



**KAJIAN FENOMENA PERPINDAHAN MASSA
DALAM TANGKI BERPENGADUK
PADA PROSES EKSTRAKSI FENOL
DARI LARUTAN TIR BATU BARA
ARTIFISIAL**

Skripsi

diajukan sebagai salah satu persyaratan untuk memperoleh gelar Sarjana
Teknik Jurusan Teknik Kimia

Oleh

Muhammad Rafiqi NIM. 5213412026

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

**JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG
2016**



UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERSETUJUAN PEMBIMBING

Nama Mahasiswa : Bahy Wibowo
Muhammad Rafiqi

NIM : 5213412003
5213412026

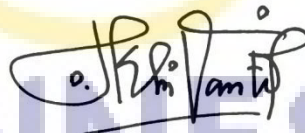
Jurusan : S-1 Teknik Kimia

Judul Skripsi : KAJIAN FENOMENA PERPINDAHAN MASSA
DALAM TANGKI BERPENGADUK PADA PROSES EKSTRAKSI FENOL
DARI LARUTAN TIR BATU BARA ARTIFISIAL

Skripsi ini telah disetujui oleh pembimbing untuk diajukan ke sidang panitia ujian
skripsi Jurusan S-1 Teknik Kimia FT. UNNES

Semarang, 31 Juli 2016

Pembimbing



Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

PERNYATAAN KEASLIAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa :

1. Skripsi ini, adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik (sarjana, magister, dan/atau doktor), baik di Universitas Negeri Semarang (UNNES) maupun di perguruan tinggi lain.
2. Karya tulis ini adalah murni gagasan, rumusan, dan penelitian saya sendiri, tanpa bantuan pihak lain, kecuali arahan Pembimbing dan masukkan Tim Penguji.
3. Dalam karya tulis ini tidak terdapat karya atau pendapat yang telah ditulis atau dipublikasikan orang lain, kecuali secara tertulis dengan jelas dicantumkan sebagai acuan dalam naskah dengan disebutkan nama pengarang dan dicantumkan dalam daftar pustaka.
4. Pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan apabila di kemudian hari terdapat penyimpangan dan ketidakbenaran dalam pernyataan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar yang telah diperoleh karena karya ini, serta sanksi lainnya sesuai dengan norma yang berlaku di perguruan tinggi ini.

Semarang, 1 Agustus 2016 yang
membuat pernyataan,



Muhammad Rafiq/5213412026

PENGESAHAN

Skripsi dengan judul Kajian Fenomena Perpindahan Massa dalam Tangki Berpengaduk pada Proses Ekstraksi Fenol dari Larutan Tir Batu Bara Artifisial telah dipertahan di depan sidang Panitia Ujian Skripsi Fakultas Teknik UNNES pada tanggal 8 bulan 8 tahun 2016

Nama : Bahy Wibowo
Muhammad Rafiqi
NIM : 5213412003
5213412026
Jurusan : S-1 Teknik Kimia

Panitia:

Ketua Panitia

Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Sekretaris

Dr. Megawati, S.T., M.T.
NIP. 197211062006042001

Penguji I

Dr. Wara Dyah P. R., S.T., M.T.
NIP. 197405191999032001

Penguji II

Catur Rini W., S.T., M.Sc.
NIP. 198601172012122003

Pembimbing

Dr. Dewi Selvia F., S.T., M.T.
NIP. 197103161999032002

Mengetahui:

Dekan Fakultas Teknik UNNES

Dr. Nur Qudus M.T.
NIP. 196911301994031001

MOTTO DAN PERSEMBAHAN

MOTTO

- a. Memulai dengan penuh keyakinan, menjalankan dengan penuh keikhlasan, dan menyelesaikan dengan penuh kebahagiaan dan kebanggaan.
- b. Setiap aksi memiliki reaksi, setiap perbuatan memiliki konsekuensi, dan setia kebaikan memiliki suatu balasan yang baik.

PERSEMBAHAN

1. Ayah, Ibu, dan Keluarga
2. Dosen-dosen Teknik Kimia
3. Teman-teman Teknik Kimia 2012
4. Almamaterku



Abstrak

Wibowo, Bahy, Muhammad Rafiqi. 2016. *Kajian Fenomena Perpindahan Massa Dalam Tangki Berpengaduk Pada Proses Ekstraksi Fenol dari Larutan Tir Batu bara Artifisial*. Skripsi, Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Pembimbing Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T.

Kata Kunci : Tir Batu bara, Fenol, Ekstraksi Cair-Cair, Perpindahan Massa

Produksi batu bara di Indonesia pada tahun 2014 mencapai 368,9 juta ton. Biasanya pemanfaatan batu bara menggunakan proses pirolisis yang dapat menghasilkan tir batu bara. Tir yang dihasilkan dari proses pirolisis batu bara jumlahnya bervariasi namun dapat mencapai 15,8% berat bergantung pada suhu operasi pirolisis dan jenis batu bara, jumlah ini cukup signifikan mengingat produksi dan penggunaan batu bara di Indonesia sangatlah besar. Penelitian-penelitian terhadap batu bara telah banyak dilakukan, tetapi khusus terhadap tirnya masih sangat sedikit dan penelitian-penelitian tersebut belum mempelajari fenomena dan pemodelan perpindahan massa serta belum banyak yang mengambil senyawa fenol dari tir batu bara. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi optimum ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara dan nilai koefisien perpindahan massa pada ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara.

Penelitian ini menggunakan metode ekstraksi cair-cair dengan suhu (30 °C dan 40 °C), waktu ekstraksi (5 menit, 10 menit, 15 menit, 20 menit, 25 menit, dan 30 menit), diameter pengaduk (3,5 cm dan 4 cm), diameter tangki (9 cm dan 10 cm), kecepatan pengaduk (210 rpm, 230 rpm, 250 rpm).

Hasil percobaan menunjukkan, konsentrasi fenol yang terekstrak paling tinggi pada suhu 40 °C, diameter tangki 9 cm, diameter pengaduk 3,5 cm, kecepatan pengadukan 250 rpm, dan pada waktu ekstraksi 20 menit dengan rendemen yang didapat 2,77%. Nilai koefisien perpindahan massa fasa dispersi dari hasil percobaan sebesar $2,8391 \times 10^{-14}$.

UNNES
UNIVERSITAS NEGERI SEMARANG

KATA PENGANTAR

Puji syukur alhamdulillah penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas berkat, rahmat, taufik dan hidayah-Nya, penyusunan skripsi yang berjudul “Kajian Fenomena Perpindan Massa Dalam Tangki Berpengaduk Pada Proses Ekstraksi Fenol dari Larutan Tir Batu bara Artifisial” dapat diselesaikan dengan baik.

