

SKRIPSI
PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA MENGGUNAKAN
MEMBRAN PVDF-SERBUK BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) –
SINTESIS TiO₂



Diajukan Sebagai Persyaratan Untuk Menyelesaikan
Pendidikan Strata Satu (S1) Jurusan Teknik Kimia
Universitas Muhammadiyah Palembang

OLEH:

INDA ARMILA (12 2014 015)

PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG

2018

HALAMAN PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan dibawah ini :

Nama : Inda Armila
Tempat/Tanggal lahir : Palembang, 11 Mei 1996
NIM : 122014015
Program Studi : Teknik Kimia
Perguruan Tinggi : Universitas Muhammadiyah Palembang

Menyatakan bahwa:

1. Skripsi ini adalah hasil karya saya dan disusun sendiri dengan sungguh-sungguh serta bukan merupakan penjiplakan karya orang lain. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa pernyataan ini tidak benar, maka saya sanggup menerima sanksi berupa pembatalan skripsi ini dan segala konsekuensinya.
2. Saya bersedia untuk menanggung segala bentuk tuntutan hukum yang mungkin timbul jika terdapat pelanggaran Hak Cipta dalam karya ilmiah saya ini.
3. Memberikan hak kepada Perpustakaan Universitas Muhammadiyah Palembang untuk menyimpan, alih media, mengelola dan menampilkan/mempublikasikannya di media secara fulltext untuk kepentingan akademis tanpa perlu meminta ijin dari saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan atau penerbit yang bersangkutan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya dan tanpa paksaan dari pihak manapun.



Palembang, Agustus 2018

Inda Armila

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA MENGGUNAKAN
MEMBRAN PVDF – SERBUK BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) -
SINTESIS TiO₂

Oleh :

INDA ARMILA

122014015

Dosen Pembimbing Oleh :

Pembimbing I



Dr. Ir. Marhaini, MT

NIDN : 0005096804

Pembimbing II



Ir. Dewj Fernianti, MT

NIDN : 0025026501

Mengetahui,

Ketua Program Studi Teknik Kimia



Ir. Legiso, M.Si
NIDN : 0217086803

LEMBAR PENGESAHAN

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA MENGGUNAKAN
MEMBRAN PVDF – SERBUK BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) -
SINTESIS TiO₂

Oleh :

INDA ARMILA

122014015

Telah diuji dihadapan tim penguji pada tanggal 18 Agustus 2018
Di Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik
Universitas Muhammadiyah Palembang

Tim Penguji :

1. Dr. Ir. Marhaini, M.T

()

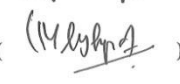
2. Ir. Dewi Fernianti, M.T

()

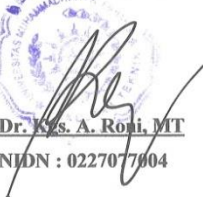
3. Heni Juniar, S.T, M.T

()

4. Dr. Mardwita, M.T

()

Menyetujui,
Dekan Fakultas Teknik UMP


Dr. Khs. A. Roni, MT
NIDN : 0227077004

Mengetahui,
Ketua Prodi Teknik Kimia UMP


Ir. Legiso, M.Si
NIDN: 0217086803



UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH PALEMBANG
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK KIMIA

Jl. Jendral A. Yani 13 Ulu Palembang 30623, Telp. (0711) 518764, Fax (0711) 519408
Terakreditasi B dengan SK Nomor: 396/SK/BAN-PT/Akred/S/X/2014

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Nama : INDA ARMILA
NRP : 12.2014.015
Judul Tugas : "PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA
MENGUNAKAN MEMBRAN PVDF-SERBUK BIJI
KELOR(MORIGAN OLEIFERA) SINTESIS TiO_2 "

Telah Mengikuti Ujian Sidang Sarjana Prodi Teknik Kimia Pada Tanggal Delapan
Belas Bulan Agustus Dua Ribu Delapan Belas.
Dinyatakan Lulus Dengan Nilai : A

