

**SINTESIS DAN KARAKTERISASI CAIRAN IONIK BERBASIS GARAM
BENZOTRIAZOLIUM SEBAGAI ELEKTROLIT REDOKS PADA SEL
SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA (DSSC)**

SKRIPSI

Diajukan untuk Memenuhi Sebagian dari
Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana Sains
Program Studi Kimia



Oleh :

**RD. HABIB RIPNA MTA
033850**

**PROGRAM STUDI KIMIA
JURUSAN PENDIDIKAN KIMIA
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
2008**

LEMBAR PENGESAHAN

SKRIPSI

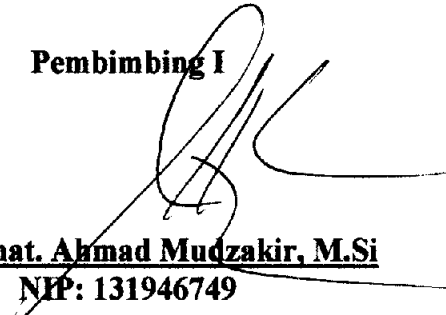
**SINTESIS DAN KARAKTERISASI CAIRAN IONIK BERBASIS
GARAM BENZOTRIAZOLIUM SEBAGAI ELEKTROLIT REDOKS
PADA SEL SURYA TERSENSITISASI ZAT WARNA (DSSC)**

Oleh :

**RD. HABIB RIPNA MTA
033850**

Disetujui dan disahkan oleh:

Pembimbing I



Dr. rer. nat. Ahmad Mudzakir, M.Si
NIP: 131946749

Pembimbing II


Drs. Ali Kusrijadi, M.Si
NIP: 131993866

Mengetahui,

Ketua Jurusan Pendidikan Kimia FPMIPA UPI


Dr. Anna Permanasari, M.Si
NIP.131284617



"Bacalah! Dan Tuhanmulah Yang Maha Pemurah. Yang telah mengajar (manusia) dengan perantaraan kalam. Dia telah mengajarkan kepada manusia apa yang tidak diketahuinya."

(Q.S. Al 'Alaq : 3-5)

"...Katakanlah: "Adakah sama orang-orang yang mengetahui dengan orang-orang yang tidak mengetahui?"

(Q.S. AzZumar : 9)

"Dialah yang menjadikan matahari bersinar..."

(Q.S. Yunus : 5)

"Sepanjang kebodohan itu buruk baginya, maka disitulah baik baginya belajar"

(Abdullah Mubarrak)

"Timbalah ilmu yang tidak merusak aqidah (ibadah)mu kepada Allah, dan beribadahlah tetapi jangan meninggalkan dalam mencari ilmu"

(Abu Sa'id)

" Kelak dihari kiamat yang aku takuti bukan tuntutan "sejauh mana ilmu pengetahuanmu?" tetapi: "Sampai sejauh mana kau mengamalkan ilmu pengetahuanmu itu?"

(Riwayat Al Faqih dengan sanadnya dari Abu Darda)

The More I Improve Myself, The More I'm a Man I Become

(The Measure of A Man, Sidney Poitier)

Karya ini aku persembahkan untuk perubahan dunia karena hanya butuh beberapa detik untuk membuat sesuatu yang buruk, tapi butuh beberapa tahun untuk membuat sesuatu yang baik, bahkan butuh waktu yang lebih lama lagi jika ingin merubah



PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi yang berjudul "Sintesis dan Karakterisasi Cairan Ionik Berbasis Garam Benzotriazolium Sebagai Elektrolit Redoks pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna (DSSC)" ini beserta seluruh isi didalamnya adalah sepenuhnya hasil buah karya dari tangan saya sendiri. Tidak ada unsur didalamnya yang merupakan hasil plagiat dari karya orang lain. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko atau sanksi yang dijatuhkan kepada saya apabila kemudian ditemukan adanya pelanggaran terhadap etika keilmuan dalam karya saya ini.

