

**USULAN PENELITIAN  
TAHUN ANGGARAN 2020  
SKEMA PENELITIAN PERCEPATAN GURU BESAR**



**PEMBUATAN MEMBRAN KERAMIK UNTUK PENGOLAHAN  
POME, MEMANFAATKAN LIMBAH ABU TERBANG (*FLY  
ASH*) INDUSTRI PULP DAN KERTAS YANG MURAH DAN  
RAMAH LINGKUNGAN**

KETUA : Idrat Amri, ST., MT., PhD (0013027101)  
ANGGOTA : Prof. Dr. Eng., Azridjal Azis, ST., MT. (0019057103)  
Dr. Panca Setia Utama, ST., MT. (0001066704)  
Enrico, SPi  
Aris Aprianto Cahyono

SUMBER DANA: PNBP LPPM UNRI  
Nomor Kontrak : .....

**FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS RIAU  
MARET 2020**

## HALAMAN PENGESAHAN USULAN PENELITIAN

1. Judul Penelitian : Pembuatan Keramik Membran Untuk Pengolahan POME, Memanfaatkan Limbah Abu Terbang (Fly Ash) Industri Pulp dan Kertas yang Murah dan Ramah Lingkungan
2. Ketua Peneliti
  - a. Nama Lengkap : Idral Amri, ST., MT., PhD
  - b. Jenis Kelamin : Laki laki
  - c. NIDN : 0013027101
  - d. Jabatan Struktural : Ketua Program Studi Magister Teknik Kimia
  - e. Jabatan Fungsional : Lektor
  - f. Fakultas/Jurusan : Teknik/Teknik Kimia
  - g. Alamat Kantor : Jurusan Teknik Kimia, FT UNRI, Kampus Bina Widya, JLn. HR Subrantas KM 12,5, Kel. Simp. Baru, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru
  - h. Telpn/Fax : (0761) 66 596
  - i. Alamat Rumah : Perumahan Nusa Indah, Blok B No. 8, RT01 RW21, Kel. Sialangmunggu, Kec. Tampan, Kota Pekanbaru.
  - j. HP/Telp/Fax/E-mail : +62-81275443632/ idral\_amri@eng.unri.ac.id
3. Anggota (1)
  - a. Nama Lengkap : Prof. Dr. Eng. Azridjal Azis, ST., MT.
  - b. Jabatan Fungsional : Guru Besar
  - c. NIDN : 19710519 200003 1 002
4. Anggota (2)
  - a. Nama Lengkap : Dr. Panca Setia Utama, ST., MT.
  - b. Jabatan Fungsional : Lektor
  - c. NIDN : 19670601 199703 1003
5. Anggota
  - a. Nama Lengkap : .....
  - b. Jabatan Fungsional : .....
  - c. NIDN : .....
6. Jangka Waktu Penelitian : Tahun ke – 1 dari rencana 3 tahun
7. Pembiayaan
  - a. Dana diusulkan/disetujui : Rp. 100,000,000.-
  - b. Sumber Dana : DIPA LPPM Universitas Riau tahun 2020



Mengetahui:  
Dekan/Koordinator Pusat Studi ....

Dr. Ir. Ari Sandhyavitrni, MSc.  
NIP. 19680127 199512 1 001

Pekanbaru, 12 Maret 2020  
Ketua Peneliti,

Idral Amri, ST., MT., PhD  
NIP. 19710213 199903 1001

Menyetujui:  
Ketua LPPM Universitas Riau

Prof. Dr. Almasdi Syahza, SE., MP  
NIP. 19600822 199002 1002

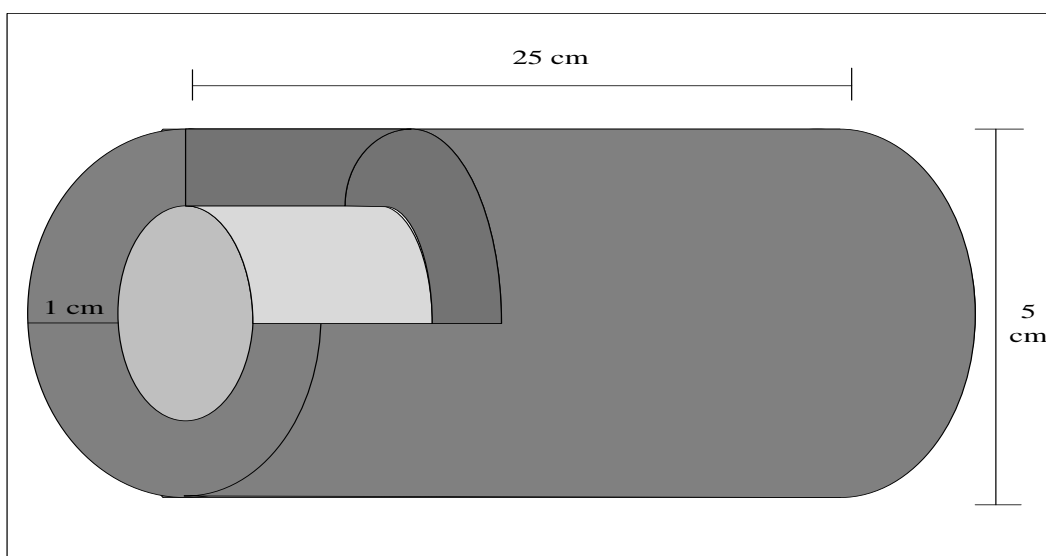


## Ringkasan Rencana Penelitian

Limbah abu terbang (*fly ash*) yang dihasilkan boiler menjadi masalah di berbagai industri, pada industri pulp dan kertas tidak kurang dari 800 ton per hari fly ash dibuang sebagai limbah padat dari dua (2) pabrik Pulp dan Kertas yang ada di propinsi Riau, berkategori limbah B3, limbah tersebut hingga saat ini, belum ada solusi yang bisa dilakukan selain melakukan dumping atau penimbunan pada area industri.

Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah fly ash tersebut sebagai bahan baku untuk produksi keramik membran yang dapat digunakan untuk pengolahan limbah cair dari berbagai industri, terutama POME PKS disesuaikan jenis dan ukuran molekul limbah yang akan dipisahkan, baik berupa micro filtration, ultrafiltration maupun nano filtration. Metode fabrikasi membran keramik meliputi *slip-casting*, ekstrusi, dan pengepresan. Persiapan suspensi merupakan tahap awal pencampuran bahan baku dengan cairan pengikat. Tahap forming atau pembentukan suspensi disesuaikan dengan beberapa metode yang telah ditentukan. Tahap sintering menggunakan suhu tinggi untuk mengikat partikel membran. dan limbah logam Lainnya tidak mengalir ke lingkungan.

Untuk menentukan kualitas keramik membran yang dihasilkan, dilakukan karakterisasi keramik membran seperti : Permeability membran, distribusi ukuran partikel, kekuatan membran, porositas dan ukuran pori, struktur dan pola pori., Kemudian membran keramik yang dihasilkan digunakan untuk pengolahan limbah cair industri POME agar bisa dibuang ke lingkungan..



