



TUGAS AKHIR - TL 184834

**ANALISIS PENGARUH RASIO PELARUT ETANOL TERHADAP
KINERJA NANOPARTIKEL SILIKA MESOPORI DARI SEKAM
PADI SEBAGAI MATERIAL PENGANTAR OBAT**

**RISKA FITRI AMALIA
NRP. 0251164000038**

**Dosen Pembimbing
Diah Susanti, S.T., M.T., Ph. D.
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.**

**DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020**



TUGAS AKHIR – TL 184834

**ANALISIS PENGARUH RASIO PELARUT ETANOL
TERHADAP KINERJA NANOPARTIKEL SILIKA
MESOPORI DARI SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL
PENGANTAR OBAT**

RISKA FITRI AMALIA
NRP. 0251164000038

Dosen Pembimbing
Diah Susanti, S.T., M.T., Ph. D.
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

DEPARTEMEN TEKNIK MATERIAL DAN METALURGI
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(Halaman ini sengaja dikosongkan)



FINAL PROJECT – TL 184834

**ANALYSIS OF THE EFFECT OF ETHANOL SOLUTION
RATIO ON THE PERFORMANCE MESOPOROUS
SILICA NANOPARTICLE FROM RICE HUSK AS A
DRUG DELIVERY**

RISKA FITRI AMALIA
NRP. 0251164000038

Supervisors
Diah Susanti, S.T., M.T., Ph. D.
Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

MATERIALS AND METALLURGICAL ENGINEERING DEPARTMENT
Faculty of Industrial Technology and System Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2020

(This page is intentionally left blank)

**ANALISIS PENGARUH RASIO PELARUT ETANOL
TERHADAP KINERJA NANOPARTIKEL SILIKA
MESOPORI DARI SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL
PENGANTAR OBAT**

TUGAS AKHIR

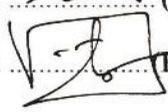
Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Material dan Metalurgi
Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

RISKA FITRI AMALIA
NRP 02511640000038

Disetujui Oleh Tim Penguji Tugas Akhir:

1. Diah Susanti, S.T., M.T., Ph. D.  (Pembimbing I)
2. Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.  (Pembimbing II)



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALISIS PENGARUH RASIO PELARUT ETANOL TERHADAP KINERJA NANOPARTIKEL SILIKA MESOPORI DARI SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL PENGANTAR OBAT

Nama : Riska Fitri Amalia
NRP : 0251164000038
Departemen : Teknik Material dan Metalurgi
Pembimbing I : Diah Susanti, S.T., M.T., Ph. D.
Pembimbing II : Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstrak

Sekam padi merupakan hasil samping proses pengolahan padi, dimana dengan melakukan proses ekstraksi akan didapatkan silika dengan kemurnian yang tinggi. Selain itu silika dari sekam padi dapat dijadikan silika mesopori yang dapat digunakan sebagai material pengantar obat untuk meningkatkan disolusi dari parasetamol. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa kemampuan release parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori dan menganalisa kemampuan disolusi parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori. Penelitian ini terbagi menjadi 4 tahap yaitu sintesis silika, sintesis silika mesopori, proses enkapsulasi parasetamol ke dalam silika mesopori, dan proses kompaksi menjadi tablet. Rasio pelarut etanol divariasikan pada 1:0 (0ml), 1:1 (1,75ml) dan 1:2 (3,5ml). Berdasarkan pengujian, sampel yang memiliki kemampuan release yang lama yaitu sampel dengan rasio pelarut 1:1 dengan membutuhkan waktu 20 jam sampai tablet habis, sejalan dengan hal tersebut, hasil pengujian disolusi memiliki hasil yang optimal pada sampel dengan rasio pelarut 1:1 dengan % disolusi sebesar 34,56%.

Kata Kunci: *Disolusi, etanol, parasetamol, sekam padi, silika mesopori.*

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

ANALYSIS OF THE EFFECT OF ETHANOL SOLUTION RATIO ON THE PERFORMANCE MESOPOROUS SILICA NANOPARTICLE FROM RICEHUSK AS A DRUG DELIVERY

Student Name : Riska Fitri Amalia
NRP : 0251164000038
Department : Materials and Metallurgical Engineering
Supervisor : Diah Susanti, S.T., M.T., Ph. D.
Co-Supervisor : Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T.

Abstract

Rice husk is a side product of rice processing, where by extracting it will get high purity of silica. Furthermore silica from rice husk can be used as mesoporous silica which can be used as a drug delivery material that can increase the dissolution rate of paracetamol. This study aims to analyze the ability of paracetamol release in mesoporous silica nanoparticles and analyze the dissolution ability of paracetamol in mesoporous silica nanoparticles. This study was divided into 4 stages, first silica synthesis, mesoporous silica synthesis, encapsulation process of paracetamol into mesoporous silica, and the last is compaction process into tablets. The ratio of ethanol solvent is divided into 1:0 (0 ml), 1:1 (1,75ml) and 1:2 (3,5ml). Based on study, samples that have a long release capability are sample with solvent ratio 1:1, because it takes 20 hours until tablet runs out. In line with this, dissolution test results have optimal results on sample with solvent ratio 1:1 with % dissolution 34,56%.

Keywords: *Disslotuion, ethanol, mesoporous silica, paracetamol, rice husk.*

(This page is intentionally left blank)

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT atas rahmat dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan tugas akhir yang berjudul **“ANALISIS PENGARUH RASIO PELARUT ETANOL TERHADAP KINERJA NANOPARTIKEL SILIKA MESOPORI DARI SEKAM PADI SEBAGAI MATERIAL PENGANTAR OBAT”**. Laporan ini disusun dan diajukan untuk memenuhi sebagian persyaratan studi di Departemen Teknik Material dan Metalurgi, Fakultas Teknologi Industri dan Rekayasa Sistem, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya.

Penulis menyampaikan terimakasih kepada:

1. Ibu Hariyati Purwaningsih, S.Si., M.Si selaku pembimbing utama yang membimbing penulis dengan sabar selama mengerjakan tugas akhir.
2. Ibu Diah Susanti, S.T., M.T., PhD selaku pembimbing I tugas akhir yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
3. Ibu Vania Mitha Pratiwi, S.T., M.T selaku pembimbing II yang telah membimbing, memberi saran dan arahan serta nasihat dalam pelaksanaan tugas akhir dan penyusunan laporan tugas akhir ini.
4. Bapak Dr. Sigit Tri Wicaksono, S.Si, M.Si selaku Kepala Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTIRS-ITS.
5. Bapak Haniffudin Nurdiansah, ST., MT., selaku dosen wali penulis yang senantiasa memberikan arahan selama masa perkuliahan.

Penulis menyadari bahwa laporan ini masih mempunyai banyak kekurangan yang tidak penulis sadari. Oleh karena itu, kritik dan saran yang membangun dari pembaca sangat kami harapkan agar karya berikutnya dapat lebih baik. Harapan penulis semoga laporan tugas akhir ini dapat bermanfaat dan dimanfaatkan sebaik – baiknya.

Surabaya, 16 Januari 2020
Penulis

Riska Fitri Amalia

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PENGESAHAN	v
ABSTRAK	vii
ABSTRACT	ix
KATA PENGANTAR	xi
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xviii
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Silika	5
2.1.1 Silika Kristalin	5
2.1.2 Silika Amorf.....	6
2.2 Sekam Padi (<i>Rice Husk</i>)	7
2.3 Sintesis RHA dari Sekam Padi	9
2.4 Sintesis Silika dari RHA	10
2.5 Nanopartikel Silika Mesopori	12
2.6 Metode Sintesis Silika Mesopori	15
2.7 Sistem Pengiriman Obat	17
2.7.1 Parasetamol	17
2.7.2 Enkapsulasi	18
2.7.3 Disolusi	20
2.7.4 Kompaksi Tablet	22
2.8 Penelitian Terdahulu (<i>State of the art</i>).....	23
3 BAB III METODOLOGI PENELITIAN	
3.1 Diagram Alir	29
3.2 Bahan Penelitian	35
3.3 Alat Penelitian	35

3.4	Prosedur Penelitian	40
3.4.1	Persiapan Bahan	40
3.4.2	Ekstraksi Silika dari Sekam Padi.....	40
3.4.3	Sintesis Nanopartikel Silika Mesopori	41
3.4.4	Proses Enkapsulasi Parasetamol ke dalam nanopartikel silika mesopori.....	42
3.4.5	Pengujian X-Ray Diffraction (XRD).....	42
3.4.6	Pengujian Scanning Electron Microscopy.....	43
3.4.7	Pengujian Fourier Transform Infra Red	44
3.4.8	BET Surface Analysis	46
3.4.9	Kompaksi.....	48
3.4.10	Pengujian <i>Floating</i>	50
3.4.11	Pengujian Disolusi.....	50
3.5	Rancangan Penelitian.....	52
4 BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN		
4.1	Hasil Uji X-Ray Diffraction (XRD).....	53
4.2	Hasil Uji Fourier Transform Infrared (FTIR)	57
4.3	Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)...	66
4.4	Hasil Uji Nitrogen Adsorbtion Isotherm.....	71
4.5	Hasil Uji Sifat Fisik Tablet Parasetamol.....	74
4.6	Hasil Uji Disolusi.....	82
5 BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		
5.1	Kesimpulan	85
5.2	Saran	85
DAFTAR PUSTAKA		87
LAMPIRAN		91
UCAPAN TERIMA KASIH.....		125
BIODATA PENULIS		127

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Struktur kristalin dari sebuah kristal silika tunggal.....	6
Gambar 2.2	Struktur silika kristalin dan amorf.....	7
Gambar 2.3	Analisis SEM untuk lapisan epidermis (a) sekam padi, (b) sekam yang terbakar, dan (c) abu putih sekam padi.....	9
Gambar 2.4	Hasil pembakaran pada A) 500°C, B) 800°C	10
Gambar 2.5	Spektrum silika hasil sintesis.....	11
Gambar 2.6	Struktur material mesopori kelompok M41S a) MCM-41, b) MCM-48, c) MCM-50	14
Gambar 2.7	Mekanisme reaksi Hidrolisis	16
Gambar 2.8	Mekanisme reaksi Kondensasi	16
Gambar 2.9	Skema proses sintesis mesoporous MCM 41	17
Gambar 2.10	Rumus bangun Parasetamol	18
Gambar 2.11	Grafik persen release parasetamol terhadap waktu.....	21
Gambar 3.1	Diagram Alir Sintesis Silika.....	30
Gambar 3.2	Diagram Alir Sintesis Nanopartikel Silika Mesopori.....	32
Gambar 3.3	Diagram alir proses enkapsulasi parasetamol ke dalam silika mesopori.....	34
Gambar 3.4	Timbangan Digital.....	35
Gambar 3.5	Hot plate dan magnetic stirrer	36
Gambar 3.6	Gelas beaker	36
Gambar 3.7	Gelas ukur.....	37
Gambar 3.8	Erlenmeyer	37
Gambar 3.9	Spatula.....	37
Gambar 3.10	Kertas pH.....	38
Gambar 3.11	Corong plastik	38
Gambar 3.12	Kertas saring.....	38
Gambar 3.13	Autoclave.....	39
Gambar 3.14	Crucible furnace	39
Gambar 3.15	Muffle furnace.....	40

Gambar 3.16	Alat uji XRD PANalytical.....	43
Gambar 3.17	Alat uji SEM-EDX FEI Tipe Inspect S-50	44
Gambar 3.18	Alat uji FTIR	45
Gambar 3.19	Brunauer-Emmet-Teller (BET) – Surface Area.....	46
Gambar 3.20	Enam tipe kurva isoterm adsorpsi sesuai dengan <i>International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)</i>	47
Gambar 4.1	Difraktogram XRD (a) Sekam Padi, (b) Abu Sekam Padi, (c) Silika hasil ekstraksi, (d) Silika Mesopori.....	53
Gambar 4.2	Difraktogram (a) PCT, (b) Si/PCT rasio pelarut 1:0. (c) Si/PCT rasio pelarut 1:1, (d) Si/PCT rasio pelarut 1:2.....	55
Gambar 4.3	Spektra Hasil Uji FTIR (a) Sekam Padi, (b) Abu Sekam Padi, (c) Silika Hasil Ekstraksi	57
Gambar 4.4	Spektrum FTIR (a) Silika, (b) CTAB , (c) Silika Mesopori.....	60
Gambar 4.5	Spektrum FTIR (a) PCT, (b) Si/PCT rasio pelarut 1:0. (c) Si/PCT rasio pelarut 1:1,(d) Si/PCT rasio pelarut 1:2.....	62
Gambar 4.6	Hasil Uji SEM perbesaran 10.000x (a) Silika, (b) Silika mesopori	67
Gambar 4.7	Hasil Uji SEM perbesaran 10.000x (a) Parasetamol, (b) Si/PCT rasio pelarut 1:0. (c) Si/PCT rasio pelarut 1:1, (d) Si/PCT rasio pelarut 1:2	68
Gambar 4.8	Hasil uji morfologi tablet parasetamol generic (sanmol).....	75
Gambar 4.9	Hasil uji morfologi parasetamol murni dengan proses kompaksi tablet manual tiap t waktu	76
Gambar 4.10	Hasil uji morfologi Si/PCT Rasio Pelarut 1:0 tiap t waktu	78
Gambar 4.11	Hasil morfologi Si/PCT Raio pelarut 1:1 tiap t waktu	79

Gambar 4.12 Hasil uji morfologi Si/PCT Rasio pelarut 1:2 tiap t waktu	81
--------------------------------------------------------------------------------	----

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Kandungan silika dalam produk samping padi	8
Tabel 2.2 Komposisi sekam padi beserta zat organiknya.....	8
Tabel 2.3 Interpretasi Spektra IR	12
Tabel 2.4 Jenis, diameter dan tipe struktur pori nanopartikel silika mesopori	14
Tabel 2.5 Material mesopori pada sistem pengiriman obat	14
Tabel 2.6 Kapasitas enkapsulasi Piroxicam dalam silika mesopori.....	19
Tabel 2.7 Formulasi Tablet Prasetamol.....	23
Tabel 2.8 Data luas permukaan, ukuran pori rata-rata, dan total volume pori dari sampel silika dengan penambahan 1%, 1.25%, 1.5%, 1.75%, dan 2% CTAB.....	25
Tabel 3.1 Komposisi tablet parasetamol	49
Tabel 3.2 Rancangan Penelitian	52
Tabel 4.1 Gugus Fungsi pada sampel Sekam Padi, Abu Sekam Padi, Silika Ekstraksi.....	59
Tabel 4.2 Gugus fungsi pada sampel CTAB dan Silika mesopori.....	61
Tabel 4.3 Gugus Fungsi pada sampel PCT, Si/PCT Rasio 1:0, Si/PCT Rasio 1:0, dan Si/PCT Rasio 1:2	64
Tabel 4.4 Hasil pengujian SEM EDX Sampel Silika	67
Tabel 4.5 Hasil Pengujian SEM EDX sampel Silika Mesopori	67
Tabel 4.6 Hasil Uji SEM EDX Parasetamol, Si/PCT rasio pelarut 1:0, Si/PCT rasio pelarut 1:1 Si/PCT rasio pelarut 1:2.....	70

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia sebagai negara agraris merupakan negara produsen padi terbesar ketiga di dunia setelah Republik Rakyat Cina dan India. Namun, hingga saat ini hasil samping pengolahan padi serta limbahnya belum dimanfaatkan secara maksimal. Sekam merupakan hasil samping saat proses penggilingan padi dan menghasilkan limbah yang cukup banyak (Somaatmadja dkk, 1980). Pemanfaatan sekam padi secara komersial masih relatif rendah. Hal ini disebabkan oleh karakteristik sekam padi yang bersifat kasar, bernilai gizi rendah, memiliki kerapatan yang rendah dan kandungan abu yang cukup tinggi (Houston dkk, 1972). Salah satu potensi yang dapat dikembangkan dari sekam padi yaitu silikanya, dimana kandungannya dapat mencapai 94% dari abu sekam padi (Daifullah dkk, 2003). Data diatas menggambarkan bahwa sekam padi mempunyai potensi untuk dimanfaatkan sebagai sumber silika, sehingga nilai ekonomis dari residu pertanian ini dapat ditingkatkan.

