

**PENGARUH VARIASI GAYA PENCETAK KERAMIK ADIKTIF
TERHADAP PERUBAHAN POROSITAS DAN ABSORBSI
KEASAMAN**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



INDRA SATRIA WIBAWA

NIM. 145060200111001

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
MALANG
2018**



**UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM SARJANA**



SERTIFIKAT BEBAS PLAGIASI

Nomor : 146/UN10.F07.12.21/PP/2018

Sertifikat ini diberikan kepada :

INDRA SATRIA WIBAWA

Dengan Judul Skripsi :

**PENGARUH VARIASI GAYA PENCETAK KERAMIK ADIKTIF TERHADAP PERUBAHAN
POROSITAS DAN ABSORBSI KEASAMAN**

Telah dideteksi tingkat plagiasinya dengan kriteria toleransi $\leq 20\%$, dan dinyatakan Bebas dari Plagiasi pada tanggal **11 DEC 2018**



Ketua Jurusan Teknik Mesin

Ketua Program Studi S1 Teknik Mesin

Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D
NIP. 19670518 199412 1 001

Dr.Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT
NIP. 19740930 200012 1 001

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH VARIASI GAYA PENCETAK KERAMIK ADIKTIF
TERHADAP PERUBAHAN POROSITAS DAN ABSORBSI
KEASAMAN**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK MANUFAKTUR

Diajukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



INDRA SATRIA WIBAWA

NIM. 145060200111001

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing pada
tanggal 28 November 2018

Dosen Pembimbing I

Prof. Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT.Met.
NIP. 19551117 198601 1 001

Dosen Pembimbing II

Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng.
NIP. 19841007 201212 1 001

**Mengetahui,
Ketua Program Studi S1**

Dr. Eng. Mega Nur Sasongko, ST., MT.
NIP. 19740930 200012 1 001

JUDUL SKRIPSI:

PENGARUH VARIASI GAYA PENCETAK KERAMIK ADIKTIF TERHADAP PERUBAHAN POROSITAS DAN ABSORBSI KEASAMAN

Nama Mahasiswa : Indra Satria Wibawa
NIM : 145060200111001
Program Studi : Teknik Mesin
Minat : Teknik Manufaktur

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Prof. Dr. Ir. Wahyono Suprpto, MT. Met
Pembimbing II : Bayu Satriya Wardhana, ST., M.Eng

TIM DOSEN PENGUJI

Dosen Penguji 1 : Ir. Erwin Sulisty, MT
Dosen Penguji 2 : Dr. Femiana Gapsari, ST., MT.
Dosen Penguji 3 : Fikrul Akbar Alamsyah, ST.,MT

Tanggal Ujian : 21 November 2018
SK Penguji : 2630/UN10.F07/SK/2018

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 12 Desember 2018

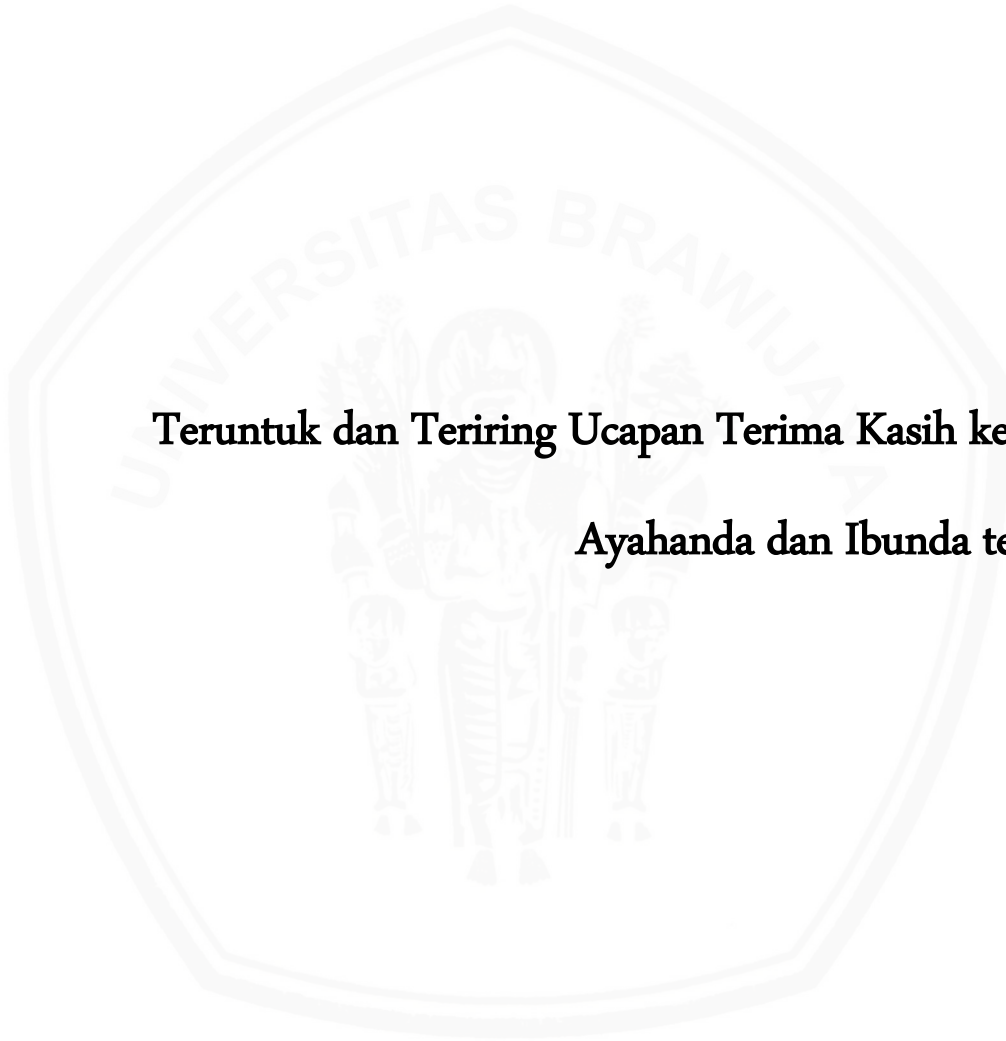
Mahasiswa,



Indra Satria Wibawa
NIM. 145060200111001

Teruntuk dan Teriring Ucapan Terima Kasih kepada :

Ayahanda dan Ibunda tercinta



KATA PENGANTAR

Puji dan syukur Penulis panjatkan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya Penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi ini dengan baik. Laporan skripsi ini berjudul **“Pengaruh Variasi Gaya Pencetak Keramik Adiktif Terhadap Perubahan Porositas dan Absorpsi keasaman”**.

Laporan ini disusun sebagai bentuk dokumentasi dan hasil akhir dari proses perkuliahan yang telah dilaksanakan. Laporan ini juga diajukan sebagai syarat kelulusan untuk mendapatkan gelar Sarjana Teknik dalam kurikulum program studi Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Dalam melaksanakan proses penelitian dan penyusunan laporan ini, penulis menyadari bahwa tidak akan dapat menyelesaikan semuanya dengan baik tanpa bantuan dari banyak pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada banyak pihak di antaranya:

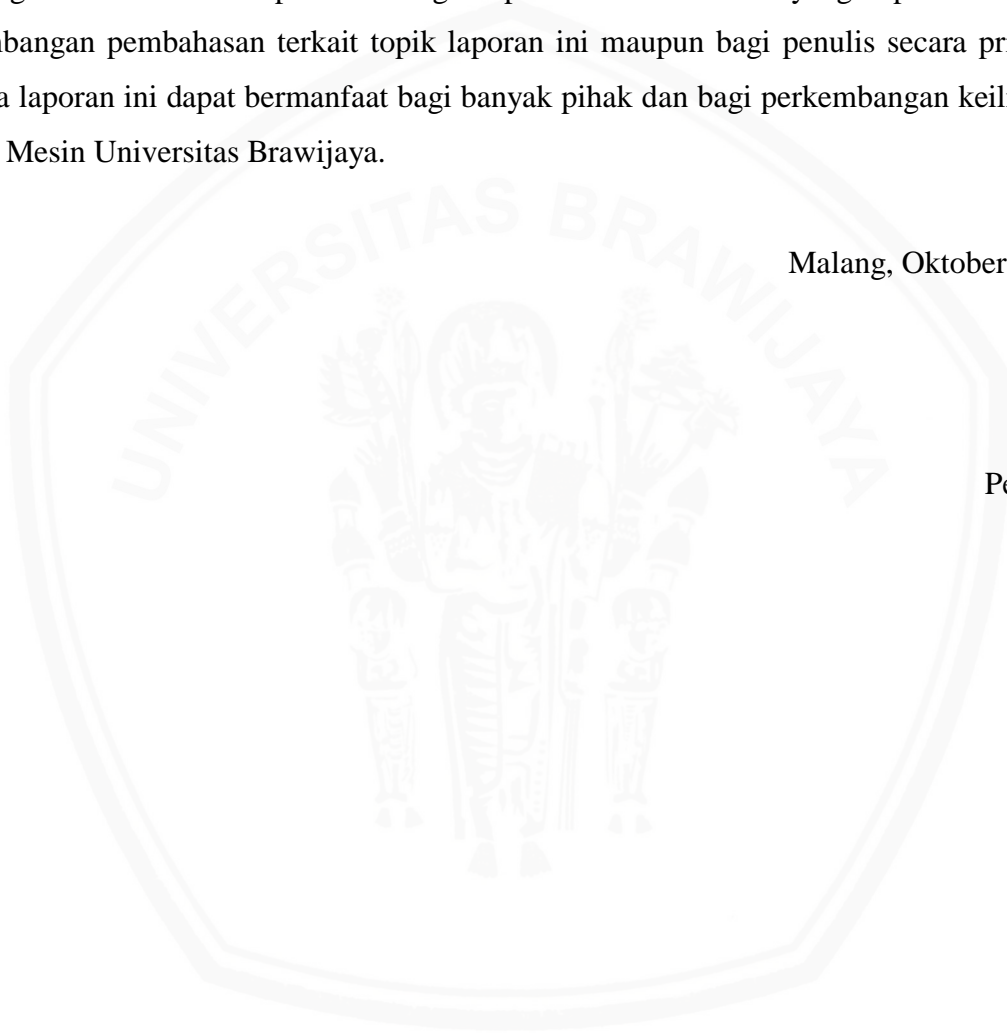
1. Bapak Dr.Ir.Wahyono Suprpto,MT.Met. selaku dosen pembimbing I yang telah memberi bimbingan serta ilmu dalam penyusunan skripsi ini
2. Bapak Bayu Satriya Wardhana, ST.,M. Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberi saran dan motivasi dalam penyusunan skripsi ini
3. Kepada Bapak Sukowiyono dan Ibu Dewi Ernastiti sebagai orang tua penulis, Cindy Alfatika Sari dan Reyhan Putra Resanda sebagai Keponakan dari penulis serta mbah Oemirin dan mbah Istiyah sebagai Nenek dari penulis yang telah memberikan doa dan dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
4. Seluruh dosen jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya yang telah memberi ilmu selama perkuliahan
5. Teman seperjuangan skripsi Ammar Syahel, Teman-teman MELAMIN (Rama, Ikbar, Rizky, dan Budi) , WOLES (Aang, Haris, Dhio, Viki, Fatur, dan Rofi), WANI PERIH KERJO NYOTO (Agil, Robi, Roni, Fandi, Asep, Hafid, Fahri,), mas mbak mesin 2012, 2013 dan adik- adik mesin 2015, 2016, Serta rekan-rekan MAF14 (Tekad ini Satukan Kami, Sampek Mati Tak Belani) Teknik Mesin Universitas Brawijaya.
6. Sahabat seperjuangan PM3 dari UB (Ari Indrayanto), UM (Erdi, Satrio, Wildan, Mamad, Aldi) dan Polinema (Tri, Faizin, dan Burhan) serta jurusan teknik mesin dari Institusi yang lain berada di Malang.

7. Teman-teman seperjuangan dari kota tulungagung FORASTA (krisna, Andre, Alvin, Okta, Ana, Eva dan rekan-rekan) dan sahabat satu kontrakan selama 4 tahun merantau ke kota Malang (Andre, Bram, Alvin, Rifki, Arik)
8. Teman- teman SMKN 3 Boyolangu COMMAND (Faris, Fajar, Bustomi, fendi dan rekan-rekan yang lainnya)

Penulis menyadari laporan ini masih jauh dari sempurna dan masih terdapat banyak kekurangan. Oleh sebab itu penulis mengharapkan saran dan kritik yang dapat membantu perkembangan pembahasan terkait topik laporan ini maupun bagi penulis secara pribadi. Semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak dan bagi perkembangan keilmuan Teknik Mesin Universitas Brawijaya.

Malang, Oktober 2018

Penulis



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR PUSTAKA	viii
DAFTAR LAMPIRAN	ix
RINGKASAN	xi
SUMMARY	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Batasan Masalah	2
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB II TIJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Penelitian Sebelumnya	5
2.2 Keramik	5
2.2.1 Jenis-Jenis Keramik.....	6
2.2.2 Bahan-Bahan Keramik	7
2.2.3 Pembentukan Keramik	9
2.2.4 Susut Bakar Keramik.....	11
2.2.5 Karakteristik dan Syarat Kematangan Keramik	12
2.3 Derajat Keasaman.....	12
2.3.1 Teori Asam Basa	12
2.3.2 Indikator Asam BASA.....	13
2.3.3 Asam.....	14
2.3.4 Hidrolisis Garam.....	15
2.3.5 Basa	15
2.3.6 Reaksi Penetralan Asam dan Basa.....	16
2.4 Air Limbah Rumah Tangga	17
2.5 Porositas.....	17
2.5.1 Jenis-Jenis Porositas	17

2.5.2 Pengukuran Porositas ASTM C20-00	18
2.6 Metode Filtrasi	19
2.7 Membran Keramik	20
2.7.1 Jenis-Jenis Membran	20
2.7.2 Metode Pembuatan Membran Keramik	21
2.7.3 Kinerja Membran	21
2.8 Sintering	22
2.9 Titrasi Asam Basa	24
2.10 Hipotesis	25
BAB III METODE PENELITIAN	27
3.1 Metode Penelitian	27
3.2 Waktu Dan Tempat Penelitian	27
3.3 Variabel Penelitian	27
3.3.1 Variabel Bebas	27
3.3.2 Variabel Terikat	27
3.3.3 Variabel Terkontrol	28
3.4 Alat Dan Bahan Penelitian	28
3.4.1 Alat-Alat Yang Digunakan Saat Penelitian	28
3.4.2 Bahan Yang Digunakan	32
3.5 Instalasi Pengujian	32
3.5.1 Instalasi Mesin Pencetak Keramik	32
3.5.2 Instalasi Penyaringan Air	33
3.6 Prosedur Pengujian	34
3.6.1 Prosedur Pembuatan Keramik	34
3.6.2 Prosedur Pengujian Porositas Standat ASTM C20-00	34
3.6.3 Prosedur Pengujian Derajat Keasaman Spesimen Tanpa Lubang	35
3.6.4 Prosedur Pengujian Derajat Keasaman Spesimen Berlubang	35
3.6.5 Prosedur Pengujian Derajat Keasaman Spesimen	36
3.7 Dimensi Benda Kerja	37
3.8 Diagram Alir Penelitian	38
3.9 Rencana Penelitian	39
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN	41
4.1 Hasil Pengujian Porositas, Densitas Dan Absorpsi Air	41
4.2 Pembahasan Grafik Pengujian Densitas	42

4.3 Grafik Dan Pembahasan Porositas	42
4.4 Pembahasan Pengujian Absorpsi Air	43
4.5 Data Pengujian Derajat Keasaman Spesimen.....	43
4.6 Data Pengujian Derajat Keasaman Air	44
4.7 Kecepatan Penyerapan.....	45
4.7.1 Penyerapan Keramik Tanpa Lubang	45
4.7.2 Penyerapan Keramik Diberi Lubang Pengulangan 10 Kali.....	46
4.8 Komposisi Kimia Bahan.....	46
4.8.1 Marmer	46
4.8.2 Tanah Liat.....	47
4.8.3 Karbon Aktif.....	47
4.9 Spesimen Sebelum Dibakar, Setelah Dibakar, Dan Setelah Disaring	48
4.10 Mikrostruktur Keramik Sebelum Dibakar, Setelah Dibakar Dan Setelah Disaring.....	49

