

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Penelitian Terdahulu

Penelitian yang dilakukan Anggit *et al.*, (2018) ialah pengolahan air yang dapat dilakukan dengan menggunakan teknologi membran. Kelebihannya adalah pemisahan dengan membran tidak mengubah struktur molekul zat yang dipisahkan. Dua parameter penting yang sangat menentukan kinerja membran dalam suatu pemisahan adalah permeabilitas dan selektivitas membran, yang dinyatakan sebagai fluks air dan koefisien rejeksi terhadap zat terlarut tertentu.

Penelitian Apriyanti & Wijayanto, (2018) menggunakan bahan baku tanah liat sebagai membran keramik didalam pengolahan air untuk menurunkan kadar ion besi dalam air sampai 95% dan kadar ion arsen tergantung pada ratio Fe/As. Pada umumnya abu batubara selama ini hanya ditimbun dan merupakan limbah dari sisa pembakaran tungku yang hanya di pandang sebelah mata dan bisa mengakibatkan pencemaran lingkungan bagi kesehatan manusia. Keberadaan abu batubara ini memerlukan perhatian dan penanganan secara khusus agar dapat dimanfaatkan sebagai produk yang mempunyai nilai tambah dan tidak mencemari lingkungan, maka untuk mengurangi limbah abu batubara tersebut yaitu dengan memanfaatkan sebagai bahan baku atau material penyusun *support layer* dalam pembuatan membran keramik untuk pengolahan air bersih. Membran keramik merupakan membran yang mempunyai sifat yang tidak mudah mengembang dalam air dan mudah membentuk membran untuk melapisi membran sebagai *support layer*.

Penelitian Suprihatin *et al.*, (2015) tentang teknik filtrasi dengan menggunakan membran mempunyai beberapa keunggulan diantaranya pemisahan dapat dilakukan pada suhu kamar, membran bersih dan ramah lingkungan. Selain membutuhkan lahan yang tidak terlalu luas, keunggulan membran yang lain terdapat pada material bahan baku membran. Material bahan baku membran sangat bervariasi sehingga mudah diadaptasikan pemakaiannya salah satunya adalah silika. Silika merupakan material yang tepat untuk penggunaan bahan baku

membran anorganik karena struktur silikanya membran stabil hingga membran 1000°C. Penelitian dilakukan pembuatan membran silika untuk penurunan kadar COD dan BOD limbah laboratorium kelapa sawit. Silika yang digunakan sebagai bahan baku membran didapat dari abu terbang (*fly ash*). Pembuatan membran silika menggunakan bahan pendukung, yaitu campuran *Poly Vinyl Alcohol* (PVA) dan *Poly Ethylene Glycol* (PEG) dengan memvariasikan massa silika. Fungsi PVA adalah sebagai zat perekat bagi serbuk-serbuk silika agar menyatu dan membran padat silika. Penelitian ini akan mengkaji pengaruh massa silika dalam pembuatan membran silika yang diaplikasikan untuk menurunkan kadar COD dan BOD limbah laboratorium kelapa sawit.

Penelitian yang dilakukan Nurhayati & Susanto, (2015) tentang penggunaan *fly ash* batubara untuk perancangan desain membran keramik tubular yang digunakan pada pengolahan air gambut dengan karakteristik kandungan asam, Fe dan Mn yang tinggi masih perlu diperdalam untuk mengetahui kondisi optimum pembuatan membran keramik. Berdasarkan keadaan tersebut maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui komposisi bahan dan teknik pembuatan membran keramik tubular dari *fly ash* sehingga dapat digunakan pada unit pengolahan air gambut. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji komposisi optimal *clay* yang dapat disubstitusi oleh *fly ash* batubara serta menentukan suhu pembakaran optimal pada proses pembuatan membran keramik. Pengujian kinerja membran keramik akan menentukan kemampuan membran keramik untuk pengolahan air gambut. Hasil penelitian diharapkan dapat menghasilkan air bersih yang dipersyaratkan dan teknologi tepat guna yang murah untuk masyarakat disekitar daerah rawa.