Palembang, 30 Agustus 2018

Ketua Tim Penguji

Ketua Panitia Ujian Tugas Akhir
Prodi Teknik Kimia

Dr. Ir. Marhaini, MT
NIDN : 0005096804

Ir. Legiso, M.Si
NIDN : 0217086803

Menyetujui,

Pembimbing I

Pembimbing II

Dr. Ir. Marhaini, MT
NIDN : 0005096804

Ir. Dewi Fernianti, MT
NIDN : 0025026501

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik UMP

Ketua Prodi Teknik Kimia UMP

Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT
NIDN: 022707004

Ir. Legiso, M.Si
NIDN : 0217086803

MOTTO

- *“Kehidupan dunia ini tidak lain kecuali permainan dan hiburan, sedang kampung akhirat itulah hidup yang sebenar, andai mereka mengetahui “ (QS. Al – Ankabut : 64)*
- *“Tidak seorangpun yang berdo’a, melainkan ia berada di antara salah satu dari 3 kelompok ini : Kadang ia dipercepat sesuai dengan permintaannya, atau ditunda (diijabahnya) demi pahalanya, atau ia dihindari dari keburukan yang menyimpannya.” (HR. Imam Ahmad dan Al - Hakim)*
- *Cara terbaik untuk menemukan dirimu sendiri adalah dengan kehilangan dirimu dalam melayani orang lain.*

Terucap syukur kepada Allah SWT Skripsi ini

Kupersembahkan untuk:

- * Kedua orang tuaku tercinta, emak dan bapak yang selalu mendoakan, memberikan dukungan, dan cinta kasih yang tiada terhingga*
- * Kedua adikku Devin dan Ussy yang selalu menyemangati, kalian selalu menjadi terbaik untuk teman bertengkar*
- * Special One, Akbar Ardi terimakasih untuk kasih sayang, perhatian, kesabarannya dan terimakasih karena selalu ada untukku*
- * Sahabatku Uut, Retno, Celly, Diana, Nina, dan Devi terimakasih kalian selalu menemani di berbagai keadaan walaupun dengan sifat kita yang kadang keras kepala, tetapi kita bisa bertahan, kalian teman terbaik untukku dan tak ada yang menggantikan kalian.*
- * Rekan cawa Iqbal, Gilang, Adit, Debby tingkatkan kecawaan kalian*
- * Teman-teman seperjuangan angkatan 2014, kakak tingkat, adik tingkat terima kasih atas semangatnya.*
- * Almamater Hijauku Teknik Kimia UM Palembang.*

ABSTRAK

PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA MENGGUNAKAN MEMBRAN PVDF – SERBUK BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) – SINTESIS TiO₂

Inda Armila¹

**Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah
Palembang, Indonesia.**

e-mail Inda.armila11@gmail.com

Pertambangan batubara merupakan salah satu sumber devisa negara yang saat ini mendapat banyak perhatian khusus, hal ini disebabkan karena kegiatan pertambangan batubara ditanah air tentunya memiliki dampak negatif bagi pencucian batubara yang lebih dikenal dengan *sludge*. Sementara itu pengembangan juga ditujukan terhadap material membran yang digunakan PVDF (Polyvinylidene fluoride) merupakan material membran yang resisten terhadap oksidan yang seringkali digunakan sebagai desinfektan kimia. Protein dan logam alkali kuat yang terkandung dalam biji kelor (*Moringa Oleifera*) dapat bersifat sebagai polielektrolit dan kutub positif yang dapat mengikat koloid dalam air buangan. Kristal TiO₂ bersifat asam dan tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol namun larut dalam asam sulfat pekat dan asam fluoride. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa penggunaan membran PVDF – biji kelor – sintesis TiO₂ dapat digunakan untuk menurunkan kandungan logam berat yang ada pada Zn, Cu, Fe, Mn, dan Hg, karena kandungan yang terdapat pada serbuk biji kelor dan TiO₂ yang terdapat pada membran dan dapat menaikkan konsentrasi pH dari 2,6 – 5,5.