Silika pada umumnya sering digunakan dalam dunia industri kaca dan gelas sebagai bahan utama. Seiring dengan perkembangan zaman silika mulai direkayasa menjadi nanopartikel silika mesopori (MSNs). Salah satu bentuk MSNs yang pertama adalah *Mobile Composition of Matter No. 41* (MCM-41), yang memiliki susunan mesopori hexagonal 2D, yang dapat digunakan untuk berbagai aplikasi dalam bidang biosensor, drug delivery (memperbaiki efisiensi dan efektivitas pengiriman obat ke tubuh) dan bidang lainnya yang membutuhkan luas permukaan material yang tinggi serta berpori (Tang dkk, 2012). Pada sintesis MSNs bahan utama yang digunakan sebagai sumber silika adalah tetraethyl orthosilicate (TEOS). Namun penggunaan TEOS membutuhkan biaya yang tinggi mengingat biaya produksinya yang tinggi, mudah terbakar dan kesulitan dalam penyimpanan. Oleh karena itu dengan menggunakan silika mesopori hasil

ekstraksi dari sekam padi, untuk menggantikan TEOS, sehingga dapat menurunkan biaya produksi, memperbaiki efisiensi efektivitas pengiriman obat ke tubuh dan meningkatkan nilai jual dari sekam padi.

Parasetamol atau asetaminofen atau N-asetil-para-aminofenol adalah obat analgesik dan antiperik yang populer digunakan. Parasetamol tergolong obat yang sukar larut dalam air, kelarutannya dalam air 1:70. Sediaan parasetamol dapat dijumpai dalam bentuk kapsul dan kaplet karena kelarutannya sangat kecil. Suatu obat harus mempunyai kelarutan dalam air sehingga obat dapat masuk ke sistem sirkulasi (Deni dkk, 2015).

Formulasi obat yang dikendalikan juga telah menjadi strategi yang semakin penting dalam pengobatan terapi (Giri et al., 2012). Dalam formulasi obat yang terkontrol, efek farmakologis dapat dihindari dengan melepaskan obat pada tingkat yang terkendali dengan waktu atau bisa disebut dengan disolusi (Tran et al., 2011). Formulasi obat yang terkontrol memiliki keuntungan mengurangi frekuensi dosis dan jumlah dosis total, mengurangi efek samping, mencapai konsentrasi/respons darah yang lebih seragam dan meningkatkan terapi serta kenyamanan pasien (De Haan dkk, 1984).

Pada penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh Ervianto dkk, (2018) telah dilakukan analisa terhadap sintesis dan karakterisasi silika mesopori menggunakan template *Cetyltrimethyl Ammonium Bromide* (CTAB). Hasil dari pengujian BET menunjukkan bahwa luas permukaan paling tinggi dihasilkan dari sampel dengan penambahan 2% CTAB yang memiliki luas 1291.436 m², dengan ukuran diameter porinya sebesar 4.95764 nm dan volume total porinya adalah 1.601 cc/g. Dari hasil yang diperoleh, dapat disimpulkan bahwa penggunaan konsentrasi 2% mampu menghasilkan mesopori silika dengan luas permukaan yang tinggi dan volume total pori yang besar. Penelitian tersebut masih membahas tentang pembentukan silika mesopori dari sekam padi namun untuk aplikasi *drug delivery* dari silika mesopori sendiri masih belum diteliti. Penelitian Sandy (2017) menjelaskan

bahwa mesopore nano silika memiliki luas permukaan yang besar, mempunyai karakter *biocompatible* sehingga memiliki potensi besar sebagai partikel pembawa molekul obat. Penelitian terdahulu yang dilaporkan oleh Max Lemberg dkk (2017) menganalisa disolusi parasetamol dengan membandingkan laju disolusi parasetamol dan eksipien. Ditemukan bahwa pelarutan parasetamol terkontrol diperoleh dari formulasi Eudragit L 100 dan S 100. Pada formulasi Eudragit L 100 rasio dari methacrylic acid dan methyl methacrylate sebesar 1: 1 dan untuk S 100 memiliki rasio sebesar 1:2. Hasil UV Spektrometri menunjukkan peningkatan rata-rata disolusi obat secara drastis terjadi pada semua media percobaan, khususnya pada pH 7,2.

Karena parasetamol memiliki kelarutan yang rendah, maka perlu dilakukan studi lanjut mengenai pengaruh rasio pelarut etanol terhadap kemampuan disolusi parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori. Sehingga pada penelitian ini, dianalisa pengaruh rasio pelarut etanol terhadap kemampuan release parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori dan menganalisa kemampuan disolusi parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori. Variabel pada penelitian ini adalah rasio jumlah pelarut etanol yang divariasikan untuk menentukan kemampuan *slow release* dan disolusi terbaik pada parasetamol. Diharapkan penelitian ini mampu mendorong perkembangan industri dalam dunia medis untuk memanfaatkan limbah sekam padi sebagai salah satu penggunaan *drug delivery*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan penjelasan latar belakang diatas, dapat diambil beberapa rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh rasio pelarut etanol terhadap kemampuan *release* parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori?
2. Bagaimana pengaruh rasio pelarut etanol terhadap kemampuan disolusi parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori?

1.3 Batasan Masalah

Untuk menganalisis permasalahan dalam penelitian ini, terdapat batasan masalah sebagai berikut:

1. Kualitas sekam padi dianggap sama.
2. Kondisi lingkungan dianggap tidak berpengaruh.
3. Fluktuasi panas dalam *furnace* dianggap konstan.
4. Massa yang hilang saat penyaringan dan proses pengeringan sampel diabaikan.
5. Proses manufaktur tablet disesuaikan dengan pasar.
6. Kondisi lambung dianggap konstan dengan pH 1,2 (tanpa pepsin).

1.4 Tujuan Penelitian

Dari rumusan masalah yang ada maka tujuan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis pengaruh rasio pelarut etanol terhadap kemampuan *release* parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori.
2. Menganalisis pengaruh rasio pelarut etanol terhadap kemampuan disolusi parasetamol dalam nanopartikel silika mesopori

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat dalam bidang nano material yakni *drug delivery*, bio katalis dan aplikasi lainnya.

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

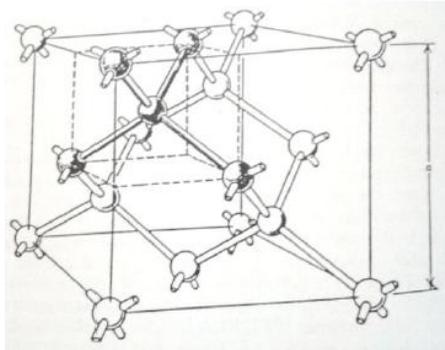
2.1 Silika

Silika atau silikon dioksida (SiO_2) adalah senyawa kimia yang terbentuk dari atom silikon dan oksigen. Karena oksigen adalah unsur yang paling melimpah di muka bumi ini, sedangkan unsur silika merupakan unsur terbanyak kedua, sehingga keberadaan unsur silika ini mudah ditemukan di alam. SiO_2 juga bisa diperoleh dari silika mineral, nabati dan juga sintesis kristal.

Silika mineral adalah senyawa yang banyak ditemui dalam bahan tambang/galian yang berupa mineral seperti pasir kuarsa, granit, dan feldspar yang mengandung kristal – kristal silika (SiO_2) (Della et al, 2002). Silika banyak terdapat pada tumbuhan sebagai *diatom* dan pada hewan sebagai *radiolarian*. Silika yang terdapat pada makhluk hidup, baik itu tumbuhan ataupun hewan memiliki bentuk amorf, berbeda dengan silika yang tidak berasal dari makhluk hidup seperti batuan dan debu yang memiliki struktur silika kristalin (Jones dkk, 2000).

2.1.1 Silika Kristalin

Silika kristalin memiliki banyak bentuk, tergantung dari orientasi dan posisi dari tetrahedron yang dibentuk meskipun memiliki struktur kimia yang sama. Kejadian ini dapat kita sebut dengan *polymorphism* (Jones, 2000). Tiga bentuk umum silika kristalin adalah kuarsa, tridimit, dan kristobalit. Pada kondisi tekanan atmosferik silika kuarsa terbentuk pada temperatur 870°C , tridimit terbentuk pada temperatur 870°C - 1470°C , sementara untuk kristobalit terbentuk pada temperatur 1470°C . Struktur dari silika kristalin dapat dilihat pada Gambar 2.1. Si adalah kristal berbentuk diamond yang terdiri dari empat atom yang diposisikan pada sudut bangun tetrahedron, yang berikatan secara kovalen dengan Si yang berada di pusat.

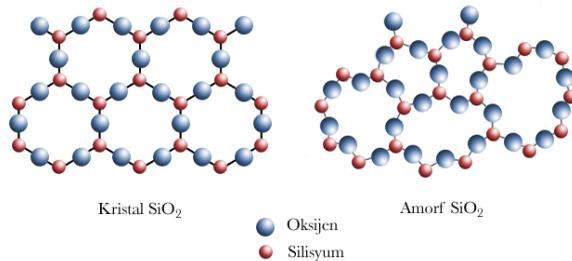


Gambar 2.1 Struktur kristalin dari sebuah kristal silika tunggal
(Andy dkk, 2012)

Pada tahun 1987, agen dari WHO (*World Health Organization*) yaitu IARC (*International Agency for Research on Cancer*), mengevaluasi dan membuktikan bahwa silika kristalin bersifat karsinogen bagi manusia. Pada tahun 1996, IARC menegaskan silika kristalin dalam bentuk alpha-kuarsa yang terhirup dari sumbernya dapat menyebabkan kanker paru – paru bagi manusia. Sementara silika dengan bentuk non – kristalin atau amorf tidaklah bersifat karsinogen bagi manusia.

2.1.2 Silika Amorf

Silika non kristalin atau amorf memiliki susunan atom dan molekul berbentuk pola acak dan tidak beraturan yang digambarkan pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Struktur silika kristalin dan amorf (Smallman & Ngan, 2007)

Silika amorf dan juga kristalin banyak ditemukan di alam seperti tanah, batu – batuan dan juga pasir. Silika kristalin dan juga silika amorf biasanya banyak dimanfaatkan dalam industri kaca, bangunan, dan elektronik. Akan tetapi karena sifat silika kristalin yang karsinogenik bagi manusia, maka penggunaannya sangat dibatasi. Oleh karena itu, silika non kristalin atau amorf lebih aman dan banyak digunakan dalam industri.

Silika amorf memiliki susunan atom dan molekul berbentuk pola acak dan tidak beraturan. Akibat bentuk pola acak dan tidak beraturan ini, silika amorf memiliki struktur sferikal yang rumit. Struktur rumit tersebut menyebabkan luas area permukaan yang tinggi, biasanya di atas $3 \text{ m}^2/\text{g}$ (Kirk-Othmer, 1984).

Silika amorf telah diklasifikasikan sebagai material tidak beracun. Tidak seperti silika kristalin, silika amorf tidak menyebabkan silikosis bahkan bagi para pekerja yang telah terpapar lama oleh silika amorf. Akan tetapi silika amorf yang terhirup selama 12 hingga 18 bulan dengan kadar $6,9\text{-}9,9 \text{ mg}/\text{m}^3$ dapat menyebabkan gangguan pada alat pernapasan (Kirk-Othmer, 1984).

2.2 Sekam Padi (*Rice Husk*)

Sekam padi (*rice husk/ rice hull*) atau kulit gabah adalah bagian terluar dari bulir padi dan memiliki kandungan silika terbanyak dibandingkan dengan hasil samping pengolahan padi lainnya seperti dapat dilihat di Tabel 2.1.

Tabel 2.1 Kandungan silika pada produk samping padi (Luh, 1991)

Komponen	Silika
Sekam	18,0 – 22,3%
Dadak	0,2 – 0,3%
Bekatul	0,6 – 1,1%
Jerami	4,0 – 7,0%

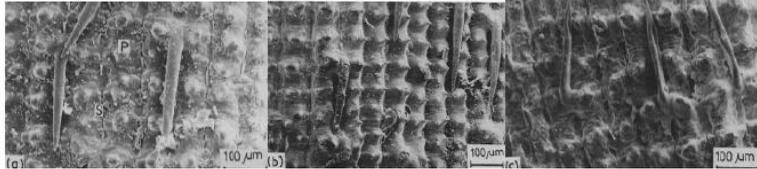
Menurut Balitbang (2006), sekam padi memiliki komposisi seperti Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Komposisi sekam padi beserta zat organiknya (Balitbang, 2006)

Komponen	Kandungan (%)
Air	9,02
Protein kasar	3,03
Lemak	1,18
Serat kasar	35,68
Abu	17,71
Karbohidrat kasar	33,71

Sekam padi sulit untuk dinyalakan dan tidak mudah terbakar dengan api di ruang terbuka kecuali udara ditiupkan kedalamnya. Sekam padi sangat tahan terhadap kelembaban dan dekomposisi jamur yang menyebabkan sekam padi sulit untuk terurai secara alami (Anonim, 2009). Di bawah ini merupakan hasil analisis dengan SEM (*Scanning Electron Microscopy*) dari bagian luar epidermis dari sekam padi, sekam padi terbakar, dan abu putih sekam padi (Krishnarao, 1992) Struktur sekam padi dengan bulu halus pada bagian luar dapat dilihat pada Gambar 2.3(a) dimana butiran dalam jumlah besar tersebar di seluruh epidermis. Setelah pembakaran, sekam padi terlihat menyusut dan permukaannya menjadi lebih halus (Gambar 2.3(b)). Butiran kecil dan bulu pada bagian luar epidermis juga terlihat mengecil ukurannya. Pada abu putih sekam padi, walau sangat rapuh, tapi masih memiliki struktur

aslinya (Gambar 2.3(c)). Butiran kecil yang terlihat pada Gambar 2.3(a) untuk sekam padi hampir menghilang sementara bulunya ditemukan retak.

