

**KARAKTERISASI ZAT WARNA CABE MERAH (*Capsicum annum* L.)
FRAKSI METANOL: N-HEKSANA SEBAGAI *PHOTOSENSITIZER*
DALAM APLIKASI *DYE SENSITIZED SOLAR CELL***



Skripsi

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat Meraih
Gelar Sarjana Sains (S.Si) Jurusan Kimia
Fakultas Sains dan Teknologi
UIN Alauddin Makassar

Oleh:

MUHAMMAD SHIDDIQ MAMING

NIM: 60500111042

FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI
UIN ALAUDDIN MAKASSAR
2016

DAFTAR ISI

JUDUL	i
PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI	ii
PENGESAHAN	iii
KATA PENGANTAR	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR SINGKATAN	viii
ABSTRAK	ix
BAB I PENDAHULUAN	1-5
A. Latar Belakang Masalah	1
B. Rumusan Masalah	5
C. Tujuan Penelitian	5
D. Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6-23
A. Energi Listrik	6
B. Kanjian Al-Quran terhadap Sel Surya	7
C. Sel Surya	10
D. <i>Dye Sensitized Solar Cell</i> (DSSC)	10
E. Cabe Merah (<i>Capsicum annum L</i>)	19
F. Ekstraksi dan Fraksinasi	21
G. Morfologi dan Karakterisasi	25
BAB III METODE PENELITIAN	26-31
A. Waktu dan Tempat	26
B. Alat dan Bahan	26
C. Prosedur Kerja	27
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32-52
A. Hasil Penelitian	30

	B. Pembahasan	35
BAB	V PENUTUP	50
	A. Kesimpulan	50
	B. Saran	50
DAFTAR PUSTAKA		
LAMPIRAN-LAMPIRAN		
DAFTAR RIWAYAT HIDUP		



ABSTRAK

Nama : Muhammad Shiddiq Maming
NIM : 60500111042
Judul Skripsi : Karakterisasi zat warna cabe merah (*Capsicum annum L*) fraksi metanol:n-heksana sebagai fotosensitizer pada dye Sensitizer Solar Sel

Telah dilakukan penelitian terhadap senyawa warna pada ekstrak cabe merah (*Capsicum annum L*) untuk diaplikasikan sebagai fotosensitizer pada DSSC. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efisiensi ekstrak dari cabe merah dan karakter senyawa pada ekstrak. Nilai efisiensi diukur pada sel yang dibuat dari komponen kaca ITO 100 Ω dan semikonduktor TiO₂ teknis. Ekstrak cabe merah diperoleh dari maserasi ultrasonic menggunakan metanol dan selanjutnya dilakukan pemurnian dengan kromatografi kolom vakum (KKCV) dengan eluen metanol: n-heksana perbandingan 1:4, 1:1 dan 4:1. Hasil pengukuran nilai efisiensi dari ekstrak dan ketiga fraksi berturut turut 0.027%, 0.012%, 0.013% dan 0.034%. Terhadap fraksi 4:1 dilakukan karakterisasi menggunakan FTIR, Spektrofotometer UV-Vis dan GC-MS. Dari hasil pengukuran didapatkan panjang gelombang maksimum yaitu 466 dan 443 nm, bilangan gelombang 1631.78 cm^{-1} , 3008.95 cm^{-1} , 2992 cm^{-1} , 1739 cm^{-1} dan 3446.79 cm^{-1} dan pola fragmentasi pada kelimpahan m/z 91 dan 105 yang menyatakan adanya senyawa karotenoid seperti lutein dan Rhodopin.

Kata Kunci : *Capsicum annum L*, DSSC, Efisiensi, karakteristik dan karotenoid

**CHARACTERIZATION DYE RED CHILI (CAPSICUM ANNUM L.)
METHANOL FRACTION : N - HEXANE AS THE PHOTOSENSITIZER
IN THE APPLICATION OF DYE SENSITIZED SOLAR CELL**

Muh. Shiddiq Maming¹, Aisyah¹, dan Suriani¹

¹Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar

ahmadsidiq92@yahoo.com

ABSTRAK: Has done research on the dye compounds in the extract of red pepper (*Capsicum annum L*) for application as fotosentizer the DSSC. This study aims to determine the efficiency of the extract of red pepper and character dye compounds in the extract. The efficiency is measured on a cell made of glass ITO 100 Ω and the semiconductor technical TiO₂. red pepper extract obtained from the ultrasonic maceration with methanol purification is then performed using a vacuum with a chromatography column methanol eluent: n-hexane ratio of 1: 4, 1: 1 and 4: 1. The results of measurements of the efficiency of viscous extract, fraction methanol : n-hexane ratio 1:4, 1: 1 and 4: 1 are respectively 0.027%, 0.012%, 0.013% and 0.034%. the fraction of the methanol extract of 4: 1 was characterized by using FTIR, UV-Vis and GC-MS. The wavelength of visible light obtained at 466 and 443 nm which is the wavelength of carotene compound. Wavenumber 1631.78 cm^{-1} , 3008.95 cm^{-1} and 2992 cm^{-1} are unsaturated hydrocarbon groups that are characteristic of carotenoid compounds and wave number of 1739 cm^{-1} and 3446.79 cm^{-1} are carbonyl and hydroxyl of compounds xantofil. identifier of the results obtained by GC-MS fragmentation pattern of carotenoid compounds with heavy abundance of molecular ion m/z 91 and 105.

Keywords: Red pepper, *Dye sensitized Solar Cell*, Characterizations.

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Zat Warna Dan Jenisnya	15
Tabel II.2 Panjang Gelombang Dan Warna dari Beberapa Turunan Karotein....	17
Tabel IV.1 Pengukuran nilai efisiensi ekstrak cabe merah	32
Tabel IV.2 Pengukuran nilai efisiensi ekstrak cabe merah hasil KKCVC.....	32
Tabel IV.3 Panjang gelombang maksimum ekstrak cabe merah hasil KKCVC (metanol: N-heksana (1:4)) pada wilayah panjang 800-200nm.....	33
Tabel IV.4 Pita Serapan Spektrofotometer IR ekstrak cabe merah hasil KKCVC (metanol:N-heksana (1:4)).....	34
Tabel IV.5 Waktu retensi dengan probabilitas senyawa karotenoid.....	34
Tabel IV.6 Fragmentasi molekul pada retensi 9.87 dan 9.38 menit.....	35

DAFTAR SINGKATAN

BBM	: Bahan Bakar Minyak
BBN	: Bahan Bakar Nabati
DSSC	: <i>Dye Sensitized Solar Sel</i>
FTO	: <i>floredoped Tin Oxide</i>
GC-MS	: <i>Gas Cromatogravy –Mass Specroscopy</i>
HOMO	: <i>Higher Occupied Molecular Orbital</i>
IEO	: <i>Indonesia Energy Outlook</i>
IR	: <i>Infra red</i>
ITO	: <i>(Indium Transparent Oxide)</i>
kHz	: kilo Hertz
KKCV	: Kromatografi Kolom Cair Vakum
LUMO	: <i>Lower Unoccupied Molecular Orbital</i>
SEM	: <i>Scanning Elektronik Microscopy</i>
TCO	: <i>Transfarant Conductor Oxide</i>
UV-Vis	: <i>Ultraviolet-Visible</i>

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Masyarakat modern merupakan hasil dari perkembangan zaman. Perkembangan yang begitu cepat memberikan dampak yang berpengaruh pada peningkatan aktivitas masyarakat. Peningkatan ini mempengaruhi sumber daya yang ada. Aktivitas masyarakat akan memerlukan pasokan energi yang semakin meningkat dari tahun ke tahun. Oleh karena itu ketersediaan energi haruslah menjadi perhatian utama.

Di Indonesia, kebutuhan energi mengalami peningkatan setiap tahunnya yang dipicu berbagai aktivitas masyarakat yang memerlukan pasokan energi. Aktivitas masyarakat di berbagai bidang meningkatkan kebutuhan akan energi dari tahun ke tahun hingga sekitar 4,7 % (IEO, 2012: 4). Sektor industri merupakan sektor dengan konsumsi energi terbanyak yaitu sekitar 33 % diikuti oleh rumah tangga sebesar 27 %, transportasi 27 %, dan sektor lainnya sekitar 10 % (IEO, 2014: 36). Peningkatan jumlah penduduk merupakan penyebab utama hal tersebut. Pada tahun 2015 jumlah penduduk Indonesia diproyeksikan sekitar 255 juta jiwa dan pada tahun 2020 mencapai 271 juta jiwa (IOE, 2014: 7). Peningkatan tersebut turut meningkatkan kebutuhan energi.

Suplai energi yang memenuhi kebutuhan nasional dapat diperoleh dari sumber terbarukan dan tidak terbarukan. Penggunaan energi tidak terbarukan masih mendominasi yaitu sebesar 96 %. Energi tidak terbarukan yang berasal dari fosil seperti minyak bumi dengan penggunaan sekitar 48 %, gas 18 % dan batu bara 30 %

(IEO, 2014: 2) merupakan energi yang sangat terbatas sehingga setiap saat jumlahnya mengalami penurunan. Berbeda halnya dengan energi tidak terbarukan, sumber energi terbarukan merupakan sumber daya yang tidak akan pernah habis sehingga penggunaan energi diharapkan beralih pada sumber energi tersebut.

Keputusan Presiden No. 5 Tahun 2006 tentang kebijakan energi nasional yang memberikan gagasan tentang penggunaan energi baru terbarukan. Target kebijakan ini adalah peningkatan penggunaan energi baru terbarukan sebesar 25 % pada tahun 2025 (IEO, 2012 : 11). Peningkatan konsumsi energi baru terbarukan diharapkan mampu menurunkan pemakaian energi bahan bakar minyak (BBM) yang masih mendominasi penggunaan energi saat ini. Sumber energi baru dan terbarukan yang berasal dari alam seperti angin, air, dan matahari

Matahari merupakan sumber energi utama bagi kehidupan manusia. Pemanfaatan matahari yang merupakan energi terbarukan sebagai sumber energi merupakan suatu ide yang baik untuk meningkatkan kualitas dan pasokan energi listrik untuk memenuhi kebutuhan energi masyarakat.

Penciptaan matahari sebagai sumber energi untuk kehidupan manusia merupakan nikmat terbesar dari Allah Swt. Allah Swt. telah memberikan gambaran bagaimana matahari menjadi sumber kehidupan di bumi yang dijelaskan dalam Al-QS. Ad-Dhuha (93:1) yang berbunyi:

وَالضُّحَىٰ

Terjemahnya:

“*Demi matahari yang naik sepenggal*”(Depatemen Agama RI)

“kata wadduha ini berarti sinar matahari di awal siang (ketika sepenggal tingginya)” (Abduh, 1999: 217). “Allah bersumpah dengan matahari dan cahaya di

waktu dhuha yang sangat terang dan kontras dengan sesaat sebelum dimana matahari menutupi alam ini. Menurut kajian ilmiah cahaya matahari di pagi hari adalah yang paling lengkap panjang gelombangnya. Oleh karena itu cahaya matahari pagi paling bagi manusia. (Hosen,dkk., 2010 : 678).

Kajian tersebut menjelaskan bahwa matahari merupakan sumber energi bagi kehidupan melalui cahaya dengan berbagai panjang gelombang. Salah satu teknologi yang memanfaatkan cahaya matahari ke bumi sebagai sumber energi yaitu sel surya

Sel surya saat ini memanfaatkan silikon sebagai bahan dasar. Namun sel surya yang berbasis silikon ini merupakan sel surya yang mahal bagi golongan masyarakat bawah. Oleh karena itu dilakukanlah pemanfaatan dari bahan lain seperti zat warna alami. Zat warna dapat digunakan sebagai sel surya dengan mengkombinasikan komponen tertentu seperti bahan titania. Jenis sel surya ini ditemukan oleh Grätzel pada tahun 1991. Sel surya tersebut dikenal sebagai DSSC (*Dye-Sensitized Solar Sel*). Penggunaan DSSC sebagai sumber energi memiliki beberapa keuntungan seperti ketersediaannya yang banyak dan harganya yang murah.

Namun dibandingkan dengan sel surya bahan silikon, efisiensi energi listrik DSSC lebih rendah. Oleh karena itu perlu dilakukan peningkatan efisiensi energi listrik dari DSSC. Salah satu metode yang dilakukan untuk memperbaiki efisiensi adalah pemurnian terhadap ekstrak zat warna. Telah dilakukan penelitian terhadap pemurnian pada ekstrak zat warna buah sahkooti merah dan didapatkan bahwa pemurnian dengan metode ekstraksi fase padat tersebut dapat meningkatkan efisiensi zat warna (Mozzafarin, dkk., 2015 : 226). Metode lain yang biasanya digunakan untuk memurnikan suatu campuran komponen senyawa organik adalah kolom

kromatografi. Selain itu efisiensi juga dapat ditingkatkan berdasarkan jenis tanaman yang digunakan.

Zhou pada tahun 2011 telah melakukan penelitian terhadap 20 jenis tanaman diantaranya adalah bunga lili, bunga mawar merah, mawar kuning, manggis, kopi dan lainnya dan menemukan bahwa kulit manggis diketahui memiliki efisiensi terbaik sebesar 1,17 %. Nilai ini masih terbilang rendah dibandingkan sel surya pada umumnya. Oleh sebab itu diperlukan eksplorasi zat warna DSSC dari tumbuhan lain untuk mendapatkan efisiensi yang lebih baik.

Tumbuhan seperti cabe merah dapat digunakan sebagai zat warna pada DSSC karena memiliki banyak keuntungan, diantaranya karena cabe merupakan tanaman hortikultura yang mengalami peningkatan produksi setiap tahun. Tercatat bahwa dari tahun 2005 hingga 2012 produksi mengalami peningkatan dari 1.058,02 ribu ton menjadi 1.650,87 ribu ton (Kementrian Pertanian, 2013: 50). Peningkatan tersebut berpotensi untuk pengembangan sel surya organik dari bahan dasar cabe.