Skripsi ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Jurusan Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Semarang. Penulis menyadari bahwa selesainya skripsi ini adalah karena adanya dorongan, bantuan, dan motivasi dari berbagai pihak. Untuk itu penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Dr. Nur Qudus M.T. selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Negeri Semarang.
2. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T. selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Negeri Semarang.
3. Dr. Dewi Selvia Fardhyanti, S.T., M.T. selaku Dosen Pembimbing yang selalu memberi bimbingan, motivasi dan pengarahan yang membangun dalam penyusunan Skripsi.
4. Dr. Wara Dyah Pita Rengga, S.T., M.T. dan Catur Rini Widyastuti, S.T., M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan masukan dan pengarahan dalam penyempurnaan penyusunan Skripsi.
5. Bapak, Ibu, dan keluarga kami, terima kasih atas segala kasih sayang dan dorongan semangat untuk penyelesain Skripsi.
6. Teman-teman Teknik Kimia Unnes 2012 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebut satu persatu yang telah membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Akhir kata penulis berharap semoga Skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Semarang, Juli 2016

Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
PERSETUJUAN PEMBIMBING.....	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iii
PENGESAHAN	iv
MOTTO DAN PERSEMBAHAN	iv
Abstrak	vi
KATA PENGANTAR	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xiii
BAB I.....	1
PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Identifikasi Masalah.....	2
1.3 Pembatasan Masalah.....	2
1.4 Rumusan Masalah.....	3
1.5 Tujuan Penelitian.....	3
1.6 Manfaat.....	4
BAB II.....	5
LANDASAN TEORI.....	5
2.1 Tir batu bara.....	5
2.2 Fenol	6
2.3 Metanol	7
2.4 Kerosin.....	7
2.5 Ekstraksi Cair-Cair	8
2.6 Perpindahan massa.....	11
2.7 Koefisien perpindahan massa	12

2.7.1	Model Matematis Koefisien Perpindahan Massa <i>Overall</i>	13
2.7.2	Korelasi Empirik Dalam Bentuk Bilangan Tak Berdimensi.....	14
2.8	Spektrofotometri UV-Vis	15
BAB III	.....	17
METODE PENELITIAN	.....	17
3.1	Waktu dan Tempat Pelaksanaan	17
3.2	Bahan dan Alat.....	17
3.3	Teknik Pengumpulan Data.....	18
3.4	Parameter Penelitian	18
3.5	Prosedur Penelitian	19
3.5.1	Pembuatan Kurva Kalibrasi Fenol-Metanol-Air.....	19
3.5.2	Pembuatan Kurva Kalibrasi Fenol-Kerosin	19
3.5.3	Tahap Pembuatan Larutan Umpan (Model Tir Batu bara)	19
3.5.4	Tahap Pembuatan Pelarut Metanol-Air.....	19
3.5.5	Tahap Ekstraksi.....	19
3.6	Tahap Analisis Hasil.....	20
BAB IV	.....	22
HASIL PENELITIAN PEMBAHASAN	.....	22
4.1	Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi	22
4.2	Pengaruh Diameter Pengaduk dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi	24
4.3	Pengaruh Diameter Tangki dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi	26
4.4	Pengaruh Kecepatan Pengaduk dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi	27
4.5	Fenomena Perpindahan Massa dalam tangki berpengaduk pada Ekstraksi Fenol dari Tir Batu Bara	29
4.5.1	Koefisien Perpindahan Massa <i>Overall</i>	29
4.5.2	Koefisien Perpindahan Massa Fasa Dispersi	30
BAB V	.....	32
SIMPULAN DAN SARAN	.....	32

5.1	Simpulan	32
5.2	Saran	33
	DAFTAR PUSTAKA	34
	LAMPIRAN.....	37



DAFTAR GAMBAR

Gambar IV. 1 Hubungan antara Rendemen dan Waktu Operasi terhadap Suhu Ekstraksi.....	23
Gambar IV. 2 Hubungan antara Koefisien Distribusi dan Waktu Oerasi terhadap Suhu Ekstraksi.....	24
Gambar IV. 3 Hubungan antara Rendemen dan Waktu Operasi terhadap Diameter Pengaduk.....	25
Gambar IV. 4 Hubungan antara Nilai Koefisien Distribusi dan Waktu Operasi terhadap Diameter Pengaduk	25
Gambar IV. 5 Hubungan antara Rendemen dan Waktu Operasi terhadap Diameter Tangki.....	27
Gambar IV. 6 Hubungan antra Nilai Koefisien Distribusi dan Waktu Ekstraksi terhadap Diameter Tangki.....	27
Gambar IV. 7 Hubungan antara Rendemen dan Waktu Operasi terhadap Kecepatan Pengadukan.....	28
Gambar IV. 8 Hubungan antara Nilai Koefisien Distribusi dan Waktu Operasi terhadap Kecepatan Pengadukan.....	29
Gambar IV. 9 Hubungan antara Koefisien Perpindahan Massa Percobaan dengan Koefisien Perpindahan Massa Perhitungan.....	29
Gambar IV. 10 Hubungan antara Bilangan Sherwood Percobaan dengan Bilangan Sherwood Perhitungan	30

DAFTAR TABEL

Tabel IV. 1 Pengaruh Suhu dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendeman dan Nilai Koefisien Distribusi.	22
Tabel IV. 2 Pengaruh Diameter dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi.	24
Tabel IV. 3 Pengaruh Diameter Tangki dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi.	26
Tabel IV. 4 Pengaruh Kecepatan Pengadukan dan Waktu Ekstraksi terhadap Rendemen dan Nilai Koefisien Distribusi.	28



DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN SKEMA KERJA	37
LAMPIRAN PERHITUNGAN	38
LAMPIRAN DOKUMENTASI	56



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Saat ini salah satu sumber energi yang paling banyak digunakan adalah sumber energi yang berasal dari senyawa hidrokarbon seperti batu bara. Batu bara banyak dimanfaatkan oleh banyak industri seperti industri baja, pembangkit listrik, semen dan lainnya. Beberapa teknik pemanfaatan energi yang berasal dari batu bara diantaranya dengan cara gasifikasi, dan karbonasi atau pirolisis. Salah satu hasil samping proses tersebut adalah tir batu bara. Tir adalah cairan berwarna coklat kehitaman yang terdiri dari senyawa-senyawa alifatik, aromatik, alisiklik, dan heterosiklik yang berpotensi sebagai bahan bakar cair ataupun bahan baku kimia industri (Zullaikah dkk., 2015). Namun karena baunya yang tajam dan tidak sedap, tir batu bara sering dianggap limbah.