Penelitian yang dilakukan Diana *et al.*, (2018) salah satu teknologi pengolahan air yang sedang berkembang pesat beberapa tahun belakangan ini adalah teknologi membran keramik. Membran keramik memiliki sifat mekanik, kestabilan kimia yang baik, ketahanan yang tinggi terhadap panas, asam dan basa, konsumsi energi yang rendah, ukuran pori yang sempit dan biaya operasional rendah. Adapun bahan utama penyusun membran keramik seperti alumina, titania, *zirconia* dan *silica* memiliki beberapa kelemahan yaitu ketersediaan bahan yang

rendah dan harga bahan yang mahal. Oleh karena itu perlu adanya pengkajian terhadap bahan alternatif alami seperti *clay* yang banyak terdapat di alam dan *fly ash* pabrik semen yang merupakan limbah samping industri semen, kedua bahan tersebut berpotensi dijadikan bahan campuran pembuatan membran keramik. Membran keramik berbahan campuran *fly ash* dan *clay* mampu mengolah air gambut menjadi air bersih yang memenuhi standar air bersih sesuai dengan Permenkes No.416/Menkes/Per/XI/1990, mampu menurunkan TSS sebesar 72,55%, mampu menurunkan TDS sebesar 60,2 %, mampu mereduksi, Fe, Mn, dan CaCO₃.

Penelitian Pratiwi *et al.*, (2018) tentang pengolahan limbah zat warna dari industri sarung Samarinda dengan proses penurunan intensitas warna (dekolorisasi) menggunakan membrane dengan bahan dasar silika dari *fly ash* batubara. Pembuatan membran dilakukan dengan menggunakan bahan pendukung yaitu campuran *Poly Vinyl Alcohol* (PVA) dan *Poly Ethylene Glycol* (PEG) agar terbentuk membran yang baik menggunakan silika, dalam hal ini dilakukan teknik filtrasi pada membran dengan menggunakan pori-pori dari membran tersebut. Melalui proses ini pori-pori yang semakin kecil pada membran mampu menyaring partikel-partikel warna dari limbah laboratorium industri sarung samarinda sehingga proses dekolorisasi menjadi lebih baik.

Penelitian Trisnaliani *et al.*, (2019) yang telah dilakukan dapat diketahui bahwa *fly ash* tidak hanya dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan semen atau beton, tetapi juga dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan membran yang dapat menguntungkan lingkungan, dimana silika dari *fly ash* memiliki kemampuan untuk menyerap logam berat dari limbah industri. Oleh karena itu, penelitian ini dimaksudkan untuk mengurangi kandungan logam pada air asam tambang dengan menggunakan membran silika. Pada penelitian ini dilakukan pembuatan membran silika dari *fly ash* batubara, dimana silika diperoleh dengan cara mengekstraksi dari *fly ash* menggunakan larutan HCl dan HNO₃ dengan konsentrasi yang sama yaitu 1 M.

Penelitian Agmalini *et al.*, (2013) tentang bagaimana meningkatkan kualitas air rawa. Dalam pemanfaatannya air rawa digunakan untuk mencuci, minum,

mandi dan keperluan lainnya. Air rawa ternyata belum masuk kategori aman untuk langsung diminum, Karena air rawa ini bersifat asam ,memiliki kadar besi yang cukup tinggi, berwarna kuning dan bau tentu tidak sesuai dengan standarisasi air. Proses perebusan air untuk menjadi air minum hanya membunuh kuman dan bakteri, namun tidak membuang kandungan logam yang terkandung di dalam air. Karena itu diperlukan pengolahan lanjutan misalnya dengan menggunakan membran. Ruang lingkup penelitian meliputi analisa sampel air rawa. Analisa yang dilakukan antara lain kadar pH, TDS, kandungan ion logam besi (Fe) dan Kandungan zat organik (angka $KMNO_4$) dalam air rawa tersebut dengan variabel proses yang akan diteliti adalah tekanan dan waktu operasi. Penelitian ini dilakukan dalam skala laboratorium.