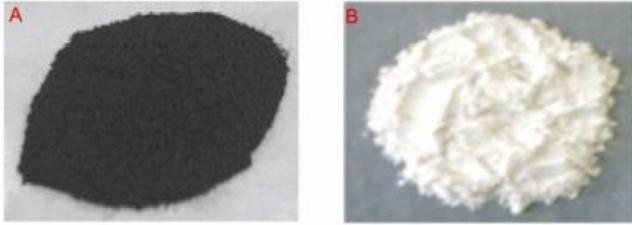


Gambar 2.3 Analisis SEM untuk lapisan epidermis (a) sekam padi, (b) sekam yang terbakar, dan (c) abu putih sekam padi (Krishnarao, 1992)

2.3 Sintesis RHA dari Sekam Padi

Untuk mendapatkan RHA (*Rice Husk Ash*), sekam padi harus melalui beberapa proses, seperti pencucian, pengeringan, *leaching* dengan asam kuat (HCl , H_2SO_4 , HNO_3) serta dibakar dengan muffle furnace yang di variasikan pada temperatur 500°C dan 800°C .

Ketika sekam padi dibakar pada temperatur 500°C baik sekam padi yang diberi perlakuan maupun yang tidak diberi perlakuan akan menghasilkan abu berwarna hitam yang menandakan pembakarannya masih belum sempurna dan mengandung karbon. Oleh karena itu dilanjutkan dengan pembakaran pada temperatur 600°C selama 2 jam sehingga akan menghasilkan abu berwarna putih. Untuk silika yang tanpa perlakuan hasilnya tidak putih bersih, namun warnanya putih kekuningan menandakan masih ada pengotor berupa unsur – unsur logam tertentu. Seperti ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Hasil pembakaran pada A) 500°C, B) 800°C (Matori dkk, 2009)

2.4 Sintesis Silika dari RHA

RHA merupakan produk sampingan dari pembakaran RH mengandung lebih dari 90% silika dalam bentuk amorfus. RHA dapat menjadi bahan baku yang lebih murah dan ekonomis untuk menyiapkan gel dan bubuk silika. Silika dari RHA merupakan silika organik yang ramah lingkungan dan terbarukan dibandingkan dengan silika dari pasir kuarsa, dan dapat diklaim sebagai biosilika. Silika dari RHA dapat diekstrak dengan menggunakan pelarut alkali yaitu NaOH, karena silika memiliki kelarutan yang rendah pada pH 2 - 9, yaitu 100 - 900 gram/L dan kelarutan yang lebih tinggi diatas pH 9 (Ishizaki,1988), dengan demikian sangat memungkinkan untuk memperoleh silika yang optimal jika pelarutnya alkali dan ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Scot(1993), dengan Reaksi 2.1.

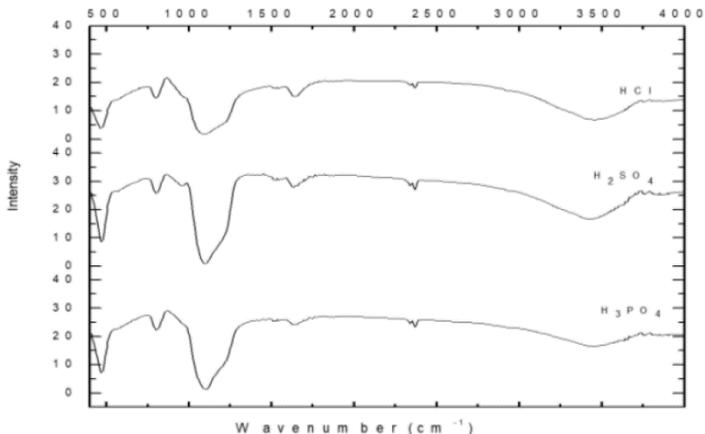


Larutan Natrium Silikat mempunyai pH 11-12, sehingga dengan adanya penambahan HCl tersebut akan membentuk monomer-monomer asam Silikat yang memungkinkan terbentuknya gel (Scot 1993), reaksinya seperti Reaksi 2.2.



Penambahan HCl pada larutan Natrium Silikat dilakukan sampai larutan netral berdasarkan pada penelitian Choiril (2008).

Gambar 2.5 dibawah ini menunjukkan spektra IR silika yang disintesis dari abu sekam padi dengan variasi jenis asam sebagai reaktan dan katalis. Dilihat dari spektra IR menunjukkan bahwa nanosilika hasil sintesis dengan asam klorida dan asam posfat didominasi oleh gugus siloksan (Si-O-Si), hal ini ditunjukkan tidak adanya serapan pada bilangan gelombang 900-an yang menunjukkan vibrasi ikatan gugus silanol (Si-OH). Sementara nanosilika yang disintesis dengan katalis asam sulfat menunjukkan adanya serapan pada bilangan gelombang 900-an.



Gambar 2.5 Spektrum silika hasil sintesis (Hayati dkk, 2017)

Berikut tabel yang menampilkan spektra I-R diatas yang menunjukkan gugus fungsi pada setiap *peaknya* pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Interpretasi Spektra IR (Hayati dkk, 2017)

Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)			Gugus Fungsi
HCl	H ₂ SO ₄	H ₃ PO ₄	
470,63	470,63	470,63	Vibrasi tekuk ≡ Si – O – Si ≡
803,29	803,29	803,29	Vibrasi ulur simetri ≡ Si – O – Si ≡
	956,69		Vibrasi ulur Si – O dari Si – OH
1095,57	1103,28	1103,28	Vibrasi ulur asimetri ≡ Si – O – Si ≡
1635,64	1635,64	1635,64	Vibrasi tekuk O – H dari H ₂ O
3448,72	3452,58	3448,72	Vibrasi ulur dari O – H dari ≡ Si – OH atau H ₂ O

2.5 Nanopartikel Silika Mesopori

Beberapa material silika amorfus disintesis dengan tujuan untuk dijadikan matrik pengiriman obat, termasuk nanopartikel silika mesopori, yang dikenal dengan karakteristik morfologinya yang dapat dikontrol pada skala nano dan mikro (Simovic dkk, 2011). Nanopartikel silika mesopori adalah struktur molekuler multifungsi yang dicirikan dengan susunan periodik ukuran mesopori yang seragam, didefinisikan oleh IUPAC, ukuran diameter porinya antara 2 sampai 6 nm, didalam silika amorfus dengan arah tertentu dengan rata – rata ukuran partikel 50 – 300 nm (Kresge dkk, 2013).

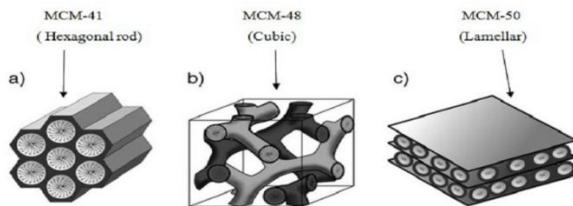
Karakteristik, seperti luas permukaan spesifik, volume pori dan keseragamannya, menjadikan silika mesopori mempunyai kapasitas enkapsulasi obat yang tinggi, kemampuan kontrol pelepasan obat yang baik, yang didukung dengan distribusi matrik silika yang homogen. Nanopartikel silika mesopori dapat dijadikan sebagai material perancah pada banyak grup fungsional bergantung pada sifat fisikokimia dari silika mesopori (Yang, dkk., 2012). Nanopartikel silika mesopori adalah material yang sangat mudah terdegradasi dibawah lingkungan fisik. Material tersebut memiliki

kapasitas enkapsulasi pada agen terapeetik dan *imaging*, mempunyai efisiensi yang tinggi pada transportasi, internalisasi dan pengiriman intraseluler pada berbagai obat yang berbeda. Nanopartikel silika mesopori juga dapat difungsionalisasi permukaannya, untuk mekanisme pengiriman obat yang membutuhkan ligan tertentu, yang mana dapat menghasilkan kemampuan untuk beradaptasi pada lingkungan kimia yang berbeda-beda (Tan dkk., 2013).

Nanopartikel silika mesopori ditemukan oleh Kresge pada tahun 1992, semenjak saat itu, karena sifat dan potensi aplikasi dari silika mesopori yang sangat besar maka penelitian tentang silika mesopori menyebar sangat cepat (Tang, dkk., 2012). Nanopartikel silika mesopori telah disintesis dengan merubah berbagai variabel penelitian, seperti pH, temperatur, template dan rasio molar. Nanopartikel silika mesopori yang ditemukan pertama kali adalah *Mobile Composition Matter No. 41* (MCM 41), yang memiliki susunan mesopori hexagonal 2D, dan *Santa Barbara Amorphous* (SBA 15), yang juga mempunyai struktur heksagonal 2D (Huriache, 2013). Kedua tipe nanopartikel silika mesopori tersebut dapat diaplikasikan sebagai material pengirim obat. (Tang, dkk., 2012). Sintesis dan aplikasi nanopartikel silika mesopori menjadi sangat menarik bagi peneliti, karena lebar ukuran pori dan tingginya luas permukaan. Stabilitas struktur mesopori dan sifat permukaan yang dapat didefinisikan dengan jelas, Nanopartikel silika mesopori muncul sebagai material pembawa terbaik untuk enkapsulasi obat farmasi (Xu, dkk., 2013). Untuk struktur material mesopori kelompok M41S dapat dilihat pada Gambar 2.6. Jenis, diameter dan tipe struktur pori nanopartikel silika mesopori yang dipakai sebagai material pengirim obat dapat dilihat pada Tabel 2.4 (Wang, dkk., 2012).

Tabel 2.4 Jenis, diameter dan tipe struktur pori nanopartikel silika mesopori (Wang, dkk., 2012)

No.	Material Mesopori	Diameter pori (nm)	Tipe struktur pori
1.	MCM-41	2-5	Hexagonal 1 D Channel
2.	MCM-48	2-5	Bicontinuous 3D
3.	SBA-16	1-9	Body Center Arrangement of Cages
4.	SBA-1	2-4	Cubic 3D
5.	SBA-3	2-4	2D-Hexagonal
6.	MSU	2-5	2D-Hexagonal
7.	HMS	2-5	Hexagonal


Gambar 2.6 Struktur material mesopori kelompok M41S a) MCM-41, b) MCM-48, c) MCM-50 (Xu et.al, 2013)

Nanopartikel silika mesopori dapat diaplikasikan untuk sistem pengiriman obat. Pada Tabel 2.5 di bawah ini adalah Tabel data material mesopori pada sistem pengiriman obat.

Tabel 2.5 Material mesopori pada sistem pengiriman obat (Xu, dkk.,2013).

No.	Material Mesopori	Luas Permukaan BET (m^2/g)	Diameter pori (nm)	Jenis Obat	Loadin g (wt %)
1	MCM-41	1157	3,6	Ibuprofen	34,0
2	MCM-41	1210	2,7	Ibuprofen	74,7
3	MCM-41	1200	3,3	Ibuprofen	41,0

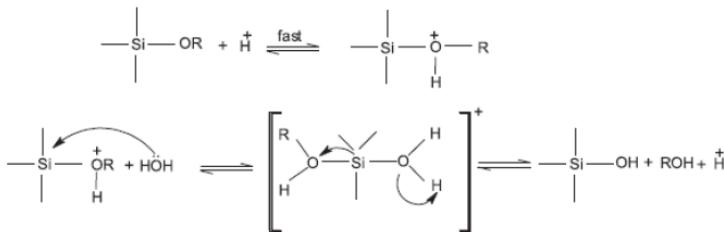
No.	Material Mesopori	Luas Permukaan BET (m ² /g)	Diameter pori (nm)	Jenis Obat	Loadin g (wt %)
4	Si-MCM-41	1210	2,8	Captopril	32,5
5	Si-SBA-15	787	6,1	Gentamicin	20,0
6	Si-SBA-15	787	8,8	Erythromycin	34,0
7	Si-SBA-15	787	4,9	Amoxycilin	24,0
8	Si-SBA-15	602	8,6	Ibuprofen	14,6
9	HMS	1244	2,71	Ibuprofen	96,9
10	HMS	1152	-	Ibuprofen	35,9
11	SBA-3	1000	2,6	Ibuprofen	33,0
12	SBA-1	1000	1,8	Ibuprofen	25,0
13	SBA-16	490	8,5	ZnNIA	14,3
14	SBA-16	490	8,5	ZnPCB	18,3
15	MCM-48	1166	3,6	Ibuprofen	28,7
16	MCM-48	1166	3,6	Erythromycin	28,0

Penerapan konsep sistem pengiriman obat nano dapat dilakukan dengan cara melakukan kontrol terhadap sifat fisikokimia MSNs, sehingga dapat mengirim molekul obat dengan pelepasan terkontrol pada target tertentu. Penelitian menemukan bahwa sel mamalia mengambil dan menginternalisasi MSNs tanpa terjadi efek sitotoksik, sehingga menjadikan MSNs sebagai material yang direkomendasikan untuk aplikasi sistem pengiriman obat atau gen (Liu, dkk., 2011).

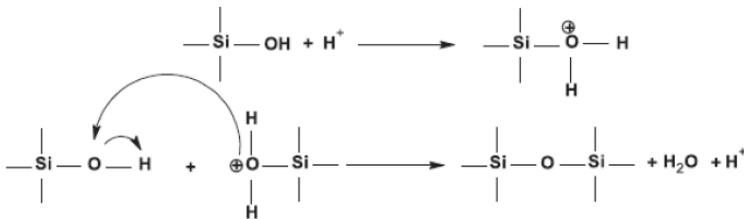
2.6 Metode Sintesis Silika Mesopori

Nanosilika disintesis dengan metode sol-gel menggunakan precursor SiO₂ yang diekstraksi dari abu sekam padi dengan melarutkan abu sekam padi ke dalam larutan NaOH 2,5M menghasilkan larutan natrium silikat berwarna bening.

Metode sol-gel sendiri meliputi tahapan proses hidrolisis dan kondensasi yang ditunjukkan oleh Gambar 2.7 dan 2.8.



Gambar 2.7 Mekanisme reaksi Hidrolisis (Lok, 2004)

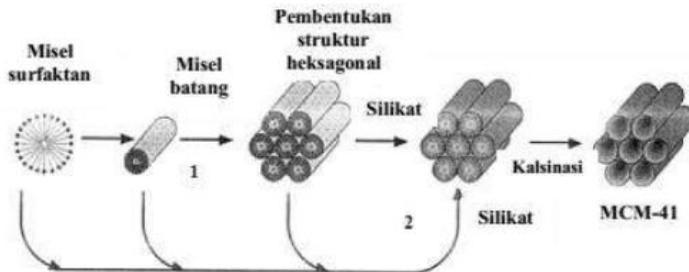


Gambar 2.8 Mekanisme reaksi Kondensasi (Lok, 2004)

Proses hidrolisis adalah pemecahan senyawa molekul air H_2O menjadi H^+ dan OH^- . Dan proses kondensasi sendiri adalah proses penggabungan 2 senyawa atau lebih dan menghasilkan produk sampingan berupa air (H_2O).