BAB IV PENUTUP

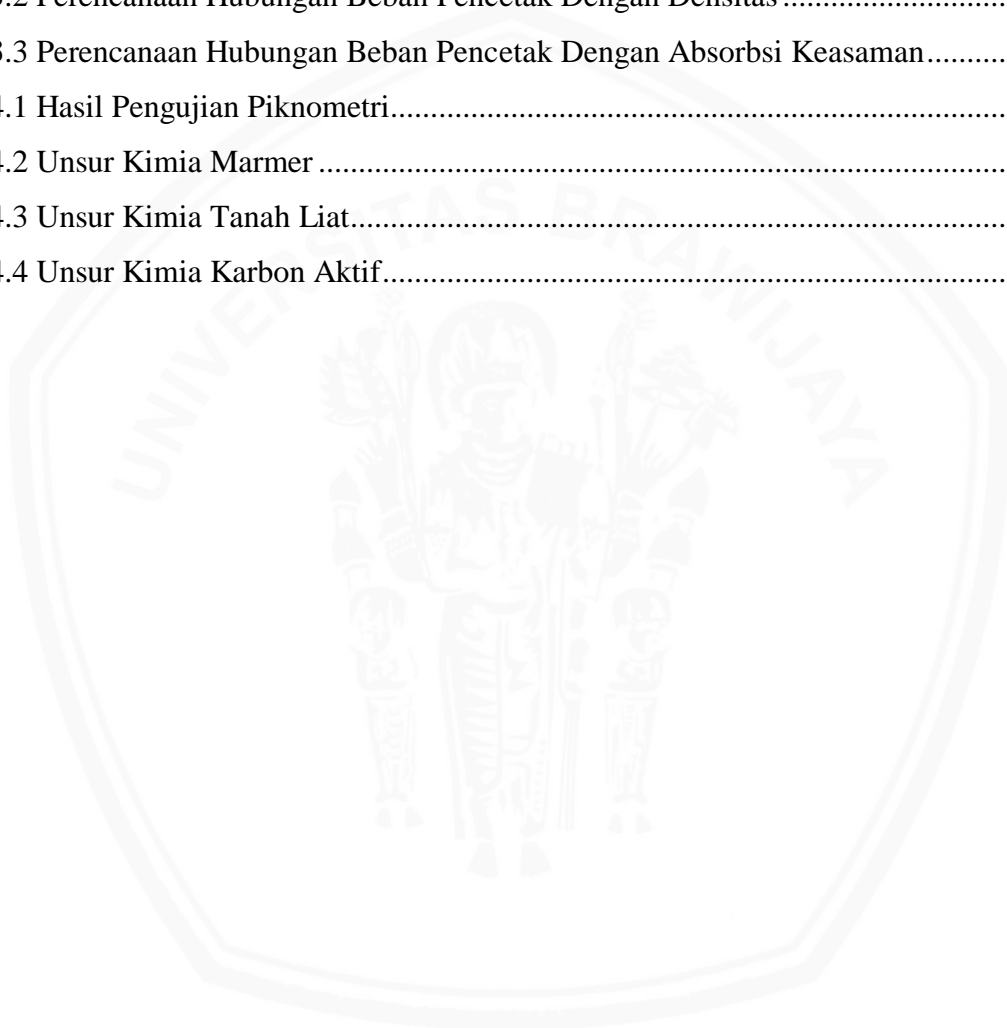
5.1 Kesimpulan.....	51
5.2 Saran	51

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Jenis-jenis keramik	6
Gambar 2.2 <i>Die pressing</i>	9
Gambar 2.3 <i>Rubber mold pressing</i>	9
Gambar 2.4 <i>Extrusion molding</i>	10
Gambar 2.5 <i>Slip Casting ceramic</i>	10
Gambar 2.6 <i>Injection Molding</i>	11
Gambar 2.7 Jenis Porositas.....	18
Gambar 2.8 kinerja keramik	21
Gambar 2.9 Bentuk struktur keramik	23
Gambar 3.1 Mesin rotap	28
Gambar 3.2 Dapur listrik	29
Gambar 3.3 pH meter	29
Gambar 3.4 Stopwatch	30
Gambar 3.5 Timbangan elektrik	30
Gambar 3.6 Penumbuk	31
Gambar 3.7 Gelas ukur	31
Gambar 3.8 Cawan	31
Gambar 3.9 Bahan yang digunakan	32
Gambar 3.10 Mesin pencetak	32
Gambar 3.11 Instalasi penyaring air	33
Gambar 3.12 Dimensi benda kerja	37
Gambar 3.13 Diagram alir penelitian	38
Gambar 4.1 Hubungan gaya pencetak dengan densitas	42
Gambar 4.2 Hubungan gaya pencetak dengan porositas	42
Gambar 4.3 Hubungan gaya pencetak dengan Absorpsi air	43
Gambar 4.4 Hubungan Hasil pH spesimen	43
Gambar 4.5 Perbandingan pH air sebelum disaring dan setelah disaring	44
Gambar 4.6 Grafik variasi kecepatan penyaringan terhadap perubahan pH	45
Gambar 4.7 Grafik pengujian perubahan pH penyaringan sebanyak 10 kali	46
Gambar 4.8 Spesimen sebelum dibakar, setelah dibakar	48
Gambar 4.9 Ukuran mikrostruktur perbesaran 200 kali.....	49

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Jenis Asam Beserta Reaksinya	14
Tabel 2.2	Jenis Basa Dan Reaksinya.....	16
Tabel 2.3	Baku Mutu Air Limbah Domestik	17
Tabel 3.1	Presentase Komposisi Bahan	34
Tabel 3.2	Perencanaan Hubungan Beban Pencetak Dengan Densitas	39
Tabel 3.3	Perencanaan Hubungan Beban Pencetak Dengan Absorpsi Keasaman.....	39
Tabel 4.1	Hasil Pengujian Pikhometri.....	41
Tabel 4.2	Unsur Kimia Marmer	46
Tabel 4.3	Unsur Kimia Tanah Liat.....	47
Tabel 4.4	Unsur Kimia Karbon Aktif.....	47



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul
Lampiran 1	Hasil pengujian penyaringan air asam untuk spesimen tanpa lubang
Lampiran 2	Hasil pengujian penyaringan air asam dengan diberikan lubang gaya pencetak 2 ton
Lampiran 3	Hasil pengujian penyaringan air asam dengan diberikan lubang gaya pencetak 4 ton
Lampiran 4	Hasil pengujian penyaringan air asam dengan diberikan lubang gaya pencetak 6 ton
Lampiran 5	Hasil pengujian penyaringan air asam dengan diberikan lubang gaya pencetak 8 ton
Lampiran 6	Derajat keasaman(pH) mula air sungai yang akan disaring
Lampiran 7	Derajat keasaman(pH) keramik sebelum dibakar
Lampiran 8	Derajat keasaman(pH) keramik setelah dibakar
Lampiran 9	Derajat keasaman(pH) keramik setelah disaring
Lampiran 10	Derajat keasaman(pH) air setelah disaring
Lampiran 11	Komposisi kimia karbon
Lampiran 12	Komposisi kimia tanah liat
Lampiran 13	Komposisi kimia marmer
Lampiran 14	Komposisi keramik sebelum dibakar
Lampiran 15	Komposisi keramik setelah dibakar
Lampiran 16	Desain mesin pencetak
Lampiran 17	Desain Instalasi penyaringan



RINGKASAN

Indra Satria Wibawa, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Oktober 2018, Pengaruh Variasi Gaya Pencetak Keramik Adiktif Terhadap Perubahan Porositas dan Absorpsi Keasaman, Dosen Pembimbing: Wahyono Suprpto, Bayu Satriya Wardhana

Keramik adalah sebuah material yang terbuat dari gabungan senyawa logam dengan non logam dimana dalam proses pembuatannya serbuk-serbuk material keramik dicampurkan kemudian dicetak sampai membentuk padatan setelah itu dipanaskan sampai mengalami gasifikasi sehingga sifat-sifat yang terbentuk dari keramik menjadi permanen. Pada penelitian ini keramik yang dibuat terdiri atas bahan marmer, tanah liat, dan karbon aktif dimana secara berturut-turut memiliki komposisi berat 25%, 60%, dan 15% dari total berat per spesimen yaitu 20 gram.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengatasi permasalahan keasaman pada air dengan media absorber keramik dan untuk mengetahui variasi gaya pencetak keramik terhadap perubahan porositas dan absorpsi keasaman air. Penelitian ini dilakukan secara eksperimental dengan variasi gaya pencetak keramik 2 ton, 4 ton, 6 ton dan 8 ton. Proses sintering keramik berlangsung selama 5 jam dengan suhu pembakaran 1000 °C

Proses pengujian ini akan mendapatkan nilai porositas, densitas, dan absorpsi air pada keramik serta nilai perubahan derajat keasaman air (pH) setelah melalui penyaringan media absorber keramik adiktif tersebut. Dari hasil penelitian memperoleh bahwa dengan semakin meningkatnya gaya pencetak keramik maka akan menurunkan porositas, menaikkan densitas, dan menurunkan absorpsi air pada keramik adiktif serta meningkatkan hasil penyaringan zat asam yang terdapat pada air.

Kata kunci: keramik, Absorber, porositas, Densitas, Sintering, Absorpsi keasaman

SUMMARY

Indra Satria Wibawa, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, Brawijaya University, October 2018, The Effect of Addictive Ceramic force Variations on Porosity Changes and Acidity Absorption, Academic Supervisor: Wahyono Suprpto, Bayu Satriya Wardhana*

Ceramics is a material made from a combination of metal compounds with non-metals wherein in the manufacturing process ceramic powder materials are mixed and then molded to form solids after which they are heated to gasification so that the properties formed from ceramics become permanent. In this study, the ceramic made consisted of marble, clay, and activated carbon which has a composition of weight 25%, 60%, and 15% respectively of the total weight per specimen which is 20 grams.

The purpose of this study was to overcome the problem of acidity in water with ceramic absorber media and to determine the variation of ceramic printing force to changes in porosity and absorption of water acidity. This research was carried out experimentally with variations of ceramic printing styles of 2 tons, 4 tons, 6 tons and 8 tons. The sintering process of ceramics lasts for 5 hours with a burning temperature of 1000 °C

This testing process will get the value of porosity, density and absorption of water in the ceramic and the value of changes in the degree of water acidity (pH) after filtering the addictive ceramic absorber media. From the results of the study, it was found that with the increasing force of ceramic printing, it would reduce porosity, increase density, and reduce the absorption of water in addictive ceramics and increase the results of filtering the acids contained in water.

Keywords: *ceramics, absorber, porosity, density, sintering, acidity absorption*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pada zaman sekarang ini banyak produk-produk baru yang telah diciptakan oleh manusia untuk memenuhi kebutuhan manusia. Produk baru yang telah diciptakan oleh manusia salah satunya terjadi dalam aspek produk makanan. Semakin banyak bahan dasar yang telah ditemukan maka akan menambah variasi pula jenis makanan atau rasa tertentu yang terdapat didalam makanan. Seperti halnya adalah air cuka yang berfungsi untuk menambahkan rasa asam dalam makanan. Masyarakat Indonesia biasanya memanfaatkan air cuka untuk tambahan kuah bakso, pelengkap hidangan pempek, dan untuk membuat acar (partana 2008). Selain itu air cuka biasanya dimanfaatkan masyarakat dalam proses pembuatan tahu dan campuran dari detergen yang berfungsi untuk membersihkan noda dan kerak (Wardhani,2014). Akan tetapi masyarakat indonesia kurang peduli terhadap lingkungan karena limbah bekas air cuka tersebut dibuang ke dalam sungai sehingga air sungai menjadi tercemar. tercemarnya air salah satunya bisa diamati dari keasaman pada air. Berdasarkan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Nomor 68 Tahun 2016 tentang Baku Mutu Air Limbah Domestik memiliki batas ambang derajat keasaman (pH) antara 6,0-9,0.

Air limbah yang digunakan diambil dari selokan di kawasan rumah makan yang berada diperkampungan dimana air limbah tersebut memiliki derajat keasaman 5,5. Air limbah tersebut masuk ke selokan kemudian mengalir ke arah sungai yang akan mengakibatkan permasalahan terhadap pencemaran air yaitu mengakibatkan air menjadi asam. Salah satu upaya yang digunakan untuk mengatasi permasalahan pada air asam adalah dengan membuat sebuah filterisasi dari membran keramik yang bersifat basa. keramik yang digunakan dalam penelitian ini terbuat dari bahan marmer, tanah liat, dan karbon aktif. Marmer merupakan komponen utama dalam proses filterisasi air asam ini karena Kandungan marmer paling banyak terdapat zat kalsium (Ca) yang merupakan senyawa basa apabila dilarutkan kedalam air. Hal ini dibuktikan pada saat uji komposisi kimia marmer Tulungagung datanya sebagai berikut 95,74% Ca, 0,15%Mn, 2,95% Fe, 0,051% Cu, 0,79%Sr, 0,2%Eu, dan 0,17% Lu sedangkan untuk karbon aktif berfungsi sebagai penjernih dari air selain karbon aktif memiliki fungsi untuk menyerap gas fluor (F) yang terkandung didalam air limbah rumah tangga dan tanah liat nantinya sebagai pengikat antara karbon aktif dengan marmer tersebut.

Marmer adalah sebuah batuan kapur yang telah mengendap akibat temperatur dan tekanan oleh aktivitas bumi. Berdasarkan jenis warnanya, batuan marmer terbagi menjadi 2 jenis yaitu marmer putih dan marmer berwarna. Marmer putih dihasilkan dari perubahan batu kapur murni sedangkan marmer berwarna berasal dari perubahan batu kapur tidak murni yang sudah tercampur oleh bahan yang lain. Di Indonesia terdapat pegunungan marmer tepatnya di kota Tulungagung Provinsi Jawa Timur. Menurut rencana tata ruang wilayah Kabupaten Tulungagung 2010-2029, potensi bahan galian tambang marmer tahun 2009 di Kecamatan Besuki 2.660.000 m² sedangkan di Kecamatan Campurdarat 1.663.500 m². Kawasan industri marmer di Tulungagung pada tahun 2008 mencapai 150 unit usaha dimana hasil kerajinan dari marmer tersebut mencapai kurang lebih 2.250 ton per hari dengan jumlah tenaga kerja kurang lebih 1.000 orang (Litbang Kompas, 2008). Produk yang dihasilkan dari industri marmer di Tulungagung seperti lantai, patung, perabotan rumah tangga contohnya meja kursi, asbak, vendel, vas bunga, hiasan dan sebagainya. Akan tetapi dari proses produksi tersebut meninggalkan limbah marmer yang belum dimanfaatkan secara baik, padahal batu marmer kaya akan kandungan zat Ca yang berfungsi menurunkan zat asam yang terdapat dalam tanah dan air. Oleh sebab itu nanti pada penelitian ini akan membuat saringan air dari keramik dengan bahan marmer, tanah liat, dan karbon aktif dimana untuk mekanisme penyaringannya melalui pori-pori yang berada pada keramik guna mengatasi permasalahan pada air yang memiliki keasaman tinggi.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan dari uraian latar belakang seperti yang sudah dipaparkan diatas, peneliti akan membahas “ Bagaimana pengaruh gaya pencetak keramik berbahan marmer, tanah liat, dan karbon aktif terhadap porositas dan absorpsi keasamaan”.

1.3 Batasan Masalah

Agar permasalahan tidak meluas, maka penulisan ini diberikan adanya sebuah batasan masalah sebagai berikut.

1. Porositas digunakan untuk menentukan sifat fisik dari keramik
2. Pengujian porositas menggunakan standart ASTM C20-00
3. Mekanisme perembesan digunakan untuk menentukan kecepatan penyaringan
4. Perubahan derajat keasaman air dan spesimen

1.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang akan dicapai pada penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh gaya pencetak keramik berbahan Marmer, tanah liat, dan karbon aktif terhadap perubahan porositas dan keasamaan pada air.

1.5 Manfaat penelitian

Manfaat yang akan diharapkan dari penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi cara mengatasi keasaman air yang cukup tinggi
2. Untuk menambah pengetahuan tentang pembuatan keramik berbahan Marmer, tanah liat, dan karbon aktif.





BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Erlinda, dkk (2014) meneliti tentang membran keramik berpori berbahan dasar zeolit, *clay*, arang aktif batok kelapa, dan PVA dimana dijadikan 10 sampel dengan komposisi yang berbeda. Komposisinya clay 90%, 85% sampai 5% dengan perbedaan 10% per sampel, zeolit per sampel 10%, arang batok kelapa 0%-45% dengan perbedaan 5% per spesimen dan PVA mulai dari 0%-40% dengan selisih 5% per sampel. Setiap spesimen memiliki massa 5 gram. proses sintering menggunakan suhu 600°C dan ditahan selama 2 jam. Pengujian porositas, densitas, dan serapan air menggunakan standart ASTM C20-92. Dari penelitian didapat penambahan adiktif menurunkan densitas, menaikkan porositas, dan daya serap air.

Karina, dkk (2014) melakukan pembuatan membran keramik berpori berbasis zeolit alam, tanah lempung, arang batok kelapa, dan *polyvinylalcohol* dengan komposisi (dalam %wt). Dengan komposisi 75% zeolit, 15% lempung, arang batok kelapa 5%, dan *polivynilalcohol* 5⁰% dengan massa per spesimen 5 gram. Proses sintering menggunakan suhu 300°C, 400°C, dan 500°C dengan lama penahanan 2 jam pada setiap temperatur. Hasil yang dihasilkan sebagai berikut semakin tinggi suhu sintering semakin rendah kerapatannya dan semakin tinggi porositasnya.

Chasri, dkk (2015) melakukan penelitian tetang pemanfaatan *fly ash* batubara sebagai bahan membran keramik pada unit pengolah air gambut. Dengan variasi komposisi *fly ash* batu bara dan *clay* sebagai berikut 40%:60%, 50%:50%, dan 60%:40% dengan variasi suhu spesimen 700°C, 800°C, dan 900°C. Ukuran membran keramik memiliki diameter 5 cm dan tinggi 12 cm. Hasil yang didapat dari penyerapan membran keramik dapat menurunkan kandungan pH, Pb, Fe, Mn, Cd, nitrat, nitrit, TDS, klorida, dan total zat organik yang lain.

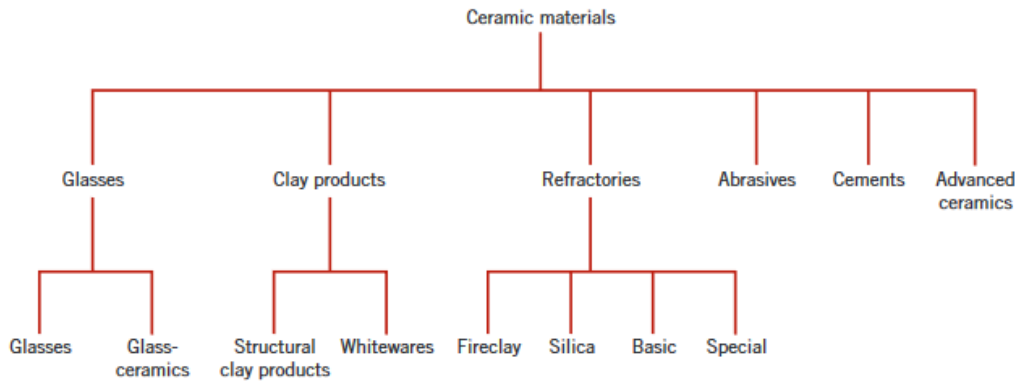
2.2 Keramik

Keramik merupakan sebuah material yang terbuat dari campuran senyawa logam dengan non logam yang memiliki ikatan ionik dan ikatan kovalen (Vlack,1991). Sifat-sifat yang dimiliki oleh keramik sebagai berikut tahan terhadap korosi, kuat, keras, dan stabil saat suhu tinggi (harefa, 2009). Akan tetapi keramik memiliki kelemahan sifat yang getas, rapuh, dan mudah patah.

Keramik adalah sebuah material yang terbuat dari gabungan senyawa logam dengan non logam dimana dalam proses pembuatannya serbuk-serbuk material dicampurkan kemudian dicetak sampai membentuk padatan setelah itu dipanaskan sampai mengalami gasifikasi sehingga sifat-sifat yang terbentuk dari keramik menjadi permanen.

