prinsip elektrolit juga menggunakan prinsip reaksi redoks yaitu reaksi kimia yang melibatkan pelepasan dan pengikatan elektron dari suatu atom, molekul atau ion yang berlangsung serentak (bersama) (Keenan dkk., 1984). Pasangan redoks dalam larutan elektrolit merupakan faktor penting untuk stabilitas SSPT sehingga pasangan redoks harus memiliki sifat reversibel, inert, memiliki kestabilan yang tinggi baik dalam bentuk tereduksi maupun teroksidasi dan tidak menunjukkan serapan yang signifikan pada daerah sinar tampak. Terjadinya proses degradasi pada larutan elektrolit ini akan menghambat proses regenerasi elektron sehingga menyebabkan arus dan kinerja sel menurun (Pancaningtyas dan Akhlus, 2009).

Larutan elektrolit dibuat dari larutan KI dengan larutan I₂. Pelarut redoks tersebut menggunakan pelarut asetonitril seperti yang digunakan dalam penelitian Bowerman dan Fthenakis (2001) untuk pembuatan elektrolit redoks. Penggunaan pelarut tersebut bertujuan untuk mengurangi pelepasan senyawa pada ekstrak yang telah teradsorpsi pada semikonduktor TiO₂.

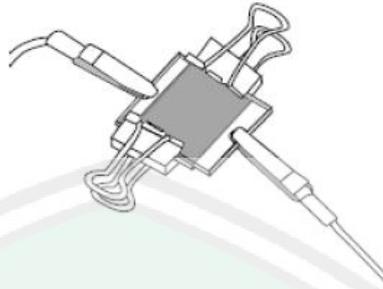
4.11 Pembuatan *Prototipe* Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)

Elektroda kerja yang telah dibuat direndam kedalam ekstrak daun jati Belanda dan Temu ireng (*dye*) dengan variasi perendaman 0 menit, 10 menit, 1 jam, 24 jam dan 48 jam. Setelah perendaman, bagian posisi TiO_2 dibasuh dengan menggunakan aquades dan etanol 70 % yang bertujuan untuk menghilangkan *dye* yang tidak berikatan dengan TiO_2 . *Counter* elektroda disiapkan dan ditempelkan secara berhadapan terhadap elektroda kerja, kemudian dijepit dengan menggunakan *binder clip*. Bagian yang telah dilapisi pasta TiO_2 dan grafit saling bertumpukan seperti *sandwich* sesuai Gambar 4.9



Gambar 4.9 Lapisan pada SSPT

Masing-masing tepi diberi bagian-bagian kosong sebesar 0,5 cm untuk pengujian sel surya menggunakan multimeter. Diberikan tetesan elektrolit pada bagaian elektroda kerja dan *counter* elektroda sebanyak tiga tetes yang bertujuan untuk mestabilisasi kehilangan elektron pada *dye* yang tereksitasi sehingga terjadi siklus pergerakan elektron. Hasil pembuatan *prototipe* SSPT dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Hasil pembuatan *prototipe* SSPT

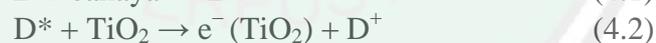
4.12 Pengujian Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT)

Prototipe SSPT yang telah dibuat, diukur dengan menempatkan kutub positif multimeter pada elektroda kerja dan kutub negatif pada *counter* elektroda. Selanjutnya diuji dengan menggunakan cahaya lampu halogen yang mempunyai daya sebesar $0,4488 \text{ Watt/m}^2$. Lampu halogen di arahkan tegak lurus terhadap permukaan sel surya dengan jarak 20 cm. Penggunaan cahaya lampu halogen dikarenakan cahaya yang dihasilkan memiliki intensitas yang relatif stabil setiap waktu. Parameter yang digunakan dalam pengukuran sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT) adalah tegangan (volt) dan arus (ampere). Pengukuran dilakukan sebanyak tiga kali dengan variasi pengukuran volt-ampere-volt. Hasil pengukuran dari SSPT sebagai ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 4.5 Hasil pengukuran daya dan efisiensi pada SSPT

No	Lama Perendaman	Daya (mW)		Efisiensi (η) %	
		Daun Jati Belanda	Temu Ireng	Daun Jati Belanda	Temu Ireng
1	0 menit	$11,8 \times 10^{-4}$	$11,8 \times 10^{-4}$	$1,75 \times 10^{-1}$	$1,75 \times 10^{-1}$
2	10 menit	$46,8 \times 10^{-4}$	$27,3 \times 10^{-4}$	$6,95 \times 10^{-1}$	$4,06 \times 10^{-1}$
3	1 jam	$123,1 \times 10^{-4}$	$58,4 \times 10^{-4}$	$18,28 \times 10^{-1}$	$8,66 \times 10^{-1}$
4	24 jam	$33,1 \times 10^{-4}$	$21,6 \times 10^{-4}$	$4,91 \times 10^{-1}$	$3,21 \times 10^{-1}$
5	48 jam	$12,8 \times 10^{-4}$	$18,3 \times 10^{-4}$	$1,90 \times 10^{-1}$	$2,72 \times 10^{-1}$

Tabel 4.5 menunjukkan bahwa sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT) bekerja dengan menghasilkan energi listrik, sedangkan untuk proses yang terjadi di dalam sel surya dirangkum pada persamaan (4.1–4.5). *Dye* (D) menyerap sebuah foton mengakibatkan elektron tereksitasi dari level HOMO (*Highest Occupied Molecular Orbital*) ke LUMO (*Lowest Unoccupied Molecular Orbital*) pada molekul *dye*. *Dye* tereksitasi (D*) menginjeksi sebuah elektron ke dalam pita konduksi (CB) semikonduktor (TiO₂) yang berada sedikit lebih tinggi daripada level konduksi TiO₂. Elektron tersebut melintasi melewati partikel-partikel TiO₂ menuju kontak belakang berupa lapisan konduktif transparan FTO (*Flour Tin Oxide*), selanjutnya ditransfer melewati rangkaian luar menuju elektroda lawan. Elektron masuk kembali ke dalam sel dan mereduksi sebuah donor teroksidasi (I⁺) yang ada di dalam elektrolit. *Dye* teroksidasi (D⁺) akhirnya menerima sebuah elektron dari donor tereduksi (I₃⁻) dan tergenerasi kembali menjadi molekul awal (D). Rangkaian reaksi kimia di dalam SSPT adalah sebagai berikut (Maddu, dkk (2007) :



Tegangan yang dihasilkan oleh sel surya pewarna tersensitisasi *dye* berasal dari perbedaan tingkat energi konduksi elektroda semikonduktor TiO₂ dengan potensial elektrokimia pasangan elektrolit redoks (I⁻/I₃⁻). Sedangkan arus yang dihasilkan dari sel surya ini terkait langsung dengan jumlah foton yang terlibat

dalam proses konversi dan bergantung pada intensitas penyinaran serta kinerja *dye* yang digunakan.

Tabel 4.5 dengan menggunakan *dye* daun jati belanda diperoleh nilai efisiensi maksimum pada lama perendaman 1 jam yaitu sebesar $18,28 \times 10^{-1} \%$ dengan daya sebesar $123,1 \times 10^{-4}$ mW. Sedangkan dengan menggunakan *dye* temu ireng diperoleh nilai efisiensi maksimum pada lama perendaman 1 jam yaitu sebesar $8,66 \times 10^{-1} \%$ dengan daya sebesar $58,4 \times 10^{-4}$ mV. Berdasarkan hasil pengukuran kadar fenolik, terdapat korelasi yang erat antara kadar fenolik total ekstrak daun jati belanda dan temu ireng dengan efisiensi pengujian SSPT. Semakin tinggi nilai kadar fenolik total maka semakin tinggi efisiensi yang dihasilkan oleh SSPT. Hal ini disebabkan senyawa fenolik dalam daun jati belanda dan temu ireng terdiri dari struktur-struktur aromatis dan gugus-gugus hidroksil sehingga akan memudahkan terjadinya delokalisasi elektron, semakin banyak jumlah gugus hidroksil maka akan terdapat banyak elektron yang tidak berpasangan yang dapat digunakan sebagai sumber elektron yang dieksitasi. Daun jati belanda dan temu ireng berpotensi sebagai *dye* dalam pembuatan SSPT, apabila dibandingkan sistem sel surya tersensitisasi *dye* pertama kali yang dikembangkan Gratzel (2013) dengan nilai efisiensi konversi mencapai 10-11 %.

Hubungan antara lama perendaman dengan nilai efisiensi yang dihasilkan pada pengujian sel surya ditunjukkan pada Lampiran 5. perendaman yang optimal terjadi pada perendaman selama 1 jam. Terjadinya penurunan efisiensi pada Perendaman 24 jam dan 48 jam disebabkan pada saat perendaman, pasta TiO_2 yang menempel pada kaca konduktif terlepas dan larut kedalam ekstrak *dye*

sehingga bagian konduktif elektroda berkurang dan menghasilkan nilai yang semakin kecil. Berdasarkan uji statistik ANOVA *two-way* didapatkan nilai p pada faktor waktu lama perendaman $p < 0,05$ ($p = 0,00$), sehingga ada pengaruh lama perendaman terhadap nilai efisiensi SSPT, maka dapat dinyatakan bahwa lama perendaman berpengaruh terhadap nilai efisiensi yang dihasilkan.

4.13 Kajian Potensi Daun Jati Belanda dan Temu Ireng dalam Perspektif Islam

Berdasarkan hasil penelitian, bahwa daun jati belanda dan temu ireng berpotensi sebagai pewarna (*dye*) dalam pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT) dengan diperolehnya nilai efisiensi maksimum pada lama perendaman *dye* daun jati belanda 1 jam yaitu sebesar $18,28 \times 10^{-1} \%$ dengan daya sebesar $123,1 \times 10^{-4}$ mW dan diperolehnya nilai efisiensi maksimum pada lama perendaman *dye* temu ireng 1 jam yaitu sebesar $8,66 \times 10^{-1} \%$ dengan daya sebesar $58,4 \times 10^{-4}$ mV. Hal ini menunjukkan bahwa Allah SWT menciptakan tumbuh-tumbuhan yang dalam penelitian ini yakni daun jati belanda dan temu ireng yang tumbuh di daerah Indonesia dengan manfaat yang begitu banyak untuk kelangsungan hidup manusia. Allah SWT seringkali menyeru manusia untuk mempelajari alam dan menyaksikan “ayat-ayat” yang ada padanya. Semua makhluk hidup dan tak hidup di jagat raya ini dipenuhi “ayat” yang menunjukkan bahwa alam semesta seisinya telah diciptakan. Di samping itu, alam ini adalah pencerminan dari kekuasaan ilmu dan kreasi pencipta yaitu Allah SWT yang wajib bagi manusia untuk memahami ayat-ayat ini melalui akalinya, sehingga ia pun pada akhirnya menjadi hamba yang tunduk dan patuh di hadapan Allah SWT.

Al-Qur'an menyebutkan bahwa tumbuhan diciptakan oleh Allah SWT mempunyai banyak manfaat untuk kehidupan manusia, sebagaimana dengan firman Allah SWT dala surat Ali Imran ayat 190-191 berikut ini :

إِنَّ فِي خَلْقِ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ وَأَخْتِلَافِ اللَّيْلِ وَالنَّهَارِ لَآيَاتٍ لِأُولِي الْأَلْبَابِ
 الَّذِينَ يَذْكُرُونَ اللَّهَ قِيَمًا وَقُعُودًا وَعَلَىٰ جُنُوبِهِمْ وَيَتَفَكَّرُونَ فِي خَلْقِ
 السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ رَبَّنَا مَا خَلَقْتَ هَذَا بَطْلًا سُبْحَانَكَ فَقِنَا عَذَابَ النَّارِ

“Sesungguhnya dalam penciptaan langit dan bumi, dan silih bergantinya malam dan siang terdapat tanda-tanda bagi orang-orang yang berakal. (yaitu) orang-orang yang mengingat Allah sambil berdiri atau duduk atau dalam keadan berbaring dan mereka memikirkan tentang penciptaan langit dan bumi (seraya berkata): "Ya Tuhan Kami, Tiadalah Engkau menciptakan ini dengan sia-sia, Maha suci Engkau, Maka peliharalah Kami dari siksa neraka”(Q.S Ali Imran : 190-191).

Kata akal didalam Al-Qur'an diidentikan dengan kata *lubb* jamaknya *albab*, sehingga kata *ulul al-albab* dapat diartikan orang berakal. Dalam ayat tersebut terlihat bahwa orang yang berakal (*ulul al-albab*) adalah orang yang melakukan dua hal *tazakkur* yakni mengingat Allah SWT dan *tafakkur* memikirkan (ciptaan Allah SWT). Nata (2008) mengatakan bahwa dengan merenungkan penciptaan langit dan bumi, pergantian siang dan malam akan membawa manusia menyaksikan tentang ke-Esaan Allah SWT yaitu adanya aturan yang dibuat-Nya serta karunia berbagai manfaat yang terdapat didalamnya dan hal ini memperlihatkan kepada fungsi akal sebagai alat untuk mengingat dan berfikir.

Terlihat jelas makna ayat diatas bahwa segala ciptaan Allah SWT tidak ada yang sia-sia. Hal itu hanya dapat dimengerti oleh orang-orang yang dikehendaki Allah SWT, yaitu orang yang selalu mencermati fenomena dengan cara memikirkan kejadian alam dan berusaha mempelajari semata-mata untuk kepentingan umat manusia dan mampu mengambil hikmah atau pelajaran dari firman-firman Allah SWT yang merupakan ciri-ciri dari ulul albab.

Sedangkan prinsip kerja dari sel surya pewarna tersensitisasi *dye* dari ekstrak tumbuhan daun jati belanda dan temu ireng sehingga menghasilkan energi listrik merupakan pancaran dari radiasi elektromagnetik. Cahaya tersebut merupakan cahaya istimewa yang tak tampak seperti cahaya pada umumnya, seperti yang terdapat dala Al-Qur'an surat an Nuur ayat 35 yang berbunyi :

﴿اللَّهُ نُورُ السَّمَوَاتِ وَالْأَرْضِ مِثْلُ نُورِهِ كَمِشْكَاةٍ فِيهَا مِصْبَاحٌ الْمِصْبَاحُ فِي زُجَاجَةٍ الزُّجَاجَةُ كَأَنَّهَا كَوْكَبٌ دُرِّيٌّ يُوقَدُ مِنْ شَجَرَةٍ مُبْرَكَةٍ زَيْتُونَةٍ لَا شَرْقِيَّةٍ وَلَا غَرْبِيَّةٍ يَكَادُ زَيْتُهَا يُضِيءُ وَلَوْ لَمْ تَمْسَسْهُ نَارٌ نُورٌ عَلَى نُورٍ يَهْدِي اللَّهُ لِنُورِهِ مَنْ يَشَاءُ وَيَضْرِبُ اللَّهُ الْأَمْثَالَ لِلنَّاسِ وَاللَّهُ بِكُلِّ شَيْءٍ عَلِيمٌ﴾

“Allah (Pemberi) cahaya (kepada) langit dan bumi. perumpamaan cahaya Allah, adalah seperti sebuah lubang yang tak tembus, yang di dalamnya ada pelita besar. pelita itu di dalam kaca (dan) kaca itu seakan-akan bintang (yang bercahaya) seperti mutiara, yang dinyalakan dengan minyak dari pohon yang berkahnya, (yaitu) pohon zaitun yang tumbuh tidak di sebelah timur (sesuatu) dan tidak pula di sebelah barat(nya), yang minyaknya (saja) Hampir-hampir menerangi, walaupun tidak disentuh api. cahaya di atas cahaya (berlapis-lapis), Allah membimbing kepada cahaya-Nya siapa yang Dia kehendaki, dan Allah memperbuat perumpamaan-perumpamaan bagi manusia, dan Allah Maha mengetahui segala sesuatu” (Q.S an Nuur : 35).

Kata *an nuur* dalam bahasa arab adalah cahaya yang dapat dilihat dengan penglihatan. Kata ini digunakan secara *majaz* untuk makna-makna yang benar dan nampak. Dalam ayat ini, Allah SWT menjelaskan tentang Nur-Ilahi, yakni Al-Qur'an yang mengandung petunjuk. Petunjuk-petunjuk itu merupakan cahaya yang terang benderang menerangi alam semesta (Qurthubi, 2009).