Proses sol-gel adalah teknik kimia basah yang secara luas digunakan di bidang ilmu dan teknik material keramik. Nama lain yang digunakan untuk proses ini adalah metode deposisi larutan kimia. Dalam proses sol-gel, dimulai suspensi koloid (yaitu disebut sol) dipersiapkan untuk pertumbuhan jaringan anorganik dan kemudian proses gelasi dari sol dilakukan untuk membentuk jaringan dalam fase cair kontinyu (yaitu disebut gel). Prekursor digunakan untuk mensintesis koloid ini biasanya terdiri dari unsur logam atau metaloid dikelilingi oleh berbagai ligan reaktif. Bahan awal diproses untuk membentuk oksida terdispersi dan membentuk sol dalam kontak dengan air atau asam encer. Penghilangan cairan dari sol menghasilkan gel; ukuran partikel dan bentuk dikendalikan

oleh transisi sol / gel. Kalsinasi gel menghasilkan oksida. Reaksi yang terlibat dalam kimia sol-gel terutama didasarkan pada hidrolisis berikut dengan kondensasi alkoksida logam dimana sesuai oksida dan oksida dicampur dengan stoikiometri yang berbeda (Kumar, dkk., 2017). Untuk skema proses sintesis mesoporous MCM 41 dapat dilihat pada Gambar 2.9.



Gambar 2.9 Skema proses sintesis mesoporous MCM 41 (Beck et.al, 1992)

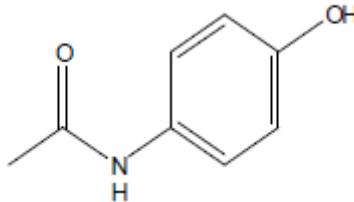
2.7 Sistem Pengiriman Obat

Dalam membuat sebuah produk obat penting bagi kita untuk memperhatikan permasalahan yang terjadi, seperti kelarutan dan bioavailabilitas dari senyawa bioaktif yang terkandung di dalamnya. Salah satu cara untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan memanfaatkan perkembangan teknologi farmasi yaitu *Novel Drug Delivery System* (NDDS). Beberapa sistem pembawa yang termasuk ke dalam NDSS misalnya nanovesikel (liposom, fitosom, etosom dan transfersom) (Delly dkk, 2015).

2.7.1 Parasetamol

Parasetamol disebut juga acetaminophen dengan rumus kimia $C_8H_9NO_2$ dan memiliki BM sebesar 151,16. Paracetamol memiliki pemerian hablur atau sebuk hablur putih, tidak berbau dan rasa pahit. Paracetamol larut dalam 70 bagian air, 7 bagian etanol (95%)P, dalam 13 bagian aseton P, dalam 40 bagian gliserol P dan dalam 9 bagian propilenglikol p, dan larut dalam larutan

alkali hidroksida. Titik leleh paracetamol berkisar antara 169-171. Dalam paracetamol tidak boleh mengandung lebih dari 10bpj Pb (timbal). Parasetamol tidak menimbulkan iritasi dan pendarahan lambung. Sebagai obat antipiretika, dapat digunakan baik Asetosal, Salsilamid maupun Parasetamol (Lily, 2008). Rumus bangun dari parasetamol dapat dilihat pada Gambar 2.10.



Gambar 2.10 Rumus bangun Paracetamol (Yoki, 2009)

Parasetamol atau asetaminofen adalah obat analgesik dan antiperik yang populer dan digunakan untuk meredakan sakit kepala, sengal – sengal dan sakit ringan serta demam. Digunakan dalam sebagian besar resep obat analgesik salesma dan flu. Berbeda dengan obat analgesik yang lain seperti aspirin dan ibuprofen, paracetamol tidak memiliki sifat antiradang. Jadi paracetamol tidak tergolong dalam obat jenis *Non Steroid Anti Imuno Deficiency* (NSAID). Dalam dosis normal yaitu 4 gram perhari, paracetamol tidak menyakiti permukaan dalam perut atau mengganggu gumpalkan darah, ginjal atau duktus arteriosus pada janin (Ersoy dkk, 2019).

2.7.2 Enkapsulasi

Enkapsulasi adalah suatu proses pembentukan dinding atau cangkang untuk menyelubungi suatu material inti. Ukuran diameter partikel yang terbentuk bergantung pada ukuran bahan inti, jenis dan konsentrasi yang digunakan. bahan – bahan yang digunakan pada proses enkapsulasi pada prinsipnya ada tiga jenis yaitu bahan inti, bahan penyalut dan pelarut (Billy dkk, 2012).

Salah satu permasalahan yang dihadapi pasien dalam pemakaian obat adalah frekuensi penggunaan obat yang berulang kali, dimana pasien diharuskan meminum obat 3 sampai 4 kali dalam sehari. Hal ini menjadi kendala pada pemakaian obat dalam jangka lama, terutama pada geriatri dimana pasien mungkin saja lupa mengkomsumsi obat pada waktu yang diharuskan (Ansel, 1989), Untuk mengatasi hal tersebut diatas antara lain dengan memberikan sediaan obat dalam bentuk *sustained release*. Sediaan ini akan melepaskan obat secara sinambung dalam periode waktu yang lebih lama setelah pemberian suatu dosis tunggal (Lachman, *et al.*, 1986).

Dalam penelitian Haji, dkk (2019) melakukan proses enkapsulasi piroxicam dalam nanopartikel silika mesopori. Dan didapatkan hasil seperti pada Tabel 2.6.

Tabel 2.6 Kapasitas enkapsulasi Piroxicam dalam silika mesopori
(Haji dkk, 2019)

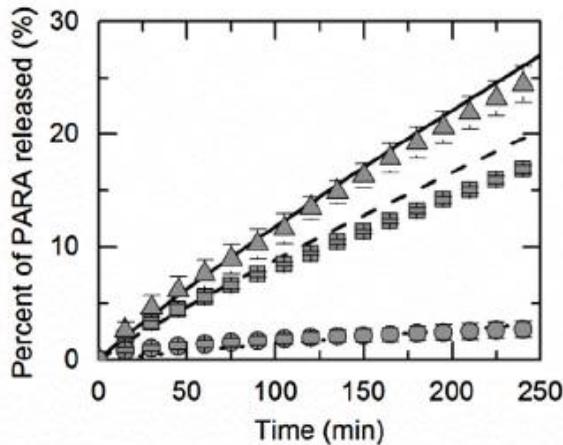
No.	Sampel Silika Mesopori	Kapasitas enkapsulasi piroxicam
1	CTAB 1% PX	13,47%
2	CTAB 1,25% PX	37,5%
3	CTAB 1,5% PX	44,66%
4	CTAB 1,75% PX	25,73%
5	CTAB 2% PX	21,7%

Berdasarkan tabel diatas yang memiliki kapasitas enkapsulasi paling tinggi adalah silika mesopori CTAB 1,5% PX yaitu sebesar 44,66%. Hal ini juga linear dengan pengujian disolusi yang dilakukan oleh Haji dkk (2019) dengan sampel yang sama pada mesopori CTAB 1,5% PX mempunyai kemampuan disolusi yang lebih baik daripada sampel yang lainnya. Dari penelitian ini dapat kita jadikan sebagai acuan bahwa silika mesopori memiliki kemampuan untuk melakukan proses enkapsulasi.

2.7.3 Disolusi

Bila suatu bahan obat diberikan secara oral dalam bentuk sediaan padat, misalnya tablet, kapsul atau suspensi, maka obat tersebut akan mengalami berbagai proses di dalam tubuh seperti disintegrasi dan pelepasan bahan obat dari sediannya, disolusi bahan obat dan absorpsi bahan obat ke dalam sirkulasi sistemik. Untuk bahan obat yang sukar larut maka laju disolusi merupakan tahap penentu bioavailabilitas bahan obat tersebut. Obat dalam bentuk padat harus melalui tahapan proses melarut terlebih dahulu sebelum dapat di absorb ke dalam sirkulasi sistemik. Dengan demikian untuk bahan obat yang sukar larut, dengan meningkatkan laju disolusinya maka diharapkan laju absorpsi dan jumlah bahan obat yang terabsorpsi akan meningkat pula.

Yuanhi, dkk (2017) melakukan penelitian tentang disolusi dari parasetamol dengan melarutkan sejumlah parasetamol ke dalam sejumlah media $\text{Na}_2\text{HPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ dan KH_2PO_4 tertentu dengan penambahan sejumlah air agar mendapatkan pH 5,0; 6,5 dan 7,2 untuk pengujian disolusi. Sehingga didapatkan grafik persen release parasetamol terhadap waktu pada Gambar 2.11.



Gambar 2.11 Grafik persen release parasetamol terhadap waktu (Yuanhi dkk, 2017)

Dari Gambar 2.11 diatas dapat kita tarik kesimpulan bahwa laju disolusi parasetamol meningkat seiring dengan peningkatan pH.(tanda bulat = pH 5, tanda kotak= pH 6,5 dan tanda segitiga = pH 7,2). Apabila dilihat dari sisi pelepasan obat (*drug release*), fungsi waktu berbanding lurus dengan jumlah obat yang akan dilepas. Sehingga semakin lama estimasi waktu yang diberikan, obat yang akan dilepas juga semakin bertambah.

Untuk sediaan lepas terkendali terdapat aturan untuk menafsirkan penggunaan suatu sediaan obat berdasarkan jumlah obat yang terdisolusi pada waktu tertentu. Aturan tersebut adalah sebagai berikut :

1. Pada waktu yang sama dengan $0,25D$: 20 – 50% terdisolusi ($Q_{0,25}$).
2. Pada waktu yang sama dengan $0,5D$: 45 – 75% terdisolusi ($Q_{0,5}$).
3. Pada setiap waktu sampai $0,1D$: tidak kurang dari 75% terdisolusi ($Q_{1,0}$)

D adalah frekuensi pemberian obat atau interval.

2.7.4 Kompaksi Tablet

Parasetamol memiliki sifat kompaktilitas dan fluiditas yang kurang baik, sehingga menimbulkan kesulitan sewaktu pengempaan. Untuk obat dengan sifat kompaktilitas yang kurang baik dalam dosis besar paling tepat jika digunakan metode granulasi basah, karena dengan metode granulasi basah tidak memerlukan banyak bahan tambahan yang menyebabkan bobot terlalu besar (Mycek,2001).

Bentuk sediaan parasetamol dipasaran berupa tablet, tablet salut selaput, sirup, suspense dan elixir, tablet memiliki kelebihan dibandingkan dengan bentuk sediaan yang lain. Kelebihan tablet diantaranya adalah bentuk sediaan yang utuh dan menawarkan kemampuan terbaik dari semua bentuk sediaan oral untuk ketepatan ukuran serta variabilitas kandungan yang paling rendah, sehingga banyak orang lebih memilih tablet dibandingkan sediaan oral lainnya. Bahan penyusun tablet terdiri dari bahan aktif dan eksipien. Pemilihan eksipien yang tepat adalah merupakan faktor penentu untuk menyusun formulasi tablet pada saat pengempaan. Selain itu, faktor lain yang perlu diperhatikan ialah sifat campuran sebelum dicetak, apakah dapat dicampur dengan baik. Bahan eksipien dalam tablet diantaranya, bahan pengisi, bahan pengikat (*binder*), bahan penghancur (*disintegrant*), bahan pelicin (*lubricant*) (Lachman., et al, 1994).

Eksipien farmasi adalah suatu komponen dari produk farmasi selain bahan aktif yang ditambahkan pada saat formulasi untuk tujuan tertentu. Eksipien dapat dikatakan sebagai komponen yang sangat diperlukan selain dari bahan aktif obat itu sendiri. Sebagian besar formulasi obat menggunakan eksipien dengan proporsi yang lebih banyak dibandingkan bahan aktif obat. Untuk itu, perlu melakukan pemilihan eksipien yang memenuhi sifat ideal (Pawar, 2015) Syarat-syarat suatu eksipien farmasi antara lain : stabil secara kimia, tidak reaktif, penggunaan peralatan rendah dan prosesnya sensitive, bersifat inert dalam tubuh, tidak toksik, ekonomis, dan efisien.

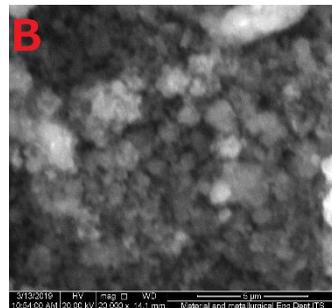
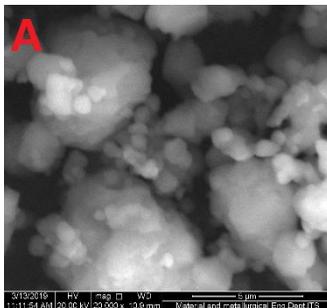
Dewi Rashati dkk (2017) dalam penelitiannya menggunakan bahan – bahan berikut pada Tabel 2.7 sebagai formulasi tablet parasetamol.

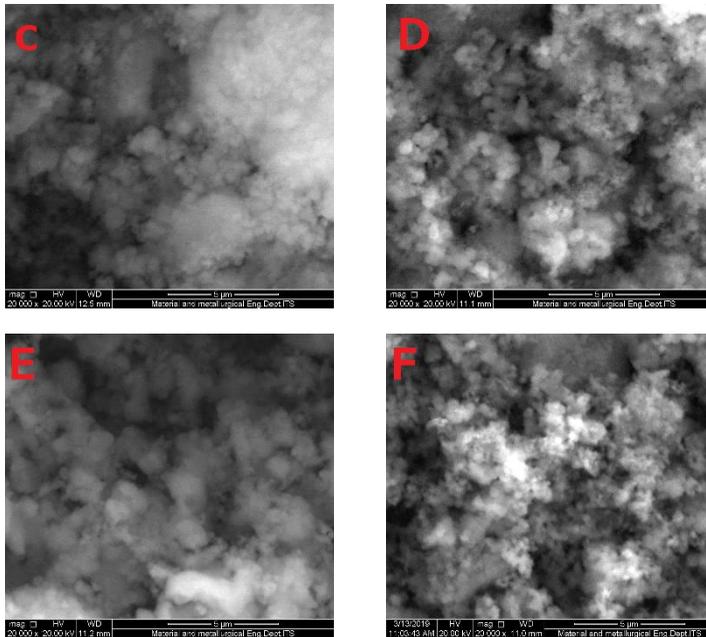
Tabel 2.7 Formulasi Tablet Prasetamol (Dewi., dkk 2017)

No	Bahan	Fungsi	Kadar	
			%	mg
1	Parasetamol	Bahan Aktif	76,9	500
2	PVP	Bahan Pengikat	4	26
3	Amilum <i>Zea mays</i>	Bahan Penghancur	5	32,5
4	Mg stearate	Bahan Pelicin	2	13
5	Avicel	Bahan Pengisi	12,1	78,6
Total			100	650

2.8 Penelitian Terdahulu (*State of the art*)

Penelitian tentang ekstraksi silika mesopori dari sekam padi telah dilakukan oleh Haji, dkk., (2019). Mereka melakukan penelitian tentang analisa pengaruh konsentrasi *Cetyltrimethyl Ammonium Bromide* terhadap disolusi rata rata *piroxygam* pada nanopartikel silika mesopori MCM-41 dari sekam padi. Adapun bentuk morfologi dari silika mesopori dapat dilihat pada hasil uji SEM pada Gambar 2.12.