Penelitian Susanto & Nurhayati, (2019) tentang pemenuhan air bersih disekitar kawasan industri, tambang, dan perkebunan di daerah berbasis rawa seperti Banyuasin, Sumatera Selatan merupakan permasalahan yang serius. Saat ini diperlukan teknik purifikasi air dengan kandungan logam tinggi dan asam menjadi air bersih dengan memanfaatkan teknologi membran, Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui komposisi optimum penggunaan *fly ash* dan *nano clay* batubara serta pengaruh suhu pembakaran terhadap karakteristik kinerja membran keramik tubular pada unit pengolahan air di wilayah Banyuasin. Untuk kerja membran keramik dinyatakan dalam penurunan kadar Fe, Mn, dan kesadahan ($CaCO_3$). Komposisi *fly ash:nano clay* divariasikan 2:3, 1:1, 3:2, 7:3 (berat), sedangkan suhu pembakaran divariasikan 700°C, 800°C dan 900°C. Hasil penelitian menunjukkan bahwa komposisi *fly ash:nano clay* 1:1 dengan suhu pembakaran 800°C mampu menurunkan kadar Fe sekitar 90-93%, kadar Mn 62-71% dan kadar $CaCO_3$ 75-82%. Berdasarkan fotografer XRD dan SEM, tingkat permeabilitas, kekuatan retak dan efisiensi, maka membrane keramik dengan komposisi tersebut direkomendasikan untuk digunakan pada unit pengolahan air di Banyuasin.

Penelitian Darmayanti *et al.*, (2022) air gambut adalah air permukaan atau air tanah yang banyak terdapat di daerah pasang surut, berawa dan dataran rendah, berwarna merah kecoklatan, dan memiliki kandungan organik tinggi. Jumlahnya

yang banyak membuat air gambut menjadi sumber air alternatif bagi masyarakat yang tinggal di lahan gambut meski belum memenuhi baku mutu air bersih. Penelitian ini bertujuan mengolah air gambut menggunakan proses filtrasi membran keramik dari bahan tanah liat dan *fly ash* batubara untuk menyisihkan warna dan zat organik. Penelitian dilakukan dengan memvariasikan komposisi bahan dan membran pembakaran membran keramik terbaik dengan komposisi bahan tanah liat:*fly ash* (60:40; 50:50; 40:60 %) dan membrane pembakaran (750; 800; 850°C), serta menghitung laju kecepatan alirannya (*fluks*). Komposisi bahan dan membran pembakaran terbaik didapatkan pada komposisi 50:50 % dan membran 850°C dengan efisiensi penyisihan warna dan zat organik yang dihasilkan berurutan sebesar 98,70% dan 94,35%, sedangkan nilai fluks tertinggi diperoleh pada membran keramik dengan komposisi 40:60 % dan membran pembakaran 850°C yaitu sebesar 0,96 L/m₂ jam.

Tabel 2.1 Ringkasan Penelitian Terdahulu

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
1.	Prameitya (2018)	Menganalisis kadar Fe sebelum dan sesudah dilakukan penyaringan menggunakan media membran keramik dengan ketebalan 5 cm dan 7 cm dalam air	Kandungan Fe yang terdapat pada membran keramik sebelum dilakukan uji filtrasi dengan ketebalan 5 cm sebesar 0,0027 mg/l dan pada ketebalan 7 cm sebesar 0,0015 mg/l. Penurunan kadar Fe sebelum dan sesudah di filter dengan membran keramik ketebalan 5 cm tertinggi sebesar 2,71 mg/l, sedangkan filter menggunakan membran	Tujuan penelitian, jenis limbah, objek/parameter yang diteliti, jumlah variasi sampel

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		sumur.	keramik ketebalan 7 cm tertinggi sebesar 4,91 mg/l.	
2.	Nurhayati (2015)	Memanfaatkan <i>fly ash</i> batubara dan <i>clay</i> sebagai bahan membran keramik untuk pengolahan air gambut.	Hasil penelitian pengolahan air gambut dengan keramik menunjukkan bahwa kualitas air gambut yang terbaik diolah dengan keramik tubular dengan komposisi perbandingan berat <i>fly ash</i> : <i>clay</i> (50%:50%) pada suhu pembakaran 900°C.	Tujuan penelitian, objek/parameter yang diteliti
3.	Apriyanti (2018)	Membuat membran keramik berbasis abu batubara untuk menghasilkan membran keramik komposit yang diaplikasikan untuk pengolahan air bersih dengan metode mikrofiltrasi	Hasil proses kalsinasi dapat diketahui bahwa pada tekan P= 30 Bar dan T= 1100°C diperoleh hasil struktur membran lebih kuat tidak mudah pecah. Untuk hasil uji SEM diperoleh bahwa morfologi struktur membran penyusun membran abu batubara yang lebih dominan adalah gugus Al ₂ O ₃ . Dari hasil penelitian diperoleh bahwa Atom Al memiliki ukuran yang lebih besar dibandingkan dengan Si, semakin besar ratio Al/Si pada bahan baku sehingga	Bahan kimia yang digunakan, obyek/parameter yang diteliti,