**Identitas Anggota Kegiatan Penelitian**

<b>Nama</b>	<b>NIDN</b>	<b>Sinta ID</b>
Idral Amri, ST., MT., PhD	0013027101	6649108
Prof. Dr. Eng Azridjal Azis, ST., MT	0019057103	25516
Dr Panca Setia Utama, ST., MT	0001066704	6647235

## DAFTAR ISI

<b>Halaman Judul .....</b>	<b>i</b>
<b>RINGKASAN RENCANA PENELITIAN.....</b>	<b>ii</b>
<b>IDENTITAS ANGGOTA KEGIATAN PENELITIAN.....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR ISI.....</b>	<b>iv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>vi</b>
<b>A. LATAR BELAKANG PENELITIAN .....</b>	<b>1</b>
<b>B. PERUMUSAN MASALAH.....</b>	<b>2</b>
<b>C. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN .....</b>	<b>3</b>
<b>D. MANFAAT PENELITIAN.....</b>	<b>4</b>
<b>E. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
E.1. <i>Fly Ash</i> (FA) .....	5
E.2. Keramik .....	6
E.3. Keramik Membran.....	7
E.3.1. Tipe Keramik Membran .....	7
E.3.2. Teknologi Keramik Membran .....	9
E.3.3. Pengaplikasian Keramik Membran .....	10
E.4. Kerangka Penelitian .....	11
E.5. Roadmap Penelitian .....	13
<b>F. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>15</b>
F.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	15
F.2. Bahan dan Alat Penelitian.....	15
F.2.1. Bahan Penelitian.....	15
F.2.2. Alat Penelitian .....	15
F.3. Variabel Penelitian.....	16
F.3.1. Variabel Tetap .....	16
F.3.2. Variabel Berubah.....	16
F.4. Prosedur Penelitian .....	16
F.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku.....	16
F.4.2. Proses Pembuatan Keramik Membran .....	16
F.4.3. Proses Sintering .....	16
F.5. Metode Analisis Hasil.....	17
F.5.1. Analisis Kuat Tekan .....	17
F.5.2. Analisis Permeabilitas .....	17
F.5.3. Analisis Porositas .....	17
F.5.3. Analisis Mikrografi SEM .....	18
F.6. Proses Pengolahan POME Menggunakan Membran Keramik .....	18
F.7. Teknik Pengolahan Data .....	18
F.8. Diagram Alir Penelitian .....	19
F.8.1. Proses Pembuatan Membran Keramik .....	19
F.5.3. Proses Pengolahan POME Menggunakan Membran Keramik.....	20
<b>G. JADWAL KEGIATAN.....</b>	<b>21</b>
<b>H. DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>22</b>
<b>I. REKAPITULASI BIAYA.....</b>	<b>24</b>
<b>J. SUSUNAN ORGANISASI DAN PEMBAGIAN TUGAS TIM     PENELITI.....</b>	<b>25</b>
<b>K. JUSTIFIKASI BIAYA.....</b>	<b>26</b>

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar E.1.</b>	Keramik Membran berpori; a) <i>Plate and Frame</i> ; b) Tubular; c) Kapilar; d) <i>Hollow</i> .....	8
<b>Gambar E.2.</b>	Proses Pembuatan Membran Keramik .....	11
<b>Gambar E.3.</b>	Proses Treatmen Limbah Cair.....	12
<b>Gambar F.1.</b>	Modul dan Dimensi Keramik Membran.....	15
<b>Gambar F.2.</b>	Blok Diagram Pembuatan Keramik Membran .....	19
<b>Gambar F.3.</b>	Diagram Alir Pengolahan POME.....	20

**DAFTAR TABEL**

<b>Tabel E.1.</b>	Komposisi Kimia FA Batubara.....	5
<b>Tabel E.2.</b>	Sifat Fisis Keramik .....	7
<b>Tabel E.3.</b>	Ukuran Pori Keramik Membran dan Aplikasinya .....	9
<b>Tabel E.4.</b>	Teknologi Fabrikasi Keramik Membran.....	10
<b>Tabel H.1.</b>	Jadwal Kegiatan Penelitian .....	21



## A. LATAR BELAKANG PENELITIAN

Penggunaan batubara sebagai sumber eneri akan menghasilkan abu sisa pembakaran. Abu dari unit *power plant* boiler dibedakan atas *Fly Ash* (FA) dan *Bottom Ash* (BA). FA berupa partikel halus dan ringan yang keluar dari *furnace* bersama gas buang, sedangkan BA mempunyai ukuran partikel lebih besar dan berat yang terbawa keluar oleh pasir yang berfungsi sebagai media pembakaran. Kandungan FA 84% dari total abu batubara hasil pembakaran (Nurhayati dan Susanto, 2014).

Produksi FA batubara dunia diperkirakan mencapai 500 juta ton per tahun dan akan terus meningkat. Namun hanya sekitar 15% dari total FA tersebut yang dimanfaatkan. Industri pulp dan kertas termasuk industri yang membutuhkan energi cukup besar untuk proses produksinya. Data FA dari dua (2) industri Pulp dan Kertas di Riau, diketahui menghasilkan lebih dari 800 ton FA/hari.. Abu yang dihasilkan dari unit pengadaan energi dengan bahan bakar non batu bara hanya berkisar antara 0,5-2,0% dari kapasitas produksi (Liu dkk, 2019). Hal ini tentu berpotensi mencemari lingkungan mengingat FA merupakan salah satu limbah B3. Oleh karena itu permasalahan FA harus segera diselesaikan agar tidak terjadi penumpukan dalam jumlah yang semakin besar.

Salah satu pemanfaatan FA batubara adalah menjadikan FA sebagai bahan baku utama pembuatan keramik membran. Keramik membran dapat digunakan sebagai media filtrasi limbah cair domestik maupun industri. Alumina, zirconia, titania, dan silika merupakan bahan mineral utama yang umum digunakan pada pembuatan membran keramik. FA batubara merupakan material yang memiliki kandungan alumina dan silika yang tinggi yaitu 32 dan 52% sehingga sangat berpotensi dimanfaatkan sebagai alternatif bahan baku membran keramik. Keramik membran atau membran keramik memiliki keunggulan tahan terhadap suhu dan tekanan tinggi, mampu menghilangkan virus dan bakteri, dan dapat dibuat dengan bahan baku yang relatif murah seperti FA batubara (Nurhayati dan Susanto, 2015).

## B. PERUMUSAN MASALAH

FA merupakan limbah padat dari aktivitas pembakaran batubara selain BA. Keberadaan FA sangat melimpah sehingga berpotensi mencemari lingkungan jika tidak diberi perlakuan dengan baik dan tepat. Salah satu pemanfaatannya adalah dengan mengkonversi FA menjadi keramik membran sebagai media filtrasi limbah cair.

Dong dkk (2006) telah melakukan sebuah penelitian tentang pembuatan membran keramik berbasis *fly ash*. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah persentase penambahan magnesium karbonat (10 – 50%) dan suhu sintering (1050 – 1200°C). Hasil dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa keramik membran berbahan *diatomaceous earth* mempunyai kemampuan filtrasi yang baik terhadap bakteri patogen.

Khemakhem dkk (2006) melakukan sebuah penelitian tentang membran keramik berbasis alumina oksida terhadap kandungan virus pada air. Pada penelitian ini digunakan bahan baku tanah liat dan suhu sintering 850°C. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa membran mikrofiltrasi dengan ukuran pori 0,1 dan 1 µm dapat dipergunakan untuk menghilangkan virus.

Jedidi dkk (2009) melakukan sebuah penelitian tentang pemanfaatan *fly ash* sebagai bahan baku pembuatan keramik membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi. Variasi yang digunakan pada penelitian ini adalah ukuran partikel *fly ash* dan suhu sintering (600, 700, dan 800°C). Hasil dari penelitian ini diperoleh bahwa keramik membran berbasis *fly ash* dan penambahan *organic additive* menghasilkan air minum dengan kualitas baik.

Membran keramik diilustrasikan sebagai media selektif permeabel dengan ukuran pori, permukaan porositas, dan diameter tertentu yang menentukan permeabilitas dan kemampuan separasinya. Menurut Li (2004) FA batubara memiliki ukuran partikel <20 µm dan luas permukaan berkisar 300-500 m<sup>2</sup>/kg sehingga membran keramik yang dihasilkan dari FA batubara dapat digolongkan sebagai teknologi mikrofiltrasi. Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian tentang komposisi perbandingan FA dan *organic additive* serta teknik pembuatan membran keramik sehingga dapat digunakan pada unit filtrasi limbah cair domestik dan industri.

### C. MAKSUD DAN TUJUAN PENELITIAN

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Membuat keramik membran berbasis *fly ash* dan *organic additive*.
2. Menentukan perbandingan yang optimal antara *fly ash*, *clay*, dan *organic additive*.
3. Menentukan suhu optimal sintering terhadap karakteristik keramik membran.
4. Menentukan jenis filtrasi dari ukuran pori yang diperoleh berdasarkan perbedaan ukuran partikel bahan baku.