Gambar 2.12 Gambar hasil uji SEM (a) piroxicam, Silika(b) 1% CTAB, (c)1,25% CTAB, (d) 1,5% CTAB, (e) 1,75%CTAB, (f) 2% CTAB (Haji, dkk 2019)

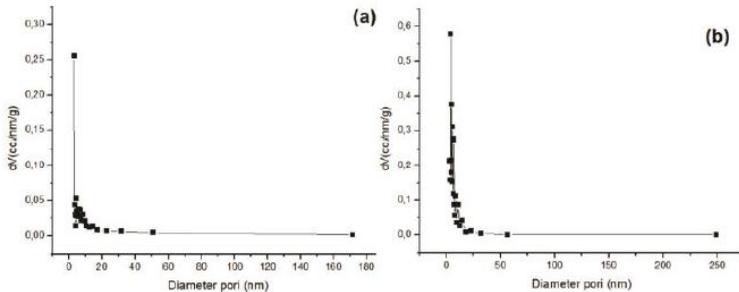
Pada hasil pengujian SEM sampel silika dengan penambahan CTAB menunjukkan morfologi yang hampir sama, berbentuk seperti bunga karang yang tersusun atas partikel – partikel kecil. Sedangkan hasil uji nitrogen adsorption–desorption isotherms pada sampel SiO_2 dengan penambahan 1,75%, dan 2% CTAB ditunjukkan pada Tabel 2.8.

Tabel 2.8 Data luas permukaan, ukuran pori rata-rata, dan total volume pori dari sampel silika dengan penambahan 1,75%, dan 2% CTAB (Haji, dkk., 2019)

No	Sampel	Luas permukaan (m ² /g)	Ukuran diameter pori rata-rata (nm)	Total volume pori (cc/g)
1	1,75% CTAB	585,13	7,85	1,15
2	2% CTAB	464,10	6,42	0,745

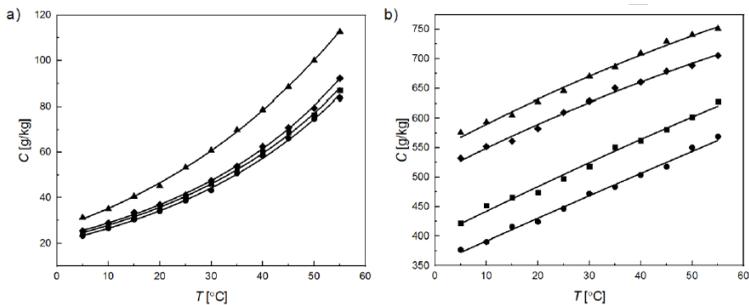
Dari grafik Gambar 2.13 di bawah ini, data menunjukkan ukuran pori (BJH *adsorption*) pori (BJH *adsorbition*) pada sampel 1,75%CTAB (Gambar 2.13 a), dan 1.75%CTAB/PX (Gambar 2.13 b). Pada sampel 1,75%CTAB persebaran ukuran porinya adalah pada diameter pori 4.12 nm. Sedangkan Pada sampel 1,75%CTAB/PX persebaran ukuran porinya adalah pada diameter pori 3,59 nm. Dari data menunjukkan sampel silika dengan penambahan 1,75%CTAB dan penambahan 1,75%CTAB/PX mempunyai persebaran pori pada diameter 3 nm sampai dengan 4 nm. Hal ini menunjukkan pada material mesopori yang dihasilkan ukuran porinya seragam, sehingga hasil yang didapatkan sebelum dan sesudah penambahan *piroxicam* rata-rata diameter porinya tidak berbeda jauh.

Penambahan surfaktan CTAB menyebabkan terbentuk pori yang lebih seragam. Mesopori silika tipe MCM-41 memiliki ukuran pori dan bentuk pori yang seragam. Hal disebabkan oleh penggunaan surfaktan sebagai pembentuk pori pada material. Panjang dari rantai surfaktan berpengaruh terhadap ukuran pori. Sehingga dengan penggunaan 1 jenis surfaktan akan memberikan ukuran pori yang seragam. dan volume total pori yang besar (Haji, dkk.,2019).



Gambar 2.13 Kurva persebaran ukuran pori (BJH adsorption) pada sampel a). 1,75% CTAB, dan .b) 1,75% CTAB/PX (Haji dkk, 2019)

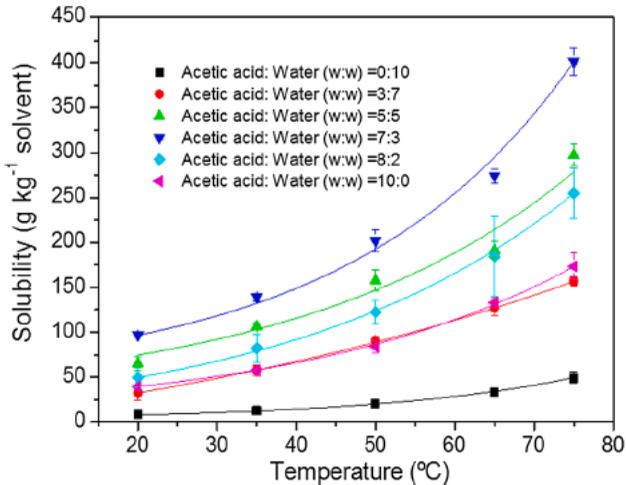
Rene R.E Steendam dkk (2019) telah melakukan penelitian dengan metode melarutkan CA (4-kloroasetanilida) dan NP(4-nitrophenol) dalam pelarut yang berbeda (etanol, 2-propanol, 1-butanol dan 1- pentanol) dan pada 8 suhu yang berbeda (278,15 hingga 318,15 K, dengan jarak temperatur 5 K) ditentukan menggunakan pengukuran kelarutan keseimbangan gravimetri. Untuk salah satu titik data kelarutan yang diuji, pelarut ditambahkan ke botol kaca yang mengandung kelebihan padatan baik CA atau NP. Metode Gravimetri telah digunakan dan divalidasi. Sesuai pedoman NIST, standar ketidakpastian $u(C)$ dan $u(x_2)$ ditentukan dengan memperkirakan standar deviasi dari tiga sampel dari setiap titik data kelarutan. Untuk setiap titik data, ketidakpastian standar relatif $u_r(C)$ dan $u_r(x_2)$ dihitung dengan membagi standar ketidakpastian atas kelarutan rata-rata. Sehingga didapatkan grafik seperti Gambar 2.14.



Gambar 2.4 Kelarutan fraksi massa(C) terhadap temperature(T) dimana ▲ ethanol; ◆ 2-propanol; ■ 1-butanol; • 1-pentanol a)CA b)NP (Rene, 2019)

Urutan jenis pelarut untuk kelarutan fraksi massa dari CA dan NP di seluruh rentang temperatur adalah etanol > 2-propanol > 1-butanol > 1-pentanol. Kelarutan berkurang secara monotonik dengan peningkatan jumlah n atom karbon dalam rantai alkil pelarut. Pelarut dengan rantai alkil yang lebih panjang menunjukkan polaritas yang lebih rendah dan lebih sulit membentuk ikatan hidrogen, secara keseluruhan mengarah ke kelarutan yang lebih rendah.

Dalam penelitian Meifen Jiang dkk (2019) menggunakan 3 rasio pelarut untuk mengetahui Kinetika Kristalisasi dan Properties Kristal Parasetamol, yaitu asam asetat: air 1:9; 5:5; serta 7:3, sehingga didapatkan grafik seperti pada Gambar 2.15 di bawah ini.



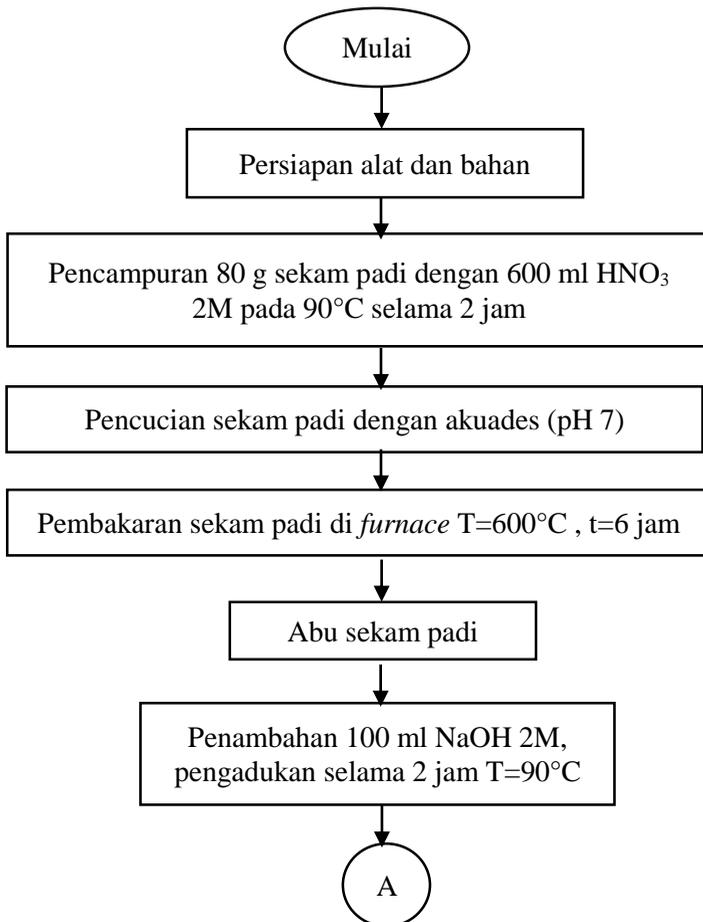
Gambar 2.15 Kelarutan Paracetamol dalam perbandingan yang berbeda antara asam asetat : air (Meifen, 2019)

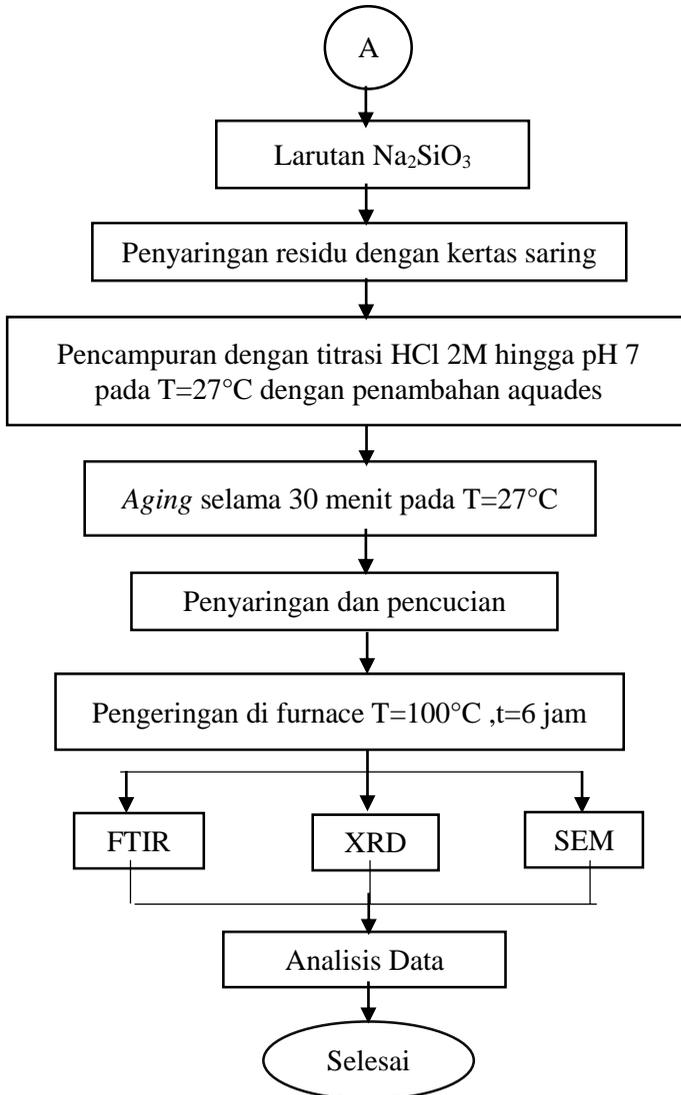
Kelarutan parasetamol dalam campuran asam asetat dan air pada rasio yang berbeda diilustrasikan pada Gambar 2.15 di atas. Ketika rasio asam asetat terhadap air meningkat, kapasitas parasetamol dalam pelarut juga meningkat dan akan mencapai nilai rasio maksimum pada Asam: H₂O = 7: 3, dan kemudian menurun dengan meningkatnya kandungan asam. Hal ini disebabkan kemampuan disosiasi asam asetat dalam air larutan. Karena asam asetat adalah asam lemah, hanya sebagian kecil dari Molekul asam asetat dapat bereaksi dengan air untuk membentuk etanoat dan hidronium ion. Interaksi di antara molekul parasetamol, asam asetat dan air mengindikasikan bahwa reaksi itu berjalan ke arah ke kanan, mengarah pada meningkatnya kelarutan parasetamol di kadar rendah asam asetat, dan akan mengalami kelarutan yang rendah ketika kadar air untuk pelarut tidak tercukupi.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