Kata Kunci : Limbah Batubara, Membran PVDF, Kelor, TiO₂

ABSTRACT

COAL WASTEWATER TREATMENT USING PVDF MEMBRANE – MORINGA SEED POWDER (*MORINGA OLEIFERA*) – TiO₂ SYNTHESIS

Inda Armila¹

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering,

Muhammadiyah University, Palembang, Indonesia

e-mail inda.armila11@gmail.com

Coal mining is one of the country's foreign exchange sources which is currently receiving a lot of special attention, this is because coal mining activities on the ground of course certainly have a negative impact on coal washing which is better known as sludge. Meanwhile the development is also shown on the membrane material used PVDF (Polyvinylidene fluoride) is a membrane material that is resistant to oxidants which are often used as chemical disinfectants. Protein and strong alkali metals contained in moringa seeds can be as polyelectrolytes and positive poles that can bind colloids in wastewater. TiO₂ crystals are acidic and insoluble in water, hydrochloric acid, dilute sulfuric acid and alcohol but are soluble in concentrated sulfuric acid and fluoride acid. Based on the result of the concluded that the use of PVDF membrane – moringa seeds – TiO₂ synthesis can be used to reduce the content of heavy metals in Zn, Cu, Fe, Mn and Hg, because the content of the moringa seeds powder and TiO₂ synthesis contained in the membrane and can increase the pH concentration from 2,6-5,5.

Keywords: coal waste, PVDF membrane, moringa, TiO₂

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penyusun panjatkan Kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan Karunia-Nya sehingga penyusun dapat menyelesaikan tugas akhir yaitu penelitian yang berjudul **“PENGOLAHAN LIMBAH CAIR BATUBARA MENGGUNAKAN MEMBRAN PVDF- SERBUK BIJI KELOR (*MORINGA OLEIFERA*) – SINTESIS TiO_2 ”** ini dengan baik. Tugas akhir penelitian ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan pendidikan strata satu di Fakultas Teknik Jurusan Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang dan bertujuan untuk menggali dan menerapkan ilmu yang telah didapat selama kuliah. Penyusun menyadari bahwa di dalam penyusunan Penelitian ini masih terdapat banyak kekurangan, oleh karena penyusun sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak agar penyusunan Penelitian ini dapat lebih sempurna.

Pada kesempatan ini penyusun mengucapkan terimakasih kepada :

1. Dr. Ir. Kgs. A. Roni, MT. Sebagai Dekan Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang.
2. Ir. Legiso, M.Si Sebagai Ketua Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
3. Netty Herawati, ST,MT. Sebagai Sekretaris Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.
4. Dr. Ir. Marhaini, MT Sebagai pembimbing I.
5. Ir. Dewi Fernianti, MT. Sebagai pembimbing II.
6. Staf Pengajar dan Karyawan di Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.

7. Kedua Orang Tua yang telah mensupport dan memberikan semangat sampai akhirnya selesai kuliah.
8. Teman-teman seperjuangan angkatan 2014 di Fakultas Teknik Jurusan Teknik Kimia Universitas Muhammadiyah Palembang.

Semoga tugas Penelitian ini dapat bermanfaat bagi kita semua, amin

Palembang, Agustus 2018

Penyusun,

DAFTAR ISI

Halaman Pernyataan	i
Halaman Persetujuan	ii
Motto	v
Persembahan	vi
Abstrak	vii
Absract	viii
Kata Pengantar	ix
Daftar Isi	x
Daftar Tabel	xi
Daftar Gambar	xii
BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Permasalahan	3
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian	4
BAB II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1. Limbah Batubara.....	5
2.2. Membran PVDF (<i>polyvinylidene difluoride</i>).....	6
2.3. Manfaat Kelor Terhadap Limbah Industri.....	8
2.4. TiO ₂ (Titanium Dioksida)	9
BAB III. METODE PENELITIAN.....	11
3.1. Waktu dan tempat penelitian.....	11
3.2. Alat dan Bahan.....	11
3.3. Bagan Alir Penelitian	12
3.4. Prosedur Percobaan	12
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	14

4.1 Hasil Analisa Aplikasi Membran PVDF – Serbuk Biji Kelor – Sintesis TiO ₂	14
BAB V. KESIMPULAN DAN SARAN	17
5.1. Kesimpulan.....	17
5.2. Saran	17
DAFTAR PUSTAKA	18
LAMPIRAN	23