#### D. MANFAAT PENELITIAN

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghadirkan inovasi pembuatan keramik membran dari *fly ash* sebagai media filtrasi limbah cair kelapa sawit (*palm oil mill effluent*, POME)
2. Memberikan dorongan kepada pemerintah maupun lembaga riset dan teknologi agar dapat memrogramkan teknologi tepat guna yang dapat dimanfaatkan untuk pengolahan limbah cair domestik maupun industri
3. Mengenalkan kepada masyarakat bahwa *fly ash* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pembuatan keramik membran

#### E. TINJAUAN PUSTAKA

##### E.1. *Fly Ash* (FA)

FA merupakan limbah hasil pembakaran batubara yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap sehingga akan lebih merepotkan dalam penanganannya. FA sangat rentan terhisap oleh manusia dan hewan karena sifatnya beterbangan di udara. FA juga dapat mempengaruhi kondisi air dan tanah sehingga dapat merusak tanaman. Akibat buruk ditimbulkan oleh unsur-unsur Pb, Cr, dan Cd yang biasanya terkonsentrasi pada fraksi butiran yang sangat halus (0,5 – 10  $\mu\text{m}$ ) (Dong dkk, 2006). Butiran tersebut mudah melayang dan terhisap oleh manusia dan hewan, sehingga terakumulasi dalam tubuh manusia dengan konsentrasi tertentu berakibat buruk bagi kesehatan (Nurhayati dan Susanto, 2015).

FA batubara umumnya dibuang di *ash lagoon* atau ditumpuk begitu saja di area industri. Penumpukan FA batubara ini menimbulkan masalah bagi lingkungan. Berbagai penelitian mengenai pemanfaatan abu terbang batubara sedang dilakukan untuk meningkatkan nilai ekonomisnya serta mengurangi dampak buruknya terhadap lingkungan. Saat ini abu terbang batubara digunakan dalam pabrik semen sebagai salah satu bahan campuran pembuat beton (Nasir dkk, 2014).

Komponen utama dari FA batubara adalah silika ( $\text{SiO}_2$ ), alumina, ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), besi oksida ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ), kalsium ( $\text{CaO}$ ) dan sisanya adalah magnesium, potasium, sodium, titanium, dan belerang dalam jumlah yang sedikit. Komposisi kimia yang terdapat pada FA dari beberapa jenis batubara dapat dilihat pada Tabel E.1.

**Tabel E.1** Komposisi Kimia FA Batubara

<b>Komponen</b>	<b>Bituminus</b>	<b>Sub-bituminus</b>	<b>Lignit</b>
SiO <sub>2</sub>	20-60%	40-60%	15-45%
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	5-35%	20-30%	10-25%
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	10-40%	4-10%	4-15%
CaO	1-12%	5-30%	15-40%
MgO	0-5%	1-6%	3-10%
SO <sub>3</sub>	0-4%	0-2%	0-10%
Na <sub>2</sub> O	0-4%	0-2%	0-6%
K <sub>2</sub> O	0-3%	0-4%	0-4%
LOI	0-15%	0-3%	0-5%

## **E.2. Keramik**

Keramik merupakan salah satu contoh produk industri yang banyak digunakan dalam kebutuhan rumah tangga, industri mekanik, elektronika, penyaring bahkan dipakai pada bidang teknologi ruang angkasa. Bahan keramik terbuat dari bahan baku yang berbentuk butiran dan mengalami proses pencampuran, pengeringan, pembakaran, dan sintering. Kekuatan dan kekerasan keramik dipengaruhi oleh ukuran dan bentuk butiran serta jenis dan fasa batas, temperatur pembakaran, model pembentukan dan sejenisnya (Sabree dkk, 2015).

Proses pembuatan keramik secara umum dibutuhkan empat bagian penyusun tertentu, yakni bahan untuk badan, bahan untuk glasir, bahan pembantu, dan bahan utility. Bahan-bahan yang digunakan adalah berupa batuan dengan kandungan mineral tertentu. Mineral inilah yang memberikan gambaran tentang bahan yang akan digunakan, mineral-mineral yang terbentuk, serta sifat-sifat setelah dibakar. Komposisi bahan penyusun keramik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi sifat-sifat keramik. Kegagalan produk keramik diakibatkan karena bahan mentah yang kasar, sehingga kondisi ini menyebabkan terjadi kerusakan atau pecah ketika pengeringan atau pembakaran (Soleimany dan Paydar, 2019).

Keramik adalah campuran padat yang dibentuk dari aplikasi panas dan tekanan, berisikan sedikitnya sebuah logam dan nonlogam atau kombinasi dua unsur nonlogam. Material keramik adalah bahan nonlogam yang biasanya berupa senyawa ikatan oksigen, karbon, nitrogen, boron, dan silika. Keramik merupakan material yang kuat, dan keras serta tahan korosi. Sifat ini bersama dengan kerapatan yang rendah dan juga titik lelehnya

yang tinggi membuat keramik merupakan material struktural yang menarik. Silika atau dikenal dengan silikon dioksida merupakan material mentah yang ditemukan di alam berupa amorf dan kristal. Silika memiliki partikel-partikel yang kasar dan memberikan kontribusi yang besar pada sifat mekanik kekerasan bahan karena bahan tidak mudah lembek dan tahan terhadap penetrasi pada permukaannya (Toniolo dan Boccaccini, 2017).

**Tabel E.2** Sifat Fisis Keramik Standar

Variabel	ISO 13600:2010
Kandungan $\text{Al}_2\text{O}_3$ (%)	>99,5
Kerapatan ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ )	>3,90
Ukuran partikel (micron)	<7
Kekerasan (vickers)	>2000
Kuat lengkung (MPa)	>400

### E.3. Keramik Membran

Membran merupakan suatu teknologi yang digunakan sebagai media filtrasi untuk memisahkan komponen secara selektif. Membran bekerja berdasarkan *driving force* dari perbedaan tekanan untuk memisahkan produk dari suatu campuran umpan. Teknologi membran banyak berfokus pada pemisahan air seperti desalinasi atau pengolahan limbah cair (Pandergast dkk, 2011). Namun, setelah terpapar zat kimia sebagian besar membran kehilangan performa filtrasinya akibat penyusutan maupun perubahan struktur porinya. Pengembangan teknologi membran terus dilakukan guna memenuhi kebutuhan membran yang tahan terhadap zat kima dan suhu tinggi serta memiliki sifat mekanik yang kuat (Marchetti dkk, 2014).

Keramik membran merupakan bagian dari teknologi membran yang memiliki karakteristik mekanik tinggi serta tahan terhadap zat kimia dan suhu tinggi. Membran keramik umumnya terdiri dari tiga lapisan. Lapisan bagian dalam adalah lapisan supported berpori yang memberikan kekuatan mekanik tinggi. Lapisan kedua adalah lapisan yang berada diantara lapisan supported dan dengan ukuran pori yang lebih kecil. Terakhir adalah lapisan atas yaitu tempat terjadinya pemisahan (Li, 2007).