Bandung, Februari 2008

Rd. Habib Ripna MTA



Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan elektrolit redoks pada sel surya tersensitisasi zat warna (DSSC) menggunakan cairan ionik karena dikenal memiliki kestabilan termal dan elektrokimia yang tinggi. Tiga cairan ionik berhasil disintesis, yaitu cairan ionik 1-metil-3-oktil benzotriazolium bromida (1M3OkBzt-Br), 1-metil-3-oktil benzotriazolium tiosianat (1M3OkBzt-SCN) dan 1-metil-3-oktil benzotriazolium ditiosianatoargentat (1M3OkBzt-[Ag(SCN)₂]_∞). Cairan ionik 1M3OkBzt-Br disintesis melalui dua tahap reaksi yakni reaksi metilasi menggunakan dimetilsulfat dan alkilasi-kuartenerisasi menggunakan oktilbromida pada suhu refluks 75-85°C. Cairan ionik 1M3OkBzt-SCN dan 1M3OkBzt-[Ag(SCN)₂]_∞ disintesis melalui reaksi metatesis antara 1M3OkBzt-Br dengan AgSCN masing-masing dalam pelarut metanol dan asetonitril dengan perbandingan mol tertentu. Analisis FTIR digunakan untuk menentukan struktur yakni gugus fungsi dari cairan ionik sekaligus menentukan keberhasilan sintesis. Analisis menggunakan *Electrochemical Impedance Spectrometry* (EIS) menunjukkan bahwa 1M3OkBzt-SCN merupakan cairan ionik yang memiliki daya hantar ion yang paling baik dengan nilai hambatan 0,345 kΩ.cm², sedangkan 1M3OkBzt-Br memiliki nilai hambatan 2,148 kΩ.cm² dan 1M3OkBzt-[Ag(SCN)₂]_∞ 7,366 kΩ.cm². Analisis *Cyclic Voltammetry* menunjukkan bahwa 1M3OkBzt-SCN merupakan cairan ionik yang memiliki kestabilan elektrokimia yang paling tinggi dengan nilai *electrochemical window* sekitar 2,5 V, sedangkan 1M3OkBzt -Br memiliki *electrochemical window* sekitar 2 V dan 1M3OkBzt -[Ag(SCN)₂]_∞ 1,5 V. Terbentuknya struktur polimer pada anion [Ag(SCN)₂]_∞ ternyata tidak meningkatkan kestabilan elektrokimia dari cairan ionik tersebut.

Kata kunci: Cairan ionik, DSSC, Electrochemical Impedance Spectroscopy, Cyclic Voltammetry dan Electrochemical Window.





KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmaanirrahiim,

Alhamdulillahirabbil'aalamiin, puja dan puji serta syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas sifat *Rahman* dan *Rahiim*-Nya, penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penyusunan skripsi ini. Shalawat serta salam semoga tetap dicurahkan kepada Kekasih Allah SWT, Muhammad Rasullullah SAW, dan juga untuk keluarganya, sahabatnya, dan semoga sampai pada kita semua sebagai pengikutnya, Amin. Atas Izin-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul ” *Sintesis dan karakterisasi Cairan Ionik Berbasis Garam Benzotriazolium Sebagai Elektrolit Redoks Pada Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna (DSSC)*”.

Penulis mengharapkan semoga karya tulis ini dapat dimanfaatkan untuk mengatasi masalah efisiensi pada sel surya tersensitisasi zat warna (*DSSC*) sehingga dapat menjadi sel surya alternatif. Penulis menyadari kesempurnaan hanya milik Allah SWT, sehingga penulis mengharapkan kritik dan saran agar karya ini bisa lebih bermanfaat demi kemajuan ilmu pengetahuan khususnya dalam kajian cairan ionik.