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			dihasilkan membran dengan ukuran pori yang lebih besar.	
4.	Suprihatin (2015)	Membran silika <i>fly ash</i> batubara untuk penurunan kadar COD dan BOD limbah laboratorium kelapa sawit. Menggunakan bahan pendukung, yaitu campuran <i>Poly Vinyl Alcohol</i> (PVA) dan <i>Poly Ethylene Glycol</i> (PEG) dengan memvariasikan massa silika.	Pada penelitian ini morfologi membran dari hasil analisis menggunakan alat SEM didapat ukuran pori membran semakin mengecil seiring dengan penambahan massa silika yaitu pada membran silika 5 gram dengan ukuran pori 3,59 μm . Penurunan kadar COD dan BOD paling maksimum didapat sebesar 23,71% dan 57,44%.	Tujuan penelitian, jenis limbah, obyek/parameter yang dianalisis,
5.	Diana (2018)	Merancang sistem peralatan filtrasi air sungai	Fluks tertinggi yang dihasilkan untuk air sungai sebesar 469,72 $\text{l/m}^2 \cdot \text{jam}$ pada tekanan 1,00 bar untuk membran keramik M ₃ .	Tujuan penelitian, obyek/parameter yang dianalisis,

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		menggunakan filter membran keramik berbahan campuran <i>fly ash</i> , <i>clay</i> dan <i>polyvinyl alcohol</i> dengan komposisi 58%:38%:4%, 48%:48%:4% dan 38%:58%:4% untuk pemurnian air sungai Geudong.	Persen rejeksi TSS tertinggi yang dihasilkan untuk air sungai sebesar 76,45% pada tekanan 0,25 bar untuk membran M ₁ . Hasil analisa menunjukkan bahwa membran keramik M ₁ memiliki pori – pori membran keramik yang sangat halus sehingga sangat berpotensi tinggi dalam penjernihan air sungai menjadi air minum. Membran keramik (mikrofiltrasi) cocok digunakan untuk proses penyisihan kandungan TSS pada proses pengolahan air minum.	jumlah persen (%) komposisi campuran <i>fly ash</i> , <i>clay</i> , dan PVA yang digunakan
6.	Pratiwi (2018)	Pembuatan membran dalam pengolahan limbah berwarna dalam menurunkan intensitas warna sebelum	Hasil persen (%) penurunan intensitas warna dari limbah laboratorium industri sarung Samarinda menggunakan membran silika dari <i>fly ash</i> batubara diperoleh sebesar 52,68%. Pada membran sebelum proses penurunan warna memperlihatkan hasil morfologi yang mana	Tujuan penelitian, jenis limbah, obyek/parameter yang dianalisis

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		dibuang ke lingkungan.	terdapat distribusi pori-pori yang tidak teratur dan bulatan-bulatan serta kristal-kristal berbagai bentuk. Pada membran setelah proses penurunan warna memperlihatkan hasil morfologi mengalami perubahan distribusi pori-pori yang sudah tertutupi oleh partikel-partikel baru, setelah penurunan intensitas warna dari limbah laboratorium.	
7.	Trisnaliani (2019)	Mengurangi kandungan logam pada air asam tambang menggunakan membran silika.	Jumlah silika yang diperoleh dengan menggunakan pelarut HCl adalah 11,53 gram dan jumlah silika dengan HNO ₃ pelarutnya adalah 15,04 gram. Berdasarkan data yang diperoleh dapat diketahui bahwa penurunan kadar Mn pada membran yang diekstraksi dengan HCl lebih baik dibandingkan membran yang diekstraksi dengan HNO ₃ , dimana membran	Obyek/parameter yang dianalisis, uji metode yang digunakan, perbandingan penurunan kadar Mn antara larutan HCl dan HNO ₃