Penjelasan kata *an Nuur* digunakan dalam bahasa dalam arti sesuatu yang menjelaskan atau menghilangkan sesuatu yang sifatnya gelap atau tidak jelas. Disini *Nuur* merupakan sesuatu yang ditangkap oleh mata, dan dalam saat yang sama, matapun dapat menangkap apa yang disinari olehnya. Dengan demikian kata *Nuur* jika dikemukakan dalam konteks uraian tentang manusia baik dalam kehidupan dunia maupun akhirat mengandung makna hidayah dan petunjuk Allah atau dampak dan hasilnya (Shihab, 2002).

Al-Qur'an surat an Nuur ayat 35, memberikan penjelasan dan gambaran bahwa cahaya Allah SWT mempunyai kekuatan yang luar biasa sehingga tetap nampak atau dapat menyinari meskipun berada dalam sebuah benda atau tempat yang tak tembus pandang atau tak berlubang sekalipun dan dengan cahaya, tumbuh-tumbuhan dapat tumbuh dengan subur yang kemudian dapat dimanfaatkan oleh manusia untuk kemaslahatan hidupnya. Dari penjelasan ini dapat dikaitkan dengan penelitian ini, yang menggunakan cahaya sebagai sumber energi dan tumbuhan daun jati belanda dan temu ireng sebagai pewarna (*dye*) dalam pembuatan sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT).



BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Hasil pengukuran kadar fenolik total ekstrak daun jati belanda dan temu ireng sebesar 93,214 dan 23,714 mg GAE/g.
2. Nilai daya dan efisiensi maksimum yang dihasilkan pada pengujian SSPT yaitu pada lama perendaman 1 jam. Pada *dye* daun jati belanda diperoleh nilai daya sebesar $123,1 \times 10^{-4}$ mW dan efisiensi sebesar $18,28 \times 10^{-1}$ %. Sedangkan pada *dye* temu ireng diperoleh nilai daya sebesar $58,4 \times 10^{-4}$ mV dan efisiensi sebesar $86,6 \times 10^{-1}$ %.
3. Lama perendaman mempengaruhi besarnya nilai daya dan efisiensi yang dihasilkan pada pengujian SSPT.

5.2 Saran

Untuk penelitian selanjutnya disarankan menggunakan kaca konduktif yang memiliki nilai hambatan yang lebih rendah. Untuk mengoptimalkan penyerapan cahaya sebaiknya digunakan pewarna alami (*dye*) yang mempunyai daerah serapan lebar terutama di daerah sinar tampak (*visible*). dan untuk pengembangan penelitian sel surya pewarna tersensitisasi (SSPT) perlu digunakan elektrolit gel untuk mengurangi degradasi dan kebocoran elektrolit yang dapat meningkatkan stabilitas sel.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. B. 1994. *Lababut Tafsir Min Ibnu Katsir*. diterjemahkan Abdul Goffar. Kairo: Mu'assaah Daar Al-hilaal.
- Akhmad A. 2013. Penggunaan dan Identifikasi Ekstrak Kasar Tinta Cumi-cumi (*Lologo sp.*) Sebagai Pewarna (Dye) dalam Pembuatan Sel Surya Pewarna Tersensitisasi (SSPT). *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Malang: Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Ali, S. dan Nayan 2007. Biomimicry In Solar Energy Conversion With Natural Dye Sesnsitized Nanocrystalline Phitivotaic Cells. *Ohio: Department of Chemistry and Biochemistry Obelin College*. 4-6.
- Al-Qurthubi, A. B. B. 2009. *Al-Jami' Li Ahkamil Qur'an Wl Mubayyin Li Ma Taddhommanahu Minas Sunnati Wa Ayil Qur'an*. Beirut: Mu'assisah Ar-Risallah.
- Ariefta N.R. 2012. Isolasi Dan Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Pada Fraksi Etil Asetat Relatif Polar Rimpang Temu Ireng (*Curcuma Aeruginosa* Roxb.). *Skripsi Tidak Diterbitkan*. Yogyakarta: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam.
- Ath-Thabari, J. 2008. *Jami' Al-Bayan An Ta'wil Ayi Al-Qur'an*. diterjemahkan Akhmad Affandi. Jakarta: Pustaka Azzam.
- Arisandi, Y. dan Andriani. 2006. *Khasiat Berbagai Tanaman Untuk Pengobatan*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Barbe, C. J. *et al.* 1997. Nanocrystalline Titanium Oxide Elektrodes For Photovoltaic Applications. *Journal am Ceram*.
- Bowerman, B. dan Fthenakis, V. 2001. EH&S Analysis Of Dye-Sensitized Photovoltaic Solar Cell Production. *New York : United States Department Of Energy*.
- Brian. 1993. *Vogel Text Book Of Practical Organic Chemistry 5th Edition*. London: Longman Group VR.
- Brown, H. K. 1995. *Organic Chemistry*. Philadelphia. New York: Saunder College Publishing.

- Cherepy, N. J., Smestad, G.P., Gratzel, M., Zhang, J.Z., 1997. Ultrafast Electron Injection: Implications for a Photoelectrochemical Cell Utilizing an Anthocyanin. *journal fisika kimia*, No. 101, Hal 9342-9351.
- Chiba, Y. dkk. 2006. Dye-Sensitized Solar Cells with Conversion Efficiency of 11.1%. *Japanese Journal of Applied Physics*, Vol. 45. No. 25. Hal. L638–L640.
- Choudhury, D. dkk. 2012. Development Of Single Node Cutting Propagation Techniques And Evaluation Of Antioxidant Activity Of Curcuma Aeruginosa Roxburgh Rhizome. *International Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences*, Vol 5.
- Cholis, I. N. 2009. *Aktivitas Antiplasmodium Fraksi Semipolar Ekstrak Etanol Rimpang Temu Mangga (Curcuma mangga Vali) Terhadap Plasmodium berghei Secara In Vivo*. Skripsi diterbitkan. Surakarta: Fakultas Farmasi UNMUH.
- Effendy. 2007. *Perspektif Baru Kimia Koordinasi*. Malang: Publishing.
- ESDM. 2011. http://esdm.go.id/publikasi/statistik/doc_download/1141-statistik-listrik.html. (diunduh pada tanggal 3 juli 2013).
- Fessenden, R. J. dan Fessenden, J. S. 1986. *Kimia Organik. Jilid I*. Jakarta: Erlangga.
- Garsia, C.G. 2003. Photoelectrochemical solar cell using extract of Eugenia jambolana Lam as a natural sensitizer. *Annals of the Brazilian Academy of Sciences*, Vol. 75. Hal. 163-165.
- Gordon, R.G. 2000. Criteria for Choosing Transparent Conductors. *MRS Bulletin*.
- Gratzel, M. 2003. Review: Dye Sensitized Solar Cell. *Journal photochemistry and photobiology*. vol 4. 145-153.
- Guether, E. 1987. *Minyak Atsiri*. Jakarta: Penerbit Universitas Jakarta.
- Hagerman, Am, E. 2002. *Tanin Handbook*. Miami University USA.
- Halme, J. (2002). “Dye-Sensitized Nanostructured and Organic Photovoltaic Cells: Technical Review and Preeleminary Test”. *Finland: Helsinki University of Technology*.
- Halme, J. 2002. (Thesis) Dye-sensitized nanostructured and organic photovoltaic cells: technical review and preliminary tests. *Helsinki: Helsinki Universiti*

Of Technology.

- Harborne, J. B. 1996. *Metode Fitokimia Penuntun Cara Modern Menganalisis Tumbuhan*. diterjemahkan oleh Kosasih Padmawinata dan Iwang Soediro. Bandung: Penerbit ITB.
- Hardian, A. dkk. 2010. *Sintesis Dan Karakterisasi Kristal Cair Ionik Berbasis Garam Fatty Imidazolinium Sebagai Elektrolit Redoks Pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna*. Vol. 1. No.1. Hal 7-16.
- Hardian, A. dkk. 2010. *Sintesis Dan Karakterisasi Kristal Cair Ionik Berbasis Garam Fatty Imidazolinium Sebagai Elektrolit Redoks Pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna*. Vol. 1. No.1. Hal 7-16.
- Hartini, S. Y. 2004. Daya Antibakteri Campuran Ekstrak Etanol Buah Adas Etanol Buah Adas (*Foeniculum vulgare* Mill) dan Kulit Batang Pulasari (*Alyxia reinwardtii* BL). *Jurnal Penelitian Fakultas Farmasi. Universitas Gadjah Mada*.
- Hatta, Muhammad. 2009. *Tafsir Al-Qur'an*. Jakarta : Magfirah Pustaka.
- Hayati, E. K. 2007. *Petunjuk Kimia Analisis Instrumen*. Malang: UIN Press.
- Hidayati, M. B. C. 2004. *Identifikasi Senyawa Flavonoid Hasil Isolasi dari Propolis Lebah Madu (Apis Mellitera) dan Uji Aktivitas Sebagai Anti Jamur (Andida Albinans)*. Skripsi tidak diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia FMIPA Universitas Brawijaya.
- Hidayati, N. 2009. *Uji efektivitas antibakteri ekstrak kasar daun teh (Camellia sinensis L. v. assamica) tua hasil ekstraksi menggunakan pelarut etanol dan aquades*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Huang C *et al.* 2005. Identification of an Antifungal Chitinase from a Potential Biocontrol Agent, *Bacillus cereus*. *Journal of Biochemistry and molecular Biology*, 38 : 82-88.
- Hukmah, S. 2007. *Aktivitas Antioksidan Katekin dari Teh Hijau (Camellia Sinensis O.K. Var. Assamica (mast)) Hasil Ekstraksi dengan Variasi Pelarut dan Suhu*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Husnah, M. 2009. *Identifikasi dan uji aktivitas Golongan senyawa antioksidan Ekstrak kasar buah pepino (solanum muricatum aiton) Berdasarkan variasi pelarut*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.

- Ikan, R. 1969. *Natural products (A laboratory Guide)*. Jerusalem: The Hebrew University of Jerusalem.
- Jabir, A. 2007. *Tafsir Al-qur'an Al-aisar*. Jakarta : Darus Sunnah.
- Jamil S, Sirat H, Husain H. 1998. Minyak esensial dari *Curcuma aeruginosa* Roxb . dari Malaysia. *Jurnal Penelitian Minyak Atsiri*. Volume 10, hal. 453-458.
- Janseen R. Wienk, M. 2010. Organic and polymer solar cells 3Y280. *Department of Chemical Engineering and Chemistry and Department of Applied Physics, TU/e Sping*.
- Kalyanasundaram, K. Gratzel, M. 1998. Applications of functionalized transition metal complexes in photonic and optoelectronic. *Chemical review*, Vol. 77. Hal. 347-414.
- Karadeniz F *et al*. 2005. Antioxidant activity of selected fruits and vegetables grown in Turkey. *Turkish Journal of Agricultural and Forest* 89: 297–303.
- Kay, A. dan Grätzel, M. 1996. “Low cost photovoltaic modules based on dye sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder”. *Solar Energy Materials & Solar Cells*. 44. 99-117.
- Kong, F. T. Dai, S. Y. Wang. K.J. 2007. Review Article: Review of Recent Progress in Dye Sensitized Solar Cell. *Hindawi publishing Corporation advance in Opto Electronics*. vol. 2007. 13.
- Keenan, C. Kleinfelter, D. Wood, J. 1984. *Ilmu Kimia Untuk Universitas Edisi Keenam*. Terjemahan Pudjaatmaka. Jakarta: Penerbit Erlangga.
- Khuluq, A. D. Widjanarko, S. B., Murtini, E. S., 2007. Ekstraksi dan Stabilitas betasianin Daun Darah (*Althernanthera Dentata*) Kajian Perbandingan Pelarut air : Etanol dan Suhu Ekstraksi). *Jurnal Teknologi Pertanian*, Vol 8 No. 3 Hal. 173-187.
- Khopkar, S. M. 2008. *Konsep Dasar Kimia Analitik*. Jakarta: UI Press.
- Law, M. dkk. 2005. Nanowire dye-sensitized solar cells. *J. Phys. Chem. B.*, Vol. 108 (2004). Hal. 2227–2235.
- Lee KW, Kim YJ, Lee HJ, Lee CY, 2003. Cocoa Has More Phenolic Phytochemical and A Higher Antioxidant Capacity than Teas and Red Wine, *J. Agric. Food Chem*, 51 (25): 7292-7295.

- Lenny, S. 2006. *Senyawa Terpenoida Dan Steroida, Sumut : 050* Repository. [http:// Library.USU.ac.id/download/fmipa/06003488.pdf](http://Library.USU.ac.id/download/fmipa/06003488.pdf)-senyawa (diunduh pada tanggal 01 Juni 2014).
- Maddu, A. Zuhri. M. Irmansyah. 2007. Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah Sebagai Fotosensitizer Pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye. *Makara Teknologi ITB*, Vol. 11. No. 2. Hal. 78-84.
- Manan, S. 2009. Energi Matahari, Sumber Energi Alternatif Yang Effisien, Handal Dan Ramah Lingkungan Di Indonesia. *Diponegoro: Universitas diponegoro*.
- Markham, K. R dan Andersen, O. M. 2006. Flavonoids, Chemistry, Biochemistry and Applications. *United States of America: Taylor & Francis Group*.
- Markham, K. R. 1988. *Cara Mengidentifikasi Flavonoid*. terjemahan Kosasih Padmawinata. Bandung: Penerbit ITB.
- Martsolich K.A. 2007. *Potensi Antioksidasi Ekstrak Air dan Ekstrak Etanol 70 % Daun Jati Belanda (Gauzuma ulmifolia Lamk)*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Biokimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Meng, S. Kaxiras, E. 2010. Electron and Hole Dynamics in Dye-Sensitized Solar Cells: Influencing Factors and Systematic Trends. *Cina: Chinese Academy of Sciences Press*.
- Middleton EC, Kandaswami, TC Theoharides. 1998. The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease, and cancer. *Pharmacological Reviews* 52:673-751.
- Nattestad, A. dkk. 2008. *Dye Sensitized Nickel (II) Oxide Photocathodes For Tandem Sollar Cell Applications Nanotechnology*, Vol 9. Hal 1-9.
- Nata, A. 2008. *Tafsir Ayat-Ayat Pendidikan*. Jakarta: Ragam Wali.
- Pancaningtyas, L. dan Akhlus, S. 2009. *Peranan Elektrolit pada Performa Sel Surya Tersensitisasi*. Surabaya: Laboratorium Kimia Fisik FMIPA ITS. Photo-Optical Instrumentation Engineers Press.
- Puspita, M, D, A. 2009. *Pengoptimuman Fase Gerak KLT Menggunakan Desain Campuran Untuk Pemisahan Komponen Ekstrak Meniran (Phylantus ninuri)*. Skripsi Diterbitkan. Bogor: Departemen Kimia Fakultas MIPA ITB.

- Perron, N. R. Dan Brumaghim, J. L. 2009. *A Riview Of The Antioxidant Mechanism Of Pholyphenol Compounds Realated To Iron Binding*. Humana Press.
- Rudianto. 2013. Kajian Kapasitas Antioksidan Terhadap DPPH Dan Kandungan Fenolik Total Ekstrak Alga Merah Jenis *Eucheuma Cottonii* Dari Perairan Sumenep. *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Malang: Jurusan Kimia. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim.
- Rahmawati, A. S. 2011. *Pembuatan dan Karakterisasi Sel Surya Titanium Dioksida Sensitisasi Dye Antosianin dari Ekstrak Buah Strawberry*. *Skripsi* Tidak Diterbitkan. Bogor: Jurusan Fisika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Rusli, S. dan D. Darmawan, 1998. *Pengaruh Cara Pengeringan dan Type Pengeringan Terhadap Mutu Jahe Kering*. *Bul. Litro* 3(2) : 80-83.
- Robinson, T. 1995. *Kandungan Organik Tumbuhan Tinggi*. Bandung: Penerbit ITB.
- Rohman, A. dan Gandjar, I. G. 2008. *Kimia Farmasi Analisis*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Rohman. A., Sugeng, R. Dan Diah, U. 2005. *Antioxidant Activities Total Phenolic And Flavonoid Contents Of Ethil Acetat extract Of Mengkudu (Morinda citrifolia. L) Fruits and Its Fractions*. Fakultas Farmasi. Universitas Gajah Mada.
- Shalih, S. 2011. *Tafsir Al-Muyassar*. Solo: An-Naba.
- Sagala dan Zuraida. 2009. *Pengaruh Pemberian $KMnO_4$ dan Asam Askorbat serta Suhu Penyimpanan dalam Mempertahankan Warna Hijau Kelopak Buah Manggis*. Teknik Pengolahan Pangan dan Hasil Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Institut Pertanian Bogor.
- Sastrohamidjojo, H. 1991. *Spektroskopi*. Jakarta: Erlangga.
- Sastrohamidjojo, H. 1995. *Sintesis Bahan Alam*. Yogyakarta: Gajah Mada University Press.
- Santana, P. Budyati, R. Dan Afiandi, N. 2009. *Pengukuran Kapasitas Antioksidan Menggunakan Metode DPPH dan Pengukuran Total Fenol. Laporan Praktikum*. Evaluasi Nilai Komponen Pangan. Bogor: ITB.