Bandung, Februari 2008

Penulis

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyadari bahwa manusia tidak bisa hidup sendiri tanpa adanya campur tangan dari manusia di sekitarnya. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Mama dan Papa, yang tulus dan ikhlas mendo'akan penulis setiap saat dan memotivasi serta mencurahkan kasih. Serta adik-adikku, Ami dan Sansan, yang selalu memotivasi penulis untuk terus berjuang bagi mereka.
2. Dr. rer. nat. Ahmad Mudzakir, M.Si. sebagai pembimbing I dengan seluruh pikiran, ilmu, tenaga, waktu, saran, serta pengarahannya yang sangat bermanfaat sehingga penelitian dan skripsi ini selesai dengan baik.
3. Drs. Ali Kusrijadi, M.Si. sebagai pembimbing II dengan ilmu dan sarannya sehingga hambatan yang dialami mampu diatasi dengan baik.
4. Semua pihak di Dirjen Dikti atas bantuan dana dalam program PKMP.
5. Dr. Yayan S. M.Si. atas waktu dan bantuannya dalam analisis EIS.
6. Dra. Zackiyah, M.Si. sebagai dosen pembimbing akademik atas bimbingan, arahan, saran dan kasih sayangnya pada penulis.
7. Dr. Anna P. M.Si. sebagai ketua jurusan pendidikan kimia UPI
8. Seluruh dosen, khususnya para penguji dan dosen KBK material, staff dan laboran jurusan kimia, khususnya pak Tisna, atas bantuannya kepada penulis selama menjalani penelitian dan menjalani masa studi.
9. Dr. Indra Noviandri, M.Si. atas izinnya dalam penggunaan alat *Cyclic Voltammetry* di Lab. Analitik ITB.
10. Dr. Bryan Yulianto, peneliti DSSC di Teknik Fisika ITB, atas ilmunya.

11. Aki Ii, atas bantuan materi dan do'anya. *Nuhun pisan Ki!!*
12. Cei, Ivan, Ulin, Mpit's & d Baby, Yanuar M. Ritonga, kalian adalah sahabat terbaikku, keluargaku, semangatku, motivasiku, inspirasiku. *U're all d best!!*
13. Keluarga Ivan, Cei, Mpit, Ulin, Joti dan Fey yang dengan ikhlas memberi kami tempat untuk berteduh. *Makasih Pak, Bu, Maaf kalo ngerepotin!!!*
14. Joti, Arya, Angap, Fey, Herlan, Brow, atas semua bantuan, kritikan, pujian, dan tumpangnya. *Thanks for the Ride, U're all d best too!!*
15. Uwi PP, Dewi, Aciw, Cut, Ucaz, Qodar, Yunita, QQ, Rusti, Rina, Resti, Butet, Agis, Wati, Eka, Teti, Abe, Ewok, Cecep, Feri, Adit, Ghina, Ahmad, Risya, Abah, Movi, Poppy, Sindy, Agus, Ramdani, Begi dan Daniel, *Kalian semua memang yang terbaik dari yang terbaik. Bet Me!! Bravo Chemstar 2003!!*
16. Renee, sahabat istimewa, inspirasiku dan semangatku. *Thanks Honey!!*
17. Rahma, Ivan, Gumi, Asep, Qey, Ade 1, Ade 2, Ken, Sofyan, Heri, Rini, Lina, Dewi, Penny dan juga sahabat di KKN-ku. *Akhirnya kita lulus juga!!!*
18. Tita, terimakasih atas kenangan yang membuat masa kuliah lebih berwarna.
19. Tina dan Yoga, mahasiswa kimia ITB, atas bantuannya pada analisis CV.
20. Adik-adik tingkatku, yang menjadikan suasana kuliah lebih ceria.
21. Teristimewa, untuk kecengan-kecenganku, kalian semua semangatku.

Serta semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu, semoga Allah SWT membalas semua kebaikan yang telah diberikan pada penulis. Amin.

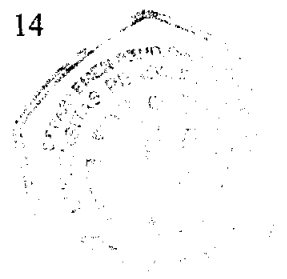
Bandung, Februari 2008

Penulis



DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
KATA PENGANTAR	ii
UCAPAN TERIMA KASIH	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	ix
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xiii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah Penelitian	1
1.2 Rumusan Masalah Penelitian	4
1.3 Batasan Masalah Penelitian	4
1.4 Tujuan Penelitian	5
1.5 Manfaat Penelitian	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Cairan Ionik	6
2.1.1 Aplikasi Cairan Ionik	10
2.1.2 Sintesis Cairan Ionik	11
2.1.2.1 Reaksi Kuartenerisasi	11
2.1.2.2 Reaksi Pergantian Anion	13
2.1.2.2.1 Cairan Ionik Asam Basa Lewis	13
2.1.2.2.2 Reaksi Metatesis Anion	14



