

TESIS
APLIKASI FILTER KERAMIK BERBASIS TANAH
LIAT DAN KATALIS BEKAS YANG DIKOMBINASI
DENGAN MEMBRAN *REVERSE OSMOSIS* (RO)
UNTUK PENGOLAHAN AIR TERPRODUKSI



RARA EKA DYLA PUTRI
03012681923002

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

TESIS
APLIKASI FILTER KERAMIK BERBASIS TANAH
LIAT DAN KATALIS BEKAS YANG DIKOMBINASI
DENGAN MEMBRAN *REVERSE OSMOSIS* (RO)
UNTUK PENGOLAHAN AIR TERPRODUKSI

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan Gelar Magister
Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya



RARA EKA DYLA PUTRI
03012681923002

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022

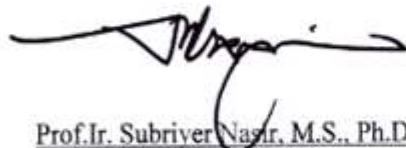
HALAMAN PENGESAHAN

APLIKASI FILTER KERAMIK BERBASIS TANAH
LIAT DAN KATALIS BEKAS YANG DIKOMBINASI
DENGAN MEMBRAN *REVERSE OSMOSIS* (RO)
UNTUK PENGOLAHAN AIR TERPRODUKSI

TESIS

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mendapatkan
Gelar Magister Teknik (M.T.) Pada Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya

Palembang, Juni 2022
Menyetujui
Pembimbing I



Prof. Ir. Subriver Nasir, M.S., Ph.D
NIP. 196009091987031004

Pembimbing II



Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.
NIP. 197808222002122001

Mengetahui,



Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,

Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.T.
NIP. 196706151995121002



Ketua Jurusan Teknik Kimia,

Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197502012000122001

HALAMAN PERSETUJUAN

Karya tulis ilmiah berupa Laporan Tesis ini dengan judul "Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat dan Katalis Bekas yang Dikombinasi dengan Membran Reverse Osmosis (RO) untuk Pengolahan Air Terproduksi" telah dipertahankan di hadapan Tim Penguji Karya Tulis Ilmiah Program Studi Magister Teknik Kimia, Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya pada Juni 2022.

Palembang, Juni 2022

Ketua :

1. Prof. Dr. Ir. H. M. Said, M.Sc
NIP. 196108121987031003

(*ASW*)

Anggota :

1. Prof. Hj. Tuty Emilia Agustina, Ph.D
NIP. 197208092000032001
2. Dr. Ir. H. M. Hatta Dahlan, M.Eng
NIP. 195910191987111001
3. Dr. Ir. Hj. Susila Arita, DEA
NIP. 196010111985032002

(*TEA*)
(*HTD*)

(*SA*)

Mengetahui,

Dekan Fakultas Teknik
Universitas Sriwijaya,


Prof. Dr. Eng. Ir. H. Joni Arliansyah, M.A.
NIP. 196706151995121002

Ketua Jurusan Teknik Kimia,


Dr. Tuti Indah Sari, S.T., M.T.
NIP. 197501012000122001

HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama : Rara Eka Dyla Putri

NIM : 03012681923002

Judul : Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat dan Katalis Bekas yang Dikombinasikan dengan Membran Reverse Osmosis (RO) Untuk Pengolahan Air Terproduksi

Menyatakan bahwa Laporan Tesis saya merupakan hasil karya sendiri didampingi tim pembimbing dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila ditemukan unsur penjiplakan/plagiat dalam Laporan Tesis ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya sesuai aturan berlaku.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tanpa ada paksaan dari siapapun.



Palembang, Juni 2022
Yang Membuat Pernyataan,



Rara Eka Dyla Putri
NIM. 03012681923002

RINGKASAN

Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Dan Katalis Bekas Yang Dikombinasi Dengan Membran *Reverse Osmosis* (Ro) Untuk Pengolahan Air Terproduksi

Rara Eka Dyla Putri, Dibimbing oleh Prof.Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D dan Dr. Fitri Hadiyah, S.T., M.T.

Application Of Clay And Spent Catalyst Based Ceramic Filter In Combination With Reverse Osmosis (RO) Membrane For Produced Water Treatment

xviii + 79 halaman, 9 Tabel, 25 Gambar, 4 Lampiran

RINGKASAN

Penelitian ini mengkaji pengaruh komposisi filter keramik dan membran reverse osmosis (RO) terhadap peningkatan kualitas air terproduksi dengan mengurangi total padatan terlarut (TDS), fenol, dan barium. Filter keramik dibuat menggunakan katalis bekas, tanah liat, dan pati *dioscorea hispida* (DH). Katalis bekas adalah unit *Residue Catalytic Cracking* (RCC) yang digunakan dengan dan tanpa aktivasi. Komposisi bahan filter keramik pada penelitian ini adalah 60% katalis bekas: 37,5% tanah liat: 2,5% pati DH. Komposisi serupa dari filter keramik dibuat dengan menggunakan 37,5% katalis bekas 60% tanah liat: 2,5% pati DH. Kondisi operasi dalam penelitian ini adalah laju alir sampel 5, 6, dan 7 L/menit dan waktu operasi 30, 60, dan 90 menit. Parameter yang diamati adalah konsentrasi TDS, fenol, dan barium. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter keramik dengan komposisi katalis bekas aktif 37,5%, tanah liat 60%, dan pati DH 2,5% menurunkan TDS, fenol, dan barium sebesar 51,44%, 85,29%, dan 27,94%, diikuti RO sebesar 69,68. %, fenol 28,97%, dan barium 93,70%. Dapat disimpulkan bahwa filter keramik dari katalis bekas diikuti dengan membran RO cocok untuk menurunkan konsentrasi TDS, fenol, dan barium dari air terproduksi.