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
			HNO ₃ meningkatkan kadar Mn cukup pesat pada menit ke-100 menjadi 21,7 mg/L dan menurun pada menit ke-120 menjadi 18,9 mg/L, tetapi kemudian meningkat lagi pada menit ke 140 menjadi 20,4 mg/L.	
8.	Agmalini (2013)	Mempelajari proses pengolahan air rawa dengan menggunakan proses filtrasi dengan filter keramik, untuk mengetahui pengaruh variabel operasi (tekanan dan waktu) pada kinerja filter keramik yang digunakan.	Kinerja filter keramik yang dibuat dari campuran tanah liat, abu terbang batu bara dan serbuk besi cukup efektif dalam menghasilkan permeat dengan kualitas yang baik. Hal ini tercermin dalam penurunan kandungan ion logam berat besi (Fe) dalam air rawa mencapai 91,54% serta kandungan zat organik (angka KMNO ₄) mencapai 84,33% diikuti penurunan TDS sekitar 60,2%. Filter keramik dapat digunakan sebagai solusi alternatif dalam pengolahan air menjadi air yang memenuhi persyaratan air minum.	Tujuan penelitian, obyek/parameter yang dianalisis
9.	Susanto	Mengetahui	Dari 12 varian membran	Tujuan

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
	(2019)	komposisi optimum <i>nano clay</i> dan <i>fly ash</i> serta suhu pembakaran pembuatan membran keramik tubular terhadap unjuk kerja maupun karakteristik fisik permukaannya. Untuk filtrasi pengolah air permukaan di Banyuasin, menggunakan unit alat pengolah air	keramik yang dipreparasi dan diujicobakan untuk pengolahan air permukaan dari wilayah Banyuasin, komposisi <i>fly ash:nano clay</i> 1:1 dengan suhu pembakaran 800°C mempunyai permeabilitas yang cukup tinggi. Membran keramik tersebut mampu menurunkan kadar Fe sekitar 90-93%, kadar Mn 62-67% dan kadar CaCO ₃ 75-78%, Komposisi <i>fly ash:nano clay</i> 1:1 akan meningkatkan efisiensi sintesis membran dikarenakan penggunaan <i>nano clay</i> lebih mahal, dapat ditekan dan komposisi ini juga cukup tahan retak selama proses operasional pengolahan air.	penelitian, obyek/parameter yang dianalisis, jumlah variasi membran
10	Darmayanti (2022)	Mengolah air gambut menggunakan proses filtrasi membran keramik dari	Komposisi bahan dan membran pembakaran berpengaruh terhadap penyisihan warna dan zat organik pada proses filtrasi-adsorpsi air gambut.	Tujuan penelitian, variasi perbandingan komposisi tanah liat

No	Peneliti	Tujuan	Hasil	Perbedaan
		bahan tanah liat dan <i>fly ash</i> batubara untuk menyingkahkan warna dan zat organik.	Efisiensi penyisihan warna dan zat organik terbaik pada komposisi 50% tanah liat : 50% <i>fly ash</i> batubara dan membran pembakaran 850°C, yakni 98,70% dan 94,35%, dengan konsentrasi warna dan zat organik menjadi 8,5 Pt/Co dan 20,54 mg/l. Dari hasil FTIR membran keramik sebelum dan setelah filtrasi terdapat gugus fungsi Si-O-Al ulur, Si-OH ulur, Si-O-Si ulur, dan Si-OH tekuk, dengan jenis mineral SiO ₂ <i>quartz</i> kristalin dari hasil XRD, serta luas permukaan dari hasil pengujian bilangan iodine sebesar 61,849 m ² /g. Hasil konsentrasi akhir pada air gambut telah memenuhi standar baku mutu Permenkes No. 32 Tahun 2017 untuk parameter warna namun belum memenuhi untuk parameter zat organik.	dan <i>fly ash</i>

2.2 Teori-Teori yang Relevan

2.2.1 Pembangkit Listrik Tenaga Uap

Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) adalah pembangkit yang mengandalkan energi dari uap untuk menghasilkan energi listrik. Pembangkit ini memiliki ketel uap atau boiler yang berfungsi memanaskan air menjadi uap *superheat* atau uap bertemperatur dan bertekanan tinggi yang digunakan untuk memutar sudut-sudut turbin. Sudut-sudut turbin yang berputar akan memutar poros turbin yang dihubungkan dengan poros generator, sehingga akan menghasilkan energi listrik. Seperti yang kita ketahui bahwa generator berfungsi untuk mengubah energi mekanik (poros turbin yang berputar) menjadi energi listrik yang nantinya akan disalurkan ke gardu induk melalui transformator. PLTU pada umumnya menggunakan bahan bakar minyak dan batu bara. PLTU yang menggunakan minyak sebagai bahan bakarnya memiliki gas buang yang bersih dibandingkan dengan PLTU yang menggunakan batu bara. PLTU batu bara lebih cocok dipakai pada wilayah yang memiliki kandungan batu bara yang banyak seperti Kalimantan dan Sumatera (Aini, 2019).