2.2.1 Jenis-Jenis Keramik

Gambar 2.1 menunjukkan jenis-jenis keramik sesuai dengan aplikasinya.



Gambar 2.1 Klasifikasi keramik berdasarkan pengaplikasiannya
Sumber: Callister (2007)

1. Glasses

Bahan keramik dari kaca memiliki karakteristik adalah kekerasan relatif yang cukup tinggi berkisar antara 5-7 skala mohs untuk jenis kaca oksida, koefisien ekspansi yang rendah berkisar antara $10^{20} - 1 \Omega \text{ cm}^{13}$ untuk menghindari *thermal shock*, dan sifat dielektrik yang baik (Calliser, 2007). Penggunaan yang umum untuk bahan-bahan ini biasanya sebagai isolator, alat penukar panas, peralatan makan (gelas, piring, mangkuk), jendela oven.

2. Tanah Liat

Salah satu bahan baku keramik yang banyak digunakan adalah tanah liat. Dari segi harga, tanah liat lebih murah dibandingkan bahan baku keramik yang lain. Tanah liat memiliki sifat elastis apabila kondisinya basah dan memiliki sifat plastis dalam kondisi kering. Produk keramik yang terbuat dari tanah liat antara lain pot bunga, kendi, gerabah, tembikar, peralatan makan.

3. Refractories

Refractories merupakan suatu bahan keramik yang bisa mempertahankan kekuatannya saat suhu tinggi. Berdasarkan komposisi dan pengaplikasiannya refractories bahan baku pada keramik digolongkan menjadi 4 yaitu *fireclay*, silika, basik, dan spesial.

4. Keramik Abrasif

Keramik abrasif memiliki sifat yang keras dan tangguh, sehingga banyak dimanfaatkan untuk pemotongan, penggilingan, dan pemolesan. Bahan baku dari keramik ini terbuat dari silikon karbida, Diamond, tungsten karbida, dan pasir silika.

5. Semen

Apabila dicampur dengan air, semen berbentuk pasta, namun setelah kondisinya mengering semen bersifat keras. Umumnya keramik jenis ini digunakan pada aplikasi pembangunan rumah, gedung, jalan.

6. Advance Ceramics

Banyak pengaplikasian keramik dalam teknologi modern karena memiliki karakteristik yang unik dalam bidang mekanis, kimia, elektrik, dan magnetik. Material keramik jenis ini adalah *piezoelectric ceramics*, *Nicroelectromechanical Systems (MEMS)*, dan *ceramic ball bearings*.

2.2.2 Bahan-Bahan keramik

Bahan-bahan keramik yang digunakan adalah:

1. Tanah Liat

Tanah liat atau lempung menurut Aphin (2012) adalah partikel mineral silika yang mempunyai ukuran kurang dari 4 μm . Untuk ukuran 0,06-0,004 mm dinamakan lanau atau campuran pasir dengan lempung, 2-0,06 mm disebut pasir dan ukuran partikelnya lebih dari 2 mm dinamakan kerikil. Tanah liat memiliki densitas 2,9 g/cm^3 dan memiliki rumus kimia $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{K}_2\text{O} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (Perry, 1998). Mineral lempung memiliki sifat yang elastis saat kondisi basah, namun ketika kondisi kering mempunyai sifat plastis selain itu partikel-partikel lempung juga memiliki kemampuan daya tarik yang kuat untuk menarik sebuah partikel sehingga nanti partikel tersebut akan berikatan dengan lempung. Hardiyatmo (1999) karakteristik tanah liat atau lempung sebagai berikut.

- a. Ukuran butir halus kurang dari 0,002 mm
- b. Bersifat kohesif/melekat
- c. Permeabilitas endah
- d. Kadar kembang susut yang tinggi saat pembakaran

Tanah liat terdapat 2 jenis yaitu:

a. Tanah liat primer

(Wahyu, dkk. 2009) menyebutkan tanah liat primer (residu) adalah jenis tanah liat yang dihasilkan dari pelapukan batuan feldspatik oleh tenaga endogen yang tidak

berpindah dari batuan induk (batuan asalnya), karena tanah liat tidak berpindah tempat sehingga sifatnya lebih murni dibandingkan dengan tanah liat sekunder. Suhu matang berkisar antara 1300⁰C–1400⁰C, bahkan ada yang mencapai 1750⁰C. Yang termasuk tanah liat primer antara lain: kaolin, bentonite, feldspatik, kwarsa dan dolomite. Menurut Sappie (2006) tanah liat primer memiliki ciri-ciri sebagai berikut.

- 1) Berwarna putih sampai putih kusam
 - 2) Cenderung berbutir kasar
 - 3) Bersifat tidak plastis
 - 4) Daya lebur tinggi
 - 5) Daya susut kecil
 - 6) Bersifat tahan api
- b. Tanah liat sekunder

Tanah liat sekunder atau sedimen (endapan) adalah jenis tanah liat hasil pelapukan batuan feldspatik yang berpindah jauh dari batuan induknya (Wahyu, dkk, 2009). Pada umumnya tanah liat sekunder lebih plastis dan mempunyai daya susut yang lebih besar daripada tanah liat primer (Sappie, 2006). Ciri-cirinya adalah:

- 1) Kurang murni
- 2) Cenderung berbutir halus
- 3) Bersifat plastis
- 4) Berwarna krem/abu, abu/coklat/merah,jambu/kuning, kuning muda, kuning kecoklatan, kemerahan, dan kehitaman
- 5) Daya susut tinggi
- 6) Suhu bakar 1200⁰C–1300⁰C, ada yang sampai 1400⁰C (*fireclay, stoneware, ballclay*)
- 7) Suhu bakar rendah 900⁰C–1180⁰C, ada yang sampai 1200⁰C (*earthenware*)

2. Marmer

Marmer merupakan batuan kapur yang telah mengalami pengendapan akibat perubahan suhu. Marmer memiliki kandungan kalsium karbonat CaCO₃ yang tinggi. Batu kapur atau marmer memiliki berat jenis 2,71 g/cm³ (Perry, 1998). Salah satu aplikasi dari batu kapur adalah untuk menetralkan keasaman pada tanah. Apabila kalsium karbonat (CaCO₃) dipanaskan dengan suhu tinggi, produk akan menjadi terurai menjadi gas karbon dioksida (CO₂) dan kalsium oksida (CaO). Kalsium oksida tersebut yang nantinya berfungsi sebagai zat basa untuk menetralkan zat asam (michael, 2016).

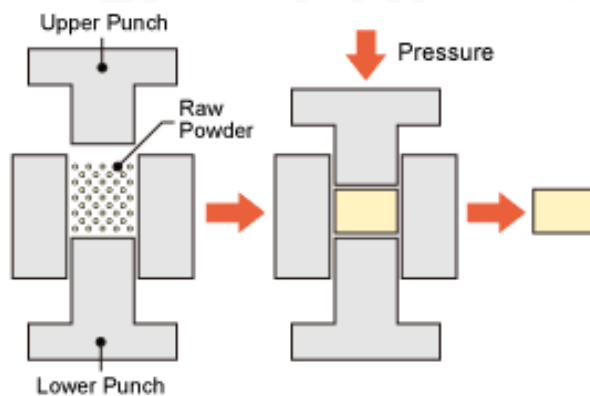
3. Karbon Aktif

Karbon aktif memiliki pori-pori yang banyak dan luas. Pori-pori tersebut biasanya dimanfaatkan untuk media penyerapan dari suatu zat. Karbon aktif arang batok kelapa memiliki densitas $0,45-0,55 \text{ g/cm}^3$. Karbon aktif biasanya terbuat dari serbuk kayu dan serbuk barang yang lain melalui proses pemanasan dengan suhu yang tinggi. Karbon aktif dimanfaatkan sebagai media penyaring air karena memiliki fungsi sebagai berikut dapat menyerap bau, menjernihkan air, menyerap zat klorin dan menciptakan air dengan rasa yang segar.

2.2.3 Pembentukan Keramik

Pembentukan keramik dapat dilakukan dengan berbagai cara antara lain:

1. Die Pressing

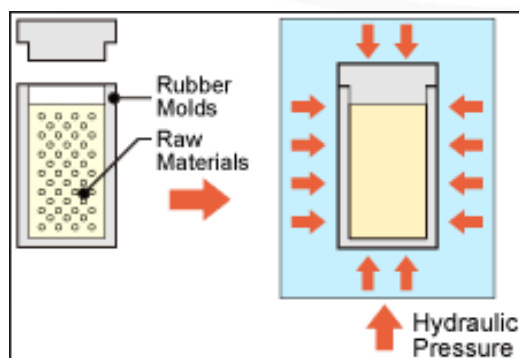


Gambar 2.2 Die pressing

Sumber: <https://global.kyocera.com/fcworld/first/process04.html>

Pada Gambar 2.2 menunjukkan proses pembuatan keramik metode *die pressing* pertama keramik dihaluskan sampai membentuk serbuk, kemudian dicampurkan dengan bahan pengikat lalu dimasukkan ke dalam cetakan dan diberikan tekanan sampai berubah padat yang cukup kuat.

2. Rubber Mold Pressing

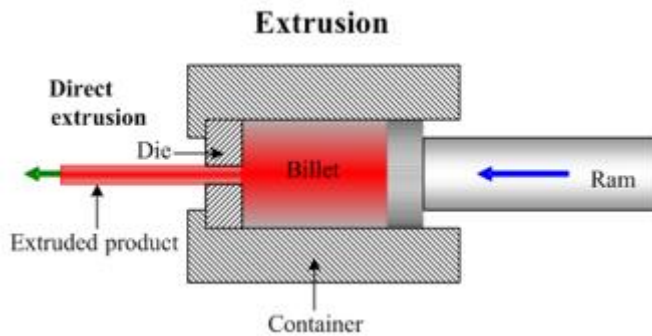


Gambar 2.3 Rubber mold pressing

Sumber: <https://global.kyocera.com/fcworld/first/process03.html>

Pada Gambar 2.3 menunjukkan metode pembuatan keramik secara *rubber mold pressing*. Metode tersebut menghasilkan serbuk yang tidak seragam karena dalam pembuatannya menggunakan sarung dari karet. Bubuk dimasukkan ke dalam karet lalu dibentuk sesuai dengan cetakan menggunakan hidrostatik.

3. *Extrusion Molding*

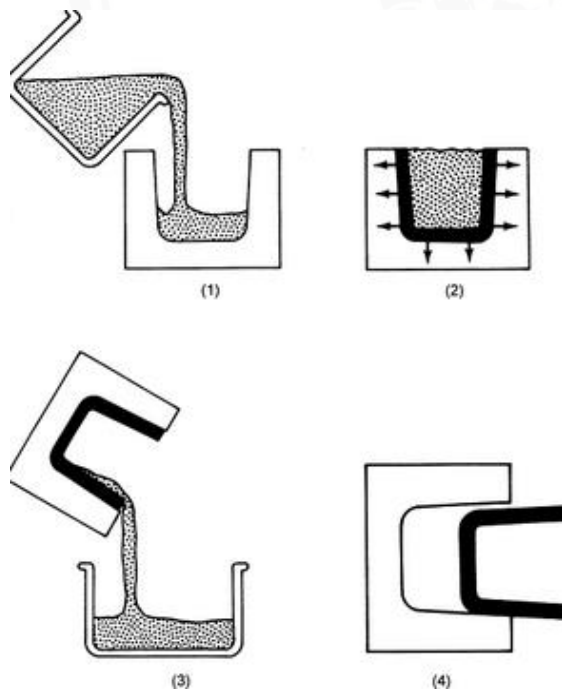


Gambar 2.4 *Extrusion molding*

Sumber: <http://www.substech.com/dokuwiki/doku.php?id=extrusion>

Proses pembuatan keramik ini menggunakan lubang cetakan. Metode ini biasanya menggunakan pipa saluran, pipa reaktor atau material lain yang memiliki suhu normal untuk penampang lintang tetap. Untuk mekanisme pembentukan keramik secara *extrusion molding* bisa dilihat pada Gambar 2.4.

4. *Slip Casting*

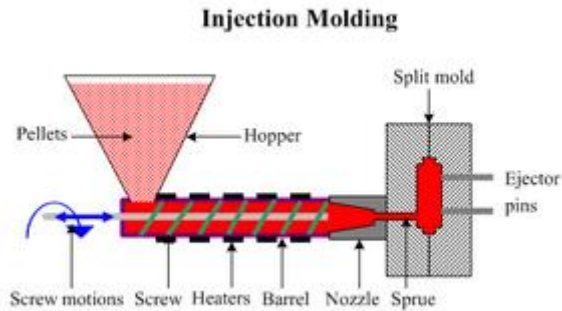


Gambar 2.5 *Slip casting ceramic*

Sumber: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0924013603008574>

Metode ini dilakukan untuk memperkeras suspensi dengan air dan cairan lainnya, dituangkan ke dalam plester berpori, air akan diserap dari daerah kontak ke dalam cetakan dan lapisan lempung kuat terbentuk. Mekanisme metode *slip casting ceramic* bisa dilihat di Gambar 2.5.

5. Injection Molding



Gambar 2.6 Injection molding

Sumber: <http://ptfe-machinery.com/rotational-mouldingpowder-injection-moulding-thixomoulding/>

Metode pembuatan keramik Injection Molding bisa dilihat di Gambar 2.6 dimana bahan yang bersifat plastis diinjeksikan dan dicampur dengan bubuk pada cetakan. Metode ini banyak digunakan untuk memproduksi benda-benda yang mempunyai bentuk yang kompleks.

2.2.4 Susut Bakar Keramik

Susut bakar terdiri atas dua bagian yaitu:

1. Susut bakar volume merupakan perubahan volume (ΔV) dengan volum sampel sebelum dilakukan pembakaran yang dinyatakan sebagai berikut.

$$\% \text{ susut bakar volum} = \frac{v_0 - v_t}{v_0} \times 100\% \quad (2-1)$$

Sumber: Tri Hatmoko (2007)

Dimana:

V_0 = Volum sampel sebelum dibakar (cm^3)

V_t = Volume sampel sesudah dibakar (cm^3)

2. Susut bakar massa ialah perbandingan perubahan massa (Δm) dengan massa sampel sebelum dilakukan pembakaran, dinyatakan sebagai berikut.

$$\% \text{ susut bakar massa} = \frac{m_0 - m_t}{m_0} \times 100\% \quad (2-2)$$

Sumber: Tri Hatmoko (2007)

Dimana:

m_0 = Massa sampel sebelum dibakar (gram)

m_t = Massa sampel setelah dibakar (gram)

Susut bakar terjadi akibat dari hilangnya air karena penguapan dan terjadinya reaksi aditif dalam keramik dan butiran kecil menyatu aktif terhadap butiran besar. Kekosongan yang terjadi akan diisi oleh bahan fluks (pelebur). Oleh itulah yang menyebabkan berkurangnya massa dan volume sampel.

2.2.5 Karakteristik dan Syarat Kematangan Keramik

Secara umum keramik memiliki sifat yang keras, tahan aus, rapuh, rentan terhadap panas berlebih, tahan api, isolator listrik dan termal, sebagian transparan, non magnetik, secara kimiawi stabil, dan tahan oksidasi. Akan tetapi ada pengecualian, beberapa keramik elektrik dan termal yang cukup konduktif, sementara yang lain bahkan superkonduktor (Barsoum, 1997). Syarat kematangan keramik merupakan suatu kondisi dimana keadaan keramik yang telah mencapai kematangan tanpa terjadinya perubahan bentuk, hal ini bisa diamati dari suhu pembakaran keramik dimana suhu pembakaran keramik tergantung jenis bahan keramik yang digunakan, seperti yang terjadi pada keramik yang terbuat dari tanah liat. Suhu kematangan dari tanah liat memiliki kisaran suhu antara 600°C – 2000°C . Setelah dibakar dengan suhu melebihi 600°C tanah liat berubah menjadi struktur yang padat, keras, dan bersifat permanen hal ini dikarenakan kandungan silika yang terdapat pada tanah liat akan melebur dan mengisi pada pori (Ambar Astuti, 2008).

2.3 Derajat Keasaman

Derajat keasaman (pH) merupakan parameter yang digunakan untuk menyatakan suatu zat dalam kondisi asam atau basa. pH memiliki skala antara 0-14. pH netral mempunyai derajat keasaman 7 sementara untuk pH dibawah 7 dinyatakan dengan asam sedangkan untuk pH diatas 7 dinyatakan dalam basa (Tri Joko, 2010). Menurut Permenkes No 492/Menkes/Per/IV/2010 pH normal untuk air mempunyai pH antara 6,5-8,5. Sedangkan untuk air asam memiliki pH lebih rendah dari 6,5 dan untuk air basa lebih tinggi dari 8,5. pH air memiliki rumusan sebagai berikut.

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \quad (2-3)$$

Sumber: Tri, Joko (2010)

2.3.1 Teori Asam Basa

1. Teori Asam Basa Arrhenius

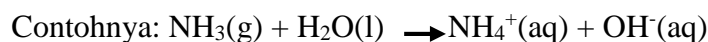
a. Asam

Menurut Arrhenius, asam merupakan zat yang dalam air akan melepaskan ion hidrogen (H^+) atau ion hidronium (H_3O^+).



b. Basa

Basa adalah zat dalam air yang dapat menghasilkan ion (OH^-)



2. Teori Asam Basa Bronsted Lowry

a. Asam ialah spesi yang bertindak pemberi proton (pendonor proton)

b. Basa merupakan spesi yang menerima proton (akseptor proton)

Contoh asam basa menurut teori Bronsted Lowry



Basa Asam asam Basa
konjugasi Konjugasi

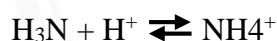
Konsep asam basa Bronsted Lowry ini lebih luas dari asam basa Arrhenius karena tidak terbatas dalam pelarut air dan tidak hanya berupa molekul, tetapi juga kation dan anion.

3. Teori Asam Basa Lewis

a. Asam adalah spesi yang bertindak sebagai penerima pasangan elektron (akseptor pasangan elektron)

b. Basa merupakan sebagai pemberi pasangan elektron (donor pasangan elektron).

Contoh asam basa menurut Lewis:



Basa Asam

NH_3 merupakan basa Lewis karena memberikan pasangan elektron

H^+ merupakan asam Lewis karena menerima pasangan elektron

2.3.2 Indikator Asam Basa

Indikator asam basa adalah bahan yang digunakan untuk menentukan suatu zat apakah kondisi asam atau basa.