Kata kunci: filter keramik, tanah liat, air terproduksi, katalis bekas RCC, reverse osmosis

SUMMARY

Application Of Clay And Spent Catalyst Based Ceramic Filter In Combination With Reverse Osmosis (RO) Membrane For Produced Water Treatment

Rara Eka Dyla Putri, Supervised by Prof.Ir. Subriyer Nasir, M.S., Ph.D and Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T.

Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat Dan Katalis Bekas Yang Dikombinasi Dengan Membran *Reverse Omosis* (RO) Untuk Pengolahan Air Terproduksi

xviii + 79 Pages, 9 Tables, 25 Pictures, 4 Appendix

SUMMARY

This study examines the effect of ceramic filter composition and the reverse osmosis (RO) membranes on improving the quality of produced water by reducing total dissolved solids (TDS), phenol, and barium. The ceramic filters were fabricated using a spent catalyst, clay, and dioscorea hispida starch. The spent catalyst is the residue catalytic cracking (RCC) unit used with and without activation. The ratio of materials for the ceramic filter in this study was 60% the spent catalyst: 37.5% clay: 2.5% dioscorea hispida starch. A similar ratio was prepared using 37.5% spent catalyst 60% clay: 2.5% dioscorea hispida starch. The operating conditions in this study were flow rates of the sample as 5 L/min, 6 L/min, and 7 L/min and operating times of 30, 60, and 90 min. The parameter investigated were TDS, phenol, and barium concentration. The results showed that ceramic filter with the composition of 37.5% spent catalyst, 60% clay, and 2.5% dioscorea starch reduced the TDS, phenol, and barium as 51.44%, 85.29%, and 27.94% followed by RO as TDS 69.68%, phenol 28.97%, and barium 93.70%. It can be concluded that ceramic filter from the spent catalyst and followed by RO membrane was suitable to reduce TDS, phenol, and barium concentration from produced water.

Keywords: ceramic filter, natural clay, produced water, reverse osmosis, spent catalyst

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur atas kehadiran Tuhan Yang Maha Esa berkat Rahmat dan Hidayah-Nya sehingga laporan tesis dengan judul “Aplikasi Filter Keramik Berbasis Tanah Liat dan Katalis Bekas yang Dikombinasi dengan Membran *Reverse Osmosis* (RO) untuk Pengolahan Air Terproduksi” dapat diselesaikan dengan baik. Isi proposal ini semoga dapat bermanfaat dan berguna bagi pembaca dan dengan harapan semoga Katalis Bekas yang dihasilkan dapat menjadi salah satu alternatif atau acuan yang baik dalam menjaga lingkungan khususnya lingkungan yang tercemar akibat limbah padat.

Laporan tesis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Magister Teknik (M.T.) pada Program Studi Teknik Kimia BKU Teknologi Lingkungan Program Pascasarjana Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya. Besar harapan isi tesis ini dapat bermanfaat secara nyata bagi kehidupan, dan diharapkan mahasiswa dapat melihat dan mempraktekkan secara langsung aplikasi dari ilmu-ilmu yang telah diterima di bangku kuliah.

Laporan tesis ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, ucapan terima kasih diberikan penulis kepada

1. Bapak Prof. Dr.Eng.Ir. H. Joni Arliansyah, M.T., selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Dr. David Bahrin, S.T., M.T., selaku ketua prodi Magister Teknik Kimia Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Ir Subriyer Nasir, M.S. Ph.D., selaku dosen pembimbing tesis ke-I yang selalu memberikan arahan dan bimbingan hingga tesis dapat dibuat dengan baik.
4. Ibu Dr. Fitri Hadiah, S.T., M.T., selaku dosen pembimbing tesis ke-II yang selalu memberikan bimbingan dan arahan hingga pengerjaan tesis berjalan lancar.
5. Orang tua dan adik-adik tercinta yang telah memberikan doa, semangat, dan motivasi yang melimpah sehingga tesis dapat diselesaikan dengan baik.

6. Teman-teman seperjuangan Magister Teknik Kimia Tahun 2019, vina, mbak elvita, dian, dan ririn serta semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu telah memberikan dukungan dan semangat.
7. Kepala laboratorium, analis Laboratorium, dan teknisi Laboratorium Separasi dan Purifikasi Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya, Indralaya – Sumatera Selatan. Mbak Laras selaku admin prodi Magister Teknik Kimia yang selalu membantu proses administrasi selama pengerjaan tesis.

Akhir kata diharapkan kritik dan saran yang bersifat ilmiah dan membangun agar laporan tesis ini dapat lebih bermanfaat sebagaimana mestinya.