DAFTAR TABEL

Tabel

3.1. Alat Penelitian.....	11
3.2. Komposisi Membran PVDF – Serbuk Biji Kelor - Sintesis TiO ₂	12
4.1. Hasil Analisa Aplikasi Membran Terhadap Air Limbah Batubara.....	15

DAFTAR GAMBAR

Gambar

3.1. Proses Pengolahan Air Limbah Industri Pertambangan Batubara 11

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sumatera Selatan mempunyai wilayah seluas 109.254 km², dan merupakan daerah terluas di Pulau Sumatera yaitu sekitar 22,0% dari luas Sumatera atau sekitar 5,4% dari luas seluruh Indonesia. Potensi batubara yang dimiliki Provinsi Sumatera Selatan di ketahui mencapai 85% dari total cabang yang terkandung dalam bumi Sumatera, atau sekitar 22,24 milyar ton. Dalam program Sumatera Selatan sebagai lumbung energi nasional, energi batubara diposisikan sebagai salah satu sumber energi alternatif pasca minyak.

Contohnya menurut berita Greenpeace Indonesia, Lembaga Nirlaba bergerak di bidang lingkungan, meluncurkan laporan berjudul “Terungkap: Tambang batubara meracuni air di Kalimantan Selatan”, dengan isi laporan limbah tambang batubara yang memiliki keasaman rendah pH sebesar 2,32 – 4,4 dan mengandung kandungan logam berat Mangan (Mn) sepuluh kali lipat dan Besi (Fe) empat puluh kali lipat yang melebihi ambang batas. Bahkan sampel air mengandung jenis logam berat yang tak teratur keberadaannya, seperti Nikel (Ni), Tembaga (Cu), Zinc (Zn), Aluminium (Al), Kromium (Cr), Kobalt (Co), Merkuri (Hg) dan Vanadium (Vn).

Pertambangan batubara merupakan salah satu sumber devisa negara yang saat ini mendapat banyak perhatian khusus, hal ini disebabkan karena kegiatan pertambangan batubara ditanah air tentunya memiliki dampak negatif bagi pencucian batubara yang lebih dikenal dengan *sludge*. Selain itu dihasilkan juga air limbah yang berasal dari *coal processing plant* (CPP) yaitu hasil dari pembersihan *crusher* batubara. Dimana proses pengiriman batubara kekonsumen, batubara yang berasal dari tambang sebelum masuk ke angkutan dilakukan penghancuran / *crushing* menjadi ukuran kecil. Proses penghancuran tersebut sebelum batubara masuk ke *crusher* batubara tersebut disiram dengan air, yang bertujuan untuk mengurangi debu yang dihasilkan dan menjadikan batubara lebih bersih dan murni sehingga memiliki nilai jual tinggi. Proses ini dilakukan pada saat eksploitasi biasanya batubara bercampur tanah dan batuan. Air limpasan dari

proses inilah yang berpotensi merusak lingkungan karena melarutkan partikel-partikel mengandung B3 dan terbawa ke badan air sungai sehingga air menjadi tercemar dan dapat mengganggu kesehatan masyarakat yang menggunakan air tersebut maupun biota air yang ada didalamnya, baik secara langsung karena tingkat keasaman yang tinggi maupun karena peningkatan kandungan logam di dalam air (air yang bersifat asam mudah melarutkan logam – logam). Saat ini banyak dari pihak industri pertambangan yang tidak mengekspos secara detail tentang bahaya air cucian batubara. Limbah cucian batubara yang ditampung dalam bak penampungan sangat berbahaya karena mengandung logam – logam baracun yang lebih berbahaya dibandingkan dengan proses pemurnian pertambangan emas yang mengandung sianida (CN). Diperkirakan pada tahun 2012 ada 748.000.000 orang seluruh dunia yang tidak mendapatkan akses air minum, dan konsumsi air minum berkualitas rendah yang telah terkontaminasi dengan patogen dan polutan kimia yang dikaitkan dengan sejumlah dampak kesehatan yang merugikan jangka pendek dan jangka panjang dan sekitar 1,5 juta terjadi kematian manusia (*Progress on Drinking Water and Sanitation*, 2014).