1. Kertas Lakmus

Ada dua macam kertas lakmus yang biasa digunakan untuk mengenali senyawa asam atau basa, yaitu lakmus merah dan lakmus biru. Sifat larutan terhadap kertas lakmus adalah:

a. Larutan asam memerahkan kertas lakmus biru

- b. Larutan basa membirukan kertas lakmus merah
 - c. Larutan netral tidak mengubah warna kertas lakmus
2. Larutan Indikator

Larutan indikator asam basa adalah suatu zat yang memberikan warna berbeda pada larutan asam dan larutan basa. Contoh larutan indikator: fenolftalein, metil merah, metil kuning, dan bromtimol biru.

3. pH Meter

Metode yang digunakan untuk menentukan suatu zat bersifat asam atau basa salah satunya adalah menggunakan pH meter. pH meter memiliki skala mulai dari 0-14. Dimana ketika skala pH kurang dari 7 dinamakan asam, sedangkan untuk lebih dari 7 dinamakan basa, dan untuk skala nilai pH 7 dinamakan netral.

2.3.3 Asam

Merupakan suatu zat yang apabila dilarutkan ke dalam air akan menghasilkan ion H^+ . Dalam asam ditemukan dalam buah-buahan, misalnya asam sitrat dalam buah jeruk berfungsi untuk memberi rasa limun yang tajam. Cuka mengandung asam asetat, dan asam tanak dari kulit pohon digunakan untuk menyamak kulit. Ciri-ciri zat asam seperti berikut.

1. Berasa asam
2. Berbau menyengat
3. Ketika bereaksi secara kimia akan menghasilkan ion H^+
4. Nilai pH kurang dari 7
5. Dapat mengubah warna kertas lakmus yang semula berwarna biru menjadi berwarna merah
6. Mampu menghasilkan arus listrik (asam kuat)

Berikut ini jenis-jenis zat asam beserta reaksinya bisa dilihat pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1

Jenis Nama Asam Beserta Reaksinya

Rumus asam	Nama Asam	Reaksi ionisasi	Valensi Asam	Sisa Asam
HF	asam fluorida	$HF \rightarrow H^+ + F^-$	1	F^-
HCl	asam klorida	$HCl \rightarrow H^+ + Cl^-$	1	Cl
HBr	asam bromida	$HBr \rightarrow H^+ + Br^-$	1	Br
HCN	asam sianida	$HCN \rightarrow H^+ + CN^-$	1	CN
H_2S	asam sulfida	$H_2S \rightarrow 2H^+ + S^{2-}$	2	S
HNO_3	asam nitrat	$HNO_3 \rightarrow H^+ + NO_3^-$	1	NO
H_2SO_4	asam sulfat	$H_2SO_4 \rightarrow 2H^+ + SO_4^{2-}$	2	SO_4^{2-}
H_2SO_3	asam sulfit	$H_2SO_3 \rightarrow 2H^+ + SO_3^{2-}$	2	SO_3^{2-}
H_3PO_4	asam fosfat	$H_3PO_4 \rightarrow 3H^+ + PO_4^{3-}$	3	PO_4^{3-}

Rumus asam	Nama Asam	Reaksi ionisasi	Valensi Asam	Sisa Asam
H_3PO_3	asam fosfit	$\text{H}_2\text{PO}_3 \rightarrow 3\text{H}^+ + \text{PO}_3^{3-}$	3	PO_3^{3-}
CH_3COOH	asam asetat	$\text{CH}_3\text{COOH} \rightarrow \text{H}^+ + \text{CH}_3\text{COO}^-$	1	CH_3COO^-

Sumber: Martin Sibergerg (2000)

2.3.4 Hidrolisis Garam

Reaksi hidrolisis merupakan reaksi kesetimbangan. Meskipun hanya sebagian kecil garam yang mengalami hidrolisis, tetapi cukup untuk mengubah pH larutan. Tetapan kesetimbangan dari reaksi hidrolisis disebut tetapan hidrolisis (Kh).

1. Garam dari asam kuat dan basa kuat

Garam yang berasal dari asam kuat dan basa kuat tidak mengalami hidrolisis, sehingga larutannya bersifat netral ($\text{pH} = 7$)

2. Garam dari asam lemah dan basa kuat

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat mengalami hidrolisis sebagian (parsial), yaitu hidrolisis anion.

3. Garam dari asam kuat dan basa lemah

Garam yang berasal dari asam kuat dan basa lemah mengalami hidrolisis sebagian, yaitu hidrolisis kation. Untuk mengetahui konsentrasi H^+ , dapat dilakukan penurunan yang analog dengan garam yang berasal dari asam lemah dan basa kuat

4. Garam dari asam lemah dan basa lemah

Garam yang berasal dari asam lemah dan basa lemah mengalami hidrolisis total.

2.3.5 Basa

Senyawa yang bersifat basa memiliki karakteristik ketika terlarut dengan air akan menghasilkan ion OH^- . Zat basa terdapat dalam Natrium hidroksida (NaOH), kalium hidroksida (KOH), kalsium hidroksida (Ca(OH)_2). Ciri-ciri zat basa secara umum:

1. Memiliki rasa pahit.
2. Bisa menghantarkan arus listrik (konduktor)
3. Berasa licin jika terkena air, contohnya sabun
4. Dapat mengubah warna kertas lakmus awalnya berwarna merah menjadi biru
5. Dapat merusak kulit
6. Memiliki pH lebih dari 7

Berikut ini Tabel 2.2 nama-nama basa beserta reaksi kimianya.

Tabel 2.2
Jenis Nama Basa dan Reaksi Kimianya

Rumus Basa	Nama Basa	Reaksi ionisasi	Valensi Basa
KOH	Kalium hidroksida	$\text{KOH} \rightarrow \text{K}^+ + \text{OH}^-$	1
Mg(OH)_2	Magnesium hidroksida	$\text{Mg(OH)}_2 \rightarrow \text{Mg}^{2+} + 2\text{OH}^-$	1
Ca(OH)_2	Kalsium hidroksida	$\text{Ca(OH)}_2 \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$	1
Ba(OH)_2	Barium hidroksida	$\text{Ba(OH)}_2 \rightarrow 2\text{H}^+ + 2\text{OH}^-$	2
Fe(OH)_3	Besi (III) hidroksida	$\text{Fe(OH)}_3 \rightarrow \text{Fe}^{3+} + 3\text{OH}^-$	1
Fe(OH)_2	Besi (II) hidroksida	$\text{Fe(OH)}_2 \rightarrow \text{Fe}^{2+} + 2\text{OH}^-$	2
Al(OH)_3	Aluminium hidroksida	$\text{Al(OH)}_3 \rightarrow \text{Al}^{3+} + 3\text{OH}^-$	2
Sr(OH)_2	Stronsium hidroksida	$\text{Sr(OH)}_2 \rightarrow \text{Sr}^{2+} + 2\text{OH}^-$	3

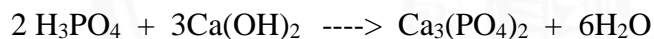
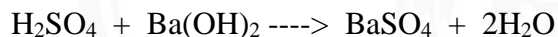
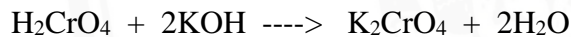
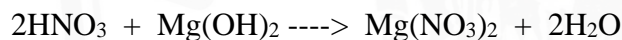
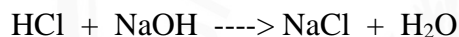
Sumber: Martin Silbergerg (2000)

2.3.6 Reaksi Penetralan Asam dan Basa

Reaksi penetralan, yaitu reaksi antara asam dan basa untuk membentuk sebuah garam dan air. Ada empat reaksi penetralan:

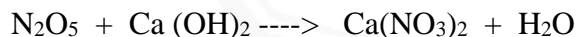
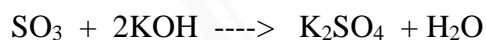
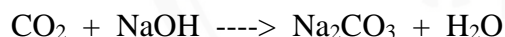
1. Asam + Basa \rightarrow Garam + Air

Contoh:



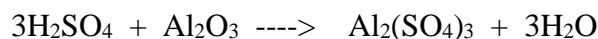
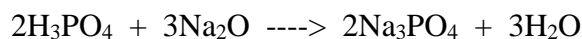
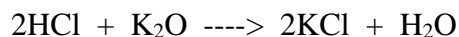
2. Oksida Asam + Basa \rightarrow Garam + Air

Contoh:



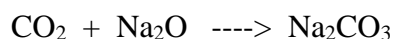
3. Asam + Oksida Basa \rightarrow Garam + Air

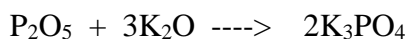
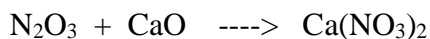
contoh:



4. Oksida Asam + Oksida Basa \rightarrow Garam

Contoh:





2.4 Air limbah rumah tangga

Menurut peraturan menteri lingkungan hidup republik indonesia tahun 2014 air Limbah domestik merupakan air limbah yang berasal dari usaha dan/atau kegiatan pemukiman, rumah makan, perkantoran, perniagaan, apartment dan asrama. Contohnya seperti : air bekas cucian, sisa makanan berwujud cair, air bekas mandi dan lain-lain (Putra, 2004).

Tabel 2.3
Baku Mutu Air Limbah Domestik

Parameter	Satuan	Kadar Paling tinggi
pH		6-9
BOD	mg/l	100
TSS	mg/l	100
Minyak dan lemak	mg/l	10

Sumber : Peraturan menteri lingkungan hidup indonesia nomer 5 tahun 2014

1. pH atau derajat keasaman ialah parameter yang menunjukkan bahwa suatu zat bersifat asam atau basa dengan skala 0-14, jika pH kurang dari 7 dinamakan zat asam, sedangkan lebih dari 7 disebut basa, apabila pH bernilai 7 dinamakan netral.
2. TSS (total padatan tersuspensi) merupakan zat padat yang tersuspensi dengan air berupa bahan-bahan organik dan anorganik (Agustira,2013).
3. BOD atau Biochemical Oxigen Demand merupakan jumlah oksigen terlarut yang diperlukan oleh mikroorganisme agar dapat menguraikan bahan organik dalam kondisi aerobik (Nova dkk, 2015).

2.5 Porositas

Porositas dapat didefinisikan sebagai perbandingan antara jumlah volume kosong dari zat padat dengan jumlah dari volume total zat padat (levorsen, 1954). Material biasanya terdapat pori-pori didalamnya. Pori-pori ini berhubungan satu dengan yang lain sehingga dapat mengalirkan suatu fluida baik itu air atau udara melalui ruang pori tersebut. Kemampuan fluida mengalir kedalam media disebut rembesan .Porositas pada suatu material dinyatakan dalam persen (%).

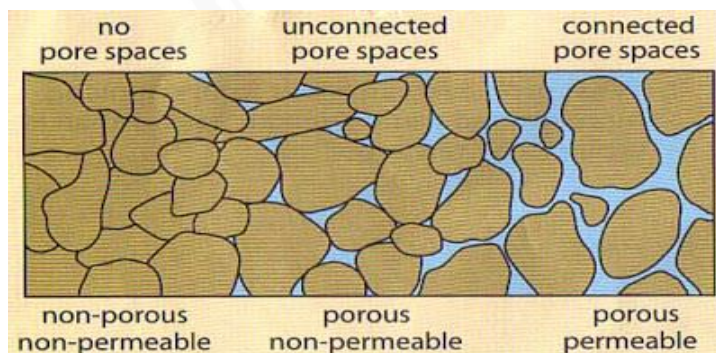
2.5.1 Jenis-Jenis porositas

Menurut Morrill porositas dibagi menjadi tiga bagian:

1. Porositas *interconnected* adalah porositas yang memiliki jalan terusan yang menghubungkan dari suatu pori ke pori yang lain.
2. Porositas *connected* adalah porositas yang hanya memiliki satu jalan terusan pada satu sisi pori, sedangkan sisi yang lainnya tertutup.
3. Porositas *isolated* adalah porositas yang tidak memiliki jalan terusan yang menghubungkan antara pori yang satu dengan pori yang lain.

Porositas dengan permeabilitas saling berkaitan satu sama lain, menurut Jamulyo dan suratman Woro Suprodjo (1983), permeabilitas merupakan cepat-lambatnya air merembes ke dalam tanah melalui pori makro maupun mikro baik ke arah horizontal maupun vertikal. Cepat dan lambatya air yang meresap ke dalam tanah dipengaruhi oleh:

1. Viskositas Cairan: semakin besar nilai viskositas dari cairan maka koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin kecil.
2. Distribusi ukuran pori: Semakin merata distribusi ukuran butiran porinya, koefisien permeabilitasnya akan cenderung semakin kecil.
3. Distribusi ukuran butiran: Semakin merata distribusi ukurannya butiran, koefisien permeabilitas tanahnya cenderung semakin kecil.
4. Rasio kekosongan: semakin besar rasio kekosongannya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin besar.
5. Kekasaran partikel mineral: semakin kasar partikel mineralnya yang terkandung, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.
6. Derajat kejenuhan tanah: semakin jenuh tanahnya, koefisien permeabilitas tanahnya akan semakin tinggi.



Gambar 2.7 Jenis porositas

Sumber: Rahman (2016)

2.5.2 Pengukuran Porositas Berdasarkan Standar ASTM C20-00

Secara matematik rumus porositas, densitas, dan absorpsi air berdasarkan standart pengujian ASTM C20-00 sebagai berikut.

$$\%P = \frac{W-D}{V} \times 100\% , \quad (2-4)$$

Sumber: ASTM C20-00

$$\%A = \frac{W-D}{D} \times 100\% , \quad (2-5)$$

Sumber: ASTM C20-00

$$P \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{D}{V} \quad (2-6)$$

Sumber: ASTM C20-00

Dimana:

V = Volume benda uji (cm³)

W = Massa basah sampel direndam (gram)

D = Massa kering (gram)

A = Absorpsi air (%)

P = Porositas (%)

P = Densitas (g/cm³)

Besar-kecilnya porositas dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu: ukuran butir (semakin baik distribusinya, semakin baik porositasnya), susunan butir (susunan butir berbentuk kubus mempunyai porositas lebih baik dibandingkan bentuk tidak beraturan), dan kompaksi (semakin besar tekanan kompaksi, maka pori-pori akan menjadi mengecil).

2.6 Metode Filtrasi

Filtrasi merupakan proses penyaringan (air untuk memisahkan padatan yang terbawa air, dengan cara melewatkan air, baik secara horizontal (lambat) atau dengan vertikal (cepat) atau juga dengan tekanan (lebih cepat) melalui lapisan media filter (Rachman, 1999). Secara umum ada tiga metode filtrasi yang sering digunakan, yakni metode filtrasi sederhana, metode filtrasi tekanan dan metode filtrasi membran.

1. Proses filtrasi sederhana dengan menggunakan media kertas lakmus untuk memisahkan zat dengan cairan
2. Proses Filtrasi dengan tekanan, umumnya dengan cara divakumkan cairan untuk memisahkan dari padatan.
3. Proses Filtrasi dengan membran merupakan proses filtrasi dengan menggunakan membran keramik dengan ukuran pori 0,1 mikron. Prinsip teknik filtrasi membran ini adalah dengan menyaring cairan sampel melewati saringan membran keramik.

Menurut *Franz (2004)*, faktor yang mempengaruhi debit filtrasi sebagai berikut.

a. Porositas

Semakin besar porositas semakin besar pula debit air hasil saringan (filtrasi). Porositas yang kecil sangat efektif menyaring partikel.

b. Ketebalan filter

Semakin tipis ketebalan filter, debit air yang dihasilkan semakin besar namun kurang efektif dalam penyisihan kekeruhan dan bakteri dalam air.

c. Luas permukaan filter

Luas permukaan filter juga mempengaruhi dalam debit air penyaringan semakin luas permukaan saringan keramik semakin besar debit filtrasi saringan keramik.

2.7 Membran Keramik

Membran adalah sebuah media berpori yang berfungsi untuk memisahkan partikel dengan larutan. Apabila ukuran pori lebih kecil dari partikel maka partikel tersebut akan tertahan didalam pori-pori tersebut yang disebut konsentrat, sedangkan untuk partikel yang melewati keramik dinamakan permeat. Filtrasi selain berfungsi sebagai pemisah antara larutan dengan partikel, mempunyai fungsi yang lain yaitu sebagai pemekat dan pemurnian dari larutan yang dilewatkan pada keramik tersebut (Agustina, S.Dkk:2010).

2.7.1 Jenis-Jenis Membran

Menurut Mulder (1996), mengategorikan membran menjadi 3 kategori berdasarkan jenis pemisahan dan strukturnya yaitu:

1. Porous membran merupakan proses pemisahan berdasarkan atas ukuran partikel dari zat-zat yang telah dilewatkan. Hanya dengan partikel ukuran tertentu yang bisa melewati membran sedangkan sisanya akan tertahan. Porous membran dipergunakan saat *microfiltrasi* dan *ultrafiltrasi*.
2. Non-porous membran dapat digunakan untuk memisahkan molekul dengan ukuran yang sama, baik gas maupun cairan. Non porous membran tidak mempunyai pori proses kinerjanya yaitu dengan mekanisme difusi. Jadi molekul terlarut didalam membran, baru kemudian berdifusi melewati membran tersebut.
3. Carrier membran mekanisme perpindahan terjadi dengan bantuan carrier molecule yang menstranformasikan komponen yang diinginkan untuk melewati membran.

2.7.2 Metode Pembuatan Membran Keramik

Membran Keramik yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah dibuat dengan metoda yang sama seperti pembuatan keramik. Secara garis besar langkah-langkah yang dilakukan dalam pembuatan keramik adalah:

1. Pemilihan Bahan Dasar (*Raw Material Selection*)

Pada tahapan ini, bahan dasar dipilih berdasarkan kebutuhan. Beberapa hal yang dipertimbangkan adalah karakteristik dari material yang ingin dihasilkan, biaya dan kemudahan dalam memperoleh bahan tersebut. Bahan dasar kemudian diolah lebih lanjut hingga siap untuk diproses menjadi powder.