Palembang, Juni 2022



Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PENGESAHAN.....	iii
HALAMAN PERSETUJUAN.....	iv
HALAMAN PERNYATAAN INTEGRITAS.....	v
RINGKASAN.....	vi
SUMMARY.....	vii
KATA PENGANTAR.....	iii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xvii
DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN.....	xviii
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Rumusan Masalah.....	4
1.3. Tujuan Penelitian.....	4
1.4. Hipotesa.....	5
1.5. Ruang Lingkup.....	5
1.6. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1. Air Terproduksi.....	6
2.2. Pengolahan Air Terproduksi.....	8
2.2.1. Proses Pengolahan Fisika.....	9
2.2.2. Proses Perawatan Kimia.....	14
2.2.3. Proses Perawatan Biologi.....	15
2.3. Limbah Katalis Bekas.....	18
2.4. Tanah Liat.....	Error! Bookmark not defined.
2.5. Material Pembentuk Pori dan Perkat Filter Keramik.....	20

2.6.	Filter Keramik	20
2.6.1.	Keramik	20
2.6.2.	Pembuatan Filter Keramik.....	21
2.6.3.	Karakterisasi Membran Keramik.....	24
2.7.	Teknologi Membran.....	25
2.8.	Standar Kualitas Air Bersih.....	Error! Bookmark not defined.
2.8.1.	Derajat Keasaman (pH)	29
2.8.2.	<i>Total Dissolved Solid</i> (TDS).....	30
2.8.3.	Barium	30
2.8.4.	Fenol	31
2.9.	Penelitian Terdahulu	32
BAB III METODOLOGI PENELITIAN.....		35
3.1.	Waktu dan Tempat Penelitian	35
3.2.	Bahan dan Peralatan Penelitian	35
3.2.1.	Peralatan Penelitian	35
3.2.2.	Bahan Penelitian	36
3.3.	Variabel Penelitian	36
3.4.	Prosedur Penelitian.....	37
3.4.1.	Aktivasi Katalis Bekas.....	37
3.4.2.	Pembuatan Filter Keramik.....	37
3.4.3.	Proses Pengolahan Air Terproduksi	38
3.4.4.	Analisis Derajat Keasaman (pH)	38
3.4.5.	Analisis <i>Total Dissolved Solid</i>	39
3.4.6.	Analisis Barium	39
3.4.7.	Analisis Fenol	39
3.4.8.	Metode Analisa SEM-EDX	39
3.5.	Diagram Penelitian	41
3.6.	Skematik Rangkaian Penelitian.....	42
3.7.	Metode Pengolahan Data	43
3.7.1.	Metode Pengolahan Data	43
3.4.8.	Analisa Data.....	43

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	44
4.1. Data Analisa Awal Air Terproduksi.....	44
4.2. Preparasi Katalis Bekas	45
4.3. Pengaruh Nilai Derajat Keasaman (pH).....	46
4.4. Penurunan <i>Total Dissolved Solid</i> (TDS)	49
4.5. Penurunan Kandungan Barium	55
4.6. Penurunan Kandungan Fenol	57
4.7. Analisa SEM-EDX pada Filter Keramik.....	60
BAB V KESIMPULAN DAN TINDAK LANJUT.....	67
5.1 Kesimpulan.....	67
5.2 Tindak Lanjut	67
DAFTAR PUSTAKA	6
LAMPIRAN.....	74

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1.1 Kandungan Logam Berat dalam Air Terproduksi.....	1
Tabel 2.1 Hasil Analisis RCC menggunakan XRF	18
Tabel 2.2 Sifat Kimia Tanah Liat Alami untuk Daerah Sumatera Selatan ...	19
Tabel 2.3 Tipe dan Karakteristik Membran	26
Tabel 4.1 Data Hasil Analisa Air Terproduksi.....	44
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Nilai pH pada Air Terproduksi	46
Tabel 4.3 Persentase Nilai TDS pada Air Terproduksi	54
Tabel 4.4 Hasil Pengujian Barium (Ba) pada Pengolahan Air Terproduksi .	55
Tabel 4.5 Kadar Fenol pada Pengolahan Air Terproduksi	58

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Metode <i>Slip Casting</i> Pada Pembuatan Membran Keramik	22
Gambar 2.2 Metode <i>Tape Casting</i>	23
Gambar 2.3 Metode <i>Pressing</i> (Pengepresan)	23
Gambar 2.4 Metode Ekstruksi Membran Keramik	24
Gambar 2.5 Skema Diagram Proses Emulsifikasi Membran	26
Gambar 2.6 Membran Berbentuk Spiral	28
Gambar 2.7 Senyawa Fenol.....	31
Gambar 3.1 Diagram Alir Penelitian	41
Gambar 3.2 Skema Pengolahan Air Terproduksi Pertamina Menggunakan Filter Keramik – Membran <i>Reverse Osmosis</i> (RO)	42
Gambar 4.1 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Filtrat terhadap Nilai Derajat Keasaman (pH)	47
Gambar 4.2 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Permeat RO terhadap Nilai Derajat Keasaman (pH)	48
Gambar 4.3 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Filtrat (Filter A dan Filter B) terhadap Persentase Penurunan TDS (%)	49
Gambar 4.4 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Filtrat (Filter C dan Filter D) terhadap Persentase Penurunan TDS (%)	50
Gambar 4.5 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Filtrat (Filter A dan Filter C) terhadap Persentase Penurunan TDS (%)	50
Gambar 4.6 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Filtrat (Filter B dan Filter D) terhadap Persentase Penurunan TDS (%)	51
Gambar 4.7 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Filtrat terhadap Persentase Penurunan TDS (%).....	52
Gambar 4.8 Pengaruh Laju Alir dan Waktu Operasi (min) Permeat RO terhadap Persentase Penurunan TDS (%).....	53