Pemilihan cabe sebagai zat warna dikarenakan kandungan zat warnanya berpotensi sebagai zat warna aplikasi DSSC. Komponen warna yang terdapat pada cabe didominasi oleh senyawa karotenoid. Terdapat berbagai jenis senyawa karotein yang terdapat pada cabe yang dapat berperan sebagai fotosensitizer dan zat warna inilah yang menjadi bahan utama pada DSSC.

Berdasarkan uraian diatas maka dilakukanlah penelitian ini, yaitu penggunaan zat warna dari tanaman cabe sebagai bahan dasar pembuatan sel surya. Pada penelitian ini akan dilakukan pemurnian dari ekstrak kasar cabe dengan menggunakan beberapa pelarut organik.

B. Rumusan Masalah

1. Berapakah nilai efisiensi DSSC dengan menggunakan zat warna cabe merah (*Capsicum annum* L) fraksi n-heksana:metanol.
2. Bagaimana karakteristik ekstrak cabe merah (*Capsicum annum* L) fraksi n-heksana:metanol.

C. Tujuan penelitian

Tujuan penelitian ini adalah

1. Untuk menentukan nilai efisiensi DSSC dengan menggunakan zat warna cabe merah (*Capsicum annum* L) n-heksana:metanol?
2. Untuk melakukan karakterisasi zat warna cabe (*Capsicum annum* L) fraksi n-heksana:metanol?

D. Manfaat Penelitian

A. Penulis

Memberikan pemahaman kepada penulis terhadap pembuatan DSSC yang berbahan cabe merah.

B. Instansi

Menambah literatur penelitian untuk pengembahangan lebih lanjut kepada peneliti selanjutnya khususnya mahasiswa jurusan kimia terhadap penggunaan cabe merah sebagai zat warna pada DSSC.

C. Masyarakat

Memberikan informasi kepada masyarakat terhadap pemanfaatan cabe merah sebagai bahan dasar sel surya sebagai energi listrik alternatif.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Energi listrik

Listrik merupakan kebutuhan masyarakat yang sangat penting. Hampir semua kegiatan masyarakat memanfaatkan energi listrik. Berbagai aktivitas masyarakat membutuhkan energi listrik seperti industri, ekonomi dan rumah tangga. Peningkatan konsumsi energi listrik terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Peningkatan energi listrik haruslah diimbangi dengan produksi listrik yang ada. Produksi listrik pada tahun 2013 mencapai 216 TWh dan diproyeksikan pada tahun 2025 produksi listrik mencapai 536 TWh (IOE, 2014:122). Proyeksi produksi listrik tersebut menjadi gambaran terhadap konsumsi listrik pada tahun 2025 sehingga perlu dilakukan peningkatan produksi energi. Peningkatan produksi listrik dapat dilakukan dengan mengoptimalkan penggunaan energi alternatif yang bersifat baru.

Energi listrik baru dan terbarukan merupakan perhatian utama, mengingat sumber energi dari bahan tidak terbarukan terus mengalami penurunan. Penurunan tersebut terjadi karena hampir seluruh sumber energi bersumberkan pada bahan tersebut sedangkan penggunaan energi baru terbarukan masih tergolong kecil yaitu 14 % (IOE, 2014: 124) dari total penggunaan energi. Dengan demikian perlu adanya suatu pengembangan terhadap penggunaan energi baru terbarukan sebagai sumber energi listrik.

Penggunaan energi baru terbarukan khususnya sebagai energi listrik terus mengalami peningkatan tiap tahunnya. Diperkirakan pada tahun 2050 energi listrik

yang berasal dari energi surya, BBN, tenaga angin, air, biomassa terus mengalami peningkatan sebesar 8,9 % pertahun. Kontribusi terbesar energi baru terbarukan didominasi oleh biodiesel sebesar 19 % dari total energi tersebut.(IOE, 2014:124).

Salah satu energi alternatif yang berpotensi sebagai sumber energi adalah energi surya. Hal ini karena pembangkit listrik tenaga surya merupakan pembangkit yang ramah lingkungan. Disamping itu energi surya akan semakin populer bila pajak lingkungan terhadap pembangkit listrik tenaga fosil ditetapkan oleh pemerintah. (IOE, 2014:120).

B. Kajian Al-Quran Terhadap Energi Surya

Kebutuhan akan energi dan krisis energi seperti dua hal yang berbeda. Konsumsi energi yang meningkat tidak dibarengi dengan ketersediaannya sehingga energi alternatif menjadi pusat perhatian masyarakat. Energi alternatif haruslah merupakan energi yang bersifat baru dan terbarukan. Alam yang diciptakan oleh Allah Swt merupakan bahan ekspolasi ditujukan untuk kepentingan manusia. Allah swt berfirman dalam Al-QS. Luqman (31:20) yang berbunyi:

أَلَمْ تَرَوْا أَنَّ اللَّهَ سَخَّرَ لَكُمْ مَّا فِي السَّمَوَاتِ وَمَا فِي الْأَرْضِ وَأَسْبَغَ عَلَيْكُمْ نِعَمَهُ
ظَهْرَةً وَبَاطِنَةً وَمِنَ النَّاسِ مَن يُجَادِلُ فِي اللَّهِ بِغَيْرِ عِلْمٍ وَلَا هُدًى وَلَا كِتَابٍ مُّنِيرٍ



Terjemahan:

20. Tidakkah kamu perhatikan Sesungguhnya Allah Telah menundukkan untuk (kepentingan)mu apa yang di langit dan apa yang di bumi dan menyempurnakan untukmu nikmat-Nya lahir dan batin. dan di antara manusia ada yang membantah tentang (keesaan) Allah tanpa ilmu pengetahuan atau petunjuk dan tanpa Kitab yang memberi penerangan. (Depatemen Agama RI)

Ayat diatas menjelaskan tentang bagaimana Allah Swt. memberikan nikmat kepada manusia. Menurut M.Quraish Shihab kata (سَخَّرَ) *sakhkhara* berarti *menundukkan sesuatu sehingga melakukan apa yang dikehendaki oleh penunduknya*. Penudukan ini bertujuan untuk menjalankan kepentingan umat manusia untuk memanfaatkan sesuai dengan apa yang diperintahkan oleh Allah Swt. selanjutnya, kata (أَسْبَغَ) *asbagha* yang artinya *luas* bermakna Allah Swt. memberikan nikmat tersebut dengan berlebih dari apa yang sebenarnya di butuhkan oleh manusia (Quraish Shihab, 2004:141) .

Ayat diatas merupakan ayat yang menjelaskan bahwa Allah Swt telah menciptakan alam semesta untuk kepentingan dan kelangsungan hidup manusia. Karena pemberian nikmat Allah ini, alam yang diciptakan oleh Allah merupakan sesuatu yang tercipta dengan penuh keteraturan sehingga manusia dapat menikmati karunia Allah tersebut. keteraturan alam ini dijelaskan oleh Allah swt dalam Al-QS. Al-Anbiya (21:16)

وَمَا خَلَقْنَا السَّمَاءَ وَالْأَرْضَ وَمَا بَيْنَهُمَا لِعَيْنٍ

Terjemahannya :

Dan tidaklah kami ciptakan langit dan bumi dan segala yang ada di antara keduanya dengan bermain-main.(Depatemen Agama RI)

Penjelasan ayat diatas ditujukan untuk kaum musyrikin yang mengingkari wahyu dari Allah Swt. ayat ini bermaksud untuk memperingatkan kepada mereka bahwa *Dan tidaklah kami ciptakan langit dan bumi dan segala yang ada di antara keduanya* dengan aturan yang rapi, indah dan harmonis *dengan bermain-main*. Ayat ini menjelaskan pula bahwa ciptaan yang rapi dan penuh keteraturan ini merupakan

kekuasaan Allah swt. yang ditujukan untuk kepentingan makhluknya (Quraish Shihab, 2004:427)

Penciptaan ini telah diatur dengan sangat teliti seperti pada penciptaan matahari dan bulan, sebagaimana yang Allah sebutkan dalam Al-QS. AR-Rahman (55:5) yang berbunyi.

الشَّمْسُ وَالْقَمَرُ مُحْسَبَانِ ﴿٥﴾

Terjemahan :

Matahari dan bulan (beredar) menurut perhitungan
(Depatemen Agama RI)

Kata *(مُحْسَبَانِ)* *husban* terambil dari kata *hisab* yakni perhitungan. Penambahan kata *alif* dan *nun* mengandung makna ketelitian yang sempurna (Quraish Shihab, 2004:497). Matahari dan bulan diciptakan oleh Allah swt dengan penuh perhitungan. Karena jika terjadi kesalahan pada penciptaan tersebut pastilah akan musnah kehidupan di bumi. Ketetapan ini berlaku pada matahari, Allah swt telah menetapkan kadar cahaya matahari yang sampai ke bumi dengan penuh perhitungan. Cahaya matahari yang sampai kebumi berada pada celah sangat sempit yaitu sebanyak 70% berada pada panjang gelombang 0,5 sampai 1,5 mikron yang terdiri dari cahaya inframerah-dekat, sinar tampak dan ultraviolet (Harun Yahya, 2000:98)

Kadar cahaya matahari inilah yang digunakan oleh manusia. Salah satu pemanfaatan dari cahaya matahari ini adalah sebagai sumber energi. Energi matahari telah dimanfaatkan sebagai penghasil energi listrik dalam bentuk sel surya.

C. Sel Surya

Konversi energi matahari menjadi energi listrik berupa perangkat panel sel telah banyak dikembangkan. Beberapa jenis sel surya telah dikembangkan menggunakan berbagai jenis bahan seperti kristal silikon, CuInSe_2 dan DSSC (Grätzel, 2001:344). Penelitian terbaru terhadap sel surya adalah penggunaan bahan senyawa halida organik logam yang disebut perovskite. (Zang, 2013 :4505). Diantara sel-sel surya tersebut DSSC merupakan sel surya yang paling murah dan mudah diperoleh.

D. DSSC (Dye Sensitized Solar Cell)

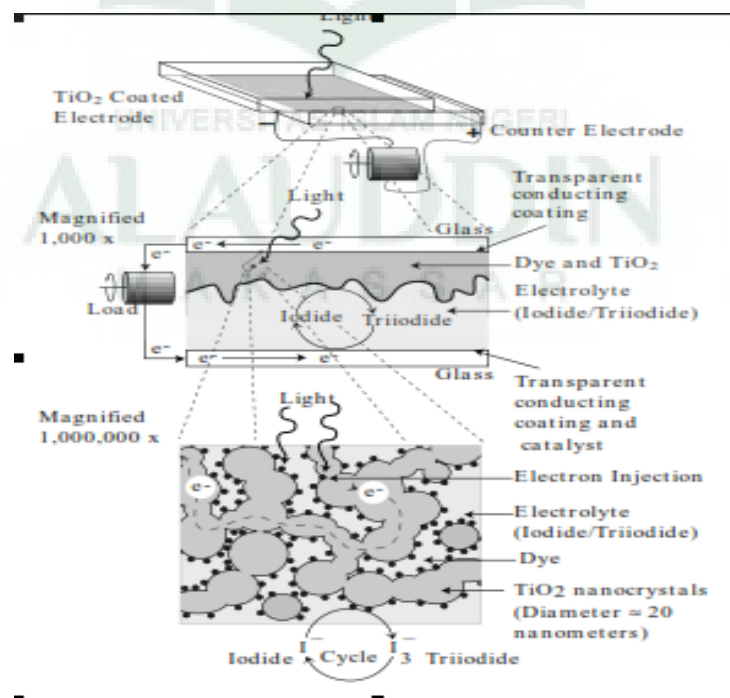
DSSC merupakan sel surya dengan bentuk seperti *sandwich*. Komponen dalam sel surya ini terdiri dari larutan polimer elektrolit, semikonduktor TiO_2 , pewarna (*Dye*) dan dilapisi oleh bahan dari kaca konduktor. Desain DSSC telah ditemukan oleh Grätzel dan O'Regan (1991:737) dengan menggunakan zat warna sebagai komponen utama.

DSSC memiliki konversi energi listrik yang rendah dibandingkan sel surya silikon. Arus listrik yang dihasilkan dari DSSC dari ekstrak kulit manggis sebesar 1,12 mA hingga 3,8 mA, nilai ini lebih rendah daripada sel surya silikon yaitu sekitar 4,54 mA (Webri dan Iskandar , 2012:60).

Perbedaan arus listrik yang dihasilkan oleh sel surya silikon dan DSSC disebabkan oleh komponen panel yang berbeda. Arus listrik yang dihasilkan pada DSSC berasal dari aktivitas senyawa penyusun. Peningkatan dari kinerja DSSC bergantung pada beberapa komponen penyusun sel surya. Dibawah ini akan dibahas mengenai prinsip dan bahan penyusun DSSC.

1. Prinsip DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*)

Prinsip dari DSSC sama dengan proses fotosintesis. Transfer elektron dari tiap komponen dalam *sandwich* akan menghasilkan energi listrik. Energi foton yang diserap oleh zat warna mengakibatkan tereksitasinya elektron dari keadaan HOMO menjadi LUMO. Elektron yang tereksitasi memudahkan perpindahan elektron menuju semikonduktor. Elektron pada semikonduktor kemudian ditransfer menuju elektroda. Oksidasi yang terjadi pada zat warna kemudian di netralkan oleh donor elektron I^- yang kemudian membentuk I_3^- yang berasal dari elektroda banding. Siklus elektron yang terjadi menghasilkan energi listrik (Grätzel dan Kay, 1996 : 100-101). Gambar siklus elektron pada DSSC dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar II.1 Komponen dan Siklus Elektron pada DSSC (Grätzel, 1998 : 752)

2. Komponen DSSC (*Dye Sensitized Solar Cell*)

Faktor ekonomis merupakan daya tarik utama pada pengembangan DSSC. Dengan harga yang lebih murah diharapkan DSSC sebagai sumber energi listrik mampu bersaing dengan dengan jenis sel surya lainnya. Pengembangan terhadap DSSC diharapkan dapat meningkatkan efisiensi yang masih dikategorikan rendah. Efisiensi DSSC dapat ditingkatkan dengan memodifikasi komponen-komponen DSSC. Komponen -komponen penyusun DSSC dapat dilihat sebagai berikut.

a. Elektoda

Komponen utama yang pertama pada DSSC adalah elektroda. Komponen ini berada pada bagian terluar pada DSSC. Elektroda pada DSSC berupa kaca konduktor (Grätzel dan O'Regan, 1991:737) yang terdiri dari elektroda dan elektroda pembanding (Gambar 2.1).