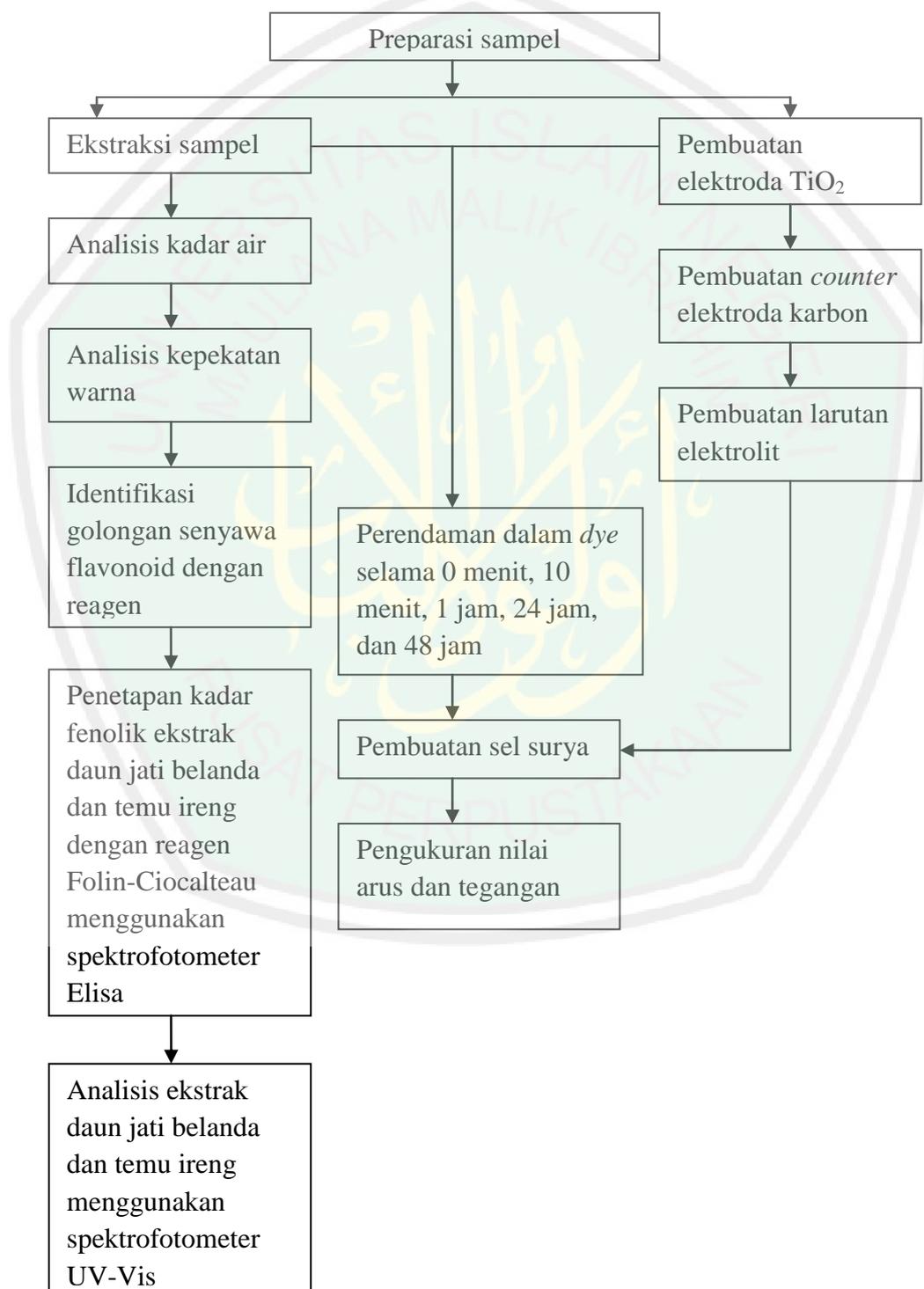
- Septina, W. Fajarisandi, D. Aditia, M. 2007. *Pembuatan Prototipe Solar Cell Murah dengan Bahan Organik-inorganik (Dye-sensitized Solar Cell)*. Laporan penelitian bidang energi. Institut Teknologi Bandung.
- Sousa, M. C. dan Buchanan, J. N. Observational Model OF Graphite Pencil Material. Vol 19 No. 1, Hal 27-49.
- Setiawan S. 2008. *Identifikasi Golongan Flavonoid Daun Jati Belanda Berpotensi Antioksidan*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Shihab, Q. 2001. *Tafsir Al-Misbh*. Jakarta : Lentera Hati.
- Shihab, Q. 2002. *Tafsir Al Misbah Pesan, Kesan dan Keserasian Al-Qur'an Vol 7*. Jakarta: Lentera Hati.
- Smestad, G.P. 2002. *Optoelectronics Of Solar Cells*. Amerika: The Society Of
- Smestad, G.P. dan Grätzel, M. 1998. Demonstrating Electron Transfer and Nanotechnology: A Natural Dye-ensitized Nanocrystalline Energy Converter. *Journal of Chemical Education*, Vol. 75. No. 6.
- Sudjadi dan Rohman A. 2004. *Analisis Obat dan Makanan*. Yogyakarta: Pustaka Pelajar.
- Sulistiyani, Falah S, Wahyuni TW. 2010. *The Cellular Mechanism Of Natural Antioxidant Ekstracts Of Jati Belanda (Guazuma Ulmifolia Lamk. Lamk.) and Salam (Syzygium Olyanthum) Leaves In The Therapy Of Cardiovascular Disease*. Laporan Penelitian Tidak Diterbitkan. Bogor: IPB.
- Syamsudin, S.S., dan Hutapea, J. R., 1991, *Inventaris Tanaman Obat Indonesia (I)*, Departemen Kesehatan RI, Jakarta, Hal 452-453.
- Ukieyana E. 2012. *Aktivitas Antioksidan, Kadar Fenolik, Dan Flavonoid Total Tumbuhan Suruhan (Peperomia Pellucida L. Kunth)*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Jurusan Biokimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor.
- Umar F. 2008. *Optimasi Ekstraksi Flavonoid Total Daun Jati Belanda*. Skripsi Tidak Diterbitkan. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Umam, M. C. 2012. *Sintesa dan Karakterisasi Sel Surya TiO₂ Tersensitisasi Dye dari Tinta Sotong dan Ekstrak Teh Hitam*. Skripsi tidak diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi UIN Maliki Malang.

- Upstone, L.S. 2000. Ultraviolet/Visible Absorption Spectrophotometri In Clinical *Industry. PerkiElmer Ltd., Beaconfield, UK.*
- Vermerris, W. Nicholson, R. 2006. Phenolic Compounds Biochemistry: *Publishing by Springer.*
- Voight, R. 1995. *Buku Teknologi Farmasi.* diterjemahkan oleh Soedani Noerono Soewandhi, Apt. Yogyakarta: UGM Press.
- Widyastuti N. 2012. *Pengukuran Aktivitas Antioksidan Dengan Metode Cuprac, Dpph, Dan Frap Serta Korelasinya Dengan Fenol Dan Flavonoid Pada Enam Tanaman. Skripsi Tidak Diterbitkan.* Bogor: Jurusan Kimia Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor
- Wijayanti, S. 2010. *Fabrikasi Prototype DSSC (dye sensitized solar cell) Menggunakan Klorofil Bayam (amaranthus hybridus l.) Sebagai Dye Alami.* Surakarta: Universitas Sebelas Maret Surakarta press.
- Wijayanto, N. 2012. *Cadangan Minyak Menipis (Online).* <http://www.seputar-indonesia.com>. (diunduh pada tanggal 4 Juli 2012).
- Winarno, F. G. 2002. *Kimia Pangan dan Gizi.* Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Wongcharee, K. Meeyoo, V. Chavadej, S. 2007. Dye-Sensitized Solar Cell Using Natural Dyes Extracted From Rosella and Blue Pea Flowers. *Solar Energy Materials and Solar Cells*, Vol. 91. Hal. 566-571.
- Yuwono, F. L. 2009. *Daya Antibakteri Ekstrak Daun Teh (Camellia sinensis) terhadap Pertumbuhan Streptococcus sp. pada Plak Gigi Invitro. Skripsi Mahasiswa Jurusan Kedokteran Fakultas Kedokteran Universitas Sebelas Maret Surakarta.*
- Zhang, H. dan Banfield, J.F. 2000, "Understanding Polymorphic Phase Transformation Behavior during Growth of Nanocrystalline Aggregates: Insights from TiO₂ .*J Phys Chem B*, Vol. 104, pp. 3481.

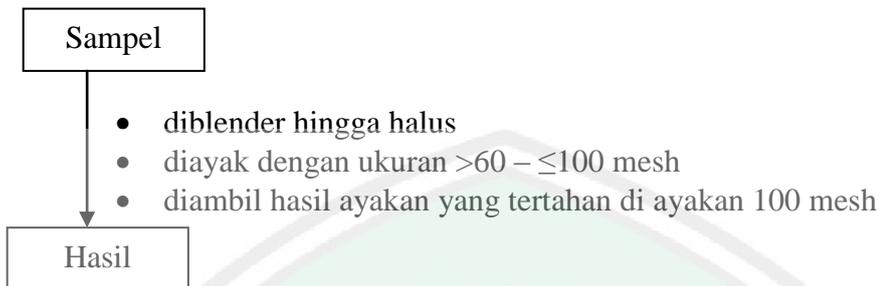
LAMPIRAN

Lampiran 1. Rancangan Penelitian dan Diagram Alir Penelitian

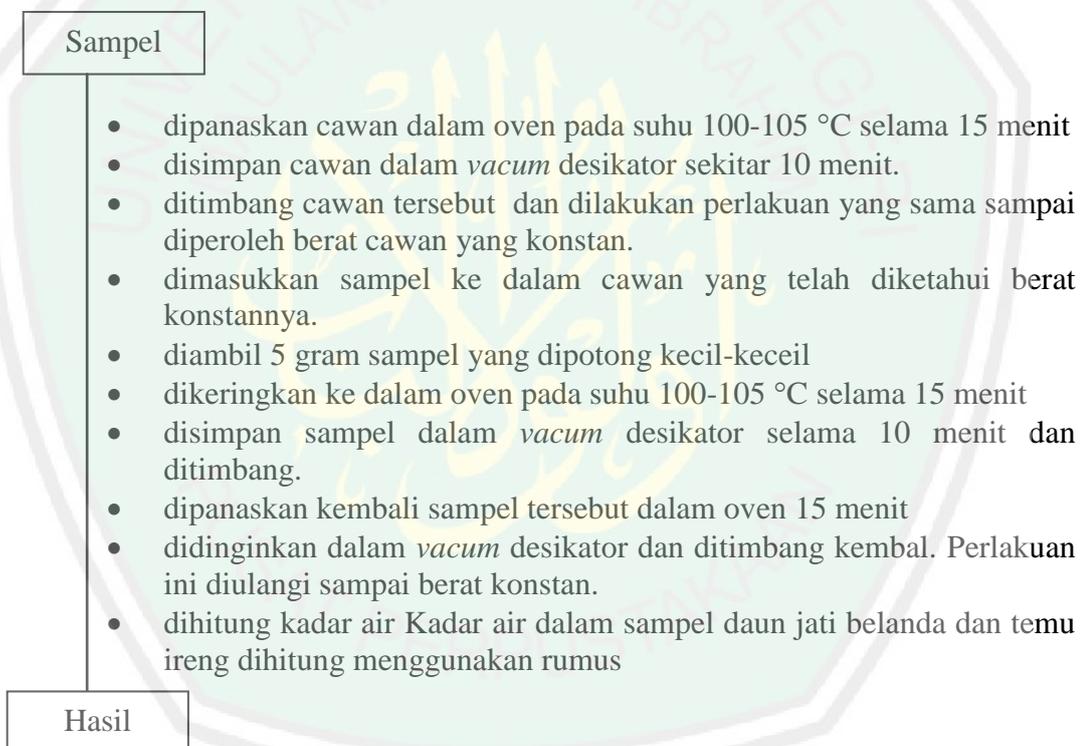
1.0 Rancangan penelitian



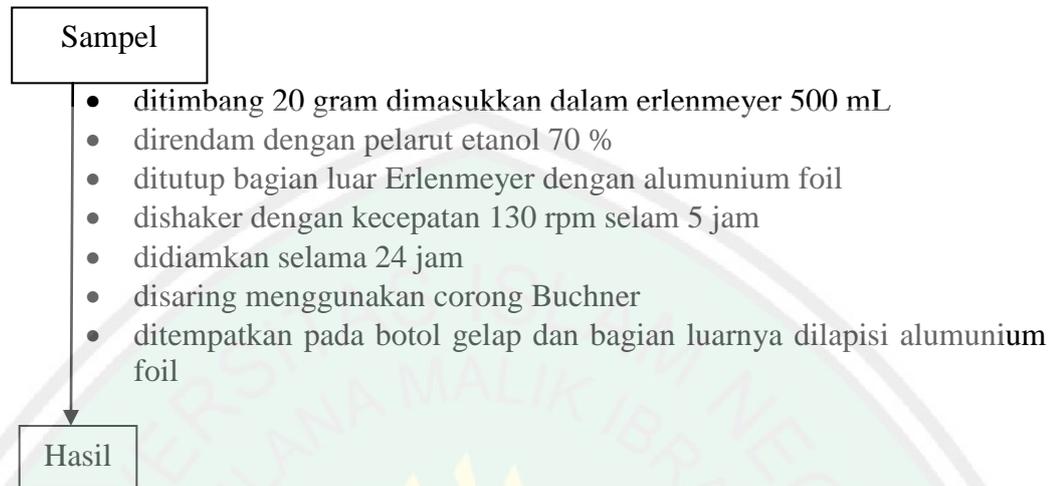
1.1 Preparasi Sampel



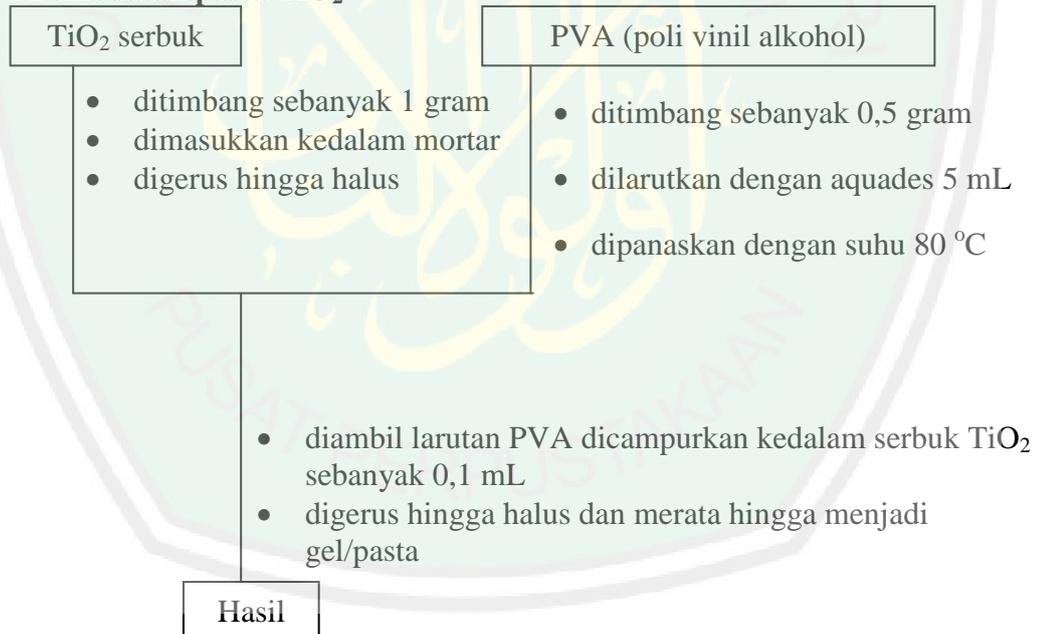
1.2 Analisa Kadar Air



1.3 Ekstraksi Sampel



1.4 Pembuatan pasta TiO₂



1.5 Pembuatan Elektroda Kerja

Kaca FTO

- dicuci dengan air
- dibilas dengan etanol
- dikeringkan menggunakan tissue
- diberi selotip dibagian tepinya hingga tersisa luas sekitar 1 x 1 cm
- dilapisi bagian dengan pasta TiO_2 yang telah dibuat
- dikering anginkan selama ± 10 menit
- dipanaskan dengan suhu 450°C selama 30 menit
- didinginkan