Perkembangan teknologi membrane telah menarik perhatian besar di bidang industri dan pengolahan air limbah, dan telah berhasil diterapkan dibanyak sektor seperti desalinasi air, produksi air ultra-murni, *recycling* produk dan pengolahan air limbah. Kinerja pemisahan membran UF *mikro wettability* terutama pada efek struktur pori (Kong, 1999) dan sifat permukaan (Tomaszewska, 1996, Jian *et al*,1997, Deshmukh *et al*,1998 and Zularisam *et al*,2006). Beberapa penelitian yang telah dilakukan penggunaan membran UF untuk pengolahan limbah cair, minyak (Cao,2006 dan Masuelli,2012). Membran ini dibuat dari bahan polimer seperti Selulosa Asetat (CA), polisulfon (PSF), yang tergabung dengan bahan organik seperti Alumina dan Titanium dioksida. Teknologi membran *polyninylidene flouride* (PVDF) adalah salah satu membran yang paling baik untuk diterapkan dalam sistem UF, karena kegiatan membran PVDF mempunyai antioksidan, ketahanan yang tinggi baik kimia maupun stabilitas termal, selektivitas yang sangat organik dan mempunyai sifat mekanik dan pembentukan membran yang baik (Loukidou *et al*,2001 dan Fu Liu *et al*, 2011). Namun kelemahan dari membran PVDF yaitu permukaan membran

cenderung bersifat *hidrofobik*, sehingga proses pemisahan yang melibatkan cairan *hidrofilik* lebih rendah dari yang seharusnya (Yuliwati *et al* 2011, Aurora *et al*, 2015). Untuk mendapatkan membran yang memiliki kinerja yang sangat baik dalam pengolahan limbah yang komponennya terbesar air, untuk itu dilakukan modifikasi permukaan dan pori internal membrane digunakan teknik *blending* dengan serbuk biji kelor yang disintesis menggunakan TiO₂.

Penelitian sebelumnya mengenai pemanfaatan biji kelor (*Moringa Oleifera*) sebagai biokoagulan dan flokulan menunjukkan bahwa biji kelor mampu menurunkan kekeruhan, kadar logam berat pada air limbah penambangan batubara (Nugeraha *et al*, 2010). Serbuk biji kelor juga memiliki efektifitas 99,529% untuk menurunkan kadar ion Fe dan 99,355% untuk Mn serta 99,868% kekeruhan dalam air. Kelebihan biji kelor mengandung zat aktif Rhamnosyoxyl-benzil-isothiocyanate yang mampu mengadsorpsi dan menetralkan partikel-partikel lumpur serta logam yang terkandung dalam air limbah.

Secara komersial serbuk TiO₂ juga mudah di dapat dan diproduksi dalam jumlah besar (Slamet *et al*, 2003). Selain itu TiO₂ merupakan semikonduktor yang memiliki titik leleh, fotoaktivitas, kestabilan termal dan kimia tinggi, memiliki sifat tidak beracun dan juga salah satu katalis yang baik untuk diaplikasikan di lingkungan karena sifat inert secara biologis dan kimia dan harganya relatif murah (Hoffmann *et al*, 1995). Berdasarkan sifat – sifatnya tersebut maka TiO₂ merupakan katalis yang paling efektif untuk digunakan, sebagai salah satu material semikonduktor, dan telah banyak diteliti terutama dalam usaha pengolahan limbah berbahaya (Lu *et al*, 2008)

1.2 Permasalahan

Sumatera Selatan sangat berpotensi akan hasil tambangnya. Pada tahun 2010 telah terjadi sebanyak empat kali pencemaran terhadap sungai-sungai yang ada di Sumatera Selatan, oleh perusahaan pertambangan yang beroperasi di Kabupaten Muara Enim, Lahat dan di Desa Mekar Jadi, Sungai Lilin Kabupaten MUBA. Adapun sungai tercemar adalah sungai Enim di Muara Enim, Sungai Lematang di Lahat (Vidastuti,2010). Melihat kenyataan diatas timbul suatu pertanyaan :