Kaca elektroda pada DSSC yang biasanya digunakan adalah TCO (*transparent conduction oxide*) dan seiring dengan perkembangannya, TCO telah digunakan dua jenis bahan aktif. Beberapa penelitian yang menggunakan Jenis bahan aktif pada TCO seperti ITO (*Indium Transparent Oxide*) (Al-Bat'ih, dkk., 2013 : 138) dan FTO (*floredoped Tin Oxide*) (Susanti, dkk., 2013).

b. Elektrolit

Berdasarkan prinsip kerja dari DSSC, elektrolit merupakan larutan yang berperan sebagai pendonor elektron pada zat warna yang telah mengalami oksidasi (Grätzel dan kay, 1996 :101). Elektrolit dapat menentukan hasil kerja pada DSSC sehingga pemilihan larutan elektrolit menjadi sangat penting

Pembuatan DSSC pertama kali dibuat dengan menggunakan larutan elektolit yang berupa kompleks iod (Grätzel dan O'Regan,1991:739). Beberapa larutan

elektrolit iod seperti NaI, KI atau TEAI yang dikombinasikan dengan larutan I₂ pada konsentrasi yang sama (Prasetyo, dkk., 2014: 47) dapat digunakan sebagai elektrolit. Pencampuran kedua senyawa larutan tersebut akan membentuk kompleks I⁻/I⁻³ (Torchani, dkk., 2015: 307).

Beberapa larutan elektrolit yang telah digunakan selain kompleks I⁻/I⁻³ adalah senyawa elektrolit yang disintesis dari bahan dasar *fatty imidazolonium*. Telah disintesis elektrolit bahan dasar *fatty imidazolonium* seperti palmitil imidazolinium, stearil imidazolinium dan cis oleil imidazolinium (Hardian, dkk., 2010: 7). Elektrolit dapat pula dibuat dari komposisi dua bahan kimia seperti etil karbonat dan propilen karbonat yang ditambahkan larutan iod (Subramani, dkk., 2013: 1649). Namun untuk membuat DSSC berharga murah maka penggunaan kompleks I⁻/I⁻³ masih menjadi pilihan utama.

c. Semikonduktor

Bahan dasar utama yang bertindak sebagai penyerap cahaya pada DSSC adalah semikonduktor. Bahan semikonduktor yang digunakan pada DSSC adalah senyawa anorganik logam. DSSC pada mulanya dikembangkan dengan menggunakan semikonduktor TiO₂ (Grätzel dan O'Regan, 1991:738). Semikonduktor ini adalah yang terbaik diantara senyawa logam lain karena senyawa ini bersifat inert, tidak berbahaya dan murah (Grätzel dan Kay, 1996 :103)

Namun penyerapan bahan semi konduktor TiO₂ hanya pada daerah ultraviolet sehingga memiliki efisiensi yang rendah (Gratzer, 2001:339). Efisiensi absorpsi TiO₂ hanya sebesar 5 % (Prasetyowati, 2012: 1) sehingga perlu ditambahkan komponen lain seperti zat warna (*dye*) untuk menambah efisiensi absorpsi.

Berdasarkan strukturnya, terdapat dua jenis TiO_2 yaitu anatase dan rutil. Dibandingkan dengan rutil, struktur anatase lebih baik digunakan sebagai semikonduktor karena memiliki sifat fotokimia dan aktivasi yang lebih tinggi. Selain itu anatase memiliki celah pita yang lebih besar dibandingkan rutil dengan perbedaan sebesar 0,2 eV (Grätzel dan Kay, 1996 :103). Dengan menggunakan struktur TiO_2 anatase sebagai semikonduktor diharapkan efisiensi energi listrik pada DSSC dapat ditingkatkan.

Selain itu peningkatan efisiensi pada DSSC dapat pula diupayakan pada saat preparasi TiO_2 pada kaca elektroda. TiO_2 ini dibuat dengan ketebalan tertentu. Berbagai metode yang telah diteliti untuk menentukan ketebalan TiO_2 pada elektroda seperti elektroforesis (Nuryadi, dkk., 2012: 48) dan *sol-gel-spin-coating* (Mulyani dan Astute, 2014: 84) yang mampu memperbaiki efisiensi penyerapan TiO_2 .

d. Zat Warna (Dye)

Zat warna yang digunakan pada komponen DSSC merupakan senyawa organik. Penambahan zat warna (dye) akan menghasilkan jangkauan energi hingga panjang gelombang visibel (Grätzel dan Kay, 1996 :103). Penyerapan warna pada senyawa organik dipengaruhi oleh gugus-gugus fungsi yang terdapat pada senyawa tersebut. Gugus-gugus fungsi tersebut disebut kromofor. Kromofor adalah gugus kovalen tidak jenuh yang menyerap radiasi pada daerah ultraviolet dan visibel. Penyerapan energi foton mengubah ikatan π menjadi π^* , n menjadi n^* dan n menjadi σ^* (Brian, dkk., 1989:388).

Selain kromofor gugus lain yang bertanggung jawab terhadap warna senyawa adalah auxokrom. Gugus ini merupakan gugus jenuh dengan elektron sunyi yang tidak menyerap radiasi. Fungsi dari gugus ini merangsang kenaikan penyerapan

panjang gelombang senyawa pada gugus kromofor (Unang, 2010: 19). Gugus fungsi ini seperti gugus hidroksil dan amina yang berdempetan dengan gugus aromatik (Brian,1989:388). Menurut Kevin (2004 :1-2).) Ada beberapa senyawa organik yang berperan dalam memberikan warna pada tumbuhan dapat dilihat pada Table II.1 di bawah ini:

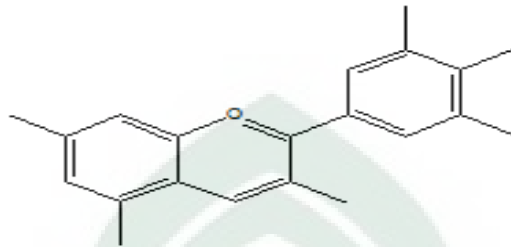
Tabel II.1 Zat Warna Dan Jenisnya

Zat Warna	Jenis
Betalanin	beta santin dan beta sianin
Karotein	karotein dan xantofil
Klorofil	Klorofil
Flavonoid	antosianin, flavonol, proantosianidin dan kalkon

Diantara zat warna tersebut ada tiga jenis senyawa yang didapatkan pada tanaman pada umumnya yaitu karotein , klorofil dan antosianin, sedangkan betalanin merupakan zat warna yang ditemukan pada beberapa jenis fungi.

1) Antosianin

Antosianin merupakan senyawa organik yang berperan dalam pemberian warna pada buah dan sayuran (Kong, 2003:923). Antosianin dihasilkan dari senyawa metabolit sekunder dari tanaman. Beberapa jenis antosianin merupakan senyawa flavonoid yang terdapat pada vakuola dalam bentuk glikosida pada sel (Simona, 2011 :3). Gambar antosianin dapat dilihat dibawah ini:



Gambar II.2 Struktur Umum Antosianin

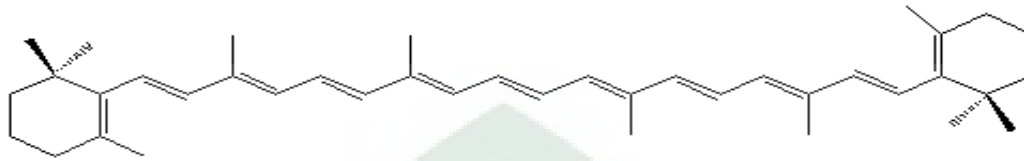
Terdapat berbagai turunan senyawa antosianin. Perbedaan dari tiap turunan tersebut terdapat pada letak posisi gugus fungsi hidroksida dari molekul antosianin. Salah satu turunan antosianin yaitu sianidi, merupakan zat warna yang paling dominan pada tumbuhan tingkat tinggi. Hampir 50 % zat warna tumbuhan merupakan senyawa tersebut (Kong, 2003:-925).

Penambahan senyawa antosianin sebagai zat warna pada DSSC dapat meningkatkan penyerapan cahaya diatas panjang gelombang ultraviolet (Jude, 2013: 60). Beberapa penelitian telah dilakukan dengan menggunakan antosianin sebagai zat warna (*dye*) pada DSSC seperti antosianin dari stroberi (Misbachuddin, dkk., 2013: 1) dan kol merah (Akhiruddin, 2007:2).

2) Karotein

Zat warna lain yang terdapat pada tumbuhan adalah karotein. Berbeda dengan antosianin, karotein menghasilkan warna yang berbeda. Terdapat dua jenis karotein yaitu karotein yang mengandung gugus polar oksigen yang disebut xantofil dan karotein yang bergugus hidrokarbon (Kevin, 2004:57).

Warna karotein pada tumbuhan berada pada warna merah, jingga dan kuning (Kevin, 2004:57). Gambar struktur karotein dapat dilihat di bawah ini:



Gambar II.3 Struktur Senyawa Karotein

Berdasarkan gambar struktur diatas terdapat kromofor penyerap warna pada senyawa karotein. Gugus-gugus fungsi ini berupa ikatan karbon tidak jenuh yang terkonjugasi. Perubahan pada struktur kromofor tersebut dapat menghasilkan panjang gelombang tertentu pada turunan senyawanya. Tiap turunan karotein memiliki warna yang berbeda-beda ini dikarenakan adanya perbedaan gugus fungsi pada masing-masing senyawa tersebut.

Rentang warna yang bervariasi dari karoten disebabkan oleh perbedaan serapan panjang gelombang senyawa turunannya. Dibawah ini merupakan beberapa turunan karotein dan serapan panjang gelombangnya. (Kevin, 2004: 59)

Tabel II.2 Panjang Gelombang Dan Warna dari Beberapa Turunan Karotein

Turunan Karotein	Panjang Gelombang (nm)	Warna yang Dihasilkan
Pro-likopen	424, 442 dan 464	Jingga
Likopen	447 dan 505	Merah
B-karotein	432, 454 dan 480	Jingga
α - karotein	421, 445, dan 475	Kuning
Lutein	426, 445 dan 474	Kuning
γ - karotein	435, 463 dan 490	merah muda

Dari Table II.2. dapat dilihat bahwa warna yang dihasilkan dari turunan karoten antara lain warna kuning, jingga dan merah yang berada pada daerah panjang gelombang 400 hingga 500 nm.

Senyawa karotein dan antosianin terdapat pada beberapa jenis tanaman seperti buah dan sayuran. Buah dan sayuran yang memiliki warna yang bermanfaat bagi manusia merupakan anugrah dari Allah Swt. Allah swt telah menjelaskan tentang manfaat tumbuhan dalam QS. Al-An'am (6:95) yang berbunyi:

﴿ إِنَّ اللَّهَ فَالِقُ الْحَبِّ وَالنَّوَىٰ ۗ يُخْرِجُ الْحَيَّ مِنَ الْمَيِّتِ وَيُخْرِجُ الْمَيِّتَ مِنَ الْحَيِّ ۗ ذَٰلِكُمْ اللَّهُ فَأَنَّىٰ تُؤْفَكُونَ ﴾

Terjemahnya :

“Sesungguhnya Allah menumbuhkan butir tumbuh-tumbuhan dan biji buah buahan. Dia mengeluarkan yang hidup dari yang mati dan mengeluarkan yang mati dari yang hidup. (yang demikian memiliki sifat-sifat) demikian Allah, maka mengapa kamu masih berpaling?”
(Depatemen Agama RI)

“Ayat tersebut menjelaskan bahwa Allah menumbuhkan biji dan benih tumbuh-tumbuhan dari pembelahan tanah. Dari biji-biji ini tumbuhlah berbagai macam tumbuhan dan dari benih itu tumbuhlah buah dan berbagai bentuk warna. Selain itu Allah menumbuhkan tumbuh tumbuhan yang hidup dari biji dan benih yang sebelumnya mati “ (Salim dan Said, 2003:259-260).

Berdasarkan ayat tersebut bahwa Allah dapat menghidupkan sesuatu yang mati. Allah menumbuhkan tanaman agar memberi manfaat sebanyak-banyaknya bagi kehidupan manusia. Manfaat tumbuhan selain sebagai sumber makanan salah satunya

didapatkan dari potensi zat warnanya sebagai bahan utama DSSC. Salah satu tanaman yang berpotensi sebagai bahan utama DSSC adalah cabe merah.

E. Cabe Merah

Cabe merupakan tanaman berfamili terong-terongan. Tanaman ini memiliki klasifikasi sebagai berikut :

Divisi : Spermatophytae

Sub divisi : Angiospermae

Kelas : Dicolynodenaea

Ordo : Corelliforea

Family : Solanociea

Genus : *Capsicum*

Spesies : *Capsicum annum L (United State Department Agriculture:2015)*



Gambar II.4. Cabe Merah

Cabe dapat digunakan sebagai bahan dasar DSSC karena memiliki beberapa komponen senyawa. Hasil konversi energi listrik pada DSSC yang menggunakan zat warna dari cabe dapat pula di pengaruhi oleh warna cabe yang digunakan sehingga pemilihan cabe sebagai bahan warna perlu diperhatikan.

Buah dari tanaman ini memiliki warna yang berbeda beda. Warna dari buah ini berubah-ubah menurut usia buah. Warna hijau hingga putih terlihat pada buah yang masih muda dan berwarna merah pada waktu tua (Cahyono, 2003:11-12). Perbedaan warna pada cabe menggambarkan senyawa yang terkandung pada cabe.