2. Pembuatan Powder (*Powder Preparation*)

Umumnya bahan dasar pembuatan keramik selalu dalam bentuk powder. Terdapat beberapa keuntungan dari dibuatnya powder, diantaranya untuk memperkecil ukuran partikel dan memodifikasi distribusi ukurannya. Pembuatan powder dapat dilakukan antara lain dengan menggunakan penggerusan manual seperti mortar atau ball mill.

3. Pencampuran

Setelah bahan baku atau sampel sudah menjadi powder dilakukan proses pencampuran bahan baku sehingga homogen dengan bantuan sedikit air.

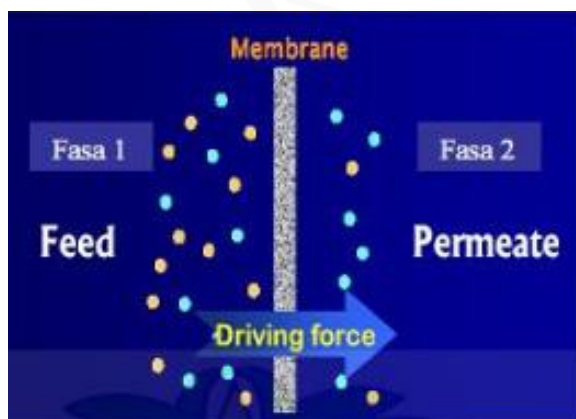
4. Pencetakan

Pencetakan dilakukan dengan menggunakan pencetak khusus untuk membuat membran keramik kemudian dilakukan proses pengeringan.

5. Pengeringan

Dalam pembuatan membran ini dilakukan tiga tahap proses pengeringan yang mana tahap pertama dengan bantuan sinar matahari, pemanasan dengan suhu tinggi.

2.7.3 Kinerja Membran



Gambar 2.8 skema kinerja membran
Sumber: Hanum, Farida (2009)

Kinerja atau efisiensi perpindahan membran ditentukan oleh dua parameter (Nasir,2011) yaitu:

1. Permeabilitas

Permeabilitas merupakan jumlah volume permeat yang melewati satu satuan permukaan luas dengan adanya gaya dorong dalam hal ini ialah tekanan. Hal-hal yang mempengaruhi permeabilitas adalah interaksi antara membran dan larutan umpan, tekanan dari luar dan viskositas larutan.

2. Selektifitas

Ialah kemampuan membran keramik menahan atau melewati suatu molekul. faktor-faktor yang berpengaruh terhadap selektifitas adalah besarnya ukuran partikel yang akan melewatinya, interaksi antara membran, jenis larutan, dan ukuran pori.

Parameter yang digunakan untuk menggambarkan selektifitas membran adalah koefisien rejeksi (R), yaitu fraksi konsentrasi zat terlarut yang tidak menembus membran.

Menurut Scott dan Hughes, 1996 yang mempengaruhi dalam penggunaan membran diantaranya:

- a. Ukuran Molekul

Ukuran molekul membran sangat mempengaruhi kinerja membran. Pada pembuatan membran mikrofiltrasi dan ultrafiltrasi mempunyai spesifikasi khusus.

- b. Bentuk Membran

Membran dapat dibuat dalam berbagai macam bentuk, bentuk datar, bentuk tabung dan bentuk serat berongga

- c. Bahan Membran

Perbedaan bahan membran akan mempengaruhi pada hasil rejeksi dan distribusi ukuran pori.

- d. Karakteristik Larutan

Karakteristik larutan ini mempunyai pengaruh terhadap permeabilitas membran.

- e. Parameter Operasional

Jenis parameter yang digunakan pada operasional umumnya terdiri dari tekanan membran, permukaan membran, temperatur dan konsentrasi.

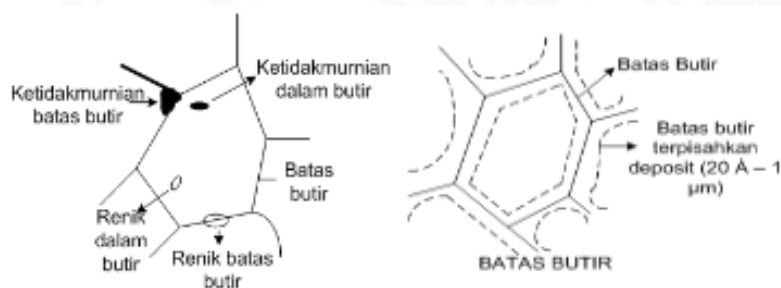
2.8 Sintering

Teknik sintering digunakan untuk meningkatkan kerapatan keramik sesuai dengan mikrostruktur dan komposisi fasa yang diinginkan. Praktek sintering meliputi kontrol dari

karakteristik partikel, struktur padatan muda, dan perkiraan struktur kimia yang terbentuk sebagai fungsi dari kondisi selama proses sintering. Suhu pada proses sintering biasanya dilakukan dibawah titik leleh bahan dasarnya (sekitar 60%-80% dari titik leleh bahan dasarnya) (Van Vlack, 1995). Proses sintering melibatkan:

1. Perubahan ukuran dan bentuk grain
2. Perubahan pori; dan
3. Perubahan ukuran pori

Dimana mengakibatkan berkurangnya luas permukaan total, berkurangnya volume total, dan mengakibatkan semakin tinggi kekuatan. Selama proses sintering ini, partikel-partikel keramik akan saling berdekatan dan bentuk pori menjadi lebih homogen dan ukurannya menjadi kecil. Sintering menyebabkan pergerakan atom yang mengeliminasi energi permukaan. Energi permukaan per unit volume berbanding terbalik dengan diameter partikel. Jadi partikel yang kecil mempunyai energi yang lebih sehingga proses sintering lebih cepat dibandingkan dengan partikel yang besar. Berikut ini Gambar 2.9 atom keramik yang mengalami proses sintering:



Gambar 2.9 Bentuk struktur keramik yang disintering
Sumber: Alice (2002)

Tahap-tahap sintering adalah sebagai berikut (Alice C. De Bellis, 2002):

1. Tahap awal

Pada tahap ini leher mulai terbentuk pada titik kontak antar partikel-partikel yang bersebelahan. Pembentukan leher dikendalikan oleh perbedaan energi yang disebabkan oleh perbedaan kelengkungan antara permukaan partikel dan leher. Difusi permukaan merupakan mekanisme transport massa yang dominan selama tahap awal pertumbuhan leher.

2. Tahap intermediet

Tahap intermediet ini dimulai ketika leher yang bersebelahan mulai bertumbukan satu sama lain. Densifikasi dan pertumbuhan bulir terjadi selama tahap ini. Densitas pelet mentah sangat berpengaruh pada proses ini. Densitas pellet mentah yang tinggi menghasilkan sedikit pori-pori sedangkan densitas pelet mentah yang rendah sekitar

40% dapat mengarah ke coarsening tanpa densifikasi. Selama tahap ini bulir-bulir mulai terbentuk dari partikel-partikel individu dan struktur bulir material akhir mulai dibangun. Jaringan pori-pori mulai dibentuk sepanjang batas bulir lama-kelamaan pori-pori mulai tertutup oleh pertumbuhan leher. Dan akhirnya pori-pori menjadi lembut dan terisolasi satu sama lain. Mekanisme transport bulk seperti difusi batas bulir dan difusi volum. sangat dominan pada tahap ini. Seperti dinyatakan sebelumnya mekanisme transport bulk ini menyebabkan material berpindah dari bagian dalam ke bagian permukaan menghasilkan densifikasi.

3. Tahap akhir

Tahap akhir sintering dimulai ketika kebanyakan pori-pori tertutup. Tahap akhir sintering lebih lambat daripada tahap awal dan tahap intermediet. Ketika ukuran bulir meningkat pori-pori cenderung melarikan diri dari batas bulir dan menjadi bulat. Pori-pori yang kecil dihilangkan sementara pori-pori yang besar dapat tumbuh. Fenomena ini disebut fenomena Ostwald (Ostwald, 1895). Dalam beberapa kasus pertumbuhan pori selama tahap akhir ini dapat mengarah ke penurunan kerapatan.

2.9 Titrasi Asam Basa

Titrasi adalah suatu reaksi penetralan antara zat asam dengan zat basa. Titrasi dilakukan dengan mereaksikan larutan tersebut dengan larutan yang sudah diketahui konsentrasinya (Brady, 1988: 178). Titik ekuivalen suatu kondisi dimana sejumlah asam yang tepat di netralkan oleh sejumlah basa sehingga akan terjadi perubahan derajat keasaman. Langkah-langkah mereaksikan zat asam dan zat basa supaya mencapai titik ekuivalen sebagai berikut.

1. Menyetarakan jumlah mol senyawa dari reaksi zat asam dan zat basa
2. Menghitung nilai konsentrasi dan volume menggunakan rumus

$$V_1M_1 = V_2M_2 \quad (2-7)$$

Sumber: Martin Siberger (2000)

3. Menghitung nilai konsentrasi ekuivalen dari campuran zat asam dan zat basa

$$[H^+] = \frac{V_1 [H_1^+] \cdot V_2 [H_2^+]}{V_1 + V_2} \quad (2-8)$$

Sumber: Martin Siberger (2000)

4. Nilai derajat keasaman dari campuran zat basa dan zat asam bisa diketahui menggunakan rumus

$$pH = -\log [H^+] \quad (2-9)$$

Sumber: Martin Siberger (2000)

2.10 Hipotesis

Semakin tinggi tekanan kompaksi, semakin kecil ruang pori antar butir keramik sehingga porositasnya semakin kecil. Ketika porositas kecil maka absorpsinya kurang baik karena banyak air yang tertahan di bagian filter keramik sehingga volume airnya menjadi berkurang, namun hasil penyerapan yang dihasilkan menjadi lebih baik.





BAB III METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan pada penelitian ini adalah metode penelitian secara eksperimental (*the experimental research*) yaitu pengamatan yang dilakukan secara langsung dengan tujuan untuk mengetahui pengaruh tekanan pencetak keramik terhadap nilai dari porositas dan absorbtivitas keasamaan pada keramik berbahan serbuk marmer, *clay*, dan karbon aktif.

3.2 Waktu dan Tempat Penelitian

Waktu dan tempat pada penelitian ini sebagai berikut.

1. Laboratorium Pengecoran logam teknik mesin Universitas Brawijaya pada tanggal 9 mei 2018 sampai 1 juli 2018
2. Laboratorium Pengujian Bahan Fakultas Teknik Jurusan Teknik Mesin Universitas Brawijaya mulai tanggal 10 mei 2018 sampai 5 juli 2018
3. Laboratorium Alfa Beta 1 juli 2018 sampai 10 juli 2018
4. Laboratorium Kimia Analisis Universitas Brawijaya 5 juni 2018 sampai 10 juli 2018
5. Laboratorium kimia Fakultas Ilmu dan Pengetahuan Alam Universitas Negeri Malang mulai tanggal 9 mei 2018 sampai 20 juli 2018.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel yang digunakan pada penelitian ini antara lain variabel bebas, variabel terikat, dan variabel terkontrol.

3.3.1 Variabel Bebas

Variabel Bebas merupakan Variabel yang nilainya ditentukan sebelum memulai penelitian. Dalam penelitian ini menggunakan variabel bebas adalah variasi beban pencetak keramik masing-masing adalah 2 ton , 4 ton , 6 ton , dan 8 ton.

3.3.2 Variabel Terikat

Variabel terikat adalah variabel yang nilainya diperoleh tergantung dari variabel bebas sebagai berikut porositas dan absorbtivitas keasamaan.

3.3.3 Variabel Terkontrol

Variabel Terkontrol ialah variabel yang nilainya dibuat tetap/ konstan sebelum melakukan penelitian.

1. Komposisi berat keramik yaitu marmer 25%, tanah liat 60%, dan karbon aktif 15%
2. Temperatur sintering yang digunakan 1000 °C
3. Lama waktu pemanasan saat proses sintering adalah 5 jam
4. Ukuran mesh marmer 180 μm , karbon aktif 180 μm dan tanah liat 140 μm
5. Volume air sungai yang digunakan awal 1000 ml

3.4 Alat dan Bahan Penelitian

3.4.1 Alat-Alat yang Digunakan Saat Penelitian

1. Mesin Rotap



Gambar 3.1 Mesin rotap

Sumber: Laboratorium pengecoran logam teknik mesin universitas Brawijaya

Mesin rotap pada Gambar 3.1 digunakan untuk mengayak ukuran mesh bahan keramik yang digunakan.

Spesifikasi

Jenis	: Rotap
Tipe	: VS1
Merk	: Retsh
Voltase	: 220 V
Daya	: 430 Watt
Buatan	: Jerman Barat
Artikel	: 30 40 0010
No serie	: 01849038
Frekuensi	: 50 Hz

2. Dapur Listrik



Gambar 3.2 Dapur listrik

Sumber: Laboratorium pengujian bahan teknik mesin universitas Brawijaya

Dapur listrik pada Gambar 3.2 digunakan untuk memanaskan keramik.

Spesifikasi

Merk : OPENBAU HOFMAN

Tipe : E/90

Voltage : 220 Volt

Daya : 3,3 kW

Suhu maks: 1100 C

Buatan : Austria

3. pH meter



Gambar 3.3 pH meter

Sumber: Dokumentasi pribadi

Pada Gambar 3.3 pH meter digunakan untuk mengukur derajat keasaman.

Spesifikasi

Merek : pH tester PH-107

Ukuran skala : 0,0 sampai 14,0

Ketelitian : 0,1 Ph

Kalibrasi : manual, 1 point

Akurasi : $\pm 0,1$ pH (at 20 °C) $\pm 0,2$ pH

Baterai : 3 x 1,5 V alkaline

Life : *Approx 150 Hours of use*

Berat : 50 gram

Dimensi : 152 x30x21mm

4. Stopwatch

Pada Gambar 3.4 *Stopwatch* digunakan untuk mengukur waktu.



Gambar 3.4 *Stopwatch*

Sumber: Dokumentasi pribadi

5. Timbangan Elektrik

Pada Gambar 3.5 timbangan elektrik digunakan untuk menimbang berat spesimen.



Gambar 3.5 Timbangan elektrik

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Spesifikasi:

Merk	: Melter
Frekuensi	: 50-60 Hz
Type	: PJ 3000
Voltase	:100-120V 80mA /200-240V 45mA
Beban maksimal	: 2100 gram
Dimensi (PxLxT)	: 31x29x6 (cm)

6. Penumbuk

Dalam Gambar 3.6 penumbuk digunakan untuk menghancurkan bahan-bahan keramik agar sesuai ukuran mesh yang sudah ditentukan.



Gambar 3.6 penumbuk

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya

7. Gelas ukur

Gambar 3.7 gelas ukur dipergunakan untuk mengukur volume air.



Gambar 3.7 Gelas ukur

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya

Spesifikasi

Kapasitas : 250 ml

Tinggi : 32 cm

Diameter : 4 cm

Tebal : 1,5 mm

Bahan : Glass

8. Cawan

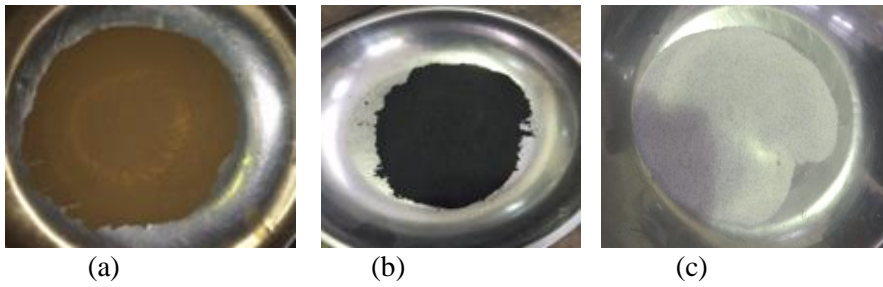
Cawan seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8 berfungsi sebagai wadah untuk mencampur semua bahan.