Elektroda kerja

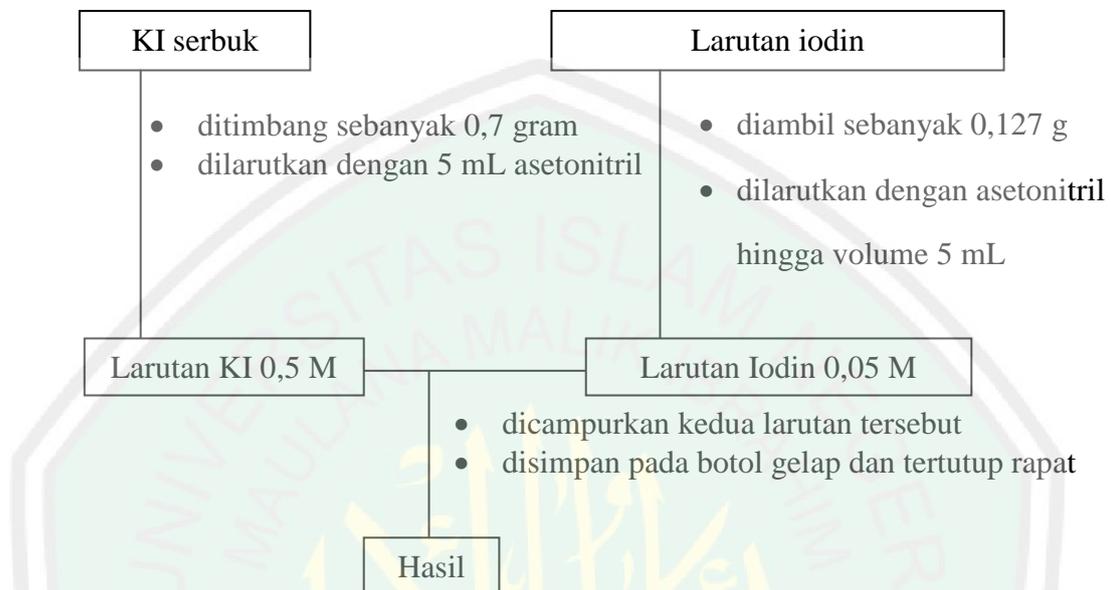
1.6 Pembuatan *Counter* Elektroda

Kaca FTO

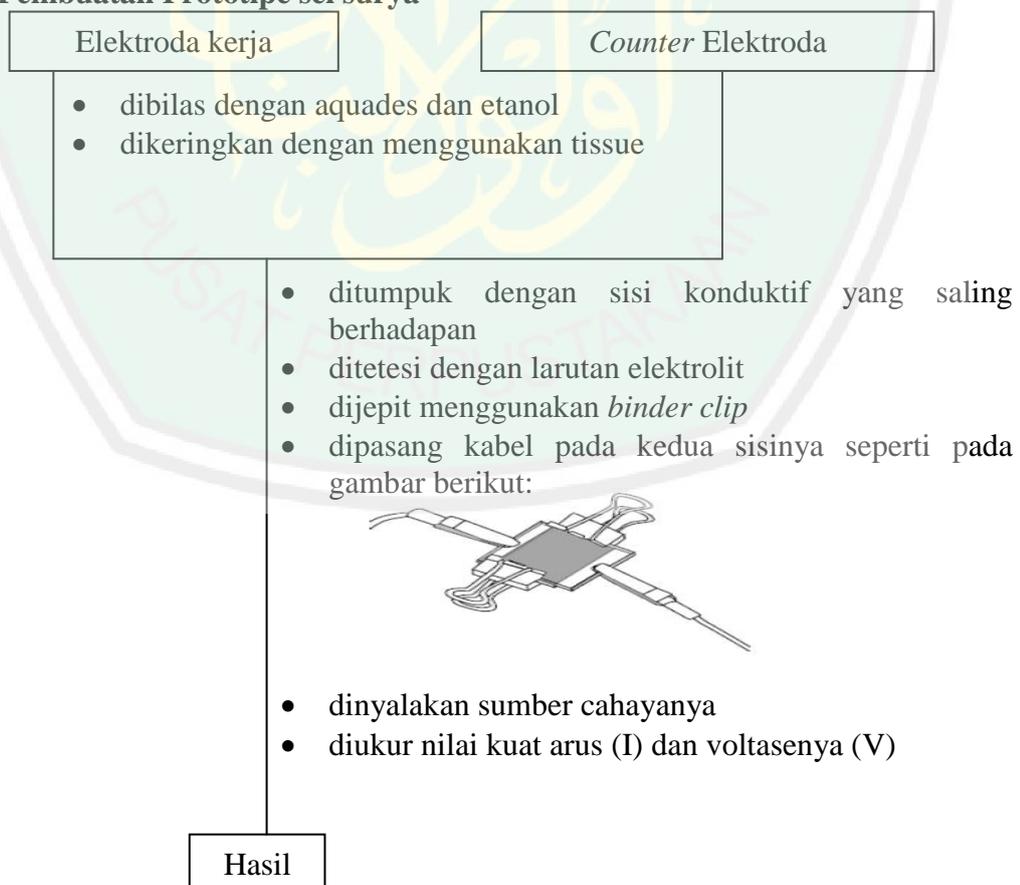
- dicuci dengan air
- dibilas dengan etanol
- dikeringkan menggunakan tissue
- diberi selotip dibagian tepinya hingga tersisa luas sekitar 1 x 1 cm
- diarsir bagian yang tidak tertutup selotip dengan pensil 2B
- dipanaskan dengan suhu 450°C selama 10 menit
- didinginkan

Counter Elektroda

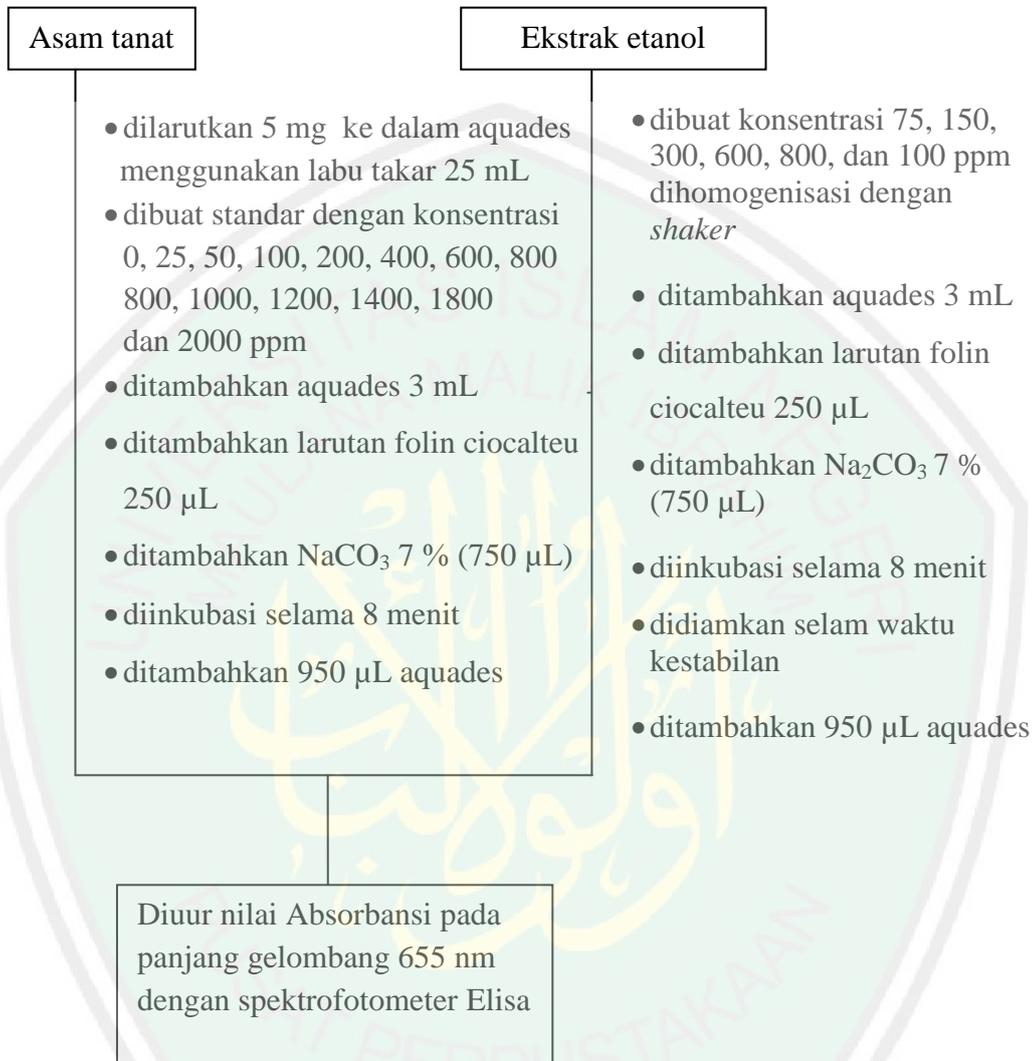
1.7 Pembuatan Larutan Elektrolit



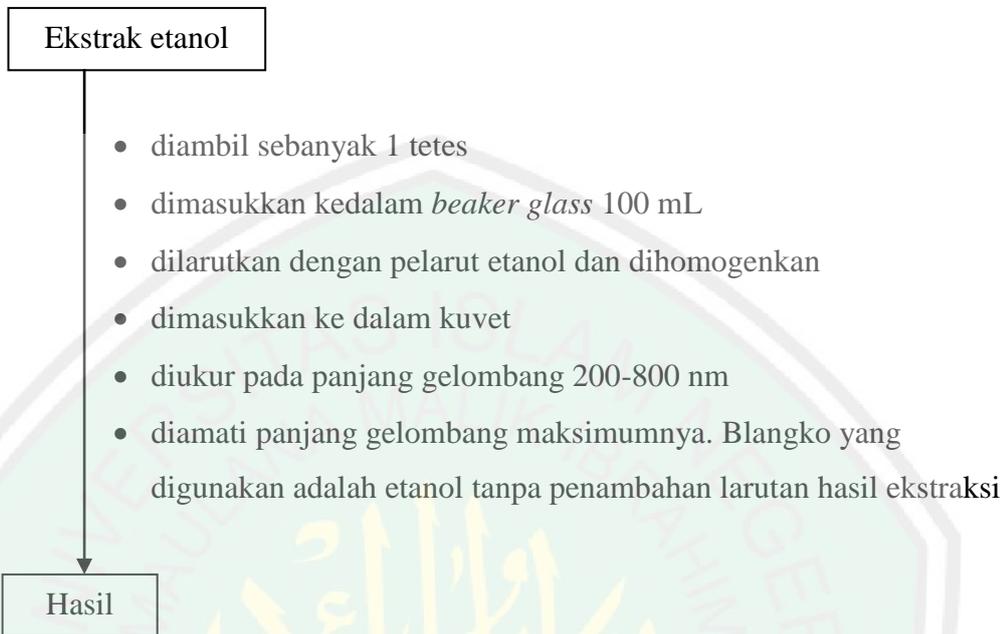
1.8 Pembuatan Prototipe sel surya



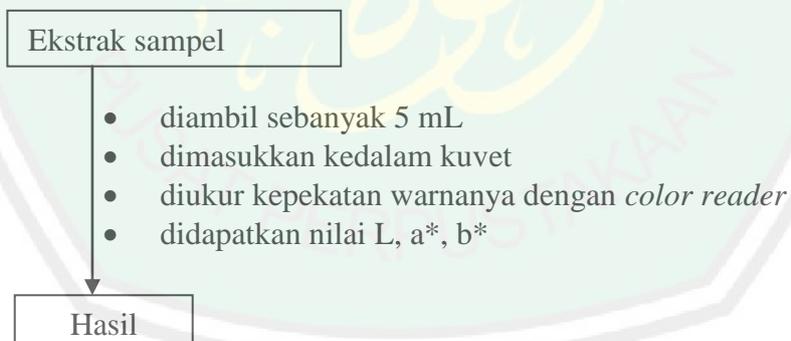
1.9 Penetapan kadar Fenolik dengan Reagen Folin-Ciocalteu



1.10 Analisis Ekstrak Sampel Menggunakan Spektrofotometer UV-Vis

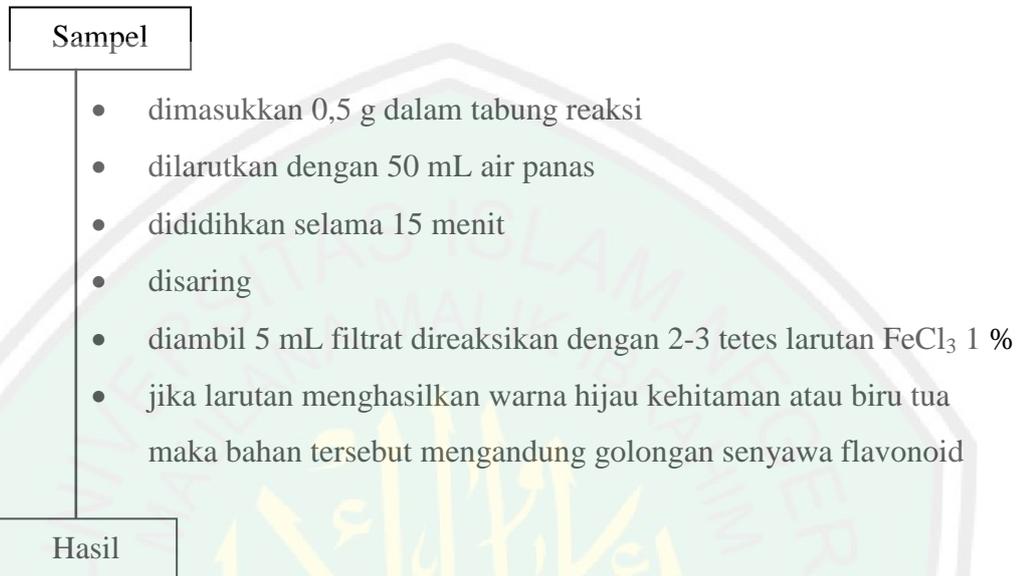


1.11 Analisis Kepekatan Warna Ekstrak Sampel Menggunakan *Color Reader* Minolta CR-10

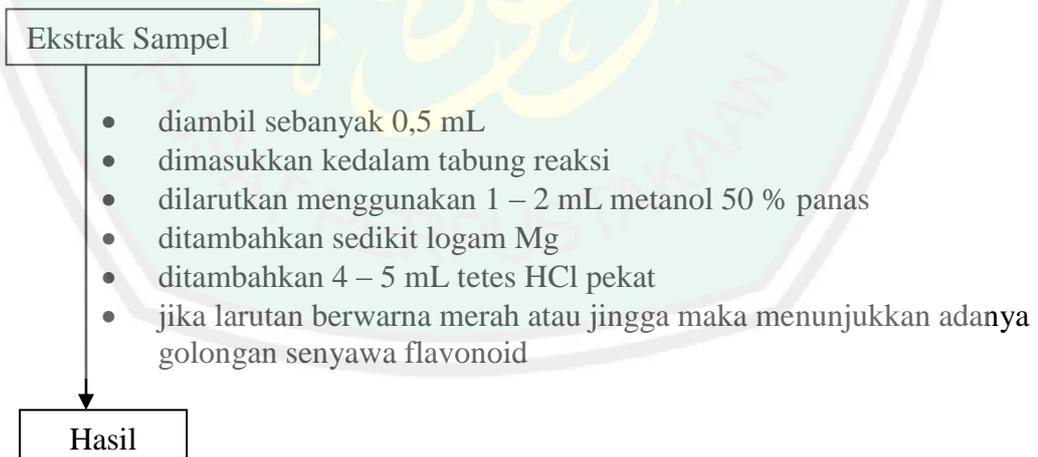


1.12 Uji Golongan Senyawa Flavonoid Pada Ekstrak Sampel

1.12.1 Uji Menggunakan FeCl_3



1.12.2 Uji Menggunakan Serbuk Mg



Lampiran 2. Perhitungan Pembuatan Reagen

2.1 Pembuatan Metanol 50 %

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$99,8 \% \times V_1 = 50 \% \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 5 \text{ mL}$$

Cara pembuatannya adalah mengambil akuades ± 3 mL dimasukkan kedalam labu takar. Dimasukkan juga metanol yang diambil menggunakan pipet ukur 5 mL sebanyak 5 mL yang kedalam labu takar yang telah terisi akuades. Penambahan metanol dengan menempelkannya pada dinding labu takar, kemudian dibilas dinding tersebut menggunakan akuades. Ditambahkan kembali akuades hingga tanda batas 10 mL, kemudian dibersihkan dinding-dinding labu takar yang masih terdapat cairan. Apabila telah dibersihkan kemudian dikocok agar larutan tersebut homogen. Semua perlakuan dilakukan di lemari asam.