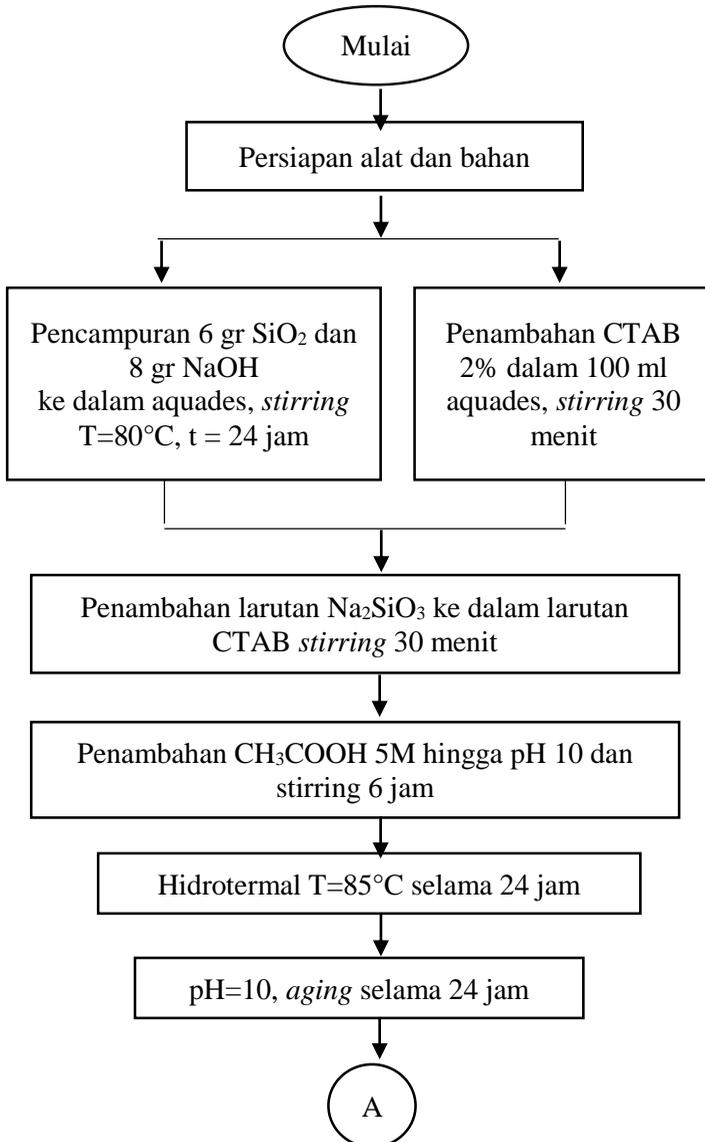
3.1 Diagram Alir

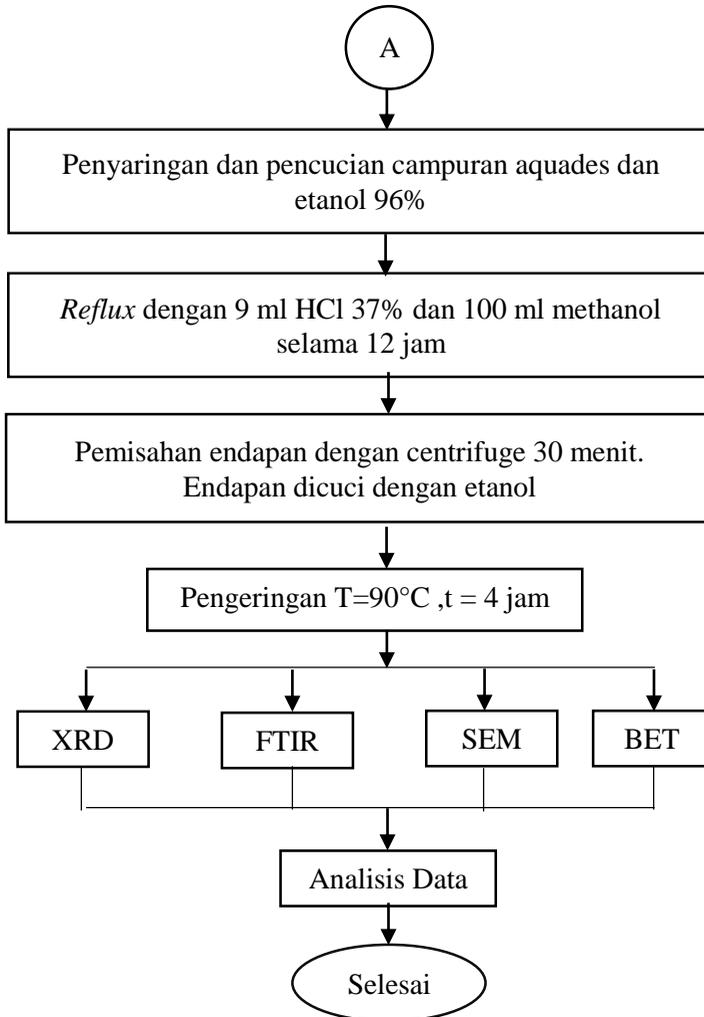
Pada penelitian ini terdapat tiga tahapan yang dilakukan, yaitu tahap ekstraksi silika dari sekam padi, sintesis nanopartikel silika mesopori dan enkapsulasi parasetamol



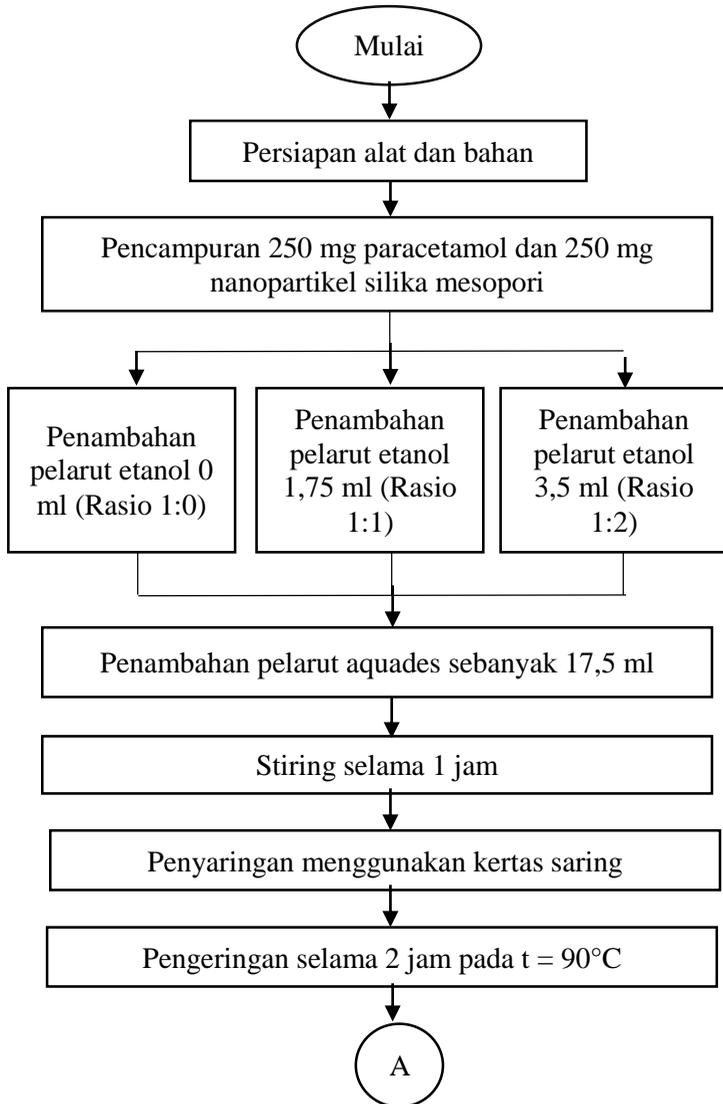


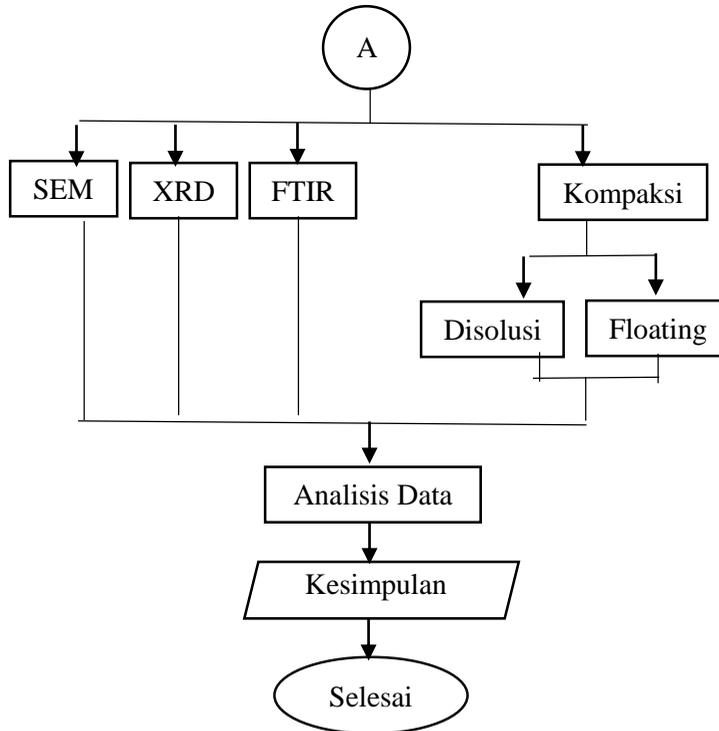
Gambar 3.1 Diagram alir sintesis silika





Gambar 3.2 Diagram alir sintesis nanopartikel silika mesopori





Gambar 3.3 Diagram alir proses enkapsulasi parasetamol ke dalam silika mesopori dan pengujian disolusi serta floating

Tabel 3.1 Formulasi Percobaan

Bahan	Formula		
	I	II	III
Silika Mesopori (mg)	250	250	250
Parasetamol (mg)	250	250	250
Etanol 96% (ml)	0	1,75	3,5
Aquades (ml)	17,5	17,5	17,5

Untuk pelarut etanol berbentuk liquid, sehingga setelah proses enkapsulasi parasetamol dengan silika mesopori, etanol akan melarutkan PCT dan Silika, kemudian proses penyaringan filtrat dan pengeringan sehingga etanol akan menguap, dan jumlah massa dari ketiga variasi akan sama (*balance*).

3.2 Bahan Penelitian

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Sekam padi
2. Akuades
3. Larutan ethanol ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) 96%
4. Larutan asam nitrat (HNO_3) 65%
5. Serbuk natrium hidroksida (NaOH) 99%
6. Larutan asam klorida (HCl) 37%
7. Serbuk Cetryltrimetilammonium bromide (CTAB) 99%
8. Larutan Methanol (CH_3OH) 100%
9. Larutan asam asetat (CH_3COOH)
10. Serbuk *paracetamol* murni 99%

3.3 Alat Penelitian

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah:

1. Timbangan digital

Timbangan digital digunakan untuk mengukur massa sekam padi dan bahan yang berupa serbuk.



Gambar 3. 4 Timbangan Digital

2. *Hot plate dan magnetic stirrer*

Hot plate dan magnetic stirrer digunakan pada proses *stirring* sampel dengan temperature dan waktu tertentu.



Gambar 3. 5 Hot plate dan magnetic stirrer

3. Gelas beaker

Gelas beaker digunakan sebagai wadah sampel saat pencampuran, pengadukan, maupun pencucian dengan aquades.



Gambar 3. 6 Gelas beaker

4. Gelas ukur

Gelas ukur digunakan untuk mengukur volume bahan larutan yang digunakan.



Gambar 3. 7 Gelas ukur

5. Erlenmeyer

Erlenmeyer digunakan sebagai wadah bahan saat proses penyaringan dan pembuatan larutan.



Gambar 3. 8 Erlenmeyer

6. *Spatula*

Spatula digunakan untuk mengambil bahan serbuk yang digunakan dan untuk mengaduk larutan.



Gambar 3. 9 Spatula

7. Kertas pH

Kertas pH digunakan untuk mengukur pH larutan saat proses penyaringan dan titrasi.



Gambar 3. 10 Kertas pH

8. Corong plastik

Corong plastik digunakan pada proses penyaringan sampel menggunakan kertas saring.



Gambar 3. 11 Corong plastik

9. Kertas saring Whatman

Kertas saring digunakan proses pencucian sampel setelah proses sol-gel dan untuk menyaring residu pada larutan.



Gambar 3. 12 Kertas saring

10. *Autoclave*

Autoclave digunakan pada proses hidrotermal sampel.



Gambar 3. 13 Autoclave

11. *Crucible furnace*

Crucible furnace digunakan sebagai wadah sampel pada proses pembakaran dan proses pengeringan sampel.



Gambar 3. 14 Crucible furnace

12. *Muffle furnace*

Muffle furnace digunakan untuk proses pembakaran sekam padi, pengeringan sampel dan proses *hidrotermal*.



Gambar 3. 15 Muffle furnace

13. Alat pengujian: SEM, FTIR, XRD, BET, Disolusi.

3.4 Prosedur Penelitian

Prosedur penelitian dalam penelitian ini dimulai dari persiapan bahan, ekstraksi silika dari sekam padi, pembuatan silika mesopori dan proses enkapsulasi parsetamol ke dalam silika mesopori. Untuk menganalisis hasil penelitian dilakukan karakterisasi material menggunakan pengujian XRD, FTIR, SEM, BET, dan Disolusi.

3.4.1 Persiapan Bahan

Persiapan bahan dimulai dengan mencuci sekam padi untuk menghilangkan kotoran yang menempel lalu dijemur dibawah sinar matahari sampai kering. Dilanjutkan dengan pembuatan larutan HCl 2M, NaOH 2M dan CH₃COOH 2M.

3.4.2 Ekstraksi Silika dari Sekam Padi

Ekstraksi silika dari sekam padi dilakukan dengan mencampurkan 80 gram sekam padi dengan 600 ml larutan HNO₃ 2M pada gelas beaker lalu memanaskannya selama 2 jam pada temperatur 90°C. Setelah itu sekam padi dicuci menggunakan aquades hingga pH 7. Sekam padi yang telah dicuci selanjutnya

dimasukkan ke dalam *crucible furnace* dan dibakar dalam *muffle furnace* selama 6 jam pada temperatur 600°C. Hasil dari pembakaran tersebut berupa abu sekam padi atau *rice husk ash* (RHA). Abu sekam padi selanjutnya ditimbang sebanyak 6 gram dan dicampur dengan larutan 100 ml NaOH 2M kemudian diaduk selama 2 jam pada temperatur 90°C. Hasil pengadukan kemudian disaring menggunakan kertas saring untuk dipisahkan dengan residu yang ada, atau agar mendapatkan larutan Na₂SiO₃. Kemudian larutan tersebut dititrasikan dengan HCl 2M hingga pH 7 dengan penambahan akuades untuk mengencerkan gel yang terbentuk. Hasil titrasi didiamkan selama 30 menit pada temperatur kamar kemudian larutan disaring dan dicuci menggunakan akuades. Gel kemudian dimasukkan ke dalam *crucible furnace* dan dikeringkan dalam *muffle furnace* selama 6 jam pada temperatur 100°C. SiO₂ yang dihasilkan kemudian dikeluarkan lalu dihaluskan hingga menjadi serbuk untuk kemudian dilakukan pengujian.

3.4.3 Sintesis Nanopartikel Silika Mesopori (MSNs)

Proses sintesis *mesoporous silica nanoparticles* (MSNs) ialah dengan menggunakan bahan utama silika hasil ekstraksi dari sekam padi, dan juga memerlukan bahan lainnya seperti NaOH, CH₃COOH, CTAB, etanol dan akuades. Pertama yang dilakukan adalah mencampurkan 6 gram SiO₂ dan 8 gram NaOH ke dalam 100 ml akuades dalam erlenmeyer. Kemudian dipanaskan dengan *oil bath* pada temperatur 80°C selama 24 jam untuk mendapatkan natrium silikat (Na₂SiO₃). CTAB dengan konsentrasi 2% dilarutkan ke dalam akuades kemudian diaduk selama 30 menit pada temperatur ruangan. Setelah itu, natrium silikat dituang ke dalam gelas beaker dan larutan CTAB ditambahkan secara perlahan – lahan menggunakan pipet dalam kondisi diaduk. Larutan Na₂SiO₃-CTAB diaduk selama 30 menit agar larutan menjadi homogen. Setelah itu larutan Na₂SiO₃-CTAB ditambahkan CH₃COOH 5M hingga pH 10 dan stirring selama 6 jam pada temperatur ruangan. Selanjutnya sol gel yang diperoleh

diberi perlakuan hidrothermal dan di *aging* selama 24 jam dengan pH tetap dijaga 10. Sol gel kemudian disaring menggunakan kertas saring dan dicuci menggunakan aquades minimal 10 kali. Untuk menghilangkan CTAB dilakukan *reflux* dengan larutan 100 ml methanol 99% dan penambahan 9 ml HCl 37%. Proses *reflux* dilakukan selama 12 jam. Setelah itu dilakukan pemisahan endapan menggunakan mesin *centrifuge* selama 30 menit. Hasil endapan kemudian dicuci menggunakan ethanol 99%. Setelah di cuci dimasukkan ke dalam *crucible furnace* dan dikeringkan ke dalam *muffle furnace* pada temperatur 90°C selama 4 jam. Terakhir padatan mesopori silika dikeluarkan dari *muffle furnace* dan dilakukan pengujian.