Tir batu bara mengandung lebih dari 348 senyawa kimia yang sangat berharga, salah satu senyawa yang terkandung didalam tir batu bara adalah fenol sebanyak 8,06% (v/v) (Fardhyanti, 2015). Beberapa peneliti yang sudah melakukan ekstraksi fenol dari tir batu bara seperti Jiao dkk. (2015) telah melakukan ekstraksi fenol dari dalam tir batu bara menggunakan senyawa amida, Shi dkk. (2012) telah melakukan ekstraksi fenol dalam tir batu bara yang di produksi dari sistem multi-generasi menggunakan pelarut alkali dan asam sulfat, Fardhyanti dkk. (2012) melakukan ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara menggunakan pelarut metanol dan aseton. Salah satu kandungan dalam tir batu bara ini dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang seperti industri kimia, seperti produksi polimer, obat-obatan, bahan peledak, pestisida, *stabilizers*, dan antioksidan (Caramao dkk., 2004). Penelitian yang sudah dilakukan oleh Dewi dkk. (2007) menunjukkan bahwa ekstraksi fenol tertinggi menggunakan pelarut metanol yang terdapat dalam dedak sorgum untuk dimanfaatkan sebagai antioksidan. Mu'nisa dkk. (2012) mengambil senyawa fenol yang terdapat dalam

daun cengkeh sebagai antioksidan alami menggunakan pelarut metanol sebagai pelarut yang dapat mengekstrak fenol terbanyak.

Beberapa penelitian diatas belum mempelajari fenomena dan pemodelan perpindahan massa serta belum banyak yang mengambil senyawa fenol dari tir batu bara. Perancangan dan *scale-up* kolom alat ekstraksi dapat dilakukan dengan baik, dan operasi dapat dilakukan secara optimum bila nilai parameter dalam dinamika proses pengolahan itu diketahui dengan tepat. Mengingat pentingnya data fenomena dan pemodelan perpindahan massa volumetris pada proses ekstraksi ini serta harga pelarut dibandingkan dengan harga senyawa fenol, maka penelitian ini menjadi hal yang penting untuk dilakukan. Penggunaan pelarut metanol dikarenakan senyawa fenol memiliki kelarutan yang tinggi terhadap senyawa metanol.

1.2 Identifikasi Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah yang telah dikemukakan maka dapat diidentifikasi masalah sebagai berikut :

1. Memanfaatkan kandungan fenol dalam limbah tir batu bara menjadi bahan yang memiliki nilai tinggi.
2. Penelitian yang mempelajari fenomena dan pemodelan perpindahan massa ekstraksi fenol dari tir batu bara belum dilakukan.

1.3 Pembatasan Masalah

Masalah yang diuraikan dalam penelitian ini dibatasi pada :

1. Bahan baku yang digunakan adalah model tir batu bara yang terbuat dari larutan fenol dalam kerosin.
2. Pelarut yang digunakan adalah metanol dan air.
3. Variabel yang digunakan adalah diameter pengaduk, diameter tangki, kecepatan pengadukan, waktu ekstraksi, dan suhu.

1.4 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi optimum dalam ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara?
2. Bagaimana pengaruh suhu, diameter pengaduk, diameter tangki, dan kecepatan pengadukan terhadap nilai rendemen terbanyak yang didapat pada ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara?
3. Bagaimana pengaruh suhu, diameter pengaduk, diameter tangki, dan kecepatan pengadukan terhadap nilai koefisien distribusi pada ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara?
4. Bagaimana penentuan nilai koefisien perpindahan massa pada ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara?
5. Bagaimana pemodelan perpindahan massa yang terjadi di dalam ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara?

1.5 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Mendapatkan kondisi optimum ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara.
2. Mendapatkan pengaruh nilai rendemen terhadap ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara.
3. Mendapatkan pengaruh nilai koefisien distribusi terhadap ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara.
4. Mendapatkan nilai koefisien perpindahan massa pada ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara.
5. Mendapatkan pemodelan perpindahan massa pada ekstraksi senyawa fenol dari tir batu bara.

1.6 Manfaat

Manfaat dari penelitian ini adalah :

1. Model matematis koefisien perpindahan massa sangat diperlukan dalam dimensi alat ekstraktor maupun *scale-up* alat proses.
2. Dapat memanfaatkan limbah tir batu bara menjadi barang yang bernilai.
3. Dapat meningkatkan pengetahuan tentang ekstraksi cair-cair.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Tir batu bara

Tir batu bara merupakan cairan seperti minyak yang dihasilkan dari proses pencairan, karbonasi, dan gasifikasi batu bara. Bentuk fisik dari tir batu bara berupa cairan kental pada suhu kamar, berwarna hitam kecoklatan dan berbau tajam. Tir batu bara memiliki berat molekul, viskositas, kandungan senyawa heteroatom (S dan N), dan logam-logam yang tinggi (Benito dan Martinez, 1996). Tir batu bara juga merupakan produk samping industri baja, PLTU, semen, dan lain-lain. Tir batu bara ini mengandung lebih dari 348 jenis senyawa kimia, beberapa diantaranya merupakan senyawa-senyawa kimia yang sangat berharga. Senyawa aromatik benzoid (benzena, toluena, xylene, naftalena, dan antrasena) dan senyawa fenolik (fenol, kresol, xylenol, cathecol, dan resorsinol) yang mempunyai potensi multiguna sebagai bahan baku atau intermediet pada berbagai industri kimia (antioksidan, antiseptik, resin, bahan pelunak ada industri plastik, cat, parfum, obat, dan lain-lain) banyak terdapat dalam tir batu bara. Selain itu, tir batu bara juga mengandung senyawa nitrogen heterosiklik (piridin, quinolin, isoquinolin, dan indol). Senyawa hidrokarbon homosiklik (benzena, fenol, toluena, etilbenzena, xylene, dan naftalena) dan senyawa oksigen heterosiklik (dibenzofuran) (Salim dkk., 2005). Namun karena baunya yang tajam dan tidak enak, maka tir batu bara sering dianggap sebagai limbah (Setiaji dkk., 2006).

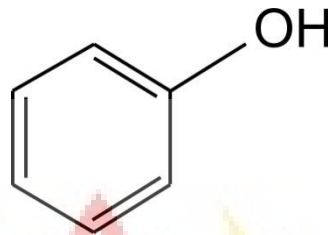
Tabel II.1 Komponen Terbesar Penyusun Tir Batu Bara di Indonesia

Komponen	Presentase v/v (%)
Fenol	8,06
2-metil fenol (o-kresol)	3,45
4-metil fenol (p-kresol)	11,06
3-etil fenol	5,55
1,8-dimetil naftalena	5,50
1,6-dimetil-4-isopropil naftalena	8,65

(Fardhyanti, 2015)

2.2 Fenol

Fenol adalah substansi induk dari serangkaian homolog senyawa yang mengandung gugus hidroksil terikat langsung pada cincin aromatik.