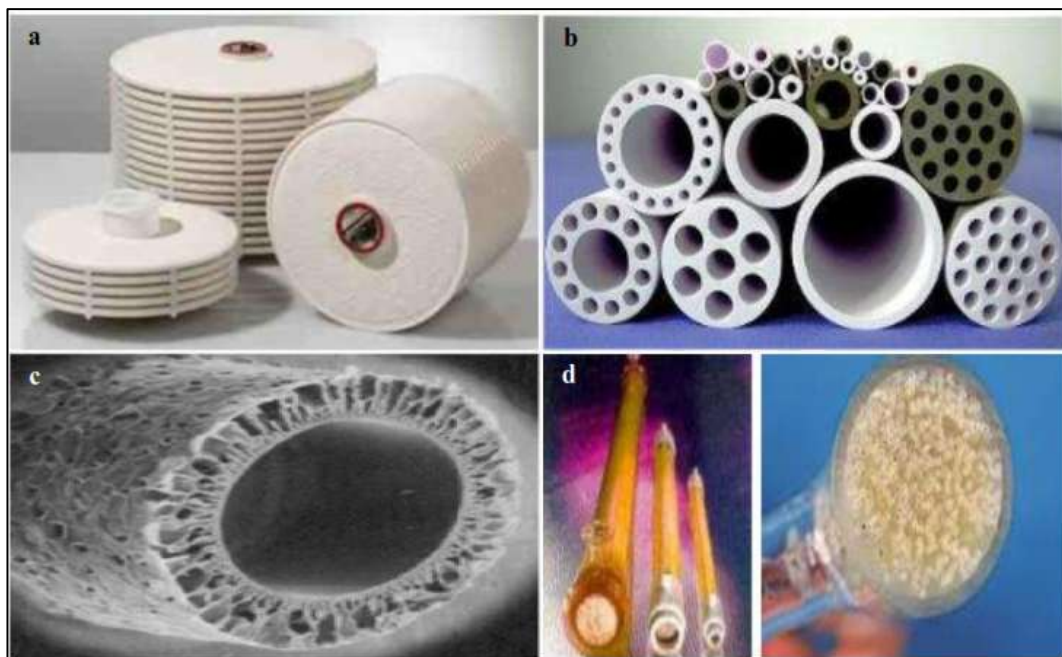
### E.3.1. Tipe Keramik Membran

Membran keramik dapat dikategorikan menurut strukturnya menjadi membran berpori atau padat.

#### 1. Keramik Membran Berpori

Keramik membran berpori ditandai dengan ukuran pori, porositas permukaan, dan ketebalan. Ukuran pori merupakan faktor yang mengontrol jalannya suatu proses filtrasi. Keramik membran berpori biasanya digunakan untuk pemisahan padat-cair dan gas-padat. Struktur keramik membran berpori dapat simetris jika pori-porinya berukuran sama atau asimetris jika ukuran pori-porinya berbeda. Mekanisme pemisahan dalam keramik membran berpori terjadi berdasarkan pengayakan molekuler (Tsuru, 2008). Keramik membran berpori memiliki beberapa bentuk yang umum digunakan yaitu:

- a. *Plate and Frame*
- b. Tubular
- c. Kapilar
- d. *Hollow*



**Gambar E.1** Keramik Membran berpori; a) *Plate and Frame*; b) Tubular; c) Kapilar; d) *Hollow* (Amin dkk, 2016)

Keramik membran merupakan mikrofiltrasi yang sangat baik untuk menghilangkan zat dan bakteri yang tersuspensi. Namun, kurang efisien dalam menghilangkan zat terlarut dan mikroorganisme. Kasus menghilangkan virus dan zat terlarut seperti garam membutuhkan karakteristik ukuran pori yang lebih kecil yaitu

nanofiltrasi (Amin dkk, 2016). Tabel E.3 merangkum berbagai jenis keramik membran yang digunakan untuk pemisahan sesuai dengan ukuran porinya (Li, 2007).

**Tabel E.3** Ukuran Pori Keramik Membran dan Aplikasinya

<b>Tipe</b>	<b>Ukuran pori (nm)</b>	<b>Aplikasi</b>
Makropori	>50	UF dan MF
Mesopori	2-50	UF, NF, dan GS
Mikropori	<2	GS
Padat	-	GS dan reaksi

Sumber: Amin dkk, 2016

## 2. Keramik Membran Padat

Jenis membran ini memiliki prinsip permeasi yang sangat kompleks dalam teknik pemisahanannya. Jenis ini digunakan untuk pemisahan gas, misalnya transportasi oksigen dalam zirkonium oksida pada suhu tinggi. Teknik pemisahan membran padat terjadi melalui mekanisme difusi larutan dimana molekul meresap ke dalam membran kemudian berdifusi dan akhirnya desorbs dari membran (Tsuru, 2008).

### E.3.2. Teknologi Fabrikasi Keramik Membran

Secara umum metode fabrikasi membran keramik meliputi *slip-casting*, ekstrusi, dan pengepresan. Persiapan suspensi merupakan tahap awal pencampuran bahan baku dengan cairan pengikat. Tahap forming atau pembentukan suspensi disesuaikan dengan beberapa metode yang telah ditentukan. Tahap sintering menggunakan suhu tinggi untuk mengikat partikel membran (Li, 2007). Tabel E.4 merupakan teknologi fabrikasi membran berbasis keramik yang diterapkan dalam pengolahan air dan limbah.

**Tabel E.4** Teknologi Fabrikasi Keramik Membran Pengolahan

<b>Membran</b>	<b>Teknologi</b>
Alumina, Zirconia, Titania, Silica, Alumina/Titania, Titania/Alumina, Titania/Silica, Silica/Zirconia, Silica/Cobalt oxide, CNT/Alumina	Sol-gel + Dip coating + Sintering
Alumina, Zirconia, Alumina/Titania	Suspension + Dip coating + Sintering
Titania	Hydrothermal synthesis + Hot press
Zeolite	(In-situ) Hydrothermal synthesis
Alumina/Activated carbon, Alumina/CNT	Powder metallurgy
Iron oxide nanoparticle-incorporated Ceramic	Layer-by-layer + Sintering
Titania nanoparticle-incorporated Ceramic	In-situ hydrolysis + Sintering
Titania nanoparticle-incorporated Ceramic	Atomic layer deposition (ALD) + Calcination
Titania nanoparticle-incorporated Ceramic	Molecular layer deposition (MLD) + Calcination
Titania nanoparticle-incorporated Ceramic	Atmospheric pressure atomic layer deposition (APALD)
Silver nanoparticle-incorporated Ceramic	Direct growth with coupling agents
Titania nanoparticle-incorporated Ceramic	Chemical vapor deposition (CVD)
Ceramic-Zirconium-MOFs	In-situ solvothermal synthesis
Ceramic-Zinc-MOFs	In-situ layer-by-layer self-assembly
Ceramic-Zinc-MOFs	Vacuum-assisted assembly
Ceramic-Chitosan, Ceramic-CA	Dip coating
Ceramic-PVP, Ceramic-PA	Graft polymerisation

Sumber: He dkk, 2019

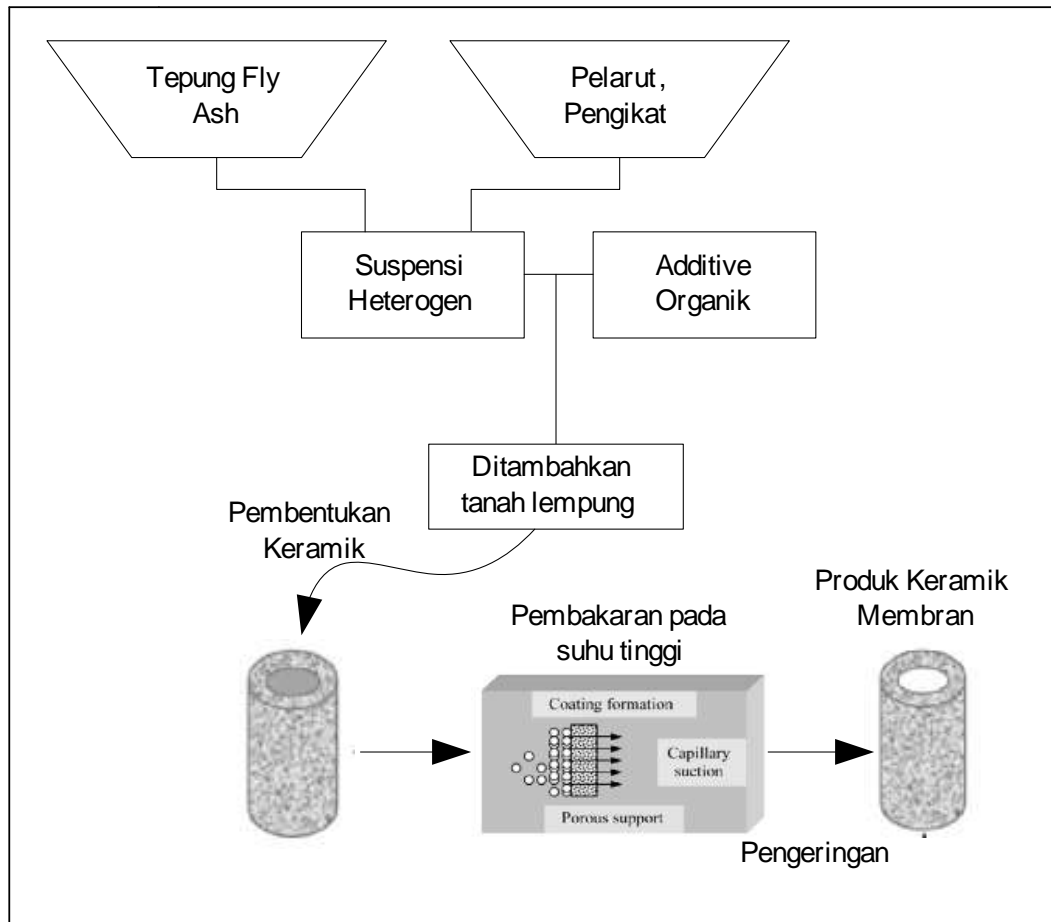
### **E.3.3. Pengaplikasian Keramik Membran**