2.2 Sel Surya	15
2.2.1 Jenis Sel Surya	17
2.2.1.1 Sel Surya Generasi Pertama (Tipe Silikon)	17
2.2.1.2 Sel Surya Generasi Kedua (Tipe Lapis Tipis atau <i>Thin Film</i>)	18
2.2.1.3 Sel Surya Generasi Ketiga (Tipe Sel Surya Fotokimia)	19
BAB III METODE PENELITIAN	21
3.1 Lokasi Penelitian	21
3.2 Sistematika Penelitian	21
3.2.1 Tahap Preparasi Cairan Ionik	21
3.2.1.1 Alat dan Bahan	22
3.2.1.1.1 Alat	22
3.2.1.1.2 Bahan	22
3.2.1.2 Prosedur Penelitian	22
3.2.1.2.1 Preparasi Material Awal : Sintesis Kristal 1-Metil Benzotriazol	23
3.2.1.2.2 Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Bromida	24
3.2.1.2.3 Sintesis Pereaksi AgSCN	25
3.2.1.2.4 Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Tiosianat	26

3.2.1.2.5 Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditionosianatoargentat	26
3.2.1.3 Diagram Sintesis	27
3.2.2 Tahapan karakterisasi Cairan Ionik	30
3.2.2.1 Analisis FTIR	30
3.2.3 Tahapan Studi Daya Hantar Ion dari Cairan Ionik	30
3.2.4 Tahapan Studi Kestabilan Elektrokimia dari Cairan Ionik	31
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	32
4.1 Tahapan Preparasi Cairan Ionik	33
4.1.1 Metilasi 1H-Benzotriazol	33
4.1.2 Alkilasi dan Kuartenerisasi 1-Metil Benzotriazol	35
4.1.3 Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Tiosianat	37
4.1.4 Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditionosianatoargentat	39
4.1.5 Sifat Kedapatlarutan Cairan Ionik Hasil Sintesis	43
4.2 Tahapan Karakterisasi Gugus Fungsi, Uji Daya Hantar Ionik dan Uji Kestabilan Elektrokimia dari Cairan Ionik	44
4.2.1 Analisis Gugus Fungsi Cairan Ionik	45
4.2.1.1 Analisis Gugus Fungsi 1M-Bzt	45
4.2.1.2 Analisis Gugus Fungsi 1M3OkBzt-Br	47
4.2.1.3 Analisis Gugus Fungsi 1M3OkBzt-SCN	48
4.2.1.4 Analisis Gugus Fungsi 1M3OkBzt-[Ag(SCN) ₂] _∞	49

4.2.2 Uji Daya Hantar Cairan Ionik	50
4.2.2.1 Pengaruh Viskositas Terhadap Daya Hantar Ion dari Cairan Ionik	51
4.2.2.2 Pengaruh Sifat Transpor Terhadap Daya Hantar Ion dari Cairan Ionik	54
4.2.3 Uji Kestabilan Elektrokimia	56
4.2.3.1 Uji Kestabilan Elektrokimia dari 1M3OkBzt-Br	57
4.2.3.2 Uji Kestabilan Elektrokimia dari 1M3OkBzt-SCN	58
4.2.3.3 Uji Kestabilan Elektrokimia dari 1M3OkBzt-[Ag(SCN) ₂] _∞	58
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	60
5.1 Kesimpulan	60
5.2 Saran	61
DAFTAR PUSTAKA	62
LAMPIRAN-LAMPIRAN	65
RIWAYAT HIDUP	76