Gambar II.1. Struktur senyawa fenol

Rumus molekul	: C ₆ H ₅ OH
Penampilan	: padatan, tak berwarna
Berat molekul	: 94,11 g/mol
Densitas	: 1,08 g/cm ³
Titik didih	: 359,6 °F (182°C)
Titik leleh	: 107,6 °F (42°F)
Kelarutan dalam metanol	: 29,1 (MJ/m ³) ^{0,5} (Wypych, 2001)

Kelompok hidroksil fenol menentukan keasaman sedangkan cincin benzena ciri kebiasaannya. Fenol memiliki titik leleh rendah, mengkristal dalam prisma tidak berwarna dan memiliki bau yang sedikit menyengat, dalam keadaan cair, fenol berwujud bening, tidak berwarna, dan cairan ringan.

Fenol mudah larut dalam pelarut organik (hidrokarbon aromatik, alkohol, keton, eter, asam, hidrokarbon terhalogenasi dll) dan agak kurang larut dalam hidrokarbon alifatik. Kelarutan fenol di dalam air sebesar 1 g/15 mL air (ScienceLab.com). Fenol membentuk campuran azeotropik dengan air dan zat lainnya (Nguyen, dkk. 2003). Fenol dan senyawa fenolik pada dasarnya dapat dimanfaatkan dalam berbagai bidang industri kimia, seperti produksi polimer, obat-obatan, bahan peledak, pestisida, *stabilizers*, dan antioksidan (Caramao dkk., 2004). Adapun keunggulan dari golongan fenol adalah sifatnya yang stabil,

sedangkan kerugiannya antara lain sulit terbiodegradasi, bersifat racun, dan korosif.

2.3 Metanol

Pelarut yang digunakan ada penelitian ini adalah metanol. Metanol dikenal juga sebagai metil alkohol, adalah senyawa kimia dengan rumus CH_3OH . Metanol merupakan bentuk alkohol paling sederhana. Pada keadaan atmosfer ia berbentuk cairan yang ringan, mudah menguap, tidak berwarna, mudah terbakar, dan beracun dengan bau yang khas (berbau lebih ringan daripada etanol).

Rumus Molekul	: CH_3OH
Penampilan	: cairan bening
Berat molekul	: 34,04 g/mol
Densitas	: 0,792 g/cm ³
Titik didih	: 145,8°F (64,7°C)
Tekanan Uap	: 97 mmHg
Titik Nyala	: 52°F
Viskositas	: 0,59 mPa pada 20°C

Metanol merupakan pelarut yang bersifat polar), sehingga dapat mengekstrak fenol dengan baik (Hart, 1983 dalam Dewi dkk., 2007), air bersifat sangat polar sehingga tidak dapat mengekstrak senyawa fenol dengan baik (Dewi dkk. 2007), sementara etanol bersifat semi polar (Mu'nisa dkk. 2012). Senyawa yang terekstrak dalam metanol bersifat polar dengan polaritas yang lebih rendah dibanding air (Mu'nisa dkk., 2012). Menurut Przybylski dkk. (2001) dalam Mu'nisa dkk., (2012) metanol merupakan pelarut yang paling baik dalam mengekstrak senyawa fenol. Pada penelitian Mu'nisa dkk. (2012) kadar total ekstrak fenol menggunakan pelarut etanol dan air lebih rendah dari pelarut metanol.

2.4 Kerosin

Komponen-komponen tir batu bara yang dapat diambil terlarut dalam diluen yang merupakan campuran sejumlah senyawa-senyawa alkana. Untuk

mendekatinya pada penelitian ini sistem multi diluen itu didekati dengan kerosin yang juga merupakan campuran senyawa hidrokarbon jenis alkana yang mempunyai interaksi yang mirip (Fardhyanti, 2014). Kerosin adalah bahan bakar minyak jenis distilat tidak berwarna dan jernih. Kerosin merupakan produk minyak bumi dengan titik didih antara 150 °C sampai dengan 300 °C dan memiliki berat jenis antara 0,79-0,83 g/cm³ pada 60 °F. Komponen utama kerosin adalah *paraffin*, *cycloalkanes (naftha)* serta senyawa aromatik, dimana parafin adalah komposisi terbesar. Kerosin tersusun sekurang-kurangnya atas 12 karbon tiap molekul.

Unsur pokok kerosin terutama sebagai hidrokarbon jenuh yang terdiri atas tetrahidronaftalin dan disikloparafin. Hidrokarbon lain seperti aromatik dan cincin–cincin sikloparafin atau sejenisnya. Ada juga diaromatik (cincin aromatik yang terkondensasi), seperti pada naftalin dan senyawaan dua cincin yang terisolasi dan sangat sedikit seperti pada bifenil (Darsono dkk., 2005)

2.5 Ekstraksi Cair-Cair

Ekstraksi adalah suatu metode operasi yang digunakan dalam proses pemisahan suatu komponen dari campurannya dengan menggunakan sejumlah massa bahan (pelarut) sebagai tenaga pemisah.

Proses pemisahan dengan cara ekstraksi terdiri dari tiga langkah dasar.

- a. Proses pencampuran sejumlah massa bahan ke dalam larutan yang ingin dipisahkan komponen – komponennya.
- b. Proses pembentukan fase seimbang.
- c. Proses pemisahan kedua fase seimbang.

Sebagai tenaga pemisah, pelarut harus dipilih berdasarkan kelarutannya terhadap salah satu komponen murninya. Karenanya, dalam proses ekstraksi dapat terbentuk dua fase cairan yang saling bersinggungan dan selalu mengadakan kontak. Fase yang banyak mengandung diluen disebut fase rafinat sedangkan fase yang banyak mengandung pelarut dinamakan ekstrak.

Terbentuknya dua fase cairan, memungkinkan semua komponen yang ada dalam campuran terbesar dalam masing – masing fase sesuai dengan koefisien distribusinya, sehingga dicapai keseimbangan fisis.

Pemisahan kedua fase seimbang dengan mudah dapat dilakukan jika densitas fase rafinat dan fase ekstrak mempunyai perbedaan yang cukup. Tetapi jika densitas keduanya hampir sama proses pemisahan semakin sulit, sebab campuran tersebut cenderung membentuk emulsi. Dibidang industri, ekstraksi sangat luas penggunaannya terutama jika larutan yang ingin dipisahkan terdiri dari komponen – komponen :

- a. Mempunyai sifat penguapan relatif yang rendah.
- b. Mempunyai titik didih yang berdekatan.
- c. Sensitif terhadap panas.
- d. Merupakan campuran azeotrop.