2.1 Pembuatan Etanol 70 %

$$M_1 \times V_1 = M_2 \times V_2$$

$$99,8 \% \times V_1 = 70 \% \times 10 \text{ mL}$$

$$V_1 = 7 \text{ mL}$$

Cara pembuatannya adalah mengambil akuades ± 3 mL dimasukkan kedalam labu takar. Dimasukkan juga etanol yang diambil menggunakan pipet ukur 10 mL sebanyak 7 mL yang kedalam labu takar yang telah terisi akuades. Penambahan etanol dengan menempelkannya pada dinding labu takar, kemudian

dibilas dinding tersebut menggunakan akuades. Ditambahkan kembali akuades hingga tanda batas 10 mL, kemudian dibersihkan dinding-dinding labu takar yang masih terdapat cairan. Apabila telah dibersihkan kemudian dikocok agar larutan tersebut homogen. Semua perlakuan dilakukan di lemari asam.

2.3 Pembuatan Larutan Iodin 0,05 M dalam Asetonitril

$$\text{BM } I_2 = 253,8 \text{ g/mol}$$

$$\text{Konsentrasi Larutan} = 0,05 \text{ mol/L}$$

$$V \text{ Lar.} = 10 \text{ mL} = 0,01 \text{ L}$$

$$M \text{ Lar} = \frac{n I_2}{V \text{ Lar}}$$

$$\begin{aligned} n \text{ (mol) } I_2 &= M \text{ Lar.} \times V \text{ Lar.} \\ &= 0,05 \text{ mol/L} \times 0,01 \text{ L} = 0,0005 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n I_2 = \frac{W I_2}{\text{BM } I_2}$$

$$\begin{aligned} W I_2 &= n I_2 \times \text{BM } I_2 \\ &= 0,005 \text{ mol} \times 253,8 \text{ g/mol} = 0,127 \text{ g} \end{aligned}$$

Cara pembuatannya adalah dengan menimbang iodin serbuk dengan neraca analitik sebanyak 0,127 gram, kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan dilarutkan dengan asetonitril 5 mL. serbuk yang telah larut kemudian dipindahkan pada labu takar 10 mL menggunakan pipet ukur 5 mL. Ditambahkan kembali asetonitril hingga tanda batas 10 mL, kemudian dibersihkan dinding-dinding labu takar yang masih terdapat cairan. Apabila telah dibersihkan kemudian dikocok agar larutan tersebut homogen. Semua perlakuan dilakukan di lemari asam.

2.4 Pembuatan Larutan Kalium Iodida 0,5 M dalam Asetonitril

$$\text{BM KI} = 166 \text{ g/mol}$$

$$\text{Konsentrasi Lar.} = 0,5 \text{ mol/L}$$

$$\text{V Lar.} = 10 \text{ mL} = 0,01 \text{ L}$$

$$\text{M Lar} = \frac{n \text{ KI}}{V \text{ Lar}}$$

$$\begin{aligned} n \text{ (mol) KI} &= \text{M Lar.} \times \text{V Lar.} \\ &= 0,5 \text{ mol/L} \times 0,01 \text{ L} = 0,005 \text{ mol} \end{aligned}$$

$$n \text{ KI} = \frac{W \text{ KI}}{\text{BM KI}}$$

$$\begin{aligned} W \text{ KI} &= n \text{ KI} \times \text{BM KI} \\ &= 0,005 \text{ mol} \times 166 \text{ g/mol} = 0,84 \text{ g} \end{aligned}$$

Cara pembuatannya adalah dengan menimbang kalium iodida serbuk dengan neraca analitik sebanyak 0,84 gram, kemudian dimasukkan ke dalam *beaker glass* dan dilarutkan dengan asetonitril 5 mL. serbuk yang telah larut kemudian dipindahkan pada labu takar 10 mL menggunakan pipet ukur 5 mL. Ditambahkan kembali asetonitril hingga tanda batas 10 mL, kemudian dibersihkan dinding-dinding labu takar yang masih terdapat cairan. Apabila telah dibersihkan kemudian dikocok agar larutan tersebut homogen. Semua perlakuan dilakukan di lemari asam.

2.5 Pembuatan larutan standar asam galat 25, 50, 100, 200, 400, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 1800, 2000 ppm

$$2000 \text{ ppm larutan stok} = \frac{100 \text{ mg}}{0,05 \text{ L}} = 2000 \text{ ppm}$$

❖ Pembuatan Larutan 1800 ppm

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 1800 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 9 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 1800 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 9 mL.

❖ **Pembuatan Larutan 1600 ppm**

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 1600 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 8 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 1600 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 8 mL.

❖ **Pembuatan Larutan 1400 ppm**

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 1400 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 7 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 1400 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 7 mL.

❖ **Pembuatan Larutan 1200 ppm**

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 1200 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 6 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan sampel 1200 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 6 mL.

❖ **Pembuatan Larutan 1000 ppm**

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 1000 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 1000 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 5 mL.

❖ **Pembuatan Larutan 800 ppm**

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 800 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 4 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 800 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 4 mL.

❖ Pembuatan Larutan 600 ppm

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 600 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 3 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 600 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 3 mL.

❖ Pembuatan Larutan 400 ppm

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 400 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 2 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 400 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 2 mL.

❖ Pembuatan Larutan 200 ppm

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 200 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 1 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 10 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 1 mL.

❖ Pembuatan Larutan 100 ppm

$$V_2 = \frac{10 \text{ mL} \times 100 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 0,5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 100 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 0,5 mL.

❖ Pembuatan Larutan 50 ppm

$$V_2 = \frac{20 \text{ mL} \times 50 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 0,5 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 50 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 0,5 mL.

❖ Pembuatan Larutan 25 ppm

$$V_2 = \frac{20 \text{ mL} \times 25 \text{ ppm}}{2000 \text{ ppm}} = 0,25 \text{ mL}$$

Jadi, untuk membuat 10 mL larutan 25 ppm diperlukan larutan stok 2000 ppm sebanyak 0,25 mL.

2.6 Pembuatan larutan Na_2CO_3 7 %

Sebanyak 7 g Na_2CO_3 ditimbang dengan menggunakan neraca analitik, kemudian dilarutkan dengan aquades dalam beaker glass 50 mL, diaduk dan ditambahkan aquades sambil terus diaduk dengan memakai batang pengaduk. Setelah larut sempurna, larutan tersebut dimasukkan kedalam labu takar 100 mL dan ditambahkan kembali aquades sampai tanda batas 100 mL. Kemudian labu takar ditutup rapat dan dikocok secara perlahan agar larutan menjadi homogen

2.7 Pembuatan larutan FeCl_3 1 %

$$\% \text{ konsentrasi} = \frac{\text{g larutan}}{\text{g terlarut} + \text{g pelarut}} \times 100 \%$$

$$\text{g terlarut} + \text{g pelarut} = \frac{\text{g terlarut}}{\% \text{ konsentrasi}} \times 100 \%$$

$$1 \text{ g} + \text{g pelarut} = 100 \text{ g} - 1 \text{ g} = 99 \text{ gram}$$

$$\text{Volume pelarut} = \frac{\text{g pelarut}}{\text{Bj pelarut}} = \frac{99 \text{ gram}}{1 \text{ gr/mL}} = 99 \text{ mL}$$

Cara pembuatannya adalah ditimbang serbuk $\text{FeCl}_3 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ sebanyak 1 gram kemudian dilarutkan dengan 99 mL aquades.

Lampiran 3. Perhitungan Energi Eksitasi

$$\lambda_{\text{maks}} \text{ yang terdeteksi (daun jati Belanda)} = 332,9 \text{ nm} = 3,329 \times 10^{-7} \text{ m}; 278,8$$

$$\text{nm} = 2,788 \times 10^{-7} \text{ m}$$

λ_{maks} yang terdeteksi (temu ireng) = 253,2 nm = $2,532 \times 10^{-7}$ m; 258,8 nm = $2,588 \times 10^{-7}$ m; 330,2 nm = $3,302 \times 10^{-7}$ m; 385,4 nm = $3,854 \times 10^{-7}$ m

Kecepatan cahaya = 3×10^8 m.s⁻¹

Ketetapan Planck = $6,626 \times 10^{-34}$ J.s

1 joule = $6,25 \times 10^{18}$ eV

$$E_{\text{exc}} = E^* - E_0 = hv = \frac{hc}{\lambda}$$

Keterangan:

E_{exc} = total energi eksitasi (J)

E^* = energi eksitasi

E_0 = energi dasar

h = persamaan planck (J.s)

v = frekuensi (s⁻¹)

c = kecepatan cahaya (m.s)

λ = panjang gelombang (m)

$$\begin{aligned} E_{\text{exc } 332,9 \text{ nm}} &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}}{3,329 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 5,971 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= 5,971 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,25 \times 10^{18} \text{ eV.J}^{-1} = 3,73 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{exc } 278,8 \text{ nm}} &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J.s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}}{2,788 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 7,129 \cdot 10^{-19} \text{ J} \end{aligned}$$

$$= 7,129 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,25 \times 10^{18} \text{ eV} \cdot \text{J}^{-1} = 4,45 \text{ eV}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{exc } 253,2 \text{ nm}} &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{2,532 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 7,850 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= 7,850 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,25 \times 10^{18} \text{ eV} \cdot \text{J}^{-1} = 4,90 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{exc } 285,8 \text{ nm}} &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{2,858 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 6,955 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= 6,955 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,25 \times 10^{18} \text{ eV} \cdot \text{J}^{-1} = 4,34 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{exc } 330,2 \text{ nm}} &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{3,302 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 6,019 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= 6,019 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,25 \times 10^{18} \text{ eV} \cdot \text{J}^{-1} = 3,76 \text{ eV} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} E_{\text{exc } 385,4 \text{ nm}} &= \frac{hc}{\lambda} \\ &= \frac{6,626 \times 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s} \cdot 3 \times 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}}{3,854 \times 10^{-7} \text{ m}} \\ &= 5,157 \cdot 10^{-19} \text{ J} \\ &= 5,157 \cdot 10^{-19} \text{ J} \cdot 6,25 \times 10^{18} \text{ eV} \cdot \text{J}^{-1} = 3,22 \text{ eV} \end{aligned}$$

Lampiran 4. Perhitungan Pengukuran SSPT

❖ Hasil Pengukuran Tegangan SSPT *dye* daun jati Belanda

Lama Perendaman	Tegangan (V)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-Rata
0 menit	0,118	0,118	0,118	0,118
10 menit	0,335	0,2146	0,2132	0,254
1 Jam	0,373	0,3413	0,2091	0,307
24 Jam	0,238	0,0908	0,0969	0,1419
48 Jam	0,1732	0,0897	0,1215	0,128

❖ Hasil Pengukuran Tegangan SSPT *dye* temu ireng

Lama Perendaman	Tegangan (V)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-Rata
0 menit	0,118	0,118	0,118	0,118
10 menit	0,303	0,245	0,272	0,273
1 Jam	0,312	0,3184	0,2482	0,292
24 Jam	0,26	0,272	0,1179	0,216
48 Jam	0,178	0,214	0,1579	0,183

❖ Hasil Pengukuran Arus SSPT *dye* daun jati Belanda

Lama Perendaman	Arus (mA)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-Rata
0 menit	0,01	0,01	0,01	0,01
10 menit	0,01	0,02	0,03	0,02
1 Jam	0,04	0,04	0,04	0,04
24 Jam	0,03	0,02	0,01	0,02
48 Jam	0,01	0,01	0,01	0,01

❖ Hasil Pengukuran Arus SSPT *dye* temu ireng

Lama Perendaman	Arus (mA)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-Rata
0 menit	0,01	0,01	0,01	0,01
10 menit	0,01	0,01	0,01	0,01
1 Jam	0,03	0,01	0,02	0,02
24 Jam	0,01	0,01	0,01	0,01
48 Jam	0,01	0,01	0,01	0,01

❖ Perhitungan Nilai Daya

$$P = V \times I$$

Keterangan:

$$P = \text{Daya (mW)}$$

$$V = \text{Tegangan (V)}$$

$$I = \text{Arus (mA)}$$

❖ Perhitungan Nilai Daya *dye* daun jati Belanda

1) Daya pada 0 menit

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 1} &= 0,118 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA} \\ &= 0,00118 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 2} &= 0,118 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA} \\ &= 0,00118 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 3} &= 0,118 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA} \\ &= 0,00118 \text{ mW} \end{aligned}$$

2) Daya pada 10 menit

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 1} &= 0,335 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA} \\ &= 0,00335 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 2} &= 0,2146 \text{ V} \cdot 0,02 \text{ mA} \\ &= 0,004292 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 3} &= 0,2132 \text{ V} \cdot 0,03 \text{ mA} \\ &= 0,006396 \text{ mW} \end{aligned}$$

3) Daya pada 1 jam

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 1} &= 0,373 \text{ V} \cdot 0,04 \text{ mA} \\ &= 0,01492 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 2} &= 0,3413 \text{ V} \cdot 0,04 \text{ mA} \\ &= 0,013652 \text{ mW} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \text{ Ulangan 3} &= 0,2091 \text{ V} \cdot 0,04 \text{ mA} \\ &= 0,008364 \text{ mW} \end{aligned}$$

4) Daya pada 24 jam

- Ulangan 1 = 0,238 V . 0,03 mA
= 0,00714 mW
- Ulangan 2 = 0,0908 V . 0,02 mA
= 0,001816 mW
- Ulangan 3 = 0,0969 V . 0,01 mA
= 0,000969 mW

5) Daya pada 24 jam

- Ulangan 1 = 0,1732 V . 0,01 mA
= 0,001732 mW
- Ulangan 2 = 0,0897 V . 0,01 mA
= 0,000897 mW
- Ulangan 3 = 0,1215 V . 0,01 mA
= 0,001215 mW

Lama Perendaman	Daya (mW)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
0 menit	0,00118	0,00118	0,00118	0,0012
10 menit	0,00335	0,004292	0,006396	0,00468
1 Jam	0,01492	0,013652	0,008364	0,1231
24 Jam	0,00714	0,001816	0,000969	0,0033
48 Jam	0,001732	0,000897	0,001215	0,00128

❖ Perhitungan Nilai Daya *dye* temu ireng

1) Daya pada 0 menit

- Ulangan 1 $= 0,118 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,00118 \text{ mW}$
- Ulangan 2 $= 0,118 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,00118 \text{ mW}$
- Ulangan 3 $= 0,118 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,00118 \text{ mW}$

2) Daya pada 10 menit

- Ulangan 1 $= 0,303 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,00303 \text{ mW}$
- Ulangan 2 $= 0,245 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,00245 \text{ mW}$
- Ulangan 3 $= 0,272 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,00272 \text{ mW}$