Ada banyak aplikasi membran di bidang pengolahan air, desalinasi air, mikrofiltrasi, dan ultrafiltrasi. Kilang minyak dan pabrik pulp dan kertas merupakan penghasil limbah cair yang relatif besar. Keramik membran merupakan salah satu solusi yang ideal untuk sistem pemisahan karena efisiensi tinggi, biaya operasional yang rendah, dan desain yang kompak (Kumar dkk, 2015).

Membran keramik juga dapat digunakan pada industri pangan seperti saringan pada industri minuman kaleng, sirup, dan ikan sarden (Emani dkk, 2013). Secara khusus, kebutuhan membran keramik telah meningkat dalam dua dekade terakhir di bidang pengolahan air. Selain pada pengolahan limbah, desalinasi air laut adalah salah satu aktivitas yang membutuhkan penggunaan membran keramik. Membran keramik menunjukkan stabilitas termal dan kimia yang sangat baik untuk digunakan dalam proses desalinasi air (Elma dkk, 2012).



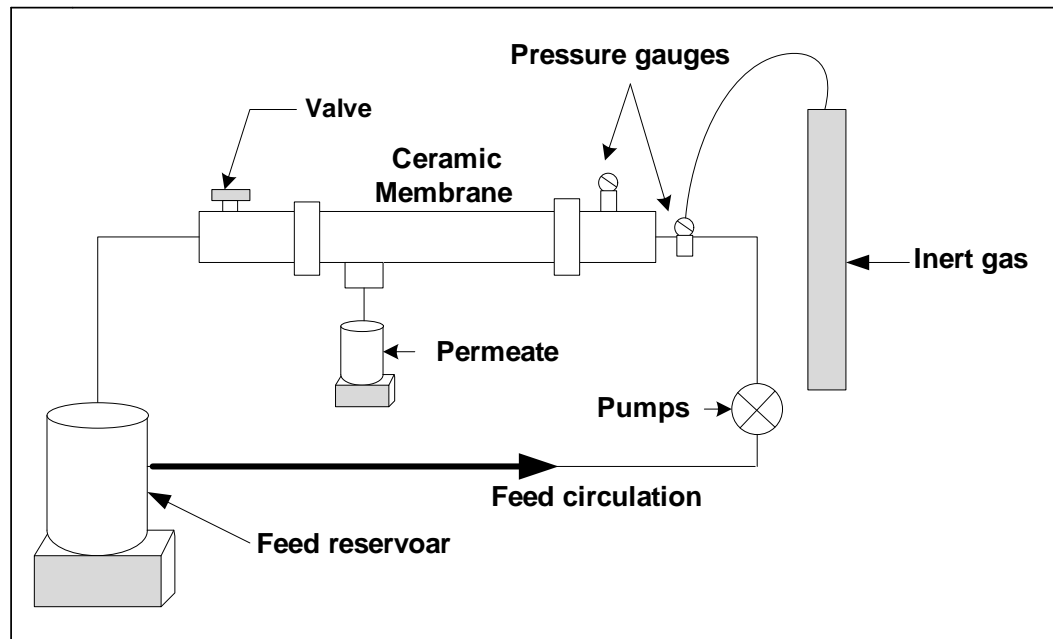
#### E.4. Kerangka Pemikiran



**Gambar E.2.** Proses pembuatan membran keramik

Keramik membrane dibuat, dengan menepungkan fly ash sampai ukuran yang diinginkan, kemudian di campur dengan Senyawa Pengikat, dan penambahan additive, berupa senyawa organik, setelah itu ditambahkan senyawa pengikat, dan dibentuk menjadi bentuk keramik yang diinginkan, kemudian dibakar pada suhu tinggi. Distribusi pori dan ukuran pori akan ditentukan oleh seberapa besar kehalusan dari materil yang akan dijadikan membran keramik tersebut.

Kekuatan, kerapuhan tergantung kepada homogenitas dari bahan bahan pembentuk keramik membran. Untuk menentukan indikator keberhasilan keramik yang dibuat, dilakukan uji karakterisasi, seperti : Uji tingkat permeabilitas, Uji Kerapuhan, Kekuatan, Uji Distribusi Pori dan ukuran serta jumlah pori dari Membran keramik, dan struktur dari konstruksi membran keramik yang dihasilkan. Selanjutnya modul membran keramik yang dibuat, digunakan untuk memurnikan limbah cair industri, seperti skema gambar dibawah ini.



**Gambar E.3.** Proses treatment limbah cair





## F. METODOLOGI PENELITIAN

### F.1.Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini akan dilaksanakan di Laboratorium Teknologi Produk Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Riau dalam rentang waktu  $\pm 4$  bulan.

### F.2.Bahan dan Alat Penelitian

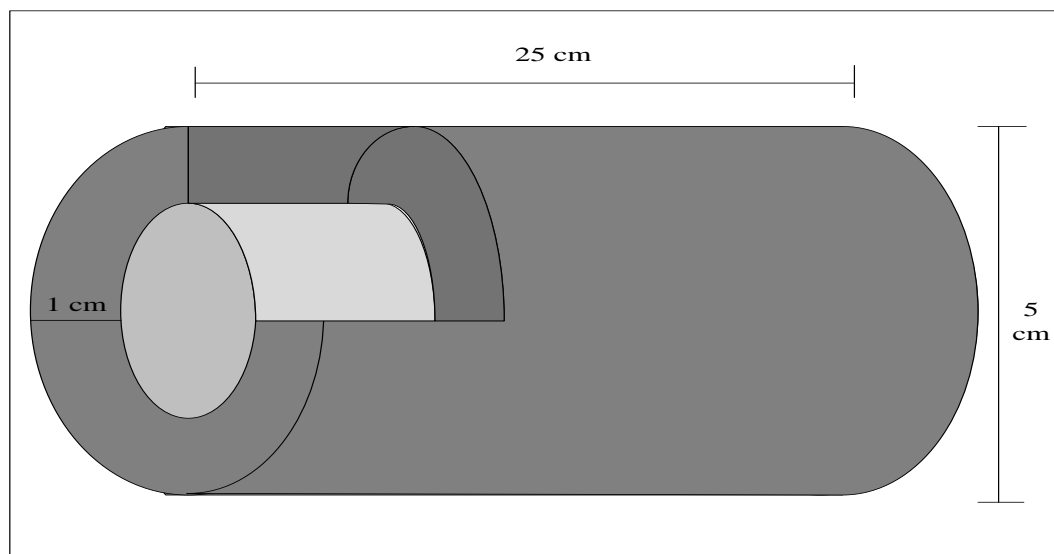
#### F.2.1. Bahan Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini meliputi bahan baku utama *fly ash*, polivinil asetat (PVA) sebagai *organic additive*, dan *clay* sebagai bahan tambahan.