Komponen – komponen yang terdapat dalam larutan, menentukan jenis/macam pelarut yang digunakan dalam ekstraksi. Pada umumnya, proses ekstraksi tidak berdiri sendiri, tetapi melibatkan operasi – operasi lain seperti proses pemungutan kembali pelarut dari larutannya (terutama fase ekstrak), hingga dapat dimanfaatkan kembali sebagai tenaga pemisah. Untuk maksud tersebut, banyak cara yang dapat dilakukan misalnya dengan metode distilasi, pemanasan sederhana atau dengan cara pendinginan untuk mengurangi sifat kelarutannya (Maulida dan Zulkarnaen, 2010).

Ekstraksi cair-cair adalah proses untuk memisahkan komponen cairan (*solute*) yang terbawa oleh cairan pembawanya (*diluent*) dengan kontak dengan fase cair kedua (*solvent*). Proses ini memanfaatkan perbedaan sifat kimia dari komponen solut, seperti perbedaan polaritas dan hidrofobik/hidrofilik karakter untuk memisahkan solven dan diluen (Perry, 2008). Proses ekstraksi cair-cair menghasilkan dua fasa yaitu fasa ekstrak dan fasa rafinat. Fasa ekstrak berupa campuran pelarut dan banyak solut, sedangkan fasa rafinat berupa diluen dan sedikit solut.

Sebagai tenaga pemisah, pelarut harus memenuhi kriteria berikut :

- a. Daya larut terhadap solut cukup besar.

- b. Sama sekali tidak melarutkan diluen atau hanya sedikit melarutkan diluen.
- c. Antara pelarut dengan diluen harus mempunyai perbedaan densitas yang besar.
- d. Antara pelarut dengan solut harus mempunyai perbedaan titik didih atau tekanan uap murni yang besar.
- e. Tidak beracun.
- f. Tidak bereaksi baik terhadap solute maupun diluen.
- g. Murah, mudah didapat (Maulida dan Zulkarnaen, 2010).

Operasi ekstraksi cair-cair terdiri dari beberapa tahap, yaitu (Laddha dan Degaleesan, 1976 dalam Martunus dan Helwani, 2007):

- a. Kontak antara pelarut (*solvent*) dengan fasa cair yang mengandung zat terlarut (*diluent*), kemudian zat terlarut berpindah dari fasa *diluent* ke fasa *solvent*.
- b. Pemisahan fasa yang tidak saling larut yaitu fasa yang banyak mengandung pelarut disebut fasa ekstrak dan fasa yang banyak mengandung pelarut asal disebut fasa rafinat.

Ada tiga faktor penting yang berpengaruh dalam peningkatan karakteristik hasil dalam ekstraksi cair-cair yaitu (Martunus dan Helwani, 2007):

- a. Perbandingan pelarut-umpan (S/F).

Kenaikan jumlah pelarut (S/F) yang digunakan dapat meningkatkan hasil ekstraksi tetapi harus ditentukan titik (S/F) yang minimum agar proses ekstraksi menjadi lebih ekonomis.

- b. Waktu ekstraksi.

Ekstraksi yang efisien adalah maksimumnya pengambilan solut dengan waktu ekstraksi yang lebih cepat.

- c. Kecepatan pengadukan.

Kecepatan pengadukan yang efisien dapat memberikan hasil ekstraksi yang maksimum dengan kecepatan pengadukan minimum, sehingga konsumsi energi menjadi minimum.

Hasil ekstraksi dapat dilihat pada rendemen ekstraksi. Rendemen merupakan perbandingan volume fenol yang terekstrak dengan volume fenol umpan dengan menggunakan satuan persen (%). Semakin tinggi nilai rendemen yang dihasilkan menandakan volume fenol yang terekstrak semakin banyak. Rendemen dinyatakan dengan persamaan (1).

$$(\%) \text{ rendemen} = \frac{\text{volume fenol yang terekstrak}}{\text{volume fenol umpan}} \quad (1)$$

Menurut hukum distribusi Nerst, bila ke dalam dua pelarut yang tidak saling bercampur dimasukkan solut yang dapat larut dalam kedua pelarut tersebut maka akan terjadi pembagian kelarutan. Solut akan terdistribusi dengan sendirinya ke dalam dua pelarut tersebut setelah dikocok dan dibiarkan terpisah. Perbandingan konsentrasi solut di dalam kedua pelarut tersebut tetap, dan merupakan suatu tetapan pada suhu tetap (Suyanti dkk., 2011). Tetapan tersebut disebut tetapan distribusi atau koefisien distribusi. Koefisien distribusi dinyatakan dengan persamaan (2) (Perry's, 2008).

$$K_d = \frac{Y_i}{X_i} \quad (2)$$

Dimana K_d merupakan koefisien distribusi, Y_i dan X_i masing-masing adalah konsentrasi solut pada kerosin, dan metanol. Dari persamaan (2) jika harga K_d besar, solut secara kuantitatif akan cenderung terdistribusi lebih banyak ke dalam pelarut organik, begitu pula sebaliknya (Suyanti dkk., 2011).

2.6 Perpindahan massa

Perpindahan massa (*mass transfer*) adalah perpindahan salah satu unsur dari daerah yang konsentrasinya lebih tinggi ke daerah yang konsentrasinya lebih rendah. Prinsip perpindahan massa analog dengan perpindahan panas. Perpindahan panas terjadi dalam arah yang mengurangi gradient suhu yang ada sedangkan perpindahan massa terjadi dalam arah yang mengurangi gradien konsentrasi yang ada. Mekanisme perpindahan massa sebagian besar bergantung pada dinamika fasa-fasa fluidanya (Kreith, 1997 dalam Rohmawati, 2013).

Hukum Fick tentang difusi menurut Holman (1993) dalam Rohmawati (2013), laju difusi diberikan oleh hukum Fick tentang difusi, yang menyatakan bahwa fluks massa dari suatu konstituen per satuan luas berbanding lurus dengan gradien suhu.

$$\frac{N_A}{A} = -D \frac{\delta C_A}{\delta x} \quad (3)$$

Dengan D adalah konstanta proporsionalitas (tetapan kesebandingan) atau koefisien difusi (*diffusion coefficient*), N_A adalah fluks massa persatuan waktu dan C_A adalah konsentrasi massa komponen A per satuan volume (Rohmawati, 2013).

2.7 Koefisien perpindahan massa

Koefisien perpindahan massa merupakan tingkat kemudahan suatu massa senyawa untuk berpindah dari suatu larutan ke larutan lain. Koefisien perpindahan massa ini dapat dibagi menjadi tiga, yaitu koefisien perpindahan massa keseluruhan (*overall*), koefisien perpindahan massa fasa kontinu, dan koefisien perpindahan massa fasa terdispersi. Koefisien perpindahan massa keseluruhan merupakan fungsi kompleks dari koefisien perpindahan massa fasa kontinu dan koefisien perpindahan massa fasa terdispersi dan juga fungsi kompleks dari difusivitas, viskositas, densitas, tegangan permukaan dan turbulensi. Koefisien perpindahan massa keseluruhan dapat ditentukan dengan dua cara, yaitu dari perhitungan dan percobaan ekstraksi cair-cair (Mirwan, 2013).