3) Daya pada 1 jam

- Ulangan 1 $= 0,312 \text{ V} \cdot 0,03 \text{ mA}$
 $= 0,00936 \text{ mW}$
- Ulangan 2 $= 0,3184 \text{ V} \cdot 0,01 \text{ mA}$
 $= 0,003184 \text{ mW}$
- Ulangan 3 $= 0,2482 \text{ V} \cdot 0,02 \text{ mA}$
 $= 0,004964 \text{ mW}$

4) Daya pada 24 jam

- Ulangan 1 = 0,26 V . 0,01 mA
 = 0,0026 mW
- Ulangan 2 = 0,272 V . 0,01 mA
 = 0,00272 mW
- Ulangan 3 = 0,1179 V . 0,01 mA
 = 0,001179 mW

5) Daya pada 48 jam

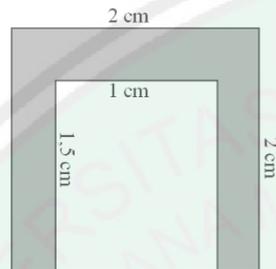
- Ulangan 1 = 0,178 V . 0,01 mA
 = 0,00178 mW
- Ulangan 2 = 0,214 V . 0,01 mA
 = 0,00214 mW
- Ulangan 3 = 0,1579 V . 0,01 mA
 = 0,001579 mW

Lama Perendaman	Daya (mW)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
0 menit	0,00118	0,00118	0,00118	0,0012
10 menit	0,00303	0,00245	0,00272	0,00273
1 Jam	0,00936	0,003184	0,004964	0,005836
24 Jam	0,0026	0,00272	0,001179	0,00216
48 Jam	0,00178	0,00214	0,001579	0,00192

Lampiran 5. Perhitungan Efisiensi SSPT

$$\text{Intensitas irradiasi} = 3000 \text{ lux} = 0,4488 \text{ mW/cm}^2$$

$$\text{Luas area deposisi TiO}_2 = 1 \text{ cm} \times 1,5 \text{ cm} = 1,5 \text{ cm}^2$$



Keterangan gambar :

- area deposisi pasta TiO₂
- area perekatan *scotch tape*

$$\eta = \frac{P_{Max}}{P_{Cahaya}} \times 100 \% = \frac{V \times I}{G \times A} \times 100 \%$$

Keterangan:

- η = efisiensi (%)
- P_{max} = daya yang dihasilkan sel surya (mW)
- P_{cahaya} = daya cahaya (mW)
- V = tegangan yang dihasilkan sel surya (V)
- I = arus yang dihasilkan sel surya (mA)
- G = intensitas irradiasi (mW/cm²)
- A = luas area deposisi (cm²)

❖ Perhitungan Nilai efisiensi *dye* daun jati Belanda

1) Efisiensi pada perendaman 0 menit

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00118 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,175282 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,00118 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,175282 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,00118 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,175282 \%
 \end{aligned}$$

2) Efisiensi pada perendaman 10 menit

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00335 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,497623 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,004292 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,637552 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,006396 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,950089 \%
 \end{aligned}$$

3) Efisiensi pada perendaman 1 Jam

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,01492 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 2,21628 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,013652 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 2,027926 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,008364 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 1,242424 \%
 \end{aligned}$$

4) Efisiensi pada perendaman 24 jam

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00714 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \%
 \end{aligned}$$

$$= 1,060606 \%$$

$$- \eta \text{ Ulangan 2} = \frac{0,001816 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \%$$

$$= 0,269756 \%$$

$$- \eta \text{ Ulangan 3} = \frac{0,000969 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \%$$

$$= 0,143939 \%$$

5) Efisiensi pada perendaman 48 jam

$$- \eta \text{ Ulangan 1} = \frac{0,001732 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \%$$

$$= 0,257279 \%$$

$$- \eta \text{ Ulangan 2} = \frac{0,000897 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \%$$

$$= 0,133244 \%$$

$$- \eta \text{ Ulangan 3} = \frac{0,001215 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \%$$

$$= 0,180481 \%$$

Lama Perendaman	Efisiensi (%)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
0 menit	0,175282	0,175282	0,175282	0,175282
10 menit	0,497623	0,637552	0,950089	0,69508
1 Jam	2,21628	2,027926	1,242424	1,82887
24 Jam	1,060606	0,269756	0,143939	0,49143
48 Jam	0,257279	0,133244	0,180481	0,19033

❖ Perhitungan Nilai efisiensi *dye* temu ireng

1) Efisiensi pada perendaman 0 menit

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00118 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,175282 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,00118 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,175282 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,00118 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,175282 \% \end{aligned}$$

2) Efisiensi pada perendaman 10 menit

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00303 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,450089 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,00245 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,363933 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,00272 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 0,40404 \% \end{aligned}$$

3) Efisiensi pada perendaman 1 Jam

$$\begin{aligned} - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00936 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\ &= 1,390374 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,003184 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,472965 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,004964 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,737374 \%
 \end{aligned}$$

4) Efisiensi pada perendaman 24 jam

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,0026 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,386215 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,00272 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,40404 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,001179 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,175134 \%
 \end{aligned}$$

5) Efisiensi pada perendaman 48 jam

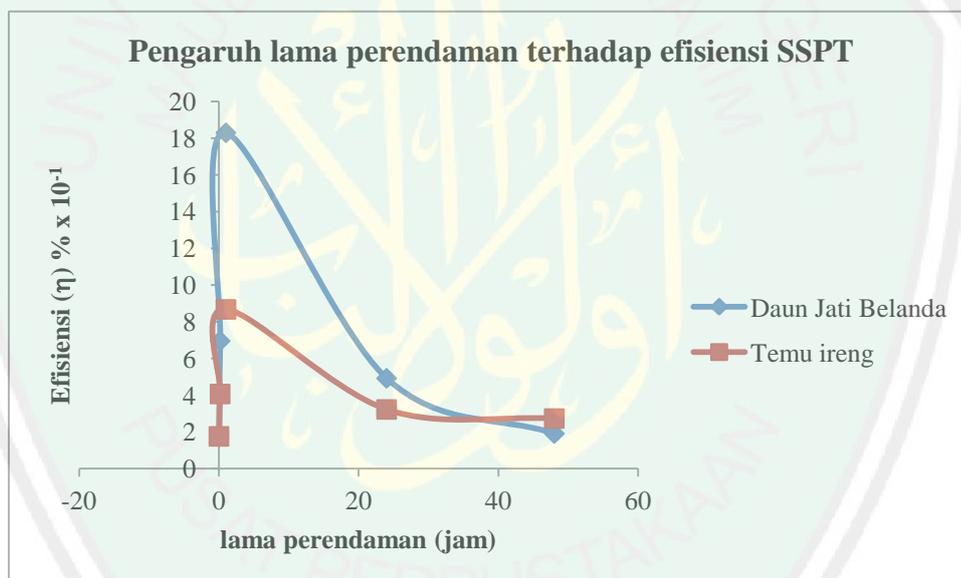
$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 1} &= \frac{0,00178 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,264409 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 2} &= \frac{0,00214 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,317885 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 - \eta \text{ Ulangan 3} &= \frac{0,001579 \text{ mW}}{0,4488 \text{ mW/cm}^2 \times 1,5 \text{ cm}^2} \times 100 \% \\
 &= 0,234551 \%
 \end{aligned}$$

Lama Perendaman	Efisiensi (%)			
	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Rata-rata
0 menit	0,175282	0,175282	0,175282	0,175282
10 menit	0,450089	0,363933	0,40404	0,406021
1 Jam	1,390374	0,472965	0,737374	0,866904
24 Jam	0,386215	0,40404	0,175134	0,321796
48 Jam	0,264409	0,317885	0,234551	0,272282

❖ Grafik Perbandingan Lama Perendaman dengan Efisiensi



Lampiran 6. Uji Two-way Pengaruh Lama Perendaman Terhadap Efisiensi

14/06/2014 20:06:34

Welcome to Minitab, press F1 for help.

Two-way ANOVA: hasil versus Lama Perendaman; Jenis ekstrak

Source	DF	SS	MS	F	P
Lama Perendaman	4	5,39324	1,34831	16,56	0,000
Jenis ekstrak	1	0,53766	0,53766	6,60	0,018
Interaction	4	1,02901	0,25725	3,16	0,036
Error	20	1,62834	0,08142		
Total	29	8,58824			

S = 0,2853 R-Sq = 81,04% R-Sq(adj) = 72,51%

Interpretasi Ouput M-ANOVA

Jika nilai $p > 0,05$ tidak ada pengaruh faktor perlakuan

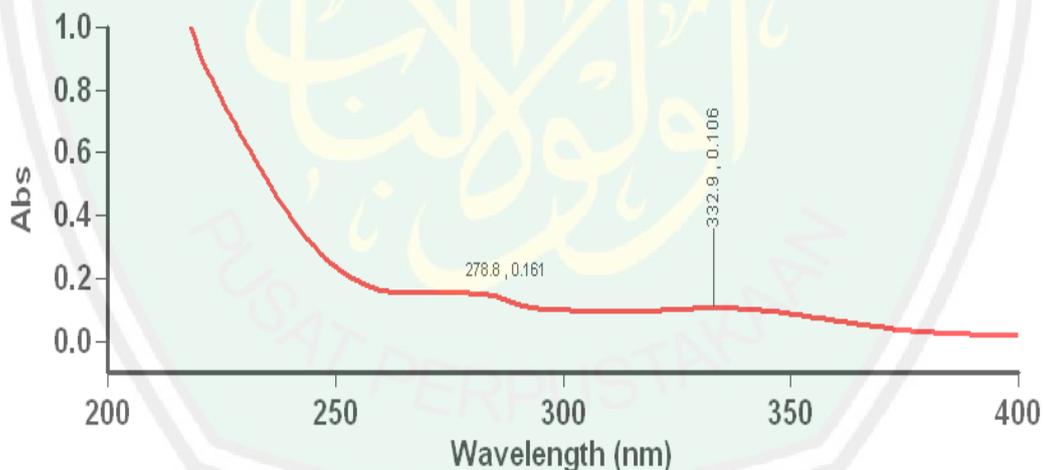
Jika nilai $p < 0,05$ ada pengaruh faktor perlakuan

Nilai p pada faktor waktu lama perendaman $p < 0,05$ ($p = 0,00$), sehingga ada pengaruh lama perendaman terhadap nilai efisiensi SSPT

Nilai p pada faktor ekstrak yaitu daun jati Belanda dan temu ireng $p > 0,05$ ($p = 0,018$), sehingga ada pengaruh ekstrak sampel terhadap nilai efisiensi SSPT

Lampiran 7. Data Panjang Gelombang Maksimum

7.1 Data Panjang Gelombang Maksimum Ekstrak Daun Jati Belanda menggunakan Spektrofotometer Varian Carry 50



Scan Analysis Report

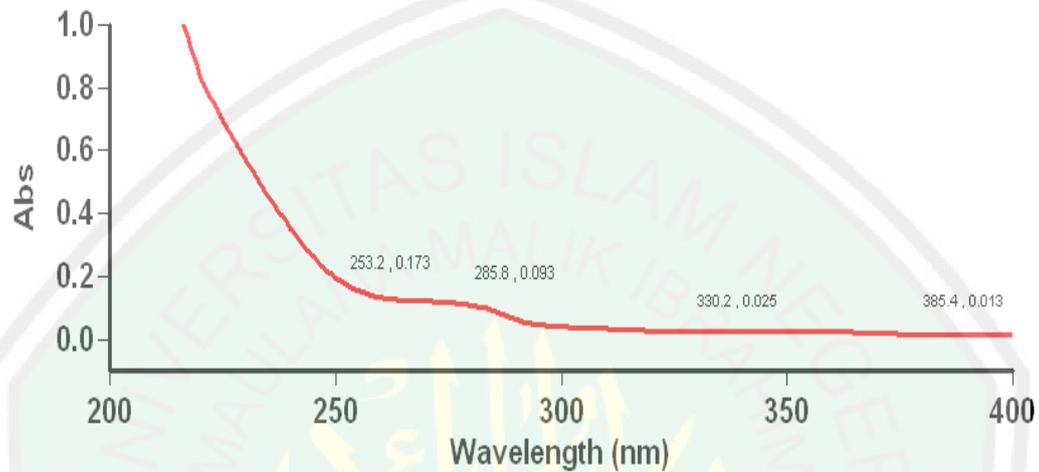
Report Time : Wed 30 Oct 09:44:02 PM 2013
 Method:
 Batch: D:\Rizqi M\Lamdha Maks Jati Belanda (30-10-2013).DSW
 Software version: 3.00(339)
 Operator: Rika

Sample Name: Jati Belanda

Collection Time 10/30/2013 9:44:55 PM
 Peak Table
 Peak Style Peaks
 Peak Threshold 0.0100
 Range 800.0nm to 200.1nm
 Wavelength (nm) Abs

332.9	0.106
278.8	0.161

7.2 Data Panjang Gelombang Maksimum Temu Ireng menggunakan Spektrofotometer Varian Carry 50



Scan Analysis Report

Report Time : Wed 30 Oct 09:38:03 PM 2013
 Method:
 Batch: D:\Rizqi M\Lamdha Maks Temu ireng (30-10-2013).DSW
 Software version: 3.00(339)
 Operator: Rika

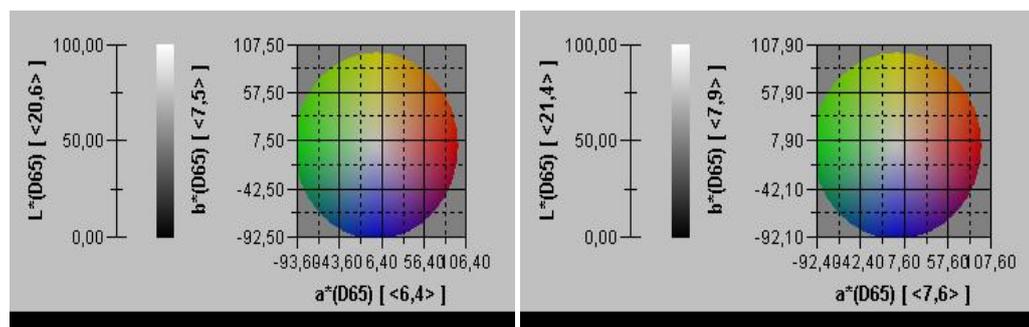
Sample Name: Temu Ireng

Collection Time 10/30/2013 9:39:03 PM

Peak Table
 Peak Style Peaks
 Peak Threshold 0.0100
 Range 800.0nm to 200.1nm

Wavelength (nm)	Abs
385.4	0.013
330.2	0.025
285.8	0.093
253.2	0.173

Lampiran 8. Data Analisis Warna Ekstrak Daun Tati Belanda dan Temu Ireng menggunakan Color Reader





LABORATORIUM PENGUJIAN MUTU dan KEAMANAN PANGAN
(Testing Laboratory of Food Quality and Food Safety)
JURUSAN TEKNOLOGI HASIL PERTANIAN
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Jl. Veteran, Malang 65145, Telp/Fax. (0341) 573358

E-mail : labujipangan_thpub@yahoo.com

KEPADA : Rizqi Munandar
TO UIN
MALANG

LAPORAN HASIL UJI
REPORT OF ANALYSIS

Nomor / Number : 4072THP/LAB/2013
 Nomor Analisis / Analysis Number : 4072
 Tanggal penerbitan / Date of issue : 03 Desember 2013

Yang bertanda tangan di bawah ini menerangkan, bahwa hasil pengujian
The undersigned ratifies that examination
 Dari contoh / of the sample (s) of : Ekstrak (Temu Ireng & Daun Jati Belanda)
 Untuk analisis / For analysis :
 Keterangan contoh / Description of sample :
 Diambil dari / Taken from : -
 Oleh / By : -
 Tanggal penerimaan contoh / Received : 25 November 2013
 Tanggal pelaksanaan analisis / Date of analysis : 25 November 2013

Hasil adalah sebagai berikut / Resulted as follows :

Kode	Warna		
	L*	a*	b*
A	21,4	7,6	7,9
B	20,6	6,4	7,5

HASIL PENGUJIAN INI HANYA BERLAKU UNTUK CONTOH-CONTOH TERSEBUT DI ATAS. PENGAMBIL CONTOH BERTANGGUNG JAWAB ATAS KEBENARAN TANDING BARANG

Ketua,



Dr. Ir. Sudarminto Setyo Yuwono, M.Sc.
 NIP. 19631216 198803 1 002

Lampiran 9. Tabel Korelasi Warna Sampel dan Warna Cahaya yang diserap.