#### F.2.2. Alat Penelitian

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini meliputi:

1. Timbangan analitik
2. Wadah pencampuran
3. Cetakan
4. Furnace



**Gambar F.1.** Modul dan Dimensi Keramik Membran

### **F.3. Variabel Penelitian**

#### **F.3.1. Variabel Berubah**

1. Rasio *fly ash:clay* : 3:1, 2:1, dan 1:1
2. *Organic additive* : PVAc dan pati
3. Ukuran partikel : 200, 300, dan 400 mesh
4. Modul membran : Tubing mikrofiltrasi, ultrafiltrasi, dan nano filtrasi
5. Tekanan operasi : 2, 5, 10 bar
6. *Flowrate* : 100, 200, dan 300 mL/menit

#### **F.3.2. Variabel Tetap**

1. Waktu sintering : 4 jam
2. Tebal Membran : 1 cm
3. Suhu sintering : 1500°C
4. Kadar *organic additive* : 25%

### **F.4. Proses Pembuatan Keramik Membran**

#### **F.4.1. Tahap Persiapan Bahan Baku**

Tahapan persiapan bahan baku meliputi *sieving* ukuran partikel *fly ash*, *clay*, dan *organic additive*. Masing-masing diayak dengan ukuran mesh 200, 300, dan 400 untuk didapatkan ukuran partikel yang berbeda.

#### **F.4.2. Proses Pembuatan Keramik Membran**

Proses pembuatan keramik membran diawali dengan mencampurkan *fly ash*, *clay*, dan *organic additive* dengan perbandingan yang telah ditentukan hingga homogen. Setelah homogen, campuran bahan tersebut ditambahkan air sebanyak 25% berat dan diaduk hingga merata sebelum dimasukkan ke dalam cetakan. Bahan yang sudah dicetak diletakkan pada suhu kamar selama 7 hari sebelum dilakukan sintering (Nurhayati dan Susanto, 2015).

#### **F.4.3. Proses Sintering**

Proses sintering dilakukan di dalam furnace dengan kenaikan suhu 3°C/menit selama 4 jam dengan suhu 1500°C (Wang dkk, 2006). Setelah proses sintering, produk didinginkan dan dilakukan analisis karakterisasi.

### F.5. Metode Analisis Hasil

Metode analisis hasil yang dilakukan yaitu karakteristik kuat tekan, permeabilitas, porositas, dan mikrofografi *Scanning Electron Microscope* (SEM) untuk mengetahui distribusi dan ukuran pori.

#### F.5.1. Analisis Kuat Tekan

Kuat tekan merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kualitas dari keramik membran. Kuat tekan keramik membran adalah kemampuan keramik membran menerima gaya tekan persatuan luas. Selain memperpanjang masa pakai, kuat tekan keramik membran yang baik dapat mengoptimalkan proses penyimpanan, pengemasan serta pendistribusian agar tidak mudah hancur. Penentuan kekuatan tekan dilakukan dengan cara memberi tekanan secara aksial terhadap permukaan keramik membran dan dihitung sesuai persamaan 3.1.

$$\text{Kuat tekan} = \frac{\text{beban gaya (N)}}{\text{luas penampang keramik membran (cm}^2\text{)}} \quad (3.1)$$

#### F.5.2. Analisis Permeabilitas

Permeabilitas adalah kemampuan mengalir suatu cairan yang menunjukkan banyaknya cairan yang pindah melalui membran dengan bantuan gaya pendorong yaitu tekanan. Gaya pendorong (*driving force*) yang dimaksud dapat berupa perbedaan tekanan, konsentrasi, dan suhu. Pada penelitian ini akan diukur permeabilitas keramik membran berdasarkan perbedaan tekanan dan dihitung berdasarkan persamaan 3.2.

$$\text{Permeabilitas} = \frac{\text{volume (L)}}{\text{waktu (jam)} \times \Delta P \text{ (atm)} \times \text{luas permukaan (m}^2\text{)}} \quad (3.2)$$

#### F.5.3. Analisis Porositas

Menurut Thakur (2017), porositas merupakan perbandingan antara volume ruang yang terdapat diantara partikel yang terisi oleh fluida yang dinyatakan dalam persen. Porositas bergantung pada jenis bahan, ukuran bahan, dan distribusi partikel. Porositas keramik membran merupakan faktor utama yang mempengaruhi proses filtrasi. Pengukuran porositas keramik membran dapat dilakukan dengan metode Archimedes sesuai persamaan 3.3.

$$\text{Porositas} = \frac{\text{berat semu (kg)} - \text{berat kering (kg)}}{\text{berat kering (kg)}} \times 100\% \quad (3.3)$$

#### **F.5.4. Analisis Mikrograi SEM**

Mikrografi SEM adalah gambar permukaan dari objek solid yang diambil secara langsung. Mikrografi hasil SEM memiliki perbesaran 10 – 3000000x, *depth of field* 4 – 0,4 mm dan resolusi sebesar 1 – 10 nm. Pada penelitian ini, mikrografi SEM akan digunakan untuk mengetahui distribusi dan ukuran pori pada keramik membran. Pengamatan distribusi pori akan diamati secara visual berdasarkan gambar mikrografi SEM. Ukuran pori keramik membran dianalisis menggunakan *Software Image-J*.

#### **F.6. Proses Pengolahan POME Menggunakan Keramik Membran**

Proses pengolahan POME dimulai dengan mengalirkan POME pada sistem yang dirancang sedemikian rupa sehingga *permeate* (air bersih hasil olahan) tertampung pada wadah tersendiri dan *concentrate* (air buangan) menuju kembali ke wadah *effluent*. POME yang terdapat pada bak *effluent* dipompa menuju bak penampung atas untuk selanjutnya dialirkan secara gravitasi ke filter pasir dan karbon melalui pipa berukuran  $\frac{3}{4}$  inch yang laju alirannya diatur menggunakan *check valve*. *Output* dari filter pasir dan karbon ditampung di bak penampung sementara sebelum dipompakan menuju *tubing* membran keramik dengan laju alir 100, 200, dan 300 mL/menit serta tekanan operasi 2, 5, 10 bar. Setelah itu POME masuk ke ruang membran keramik dan melewati pori membran. *Permeate* akan tertampung di bak air bersih dan *concentrate* kembali ke bak *effluent*. Selanjutnya air bersih hasil filtrasi akan diuji TDS, TSS, BOD, COD, pH, suhu, Cu, Fe, dan Pb sebelum dibuang kembali ke lingkungan yang memenuhi standar baku mutu air kelas IV.