Karoten merupakan senyawa yang memberi warna pada cabe. Karotein yang terkandung pada cabe merupakan turunan dari senyawa karotein. Turunan inilah yang mempengaruhi perubahan warna yang tampak pada cabe. Cabe merah terdiri beberapa turunan karotein. Turunan karotein yang memberi warna merah seperti kapsantin, kasporubin dan kapsantin-5,6-opoksida sedangkan warna jingga berasal dari α dan β -karoten, xantin, lutein dan β -kriptoxantin (Maria dan Alejo, 2013:19027).

Untuk mendapatkan pigmen dari cabe dilakukan ekstraksi warna dari cabe merah dengan pelarut yang tepat. Pemilihan pelarut pada cabe perlu dilakukan karena kemampuan tiap pelarut berbeda beda untuk tiap jenis senyawa pada bahan. Telah dilakukan penelitian mengenai beberapa pelarut non polar terbaik terhadap kadar karotein pada cabe merah. Dari penelitian Duma dan Alsina diketahui bahwa diantara pelarut petroleum eter, heksana, aseton dan THF (tetrahidrofuran), pelarut terbaik untuk mengekstraksi karotein adalah THF. Kadar total karotein yang terekstraksi dengan pelarut THF sebesar $3,83 \pm 0,11$ mg/gram cabe merah. (Duma dan Alsina, 2012: 107).

Selain itu pemilihan jenis ekstrasi dapat menentukan hasil ekstraksi. Terdapat beberapa jenis ekstrasi senyawa pada tumbuhan. Untuk mengisolasi zat warna dari tumbuhan dalam hal ini cabe secara optimal maka perlu dilakukan pemilihan ekstraksi yang tepat sehingga efisiensi DSSC dapat ditingkatkan.

F. Ekstraksi dan Fraksinasi

Isolasi senyawa organik pada bahan alam dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa metode pemisahan. Ekstraksi merupakan metode yang paling umum dan banyak digunakan. Untuk memisahkan senyawa yang terdapat pada bahan alam seperti cabe dapat digunakan beberapa jenis ekstraksi. Saat ini terdapat beberapa jenis ekstraksi bahan alam yang dimodifikasi untuk mendapatkan hasil ekstraksi yang lebih baik. Dibawah ini akan merupakan beberapa metode ekstraksi dan modifikasinya.

1. Soxletasi

Ekstraksi ini merupakan metode pemisahan bahan alam dengan bantuan beberapa perlengkapan. Soxhlet, *thimble* yang terbuat dari kertas saring dan kondensor reflux merupakan komponen utama metode ini sedangkan pelarut yang digunakan merupakan pelarut dengan titik didih rendah (Pavia, dkk.,2013:720).

Kekurangan dari ekstraksi ini adalah jika larutan dalam senyawa organik bahan alam dipanaskan pada suhu yang berbeda dengan titik didih pelarut. Oleh karena itu untuk memaksimalkan pemisahan maka pemanasan pada proses ekstraksi tidak berada pada suhu yang terlalu tinggi walaupun ekstraksi berjalan lambat. Hal lain perlu diperhatikan adalah suhu larutan tidak meningkat dengan cepat (Brian, dkk., 1984 : 165).

Telah dilakukan penelitian ekstraksi senyawa warna merah pada tumbuhan *capsicum* dengan menggunakan metode soxhletasi. Pelarut yang digunakan adalah etanol 96 % (Chen dan Wu, 2009 : 94). Pada penelitian ini jenis *capsicum* yang digunakan adalah paprika yang merupakan tanaman yang berspesies sama dengan cabe merah sehingga untuk ekstraksi ini dapat pula digunakan tanaman cabe merah.

2. Maserasi

Ekstraksi lain yang dapat digunakan adalah maserasi. Ekstraksi ini dilakukan dengan cara merendam sampel ke dalam pelarut. Penyaringan dengan cawan burchner dengan ukuran tertentu dapat dilakukan jika pada hasil ekstrak mengandung pengotor. Ekstraksi ini dilanjutkan dengan menggunakan evaporator (Brian, dkk. 1984 :165).

Metode ini memiliki berbagai kekurangan jika digunakan pada proses ekstraksi. Penggunaan pelarut yang terlalu banyak dan waktu ekstraksi yang memerlukan beberapa minggu. Selain itu terdapat beberapa senyawa yang tidak dapat diikat oleh pelarut, khususnya untuk senyawa yang tidak terlarut pada suhu kamar (Zarker, dkk., 2006 :32).

Untuk meningkatkan proses kerja dari ekstraksi ini maka telah dilakukan beberapa modifikasi. Modifikasi maserasi dapat dilakukan dengan menggunakan bantuan instrument. Ultrasonic dan *microwave* digunakan pada proses ini sehingga proses ekstraksi menjadi lebih optimal.

3. Maserasi Ultrasonik dan *Microwave*

Maserasi berbantuan ultrasonik merupakan pengembangan dari metode maserasi biasa. Maserasi jenis ini memberikan hasil ekstraksi yang lebih baik karena frekuensi getaran yang diberikan sangat besar yaitu 20 kHz. Getaran ini akan memberikan tekanan pada dinding sel tumbuhan yang mengakibatkan ekstraksi menjadi lebih optimal (Zarker, dkk.,2006 : 32).

Selain itu penggunaan *microwave* pada proses ekstraksi dapat pula dilakukan. Telah dilakukan penelitian terhadap penggunaan *microwave* dan ultrasonik dan membandingkan terhadap maserasi konvensional. Hasil yang didapatkan jenis

maserasi terbaru ini sangat efektif, cepat dan murah dibandingkan jenis maserasi konvensional. Selain itu, metode ini tidak mengubah kualitas senyawa yang dipisahkan (Paduano, dkk., 2014: 51).

Namun hasil ekstraksi suatu senyawa bahan alam dengan metode maserasi merupakan hasil yang belum murni sehingga perlu dilakukan proses pemurnian lebih lanjut untuk mendapatkan senyawa murni dari suatu tanaman.

Pemurnian terhadap zat warna hasil ekstraksi dilakukan menggunakan metode kromatografi. Hasil pemurnian kromatografi kolom dengan menggunakan silika gel tipe 60 tersebut kemudian menjadi bahan warna pada DSSC (Lim, dkk., 2015: 597).

4. Kromatografi Kolom

Kromatografi kolom merupakan metode yang digunakan untuk memisahkan komponen pada suatu senyawa. Prinsip kerja kromatografi kolom didasarkan pada pemisahan komponen senyawa oleh fase diam akibat kerja fase gerak yang membawa senyawa melewati penyerap (fase diam) pada kolom (firdaus, 2011 : 83). Pemisahan ini memanfaatkan gravitasi untuk menggerakkan fase gerak.

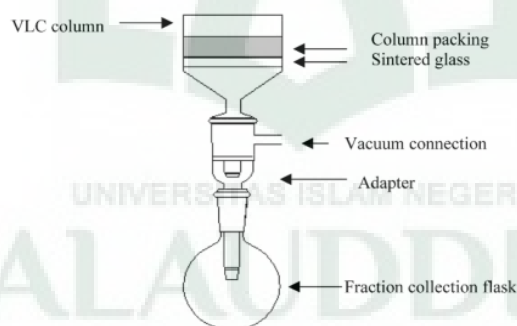
Selain gravitasi, terdapat pula pemisahan yang menggunakan vakum sebagai pembantu pada proses pemisahan. Pemisahan ini menggunakan corong penyaring untuk memisahkan komponen. Corong penyaring ini berupa corong Buchner dan Hirsch (Pavia, dkk., 2013 :654). Pemisahan kromatografi menggunakan fase diam berupa silika gel (SiO_2) dan alumina (Al_2O_3).

Terdapat perbedaan pada silika gel dan alumina. Alumina dapat digunakan pada senyawa yang bersifat nonpolar dan semi polar sedangkan untuk senyawa yang bersifat polar menggunakan silikagel (Firdaus, 2011: 83). Pemilihan fase diam

merupakan hal terpenting dalam pemisahan senyawa organik. Terdapat berbagai jenis kolom, namun pada penelitian ini akan digunakan kromatografi kolom vakum.

5. kromatografi Kolom Vakum

Kromatografi kolom vakum dapat digunakan untuk memurnikan senyawa. Kromatografi ini menggunakan proses packing kering dan digunakan untuk memisahkan bagian senyawa bahan alam yang bersifat nonpolar dan semi polar. Pemisahan senyawa ini dapat digunakan absorbent seperti silikagel tipe 60. Kromatografi kolom vakum dapat dilihat pada gambar dibawah.



Gambar. II.5 Kromatografi kolom vakum (Zarker, dkk., 2006 : 133)

Untuk mendapatkan pemisahan digunakan perbandingan pelarut dengan kenaikan kepolaran. Perbandingan yang digunakan untuk memisahkan komponen tersebut terdiri dari pelarut non polar dan polar dengan perbandingan 90:10; 70:30; 50:50; 30:70 dan 10:90. (Brian, dkk., 1989:240).

Larutan yang digunakan untuk memisahkan senyawa karotenoid adalah pelarut dengan molekul hidrokarbon dengan pelarut yang lebih polar seperti asetonitril, eter dan jenis alkohol. Senyawa non polar sulit terpisahkan sehingga

pemisahan dapat dilakukan dengan menggunakan pelarut hidrokarbon dan meningkatkan kepolaran pelarut seperti aseton dan metanol (Kevin, 2004: 321).

Identifikasi senyawa organik dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa instrumen. Beberapa alat instrumen yang digunakan untuk seperti GC-MS, Spektrofotometer UV-Vis dan FTIR. Selain itu untuk mengetahui morfologi zat warna pada TiO_2 digunakan SEM (*Scanning Elektron Microscopy*) sehingga penyebaran zat warna pada semikonduktor dapat diketahui.

G. Morfologi dan Karakterisasi

1. SEM (*Scanning Electron Microscopy*)

Mikroskop elektron merupakan teknik untuk mempelajari mikroorganisme. Mikroskop elektron terbagi menjadi dua yaitu SEM dan TEM. (Stadtlander, 2007:122). SEM digunakan untuk menyelidiki permukaan suatu bahan dengan cara ditembakkan elektron dan kemudian elektron sampai pada permukaan bahan di pantulkan atau di pancarkan kembali (Dunlap dan Edaskaveg, 1997:3).

Peralatan ini merupakan alat yang menunjang proses kerja SEM. Beberapa perlengkapan tersebut seperti sumber elektron Kolom elektron dan detektor. Kolom elektron terdapat beberapa bagian seperti lensa, bidikan elektron dan gulungan pembelok (Tamara, 2011: 3) Zat warna yang terdapat pada TiO_2 kemudian dikarakterisasi untuk mengetahui senyawa yang terkandung.

2. Spektrofotometer UV-Vis

Karakteristik suatu senyawa organik dapat dilakukan dengan menguji keberadaan ikatan-ikatan dalam senyawa tersebut. Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk menentukan ikatan suatu senyawa. Dengan mengetahui ikatan dalam

suatu molekul maka Spektrofotometer UV-Vis dapat digunakan untuk menentukan panjang gelombang maksimum suatu molekul organik (Bintang, 2010:193).

Penentuan panjang gelombang maksimum suatu molekul organik didasarkan pada transisi $n-\pi^*$ ataupun $\pi-\pi^*$. Eksitasi elektron ini menunjukkan adanya gugus kromofor dalam suatu molekul organik (Day dan Underwood, 2002 : 391). Karakteristik kromofor tersebut dapat memberikan informasi terhadap jenis senyawa organik.

Namun karakteristik suatu molekul tidak dapat ditentukan hanya dengan data dari spektrofotometer UV-Vis. karena walaupun kromofor suatu molekul dapat ditentukan namun data tersebut tidak dapat menggambarkan gugus fungsi suatu molekul. Penggunaan instrument lain dapat menjamin keberadaan gugus fungsi suatu molekul organik seperti Spektrofotometer IR.

3. Spektrofotometer IR

Berbeda dengan Spektrofotometer UV-Vis, transisi energi yang dihasilkan oleh spektrofotometer IR hanya dapat mengakibatkan getaran pada suatu ikatan. Energi getaran yang diterima oleh molekul organik memiliki nilai yang khas sehingga spektrofotometer Infra red dapat menentukan jenis gugus fungsi molekul organik (Unang, 2010 : 66)

Penentuan kromofor dan gugus fungsi molekul organik dapat memberikan informasi karakteristik molekul organik. Tetapi untuk melengkapi informasi terhadap suatu molekul perlu dilakukan pengukuran terhadap bobot molekul dari suatu senyawa.

3. Spektrofotometri Massa

Spektrofotometer massa dapat menentukan rumus molekul senyawa dengan memberikan informasi pecahan bobot molekul. Pecahan molekul ini terbentuk oleh adanya pengeboman di dalam instrumen sehingga terbentuk beberapa molekul radikal. (Ruhayati dan Susuanti, 1988 : 150).

Molekul radikal dari hasil pengeboman spektrofotometer massa akan memberikan informasi massa molekul dalam bentuk spektrum. Spektrum tersebut merupakan penggambaran terhadap pecahan molekul yang terdapat pada sampel.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Waktu Dan Tempat

Penelitian ini telah dilaksanakan di Laboratorium Kimia Organik, Fakultas Sains dan Teknologi, UIN Alauddin Makassar dari bulan Oktober 2015 hingga Januari 2016. Analisis Spektrofotometer UV-Vis dan Analisis FTIR dilakukan Laboratorium Kimia Terpadu Fakultas MIPA Universitas Hasanauddin, GC-MS diuji di Balai Besar Laboratorium Kesehatan dan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dilakukakan di Laboratorium Mikrostruktur Universitas Negeri Makassar.

B. Alat Dan Bahan

1. Alat

Peralatan yang digunakan diantaranya yaitu seperangkat SEM (*Scanning Electron Microscopy*) tescan Vega3SB, GC-MS *Thermo scientific*, FTIR Prestige-21 Shimadzu, Spektrofotometer UV-Vis Shimadzu UV 2600 serie, *rotary evaporator*, *ultrasonic*, Multimeter, Luxmeter LX 103, Neraca analitik, lumpang, kolom, vakum, dan potensiometer 20 k Ω dan alat-alat gelas

2. Bahan

Bahan baku yang digunakan yaitu cabe merah dan titanium oksida (TiO₂) teknis, aquadest (H₂O), etanol, lilin, n-heksana, metanol, ITO (*Indium Transparent Oxide*) 100 Ω , Iod (I₂), kalium iodida (KI), silika (tipe 7734 dan 7730) dan selotip.