Gambar 3.8 Cawan

Sumber: Laboratorium Pengecoran Logam Teknik Mesin Universitas Brawijaya

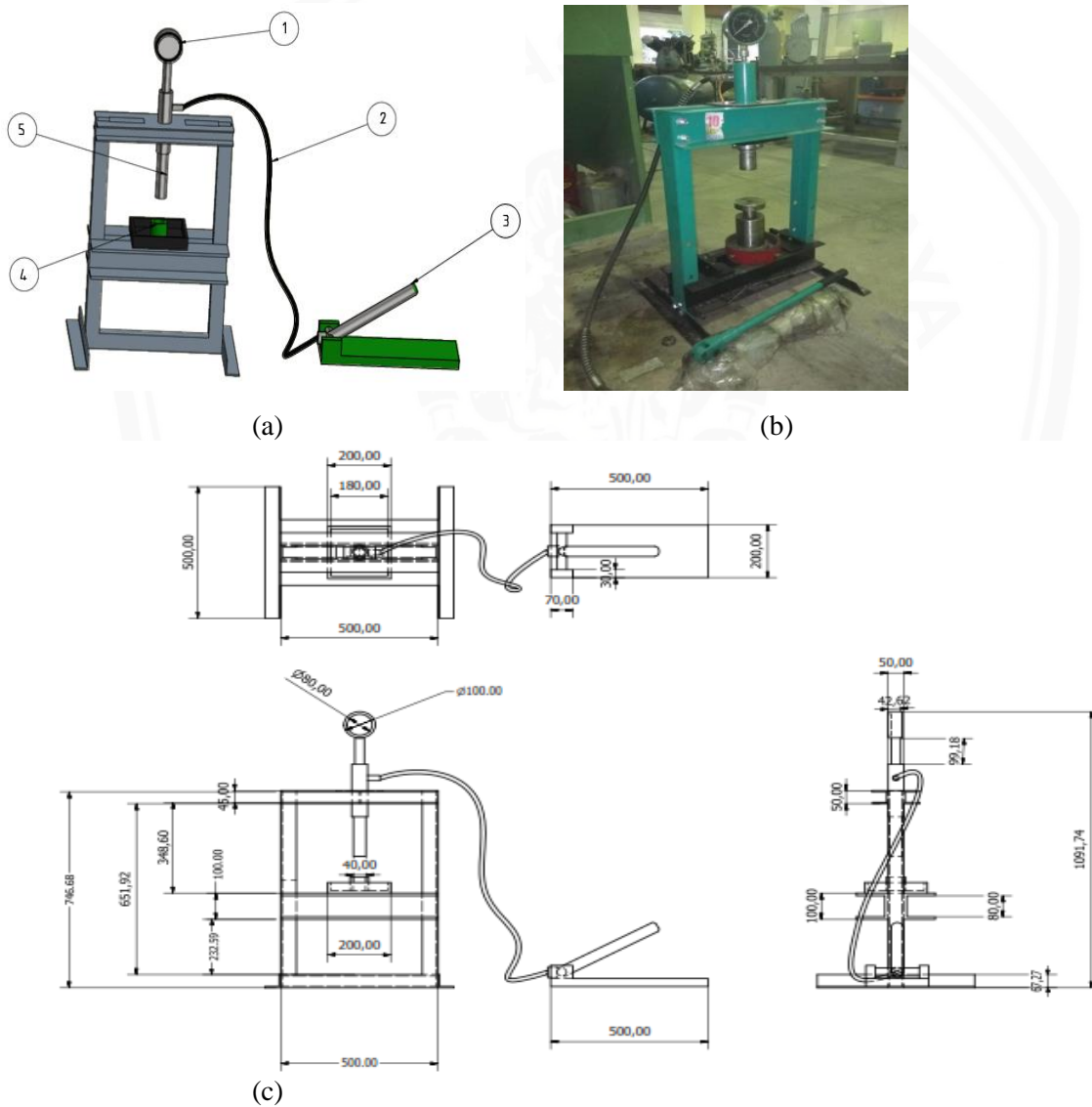
3.4.2 Bahan yang Digunakan Pada Pembuatan Keramik



Gambar 3.9 a) Tanah liat b) Karbon aktif c) Marmer
Sumber: Dokumentasi pribadi

3.5 Instalasi Penelitian

3.5.1 Instalasi Mesin Pencetak Keramik

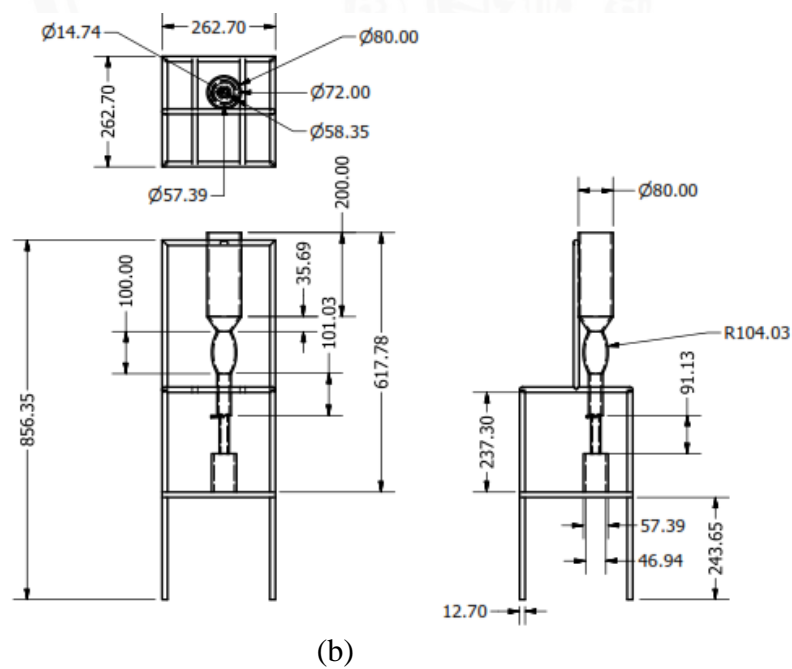
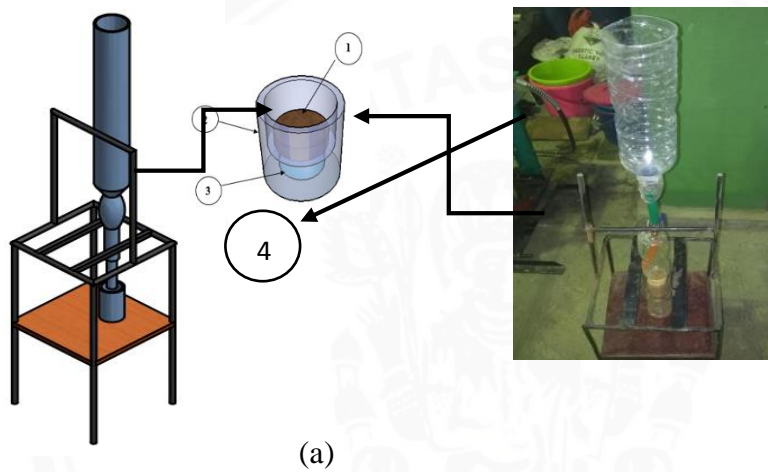


Gambar 3.10 a) Skema 3D mesin pencetak b) Mesin pencetak c) Skema gambar 2D mesin pencetak
Sumber: Dokumentasi pribadi

Keterangan:

1. Skala ukur tekanan
2. Selang penghubung
3. Hidrolik
4. Wadah serbuk keramik
5. Pencetak keramik

3.5.2 Instalasi Penyaringan Air



Gambar 3.11 a) Gambar 3D Instalasi penyaringan air b) Gambar 2D Instalasi penyaringan air

Keterangan:

1. Keramik
2. wadah
3. Air setelah meresap melewati keramik
4. Kran

3.6 Prosedur Pengujian

3.6.1 Prosedur pembuatan keramik

1. Menyiapkan bahan-bahan

Tanah liat, marmer, dan karbon aktif masing-masing masih berbentuk bongkahan sehingga perlu dihaluskan dengan cara ditumbuk sampai ukurannya menjadi butiran-butiran. Kemudian dirotop untuk menentukan ukuran mesh dari masing-masing bahan yaitu tanah liat 180 μ m, marmer 180 μ m, dan karbon aktif 140 μ m. Massa total dari tiap spesimen adalah 20 gram, presentase komposisi bahan yang digunakan bisa dilihat pada Tabel 3.1 sebagai berikut.

Tabel 3.1

Presentase komposisi berat dari bahan

Bahan	Tanah liat	Marmer	Karbon aktif
Komposisi	60%	25%	15%

2. Pencampuran bahan

Setelah keseluruhan bahan ditimbang sesuai dengan ukuran massanya, selanjutnya bahan tersebut dicampur sampai merata dan ditambahkan air dengan perbandingan antara air dan bahan yaitu 1 : 4.

3. Pencetakan

Bahan yang sudah dicampur dengan air kemudian dimasukan kedalam cetakan yang berdiameter 40 mm, lalu ditekan dengan perbedaan gaya pencetak yaitu 2 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton. Untuk setiap spesimen ditahan selama 5 menit saat penekanan.

4. Pengeringan

Sebelum melalui pembakaran, spesimen dikeringkan selama 2 hari supaya air yang meresap kedalam keramik bisa hilang dan spesimen bisa saling mengikat secara sempurna

5. Sintering

Setelah dikeringkan selama 2 hari maka spesimen bisa dibakar dengan suhu 1000 C dan ditahan selama 5 jam.

6. Spesimen siap dilakukan pengujian.

3.6.2 Prosedur Pengujian Porositas standart ASTM C20-00

1. Menimbang massa dari berat kering spesimen
2. Merendam dan merebus spesimen dalam air selama 2 jam kemudian dititiskan minimum 12 jam, setelah itu dimasukkan dalam air untuk mengukur massa dalam air
3. Membersihkan permukaan keramik setelah direndam tadi, lalu diukur massa jenuhnya
4. Kemudian didapat nilai porositas dari keramik yang diukur dari perhitungan menggunakan rumus porositas standar ASTM C20-00

3.6.3 Prosedur Pengujian Derajat Keasamaan Dengan Spesimen Tanpa Lubang

1. Spesimen yang digunakan dibuat tanpa adanya lubang dengan berat kering 12 gram
2. Memasukan keramik ke dalam wadah
3. Mengukur derajat keasamaan air sebelum dialirkan ke keramik menggunakan Ph meter
4. Memasukan air sebanyak 1000 ml ke dalam wadah yang berisi keramik dan ditunggu sampai 5 jam untuk mengetahui volume air yang diserap
5. Mengukur derajat keasamaan air setelah dialirkan ke keramik dengan menggunakan pH meter
6. Mengukur berat spesimen setelah penyaringan.
7. Mengukur volume air yang diserap dengan gelas ukur.

3.6.4 Prosedur Pengujian Derajat Keasamaan Dengan Spesimen Berlubang

1. Spesimen yang digunakan diberikan lubang dengan kawat berdiameter 2 mm sebanyak 5 sampai tembus kebawah dengan berat awal 12 gram
2. Memasukan keramik ke dalam wadah.
3. Mengukur derajat keasamaan air sebelum dialirkan ke keramik menggunakan Ph meter
4. Memasukan air dengan volume 1000 ml ke dalam wadah yang berisi keramik
5. Mengukur derajat keasamaan air setelah dialirkan ke keramik dengan menggunakan pH meter
6. Melakukan langkah-langkah dari poin 2 sampai 5 sampai 10 kali pengulangan.
7. Diukur berat spesimen setelah 10 kali pengulangan penyaringan
8. Dihitung selisih dari berat spesimen setelah disaring sama sebelum disaring dengan bentuk satuan gram. Karena berat jenis air 1 gram/cm³ maka nilai 1 gram= 1 cm³.
9. Kemudian ketemu jumlah volume air yang meresap didalam spesimen keramik
10. Setelah itu untuk volume air yang diserap dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut

$$Q_{out}=Q_{in}-loses$$

(3-1)

Dimana:

Q_{out} = Volume air setelah penyerapan (ml)

Q_{in} = Volume air yang masuk (ml)

Loses = Volume air yang masih didalam keramik (ml)

11. Selanjutnya menghitung kecepatan air yang dirumuskan sebagai berikut.

$$V = \frac{Q_{out}}{t} \quad (3-2)$$

Dimana:

V = Kecepatan penyerapan (liter/menit)

t = Waktu (menit)

3.6.5 Pengujian Derajat Keasaman Spesimen

Prosedur pengujian derajat keasaman spesimen:

1. Spesimen yang akan diuji derajat keasamannya dibuat menjadi serbuk dan dimasukan kedalam gelas ukur untuk mengukur volume dari spesimen tersebut
2. Mengkalibrasi pH meter dengan pH 7 menggunakan larutan buffer dengan volume 250 ml, dimana elektroda yang berfungsi sebagai sensor dicelupkan kedalam larutan tersebut sampai muncul angka pH 7 sebagai kondisi pH netral.
3. Memasukan serbuk spesimen ke dalam larutan buffer dan diaduk sampai merata
4. pH campuran antara larutan buffer dan spesimen bisa diketahui nilainya menggunakan elektroda
5. pH spesimen dihitung menggunakan persmaan rumus titrasi asam basa sebagai berikut

$$[H^+] = \frac{V_1 [H_1^+] \cdot V_2 [H_2^+]}{V_1 + V_2} \quad (3-3)$$

$$pH_1 = -\log [H_1^+]$$

Dimana:

$[H_1^+]$ = Kosentrasi dari spesimen

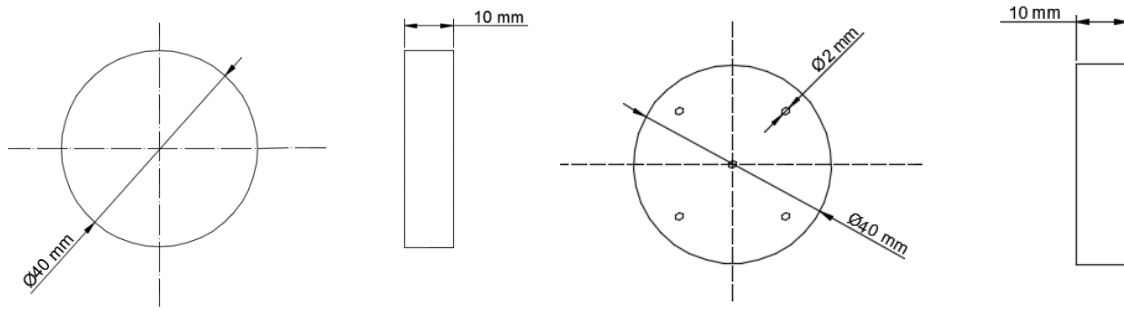
$[H_2^+]$ = Kosentrasi dari buffer

$[H^+]$ = Kosentrasi dari campuran antara buffer dengan spesimen

V_1 = Volume dari spesimen (ml)

V_2 = Volume dari larutan spesimen (ml)

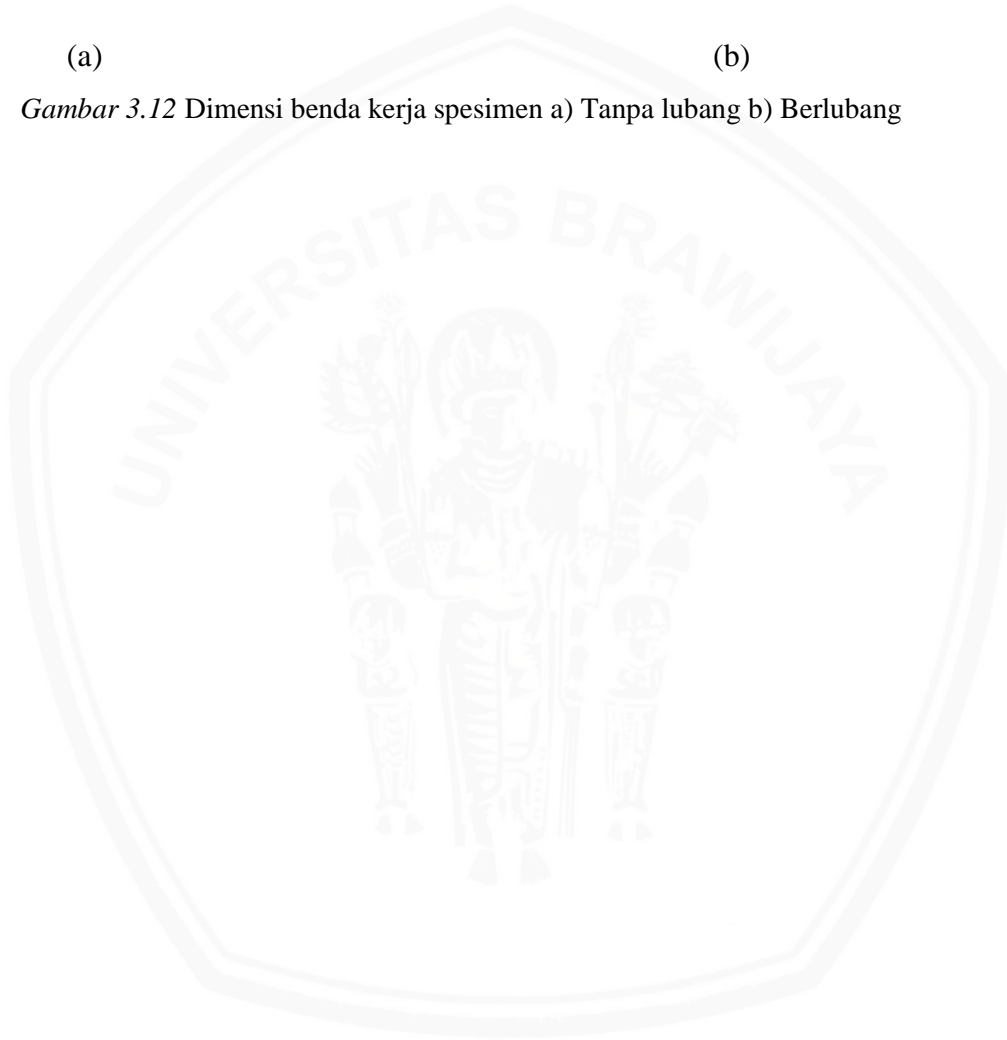
3.7 Dimensi benda kerja



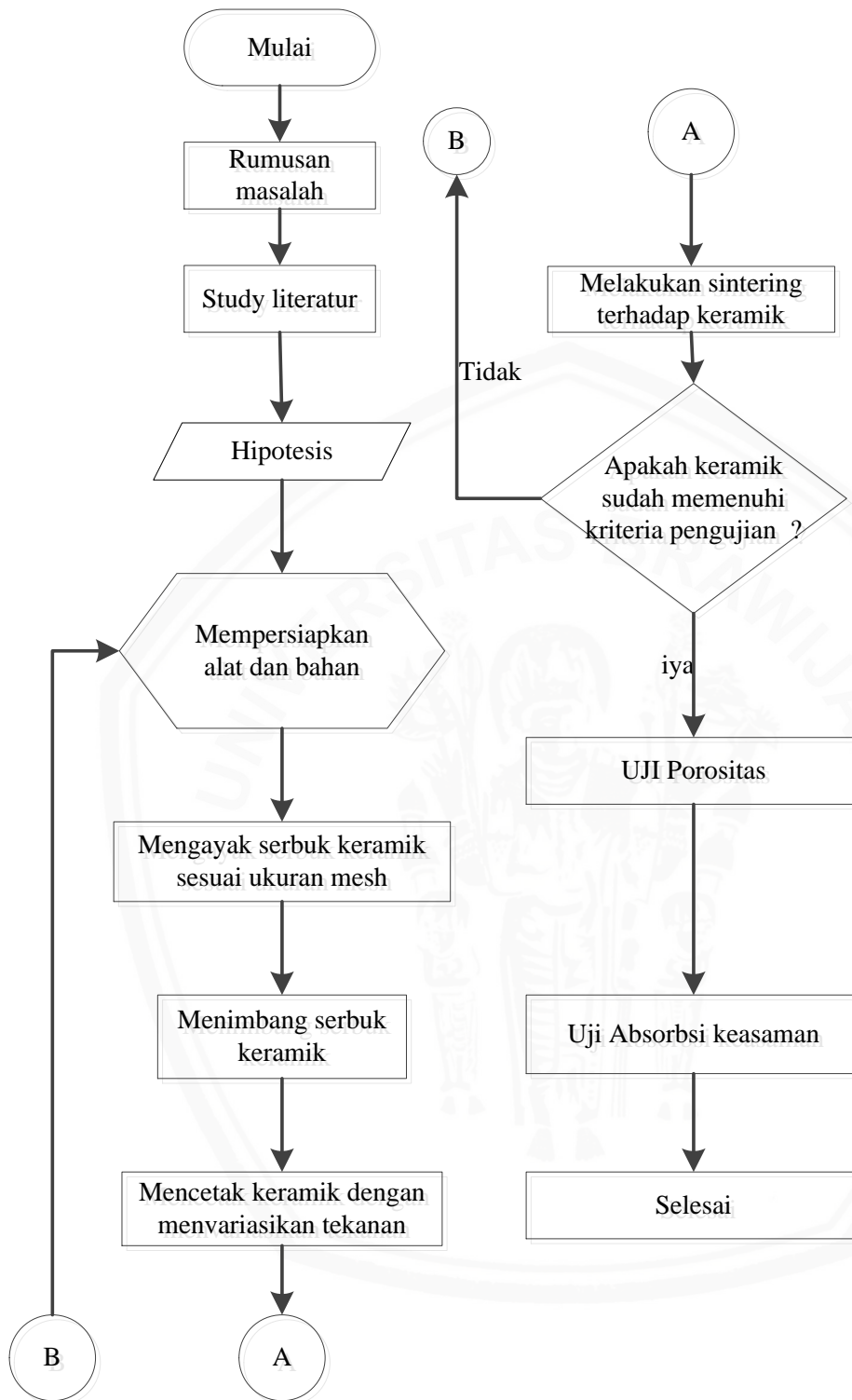
(a)