DAFTAR TABEL

Tabel

Tabel 4.1 Data Uji Tahanan Ketiga Cairan Ionik Menggunakan Instrumen EIS 53

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Beberapa Jenis Kation Cairan Ionik	7
Gambar 2.2. Struktur N,N-Dialkil Imidazolium	9
Gambar 2.3. Struktur N,N-Dialkil Benzotriazolium	9
Gambar 2.4. Sistematika Reaksi Metatesis dari Cairan Ionik Berbasis Garam Benzotriazolium	15
Gambar 2.5. Contoh Sel Surya	16
Gambar 2.6. Contoh Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna	19
Gambar 2.7. Prinsip Kerja dari Sel Surya Tersensitisasi Zat Warna	20
Gambar 3.1. Diagram Sintesis Kristal 1-Metil Benzotriazol	27
Gambar 3.2. Diagram Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida	28
Gambar 3.3. Diagram Sintesis Padatan AgSCN	28
Gambar 3.4. Diagram Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Tiosianat	29
Gambar 3.5. Diagram Sintesis Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Ditionosianoargentat	29
Gambar 4.1. Reaksi Sintesis 1-Metil Benzotriazolium	33
Gambar 4.2. Hasil Proses Metilasi 1H-Benzotriazol	33
Gambar 4.3. Reaksi Pembentukan 1-H, 3-Metil-Benzotriazolium Klorida	34
Gambar 4.4. Reaksi Pembentukan Kembali 1-Metil-Benzotriazol	34
Gambar 4.5. Kristal 1-Metil Benzotriazol	35
Gambar 4.6. Reaksi Alkilasi dan Kuartenerisasi 1-Metil Benzotriazol	36
Gambar 4.7. Cairan Ionik 1-metil-3-oktil Benzotriazolium Bromida	37

Gambar 4.8. Reaksi Metatesis 1-metil-3-oktil-Benzotriazolium Bromida dengan Perak Tiosianat dalam Pelarut Metanol	38
Gambar 4.9. 1M3OkBzt-SCN Sebelum Diuapkan dan Masih Bercampur dengan Endapan AgBr (Kiri) dan Endapan AgBr (Kanan)	38
Gambar 4.10. Cairan Ionik 1-metil-3-oktil benzotriazolium tiosianat Setelah Diuapkan	39
Gambar 4.11. Reaksi Metatesis 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida dengan Perak Tiosianat dalam Pelarut Asetonitril	39
Gambar 4.12. Struktur Padatan AgSCN	40
Gambar 4.13. Beberapa Kompleks yang Menyangkut AgSCN sebagai Satuan Pembangun	41
Gambar 4.14. Struktur Kristal 1,3-Dimetil-Benzotriazolium Ditiosianatoargentat	42
Gambar 4.15. 1M3OkBzt-[Ag(SCN) ₂] _∞ ⁻ Sebelum Diuapkan dan Masih Bercampur dengan Endapan AgBr (Kiri) dan Endapan AgBr (Kanan)	43
Gambar 4.16. Perbandingan Spektra FTIR antara 1-Metil Benzotriazol dan 1-H Benzotriazol	45
Gambar 4.17. Perbandingan Spektra FTIR antara 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida dan 1-Metil Benzotriazol	47
Gambar 4.18. Perbandingan Spektra FTIR antara 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida dan 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Tiosianat	48
Gambar 4.19. Perbandingan Spektra FTIR antara 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida dan 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Ditiosianatoargentat	49
Gambar 4.20. Contoh Kurva Hasil Pengukuran Menggunakan EIS yang Menunjukkan Bahwa Suatu Senyawa Memiliki Sifat Transpor Tinggi	54
Gambar 4.21. Kurva Hasil Pengukuran Tahanan dari Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Bromida	55

Gambar 4.22. Kurva Hasil Pengukuran Tahanan dari Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Tiosianat	55
Gambar 4.23. Kurva Hasil Pengukuran Tahanan dari Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditionosianatoargentat	56
Gambar 4.24. <i>Cyclic Voltammogram</i> dari 1M3OkBzt-Br dalam Atmosfer Gas Nitrogen	57
Gambar 4.25. <i>Cyclic Voltammogram</i> dari 1M3OKBzt-SCN dalam Atmosfer Gas Nitrogen	58
Gambar 4.26. <i>Cyclic Voltammogram</i> dari Cairan Ionik 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditionosianatoargentat dalam Atmosfer Gas Nitrogen (kiri) dan Tanpa Gas Nitrogen (kanan)	59