Gambar 4.9	Pengaruh Variasi Filter Keramik Terhadap Penurunan Nilai Barium (mg/l) Filtrat	56
Gambar 4.10	Pengaruh Variasi Filter Keramik Terhadap Penurunan Nilai Barium (mg/l) Permeat RO	56
Gambar 4.11	Pengaruh Variasi Filter Keramik Terhadap Penurunan Nilai Fenol (mg/l) Filtrat	59
Gambar 4.12	Pengaruh Variasi Filter Keramik Terhadap Penurunan Nilai Fenol (mg/l) Permeat RO	60
Gambar 4.13	SEM Perbesaran 5000x Pada Filter C	61
Gambar 4.14	SEM Perbesaran 5000x Pada Filter D.....	62
Gambar 4.15	Energy Dispersive X-Ray (EDX) Filter C	64
Gambar 4.16	Energy Dispersive X-Ray (EDX) Filter D	65

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran A Peraturan Gubernur No 8 Tahun 2012 Tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik Dan Pertambangan Batubara.....	74
Lampiran B Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 Tentang Baku Mutu Air Limbah.....	75
Lampiran C Data penelitian.....	76
Lampiran D Foto Dokumentasi	78

DAFTAR ISTILAH DAN SINGKATAN

RO	Reverse Osmosis
RCC	Residue Catalytic Cracking
TDS	Total Dissolved Solid
COD	Chemical Oxygen Demand
CRT	Cathode Ray Tube
MUCO	Molecular Weight Cut Off
BTX	Benzene, Toluena, dan Xilen
MBAS	Methylen Blue Active Surfactant
SEM-EDX	Scanning Electron Microscopy-Energy Dispersive X-ray
kba	Katalis Bekas Aktivasi
kb	Katalis Bekas
ta	Tanah Liat
pg	Pati Gadung
DH	Dioscorea Hispida

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Sebagian besar reservoir minyak dan gas (migas) di Sumatera Selatan merupakan sumur tua yang membutuhkan injeksi air lebih banyak ke dalam sumur untuk mengekstraksi minyak. Rata-rata produksi air di setiap sumur mencapai 80% dari total produksi fluida. Migas menghasilkan sejumlah besar air terproduksi ke permukaan. Air penghasil minyak ini juga biasa disebut sebagai air terproduksi, terbentuk selama produksi bersama dengan minyak dan gas. Produk sampingan dari migas yang paling signifikan dan memiliki dampak lingkungan negatif karena komposisinya yang kompleks dan biaya pembuangan yang tinggi (Al-Ghouti *dkk.*, 2019), (Al-Kaabi *dkk.*, 2019), (Bezerra *dkk.*, 2019), (Dickhout *dkk.*, 2017), (Fakhru'l-Razi *dkk.*, 2009), (Hendges *dkk.*, 2021), (Lin *dkk.*, 2020), (Wang & Chen, 2009), dan (Farrow *dkk.*, 2018).

Air terproduksi diproduksi bersama dengan minyak bumi dan seringkali merupakan campuran air dari sumber yang berbeda, yaitu air formasi dan air asin. Oleh karena itu, air terproduksi dicirikan oleh parameter seperti total padatan terlarut (TDS), minyak dan lemak, fenol, logam berat, dan hidrokarbon yang menambah kompleksitasnya (Dudek *dkk.*, 2020).

Tabel 1.1. Kandungan Logam Berat dalam Air Terproduksi

No.	Logam Berat	Nilai (mg/L)	No.	Logam Berat	Nilai (mg/L)
1.	Calcium	13 – 25.800	11.	Lithium	3 – 50
2.	Sodium	132 – 97.000	12.	Manganese	<0,0004 – 175
3.	Potassium	24 – 4.300	13.	Lead	0,002 -8,8
4.	Magnesium	8 – 6.000	14.	Strontium	0,02 – 1.000
5.	Iron	<0.1 – 100	15.	Titanium	<0,01 – 0,7
6.	Aluminium	310 – 410	16.	Zinc	0,01 – 35
7.	Boron	5 – 95	17.	Arsenic	<0,005 – 0,3
8.	Barium	1,3 – 650	18.	Mercury	<0,001 - 0,002
9.	Cadmium	<0.005 – 0,2	19.	Silver	<0,001 - 0,15
10.	Chromium	0,02 – 1,1	20.	Copper	<0,002 – 1,5

Sumber : (Klemz *dkk.*, 2021)

Pada Tabel 1.1. diatas dapat terlihat logam berat yang terdapat dalam air terproduksi. Barium merupakan salah satu unsur konsentrasi tinggi (1,3 - 650 mg/L) dalam air terproduksi dengan karakteristik kelarutan yang tinggi dalam air, mobilitas tinggi di lingkungan, dan berpotensi beracun. dan juga, karena sifatnya yang khas, maka perlu dikembangkan suatu proses yang efektif untuk menghilangkan barium dari air terproduksi. Barium juga terdapat dalam limbah industri yang berasal dari proses kimia, petrokimia, otomotif, metalurgi, dan industri. Selain itu belum banyak penelitian yg berhasil menghilangkan kandungan barium dalam air terproduksi, sehingga dilakukan penelitian ini dengan menggunakan filter keramik yang telah terintegrasi dengan membran RO. Karena karakteristiknya, perlu dikembangkan proses yang efektif untuk menghilangkan barium dari lingkungan. Teknik sorpsi banyak digunakan untuk menghilangkan ion barium dan strontium dari air yang dihasilkan dari ladang minyak (Reddy *dkk.*, 2021).