(b)

Gambar 3.12 Dimensi benda kerja spesimen a) Tanpa lubang b) Berlubang



3.8 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.13 Diagram alir penelitian

3.9 Rencana Penelitian

Pengambilan dan pengolahan data

Tabel 3.2

Perencanaan Hubungan Beban Pencetak Dengan Densitas Dan Porositas

Beban pencetak (Ton)	Massa kering (Gram)	Massa basah (gram)	Densitas (g/cm^3)	Porositas (%)
2	D	W	ρ	P
4	D	W	ρ	P
6	D	W	ρ	P
8	D	W	ρ	P

Tabel 3.3

Perencanaan Hubungan Beban Pencetak Dengan Absorpsi Keasaman

Beban pencetak (Ton)	pH spesimen			pH Air sungai	
	pH sebelum dibakar	pH setelah dibakar	pH setelah peresapan air sungai	sebelum meresap keramik	setelah meresap keramik
2	A	B	C	D	E
4	A	B	C	D	E
6	A	B	C	D	E
8	A	B	C	D	E



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Tabel hasil pengujian Porositas dan Densitas

Tabel 4.1
Hasil pengujian piknometri

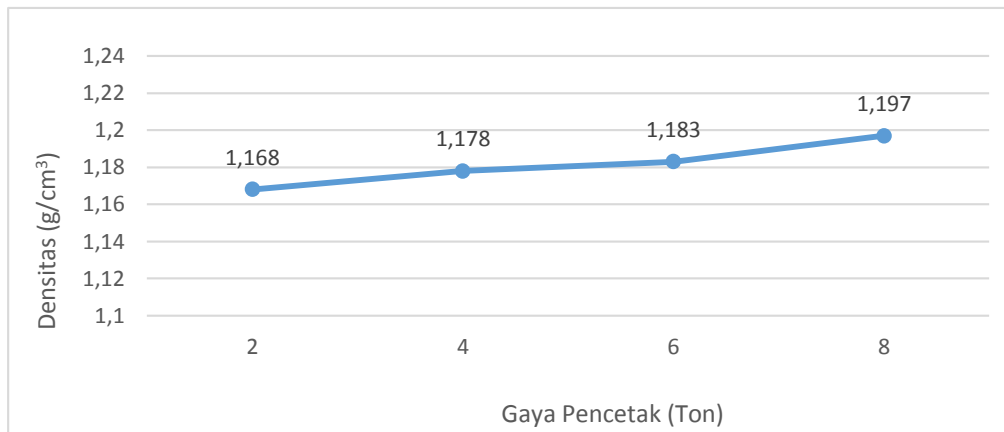
Gaya pencetak (ton)	Massa spesimen (g)			Volume spesimen (cm ³)	Densitas (g/cm ³)	Porositas (%)	Absorpsi air (%)	Densitas rata-rata (g/cm ³)	Porositas rata-rata (%)	Absorpsi air rata-rata (%)
	kering	air	jenuh							
2	11,41	5,3	15,07	9,77	1,168	37,46	32,08	1,168	36,765	31,471
	12,14	5,5	15,95	10,45	1,162	36,46	31,38			
	11,34	5,2	14,85	9,65	1,175	36,37	30,95			
4	12,05	5,82	15,79	9,97	1,209	37,51	31,04	1,178	35,851	30,424
	11,53	5,5	14,99	9,49	1,215	36,46	30,01			
	12,01	4,83	15,64	10,81	1,111	33,58	30,22			
6	12,42	5,16	16,18	11,02	1,127	34,12	30,27	1,183	33,61	28,443
	12,02	5,5	15,32	9,82	1,224	33,6	27,45			
	12,21	5,4	15,58	10,18	1,199	33,1	27,6			
8	11,87	4,61	15,28	10,67	1,112	31,96	28,73	1,197	33,493	28,006
	12,09	5,8	15,57	9,77	1,237	35,62	28,78			
	12,45	5,72	15,75	10,03	1,241	32,9	26,51			

Nilai porositas, densitas, dan absorpsi air dihitung menggunakan standart ASTM C20-00 yang dirumuskan sebagai berikut

$$\%P = \frac{W-D}{V} \times 100\% \quad V = W-S \quad P \text{ (g/cm}^3\text{)} = \frac{D}{V} \quad \%A = \frac{W-D}{D} \times 100\% \dots\dots\dots(4-1)$$

Dimana : P = porositas (%), ρ = berat jenis spesimen (g/cm³), W = berat jenuh spesimen (g), D = berat kering spesimen (g), V= Volume spesimen (asumsi 1 cm³ = 1 gram spesimen), S= berat spesimen direndam di air (g), A = Absorpsi air (%)

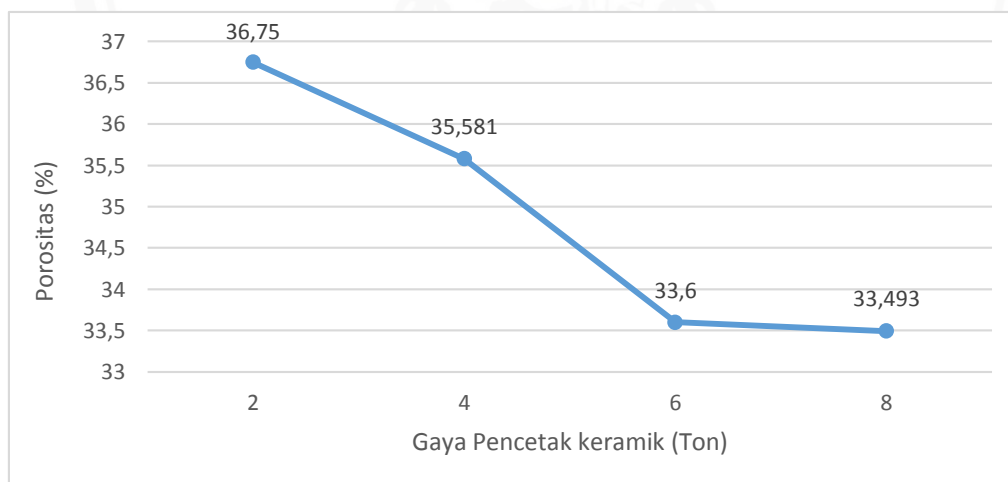
4.2 Pembahasan grafik pengujian densitas



Gambar 4.1 Hubungan Gaya pencetak dengan densitas

Pada grafik 4.1 memperlihatkan nilai pengujian rata-rata densitas dengan variasi gaya tekan 2 ton, 4 ton, 6 ton dan 8 ton secara berturut-turut memiliki nilai densitas sebagai berikut 1,168 g/cm³, 1,178 g/cm³, 1,183 g/cm³ dan 1,197 g/cm³. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai gaya penekan pencetak keramik maka nilai densitasnya semakin besar hal ini dikarenakan rongga-rongga yang berada didalam keramik semakin kecil apabila gaya yang diberikan semakin besar sehingga berat jenis keramik akan mengalami peningkatan.

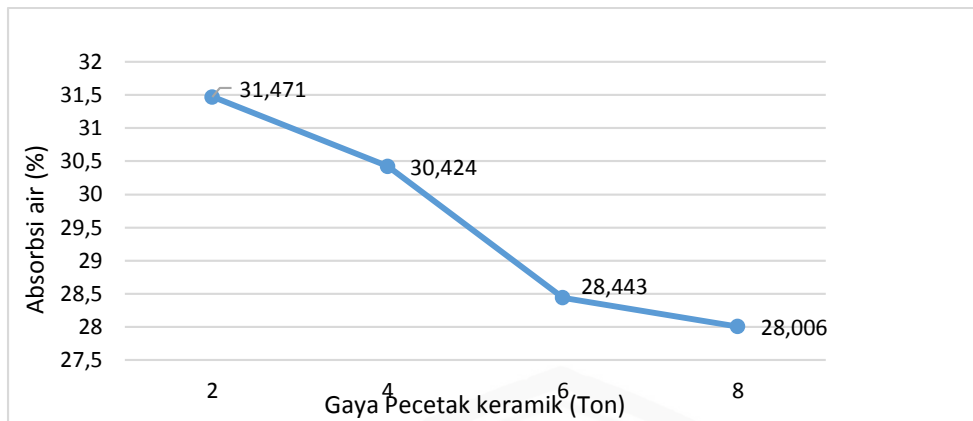
4.3 Grafik dan pembahasan Porositas



Gambar 4.2 Hubungan Gaya pencetak dengan porositas

Pada grafik 4.2 memperlihatkan dengan gaya pencetak 2 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton secara berturut-turut memiliki nilai porositas 36.765 %, 35.851 %, 33,610%, dan 33.493 % hal ini di akibatkan karena dengan gaya pencetak yang tinggi dapat menyebabkan jarak rongga-rongga yang berada antar partikel menjadi kecil sehingga semakin semakin besar nilai gaya pencetak keramik maka porositas dari keramik akan semakin kecil.

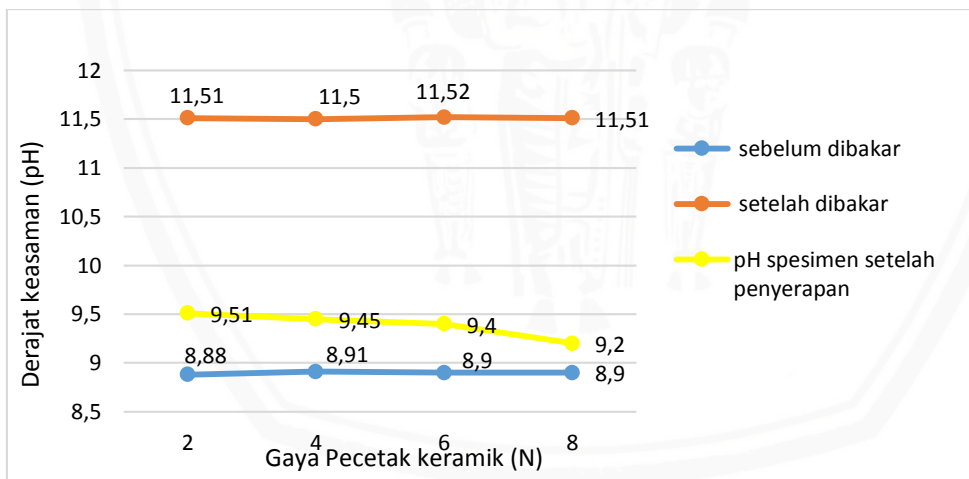
4.4 Pembahasan pengujian absorpsi air



Gambar 4.3 Hubungan Gaya pencetak dengan Absorpsi air

Pada grafik 4.3 memperlihatkan bahwa gaya penekan 2 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton secara berturut-turut memiliki nilai absorpsi air 31,471% ; 30,424 ; 28,443, dan 28,006. Dapat disimpulkan bahwa semakin besar nilai gaya pencetak keramik maka absorpsi air semakin kecil hal ini disebabkan pori-pori yang diisi oleh air ketika penyerapan air akan mengecil apabila diberikan gaya penekan yang besar.

4.5 Data pengujian derajat keasaman spesimen



Gambar 4.4 Hasil pengujian pH spesimen

Gambar 4.4 menunjukkan bahwa terjadi perubahan derajat keasaman spesimen dari keramik sebelum dibakar, setelah dibakar, dan setelah penyerapan. Perubahan pH pada spesimen sebelum dan sesudah dibakar dipengaruhi oleh temperatur sintering. Ketika temperatur dinaikan maka akan menyebabkan penguraian dari zat kimia karena adanya energi aktivasi dan menghilangkan zat-zat organik serta kadar air. saat keramik diaplikasikan sebagai filterisasi air

yang asam, pH spesimen keramik mengalami penurunan, hal ini diakibatkan oleh reaksi kimia yang terjadi antara keramik dan air asam.

Untuk menentukan kesetimbangan massa terhadap derajat keasaman dirumuskan sebagai berikut

$$\text{pH} = -\log[\text{H}^+] \dots \dots \dots (4-2)$$

Untuk mereaksikan nilai derajat keasaman yang terjadi ketika dicampurkan dapat dihitung menggunakan persamaan kesetimbangan Molaritas

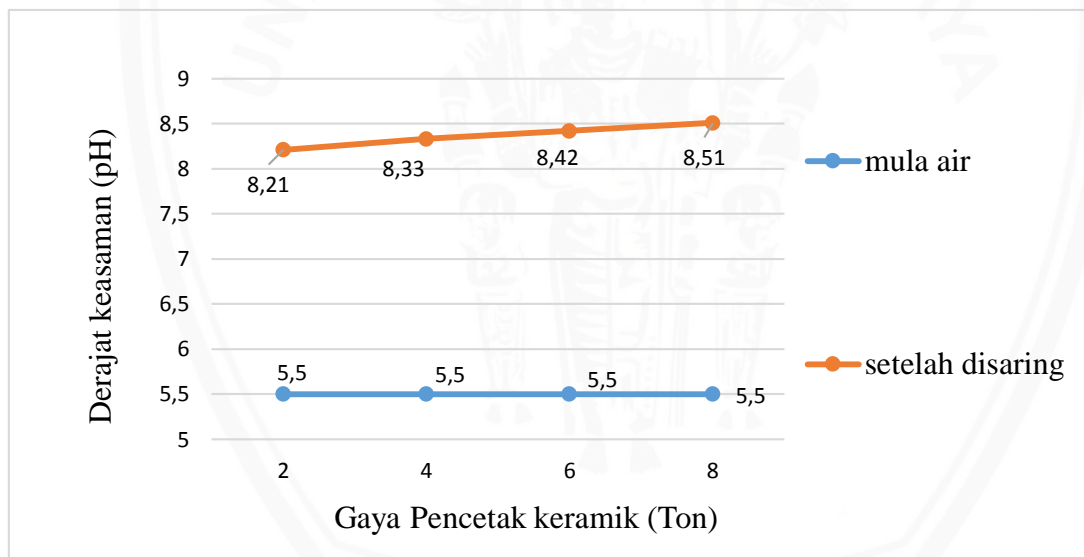
$$[\text{H}^+] = \frac{V_1 [\text{H}_1^+] \cdot V_2 [\text{H}_2^+]}{V_1 + V_2} \dots \dots \dots (4-3)$$

dimana

Mr = massa molekul relatif dari zat pelarut (gram)

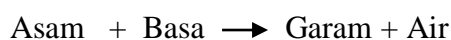
V = volume larutan air (ml)

4.6 Data pengujian derajat keasaman air

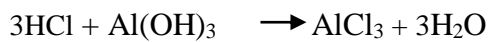
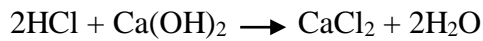


Gambar 4.5 Perbandingan pH air sebelum disaring dan setelah disaring

Perubahan derajat keasaman air setelah melewati keramik disebabkan oleh penyerapan air secara reaksi kimia. Dimana reaksi kimia menggunakan penetralan asam basa sebagai berikut



Semisal didalam marmer ada kandungan Ca dan di tanah liat ada kandungan aluminium berdasarkan reaksi penetralan asam basa bisa uraikan sebagai berikut

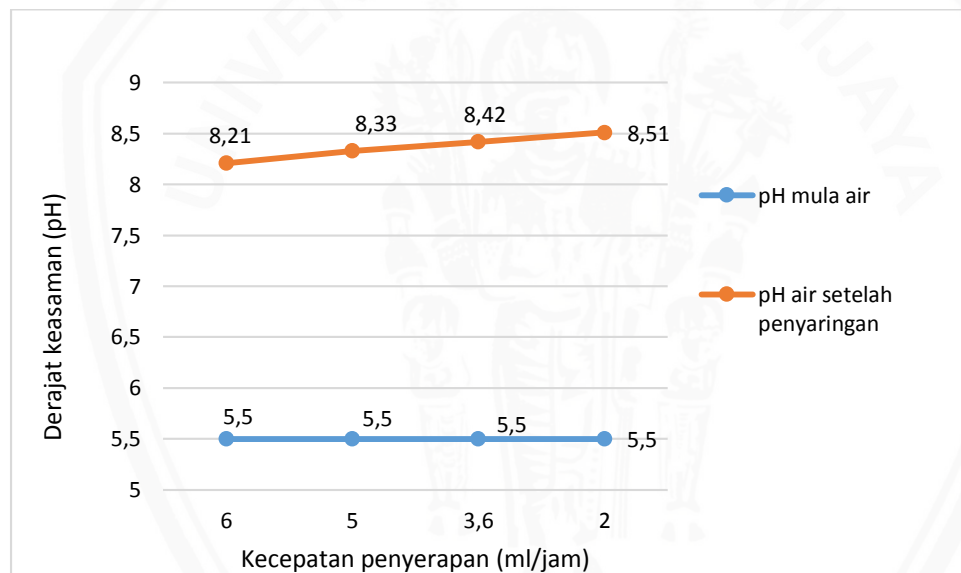


ketika air meresap setelah melewati keramik akan mengendap sebuah padatan yang berada dipermukaan air tersebut. Pengendapan padatan tersebut dinamakan garam yang merupakan reaksi penetralan. Sehingga saat zat asam bereaksi dengan zat basa menyebabkan derajat keasamaan mengalami perubahan.