2.2.2 Fly Ash dan Bottom Ash (FABA)

Fly ash dan *bottom ash* (FABA) adalah partikel halus (berupa abu) sisa hasil pembakaran batubara, abu yang naik dan terbang disebut *fly ash* sedangkan yang tidak naik disebut *bottom ash*. Saat ini jumlah FABA di Indonesia terus bertambah seiring dengan perkembangan dan pertumbuhan industri manufaktur serta meningkatnya kebutuhan listrik yang dipasok PLTU. Limbah batubara FABA sempat tergolong limbah B3, tetapi pemerintah telah mencabut kategori limbah abu batubara *fly ash* dan *bottom ash* FABA menjadi kategori limbah nonB3 melalui Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup. *Fly ash* merupakan jenis limbah padat yang tidak mudah larut dan tidak mudah menguap. Sifat tersebut menjadikan proses penanganan *fly ash* menjadi lebih rumit. *Fly ash* dapat memberikan efek samping jika terhirup oleh manusia dan juga berdampak bagi makhluk hidup lain. Selain itu, pengaruh dari *fly ash* batubara dapat merusak

ekosistem pada air dan tanah di sekitarnya sehingga kondisi tersebut membuat tanaman mati.

2.2.3 Silika

Silika dinotasikan sebagai senyawa silikon dioksida (SiO_2), yang dalam penggunaannya dapat berupa berbagai macam bentuk, contohnya amorphous yang dalam variasi bentuknya. Silika sering digunakan sebagai *dessicant*, adsorben, media filter, dan komponen katalisator. Silika merupakan bahan baku utama pada *glass industry*, keramik, industri refraktori dan bahan baku yang penting untuk produksi larutan silikat, silikon dan *alloy* (Agung M *et al.*, 2013).

Silika terdapat dalam bentuk *amorf* (tak beraturan) atau polikristal (bentuk kristal yang berbeda-beda). Secara teoritis, unsur silika mempunyai sifat menambah kekuatan lentur adonan keramik dan kekuatan produk keramik. Penguatan badan keramik terjadi karena adanya pengisian ruang kosong yang ditinggalkan akibat penguapan dari proses pembakaran adonan dengan leburan silika sedemikian rupa sehingga produk menjadi lebih rapat. Silika memiliki sifat non konduktor, memiliki ketahanan terhadap oksidasi dan degresi termal yang baik (Trianasari *et al.*, 2017).

2.2.4 Membran silika

Membran silika dikembangkan sebagai alternatif pengolahan kekeruhan air yang lebih baik karena memiliki kestabilan kimia yang baik, kekuatan mekanik dan ketahanan yang tinggi terhadap panas, asam dan basa, konsumsi energi yang rendah, ukuran pori yang sempit dan biaya operasional rendah Diana *et al.*, (2018). Mineral seperti alumina, titania, *zirconia* dan *silica* merupakan bahan utama penyusun membran keramik, namun bahan tersebut memiliki ketersediaan yang rendah dan harga yang membran mahal. Oleh karena itu, mineral alternatif seperti tanah liat yang murah dan banyak terdapat di alam, serta *fly ash* batubara yang merupakan limbah padat industri pembangkit listrik berbahan baku batubara perlu dikaji dan dikembangkan sebagai material substitusi untuk pembuatan membran keramik.

2.2.5 Baku Mutu Air Limbah Laboratorium

Air limbah adalah sisa dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang berwujud cair. Baku Mutu Air Limbah adalah ukuran batas atau kadar unsur pencemar dan/atau jumlah unsur pencemar yang ditenggang keberadaannya dalam air limbah yang akan dibuang atau dilepas ke dalam sumber air dari suatu usaha dan/atau kegiatan yang meliputi kegiatan industri, pelayanan kesehatan dan jasa pariwisata.