- a. Bagaimana kualitas air limbah batubara akibat dari dampak pertambangan industri batubara
- b. Apakah membran PVDF-serbuk biji kelor yang telah disintesis menggunakan TiO_2 dapat dijadikan dalam pengolahan air limbah industri batubara
- c. Bagaimana kualitas air limbah batubara yang telah diolah dengan membran PVDF - serbuk biji kelor - sintesis TiO_2 ditinjau dari pH, Zn, Fe, Cu, Mn, Hg, dan Co

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah :

- a. Mengetahui kandungan kualitas air limbah batubara dampak dari penambangan industri batubara
- b. Mengetahui apakah membran PVDF-serbuk biji kelor yang telah disintesis menggunakan TiO_2 dapat dijadikan dalam pengolahan air limbah industri batubara
- c. Mengetahui kualitas air limbah batubara yang telah diolah dengan membran PVDF - serbuk biji kelor - sintesis TiO_2 ditinjau dari pH, Zn, Fe, Cu, Mn, Hg, dan Co

1.4 Manfaat Penelitian

- a. Memberikan informasi kepada pihak pemerintah, industri penambangan batubara khususnya dan masyarakat dampak negatif dari penambangan batubara baik jangka pendek maupun jangka panjang yang terjadi kerusakan ekosistem yang tidak lagi menjalankan fungsi secara optimal
- b. Memberikan informasi kepada industri penambangan, pengolahan limbah cair menggunakan teknologi membran yang diblending biji kelor sintesis TiO_2 dengan bahan yang murah, cepat dan ramah lingkungan

DAFTAR PUSTAKA

- Aliya. 2006. Mengenal Teknik Penjernihan Air. Semarang : CV Aneka Ilmu.
- Alaoui, O.T., Nguyen, Q.T., Mbareck, C., Rhlalou, T., 2009. Elaboration and polyvinylidene fluoride)-anatase TiO₂ composite membranes in photocatalytic degradation of dyes. Appl. Catal. A Gen. 358, 13–20.
- Amin B., 2002. Distribusi logam berat Pb, Cu dan Zn pada sedimen di perairan telaga tujuh karimun kepulauan riau. Jurnal natur Indonesia 2002;5(1):9-16.
- Aurora.T.G.,Kusumawati.N. 2015. Influence blending and non-solvent H₂O/C₂H₅OH composition to polyvinylidene fluoride (PVDF)-Chitosan membrane prformance in the seperation of rhodamin-B, UNESA Journal of Chemistry Vol.4,No 1.
- Bae, T.H., Tak, T.M., 2005. Effect of TiO₂ nanoparticles on fouling mitigation of ultrafiltration membranes for activated sludge filtration. J. Membr. Sci. 249, 1–8.
- Braun, J. H., Andrejs and Marganski, R. 1992. TiO₂ Pigment Technology: a Review. Progress in Organic Coating, Vol. 20.
- Brosillon.S, C. Faur J.-P. Méricq, J. Mendret. 2015. High performance PVDF-TiO₂ membranes for water treatment. Chemical Engineering Science 123 (2015) 283–291
- Cao.X.C.Ma.J.Shi.X.H.Ren.Z.J. 2006. Effect of TiO₂ nanoparticle size on the performance of PVDF membrane,Apply.Surf.Sci.253
- Cardoso, V.F.; Botelho, G.; Lanceros-Méndez, S.2015. Nonsolvent induced phase separation preparation of polyvinylidene fluoride-co-chlorotrifluoroethylene) membranes with tailored morphology, piezoelectric phase content and mechanical properties. Mater. Des.88, 390–397
- Damodar, R. A., You, S. J., & Cho, H. H. 2009.Study the self cleaning, antibacterial and photocatalytic properties of TiO₂ entrapped PVDF membrans.Journal of Hazardous Materials, 172, 1321e1328
- Deshmukh S.P., Li.K. 1998. Effect of etanol composition in water coagulation bath on morphologi of PVDF hollow fibre membranes. J.membr.Sci 150
- Ebert, K., Fritsch, D., Koll, J., Tjahjawiguna, C. 2004. Influence of inorganic fillers on the compaction behavior of porous polymer based membrans.Journal of MembranScience,233, 71e78.