C. Prosedur

1. Ekstraksi Zat Warna (Dye) dan Pemurnian

a. Ekstraksi

Cabe merah dikeringkan dan dihaluskan. sebanyak 5 gram serbuk ditimbang dan dimasukkan ke dalam gelas piala 100 mL lalu ditambahkan pelarut etanol sebanyak 45 mL dan diekstraksi dalam *ultrasonic bath* selama 25 menit. Pengerjaan diulangi dengan serbuk cabe yang lain. Fitrat ekstrak disaring dan dikentalkan dengan menggunakan evaporator dan disimpan dalam botol tidak berwarna.

b. Fraksinasi (KKCV)

Zat warna difraksinasi dengan menggunakan kolom kromatografi. Ekstrak cabe merah diimpregnasi pada silika dengan perbandingan 1:3. Rangkaian kolom silika dialiri dengan pelarut n-heksana. Komponen ekstrak difraksinasi dengan menggunakan pelarut metanol : n-heksana (4:1), metanol : n-heksana (1:1) dan metanol : n-heksana (2:8)

2. Preparasi komponen DSSC

a. Preparasi lapisan TiO₂

Sebanyak 20 gram semikonduktor TiO₂ (teknis) ditimbang lalu dilarutkan dengan aquadest panas kemudian didiamkan selama 30 menit dan disaring. TiO₂ dicampur dengan etanol sebanyak 5 mL dalam gelas piala dan diaduk hingga merata.

b. Membuat elektroda TCO

Kaca TCO disiapkan dengan ukuran 2 x 2 cm. TCO diarsir dengan ukuran 1x1 cm dan ditutup sisi TCO dengan selotif. Semi konduktor dicetak dengan *doctor blade* lalu dipanaskan di atas *hot plate* selama 30 menit.

c. Preparasi Elektrolit

Sebanyak 0,83 gram KI ditimbang kemudian dilarutkan dengan aquades sebanyak 10 mL. Diaduk hingga merata. Selanjutnya ditambahkan 0,127 gram Iod hingga terlarut sempurna.

d. Pembuatan Elektroda Pemandang

kaca TCO dipanaskan dengan nyala lilin hingga terbentuk lapisan berwarna hitam pada permukaannya dan pinggiran karbon dihapus sesuai dengan luas TiO_2 pada elektroda.

3. Rangkaian DSSC

Rangkaian DSSC dibuat dengan menyusun tiap komponen dengan cara: menambahkan zat warna pada plat TCO- TiO_2 dengan metode penetes dan membiarkan zat warna menyatu dengan TiO_2 . Larutan elektrolit beberapa tetes diteteskan elektroda dan ditutupi dengan elektroa pemandang. Alat pengukur efisiensi dirangkai yang terdiri dari dua buah multimeter dan potensiometer. Intensitas cahaya matahari diukur dengan menggunakan Luxmeter dan efisiensi ditentukan dengan cara mengatur potensiometer sehingga didapat daya maksimum.

4. Karakterisasi

Identifikasi zat warna dilakukan pada fraksi kromatografi kolom gravitasi yang memiliki efisiensi yang tertinggi setelah diuji dengan rangkaian DSSC.

Instrumen karakteristik zat warna yang digunakan pada penelitian ini adalah IR, GC-MS, FTIR dan morfologi TiO_2 dan zat warna diatas ITO dengan diuji dengan menggunakan SEM.



BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil Pengamatan

1. Pengukuran Nilai Efisiensi

Pengukuran nilai efisiensi DSSC dari fraksi metanol:n-heksana dilakukan dengan multimeter dan potensiometer. Nilai efisiensi didapat kan dari perbandingan nilai daya yang diterima DSSC berbanding daya yang dihasilkan. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel IV.1 dan IV.2.

a. Tabel IV.1 pengukuran nilai efisiensi ekstrak cabe merah

Sampel	P_{in}^* (mWatt/cm ²)	V_{max} (mV)	I_{max} (μ A)	P_{max} (mWatt/cm ²)	η (%)
Ekstrak Cabe Merah	11.3182	135	22.7	0.0031	0.0271

b. Tabel IV.2 pengukuran nilai efisiensi ekstrak cabe merah hasil KKC

Perbandingan Pelarut	P_{in}^* (mWatt/cm ²)	V_{max} (mV)	I_{max} (μ A)	P_{max} (mWatt/cm ²)	η (%)
metanol:N-heksana (4:1)	6.9989	68	8.7	0.00122	0.0122
metanol:N-heksana (1:1)	13.368	195	12.6	0.000856	0.0127
metanol:N-heksana (1:4)	12.944	248	17.6	0.004364	0.0337

*: $1 \text{ lux} = 1,464 \cdot 10^{-7} \text{ W/M}^2$

2. Karakterisasi

Karakterisasi senyawa pada cabe merah diuji dengan menggunakan beberapa instrumen yaitu Spektrofotometer UV-Vis, GC-MS, FTIR dan morfologi zat warna pada TiO_2 menggunakan SEM. Karakterisasi ini dilakukan dengan menggunakan senyawa hasil ekstrak yang memiliki nilai efisiensi tertinggi dari beberapa ekstrak pada pengukuran DSSC. Beberapa data hasil karakterisasi dapat dilihat pada gambar.

1. Spektrofotometer UV-Vis

Spektrofotometer UV-Vis memperlihatkan serapan pada panjang gelombang UV-Vis. Dibawah ini merupakan gambar serapan ekstrak cabe merah hasil KKCVCV (metanol: n-heksana (1:4)) pada panjang gelombang 800-200 nm.

Tabel IV.3 Panjang gelombang maksimum ekstrak cabe merah hasil KKCVCV (metanol: N-heksana (1:4)) pada wilayah panjang 800-200 nm

No.	Panjang gelombang (nm)	Absorban
1	466	0.357
2	443	0.399
3	274	1.573
4	220	3.611

2. Spektrofotometer Infra merah

Serapan infra merah dapat digunakan untuk mendeteksi gugus fungsi pada suatu senyawa. Serapan ini memperlihatkan bilangan gelombang $4500 - 400 \text{ cm}^{-1}$. Serapan infra merah ekstrak cabe merah hasil KKCVCV (metanol: N-heksana (2:5)) dapat dilihat pada Tabel IV.2 dibawah.

Tabel IV.4 Pita serapan pada Spektrofotometer IR ekstrak cabe merah hasil KKCVC (metanol: N-heksana (1:4))

No.	Bilangan gelombang	Intensitas
1	1631.78	56.51
2	1739.79	69.822
3	2852.72	36.134
4	2922.16	17.07
5	3008.95	74.56
6	3446.79	15.845

3. Kromatografi Gas - Spektrofotometer Massa

Kromatografi Gas dan Spektrofotometer Massa dapat digunakan untuk mengetahui jumlah senyawa dari suatu bahan. Pengujian ini juga dapat digunakan untuk mengetahui jenis senyawa berdasarkan berat molekul yang dihasilkan. Tabel IV.5 di bawah merupakan data spektrum puncak senyawa hasil fraksinasi

Tabel IV.5 waktu retensi dengan probabilitas senyawa karotenoid

No	waktu retensi	No	waktu retensi
1	4.49	8	9.87
2	5.42	9	10.39
3	5.76	10	10.63
4	6.19	11	11.29
5	6.92	12	12.37
6	7.22	13	12.65
7	9.38	14	14.22

Selanjutnya data yang diperoleh adalah pola senyawa karotenoid yaitu pada waktu retensi 9,39 dan 9,87 menit. Fragmentasi senyawa pada waktu retensi 9,39 dan 9,87 dapat dilihat pada Tabel IV.6 di bawah ini.

Tabel IV.6. Fragmentasi molekul pada retensi 9.87 dan 9.38 menit

Retensi (menit)	Fragmen (m/z)	Interpretasi Senyawa
9.38	55, 60, 73, 77, 83, 91, 102, 105, 115, 135, 173, 191, 206,217	Rodopibrin
9.87	55,69, 73, 77, 91, 105,121, 135, 147, 157, 189, 203,218	Lutein

B. Pembahasan

1. Efisiensi DSSC

Ekstrak kental cabe didapatkan dari hasil maserasi menggunakan gelombang ultrasonik pada frekuensi 57 KHz dan pelarut metanol sebagai pengekstrak. Sebelum ekstraksi, cabe merah dikeringkan terlebih dahulu untuk menghilangkan kadar air sehingga memudahkan kerja pelarut pada dinding sel cabe merah. Selain itu, untuk memudahkan proses ekstraksi, cabe merah kering dihaluskan sehingga menjadi serbuk untuk memperbesar luas permukaan cabe merah.

a. Maserasi Ultrasonik

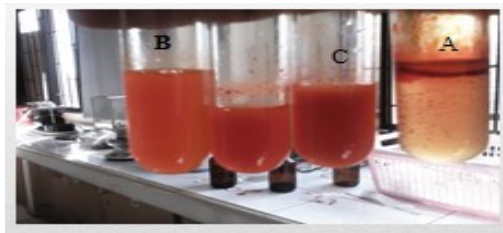
Maserasi dengan gelombang ultrasonik berguna untuk meningkatkan hasil ekstraksi. Selain itu maserasi ultrasonik bertujuan untuk mengurangi pemakaian pelarut berlebih seperti maserasi konvensional. Pelarut metanol digunakan untuk menarik semua senyawa warna pada cabe. Proses maserasi dilakukan dengan perbandingan pelarut metanol dan serbuk cabe merah sebesar 9 : 1 selama 25 menit (Arina dan Simon, 2015: 928). Hasil ekstraksi dikentalkan dengan menggunakan *rotapory evaporator*. Ekstrak kental yang telah dihasilkan bercampur dengan minyak karena senyawa karotenoid pada umumnya berikatan dengan senyawa lipid (Kevin, 2004: 320). Selanjutnya ekstrak kental yang telah didapatkan difraksinasi dengan KKCv.

b. Fraksinasi

Fraksinasi ekstrak kental pada penelitian ini bertujuan untuk meningkatkan nilai efisiensi zat warna cabe saat diaplikasikan pada DSSC. Pada penelitian sebelumnya diketahui terjadi peningkatan nilai efisiensi DSSC pada campuran senyawa flavonoid yang difraksinasi dengan menggunakan kolom kromatografi (Lim, dkk., 2015: 586). Ekstrak cabe merah difraksinasi berdasarkan kepolaran dengan menggunakan tiga tingkat kepolaran yang berbeda. Pelarut yang digunakan yaitu metanol n-heksana 1:4, 1:1 dan 4:1. Pemilihan perbandingan ini untuk memisahkan senyawa karoten golongan xantofil dan hidrokarbon karoten.

c. Kestabilan zat warna terhadap pengaruh pH

Ekstrak cabe merah dengan menggunakan variasi pH tidak dapat diaplikasikan pada DSSC. Hal ini dikarenakan kestabilan zat warna pada DSSC dalam suasana asam mengalami penurunan. Hal ini didasarkan pada penelitian sebelumnya dimana terjadi penurunan absorbansi seiring dengan bertambahnya keasaman senyawa karoten (Arina dan Simon, 2015: 935). Berdasarkan hasil penelitian tersebut hanya digunakan fraksinasi metanol:n-heksana. Pemilihan pelarut ini hanya untuk melihat bagaimana penurunan dan kenaikan efisiensi ekstrak cabe merah jika di bagi menjadi beberapa fraksi. Gambar pengaruh keasaman terhadap kestabilan karoten dapat dilihat pada Gambar di bawah.

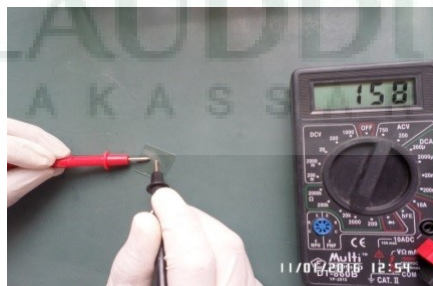


Gambar IV.1 Pengaruh pH terhadap kestabilan ekstrak cabe merah. A. ekstrak dengan penambahan 1mL asam klorida 1M, B. ekstrak dengan penambahan 1mL NaOH 10% dan C ekstrak kental

Gambar IV.1 memperlihatkan kondisi kestabilan senyawa karoten terhadap perlakuan pH. Ekstrak Bagian B dan C merupakan kondisi ekstrak dalam keadaan basa dan netral pada kondisi ini kestabilan warna lebih baik dibandingkan pada suasana asam. Ekstrak A terlihat jelas bahwa karoten mengalami degradasi warna. Hal ini dikarenakan terjadinya pemutusan ikatan rangkap dari senyawa karoten akibat penambahan asam klorida (Kevin, 2004:320).

d. Rangkaian DSSC

Ekstrak cabe dan fraksi warna diuji nilai efisiensinya pada rangkaian DSSC. Rangkaian DSSC terdiri dari kaca konduktor, TiO_2 , elektrolit iod dan elektroda karbon. Kaca konduktor yang digunakan pada penelitian ini berukuran 20mm x 20 mm dengan ketebalan 0,7 mm dan resistansi sebesar $100\Omega/\text{sq}$. Pengukuran resistansi ITO dapat dilihat pada Gambar IV.2 di bawah.