Tabel 2.2 Baku Mutu Limbah Cair untuk Kegiatan Laboratorium

Parameter	Kadar Paling Banyak (mg/L)	Beban Pencemaran Paling Banyak (gram/sampel/hari)
BOD ₅	50	150
COD	100	300
TSS	100	75
TDS	2.000	600
Cu	1	3
Fe	5	10
Amoniak Bebas (NH ₃ -N)	5	10
Phenol	0,5	1
pH	6,0 – 9,0	
Minyak dan Lemak Total	10	20
Suhu	38°C	
Debit Paling Banyak (Liter/Sampel/Hari)	300	

(Sumber : Permen LH No 5 Tahun 2014)

2.2.6 COD

Chemical Oxygen Demand (COD) menjadi salah satu parameter penting dalam pengolahan air limbah. COD menggambarkan jumlah total oksigen yang dibutuhkan untuk mengoksidasi zat-zat organik secara kimiawi. COD atau kebutuhan oksigen kimia adalah jumlah oksigen yang diperlukan agar limbah

organik yang ada didalam air dapat teroksidasi melalui reaksi kimia. Nilai COD merupakan ukuran bagi tingkat pencemaran oleh bahan organik. Kadar COD dalam air limbah berkurang seiring dengan berkurangnya konsentrasi bahan organik yang terdapat dalam air limbah, konsentrasi bahan organik yang rendah tidak selalu dapat di reduksi dengan metode pengolahan yang konvensional (Harahap *et al.*, 2020).

2.2.7 Fe

Logam berat besi (Fe) merupakan logam paling banyak melimpah di kerak bumi menempati posisi keempat terbesar Kiswanto *et al.*, (2020). Logam berat besi (Fe) berasal dari limbah industri maupun limbah rumah tangga dapat mencemari lingkungan sungai dengan jumlah yang banyak, sehingga menimbulkan keracunan pada tubuh manusia yang mudah terserap dalam saluran pencernaan bersifat korosif dan cepat meningkatkan penyerapan racun.

2.2.8 Cu

Logam Cu merupakan kelompok logam berat yang memiliki toksisitas tinggi. Kadar Cu dalam jumlah yang tepat dapat berperan sebagai *trace element* yang dibutuhkan makhluk hidup, akan tetapi jika kadar Cu berlebihan maka dapat merusak dan membunuh sel hidup (Giyatmi *et al.*, 2020).

2.2.9 pH

pH atau derajat keasaman digunakan untuk menyatakan tingkat keasaman atau basa yang dimiliki oleh suatu zat, larutan atau benda. pH normal memiliki nilai 7 sementara bila nilai $\text{pH} > 7$ menunjukkan zat tersebut memiliki sifat basa sedangkan nilai $\text{pH} < 7$ menunjukkan keasaman. pH 0 menunjukkan derajat keasaman yang tinggi, dan pH 14 menunjukkan derajat kebasaaan tertinggi.

2.2.10 TDS (*Total Dissolved Solid*)

Total Padatan Terlarut atau *Total Dissolved Solids* (TDS) adalah terlarutnya zat padat, baik berupa ion, berupa senyawa, koloid di dalam air Nicola, (2015).

TDS merupakan indikator dari jumlah partikel atau zat, baik berupa senyawa organik maupun non-organik yang memiliki ukuran di bawah 1 nm.

2.2.11 TSS (*Total Suspended Solid*)

Total Suspended Solid (TSS) atau total padatan tersuspensi adalah padatan yang tersuspensi di dalam air berupa bahan-bahan organik dan anorganik yang dapat disaring dengan kertas membran berpori-pori 0,45 μm

2.3 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian membran silika dari *fly ash* batubara dapat dijelaskan sebagai berikut:

- a. Konsentrasi KOH 2 M lebih efektif didalam mengekstraksi silika *fly ash* batubara.
- b. pH optimal didalam mengendapkan silika *fly ash* adalah pada pH 8.
- c. Daya serap iodine silika dapat menyerap iodine $> 750 \text{ mg/g}$, kadar air $< 10\%$, dan mengandung gugus silika.
- d. Konsentrasi Fe $> 1 \text{ mg/L}$, Cu $> 1 \text{ mg/L}$, TSS $> 35 \text{ mg/L}$, TDS $> 2.000 \text{ mg/L}$, COD $> 85 \text{ mg/L}$ dan pH < 6 atau pH > 9 yang terkandung dalam air limbah laboratorium.
- e. Variasi PEG 0,6 gram, PVA 0,7 gram dan 3 gr silika pada konsentrasi KOH 3 M dapat menurunkan Fe $< 1 \text{ mg/L}$, Cu $< 1 \text{ mg/L}$, TSS $< 35 \text{ mg/L}$, TDS $< 2.000 \text{ mg/L}$, COD $< 85 \text{ mg/L}$ dan $6 < \text{pH} < 9$ pada air limbah laboratorium.