Koefisien perpindahan massa, terutama *interphase mass transfer* sering merupakan faktor yang menentukan proses kecepatan. Korelasi yang menunjukkan adanya pengaruh ukuran diameter partikel, telah diberikan antara lain oleh Miller (1971) dalam Yulianto dkk., (2009). Yulianto dkk., (2009) mendapatkan bahwa koefisien perpindahan massa (k) tidak tergantung ukuran partikel dan bilangan Schmidt, tetapi dipengaruhi oleh bilangan Reynolds. Pangkat bilangan Reynolds makin besar dengan bertambah besarnya ukuran tangki, tetapi koefisien perpindahan massanya makin kecil (Yulianto dkk., 2015).

Yulianto dkk., (2009) menyatakan perbedaan hasil penelitiannya dengan peneliti-peneliti sebelumnya, mungkin koefisien perpindahan massa dipengaruhi

oleh geometri sistem yang dipelajari. Disamping itu terlihat juga adanya perbedaan pengambilan variabel yang dipakai untuk membuat korelasi yang sesuai dengan hasil penelitian yang bersangkutan.

Secara umum perpindahan pelarut dari *bulk solution* ke permukaan partikel sangat cepat dan kecepatan perpindahan pelarut ke dalam partikel dapat cepat atau lambat. Kecepatan perpindahan pelarut ini dalam banyak hal bukan merupakan langkah yang menentukan dalam proses ekstraksi secara keseluruhan (Yulianto dkk., 2009). Perpindahan pelarut biasanya terjadi saat pertama partikel berkontak dengan pelarut.

Koefisien perpindahan massa volumetrik cair-cair, $k_L a$, dapat menurun dengan peningkatan viskositas salah satu fasa baik dispersi maupun fasa kontinu. Peningkatan koefisien ini sebanding dengan kecepatan impeller pangkat $\frac{1}{2}$ oleh Yulianto dkk., (2009).

Model simulasi yang dikembangkan oleh Skelland dan Kanel (1992) dalam Yulianto dkk., (2009) untuk menghitung diameter tetes (*Sauter-mean diameter*) dan perpindahan massa fraksional dalam dispersi cair-cair berpengaduk secara *batch* dengan fasa kontinu, fasa dispersi, atau kedua fasa memiliki tahanan yang signifikan untuk perpindahan massa (Yulianto dkk., 2009).

2.7.1 Model Matematis Koefisien Perpindahan Massa Overall

Koefisien perpindahan massa (overall) dapat ditentukan dengan persamaan (4) (Yulianto, 2009).

$$k_c = \frac{r_t}{aV(y^* - y_t)} \quad (4)$$

Luas muka antar fasa spesifik dihitung dari diameter drop rata-rata (*Sauter-mean diameter*) (Yulianto, 2009).

$$A = a.V = \frac{6\phi}{d_{32}}.V \quad (5)$$

d_{32} (*Sauter-mean diameter*) diprediksi secara empirik dengan korelasi yang diusulkan oleh Mlynek dan Resnick's (Yulianto dkk., 2015). Korelasi ini dipresentasikan dalam persamaan (6) (Yulianto dkk., 2009).

$$\frac{d_{32}}{d_l} = 0,058(1 + 5,4\phi)Nwe^{-0,6} \quad (6)$$

Bilangan Weber didefinisikan sebagai persamaan (5) (Yulianto, 2009).

$$Nwe = \frac{N^2 d_l^2 \rho_c}{\sigma} \quad (7)$$

Tegangan muka antar fasa dapat dicari dengan persamaan (8) (Sukriya, 2011)

$$\sigma = \frac{1}{4} r^3 \Delta\rho\omega^2 \quad (8)$$

2.7.2 Korelasi Empirik Dalam Bentuk Bilangan Tak Berdimensi

Data koefisien perpindahan massa fasa fenol dapat diringkas menjadi sebuah persamaan empirik dalam bentuk bilangan tak berdimensi. Melihat korelasi-korelasi perpindahan massa yang ada di literatur, maka koefisien perpindahan massa dapat dinyatakan sebagai bilangan Sherwood. Bilangan tak berdimensi ini dapat didefinisikan dengan persamaan (8) (Abidin dkk., 2006):

$$Sh = \frac{k_c d_p}{Dv} \quad (9)$$

Bilangan Sherwood yaitu perpindahan masa antara solut dan solven dalam *vessel* berpengaduk. Hasil persaman yang diperoleh dapat didekati dengan teori lapisan film dan teori penetrasi.

Dv merupakan koefisien difusivitas diperkirakan dengan persamaan Wilke dan Chang (Yulianto dkk., 2009)

$$Dv = \frac{(117,3 \times 10^{-18})(\phi M)^{0,5}}{\mu \mathcal{G}^{0,6}} \quad (10)$$

Dimana :

k_c	= koefisien perpindahan massa <i>overall</i> (kg/m ² .s)
r_t	= laju perpindahan massa pada waktu t (kg/s)
a	= luas muka antar fasa spesifik tiap unit volum (1/m)
V	= volum total (m ³)
y_t	= fraksi berat fenol dalam ekstrak pada waktu t
y^*	= fraksi berat fenol dalam rafinat pada waktu t
A	= luas muka antar fasa spesifik (m ²)
d_{32}	= <i>Sauter-mean diameter</i>
d_p	= diameter partikel = $4,2 \times 10^{-10}$ m (Wei-ming, 2005)
r	= jari jari partikel (m)
ω	= kecepatan putaran (rps)
d_l	= diameter pengaduk (m)
ϕ	= fraksi volum fasa dispersi
N_{we}	= bilangan Weber pengaduk
Sh	= bilangan Sherwood
N	= kecepata pengaduk (rps)
ρ_c	= densitas campuran (kg/m ³)
σ	= tegangan muka antar fasa (N/m)
D_v	= <i>difusivitas</i> (m ² /s)
M	= berat molekul pelarut (kg/kmol)
T	= Suhu (K)
μ	= viskositas (kg/m.s)
ϑ	= volume molal solut pada titik didih normal (m ³ /kmol)
ϕ	= faktor asosiasi pelarut = 1,9 untuk metanol (Mardina dkk., 2012)