Gambar IV.2 pengukuran resistansi kaca ITO

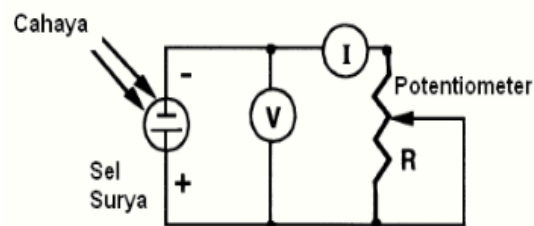
Semikonduktor TiO_2 yang digunakan pada penelitian ini adalah TiO_2 teknis. Untuk memperbaiki semikonduktor TiO_2 dibersihkan menggunakan air panas. TiO_2 dilarutkan dalam air panas dan disaring dengan kertas saring. TiO_2 yang telah disaring, dilarutkan dalam etanol untuk dibuat pasta pada pelapisan kaca konduktor. Pasta yang telah dibuat kemudian ditebar pada lapisan ITO dengan menggunakan metode *dactor blade*. Namun Pelapisan dengan metode ini membuat pasta TiO_2 yang

tidak tersebar merata sehingga zat warna sulit terserap merata pada pasta TiO_2 . Penyerapan zat warna selanjutnya dianalisa dengan menggunakan *scanning elektron microscopy* (SEM).

Proses selanjutnya pada pembuatan rangkaian adalah ITO dan pelapisan pasta TiO_2 dipanaskan diatas *hotplate* selama 30 menit. Tujuan *Sintering* untuk membuka pori-pori pada TiO_2 sehingga zat warna dapat dengan mudah bercampur dengan TiO_2 . Zat warna diteteskan hingga melapisi permukaan TiO_2 pada kaca ITO. Lapisan TiO_2 selanjutnya didiamkan beberapa saat hingga zat warna menembus pori-pori TiO_2 . Elektroda pembanding yang digunakan ITO yang diberi karbon yang diperoleh dengan pemanasan lilin. Karbon pada ITO bertindak sebagai katalis yang mempermudah transfer elektron.

f. Pengukuran efisiensi

Pengukuran efisiensi DSSC dilakukan dibawah cahaya matahari dan intensitas cahaya diukur dengan menggunakan luxmeter. Efisiensi DSSC kemudian diukur arus dan tegangan maksimum diukur dengan menggunakan dua buah multimeter dan sebuah potensiometer 20 k Ω . Potensiometer digunakan untuk mengatur tegangan pada panel sehingga didapatkan daya maksimum. Daya yang diterima (P_{in}) didapatkan dari konversi nilai intensitas cahaya pada luxmeter dengan konstanta $1 \text{ lux} = 1,464 \cdot 10^{-7} \text{ W/M}^2$. Rangkaian pengukuran DSSC dapat dilihat pada gambar dibawah.

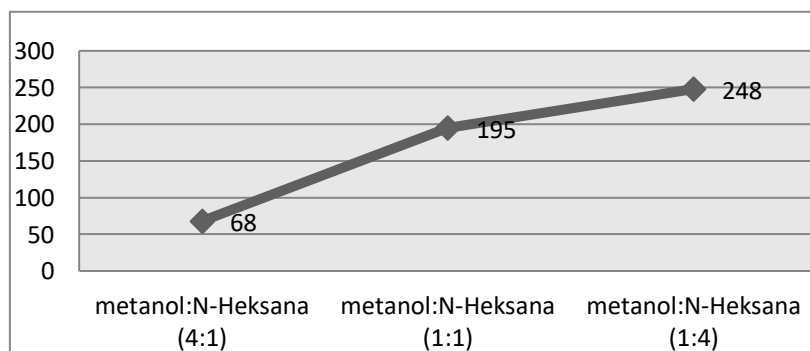


Gambar IV.3 rangkaian pengukuran efisiensi DSSC

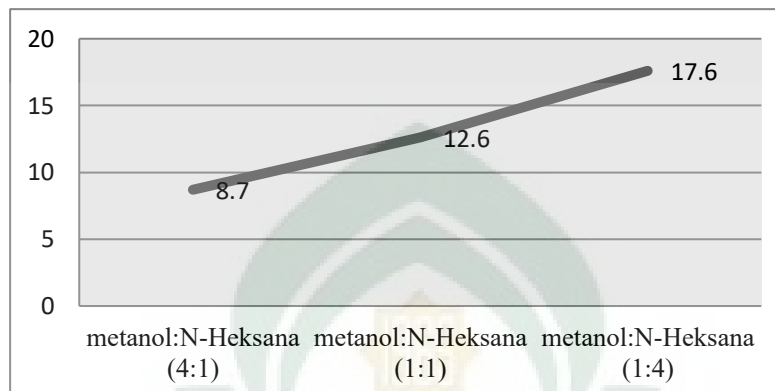
Efisiensi DSSC dengan zat warna ekstrak cabe merah didapatkan sebesar 0,0271% dengan daya maksimum 0,0031 mwatt/cm² dan daya yang diterima 11,3182 mwatt/cm². Nilai ini masih rendah jika dibandingkan dengan efisiensi DSSC pada umumnya sebesar 2-3% (Grätzel, 2001:344).

Nilai efisiensi ekstrak cabe merah setelah dilakukan fraksinasi metanol:n-heksana mengalami peningkatan. Peningkatan efisiensi DSSC setelah fraksinasi dikarenakan berkurangnya pengotor pada ekstrak cabe merah. Nilai efisiensi DSSC pada fraksi metanol: n-heksana 1:4 memiliki efisiensi yang tertinggi yaitu sebesar 0.0337 % dengan daya maksimum 0.004364 mWatt/cm² dan daya yang diterima (P_{in}) yaitu 12.944 mWatt/cm². Peningkatan ini terjadi karena senyawa warna pada cabe didominasi oleh senyawa yang bersifat non polar. penelitian sebelumnya memperlihatkan bahwa pelarut non polar seperti THF dan heksana dapat mengekstraksi senyawa lutein dan β -karoten (Duma dan Alsina, 2012: 107). Untuk fraksi metanol: n-heksana (1:1) dan metanol:n-heksana (8:2) nilai efisiensi berturut-turut 0.0127 % dan 0.0122%.

Penurunan ini diakibatkan rendahnya arus dan tegangan maksimum pada pengukuran efisiensi. Dibawah ini grafik kenaikan tegangan dan arus berdasarkan kepolaran fraksi.



Gambar IV.4 Grafik Tegangan Maksimum Tiap Perbandingan Pelarut



Gambar IV.5 grafik arus maksimum tiap perbandingan pelarut

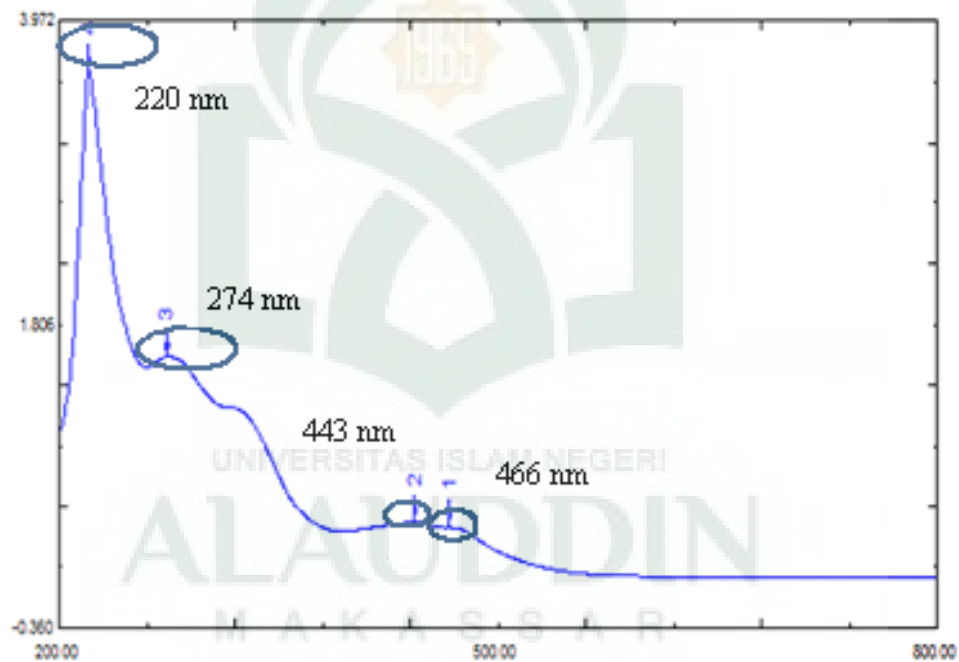
Berdasarkan grafik diatas, dapat dilihat bahwa terjadi peningkatan tegangan dan arus maksimum terhadap penurunan kepolaran zat warna. Pada fraksi metanol: n-heksana (1:4) tegangan dan arus maksimum yaitu 248 mV dan 17.6 μ A. Tegangan dan arus maksimum pada DSSC fraksi metanol: n-heksana (1:1) mencapai 195 mV dan 12.6 μ A sedangkan fraksi yang memiliki kepolaran tinggi memiliki tegangan dan arus maksimum yang paling rendah yaitu 68 mV dan 8.7 μ A.

B. Karakteristik Ekstrak Cabe Merah

1. Spektrofotometer UV-Vis

Pengukuran panjang gelombang dengan Spektrofotometer UV-Vis untuk mengetahui golongan senyawa pada ekstrak cabe merah. Fraksi dengan efisiensi tertinggi ditentukan panjang gelombangnya pada daerah rentang 800-200 nm. Fraksi metanol : n-heksana 1:4 yang memiliki efisiensi tertinggi dilarutkan dengan menggunakan pelarut metanol. Pelarut yang digunakan tidak sesuai dengan perbandingan pelarut dikarenakan pada pengukuran ini tidak memperlihatkan puncak pada daerah tampak karena pengaruh pelarut yang dapat menyerap pada panjang gelombang zat warna dari n-heksana (Underwood,2002: 416).

Tabel IV.3 diatas memperlihatkan pita serapan pada panjang gelombang 800-200 nm. Terdapat empat puncak panjang gelombang dengan absorbansi yang berbeda. Panjang gelombang dan absorbansi dari keempat puncak dapat dilihat pada Gambar IV.6 di bawah



Gambar IV.6 Spektrum Spektrofotometer Infra Red ekstrak cabe merah hasil KKC (metanol: N-heksana (1:4))

Pada Gambar IV.6 diatas terdapat empat puncak yang terdiri dari dua puncak pada daerah UV dan dua puncak daerah panjang gelombang cahaya tampak. Puncak pada panjang gelombang UV memperlihatkan serapan untuk ikatan n yang tereksitasi menuju π^* yaitu pada panjang gelombang 220 nm.. Puncak pada panjang gelombang yang lebih tinggi yaitu pada wilayah 274 nm, pada panjang gelombang ini merupakan serapan untuk ikatan n ke π^* Untuk panjang gelombang pada daerah sinar tampak terdapat dua puncak yang saling mendekat. Pada panjang gelombang ini

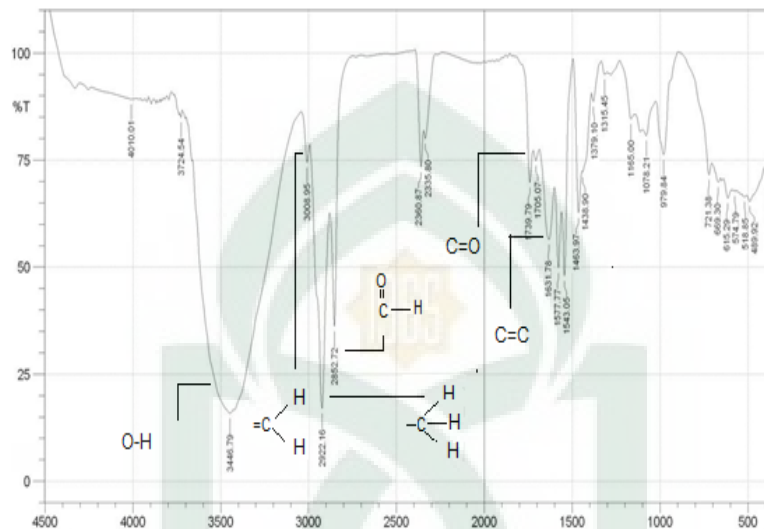
merupakan ciri khas serapan untuk senyawa ikatan rangkap yang terkonjugasi. Pita serapan pada panjang gelombang tersebut merupakan serapan ikatan π ke π^* yang berantai panjang dan terkonjugasi.

Selain itu, pita serapan tersebut menggambarkan bentuk dari ciri khas pita senyawa karotein. Pita serapan panjang gelombang senyawa karoten berdatang tiga puncak pada 400 nm hingga 600 nm bergantung pada jumlah ikatan rangkap yang terdapat molekul tersebut (Kevin, 2004: 59). Serapan pada panjang gelombang tampak merupakan serapan energi yang berperan pada eksitasi elektron zat warna pada DSSC.

2. Spektrofometer Infra Merah

Karakterisasi senyawa warna pada ekstrak cabe merah dengan menggunakan Spektrofometer Infra Merah bertujuan untuk mengetahui gugus-gugus fungsi yang terdapat pada zat warna. Fraksi metanol: n-heksana dengan perbandingan 1:4 telah menunjukkan serapan pada panjang gelombang sinar tampak dan teridentifikasi adanya senyawa karoten. Pengujian pada panjang gelombang infra merah untuk mengetahui keberadaan gugus fungsi pada zat warna tersebut, dengan demikian senyawa turunan karotein dapat diketahui.

Turunan senyawa karoten terdiri dari dua senyawa mayor yaitu xantofil dan hidrokarbon karotein. Gugus fungsi xantofil memiliki panjang gelombang yang lebih tinggi karena ada gugus aoksokrom yang memperpanjang serapan pada sinar tampak. Beberapa frekuensi dan intensitas gugus fungsi pada zat warna dapat dilihat pada Gambar IV.7 di bawah.