3.4.4 Proses Enkapsulasi Parasetamol ke dalam nanopartikel silika mesopori

Proses enkapsulasi parasetamol ke dalam silika mesopori diawali dengan pencampuran 250 mg parasetamol dan 250 mg silika mesopori pada 3 buah gelas beaker. Gelas beaker yang pertama ditambahkan dengan etanol 97% sebesar 0 ml (rasio 1:0) dan ditambahkan aquades sebanyak 17,5 ml. Kemudian untuk gelas beaker yang ke dua ditambahkan etanol sebanyak 1,75 ml (rasio 1:1) dan ditambahkan aquades sebanyak 17,5 ml. Untuk gelas beaker yang ketiga ditambahkan etanol sebanyak 3,5 ml dan ditambahkan juga aquades sebanyak 17,5 ml. Kemudian ketiga gelas beaker tersebut diaduk selama 1 jam. Setelah 1 jam, dilakukan proses penyaringan menggunakan kertas saring untuk diambil *filtratnya*. Kemudian filtrat dikeringkan dengan cara dimasukkan *muffle furnace* dengan temperatur 90°C selama 2 jam. Setelah itu *muffle furnace* dikeluarkan dan dilakukan penghalusan terhadap sampel serta dilakukan pengujian.

3.4.5 Pengujian X-Ray Diffraction (XRD)

Karakterisasi ini dilakukan pada semua spesimen uji untuk melihat fasa-fasa yang terbentuk dari silika, nanopartikel silika mesopori, parasetamol, parasetamol yang telah di enkapsulasi oleh silika mesopori. Uji difraksi Sinar-X (XRD), Gambar 3.16,

dilakukan menggunakan seperangkat alat yang disebut difraktrometer Sinar-X. Karakterisasi ini dilakukan pada semua spesimen uji untuk melihat struktur kristal dan fase-fase yang terbentuk.



Gambar 3.16 Alat uji XRD PANalytical

Tahap pertama yang dilakukan dalam analisa sinar-X adalah melakukan analisa pemeriksaan terhadap sampel yang belum diketahui strukturnya. Sampel ditempatkan pada titik fokus hamburan sinar-X yaitu tepat di tengah-tengah *plate* yang digunakan sebagai tempat sampel berupa plat tipis yang berlubang di tengahnya yang ukurannya sesuai dengan sampel (*serbuk*) dengan perekat pada sisi baliknya. Analisa yang dilakukan pada hasil XRD penelitian ini menggunakan analisa kualitatif dengan menggunakan cara manual, yakni pencocokan puncak kurva dari data terukur hasil XRD dengan data *hanawalt card*.

3.4.6 Pengujian Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pengujian SEM dilakukan terhadap semua sampel untuk mengetahui morfologi dari material tersebut. Pada prinsipnya *Scanning Electron Mikroskop* (SEM), Gambar 3.17, berfungsi sebagai *tools* (peralatan) untuk melihat struktur permukaan

material dengan resolusi tinggi. Adapun cara kerja dari SEM adalah *electron gun* memproduksi *electron beam*, anoda menangkap *electron beam* untuk kemudian diarahkan ke sampel kemudian serangkaian lensa magnetik memfokuskan beam ini dan menembakkan ke sampel, *scanner* membaca struktur permukaan sampel selanjutnya menangkap sinyal dari *secondary* dan *back scattered electron* untuk dikirim ke sistem kontrol sehingga dapat dilihat Gambarnya pada monitor dan dapat dicetak bila diperlukan.



Gambar 3.17 Alat uji SEM-EDX FEI Tipe Inspect S-50

Pengujian SEM dilakukan dalam 2 tahap yaitu tahap preparasi (sampel berupa serbuk diletakkan pada *holder* yang telah disiapkan) dan tahap pengujian (serbuk yang telah diletakkan pada *holder* dimasukkan ke dalam mesin uji, kemudian gambar muncul pada layar computer).

3.4.7 Pengujian Fourier Transform Infra Red (FTIR)

Tujuan pengujian ini adalah untuk mengetahui gugus fungsi dari semua sampel yang diuji. Sistem optik *Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* (FTIR), Gambar 3.18, ini dilengkapi dengan cermin yang bergerak tegak lurus dan cermin yang diam.

Dengan demikian radiasi infra merah akan menimbulkan perbedaan jarak yang ditempuh menuju cermin yang bergerak (M) dan jarak cermin yang diam (F). Perbedaan jarak tempuh radiasi tersebut adalah 2 yang selanjutnya disebut sebagai retardasi (δ). Hubungan antara intensitas radiasi IR yang diterima detektor terhadap retardasi disebut sebagai interferogram. Sedangkan sistem optik dari Spektrofotometer Infra Red yang didasarkan atas bekerjanya interferometer disebut sebagai sistem optik *Fourier Transform Infra Red*.



Gambar 3.18 Alat uji FTIR

Pada sistem optik *Fourier Transform Infra Red* digunakan radiasi LASER (*Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation*) yang berfungsi sebagai radiasi yang diinterferensikan dengan radiasi infra merah agar sinyal radiasi infra merah yang diterima oleh detektor secara utuh dan lebih baik.

Detektor yang digunakan dalam *Spektrofotometer Fourier Transform Infra Red* adalah *Tetra Glycerine Sulphate* (disingkat TGS) atau *Mercury Cadmium Telluride* (disingkat MCT). Detektor MCT lebih banyak digunakan karena memiliki beberapa kelebihan dibandingkan detektor TGS, yaitu memberikan respon yang lebih baik pada frekuensi modulasi tinggi, lebih sensitif, lebih cepat,

tidak dipengaruhi oleh temperatur, sangat selektif terhadap energi vibrasi yang diterima dari radiasi infra merah.

3.4.8 BET Surface Analysis

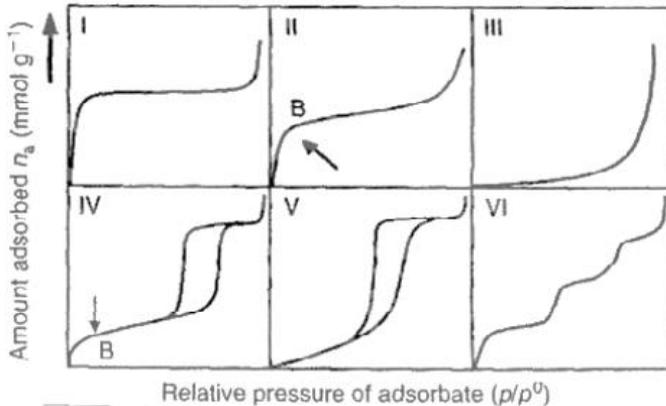
BET Surface Analysis digunakan untuk untuk menentukan luas permukaan material, distribusi pori dari material, dan isotherm adsorpsi suatu gas dari nanopartikel silika karbon mesopori. Pengujian ini menggunakan alat uji berupa *Surface Area Analysis (SAA)*, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.19. Prinsip kerja dari alat ini dengan menggunakan mekanisme adsorpsi gas, umumnya nitrogen, argon dan helium, pada permukaan suatu bahan padat yang akan dikarakterisasi pada temperatur konstan biasanya temperatur didih dari gas tersebut. Alat uji ini pada dasarnya hanya mengukur jumlah gas yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada tekanan dan suhu tertentu. Secara sederhana, jika kita mengetahui berapa volume gas spesifik yang dapat diserap oleh suatu permukaan padatan pada suhu dan tekanan tertentu dan kita mengetahui secara teoritis luas permukaan dari satu molekul gas yang diserap, maka luas permukaan total padatan tersebut dapat dihitung.

. Persiapan utama dari sampel sebelum dianalisa adalah dengan menghilangkan gas-gas yang terserap (degassing).



Gambar 3.19 Brunauer-Emmett-Teller (BET) (Purnawira)

Metode BET ini menganggap bahwa molekul padatan yang paling atas berada pada kesetimbangan dinamis. Ini berarti jika permukaan hanya dilapisi oleh satu molekul saja, maka molekul-molekul gas ini berada dalam kesetimbangan dalam fase uap padatan. Jika terdapat dua atau lebih lapisan, maka lapisan teratas berada pada kesetimbangan dalam fase uap padatan. Bentuk isoterm tergantung pada macam gas adsorbat, sifat adsorben dan struktur pori.



Gambar 3.20 Enam tipe kurva isoterm adsorpsi sesuai dengan *International Union of Pure and Applied Chemistry (IUPAC)* (Marsh, et al., 2006)

Berdasarkan pengujian yang dilakukan, akan didapatkan kurva isoterm adsorpsi. Kurva isoterm adsorpsi terdiri dari 6 tipe menurut IUPAC yang ditunjukkan pada Gambar 3.20.

Tipe I berbentuk konkaf terhadap aksis P/P₀, merupakan tipe Langmuir, dengan ciri-ciri pembatasan adsorpsi pada monolayer. Tipe ini diamati pada adsorpsi kimia (kemisorpsi), pada tekanan jauh dibawah P₀. Sedangkan pada adsorpsi fisika (fisisorpsi) mengindikasikan material mikropori. Pengisian mikropori ini dilakukan pada tekanan relatif yang rendah karena kecilnya ukuran pori dan tingginya potensi adsorpsi.

Tipe II adalah sangat umum dalam kasus adsorpsi fisika dan sesuai dengan pembentukan multilayer dan adsorpsi pada sampel bubuk. Biasanya terjadi pada material non-pori atau makropori. Titik belok (titik B) menunjukkan proses pada monolayer sudah selesai dan adsorpsi multilayer dimulai.

Tipe III berbentuk konveks terhadap aksis P/P. Tipe ini relatif jarang terjadi, sebagai contoh yaitu adsorpsi nitrogen pada polietilen, adsorpsi nitrogen pada es dan dikarakterisasi oleh panas adsorpsi yang sama atau kurang dari panas liquefaction adsorbat.

Tipe IV dan V sesuai untuk fenomena kondensasi kapiler dan menunjukkan efek histeresis. Biasanya terjadi pada padatan berpori.

Tipe VI yaitu Highly uniform surface, *Layer by layer adsorption*, *Stepped isotherm*. Contohnya adsorpsi molekul non pori sederhana pada permukaan yang seragam (e.g. *basal plane of graphite*).

3.4.9 Kompaksi



Gambar 3.21 Alat kompaksi tablet parasetamol

Kompaksi menggunakan alat sesuai dengan Gambar 3.21, dimana sediaan serbuk yang disediakan yakni sesuai dengan formula yang sudah dibuat pada diagram alir 3.3. Tabel 3.1 menunjukkan komposisi yang digunakan dalam tablet sebagai berikut :

Tabel 3.2 Komposisi tablet parasetamol

Komposisi	Berat (mg)	%
Silika mesopori	250	25
Paracetamol	250	25
Polyvinyl Pyrrolidone	20,2	3
Laktosa	201	29,9
Amilum	114,5	17
Mg Stearat	0,6725	0,1

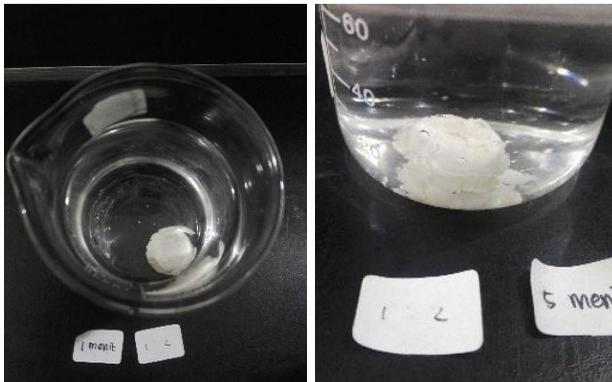
Adapun bahan yang digunakan sebagai material tambahan dalam tablet memiliki fungsi masing masing yakni polyvinyl pyrrolidone (PVP) sebagai material pengikat pada tablet, laktosa dan amilum sebagai bahan pengisi tablet dan mg stearat digunakan sebagai material pengembang/pemicu *floating* pada tablet konvensional. Proses kompaksi menggunakan metode granulasi basah dan alat kompaksi manual. Berikut Gambar 3.22 hasil dari proses kompaksi serbuk menjadi tablet untuk parasetamol, Si/PCT rasio pelarut 1:0, Si/PCT rasio pelarut 1:1 dan Si/PCT rasio pelarut 1:2.



Gambar 3.22 Hasil sampel tablet dari proses kompaksi

3.4.10 Pengujian *Mass Release*

Pengujian ini bertujuan untuk mengetahui morfologi dari obat tablet yang kita uji dan pada waktu ke berapa tablet itu terdisolusi (hancur) secara sempurna. Dimana pada pengujian ini menggunakan larutan dengan pH 1,2 untuk simulasi kondisi lambung. Diharapkan pengujian ini bisa mempresentasikan kondisi obat ketika dikonsumsi. Langkah utamanya yaitu, menyiapkan larutan pH 1,2 dan menempatkannya pada beker gelas. Kemudian menimbang tablet, sebagai massa awal. Setelah itu memasukkan obat tablet ke dalam beker gelas yang berisi larutan pH 1,2 yang sudah disediakan, dan mencatat waktu serta massa basah nya. Dilakukan pengamatan secara morfologi pada menit ke 5, 10, 15, 30, 45, 60, 120, 180 menit, dan seterusnya sampai tablet benar – benar sudah terdisolusi secara keseluruhan. Selain mengamati secara morfologi, juga dilakukan penimbangan setiap jam dan dicatat untuk massa tiap t.



Gambar 3.23 Contoh morfologi tablet

3.4.11 Pengujian Disolusi

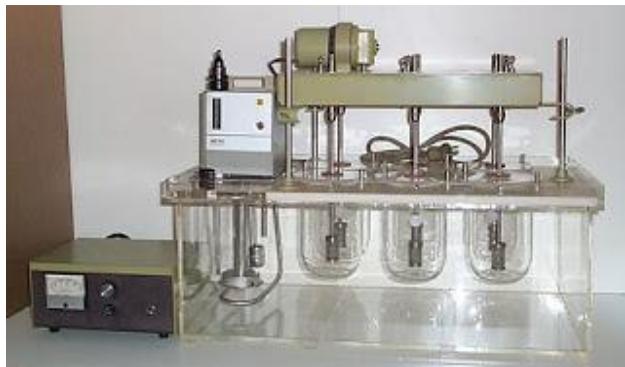
Disolusi obat adalah suatu proses pelarutan senyawa aktif dari bentuk sediaan padat ke dalam media pelarut. Prinsip penentuan disolusi bahan aktif sediaan yaitu dengan menentukan

jumlah bahan aktif terlarut pada setiap selang waktu tertentu. Pengukuran disolusi dilakukan menggunakan dissolution tester.