Panjang Gelombang (nm)	Warna diserap	Warna Komplementer
< 380	UV	-
380-435	Violet	Kuning-hijau
435-480	Biru	Kuning
480-490	Hijau-Biru	Jingga
490-500	Biru Hijau	Merah
500-560	Hijau	Ungu
560-580	Kuning Hijau	Biru Ungu
580-595	Kuning	Biru
650-780	Jingga	Biru Hijau
>780	IR dekat	-

Sumber : Khopkar, 2008



Lampiran 10. Analisis Kadar Fenolik Total menggunakan Spektrofotometer Elisa

Model 680 Microplate Reader S/N 20940							Model 680 Microplate Reader S/N 20940						
Raw data report							Raw data report						
11/04/2014 16:17:52							11/04/2014 15:57:54						
Lab. name: UINSots UIN Malans							Lab. name: UINSots UIN Malans						
Kit name : KIMIA21412#01							Kit name : KIMIA21412#01						
Readings mode: Single							Readings mode: Single						
Measurement Filter: 655nm(4)							Measurement Filter: 655nm(4)						
A	1	2	3	4	5	6	A	1	2	3	4	5	6
B	0.038	0.050	0.069	0.126	0.151	0.279	B	0.037	0.050	0.067	0.121	0.146	0.269
C	0.049	0.043	0.047	0.047	0.047	0.046	C	0.049	0.044	0.047	0.047	0.047	0.047
D	0.041	0.064	0.069	0.099	0.149	0.282	D	0.041	0.063	0.068	0.097	0.145	0.272
E	0.052	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053	E	0.053	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
F	0.047	0.048	0.055	0.057	0.053	0.045	F	0.047	0.048	0.055	0.057	0.053	0.045
G	0.046	0.050	0.059	0.057	0.045	0.044	G	0.046	0.051	0.059	0.058	0.045	0.045
H	0.045	0.048	0.062	0.057	0.054	0.047	H	0.045	0.049	0.062	0.058	0.054	0.047
H	0.042	0.048	0.055	0.047	0.049	0.047	H	0.042	0.048	0.056	0.048	0.049	0.047
A	7	8	9	10	11	12	A	7	8	9	10	11	12
B	0.422	0.524	0.709	0.778	0.969	1.053	B	0.407	0.507	0.686	0.750	0.943	1.023
C	0.049	0.052	0.043	0.037	1.317	1.237	C	0.050	0.052	0.044	0.038	1.282	1.200
D	0.421	0.529	0.706	0.782	0.950	1.065	D	0.407	0.512	0.685	0.754	0.926	1.036
E	0.040	0.046	0.046	0.042	1.377	1.232	E	0.041	0.046	0.046	0.042	1.337	1.193
F	0.045	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047	F	0.045	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
G	0.047	0.046	0.050	0.049	0.051	0.048	G	0.048	0.046	0.051	0.050	0.052	0.049
H	0.045	0.053	0.049	0.047	0.049	0.045	H	0.046	0.054	0.049	0.048	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.051	0.046	H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047
Model 680 Microplate Reader S/N 20940							Model 680 Microplate Reader S/N 20940						
Raw data report							Raw data report						
11/04/2014 16:27:53							11/04/2014 16:07:52						
Lab. name: UINSots UIN Malans							Lab. name: UINSots UIN Malans						
Kit name : KIMIA21412#01							Kit name : KIMIA21412#01						
Readings mode: Single							Readings mode: Single						
Measurement Filter: 655nm(4)							Measurement Filter: 655nm(4)						
A	1	2	3	4	5	6	A	1	2	3	4	5	6
B	0.038	0.051	0.069	0.129	0.153	0.284	B	0.038	0.050	0.068	0.124	0.149	0.274
C	0.049	0.043	0.047	0.047	0.046	0.046	C	0.049	0.043	0.047	0.047	0.047	0.047
D	0.041	0.065	0.070	0.101	0.151	0.286	D	0.041	0.064	0.069	0.098	0.146	0.277
E	0.052	0.055	0.051	0.054	0.046	0.053	E	0.053	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
F	0.046	0.048	0.055	0.057	0.052	0.044	F	0.047	0.048	0.056	0.057	0.053	0.045
G	0.045	0.050	0.059	0.057	0.044	0.044	G	0.046	0.050	0.059	0.057	0.045	0.045
H	0.045	0.048	0.061	0.057	0.054	0.047	H	0.045	0.048	0.062	0.058	0.054	0.047
H	0.041	0.048	0.055	0.047	0.048	0.047	H	0.042	0.048	0.056	0.048	0.049	0.047
A	7	8	9	10	11	12	A	7	8	9	10	11	12
B	0.428	0.532	0.719	0.790	0.981	1.067	B	0.415	0.516	0.699	0.765	0.957	1.039
C	0.049	0.051	0.043	0.037	1.333	1.255	C	0.050	0.053	0.044	0.038	1.300	1.219
D	0.427	0.537	0.717	0.793	0.962	1.079	D	0.414	0.521	0.696	0.767	0.939	1.051
E	0.040	0.045	0.046	0.042	1.396	1.250	E	0.041	0.046	0.047	0.042	1.357	1.213
F	0.044	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047	F	0.045	0.048	0.051	0.056	0.052	0.047
G	0.047	0.045	0.050	0.049	0.051	0.048	G	0.047	0.046	0.051	0.050	0.052	0.049
H	0.045	0.053	0.049	0.047	0.049	0.045	H	0.045	0.054	0.050	0.048	0.049	0.045
H	0.043	0.046	0.046	0.050	0.051	0.046	H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Uji sampel

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 14/04/2014 15:02:12
 Lab. name: UINSots UIN Malans
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Sinsle
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.031	0.034	0.049	0.049	0.046	0.052
B	0.035	0.035	0.053	0.047	0.054	0.048
C	0.055	0.054	0.058	0.054	0.053	0.055
D	0.057	0.064	0.047	0.058	0.049	0.042
E	0.049	0.049	0.051	0.087	0.093	0.094
F	0.047	0.046	0.060	0.077	0.092	0.112
G	0.047	0.041	0.052	0.059	0.064	0.064
H	0.041	0.042	0.062	0.046	0.047	0.060

	7	8	9	10	11	12
A	0.050	0.049	0.049	0.046	0.049	0.047
B	0.050	0.059	0.054	0.064	0.060	0.060
C	0.045	0.044	0.057	0.054	0.051	0.048
D	0.043	0.049	0.049	0.047	0.060	0.053
E	0.053	0.049	0.066	0.090	0.091	0.102
F	0.066	0.064	0.062	0.094	0.096	0.107
G	0.056	0.054	0.050	0.055	0.055	0.051
H	0.052	0.052	0.060	0.058	0.046	0.051

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 16:37:59
 Lab. name: UINSots UIN Malans
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Sinsle
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.038	0.051	0.070	0.131	0.156	0.288
B	0.048	0.043	0.047	0.047	0.046	0.046
C	0.041	0.067	0.071	0.103	0.153	0.290
D	0.052	0.054	0.051	0.054	0.047	0.052
E	0.046	0.047	0.055	0.057	0.052	0.044
F	0.045	0.050	0.058	0.057	0.044	0.044
G	0.044	0.048	0.061	0.057	0.054	0.046
H	0.041	0.048	0.055	0.047	0.048	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.434	0.539	0.729	0.802	0.992	1.080
B	0.049	0.051	0.043	0.037	1.349	1.272
C	0.434	0.545	0.726	0.806	0.973	1.092
D	0.040	0.045	0.046	0.042	1.414	1.268
E	0.044	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
F	0.046	0.045	0.050	0.049	0.052	0.048
G	0.045	0.053	0.049	0.047	0.049	0.044
H	0.042	0.046	0.046	0.050	0.051	0.046

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 16:47:57
 Lab. name: UINSots UIN Malans
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Sinsle
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.039	0.052	0.071	0.134	0.159	0.292
B	0.048	0.043	0.047	0.047	0.047	0.046
C	0.042	0.068	0.073	0.104	0.156	0.295
D	0.052	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.046	0.048	0.055	0.057	0.053	0.045
F	0.045	0.050	0.059	0.057	0.045	0.045
G	0.045	0.049	0.062	0.058	0.055	0.047
H	0.042	0.048	0.055	0.048	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.441	0.547	0.738	0.814	1.004	1.094
B	0.050	0.052	0.043	0.038	1.365	1.289
C	0.441	0.553	0.736	0.818	0.985	1.106
D	0.041	0.046	0.047	0.042	1.433	1.285
E	0.045	0.048	0.051	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.046	0.051	0.050	0.052	0.049
G	0.046	0.054	0.050	0.048	0.050	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 17:17:56
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.040	0.054	0.074	0.139	0.165	0.304
B	0.049	0.043	0.048	0.047	0.047	0.047
C	0.043	0.071	0.076	0.108	0.162	0.307
D	0.053	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.047	0.048	0.056	0.057	0.053	0.045
F	0.046	0.050	0.060	0.057	0.045	0.045
G	0.045	0.048	0.062	0.057	0.055	0.047
H	0.042	0.048	0.056	0.047	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.463	0.568	0.765	0.845	1.035	1.129
B	0.050	0.053	0.044	0.038	1.409	1.335
C	0.458	0.574	0.762	0.850	1.016	1.142
D	0.041	0.046	0.047	0.042	1.481	1.333
E	0.045	0.048	0.051	0.056	0.052	0.047
F	0.048	0.046	0.051	0.050	0.052	0.048
G	0.046	0.054	0.049	0.047	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 17:27:53
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.040	0.054	0.073	0.141	0.166	0.307
B	0.049	0.043	0.047	0.047	0.046	0.046
C	0.043	0.072	0.076	0.109	0.163	0.309
D	0.053	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.047	0.047	0.055	0.057	0.052	0.044
F	0.046	0.050	0.059	0.057	0.045	0.044
G	0.045	0.048	0.061	0.058	0.054	0.046
H	0.042	0.048	0.055	0.047	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.469	0.574	0.772	0.854	1.046	1.140
B	0.049	0.052	0.043	0.037	1.422	1.349
C	0.462	0.580	0.770	0.860	1.026	1.153
D	0.041	0.046	0.047	0.042	1.496	1.347
E	0.045	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.046	0.050	0.049	0.052	0.048
G	0.045	0.053	0.049	0.047	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 16:57:53
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

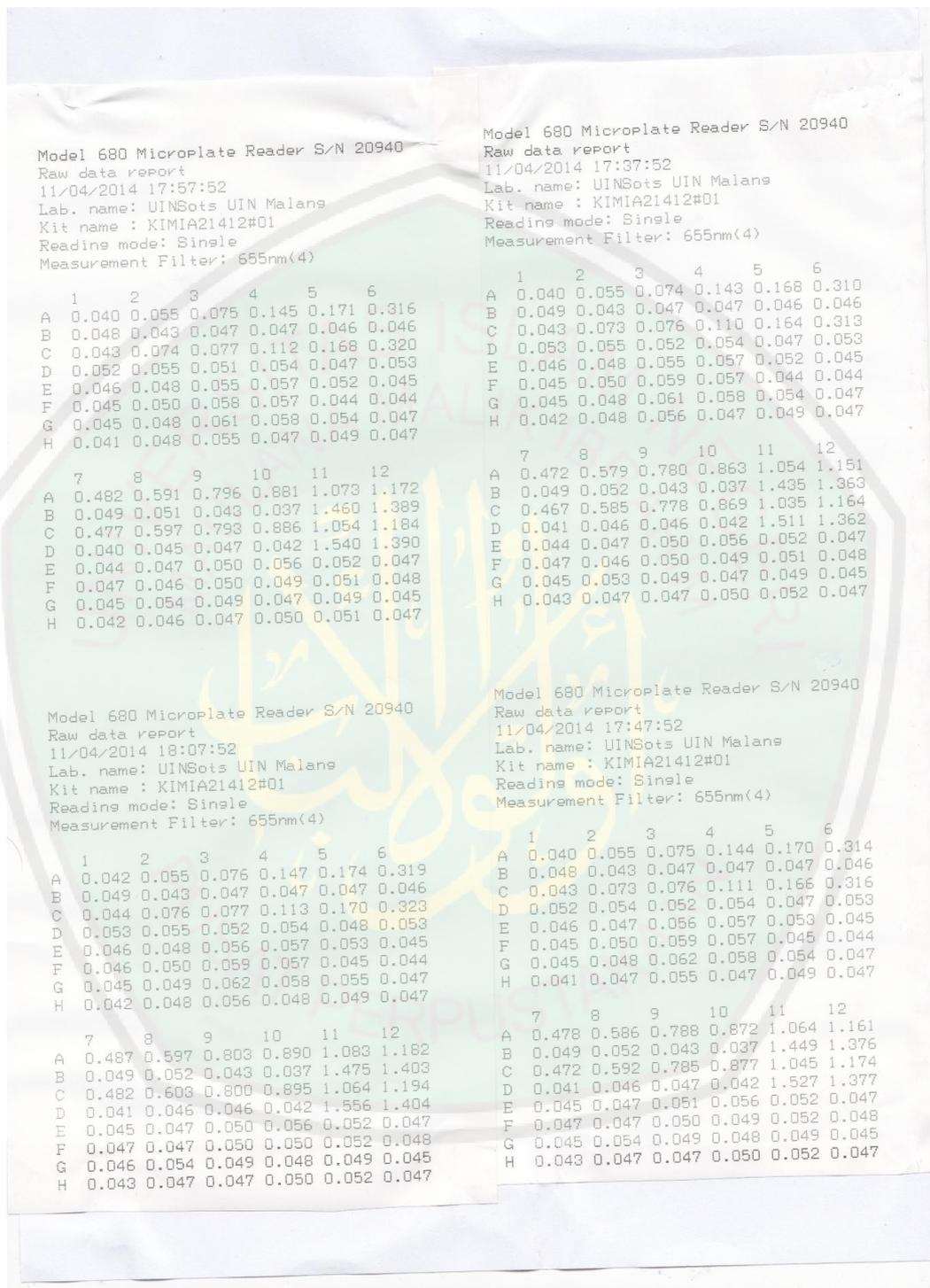
	1	2	3	4	5	6
A	0.039	0.052	0.072	0.135	0.160	0.296
B	0.048	0.042	0.047	0.046	0.046	0.046
C	0.042	0.069	0.073	0.105	0.157	0.299
D	0.052	0.054	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.046	0.047	0.055	0.057	0.052	0.044
F	0.045	0.049	0.059	0.056	0.044	0.044
G	0.045	0.048	0.062	0.057	0.054	0.046
H	0.041	0.047	0.056	0.047	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.447	0.554	0.747	0.824	1.014	1.105
B	0.049	0.051	0.043	0.037	1.380	1.306
C	0.446	0.559	0.744	0.827	0.995	1.118
D	0.040	0.045	0.046	0.042	1.448	1.301
E	0.044	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.045	0.050	0.049	0.051	0.048
G	0.045	0.053	0.048	0.047	0.049	0.045
H	0.043	0.046	0.046	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 17:07:52
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.040	0.054	0.072	0.138	0.163	0.301
B	0.049	0.043	0.047	0.047	0.047	0.047
C	0.042	0.071	0.075	0.107	0.160	0.303
D	0.052	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.046	0.048	0.055	0.058	0.053	0.045
F	0.045	0.050	0.059	0.058	0.045	0.045
G	0.045	0.049	0.061	0.058	0.054	0.047
H	0.042	0.048	0.055	0.048	0.049	0.048

	7	8	9	10	11	12
A	0.454	0.561	0.756	0.834	1.025	1.117
B	0.050	0.052	0.043	0.038	1.394	1.320
C	0.452	0.566	0.753	0.839	1.005	1.130
D	0.041	0.046	0.047	0.042	1.464	1.317
E	0.045	0.047	0.051	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.046	0.050	0.050	0.052	0.049
G	0.045	0.054	0.049	0.048	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047



Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 17:57:52
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.040	0.055	0.075	0.145	0.171	0.316
B	0.048	0.043	0.047	0.047	0.046	0.046
C	0.043	0.074	0.077	0.112	0.168	0.320
D	0.052	0.055	0.051	0.054	0.047	0.053
E	0.046	0.048	0.055	0.057	0.052	0.045
F	0.045	0.050	0.058	0.057	0.044	0.044
G	0.045	0.048	0.061	0.058	0.054	0.047
H	0.041	0.048	0.055	0.047	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.482	0.591	0.796	0.881	1.073	1.172
B	0.049	0.051	0.043	0.037	1.460	1.389
C	0.477	0.597	0.793	0.886	1.054	1.184
D	0.040	0.045	0.047	0.042	1.540	1.390
E	0.044	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.046	0.050	0.049	0.051	0.048
G	0.045	0.054	0.049	0.047	0.049	0.045
H	0.042	0.046	0.047	0.050	0.051	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 18:07:52
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.042	0.055	0.076	0.147	0.174	0.319
B	0.049	0.043	0.047	0.047	0.047	0.046
C	0.044	0.076	0.077	0.113	0.170	0.323
D	0.053	0.055	0.052	0.054	0.048	0.053
E	0.046	0.048	0.056	0.057	0.053	0.045
F	0.046	0.050	0.059	0.057	0.045	0.044
G	0.045	0.049	0.062	0.058	0.055	0.047
H	0.042	0.048	0.056	0.048	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.487	0.597	0.803	0.890	1.083	1.182
B	0.049	0.052	0.043	0.037	1.475	1.403
C	0.482	0.603	0.800	0.895	1.064	1.194
D	0.041	0.046	0.046	0.042	1.556	1.404
E	0.045	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.047	0.050	0.050	0.052	0.048
G	0.046	0.054	0.049	0.048	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 17:37:52
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.040	0.055	0.074	0.143	0.168	0.310
B	0.049	0.043	0.047	0.047	0.046	0.046
C	0.043	0.073	0.076	0.110	0.164	0.313
D	0.053	0.055	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.046	0.048	0.055	0.057	0.052	0.045
F	0.045	0.050	0.059	0.057	0.044	0.044
G	0.045	0.048	0.061	0.058	0.054	0.047
H	0.042	0.048	0.056	0.047	0.049	0.047

	7	8	9	10	11	12
A	0.472	0.579	0.780	0.863	1.054	1.151
B	0.049	0.052	0.043	0.037	1.435	1.363
C	0.467	0.585	0.778	0.869	1.035	1.164
D	0.041	0.046	0.046	0.042	1.511	1.362
E	0.044	0.047	0.050	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.046	0.050	0.049	0.051	0.048
G	0.045	0.053	0.049	0.047	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 17:47:52
 Lab. name: UINSots UIN Malang
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.040	0.055	0.075	0.144	0.170	0.314
B	0.048	0.043	0.047	0.047	0.047	0.046
C	0.043	0.073	0.076	0.111	0.166	0.316
D	0.052	0.054	0.052	0.054	0.047	0.053
E	0.046	0.047	0.056	0.057	0.053	0.045
F	0.045	0.050	0.059	0.057	0.045	0.044
G	0.045	0.048	0.062	0.058	0.054	0.047
H	0.041	0.047	0.055	0.047	0.049	0.047

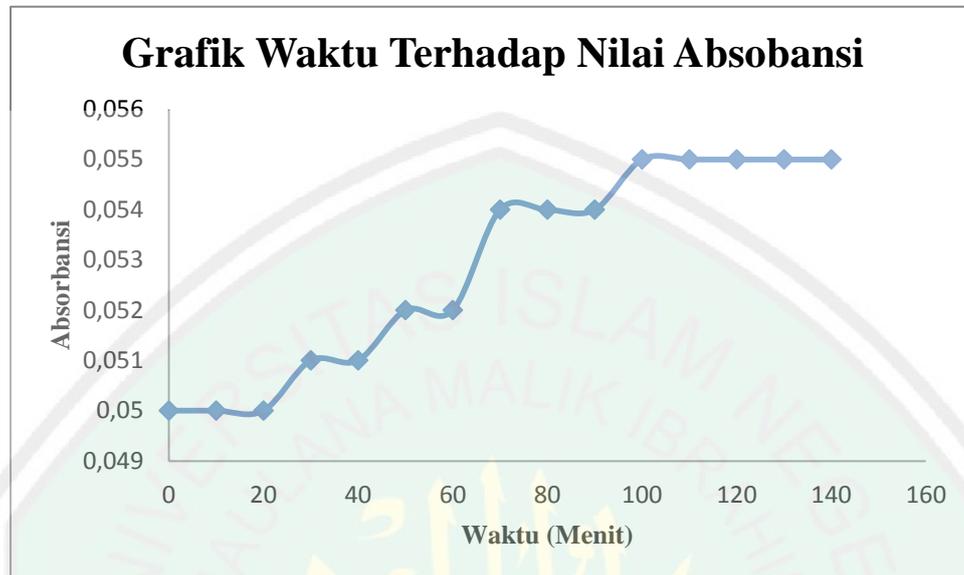
	7	8	9	10	11	12
A	0.478	0.586	0.788	0.872	1.064	1.161
B	0.049	0.052	0.043	0.037	1.449	1.376
C	0.472	0.592	0.785	0.877	1.045	1.174
D	0.041	0.046	0.047	0.042	1.527	1.377
E	0.045	0.047	0.051	0.056	0.052	0.047
F	0.047	0.047	0.050	0.049	0.052	0.048
G	0.045	0.054	0.049	0.048	0.049	0.045
H	0.043	0.047	0.047	0.050	0.052	0.047

Model 680 Microplate Reader S/N 20940
 Raw data report
 11/04/2014 18:17:52
 Lab. name: UINSots UIN Malane
 Kit name : KIMIA21412#01
 Reading mode: Single
 Measurement Filter: 655nm(4)

	1	2	3	4	5	6
A	0.041	0.055	0.076	0.147	0.174	0.322
B	0.048	0.042	0.047	0.046	0.046	0.046
C	0.043	0.076	0.073	0.113	0.171	0.325
D	0.052	0.054	0.051	0.053	0.046	0.052
E	0.046	0.047	0.055	0.057	0.052	0.044
F	0.044	0.049	0.058	0.056	0.044	0.044
G	0.044	0.048	0.061	0.057	0.054	0.046
H	0.041	0.047	0.055	0.047	0.048	0.046

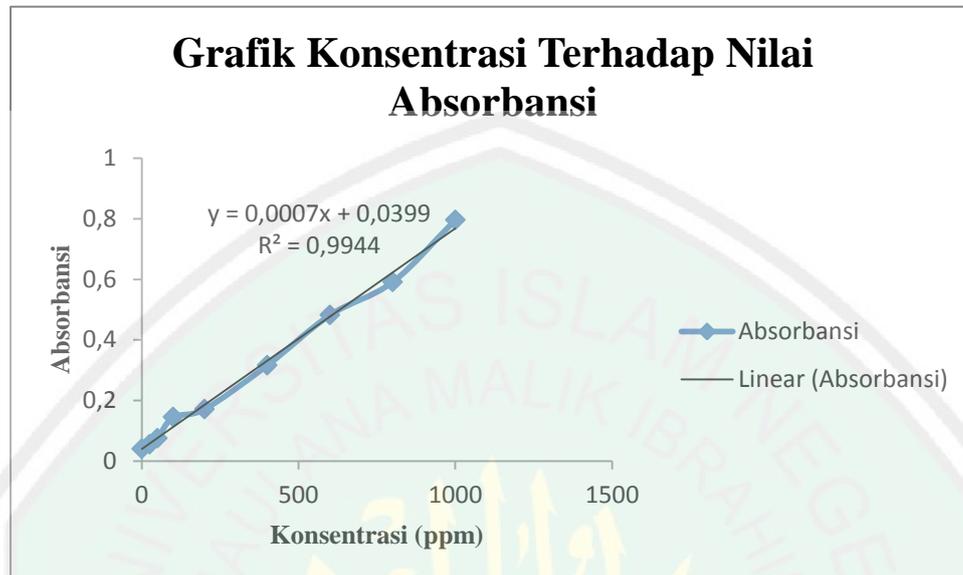
	7	8	9	10	11	12
A	0.491	0.602	0.810	0.898	1.092	1.192
B	0.048	0.051	0.043	0.037	1.486	1.414
C	0.486	0.609	0.808	0.905	1.073	1.205
D	0.040	0.045	0.046	0.042	1.572	1.417
E	0.044	0.047	0.050	0.056	0.052	0.046
F	0.046	0.046	0.050	0.049	0.051	0.048
G	0.045	0.054	0.049	0.047	0.049	0.045
H	0.042	0.046	0.046	0.050	0.051	0.046

❖ Kurva Penentuan Waktu Kestabilan



Waktu (Menit)	Absorbansi
0	0,05
10	0,05
20	0,05
30	0,051
40	0,051
50	0,052
60	0,052
70	0,054
80	0,054
90	0,054
100	0,055
110	0,055
120	0,055
130	0,055
140	0,055

❖ Kurva Standar Penentuan Kadar Fenolik



Konsentrasi (ppm)	Absorbansi
0	0,04
25	0,055
50	0,075
100	0,145
200	0,171
400	0,316
600	0,482
800	0,591
1000	0,796

❖ Perhitungan Penentuan Kadar Fenolik Ekstrak daun Jati Belanda (1000 ppm)

Absorbansi (1000 ppm)				Rata-rata
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	
0,094	0,112	0,102	0,107	0,10375

Dari persamaan regresi $y = 0,0007x + 0,0399$

$$0,10375 = 0,0007x + 0,0399$$

$$0,10375 - 0,0399 = 0,0007x$$

$$0,06385 = 0,0007x$$

$$x = \frac{0,06385}{0,0007} = 92,214$$

❖ **Perhitungan Penentuan Kadar Fenolik Ekstrak daun Jati Belanda (1000 ppm)**

Absorbansi (1000 ppm)				Rata-rata
Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	
0,064	0,060	0,051	0,051	0,0565

Dari persamaan regresi $y = 0,0007x + 0,0399$

$$0,0565 = 0,0007x + 0,0399$$

$$0,0565 - 0,0399 = 0,0007x$$

$$0,0166 = 0,0007x$$

$$x = \frac{0,0166}{0,0007} = 23,714$$

Lampiran 11. Perhitungan Analisis Kadar Air

$$\text{Kadar air} = \frac{b-c}{b-a} \times 100 \%$$

a = berat cawan kosong

b = berat cawan + sampel sebelum dikeringkan

c = berat cawan + sampel setelah dikeringkan

11.1 Perhitungan Daun Jati Belanda

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{48,952-48,529}{48,952-43,952} \times 100 \% \\ &= \frac{0,423}{5} \times 100 \% = 8,46 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{100 \%}{100 \% - 8,46} = 1,092$$

$$\% \text{ kadar air terkoreksi} = 8,46 - 1,092 = 7,368 \%$$

11.2 Perhitungan Temu Ireng

$$\begin{aligned} \text{Kadar air} &= \frac{49,429-49,034}{49,429-44,429} \times 100 \% \\ &= \frac{0,395}{5} \times 100 \% = 7,9 \end{aligned}$$

$$\text{Faktor koreksi} = \frac{100\%}{100\% - 7,9} = 1,085$$

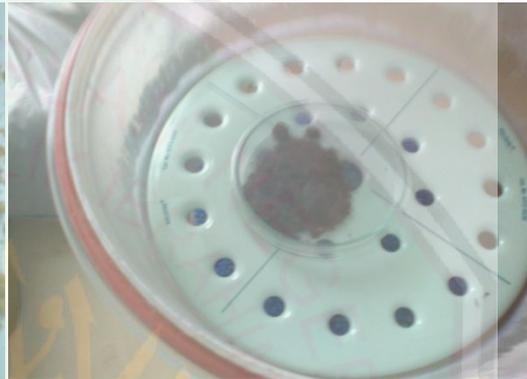
$$\% \text{ kadar air terkoreksi} = 7,9 - 1,085 = 6,815\%$$

Lampiran 12. Dokumentasi Penelitian

12.1 Preparasi Sampel dan Analisi Kadar Air

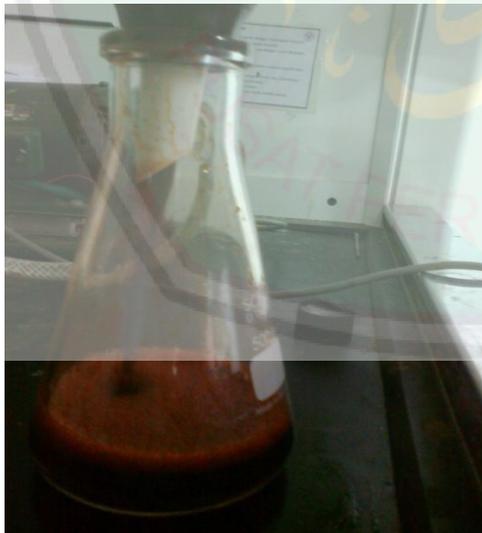


Gambar 1. Daun jati Belanda dan temu ireng setelah di ayak



Gambar 2. Analisi kadar air

12.2 Ekstraksi



Gambar 3. Penyaringan filtrat dan residu



Gambar 3. Peshakeran sampel

12.3 Pembuatan dan Pengujian *Prototipe* Sel Surya



Gambar 3. Pembuatan pasta TiO_2



Gambar 4. Pembuatan elektroda kerja



Gambar 5. Elektroda kerja *counter* elektroda



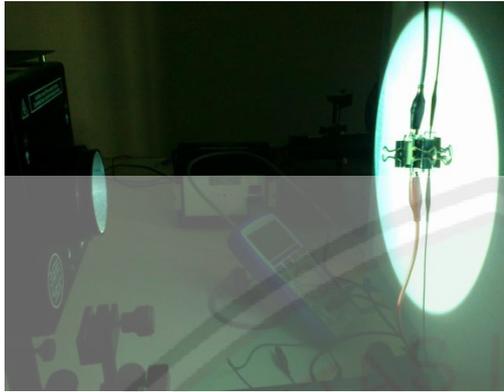
Gambar 6. Multimeter



Gambar 7. Perakitan SSPT



Gambar 8. Perendaman *Prototipe*



Gambar 9. Pengujian SSPT

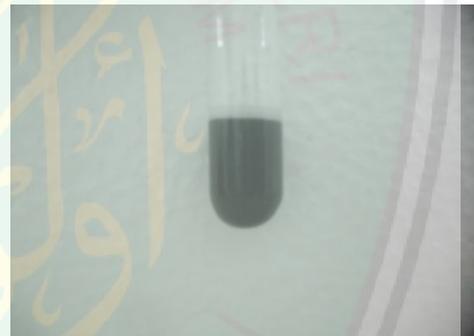
Gambar 10. Pembuatan *counter* elektroda

12.4 Uji Golongan Senyawa Flavonoid dengan Serbuk Mg

12.4.1 Ekstrak Daun Jati Belanda



Gambar 11. Ekstrak daun jati Belanda



Gambar 12. Uji flavonoid menggunakan serbuk Mg

12.4.2 Ekstrak Temu Ireng



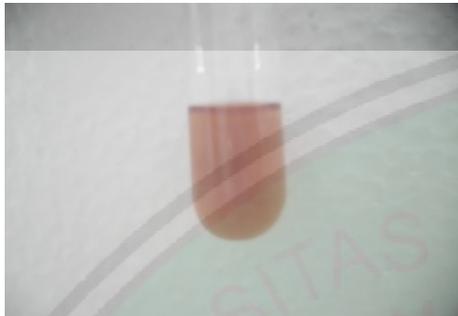
Gambar 13. Ekstrak Temu Ireng



Gambar 14. Uji flavonoid menggunakan serbuk Mg

12.5 Uji Golongan Senyawa Tanin menggunakan Reagen FeCl_3

12.5.1 Ekstrak Daun Jati Belanda



Gambar 15. Ekstrak daun jati Belanda



Gambar 16. Uji tanin menggunakan reagen FeCl_3

12.5.2 Ekstrak Temu Ireng



Gambar 17. Ekstrak Temu Ireng



Gambar 18. Uji tanin menggunakan reagen reagen FeCl_3

12.6 Uji Kadar Fenolik Total dan Analisis Warna



Gambar 19. Ekstrak daun jati Belanda dan Temu Ireng



Gambar 20. *Color reader* Minolta CR-10