Gambar IV.7 Spektrum Spektrofotometer UV-Vis ekstrak cabe merah hasil KKC (metanol: N-heksana (1:4))

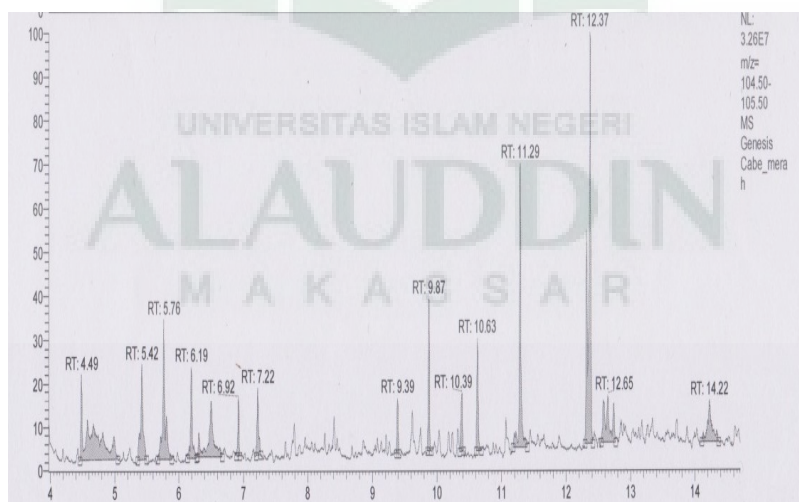
Gambar IV.7 memperlihatkan frekuensi bilangan gelombang gugus fungsi. Bilangan gelombang 1631.78 cm^{-1} merupakan frekuensi gugus C=C yang dari Selain itu, frekuensi pada bilangan gelombang $3008,95 \text{ cm}^{-1}$ merupakan regangan hydrogen pada ikatan karbon tidak jenuh (=C-H) dan frekuensi 2922 cm^{-1} merupakan regangan untuk atom hiroden pada karbon jenuh (-C-H) (Brian, 1985:277-278) Ketiga frekuensi tersebut menggambarkan senyawa karoten hidrokarbon seperti α -karoten dan β -karoten.

Selain itu senyawa turunan karotenoid dengan gugus hidrokarbon terdapat pula frekuensi yang menyatakan keberadaan senyawa xantofil. Frekuensi 1739 cm^{-1} merupakan frekuensi regangan untuk gugus karbonil (C=O). Senyawa karotein yang memiliki gugus karbonil adalah capsantin dan astaxantin (Brian, 1985: 59). Gugus heteroatom hidroksil juga terdapat pada zat warna tersebut dengan serapan pada

bilangan gelombang 3446.79 cm^{-1} . Senyawa karotenoid dengan gugus hidroksil misalnya lutein .

3. Kromatografi Gas - Spektrofotometer Massa

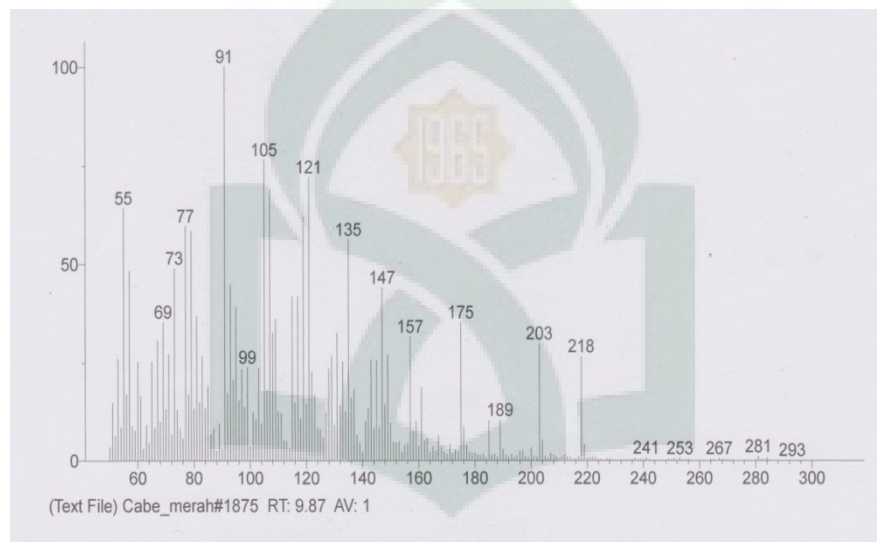
Karakteristik senyawa warna karotein dapat pula diamati diamati pada pola fragmentasi molekul dengan menggunakan Spektrofotometer massa dan kromatografi gas. Pola fragmentasi dari instrumen ini dapat memberikan gambaran keberadaan senyawa-senyawa karoteinoid. Fragmen- fragmen tersebut terdiri atas senyawa radikal positif dan karbon positif (karbokation). Pada Tabel IV.5 di atas terdapat 14 peak dengan waktu retensi yang berbeda. waktu retensi pada zat warna dengan fragmen karotenoid yaitu dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar IV.8 peak Kromatografi gas ekstrak cabe merah hasil KKCVC (metanol: N- heksana (1:4))

Analisi GC dilakukan pada kolom sepanjang 50 meter menggunakan gas pembawa helium. Waktu pembacaan senyawa dimulai pada retensi 4 menit dan berakhir pada menit ke 23 menit. Karakterisasi senyawa warna ditemukan pada retensi menit 9 hingga menit ke 10. Gambar di atas menunjukkan puncak yang menunjukkan senyawa karoten berdasarkan pada fragmen stabil dari senyawa ion

karoten. Fragmen karotenoid pada Spektrofotometer massa tersebut dideteksi pada ion molekul m/z 50 hingga 300 sehingga tidak dapat menemukan fragmen $M+1$ dari senyawa karoten yang memiliki berat molekul lebih dari 500.

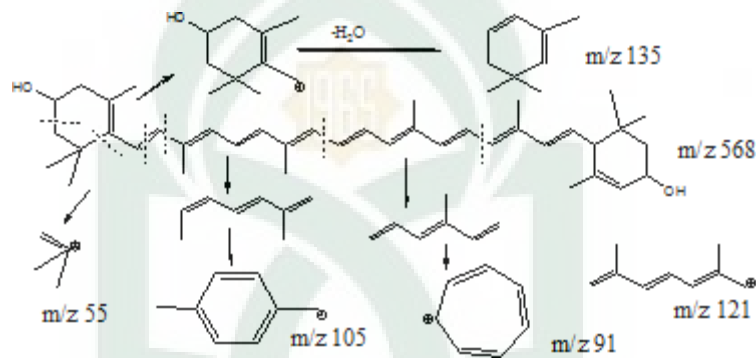


Gambar IV.9 Fragmen berat molekul ekstrak cabe merah hasil KKCVC (metanol: N-heksana (1:4)) pada retensi 9.87 menit

Gambar IV.9 memperlihatkan fragmen ion pada retensi 9.87 menit dengan kelimpahan ion molekul m/z 91 yang tertinggi. Ion khas dari senyawa karoten adalah 92 dan 106 dari senyawa toluen (C_7H_8) dan xilena (C_8H_{10}) ion $M+1$ dari molekul tersebut (Kevin, 2004: 321). Molekul tersebut dapat terakumulasi sebagai ion molekul dengan berat molekul m/z 91 dan 105 dengan kehilangan 1 proton akibat teradikalisasi. Senyawa pada ion molekul pada berat molekul 91 dan 105 dapat juga merupakan fragmen senyawa isopren dari senyawa karotenoid.

Senyawa ion $C_7H_7^+$ merupakan senyawa ion tropilium yang stabil (Brian, 1985:369) sehingga pada ion ini berada pada kelimpahan terbesar sebesar 100 % merupakan ciri dari ion molekul lutein (Enzel dan Francis, 1969:736). Ion molekul selanjutnya pada retensi ini yaitu ion molekul m/z 105 merupakan ion molekul $C_8H_9^+$

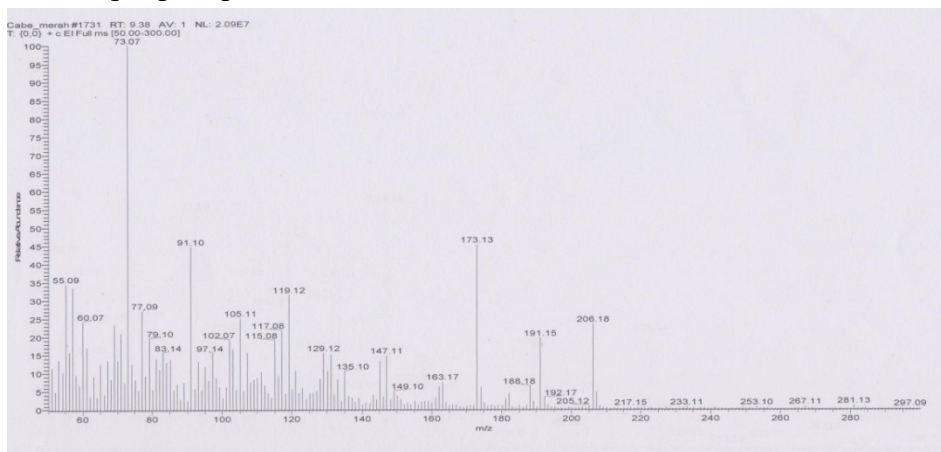
dan berat ion molekul dengan m/z 121 adalah ion $C_9H_{13}^+$. Berat molekul lain yang terdeteksi merupakan fragmen senyawa karotein adalah ion molekul m/z 55. Potongan fragmen-fragmen senyawa karoten yaitu lutein dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar IV.10 fragmen Lutein dan beberapa fragmen ion molekul cabe merah hasil KKCVC (metanol: N-heksana (1:4)) pada retensi 9.87 menit

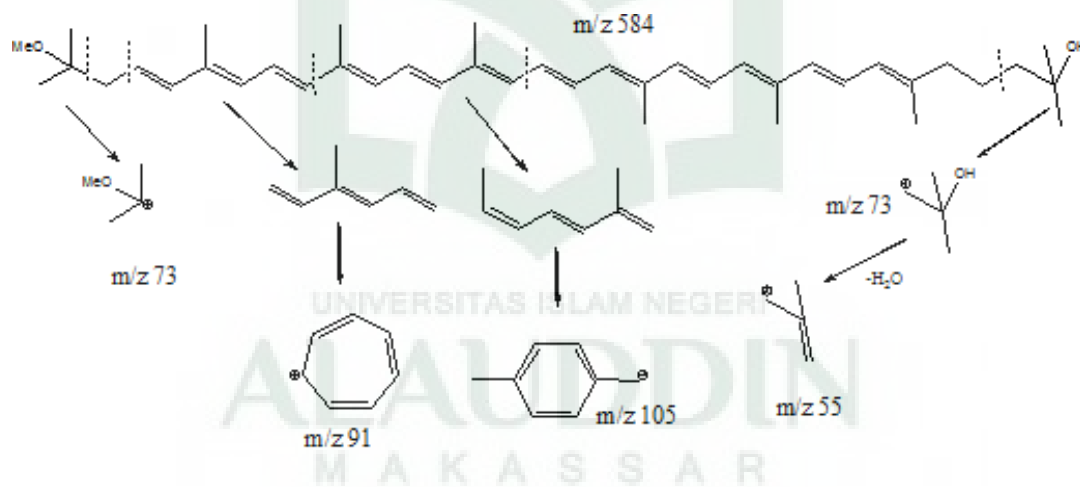
Gambar IV.10 diatas menunjukkan molekul senyawa karotein dan beberapa fragmen ion molekul. Molekul yang menyatakan keberadaan lutein adalah adanya molekul cincin karoten yang mengalami dehidrasi dengan m/z 135 (Rivera, 2012:14).

Senyawa lain pada retensi 9.87 menit fragmen menggambarkan senyawa karotein terdapat pula pada retensi 9.38 menit.



Gambar IV.11 Fragmen berat molekul ekstrak cabe merah hasil KKCVC (metanol: N-heksana (1:4)) pada retensi 9.36 menit

Gambar IV.11 di atas menunjukkan fragmen ion molekul pada retensi 9.38 menit dengan kelimpahan terbesar pada m/z 73. Ion molekul dengan m/z tersebut merupakan potongan fragmen yang menyatakan gugus radikal eter dan radikal alkohol pada ujung senyawa karotenoid asiklik seperti rodovibrin dengan kelimpahan 100 % merupakan ciri dari senyawa tersebut (Enzel dan Francis, 1969: 376). Ciri khas dari pola fragmen ion molekul senyawa karoten terlihat pula m/z 91 dan 105. Struktur dari fragmen senyawa rodovibrin dapat dilihat pada gambar VI.12 di bawah.

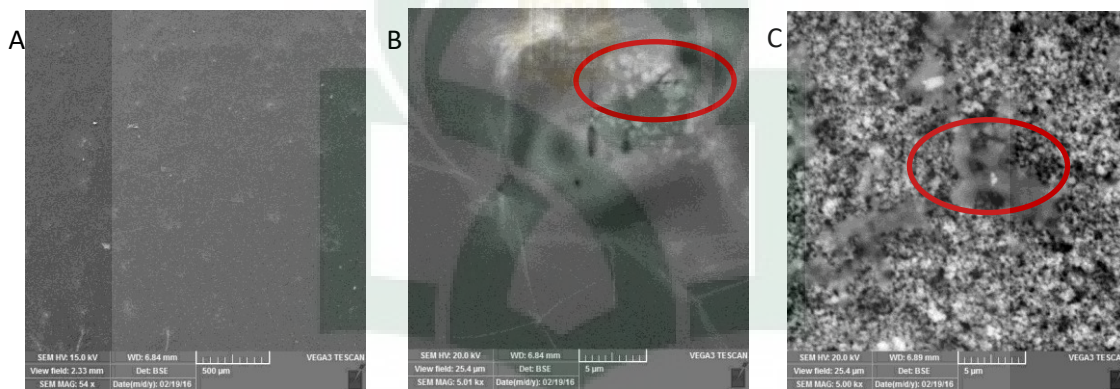


Gambar 4.12 Senyawa karoten dan beberapa fragmen ion molekul ekstrak cabe merah asil KKCVC (Metanol: N-Heksana (2:5)) pada retensi 9.38 menit

Kedua fragmen yaitu pada retensi 9.38 dan 9.87 menit diinterpretasikan sebagai senyawa lutein dan senyawa asiklik rodovibrin. Namun, pada analisa kromatografi gas keberadaan ion senyawa tersebut tidak terdeteksi sebagai puncak tertinggi. Hal ini dikarenakan pada beberapa puncak tertinggi tersebut dari senyawa karotenoid terpecah menjadi fragmen yang lebih kecil sehingga tidak ditemukannya pola fragmen yang mendekati pola fragmen senyawa karoten yang lain seperti β -karoten.

e. Morfologi zat warna pada TiO_2

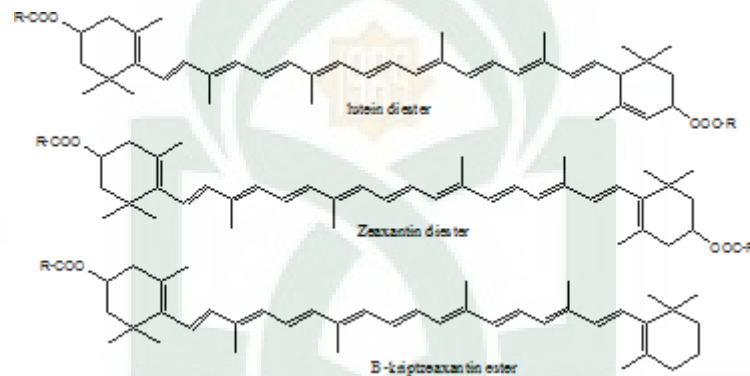
Analisis morfologi zat warna pada TiO_2 dapat menjelaskan hubungan ikatan antara zat warna dan TiO_2 . Interaksi zat warna pada TiO_2 dapat dilihat pada gambar di bawah.