2.8 Spektrofotometri UV-Vis

Spektrofotometri UV-Vis merupakan suatu metode analisa kimia yang didasarkan pada pengukuran serapan relatif sinar monokromatis oleh suatu lajur larutan dengan menggunakan prisma atau kisi difraksi sebagai monokromator. Dalam spektrofotometri, intensitas sinar datang yang dipantulkan atau diteruskan oleh medium merupakan fungsi eksponensial dari konsentrasi dan tebal laju

larutan yang dilalui sinar. Pernyataan ini dikenal dengan Hukum Lambert Beer yang menyatakan hubungan empirik antara intensitas cahaya yang di transmisikan dengan tebalnya larutan dan hubungan antara intensitas tadi dengan konsentrasi zat (Henry dkk., 2002).

$$A = \log \frac{I_0}{I_t} = \epsilon.b.c = a.b.c \quad (11)$$

dimana :

- A = Absorban/serapan
- I_0 = intensitas sinar yang datang
- I_t = intensitas sinar yang diteruskan
- ϵ = absorpsivitas molekuler ($L.mol^{-1}.cm^{-1}$)
- a = daya serap ($L.g^{-1}.cm^{-1}$)
- b = tebal laju larutan/kuvet (cm)
- c = konsentrasi ($g.L^{-1}, mg.mL^{-1}$)

Pada metode spektrofotometri, sampel menyerap radiasi elektromagnetis yang pada panjang gelombang tertentu dapat terlihat. Dengan metode ini sampel dengan konsentrasi yang sudah diketahui diukur absorbansinya sehingga diperoleh kurva standar padatan versus absorbansi. Kurva ini digunakan untuk mencari konsentrasi sampel yang belum diketahui (Maulida dan Zulkarnaen, 2010).



BAB V

SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

1. Kondisi optimum yang didapatkan pada ekstraksi fenol dari tir batu bara menggunakan pelarut metanol adalah pada variabel suhu 40°C, diameter tangki 9 cm, diameter pengaduk 3,5 cm, dan kecepatan pengadukan 250 rpm.
2. Rendemen yang didapat dipengaruhi oleh suhu, diameter pengaduk, diameter tangki, kecepatan pengaduk. Pada suhu 40°C rendemen lebih banyak dibandingkan pada suhu 30°C. Untuk pengaruh diameter pengaduk dan diameter tangki didapatkan rendemen terbanyak berturut-turut pada diameter pengaduk dan diameter tangki 3,5 cm dan 9 cm. Untuk pengaruh kecepatan pengadukan didapat rendemen terbanyak pada kecepatan pengadukan 250 rpm.
3. Nilai koefisien distribusi yang didapat dipengaruhi oleh suhu, diameter pengaduk, diameter tangki, kecepatan pengaduk. Pada suhu 40°C nilai koefisien distribusi lebih besar dibandingkan pada suhu 30°C. Untuk pengaruh diameter pengaduk dan diameter tangki didapatkan nilai koefisien distribusi terbesar berturut-turut pada diameter pengaduk dan diameter tangki 3,5 cm dan 9 cm. Untuk pengaruh kecepatan pengadukan didapat nilai koefisien distribusi terbesar pada kecepatan pengadukan 250 rpm.
4. Didapatkan nilai koefisien perpindahan massa *overall* pada sistem ekstraksi fenol dari tir batu bara menggunakan pelarut metanol sebesar $6,128 \times 10^{-14} \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}$.
5. Nilai bilangan Sherwood yang didapat dipengaruhi oleh koefisien perpindahan massa *overall*, diameter partikel, dan koefisien difusivitas. Semakin besar koefisien perpindahan massa *overall* maka bilangan nilai bilangan Sherwood akan semakin besar pula. Sebaliknya, jika nilai koefisien difusivitas semakin besar maka nilai bilangan Sherwood akan

semakin kecil. Didapatkan pemodelan bilangan Sherwood yang mewakili nilai koefisien perpindahan massa fasa dispersi sebesar $2,8391 \times 10^{-14}$.

5.2 Saran

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk variabel sudut masuk pengaduk, karena jenis larutan merupakan larutan dua fasa.
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk variabel jenis pengaduk untuk variasi jenis aliran di dalam tangki.



DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., Wahyuningsih, Yulianto M. E. 2006. Model Perpindahan Massa Sistem Cair-Cair dalam tangki Berpengaduk dengan Pendekatan Teori Lapisan Film. *Jurnal Gema Teknologi* 15(1): 17-21.
- Ali, F., Ferawati, dan Arqomah R. 2013. Ekstraksi Zat Warna dari Kelopak Bunga Rosella (Study Pengaruh Konsentrasi Asam Asetat dan Asam Sitrat). *Jurnal Teknik Kimia* 19: 26-34.
- Anonim, 2005. Material Safety Data Sheet Phenol. ScienceLab. <http://www.sciencelab.com/msds.php?msdsId=9926463> (diakses pada tanggal 30 Maret 2016 pukul 10.52).
- Benito, A.M. dan Martinez M.T. 1996. Catalytic Hydrocracking of an Asphaltenic Coal Residue. *Journal Energy & Fuels* 10: 1235-1240.
- Briliant, G.S., Ayu R. S., Nurtono T., dan Winardi S. 2012. Simulasi Pola Aliran dalam Tangki Berpengaduk Menggunakan Side-Entering Impeller untuk Suspensi Padat-Cair. *Jurnal Teknik Pomits* 1(1): 1-4.
- Caramão, Elina B. dan Irajá do Nascimento F. 2004. Quantitative Analysis of Phenol and Alkyphenols In Brazilian Coal Tar. *Quim Nova Journal* 27(2): 193-195.
- Darsono, N., Chalid M., Saksono N., dan Adiwir. 2005. Studi Pengaruh Magnetisasi Sistem Dipol Terhadap Karakteristik Kerosin. *Jurnal Makara, Teknologi* 8(1): 36-42.
- Dewi J.R., Estiasih T., dan Murtini, E.S. 2007. Aktivitas Antioksidan Dedak Sorgum Lokal Varietas Coklat (*Sorghum bicolor*) Hasil Ekstraksi Ekstraksi Berbagai Pelarut. *Jurnal Teknologi Pertanian* 8(3): 188-197.
- Fanani, Z. 2010. Hidrocracking Tir Batu bara Menggunakan Katalis Ni-Mo-S/ZAA untuk Menghasilkan Fraksi Bensin dan Fraksi Kerosin. *Jurnal Penelitian Sains, Edisi Khusus Juni*, 1006-08-29.
- Fardhyanti, D.S., Mulyono M., Sediawan W.B., Hidayat M. 2012. Separation of phenolic Compunds from Coal Tar. *Journal 3rd International Confrence on Chemistry and Chemical Engineering* 38: 145-149.
- Fardhyanti, D.S. 2014. Model Kesetimbangan Termodinamis Dalam Rangka Pemungutan Komponen-Komponen Utama Tir Batu bara Dengan Proses Cair-Cair. Disertasi, Teknik Kimia Universitas Gajah Mada.
- Fardhyanti, D. S., Sediawan W. B., Mulyono P., Hidayat M. 2015. Liquid-Liquid Extraction of Pheolic Compounds From Sub Bituminous Kalimantan Coal Tar. *Journal of Basic Applied Research International* 7(1): 23-27.
- Henry, A., Suryadi M. T., Yanuar A. 2002. "Analisis Spektrofotometri UV-Vis Pada Obat Influenza dengan Menggunakan Aplikasi Sistem Persamaan Linier". *Proccendings, Komputer dan Sistem Intelejen* A1 – A11.
- Jiao, T., Zhuang X., He H., Li C., Chen H., dan Zhang S. 2015. Separation of phenolic Compunds from Coal Tar via Liquid-Liquid Extraction Using Amide Comounds. *Journal Industrial & Engineering Chemistry Research* DOI: 10.1021/ie504892g.