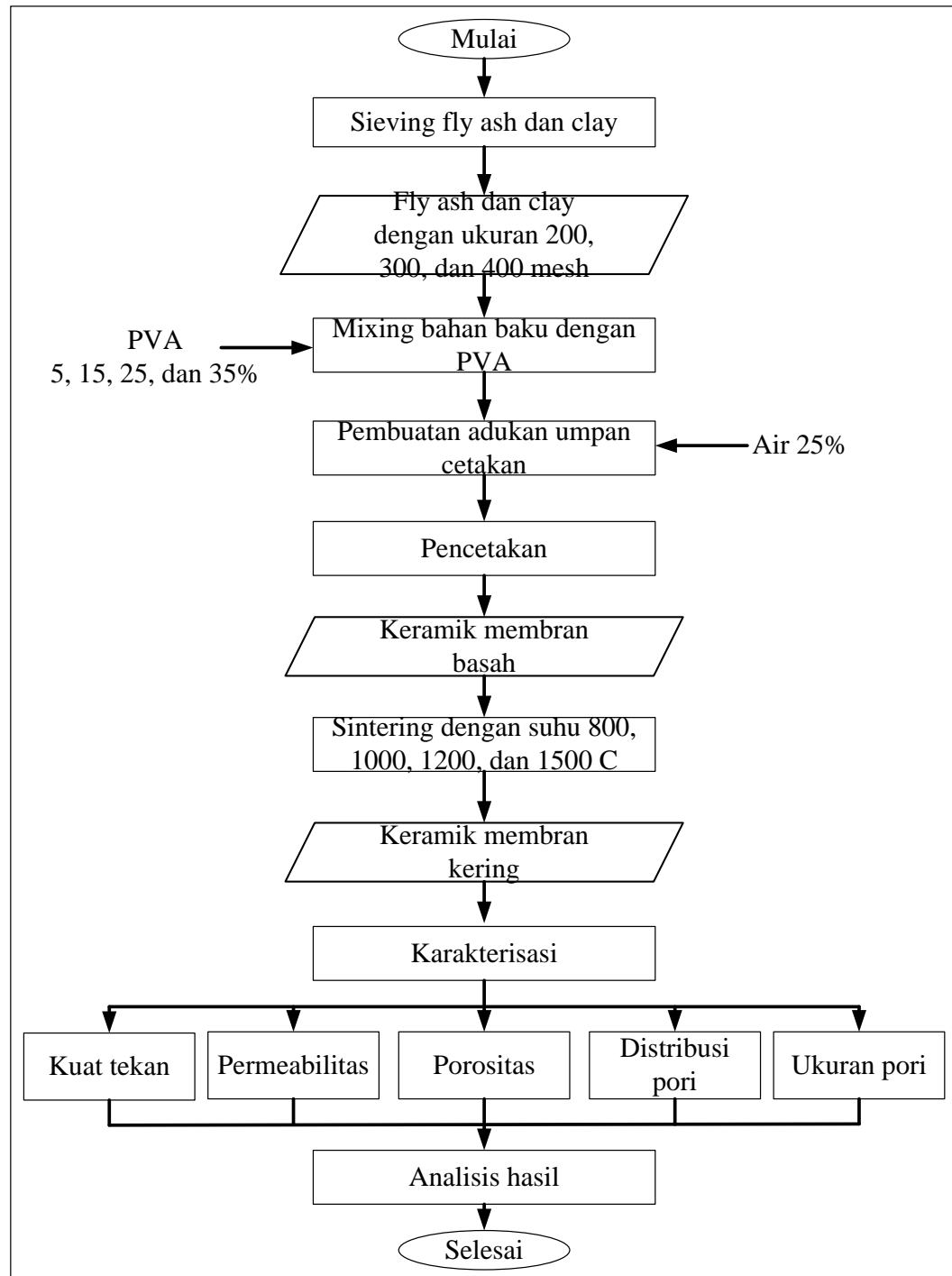
#### **F.7. Teknik Pengolahan Data**

Teknik pengolahan data yang digunakan untuk penelitian ini adalah deskriptif kuantitatif. Teknik pengolahan data ini dilakukan dengan cara menelaah data yang diperoleh dari setiap perubahan yang terjadi melalui eksperimen secara langsung berupa data kuantitatif. Tahapan berikutnya adalah mendeskripsikan atau menggambarkan data tersebut dalam bentuk tabel maupun grafik dan dalam kalimat yang mudah dibaca, dipahami, dan dipresentasikan sehingga pada intinya adalah sebagai upaya memberi jawaban atas permasalahan yang diteliti (Sugiyono, 2012).



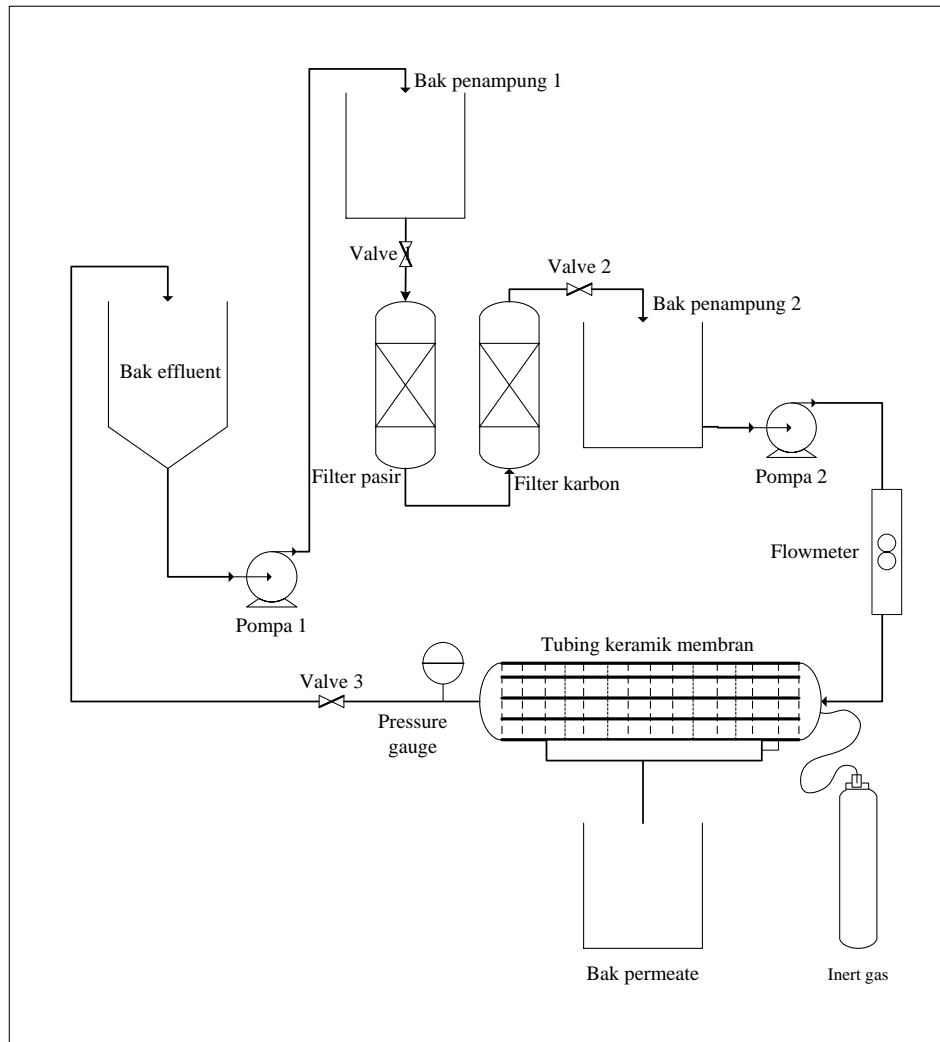
## F.8. Diagram Alir Penelitian

### F.8.1. Proses Pembuatan Membran Keramik



**Gambar F.2.** Blok Diagram Pembuatan Keramik Membran

### F.8.2. Proses Pengolahan POME Menggunakan Keramik Membran



**Gambar F.3.** Diagram Alir Pengolahan POME Menggunakan Keramik Membran

## G. JADWAL KEGIATAN

**Tabel G.1.** Jadwal Kegiatan Penelitian

No.	Jenis Kegiatan	Bulan ke-				
		1-2	3-7	8-9	10-11	12
1	Persiapan Bahan dan Alat					
2	Pelaksanaan Penelitian					
3	Analisis Hasil					
4	Pengujian performa membran keramik terhadap berbagai limbah cair					
5	Seminar, Pelaporan dan Jurnal					