Senyawa fenolik hadir dalam limbah berbagai industri seperti petrokimia, penyulingan minyak, farmasi, pembuatan resin, cat, plastik, *pulp*, dan kayu. Tingkat toksisitas senyawa fenolik biasanya berada pada kisaran 9-25 mg/L baik untuk manusia maupun kehidupan akuatik. Pembuangan senyawa ini tanpa adanya proses pengolahan menyebabkan risiko kesehatan yang serius pada manusia, hewan, dan sistem perairan. Beberapa metode telah tersedia untuk menghilangkan fenol dari air limbah termasuk adsorpsi, proses membran, dan pengolahan enzimatik (Dehmani *dkk.*, 2020).

Tanah liat merupakan zat yang terbentuk dari partikel yang lebih kecil, terutama kaolinit, aluminium oksida (Al_2O_3), dan silikon dioksida (SiO_2). Filter keramik memiliki beberapa keunggulan, seperti stabilitas termal dan kimia, daya tahan, dan efisiensi pemisahan yang tinggi (Chaukura *dkk.*, 2020), (Kamoun *dkk.*, 2020), (Mubiayi *dkk.*, 2021).

Katalis *residu catalytic cracking* (RCC) adalah katalis berbasis silika dan alumina yang digunakan dalam proses pemurnian di industri minyak dan gas. Jumlah katalis RCC yang dihabiskan pada satu industri minyak di Sumatera Selatan sekitar 15.980 ton, dan di antaranya 10,30 ton hanya disimpan di gudang

limbah bahan berbahaya dan beracun (Pertamina, 2017). Katalis jenis ini akan dinonaktifkan setelah siklus hidupnya (3-4 tahun) karena perubahan struktural, keracunan, atau pengendapan bahan asing seperti kokas dan logam (Chiranjeevi *dkk.*, 2016). Oleh karena itu, reaktivasi katalis diperlukan untuk memulihkan luas permukaan dan pori-pori (Lu *dkk.*, 2020). Oleh karena itu, katalis bekas ini berpotensi untuk digunakan kembali sebagai bahan filter keramik untuk mengolah air terproduksi dari ladang minyak. Dalam karya ini, filter keramik disiapkan menggunakan katalis bekas unit perengkahan katalitik residu (RCC), tanah liat alami, dan pati gadung (*discorea hispida*). Filtrasi keramik menggunakan filter keramik berpori untuk menghilangkan partikel padat dan kontaminan dari air. Ini adalah cara yang murah untuk mengolah air karena tanah liat alami dibutuhkan untuk fabrikasi.

Teknologi pemisahan membran adalah teknologi paling populer untuk memisahkan berbagai cairan, termasuk gas, minyak, dan air. Beberapa keuntungan menggunakan membran dibandingkan teknologi lain termasuk kebutuhan energi operasional yang relatif rendah, peningkatan skala yang mudah, proses operasional yang sederhana, dan tidak memerlukan bahan kimia tambahan. RO adalah proses intensif energi yang inheren karena tekanan umpan harus melebihi tekanan osmotik untuk memaksa permeasi melalui membran. Efisiensi proses RO tergantung pada parameter operasional dan karakteristik air umpan (Hailemariam *dkk.*, 2020). Saat ini, RO memainkan peran penting dalam air karena aplikasinya yang luas dalam desalinasi dan pengolahan air limbah (Johnston *dkk.*, 2022).

Penelitian saat ini mengamati pemanfaatan katalis bekas RCC untuk fabrikasi filter keramik dan penggunaannya dalam kombinasi dengan membran RO untuk mengolah air yang dihasilkan. Komposisi katalis bekas dan tanah liat ditemukan efektif mengurangi TDS, fenol, dan barium. Filter keramik dapat digunakan sebagai pretreatment untuk RO agar air bersih dapat diinjeksikan ke reservoir minyak dan gas dan memenuhi standar PerGub Sumsel No. 8 Tahun 2012 dan Permen LH No. 5 Tahun 2014.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

- 1) Bagaimana komposisi filter keramik berbahan tanah liat, katalis bekas, dan pati gadung dalam pengolahan air terproduksi?
- 2) Bagaimana kondisi operasi terbaik pada pengolahan air terproduksi menggunakan filter keramik yang dikombinasikan dengan membran reverse osmosis?
- 3) Bagaimana pengaruh variasi perbandingan komposisi tanah liat, katalis bekas, dan pati gadung pada filter keramik terhadap penurunan kadar TDS, barium, dan fenol untuk pengolahan air terproduksi ?
- 4) Bagaimana karakteristik permeat *air terproduksi* yang dihasilkan dari proses filter keramik yang dikombinasikan dengan membran reverse osmosis berdasarkan baku mutu yang diatur oleh PerGub Sumsel No.8 Tahun 2012 dan Permen LH No. 5 Tahun 2014?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah:

- 1) Mengevaluasi komposisi filter keramik dengan komposisi tanah liat, katalis bekas, dan pati gadung dalam pengolahan air terproduksi?
- 2) Menganalisis kondisi operasi terbaik pada pengolahan air terproduksi menggunakan filter keramik yang dikombinasikan dengan membran reverse osmosis?
- 3) Menganalisis pengaruh variasi perbandingan komposisi tanah liat, katalis bekas, dan pati gadung pada filter keramik terhadap penurunan kandungan TDS, barium, dan fenol untuk pengolahan air terproduksi ?
- 4) Mengevaluasi karakteristik permeat yang dihasilkan dari proses filter keramik yang dikombinasikan dengan membran reverse osmosis berdasarkan baku mutu yang diatur oleh PerGub No.8 Tahun 2012 dan Permen LH No. 5 Tahun 2014?