- Hamid, N.A.A., Ismail, A.F., Matsuura, T., Zularisam, A.W., Lau, W.J., Yuliwati, E., Abdullah, M.S., 2011. Morphological and separation performance study of polysulfone/titanium dioxide (PSF/TiO₂) ultrafiltration membranes for humic acid removal. *Desalination* 273
- Hassankiadeh, N.T.; Cui, Z.; Kim, J.H.; Shin, D.W.; Sanguineti, A.; Arcella, V.; Lee, Y.M.; Drioli, E. 2014. PvdF hollow fiber membranes prepared from green diluent via thermally induced phase separation: Effect of pvdF molecular weight. *J. Membr. Sci.* 471, 237–246
- Herma dan D. Zulkifli., 2006. Tinjauan terhadap tailing mengandung unsur pencemar arsen (As), merkuri (Hg), timbal (Pb), dan kadmium (Cd) dari sisa pengolahan bijih logam. *Jurnal geologi Indonesia* 2006;1(1):31-36.
- Hoffmann, M.R., S.T. Martin., W. Choi, dan Bahnemann.D.W 1995. Environmental applications of semiconductor photocatalysis. *Chemical Reviews*. 95
- Fu Liu., Awanis Hashim., Yutie Liu., Moghareh Abed., Li. K. 2011. Progress in the production and modification of PVDF membranes. *Journal of membrane Science* 375
- Fujishima, A.K., Hasimoto, K., Watanabe, T. 1999. TiO₂ Photocatalysis Fundamental and Application. Japan: Koyo printing.
- Jian, K., Piantauro, P.N. 1997. Asymmetric PVDF hollow fiber membranes for organic/water pervaporation separation. *J. Membr. Sci.* 135
- Kong, J.F., Li, K. 1999. Oil removal from oil-in water emulsion using PVDF membranes. *membr. Sci.* 16. p83-93
- Kresnawaty I., 2007. Biosorpsi logam Zn oleh biomassa *Saccharomyces cerevisiae*. Balai penelitian bioteknologi perkebunan Indonesia. *Menara perkebunan* 2007;75(2):80-92.
- Loukidau, M.X., Zouboulis, A.I. 2001. Comparison of two biological treatment processes using attached growth biomass of sanitary landfill leachate treatment. *Environ. Poulut.* 111. p 273-281
- Lu, C.H., Wu, W.H., Kale, R.B. 2008. Micro emulsion-mediated hydrothermal synthesis of photocatalytic TiO₂ powders. *J. Hazard. Mat* 154
- Margiyani, Tri. 2014. Pengaruh Komposisi larutan Cetak (PVDF/NMP/PEG) dan Non Pelarut (H₂O/CH₃OH) Terhadap Kinerja Membran PVDF Dalam Pemisahan Pewarna Indigo. *UNESA Journal of Chemistry* Vol.3 No.3.
- Marhaini., Legiso., Trilestari, T. 2018. The synthetic activities of *tiO₂-moringa oleifera* seed powder in the treatment of the wastewater of the coal

mining industry. *Material Science and Engineering* 344 (2018)012007.doi:10.1088/1757-899X/344/1/012007

- Masuelli M., Grasselli, J., Marchese, N.A., Ocho. 2012. Preparation, structural and functional characterization of modified porous PVDF membranes by - irradiation. *Journal of Membrane Science*. 389.91-98
- Moushoul, dkk. 2015. TiO₂ nanocomposite based polymeric membran: a review performance improvement for various application in chemical engineering processes *Chemical Engineering Journal*.
- Merck, 2000. *The Merck Index on CD-Room Version 12 : 3*, Merck & Co, Inc, USE.
- Munawar A., 2007. Pemanfaatan sumberdaya biologis lokal untuk pengendalian pasif air asam tambang: lahan basah buatan. *Jurnal ilmu tanah dan lingkungan* 2007;7(1):31-42.
- Nugeraha., Sri Sumiyati., Ganjar Samudro. 2010. Pengolahan air limbah kegiatan penambangan batubara menggunakan biokoagulan. *Jurnal PRESIPITASI* Vol. 7 No.2 September 2010, ISSN 1907-187X. p57-61.
- Oh, S.J., Nowon, K., Lee, Y.T., 2009. Preparation and characterization of PVDF/TiO₂ organic-inorganic composite membranes for fouling resistance improvement. *J. Membr. Sci.* 345, 13–20.
- Patry, Bagus Rama Putra Eka. 2018. Pembuatan Membran *Polyvinylidenefluoride* (PVDF) - Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Dengan Sintesis TiO₂. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Palembang : Palembang
- Progress on Drinking Water and Sanitation: 2014 Update. Available online: http://www.unicef.org/publications/files/JMP_report_2014_webEng.pdf (Diakses 13 April 2018).
- Saxena, S., and Bhardwaj, V., 2001. Tech Trends: Increasing use of the membrane process. <http://www.nrwa.org/2001/publications/articles/TechTrends2nd.htm>
- Semiat, R., 2000. Present and Future. *Water International, Desalination* 25(1): p. 54-65.
- Slamet., Syakur R dan Danumulyo W., 2003. Pengolahan limbah logam berat chromium(VI) dengan fotokatalis TiO₂. *Makara, Teknologi*, 7 (1): 27-32.
- Supriyanto, H. 2007. Pelapisan Nanomaterial TiO₂ Fasa Anatase pada Nilon Menggunakan Bahan Perikat Aica Aibon dan Aplikasinya sebagai