## H. DAFTAR PUSTAKA

- Amin, S. ., Abdallah, H. A. ., Rhousdy, M. ., & El-Sherbiny, S. . (2016). An Overview of Production and Development of Ceramic Membranes An. *International Journal of Applied Engineering Research*, 11(12), 7708–7721.
- Dong, Y., Liu, X., Ma, Q., & Meng, G. (2006). Preparation of Cordierite-based Porous Ceramic Micro-filtration Membranes Using Waste Fly Ash as The Main Raw Materials. *Journal of Membrane Science*, 285, 173–181. <https://doi.org/10.1016/j.memsci.2006.08.032>
- Elma, M., Yacou, C., Wang, D., Smart, S., & Costa, D. . (2012). Micro-porous Silica Based Membranes for Desalination. *Water*, 4(3), 629–649.
- Emani, S., Uppaluri, R., & Purkait, M. . (2013). Preparation and Characterization of Low Cost Ceramic Membranes for Mosambi Juice Clarification. *Desalination*, 317(2), 32–40.
- He, Z., Lyu, Z., Gu, Q., Zhang, L., & Wang, J. (2019). Ceramic-based Membranes for Water and Wastewater Treatment. *Colloids and Surfaces Area*, 578(March), 123–513. <https://doi.org/10.1016/j.colsurfa.2019.05.074>
- Jedidi, I., Khemakhem, S., Andre, L., & Amar, R. Ben. (2009). Elaboration and Characterisation of Fly Ash Based Mineral Supports for Microfiltration and Ultrafiltration Membranes. *Ceramics International*, 35(2009), 2747–2753. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2009.03.021>
- Khemakhem, S., Larbot, A., & Amar, R. Ben. (2006). Study of Performances of Ceramic Microfiltration Membrane from Tunisian Clay Applied to Cuttlefish Effluents Treatment. *Desalination*, 200(September), 307–309. <https://doi.org/10.1016/j.desal.2006.03.327>
- Kumar, R. ., Ghoshal, A. ., & Pugazhenth, G. (2015). Elaboration of Novel Tubular Ceramic Membrane from Inexpensive Raw Materials by Extrusion Method and Its Performance in Microfiltration of Synthetic Oily Wastewater. *Journal of Membrane Science*, 490(2), 92–102.
- Li, G. (2004). Properties of High-Volume Fly Ash Concrete Incorporating Nano-Sio. *Cement And Concrete Research*, 34(6), 1043–1049.
- Li, K. (2007). Ceramic Membranes for Separation and Reaction. In *John Wiley & Sons, Inc.*
- Liu, M., Zhu, Z., Zhang, Z., Chu, Y., Yuan, B., & Wei, Z. (2019). Development of Highly Porous Mullite Whisker Ceramic Membranes for Oil-in-water Separation and Resource Utilization of Coal Gangue. *Separation and Purification Technology*, 3(5), 116483. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2019.116483>
- Marchetti, P., Solomon, J. M. F., Szekeley, G., & Livingston, A. G. (2014). Molecular Separation with Organic Solvent Nanofiltration: A Critical Review. *Chemical Review*, 114(2014), 806–10735.

- Nasir, S., Ibrahim, E., & Arief, A. T. (2014). Pendahuluan Air Asam Tambang dan Pengolahannya Sand Filter, Ultrafiltrasi dan Reverse Osmosis. *Prosiding Sains, Teknologi, Dan Kesehatan*, 193–200.
- Nurhayati, C., & Susanto, T. (2015). Pemanfaatan Fly Ash Batubara sebagai Bahan Membran Keramik pada Unit Pengolah Air Gambut. *Jurnal Dinamika Penelitian Industri*, 26(2), 95–105.
- Pendergast, M. M., & Hoek, E. M. V. (2011). A Review of Water Treatment Membrane Nanotechnologies. *Energy Environmental*, 4(2011), 1946–1971.
- Sabree, I., Gough, J. E., & Derby, B. (2015). Mechanical Properties of Porous Ceramic Scaffolds: Influence of Internal Dimensions. *Ceramics International*, 35(3). <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2015.03.044>
- Soleimany, M., & Paydar, M. H. (2019). Investigation on Flash Sintering of  $\text{BaZr}_{0.1}\text{Ce}_{0.7}\text{Y}_{0.2}\text{O}_{3-\delta}$  Compound; Using Nickel Wire as Electrode Material. *Ceramics International*, (June), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2019.09.196>
- Sugiyono. (2012). *Metode Penelitian Kuantitatif Kualitatif dan R&D* (1st ed.). Bandung: Alfabeta.
- Thakur, P. (2017). Porosity and Permeability of Coal. In *Advanced Reservoir and Production Engineering for Coal Bed Methane* (pp. 33–49). <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-803095-0.00003-X>
- Toniolo, N., & Boccaccini, A. R. (2017). Fly Ash-based Geopolymers Containing Added Silicate Waste: A Review. *Ceramics International*, 42(2). <https://doi.org/10.1016/j.ceramint.2017.07.221>
- Tsuru, T. (2008). Nano/sub-nano Tuning of Porous Ceramic Membranes for Molecular Separation. *Journal of Sol-Gel Science Technology*, 46(2), 349–361.
- Wang, Y. H., Zhang, Y., Liu, X., & Meng, G. Y. (2006). Microstructure Control of Ceramic Membrane Support from Corundum-rutile Powder Mixture. *Powder Technology*, 168(2), 125–133. <https://doi.org/10.1016/j.powtec.2006.07.010>

### I. REKAPITULASI BIAYA

No	Uraian	Volume	Satuan	Jumlah
1	Biaya Beli Mesin	1 paket	39.050.000	39.050.000
2	Biaya Barang Habis Pakai	1 paket	12.850.000	12.850.000
3	Biaya Jasa Operasional	1 paket	14.547.400	14.547.400
4	Transportasi, Seminar	1 paket	33.500.000	33.500.000
	<b>Jumlah (Rp.)</b>			<b>99.947.400</b>

### J. SUSUNAN ORGANISASI DAN PEMBAGIAN TUGAS TIM PENELITIAN

Nama	Posisi	Tugas
Idral Amri, PhD	Ketua	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menyiapkan Proposal</li> <li>2. Membuat Pembagian Tugas Tim</li> <li>3. Menyiapkan Teknis Pelaksanaan Penelitian</li> <li>4. Memastikan Penelitian Berjalan sesuai schedul</li> <li>5. Seminar hasil penetian</li> </ol>
Prof. Dr. Eng Azridjal Azis, ST., MT.	Anggota	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memastikan Metode dan Pelaksanaan Pembuatan Keramik Membran Sesuai standar</li> <li>2. Memastikan produksi menghasilkan keramik Membran yang baik</li> </ol>
Dr. Panca Setia Utama, ST., MT.	Anggota	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Memastikan Desain Peralatan Sesuai standar dan Menghasilkan Performa Maksimal</li> <li>2. Memastikan Pengujian Hasil sesuai standar dan memenuhi syarat Keramik Membran</li> </ol>
Enrico, S.Pi	Mhs S2	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membantu pelaksanaan Penelitian</li> </ol>
Aris Aprianto Cahyono	Mhs S1	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membantu Pelaksanaan Peneltian</li> </ol>

### K. JUSTIFIKASI ANGGARAN PENELITIAN

#### 1. Gaji/upah

No	Uraian	Volume	Satuan	Jumlah
				(Volume x Satuan)
Gaji/upah				
1	Honor Pelaksana 1	100	20.782	2.078.200
2	Honor Pelaksana 2	100	20.782	2.078.200
3	Petugas Laboratorium	100	20.782	2.078.200
4	Pengumpul data	100	20.782	2.078.200
5	Pengolah Data	100	20.782	2.078.200
6	Honor Tim Survey 1	100	20.782	2.078.200
7	Honor Tim Survey 2	100	20.782	2.078.200
	Jumlah (Rp.)			14.547.400

#### 2. Belanja Bahan

No	Uraian	Volume	Satuan	Jumlah (Volume x Satuan)
1	ATK, Fotokopi	1 paket	500.000	500.000
2	Laporan	1 paket	600.000	600.000
3	Publikasi	1 paket	2.000.000	2.000.000
4	Bahan Penelitian	1 paket	9.750.000	9.750.000
	<b>Jumlah {Rp)</b>			<b>12.850.000</b>

#### 3. Belanja Perjalanan

No.	Uraian	Volume	Satuan (Rp)	Biaya (Rp)
1	Seminar Internasional	1	22.500.000	22.500.000
2	Survey Peralatan dan Sampel	2	5.500.000	11.000.000
	<b>Jumlah</b>			<b>33.500.000</b>

## 4. Belanja Barang Non Operasional

No	Peralatan	Spesifikasi	Volume	Satuan	Jumlah (Volume x Satuan)
1	Sewa Mesin Furnace	F6010	1	25.000.000	25.000.000
2	Mesin Cetakan	Fabrikasi Lokal	1	3.000.000	3.000.000
3	Mesin Penepung	FCT2500	1	2.000.000	2.000.000
4	Pompa		1	200.000	200.000
5	Uji Analisis Kuat Tekan		8	50.000	400.000
6	Analisis Permeabilitas		5	50.000	250.000
7	Analisis Porositas		8	50.000	400.000
8	Analisis Micrografi SEM		4	400.000	1.600.000
9	Unit Pengolahan POME		1	5.000.000	5.000.000
10	Uji Kualitas POME outlet	Paket	8	150.000	1.200.000
	<b>Jumlah (Rp.)</b>				<b>39.050.000</b>