1.4. Hipotesa

Hipotesa dalam penelitian ini yaitu :

- 1) Filter keramik berbahan dasar tanah liat, katalis bekas, dan pati gadung lebih efektif dan efisien sehingga berpotensi dijadikan sebagai teknologi alternatif dalam pengolahan limbah air terproduksi.
- 2) Kondisi operasi yang berbeda mempengaruhi kinerja filter keramik yaitu permeat yang dihasilkan akan semakin baik apabila semakin besar laju alir dan semakin lama waktu kontak operasi yang diberikan.
- 3) Filter keramik berbentuk kolom silinder dengan media tanah liat dan katalis bekas dapat menurunkan nilai TDS, pH, fenol, dan barium dalam air terproduksi.

1.5. Ruang Lingkup

Ruang lingkup dari penelitian ini adalah:

- 1) Penelitian ini berskala laboratorium.
- 2) Air terproduksi (*produced water*) yang digunakan berasal dari Pertamina EP Prabumulih.
- 3) Katalis bekas yang digunakan adalah katalis RCC (*Residue Catalytic Cracker*) yang telah melalui proses perengkahan (*cracking*) minyak bumi yang berasal dari Pertamina RU III Plaju.

1.6. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian yang diharapkan dari penelitian ini adalah:

- 1) Memberikan pengetahuan dan informasi terkait pemanfaatan filter keramik yang terintegrasi membran *reverse osmosis* (RO) terhadap peningkatan kualitas air terproduksi.
- 2) Memberikan pengetahuan pengolahan alternatif bagi industri khususnya industri kimia untuk dapat menanggulangi limbah padat yang mengandung limbah B3.
- 3) Memberikan manfaat bagi peneliti selanjutnya terkait pengolahan air terproduksi sebagai acuan referensi penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Achak, M., Hafidi, A., Ouazzani, N., Sayadi, S. & Mandi, L. 2009. Low cost biosorbent “banana peel” for the removal of phenolic compounds from olive mill wastewater: Kinetic and equilibrium studies. *Journal of Hazardous Materials*, 166(1): 117–125.
- Akosile, S.I., Ajibade, F.O., Lasisi, K.H., Ajibade, T.F., Adewumi, J.R., Babatola, J.O. & Oguntuase, A.M. 2020. Performance evaluation of locally produced ceramic filters for household water treatment in Nigeria. *Scientific African*, 7(January).
- Al-Ghouti, M.A., Al-Kaabi, M.A., Ashfaq, M.Y. & Da’na, D.A. 2019. Produced water characteristics, treatment and reuse: A review. *Journal of Water Process Engineering*, 28(January): 222–239. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.02.001>.
- Al-Kaabi, M.A., Al-Ghouti, M.A., Ashfaq, M.Y.M., Ahmed, T. & Zouari, N. 2019. An integrated approach for produced water treatment using microemulsions modified activated carbon. *Journal of Water Process Engineering*, 31(April): 100830. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2019.100830>.
- Alcafi, M.C., Yusuf, M. & Prabu, U.A. 2019. Penggunaan Zeolit dalam Menurunkan Konsentrasi Lemak dan Minyak pada Air Terproduksi Migas. *Jurnal Pertambangan*, 3(4): 23–27.
- Bezerra, B.G.P., Parodia, A., Da Silva, D.R. & Pergher, S.B.C. 2019. Cleaning produced water: A study of cation and anion removal using different adsorbents. *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 7(2).
- Chaukura, N., Chiworeso, R., Gwenzi, W., Motsa, M.M., Munzeiwa, W., Moyo, W., Chikurunhe, I. & Nkambule, T.T.I. 2020. A new generation low-cost biochar-clay composite ‘biscuit’ ceramic filter for point-of-use water treatment. *Applied Clay Science*, 185(September 2019): 105409. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.clay.2019.105409>.
- Chiranjeevi, T., Pragma, R., Gupta, S., Gokak, D.T. & Bhargava, S. 2016. Minimization of Waste Spent Catalyst in Refineries. *Procedia Environmental Sciences*, 35: 610–617. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.proenv.2016.07.047>.
- Dehmani, Y., Alrashdi, A.A., Lgaz, H., Lamhasni, T., Abouarnadasse, S. & Chung, I.M. 2020. Removal of phenol from aqueous solution by adsorption onto hematite (α -Fe₂O₃): Mechanism exploration from both experimental and theoretical studies. *Arabian Journal of Chemistry*, 13(5): 5474–5486. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.arabjc.2020.03.026>.