- Kirk-Othmer. 1998. Encyclopedia of Chemical Technology Fourth Edition Volume 4.
- Lin, F., dan Giusti M. M. 2005. Effects of Polarity and Acidity on the Extraction Efficiency of Isoflavones from Soybeans (*Glycine max*)". *Journal Agric. Food Chem.* 53: 3795-3800.
- Mardina, P., Gunawan A. Nugraha M. I. 2012. Penentuan Koefisien Transfer Massa Ekstraksi Kalium dari Abu Batang Pisang. *Jurnal Konversi* 1(1): 39-44.
- Martunus dan Helwani Z. 2007. "Ekstraksi Doiksin dalam Limbah Air Buangan Industri Pulp dan Kertas dengan Pelarut Toluene". *Jurnal Sains dan Teknologi* 6(1): 1-4.
- Maulida, D. dan Zulkarnaen N. 2010. "Ekstraksi Antioksidan (Likopen) dari Buah Tomat dengan Menggunakan Pelarut Campuran, n-Heksana, Aseton, dan Etanol". Skripsi S-1 Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro.
- Mirwan, A. 2013. Keberlakuan Model HB-GFT Sistem n-Heksana-Mek-Air Pada Ekstraksi Cair-Cair Kolom Isian. *Jurnal Konversi* 2(1): 32-39.
- Mu'nisa, A., Wresdiyati T., Kusumorini N. Manalu W. 2012. "Aktivitas Antioksidan Ekstrak Daun Cengkeh". *Jurnal Veteriner* 13(3): 272-277.
- Murphy, P. A., Song T, Buseman G., Barua K., Beecher G.R., Trainer D., dan Holden J. 1999. Isoflavones in Retail and Institutional Soy Foods. *Journal Agric Food Chem.* 47:2697-2704.
- Nguyen, M. T., Kryachko E. S., dan Vanquickenborne L. G.. 2003. General and Theoretical Aspects of Phenols. The Chemistry of Phenols. Department of Chemistry. University of Leuven. Belgium.
- Perry's, Robert H., dan Don W. Green. 2008. "Perry's Chemical Engineers' Handbook 8th Edition". McGraw-Hill. New York.
- Purwani, M.V., Suyanti, dan Muhadi A.W. 2008. "Ekstraksi Konsentrat Neodimium Memakai Asam Di-2-Etil Heksil Fosfat". *Seminar Nasional IV SDM Teknologi Nuklir* 439-447.
- Puspita, Wilda N., 2011. Pengaruh Agitasi Mekanik Terhadap Proses Presipitasi CaCO₃ pada Air Sadah. Skripsi S-1 Departemen Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Salim, C., Saito J., dan Egashira R. 2005. Separation of Coal Tar Fractions by Solvent Extraction Extractant/Solvent Separation by Secondary Extraction. *Journal of the Japan Petroleum Institute* 48(1): 60-66.
- Samun. 2008. Koefisien Transfer Massa Volumetris Ekstraksi zat Warna Alami Dari Rimpang Kunyit (*Kurkuminoid*) di Dalam Tangki Berpengaduk. *Jurnal Ekuilibrium* 7(1): 17-21.
- Setiaji, B., Tahir I., dan Wahidiyah D. R. N. 2006. Pemisahan Komponen Tar Batu bara Dengan Kolom Fraksinasi Menggunakan Fasa Diam Zeolit-Mn. *Jurnal Berkala MIPA* 16(1): 11-18.
- Shi, Z., Fang M., Zhou C., Wang S., dan Luo Z. 2012. Studies On The Extraction of Phenols From Coal Tar Produced In Multi-Generation System. *Journal Advance Material Research* 347-353:673-677.

- Siswani, E.D., dan Kristianingrum, S. 2006. Penentuan Koefisien Perpindahan Masa pada Ekstraksi Minyak Kemiri. *Jurnal Kimia* 40-49.
- Sukriya, Ikha N.M. 2011. Formulasi Surfaktan Untuk *Screening* Awal *Chemical Flooding* pada EOR (*Enhancer Oil Recovery*). Skripsi-S1 Program Eksistensi Teknik Kimia Fakultas Teknik. Universitas Indonesia.
- Suyanti, dan Aryadi. 2011. Ekstraksi Torium dari Konsentrat TH,LTJ (Hidroksida) Menggunakan Solven Bis-2-Etil Heksil Fosfat. *Prosiding Seminar Penelitian dan Pengelolaan Perangkat Nuklir Buku II* 40-47.
- Rohmawati, Indah. 2013. Simulasi Model Perpindahan Panas dan Massa pada Proses Pengeringan Butiran Kedelai. Skripsi S-1 Jurusan Matematika Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Jember.
- Wei-ming, Zhang, Jin-long C., Bing-cai P., Quan-xing Z. 2005. Competitive and Cooperative Adsorption Behaviors of Phenol and Aniline Onto Nonpolar Macroporous Adsorbents. *Journal of Environmental Science* 17(4): 529-534.
- Wypych, G. 2001. Handbook of Solvents. 38 Earswick Drive, Toronto, Ontario M1E 1C6. Canada.
- Yulianto, M. E., Arifan F., dan Hartati I. 2009. Kajian Model Matematis Koefisien Perpindahan Massa Pada Ekstraksi Inaktivasi Enzim Gaultherase Untuk Produksi Gaultherin dari Gandapura. *Jurnal Momentum* 5(1): 46-50.
- Zullaikah S., Zigmawiko T.S., Wafa S. 2015. Co-Pyrolysis Characteristics of Indonesia Low Rank Coal and Oil Palm Empty Fruit Bunch. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Kimia Kejuangan J10-1 – J10-8*.