4.7 Kecepatan penyerapan

Pengujian kecepatan penyerapan ini terbagi menjadi 2 yaitu penyerapan keramik tanpa lubang dan keramik dengan pemberian lubang yang dilakukan secara berulang sebanyak 10 kali.

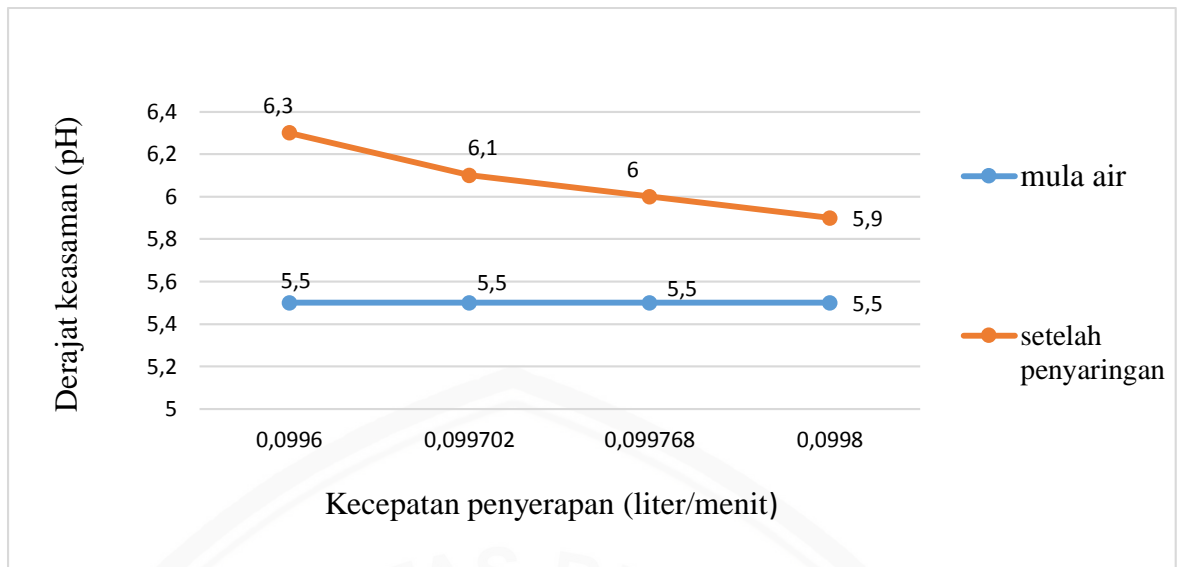
4.7.1 Penyerapan keramik tanpa lubang



Gambar 4.6 hasil kecepatan penyaringan terhadap perubahan pH

Grafik 4.6 menunjukkan bahwa semakin besar nilai kecepatan penyerapan air maka perubahan derajat keasamaan air akan semakin sedikit dibandingkan kecepatan penyerapan air yang rendah. Hal ini dikarenakan reaksi kontak yang terjadi antara keramik dengan air yang tersaring terlalu cepat yang menyebabkan kelajuan reaksi kimia yang terjadi kurang optimal.

4.7.2 Penyerapan keramik dengan lubang secara berulang sebanyak 10 kali



Gambar 4.7 Grafik pengujian perubahan pH yang dilakukan pengulangan sebanyak 10 kali

Grafik 4.7 menunjukkan mulai dari kiri sampai kanan menggunakan gaya pencetak secara berturut-turut 2 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton. Semakin besar gaya pencetak maka kecepatan penyerapan kurang optimal terhadap hasil penyerapan hal ini dikarenakan oleh reaksi kontak antara keramik dengan air terlalu cepat akibat mengecilnya pori-pori ketika gaya pencetak diperbesar sehingga air sulit untuk masuk ke dalam pori-pori dari keramik tersebut.

4.8 Komposisi Kimia bahan

Pada pengujian komposisi bahan-bahan dari keramik untuk bahan marmer dan tanah liat menggunakan metode XRF sedangkan untuk karbon menggunakan metode SEM-EDX. Data-data dari hasil pengujian komposisi dari setiap bahan untuk lebih detailnya dicantumkan di dalam lampiran 2. Pengujian bahan ini digunakan untuk mengetahui kandungan unsur kimia yang terkandung didalam bahan-bahan pembuatan keramik.

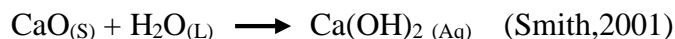
4.8.1 Marmer

Marmer pada penelitian ini digunakan sebagai penetralisir dari zat asam. berdasarkan pengujian komposisi kimia di laboratorium sains universitas negeri malang dengan metode XRF didapat komposisi dari marmer tulungagung sebagai berikut

Tabel 4.2
Komposisi unsur kimia marmer

Zat kimia	Ca	Mn	Fe	Cu	Sr	Eu	Lu
Kandungan (%)	95,74	0,15	2,95	0,051	0,79	0,2	0,17

Zat kalsium memiliki komposisi terbesar yaitu 95,74 % seperti yang ditunjukkan pada tabel 4.2. Zat kalsium termasuk zat basa, karena ketika dilarutkan ke dalam air akan membentuk senyawa kalsium hidroksida $\text{Ca}(\text{OH})_2$. Hal ini bisa dilihat dari persamaan reaksi kimia sebagai berikut



4.8.2 Tanah liat

Tabel 4.3

Komposisi unsur kimia tanah liat

Zat kimia	Na	Al	Si	P	K	Ca	Ti	V	Cr	Mn	Ba
Kandungan (%)	3,5	16,5	41,2	0,9	1,2	8,02	5,44	0,77	1,5	14	7

Komposisi tanah liat seperti yang terlihat pada tabel 4.3 memiliki unsur basa seperti Na, Al, Si, Mn, dan Ca yang apabila direaksikan dengan air akan terbentuk senyawa basa sebagai berikut NaOH , $\text{Al}(\text{OH})_3$, $\text{Ca}(\text{OH})_2$, dan KOH (siberger, 2010). Selain terdapat penyusun unsur basa, tanah liat memiliki sifat kohesif yaitu bisa mengikat unsur yang lain saat kondisinya basah.

4.8.3 Karbon aktif

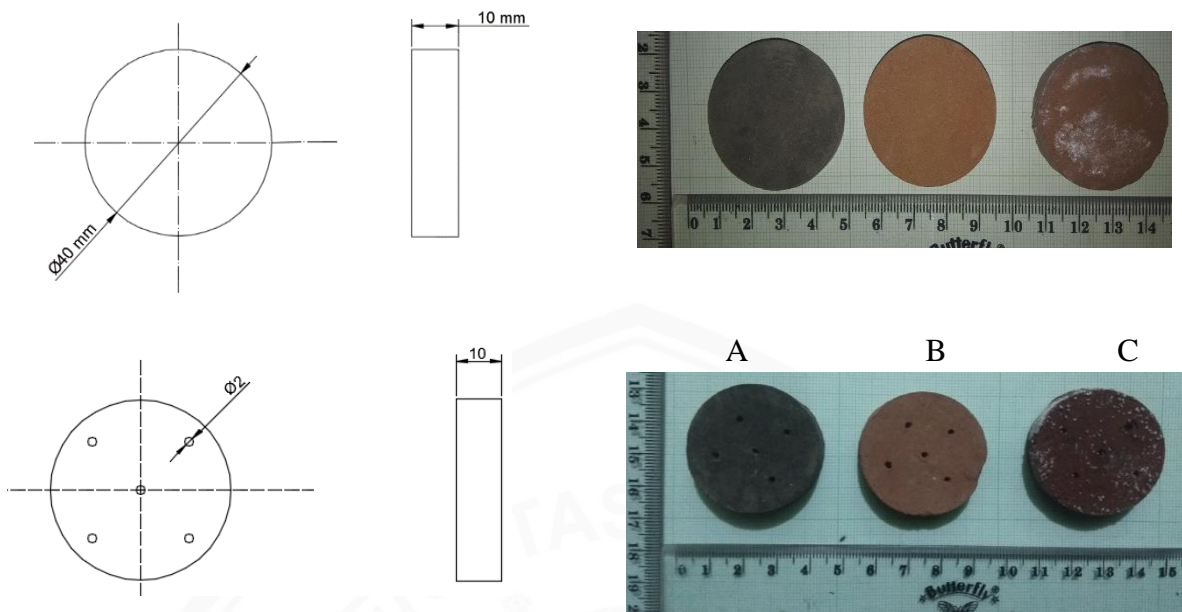
Tabel 4.4

Komposisi unsur kimia karbon aktif

Zat kimia	C	O	Na	Mg	Al	Si	Cl	K	Ca	Fe
Kandungan (%)	84,022	14,408	0,085	0,087	0,252	0,465	0,148	0,318	0,057	0,159

Karbon aktif berperan sebagai penjernih dari air, dimana berdasarkan pengujian komposisi unsur kimia di laboratorium sains universitas negeri malang didapatkan nilai karbon (C) memiliki komposisi paling besar seperti terlihat pada tabel 4.4. Karbon aktif memiliki pori-pori yang banyak biasanya digunakan sebagai penyaring. Pori-pori yang terdapat pada karbon aktif diperoleh dari pemanasan pada suhu tinggi dan pencampuran dengan bahan kimia yang lain.

4.9 Spesimen sebelum dibakar, setelah dibakar dan setelah penyaringan



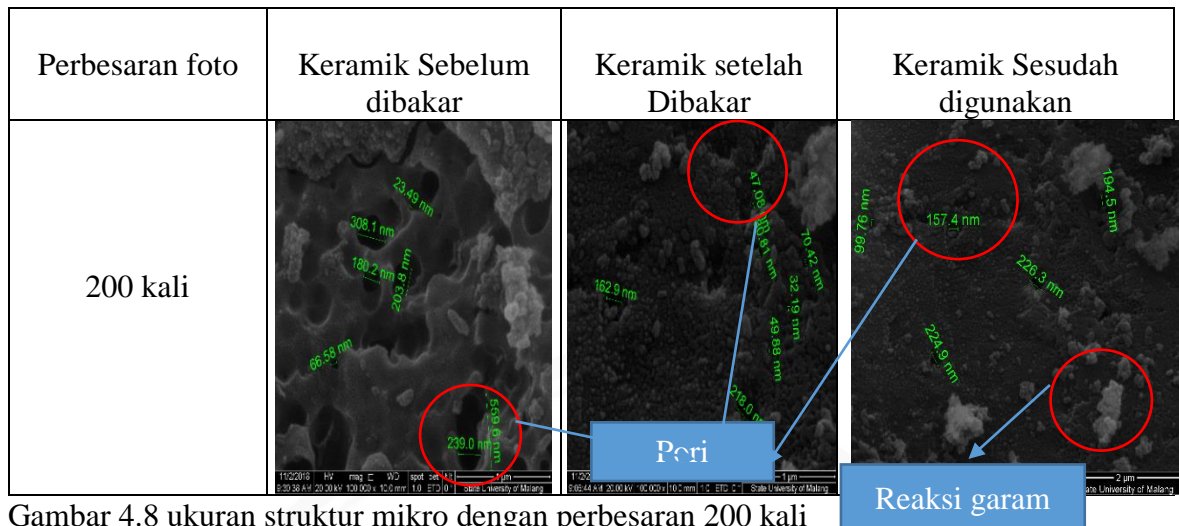
Gambar 4.8 Dimensi Spesimen

Keterangan :

- A : Keramik sebelum dibakar
- B : Keramik setelah dibakar
- C : Keramik setelah disaring

Pada gambar 4.8 menunjukkan warna keramik sebelum dibakar berwarna kehitaman hal ini disebabkan adanya karbon aktif yang dijadikan sebagai bahan baku, namun setelah dipanaskan suhu 1000°C keramik berubah menjadi kemerah-merahan hal ini diakibatkan karena karbon aktif berubah menjadi abu, abu tersebut menutupi pori butiran keramik yang berfungsi sebagai media absorpsi. Selain itu penyebab warna hitam pada keramik sebelum dibakar dikarenakan adanya air bebas dan zat organik seperti humus, daun, dan ranting yang terkandung didalam tanah liat. Setelah dibakar, air dan zat organik tersebut akan menyatu dalam keramik dan menyebabkan warna tanah liat yang semula berwarna kehitaman menjadi kemerahan matang. Begitu juga ketika keramik setelah melewati proses penyaringan, keramik akan berubah menjadi hitam kemerahan hal ini masih ada air merembes didalam keramik tersebut. Keramik setelah penyaringan terdapat embun-embun yang berwarna putih yang menempel pada permukaan keramik. Embun-embun tersebut dinamakan reaksi penggaraman yang merupakan hasil reaksi zat asam dengan zat basa.

4.10 Struktur mikro keramik sebelum dibakar, setelah dibakar, dan setelah digunakan



Gambar 4.8 ukuran struktur mikro dengan perbesaran 200 kali

Pengambilan foto menggunakan mikroskop optik dengan perbesaran 200 kali . gambar keramik diatas memperlihatkan bahwa pada keramik sesudah penyaringan terdapat embun-embun. Embun tersebut dinamakan garam yang merupakan hasil reaksi penetralan antara zat asam dengan zat basa.

Pori-pori terdapat pada gambar foto struktur mikro. pori-pori ini berfungsi sebagai media penyerapan larutan zat asam. Apabila ukuran pori lebih kecil daripada zat asam maka larutan zat asam tersebut akan tersangkut didalam keramik dan akan membentuk reaksi garam. Pori pada keramik sebelum dibakar memiliki ukuran pori yang lebih kecil dari pada pori sesudah dibakar dan setelah digunakan hal ini disebabkan karena butiran dari bahan keramik masih terdapat air bebas sehingga dapat mengikat butiran dari bahan keramik tersebut, namun setelah dibakar air bebas dari keramik tersebut hilang dan menyebabkan penyusutan sehingga pori-pori yang berada pada keramik setelah dibakar sama sesudah filterisasi mengalami peningkatan.



BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang sudah peneliti lakukan didapatkan kesimpulan hasil penelitian sebagai berikut

1. Pada pengujian porositas dengan membedakan gaya pencetak yaitu 2 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton berturut-turut memiliki nilai porositas 36.765% ; 35.851% ; 33,610%, dan 33.493%. Hal ini dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi gaya pencetak keramik maka porositasnya menjadi kecil
2. Hasil dari pengujian absorpsi keasaman air yang didapat dari penyaringan dengan perbedaan gaya pencetak keramik 2 ton, 4 ton, 6 ton, dan 8 ton secara berturut-turut dengan pH air awal 5,5 yaitu 8,21; 8,33; 8,42; dan 8,51. Dari data tersebut dapat disimpulkan bahwa semakin besar gaya pencetak keramik maka penyerapan dari zat asam akan semakin meningkat sehingga nilai pH akan naik

5.2 Saran

1. Batu marmer selain dimanfaatkan sebagai media filter zat asam bisa dimanfaatkan untuk pengaplikasian dibidang yang lain karena marmer memiliki kandungan unsur Ca yang tinggi.
2. Sebaiknya penelitian ini bisa dilanjutkan lagi karena dari segi alatnya masih kurang canggih jadi penelitiannya hasilnya kurang optimal misalnya dari segi uji komposisi bahan menggunakan XRD yang tidak bisa mendeteksi kandungan unsur C dan O



DAFTAR PUSTAKA

- Aphin. (2012). *Prakarya dari Tanah Liat. Makalah Seminar*. Malang: Universitas Brawijaya
- Anderson, J. C., & Narus, J. A. (1990, January). *A Model of Distributor Firm and Manufacturer Firm Working Partnerships*.
- ASTM C20-00 Standard Test Methods for Apparent Porosity, Water Absorption, Apparent Specific Gravity, and Bulk Density of Burned Refractory Brick and Shapes by Boiling Water.
- Callister, William D. (2007). *“Material Science and Engineering An. Introduction”*. New York: John Wiley and Sons, Inc.
- Chasri nurhayati dan Tri susanto (2015). *Pemanfaatan Fly Ash Batubara Bahan membran keramik pada unit pengolah air gambut*. Baristand industri : Palembang
- Erlinda Sulistyani, Agus Setyo Budi ,dan Esmar Budi.(2014). *membran keramik berpori berbasis zeolit dan clay dengan penambahan zat adiktif*. Universitas negeri jakarta. Jakarta
- Hanum, Farida. (2009). *Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit Dari Unit. Deoling Pond Menggunakan Membran Mikrofiltrasi*. Medan : Jurusan. Teknik Kimia Program Pasca Sarjana Universitas Sumatra Utara
- Hanafiah, A. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Journey, sam. “Densitas batuan dan perannya dalam teknik eksplorasi”. 20 juni 2013 <http://sammashuri.blogspot.co.id/2013/06/densitas-batuan-dan-perannya-dalam.html>
- Harefa, F. B. (2009). *Pemanfaatan Limbah Padat Pulp Gritsdan Dregs dengan Penambahan Kaolin sebagai Bahan Pembuatan Keramik Konstruksi*. Skripsi. Departemen Fisika. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Karina Okky Sandra, Agus Setyo Budi, dan Anggoro Budi Susilo. (2014). *Pengaruh Suhu Sintering Terhadap Densitas dan Porositas pada Membran Keramik Berpori Berbasis Zeolit, Tanah Lempung, Arang Batok Kelapa, dan Polyvinylalcohol (PVA)*. Jurusan fisika fakultas Ilmu pengetahuan alam Univesitas negeri jakarta. Jakarta
- Murdiyanto.”Karbon aktif”.13 juni 2012.http://www.purewatercare.com/karbon_aktif.php
- Partana, Crys Fajar. 2008. KIMIA I. Bogor: Quadra.



- Rachman, A. (1999), *Kamus Istilah dan Singkatan Asing Teknik Penyehatan dan Lingkungan*. Jakarta. Penerbit Universitas Trisakti 1999. Jakarta
- Sapiie Benyamin, 2006. *GL-1211 GEOLOGI FISIK*. Bandung: ITB
- Spitz, K. dan Moreno, J. 1996: *A Practical guide to Groundwater and solute transport Modeling*, Jhon Wiley & Sons, Inc, New York, hlm. 461
- Trethewey, KR., Chamberlain, J.,(1991), *Korosi untuk Mahasiswa dan Rekayasawan*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- Vlack Van. H. L. (1991). *Material Science for Engineers*. USA : Addison – Wesley Publishing Company
- Wardhani, IGK,2008, *Penelitian Tindakan Kelas*. Jakarta: Universitas Terbuka