- Dickhout, J.M., Moreno, J., Biesheuvel, P.M., Boels, L., Lammertink, R.G.H. & de Vos, W.M. 2017. Produced water treatment by membranes: A review from a colloidal perspective. *Journal of Colloid and Interface Science*, 487: 523–534. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.jcis.2016.10.013>.
- Dudek, M., Vik, E.A., Aanesen, S.V. & Øye, G. 2020. Colloid chemistry and experimental techniques for understanding fundamental behaviour of produced water in oil and gas production. *Advances in Colloid and Interface Science*, 276: 102105. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.cis.2020.102105>.
- Elomari, H., Achiou, B., Karim, A., Ouammou, M., Albizane, A., Bennazha, J., Alami.Younssi, S. & Elamrani, I. 2017. Influence of starch content on the properties of low cost microfiltration membranes. *Journal of Asian Ceramic Societies*, 5(3): 313–319. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.jascr.2017.06.004>.
- Ermawati, R., Bumiarto, N., Rumondang, I., Oktarina, E. & Naimah, S. 2016. Terhadap Kualitas Crude Oil Hasil Pirolisis Limbah. *Jurnal Kimia Kemasan*, 38(1): 47–54.
- Fakhru'l-Razi, A., Pendashteh, A., Abdullah, L.C., Biak, D.R.A., Madaeni, S.S. & Abidin, Z.Z. 2009. Review of technologies for oil and gas produced water treatment. *Journal of Hazardous Materials*, 170(2–3): 530–551.
- Fard, A.K., Mckay, G., Chamoun, R., Rhadfi, T., Preud'Homme, H. & Atieh, M.A. 2017. Barium removal from synthetic natural and produced water using MXene as two dimensional (2-D) nanosheet adsorbent. *Chemical Engineering Journal*, 317: 331–342. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.cej.2017.02.090>.
- Farrow, C., McBean, E., Huang, G., Yang, A.L., Wu, Y.C., Liu, Z., Dai, Z.N., Fu, H.Y., Cawte, T. & Li, Y.P. 2018. Ceramic water filters: A point-of-use water treatment technology to remove bacteria from drinking water in Longhai City, Fujian Province, China. *Journal of Environmental Informatics*, 32(2): 63–68.
- Ginting, M., Wijayanti, P. & Riady, M.A. 2021. Studi Laboratorium Pengaruh Penambahan Bentonit Terhadap Total Dissolved Solid Dan pH Air Formasi. X(3): 117–121.
- Gniadek, M. & Dąbrowska, A. 2019. The marine nano- and microplastics characterisation by SEM-EDX: The potential of the method in comparison with various physical and chemical approaches. *Marine Pollution Bulletin*, 148(July): 210–216.
- Hailemariam, R.H., Woo, Y.C., Damtie, M.M., Kim, B.C., Park, K.D. & Choi, J.S. 2020. Reverse osmosis membrane fabrication and modification technologies and future trends: A review. *Advances in Colloid and Interface Science*, 276: 102100. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102100>.

- Hamad, H.T. 2021. Removal of phenol and inorganic metals from wastewater using activated ceramic. *Journal of King Saud University - Engineering Sciences*, 33(4): 221–226. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jksues.2020.04.006>.
- Hardi, M., Anita, S., I. 2017. Karakteristik Air Terproduksi Industri Migas Sebagai Sumber Daya Air Alternatif di Kecamatan Minas, Kabupaten Siak, Riau. 95–101.
- Hardi, M., Anita, S. & Ilham 2017. Karakteristik Air Terproduksi Industri Migas Sebagai Sumber Daya Air Alternatif di Kecamatan Minas, Kabupaten Siak, Riau. 95–101.
- Hedges, L.T., Costa, T.C., Temochko, B., Gómez González, S.Y., Mazur, L.P., Marinho, B.A., da Silva, A., Weschenfelder, S.E., de Souza, A.A.U. & de Souza, S.M.A.G.U. 2021. Adsorption and desorption of water-soluble naphthenic acid in simulated offshore oilfield produced water. *Process Safety and Environmental Protection*, 145: 262–272.
- Hikmawan, F.R., Evitasari, E., Bintan Sukono, G.A. & Satriawan, D. 2020. Teknologi Membran Untuk Pengolahan Emulsi Minyak: Review. *Jurnal Pengendalian Pencemaran Lingkungan (JPPL)*, 2(2): 25–32.
- Issaoui, M. & Limousy, L. 2019. Low-cost ceramic membranes: Synthesis, classifications, and applications. *Comptes Rendus Chimie*, 22(2–3): 175–187. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.crci.2018.09.014>.
- Jang, E., Jeong, S. & Chung, E. 2017. Application of three different water treatment technologies to shale gas produced water. *Geosystem Engineering*, 20(2): 104–110. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1080/12269328.2016.1239553>.
- Johnston, J., Lou, J. & Tilton, N. 2022. Application of projection methods to simulating mass transport in reverse osmosis systems. *Computers and Fluids*, 232(October 2021): 105189. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.compfluid.2021.105189>.
- Kamoun, N., Hajjeji, W., Abid, R., Rodriguez, M.A. & Jamoussi, F. 2020. Elaboration and properties of low-cost ceramic microfiltration membrane from local Tunisian clay for wastewater treatment. *Ceramica*, 66(380): 386–393.
- Klemz, A.C., Weschenfelder, S.E., Lima de Carvalho Neto, S., Pascoal Damas, M.S., Toledo Viviani, J.C., Mazur, L.P., Marinho, B.A., Pereira, L. dos S., da Silva, A., Borges Valle, J.A., de Souza, A.A.U. & Selene, S.M.A. 2021. Oilfield produced water treatment by liquid-liquid extraction: A review. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 199(December 2020).
- Lin, L., Jiang, W., Chen, L., Xu, P. & Wang, H. 2020. Treatment of produced water with photocatalysis: Recent advances, affecting factors and future

research prospects. *Catalysts*, 10(8).