Gambar IV.13 A. morfologi TiO_2 teknis yang dilapisi zat warna perbesaran $500\mu\text{m}$, B. morfologi TiO_2 teknis yang dilapisi zat warna perbesaran $5\mu\text{m}$ dan C. morfologi TiO_2 teknis yang dilapisi zat warna perbesaran $5\mu\text{m}$.

Gambar IV.13 merupakan morfologi dari zat warna pada TiO_2 yang terlihat menggunakan SEM. Gambar A merupakan morfologi yang pada ukuran $500\mu\text{m}$ dan terlihat jelas zat warna menutupi pori dari TiO_2 . Gambar B memperlihatkan beberapa butiran TiO_2 yang tertutupi zat warna sedangkan gambar C merupakan morfologi TiO_2 dengan pori yang terbuka dan zat warna yang terlihat jelas pada bagian TiO_2 yang terlihat buram. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Alwani,dkk (2015:136) yang memperlihatkan morfologi TiO_2 tanpa zat warna dan adanya zat warna. Zat warna pada TiO_2 dideteksi dengan adanya pengumpulan TiO_2 yang dikarenakan adanya pengaruh zat warna yang membuat TiO_2 menjadi mengembang.

Senyawa xantofil memiliki gugus hidroksil yang berikatan dengan lipid. Gugus hidroksil membentuk gugus ester terhadap asam lemak (Bunea, dkk., 2014:310). Ikatan beberapa senyawa xantofil dengan asam lemak dapat dilihat pada Gambar IV.13 di bawah.



Gambar IV.14 Senyawa Xantofil ester

Ikatan antara zat warna dan TiO_2 dapat berupa ikatan koordinasi. zat warna yang memiliki gugus karbonil dapat berikatan dengan membentuk ligan pada logam Ti^{4+} (Grätzel dan kay, 1996 :103). Keberadaan gugus Hidroksil dan keton pada senyawa warna dapat meningkatkan efisiensi. Pada penelitian ini peningkatan efisiensi meningkat seiring dengan menurunnya kepolaran dari fraksi ini dikarenakan senyawa xantofil lebih banyak terdapat dalam bentuk ester asam lemak.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Kesimpulan pada penelitian ini yaitu:

1. Nilai efisiensi ekstrak cabe merah yaitu 0,0271% dan efisiensi hasil fraksinasi menggunakan KKCW metanol:N-Heksana (4:1), metanol:N-Heksana (1:1) dan metanol:N-heksana (1:4) berturut-turut 0,0122%, 0,0127 % dan 0,0337 %.
2. Karakteristik senyawa warna pada ekstrak cabe merah antara lain: serapan pada λ_{\max} 443 dan 446 nm, serapan pada bilangan gelombang 3446.79 cm^{-1} dan 1739.79 cm^{-1} dan Analisa GC-MS yaitu pada 9.36 menit dengan ion molekul m/z 55, 73, 91, 105, dan rentensi 9.87 menit dengan ion molekul yaitu m/z 55, 91, 105, 121, 175 dan 189 merupakan karakteristik senyawa karoten.

B. Saran

Saran untuk peneliti selanjutnya yaitu perlunya penggunaan ITO dengan resistansi lebih rendah yaitu 10 Ω/sq , menggunakan TiO_2 nanopartikel sehingga didapatkan efisiensi yang lebih tinggi dan dilakukan uji X-RD untuk mengetahui komponen dari TiO_2 teknis.

DAFTAR PUSTAKA

- Abduh, Syaikh Muhammad. Tafsir Al-Quran Al-Karim (Juz Amma). Terj. Muhammad Bagir. *Tafsir Juz Amma Muhammad Abduh*. Bandung: Mizan, 1999.
- Al-Alwani, Mahmoud M.A., dkk.. "Effect of solvents on the extraction of natural pigments and adsorption onto TiO for dye-sensitized solar cell applications" *Spectrochimica Part A: Molecular and BioChemical Molecular* (2015) 130-137
- Anrea Buena, dkk." Anthophyll Esters in Fruits and Vegetabel" *Not Bot Horti Agrobo*, 2014, 42(2):310-324.
- Anreas Kay dan Michael Grätzel. "Low Cost Photovoltaic module based on dye sensitized nanocrystalline titanium dioxide and carbon powder" *Solar Energy Material and Solar Cell* 44 (1996), h.99-177.
- Bintang, Maria. *Biokimia Teknik Penelitian*. Jakarta : Erlangga. 2010.
- Brian O'Regan dan Michael Grätzel. "A low -Cost, High-efficiency solar cell based on dye-sensitized colloidal TiO₂ films" *Nature* vol. 353 (1991).
- Cahyono, Bambang." Cabe Rawit Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani" Yogyakarta:penerbit Karnisius, 2003.
- Dan Chen dan zanmin Wu." Study on Extraction and Puripication process of Ca psicum Red pigment." *Journal of Agriculture Science* 1 no.2 (2009)
- Davies, Kavin. *Plant pigment and Their Manipulation*. New Zealand: Blackwell Publishing, 2004.
- Dewan Energi Nasional Republik Indonesia"Outlook Energi Indonesia" 2014
- Dewan Energi Nasional Republik Indonesia"Outlook Energi Indonesia" 2012
- Enzel, C.R. dan Francis, G.W."Mass Spektrometric of Carotenoids" *Acta Chemica Scandinavia* 23 (1969) 275-750

- Furnish, Brian S, dkk. *Textbook of practical organic chemistry, edisi 5*. Inggris:British Library, 1989.
- Gracia, Maria del Rocio Gomes, dkk. “Biochemistry And Molecular Biology Of Carotenoid Biosynthesis In Chili Peppers (*Capsicum Spp*)” *International Journal of Molecular Sciences* 14 (2013), h. 19025-19053.
- Grätzel, Michael. “Photoelectrochemical Cell” *Nature* Vol. 414 (2001).
- H. Pine, Stanley, dkk. *Organik Chemistry*, terj. Roehyati dan Sasanti, *Kimia Organik I*. Bandung: ITB, 1988.
- Hardian, Arie, dkk. “Sintesis Dan Karakteristik Kristal Cair Ionic Berbasis Garam *Fatty Imodazolonium* Sebagai Elektrolit Redoks Pada Sel Surya Tersintesis Zat Warna” *Jurnal Sains Dan Teknologi Kimia* 1 no 1 (2010), h.7-16.
- Hermamalia dan kumara .”Dye-Sensitizer Solid State Solar Cell Sensitizer With Natural Pigment Extraction From The Grapes.”*International Journal of scientific and publication* 3 no.11 (2013).
- Hosen, Ibrahim, dkk. *Al-Quran dan Tafsirnya*. Jakarta : Lentera Abadi. 2010.
- Kementrian pertanian Republik Indonesia”Laporan Data Kinerja” 2013.
- Kong, Jin-Ming, dkk. “ Analysis and Biological Activities of Anthocyanins” *Phytochemistry* 64 (2003), h. 923-933.
- Lim, Anderly. “Potential Natural Sensitizer Extracted from the Skin of *Canarium Odontophyllum* Friut for Dye-Sensitizer Solar Cell”. *Molecular and Biomoleccular Spectrofotometer* 138 (2015), h. 596-602.
- Maddu, Akhiruddin, dkk. “Penggunaan Ekstrak Antosianin Kol Merah sebagai Fotosensitizer pada Sel Surya TiO₂ Nanokristal Tersensitisasi Dye”. *Makara Teknologi* 11, no. 2 (2007), h. 78-84.
- Manasika Arina dan Simon Bambang Widjarnoko. “kstraksi pigmen karotenoid labu kabocha menggunakan metode ultrasonik (kajian rasio bahan: pelarut dan lama ekstraksi)” *Jurnal Pangan dan Agroindustri* Vol. 3 No 3 p.928-938, Juli 2015
- Mara Duma dan ina Alsina. “The Content of Plant Pigment in Red and Yellow Bell Peppers”. *Scintific Pappers* 56 (2012).

- Misbachuddin, Mochammad Chairul, dkk. “Studi Awal Ekstrak Antosianin Strawberry sebagai Fotosensitizer dalam Pembuatan Prototipe *Dye Sensitized Solar Cell* (DSSC)”. *Lontar Physic Forum* (2013), h. 1-5.
- Mozzafarin, Saedi dan Rahmani.”Photoelectric Characterization Of Pabricated Dye-Sensitized Solar Sel using dye ekstraction from red siahkooti fruit as natural sensitizer” *Journal Molecular and Biomolecular Spectroscopy* 142 (2015) 226-231.
- Mulyani, Okti dan Astuti. “ Sintesis Sel Surya Tersensitisasi Pewarna (SSTP) Ekstrak Antosianin Buah Delima (*Punica granatum*) dengan Metode *Sol-Gel Spin Coating*”. *Jurnal Fisika Unand* 3, no. 2 (2014): h. 84-89.
- Nuryadi, Ratno, dkk. “Fabrikasi Sel Surya Tersensitasi Zat Warna Berbasis Semikonduktor TiO₂ dengan Metode Elektroforesis”. *Hasil Penelitian Industri* 25, no. 1 (2012), h. 48-58.
- Oncea, Simona dan Letitia Oprean. “Anthocyanins, from Biosynthesis in Plant to Human Health Benefits”. *Acta University Cibiniensis Series E: Food Technology* 15, no. 1 (2011), h. 3-16.
- Ozuomba, Jude O, dkk. “The Performance and Stability of Anthocyanins Local Dye as a Photosensitizer for DSSC”. *Pelagia Research Library* 4, no. 2 (2012), h. 60-69.
- Paduano, Antonello, dkk. “Microwave and Ultrasound-Assisted Extraction of Capsaicinoids from Chili Pepper (*Capsicum annum* L.) in Flavoured Olive Oil”. *Journal of Food Research* 3, no. 4 (2014).
- Pavia, Donal L, dkk. *A Mikroscale Approach to Organik Labotorium Technique, Fifth Edition*. USA: Brooks/Cole Cengage Learning, 2013.
- Prasetyowati, Rita. “Sel Surya Berbasis Titania Sebagai Sumber Energi Listrik Alternatif”. *Prosiding Seminar Nasional Penelitian* (2012), h. 1-5.
- Salim Bahreisy dan Said Bahreisy. *Tafsir Ibnu Katsier*. Surabaya: PT. Bina Ilmu.2003.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah* vol 11, Jakarta, lentera hati :2002.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah* vol 13, Jakarta, lentera hati :2002.
- Shihab, M. Quraish. *Tafsir Al-Misbah* vol 8, Jakarta, lentera hati :2002.

- Smestad, Greg P dan Michael Grätzel.” Demonstrating Electron and Nanotechnology: A Natural Dye-Sensitizer Nanocrystalline Energy Converter” *Journal of Chemical Education* 75, no. 6 (1998), h. 752-756.
- Sol M. Rivera, dkk. “Identification of carotenoids using mass spectrometry in positive ion mode” 2012
- Subramania, A., dkk. “ Effect of Different Compositions of Ethylene Carbonate and Propylene carbonate of DSSC” *Ionics* 19 (2013), h. 1649-1653.
- Supratma, Unang. “Elusidasi Struktur Senyawa Organik” Pajajaran: Wydyda pajajaran:2010.
- Underwood A.L. dan Day R.A. *Quantitative Analysis*. Terj. Iis Sofian. Analisis Kuantitatif Edisi ke Enam. Jakarta : Erlangga . 1999.
- United State Department Agriculture. “Classification for kingdom plantae” <http://plant.usda.gov/java/ClassificationServlet?source=profile&symbol=CAN4&display=31>(01 juli 2015).
- Vandri, Webri, dkk. “Reforming Prototype Dye-Sensitizer Solar Cell (Dye-Sensitizer Kulit manggis) Dengan Hubungan Variasi hambatan terhadap Efisiensi Konversi Energi Listrik dan Perbandingan terhadap Sel Surya Konvensional” *TeknikA* 19, no.2 (2012).
- Yahya, Harun.”*The creation of the universe*” terj. Ary Nilandri, “*penciptaan Alam raya*” Bandung, Dzikra:2003.
- Yoga Hari Prasetyo, dkk. “Study variasi Elektrolit Terhadap Kinerja Dye-Sensitized Solar Cell (DSSC)” *Jurnal Fisika Indonesia* no. 53 vol.18 (2014).
- Zarker, dkk. *Natural Product Isolation-Second Edition*. Human Press Inc. 2006.
- Zhang, Wei, dkk.” Enhancement Of Provsite- Based Solar Cell Employing Core-Sheell Metal Nanoparticles” *nano Letter* 13 (2013), h. 4505-4510.
- Zhou, Huizhi, dkk. “Dye-Sensitizer Solar Cell Using 20 Natural Dye As Sensitizer” *Journal of photochemistry and Photobiology A* 219 (2011), h. 188-194.