DAFTAR LAMPIRAN

1. Perbandingan Analisis FTIR dari 1-H Benzotriazol dan 1-Metil Benzotriazol	65
2. Perbandingan Analisis FTIR dari 1-Metil Benzotriazol dan 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida	66
3. Analisis FTIR dari 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Tiosianat	67
4. Analisis FTIR dari 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Ditiosianatoargentat	68
5. Hasil Pengukuran EIS dari 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Bromida	69
6. Hasil Pengukuran EIS dari 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Tiosianat	70
7. Hasil Pengukuran EIS dari 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditiosianatoargentat	71
8. Hasil Pengukuran <i>Cyclic Voltammetry</i> dari 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Bromida	72
9. Hasil Pengukuran <i>Cyclic Voltammetry</i> dari 1-Metil-3-Oktil-Benzotriazolium Tiosianat	73
10. Hasil Pengukuran <i>Cyclic Voltammetry</i> dari 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditiosianatoargentat dalam Atmosfer Gas Nitrogen	74
11. Hasil Pengukuran <i>Cyclic Voltammetry</i> dari 1-Metil-3-Oktil Benzotriazolium Ditiosianatoargentat Tanpa Dialiri Gas Nitrogen	75



DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2007), *Pemanasan Global*, [Online]. Tersedia : http://id.wikipedia.org/wiki/Pemanasan_global [21 Juli 2007]
- Anonim, (2003), *How Solar Cells Work*, [online], Tersedia : <http://science.howstuffworks.com/solar-cell1.htm> [16 Juli 2007]
- Anthony, J. L., Brennecke, J. F., Holbrey, J. D., Maginn, E. J., Mantz, R. A., Rogers, R. D., Trulove, P. C., Visser, A. E., dan Welton, T. (2003). *Physicochemical Properties of Ionic Liquids* dalam *Ionic Liquids in Synthesis*, P. Wasserscheid dan T. Welton (Eds.), Wiley Verlag, Frankfurt.
- Bonhote, P., Dias, A. P., Papageorgiou, N., Kalyanasundaram, K., dan Gratzel, M., (1996), "Hydrophobic, Highly Conductive Ambient-Temperature Molten Salts", *Inorg. Chem*, 35, 1168-1178.
- Bradley, D. (1999), "Super Solvent", Technology Ireland, *Chempro's*, 1-2
- Brennecke, J.F. dan Maginn, E.J. (2001), "Ionic Liquids: Innovative Fluids for Chemical Processing", *AIChE Journal*, 47, 11, 2384-2389.
- Davis, J.H. dan Fox, P.A. (2003) "From Curiosities to Commodities: Ionic Liquids begin the Transition", *Chem. Comm.* 1209-1212
- Ekins, N. J. dan Daukens, (2006) *Energy From Semiconductor*, [online], Tersedia: <http://physics.usyd.edu.au> [16 Juli 2007]
- Fitzwater, G., Geissler, W., Moulton, R., Plechkova, N.V., Robertson, A., Seddon, K.R., Swindall, J., dan Joo, K.W., (2005), *Ionic Liquids: Source of Innovation*, [online]. Tersedia : <http://quill.qub.ac.uk/source> [15 Februari 2007]
- Forsyth, A.S. dan MacFarlane, D.R., (2003)., '1-Alkyl-3-methylbenzotriazolium salts: ionic solvents and electrolytes', *J. Mater. Chem.*, 13, 2451-2456
- Grätzel, M., (2001), "Dye-Sensitized Solar Cells", *Nature*, 414, 338-344
- Gordon, C. M., (2003)., *Synthesis and Purification of Ionic Liquid*, dalam *Ionic Liquid in Synthesis*. P. Wasserscheid dan T. Welton (Eds.), Wiley Verlag, Frankfurt.
- Hartomo, A. J. dan Anny, V. P. (1986). *Penyidikan Spektrometri Senyawa Organik*. Terjemahan., Penerbit Erlangga : Jakarta