- Lu, G., Lu, X. & Liu, P. 2020. Reactivation of spent FCC catalyst by mixed acid leaching for efficient catalytic cracking. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 92: 236–242. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2020.09.011>.
- Lumban Gaol, E.R., Nasir, S., Hermansyah, H. & Mataram, A. 2019. Rubber Industry Wastewater Treatment Using Sand Filter, Bentonite and Hybrid Membrane (UF-RO). *Sriwijaya Journal of Environment*, 4(1): 14–18.
- Mahfuzin, A.N., Respati, S.M.B. & Dzulfikar, M. 2020. Analisis Filter Keramik Berpori Berbasis Zeolit Alam Dan Arang Sekam Padi Dalam Menurunkan Kandungan Partikel Air Sumur Galian. *Jurnal Ilmiah Momentum*, 16(1): 63–68.
- Malakootian, M., Mahvi, A.H., Mansoorian, H.J. & Khanjani, N. 2018. Agrowaste based ecofriendly bio-adsorbent for the removal of phenol: Adsorption and kinetic study by acacia tortilis pod shell. *Chiang Mai Journal of Science*, 45(1): 355–368.
- Mubiayi, M.P., Muleja, A.A. & Mamba, B.B. 2021. Data on physicochemical properties of natural clay and natural clay/multiwalled carbon nanotubes composite materials for various applications possibilities. *Data in Brief*, 39: 107682.
- Mustapha, S., Oladejo, T.J., Muhammed, N.M., Saka, A.A., Oluwabunmi, A.A., Abdulkabir, M. & Joel, O.O. 2021. Fabrication of porous ceramic pot filters for adsorptive removal of pollutants in tannery wastewater. *Scientific African*, 11.
- Nandari, W.W., Utami, A., Yogafanny, E. & Kristiati, M.T. 2018. Pengolahan Air Terproduksi Dengan Membran Bioreaktor Di Wilayah Penambangan Wonocolo. *Eksergi*, 15(2): 34.
- Nasir S. & Faizal, S. 2016. Ceramic filters and their application for cadmium removal from pulp industry effluent. *International Journal of Technology*, 5: 786–794.
- Nasir, S. & Faizal, S. 2016. Ceramic Filters And Their Application For Cadmium Removal From Pulp Industry Effluent. *International Journal of Technology*, 5: 786–794.
- Ngapa, Y.D. 2017. Study of The Acid-Base Effect on Zeolite Activation and Its Characterization as Adsorbent of Methylene Blue Dye. *JKPK (Jurnal Kimia dan Pendidikan Kimia)*, 2(2): 90.
- Ningrum, S.O. 2018. Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*, 10(1): 1–12.

- Ozbey-Unal, B., Omwene, P.I., Yagcioglu, M., Balcik-Canbolat, Ç., Karagunduz, A., Keskinler, B. & Dizge, N. 2020. Treatment of organized industrial zone wastewater by microfiltration/reverse osmosis membrane process for water recovery: From lab to pilot scale. *Journal of Water Process Engineering*, 38(May): 101646. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jwpe.2020.101646>.
- Pertamina 2017. Capability in Creating Value. 1–148.
- Reddy, B.S., Maurya, A.K., V E, S., Narayana, P.L., Reddy, M.H., Baazeem, A., Cho, K.K. & Reddy, N.S. 2021. Prediction of batch sorption of barium and strontium from saline water. *Environmental Research*, 197(April): 111107. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.envres.2021.111107>.
- Rokhim, M.A., Respati, S.M.B. & Dzulfikar, M. 2021. Filter Air Bersih Menggunakan Keramik Berpori Studi Kasus Di Kabupaten Demak. 17(2): 111–115.
- Saifuddin, S., Elisa, E. & Sami, M. 2018. Efisiensi Kinerja Membran Keramik Tanah Liat & Zeolit Aktif Sebagai Media Filter Untuk Filtrasi Air Sungai. 2(1): 240–247.
- Sarkar, S. & Sarkar, R. 2021. Synthesis, characterization and tribological study of zinc oxide nanoparticles. *Materials Today: Proceedings*, 44(xxxx): 3606–3612. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.09.595>.
- Sefentry, A. & Masriatini, R. 2020. Pemanfaatan Teknologi Membran Reverse Osmosis (RO) Pada Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Bersih. *Jurnal Redoks*, 5(1): 58.
- Vilcáez, J. 2020. Reactive transport modeling of produced water disposal into dolomite saline aquifers: Controls of barium transport. *Journal of Contaminant Hydrology*, 233(January): 103600. Tersedia di <https://doi.org/10.1016/j.jconhyd.2020.103600>.
- Wang, J. & Chen, C. 2009. Biosorbents for heavy metals removal and their future. *Biotechnology Advances*, 27(2): 195–226. Tersedia di <http://dx.doi.org/10.1016/j.biotechadv.2008.11.002>.
- Wanita, Y.P. 2018. Umbi-Umbian Minor Lokal Daerah Istimewa Yogyakarta, Sifat Fisikokimia dan Diversifikasi Pengolahannya. *Jurnal Pertanian Agros*, 20(1): 49–58.