Fotokatalis. Jurnal Nanosains dan Nanoteknologi Edisi Khusus, ISSN. 1997-088V.

- Tomaszewska, M. 1996. Preparation and properties of flat sheet membranes from polyvinylidene fluoride for membrane distillation, *Desalination* 104
- Vidiastuti. 2010. Dampak tambang batubara. <http://id.scribd.com/doc/204199835>. (Diakses 13 April 2018)
- Wang, C., Liu, H., Qu, Y., 2013. TiO₂-Based Photocatalytic Process for Purification of Polluted Water: Bridging Fundamentals to Applications. Hindawi Publishing Corporation *Journal of Nanomaterials* Article ID 319637, 14
- Wenten, I.G. 2016. Teknologi membrane dalam pengolahan air dan limbah. Departemen Teknik Kimia-ITB. <https://www.researchgate.net/publication/281236230>. (Diakses 15 April 2018)
- Westra GMP., 2001. Kemungkinan pemanfaatan limbah pencucian batubara sebagai sumber energi alternatif dalam rumah tangga dan industri kecil melalui pembriketan. *Jurnal penelitian UNIB* 2001;7(3):191-197.
- Wulan PPK, M. Gozan dan H. Putra., 2008. Peningkatan efisiensi penggunaan koagulan pada unit pengolahan air limbah batubara. Skripsi. Jakarta: Program Studi Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Indonesia, 2008.
- Yang, Y., Wang, P., Zheng, Q., 2006. Preparation and properties of polysulfone/TiO₂ composite ultrafiltration membrane. *J. Polym. Sci. Pol. Phys.* 44, 879–887.
- Yu, L-Y., Shen, H-M., Xu, Z-L., 2009. PVDF-TiO₂ composite hollow fiber ultrafiltration membranes prepared by TiO₂ sol-gel method and blending method. *J. Appl. Polym. Sci.* 113, 1763–1772.
- Yuan, A., Chen, H., Hu, S. 2005. Fabrication of TiO₂ Nanoparticles/Surfactant Polymer Complex Film on Glassy Carbon Electrode and its Application to Sensing Trace Popamine. *Materials Science and Engineering C*, Vol. 25.
- Yuliasri, Indra Rani. 2010. Penggunaan Serbuk Biji Kelor (*Moringa Oleifera*) Sebagai Flokulan dan Koagulan Dalam Perbaikan Kualitas Air Limbah dan Air Tanah. Tugas Akhir. Tidak Diterbitkan. Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah : Jakarta
- Yuliwati, E. Ismail, A.F., 2011. Effect of concentration on the surface properties and performance of PVDF ultrafiltration membran for refinery produced wastewater, *Desalination* 273.

Zallen, R and Moret, M. 2006. The Optical Absorption Edge of Brookite TiO₂.
Solid State Communication, Vol. 137. P. 154-157.

Zularisman.A.W.Ismail,M.R.,Salim.,2006. Behavior of natural organik matter
(NOM) in membrane filtration for surface water treatment; a review,
Desalination 194