- Hilgers, C., dan Wasserscheid, P., (2003)., *Quality Aspect and Other Questions Related to Commercial Ionic Liquid Production dalam Ionic Liquid in Synthesis*. P. Wasserscheid dan T. Welton (Eds.), Wiley Verlag, Frankfurt.
- Jelli-Jello, (2003), *Reaksi Kimia Dalam "Pelarut Hijau"*, [online]. Tersedia:<http://jelli-jello.co.id/listarticle1> [19 Februari 2007]
- Kang, M.G., Ryu, K.S., Chang, S.H., dan Park, N.G., (2004), "A New Ionic Liquid for a Redox Electrolyte of Dye-Sensitized Solar Cells", *ETRI Journal*, 26, 6, 647-651.
- Lenzmann, F. O., O'Regan, B. C., Smits, J. J. T., Kuipers, H. P. C. E., Sommeling P. M., van Roosmalen, J. A. M dan Slooff, L. H., (2005), "Dye Solar Cells Without Electrolyte or Hole-transport Layers: a Feasibility Study of a Concept Based on Direct Regeneration of the Dye by Metallic Conductors", *Res. Appl.*, 13:333-340
- Maass, K. (2006), "Synthesis and Electrochemical Analysis of 1-Butyl-3-methylimidazolium tetrafluoroborate", *WSSP 2006, UH51-11*
- Masahiro, H.; Kiyoshi, Y. und Masayoshi, K., (1976), "Esters of Phosphorus Oxy Acids as Alkylating Agents. IV. N-Alkylation of Imidazole and its Analogs with Alkyl Esters of Phosphonic and Phosphonic Acids", *Bull. Chem. Soc. Japan*, , 49(1), 283.
- Mudzakir, A. (2006), *A New Class of Ionic Solvents, Electrolytes and Engineering Fluids Based on 1,3-Alkylmethyl-1,2,3-benzotriazolium Salts*, Makalah, Disampaikan pada The 2006 Seminar on Analytical Chemistry, Yogyakarta.
- Mudzakir, A., (2004), *Zur Chemie des carbenanalogen 1,3-Dimethyl-1,2,3-benzotriazolium-iodid*, Disertasi, Universitas Magdeburg.
- Nakamoto, K. (1970), *Infrared Spectra of inorganic and Coordination Compounds*, Wiley-Interscience, a Division of John Wiley & Sons : USA
- Pitner, W. (2004), *Ionic Liquids: Properties and Applications*, Ionic Liquids Workshop, *Royal Society of Chemistry*, 1-53
- Ren, C. X., Zhu, H. L., Yang, G dan Chen, X. M. (2001), "Syntheses and Crystal Structures of Five Two-Dimensional Networks Constructed From Staircase-Like Silver(I) Thiocyanate Chains and Bridging Polyamines", *J. Chem. Soc., Dalton Trans.*, 85-90

- Schubert, T., (2006), *Ionic Liquids for The Use in Dye-Sensitized Solar Cells(DSCs)* .[Online]. Tersedia: <http://pb.merck.de/servlet/PB/menu/1302420/index.htm>. [15 Mei 2007].
- Sunarya, Y., (2007), *Pengaruh Sifat Transpor Terhadap Kurva Electrochemical Impedance Spectrometry (EIS)*., Komunikasi Pribadi.
- Trulove, P. C., dan Mantz, R. A., (2003)., *Electrochemical Properties of Ionic Liquid*, dalam *Ionic Liquid in Synthesis*. P. Wasserscheid dan T. Welton (Eds.), Wiley Verlag, Frankfurt.
- Wang, P., Zakeeruddin, S.M., Exnar, I., dan Gratzel, M., (2002), "High Efficiency Dye-Sensitized Nanocrystalline Solar Cells Based on Ionic Liquid Polymer Gel Electrolyte", *Chem. Comm.*, 2002, 24, 2972-2973.
- Yuliarto, B., (2006), *Teknologi Sel Surya untuk Energi Masa Depan*, Majalah Iptek ISTECS, 6-8.