Beberapa alat yang digunakan dalam pengujian ini menurut Farmakope yaitu alat keranjang (*rotating basket*), alat dayung (*paddle assembly*), silinder bolak balik (*reciprocating cylinder*), dan sel lintas alir (*flow through cell*). Untuk cara kerja dari uji disolusi adalah:

1. Membuat medium disolusi
Media disolusi 900 ml. Larutan dapur fosfat pH 5,8.
Formula untuk larutan dapur yang dipakai adalah KH_2PO_4 68,045g, NaOH 1,44g, dilarutkan dalam aquadest ditambahkan hingga 10L.
2. Tablet diletakkan dalam keranjang lalu dimasukkan ke dalam medium disolusi. Ketika alat dihidupkan, keranjang akan berputar dengan kecepatan 50 rpm.
3. Melakukan penetapan jumlah $\text{C}_8\text{H}_9\text{NO}_2$ yang terlarut dengan mengukur serapan filtrat larutan uji, jika perlu diencerkan dengan media disolusi dan serapan larutan baku *Parasetamol* dalam media yang sama pada panjang gelombang serapan maksimum lebih kurang 243nm. Pengujian dalam waktu 30 menit.

Pada Gambar 3.24 merupakan alat untuk uji disolusi.



Gambar 3.24 Alat uji disolusi

3.5 Rancangan Penelitian

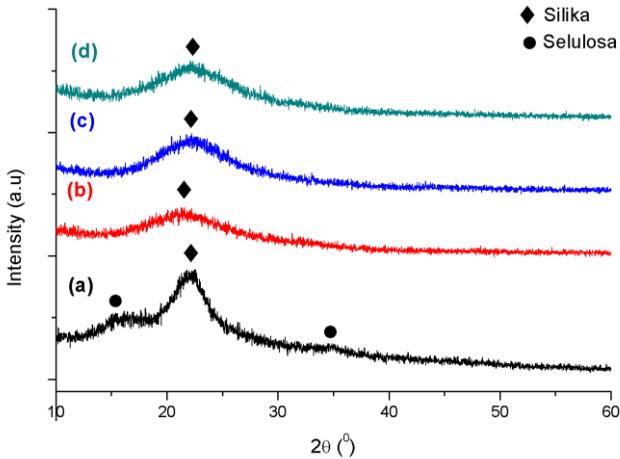
Berikut merupakan rancangan penelitian pada penelitian ini:

Tabel 3.3 Rancangan Penelitian

Sampel	Rasi o Etan ol	Pengujian					
		XRD	FTI R	SEM	BET	Disol usi	Floa ting
Sekam Padi Abu		√	√	-	-	-	-
Sekam Padi Silika		√	√	√	-	-	-
Silika Mesopori PCT		√	√	√	√	-	-
Si/PCT	1:0 (0ml)	√	√	√	-	√	√
Si/PCT	1:1 (1,75 ml)	√	√	√	-	√	√
Si/PCT	1:2 (3,5 ml)	√	√	√	-	√	√

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Uji X-Ray Diffraction (XRD)



Gambar 4.1 Difraktogram XRD (a) Sekam Padi, (b) Abu Sekam Padi, (c) Silika hasil ekstraksi, (d) Silika Mesopori

Gambar 4.1 (a) menunjukkan difraktogram pengujian XRD untuk sekam padi, terdapat puncak-puncak difraksi pada $2\theta = 16,5153^\circ$, $22,4209^\circ$ dan $34,8071^\circ$. Selanjutnya Gambar 4.1 (b) menunjukkan difraktogram XRD untuk abu sekam padi yang telah melewati hasil *leaching* dengan puncak difraksi di $2\theta = 21,4901^\circ$. Gambar 4.1 (c) adalah difraktogram XRD silika hasil ekstraksi dengan puncak difraksi di $2\theta = 21,8404^\circ$. Terakhir Gambar 4.1 (d) adalah difraktogram dari nanopartikel silika mesopori dengan puncak difraksi di $2\theta = 22,1907^\circ$.

Difraktogram XRD sekam padi mempunyai puncak difraksi di $16,5153^\circ$, $22,4209^\circ$ dan $34,8071^\circ$ adalah puncak difraksi untuk

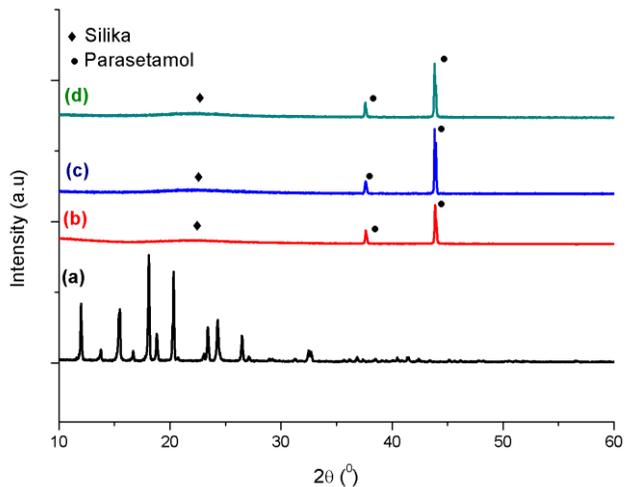
selulosa sesuai dengan ICDD #00-003-0026. Pada puncak $22,4209^\circ$ membentuk puncak yang lancip menunjukkan selulosa pada sekam padi memiliki struktur kristalin. Sedangkan pada puncak $16,3882^\circ$ dan $34,8071^\circ$ membentuk puncak yang melebar menunjukkan selulosa pada sekam padi memiliki struktur amorf.

Sampel abu sekam padi difraktogram XRD menunjukkan grafik yang melebar (Gambar 4.1 (b)) dengan puncak pada $2\theta=21,4901^\circ$ sesuai ICDD #00-001-0424 menunjukkan fasa silika dengan struktur kristal *crystalite*. Pada sampel abu sekam padi ini tidak ditemui puncak difraksi di $2\theta = 16,3882^\circ$ dan $34,8071^\circ$. Hal ini menunjukkan proses pembakaran pada temperatur 600°C efektif untuk menghilangkan selulosa dan menghasilkan silika amorf.

Pada puncak difraksi abu sekam padi di $2\theta = 22,4209^\circ$ menjadi lebih lebar dibandingkan dengan sekam padi. Perubahan lebar puncak ini dipengaruhi oleh proses pembakaran yang menyebabkan selulosa pada sekam padi terdekomposisi dan menyisakan silika amorf pada abu sekam padi. Pada proses pembakaran terjadi dekomposisi senyawa organik. Pada proses ini SiO_2 berkumpul dan membentuk fasa *crystalite*. Hal ini ditunjukkan oleh difraktogram XRD Abu Sekam Padi (Gambar 4.1 (b)) yang semakin lebar dan menjadi puncak tunggal di $2\theta=21,4901^\circ$. Hal ini diperkuat lagi dengan penelitian Raharjo, dkk, (2018) yang melakukan pembakaran silika pada temperatur 600°C , menghasilkan silika dengan struktur amorf dengan presentase silika 99%. Dari data percobaan yang telah dilakukan, dapat diamati bahwa pembakaran sekam padi pada temperatur 600°C dalam waktu 6 jam menghasilkan RHA yang amorf (Gambar 4.1 (b)).

Gambar 4.1 (d) adalah difraktogram dari nanopartikel silika mesopori dengan puncak difraksi di $2\theta = 22,1907^\circ$, FWHM sebesar 0,0900 dan $d\text{-spacing} = 4,00275\text{\AA}$ sesuai dengan ICDD #01-076-0938 merupakan puncak difraksi dari *crystalite low*. Puncak difraksi yang melebar menunjukkan fasa yang terbentuk silika amorf. Menurut Kallapathy et al., (2000) menyatakan bahwa silika

dari sekam padi memiliki sudut puncak yang melebar pada rentang $2\theta = 21-23^\circ$ data ini sesuai dengan hasil karakteristik silika yang diperoleh bahwa mesoporous silika memiliki serapan intensitas dan puncak tertinggi yang terletak pada sudut $2\theta = 22,1907^\circ$ serta jarak antar ikatan atau *d-spacing* $4,00275\text{\AA}$. Beck, dkk., (1992); Voegtlin, dkk., (1997) juga mengatakan dengan range puncak difraksi pada $2\theta = 21-23^\circ$ dan *d-spacing* pada $3,50-4\text{\AA}$ adalah sesuai dengan identifikasi material MCM-41. Dengan memiliki puncak difraksi $2\theta = 22,1907^\circ$, yang mana lebih bergeser ke kanan dibandingkan dengan puncak difraksi silika hasil ekstraksi $2\theta=21,8404^\circ$, dapat dikatakan bahwa material berpori (dengan penambahan CTAB 2%) menyebabkan pergeseran puncak difraksi tetapi masih pada *range d-spacing* yang telah disebutkan diatas.



Gambar 4.2 Difraktogram (a) PCT, (b) Si/PCT rasio pelarut 1:0. (c) Si/PCT rasio pelarut 1:1, (d) Si/PCT rasio pelarut 1:2.

Gambar 4.2 (a) menunjukkan difraktogram XRD untuk sampel parasetamol murni dengan 3 peak tertingginya pada 2θ

sebesar $11,9803^\circ$ dan *d-spacing* $7,3847\text{\AA}$, $2\theta = 18,0954^\circ$ dan *d-spacing* $4,90241\text{\AA}$ dan $2\theta = 20,3230^\circ$ dan *d-spacing* $4,36980\text{\AA}$ berdasarkan PDF card ICDD #00-039-1503 menunjukkan difraktogram dari parasetamol.

Gambar 4.2 (b) menunjukkan difraktogram XRD untuk sampel parasetamol yang dienkapsulasi oleh silika mesopori dengan rasio pelarut 1:0 dengan 2θ sebesar $21,9307^\circ$ dan *d-spacing* $4,00616\text{\AA}$ berdasarkan PDF card ICDD #00-029-0085 menunjukkan difraktogram dari silika. Selain difraktogram silika muncul difraktogram dengan puncak-puncak difraksi sebesar $2\theta = 37,6307^\circ$ dan *d-spacing* $2,38838\text{\AA}$ dan juga $2\theta = 43,8773^\circ$ dan *d-spacing* $2,06175\text{\AA}$ menunjukkan adanya parasetamol sesuai dengan PDF card ICDD #00-039-1503.

Gambar 4.2 (c) menunjukkan difraktogram XRD untuk sampel parasetamol yang dienkapsulasi oleh silika dengan rasio pelarut 1:1 dengan 2θ sebesar $22,0005^\circ$ dan *d-spacing* $4,1007\text{\AA}$ berdasarkan PDF card ICDD #00-029-0085 menunjukkan difraktogram dari silika. Selain difraktogram silika muncul difraktogram dengan puncak-puncak difraksi sebesar $2\theta = 43,9288^\circ$ dan *d-spacing* $2,05946\text{\AA}$ yang menunjukkan adanya parasetamol sesuai dengan PDF card ICDD #00-039-1503.

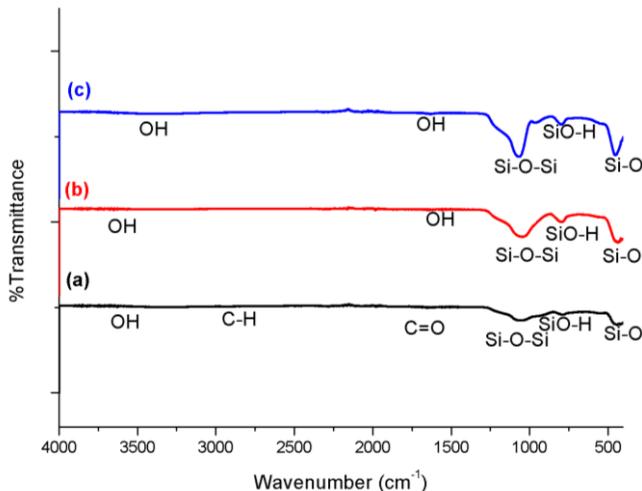
Gambar 4.2 (d) menunjukkan difraktogram XRD untuk sampel parasetamol yang dienkapsulasi oleh silika dengan rasio pelarut 1:2 dengan 2θ sebesar $22,0093^\circ$ dan *d-spacing* $4,1097\text{\AA}$ berdasarkan PDF card ICDD #00-029-0085 menunjukkan difraktogram dari silika. Selain difraktogram silika muncul difraktogram dengan puncak-puncak difraksi sebesar $2\theta = 37,5789^\circ$ dan *d-spacing* $2,39155\text{\AA}$ dan juga $2\theta = 43,8228^\circ$ dan *d-spacing* $2,06419\text{\AA}$ menunjukkan adanya parasetamol sesuai dengan PDF card ICDD #00-039-1503.

Untuk ketiga sampel diatas menunjukkan puncak difraksi pada kisaran $2\theta = 21-23^\circ$ untuk silika dan $2\theta = 36-38^\circ$ dan $2\theta = 43-45^\circ$ untuk Parasetamol. Terjadi penurunan puncak difraksi dengan bertambahnya rasio pelarut etanol, dan juga terjadi pertambahan *d-spacing* dengan bertambahnya rasio pelarut. Hal ini menunjukkan

bahwa semakin besar rasio pelarut etanol yang digunakan akan membuat jarak antar ikatan semakin renggang atau tinggi, namun masih dalam range.

4.2 Hasil Uji Fourier Transform Infrared (FTIR)

Gugus fungsi dari hasil uji FTIR untuk semua sampel ditunjukkan pada Tabel 4.1. Pada sampel sekam padi (Gambar 4.3 (a)) terdapat puncak dengan bilangan gelombang $443,20\text{ cm}^{-1}$, $790,65\text{ cm}^{-1}$, dan $1031,38\text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi tekukan Si-O, pita vibrasi peregangan asimetri SiO-H, dan pita vibrasi peregangan asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si. Adanya gugus fungsi Si-O, SiO-H, dan Si-O-Si menunjukkan adanya unsur silika pada sekam padi. Pada gelombang $1654,50\text{ cm}^{-1}$, dan $2906,32\text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi tekuk C=O dan pita vibrasi regangan C-H. Gugus fungsi C=O menunjukkan adanya hemiselulosa dan lignin (Chuai, dkk., 2001) dan gugus fungsi C-H menunjukkan adanya senyawa organik yang menyusun sekam padi (Chandra, dkk., 2012).



Gambar 4.3 Spektra Hasil Uji FTIR (a) Sekam Padi, (b) Abu Sekam Padi, (c) Silika Hasil Ekstraksi

Sehingga adanya puncak difraksi selulosa pada hasil XRD terkonfirmasi dengan munculnya gugus fungsi C=O dan C-H pada hasil uji FTIR yang juga menunjukkan adanya selulosa di dalam sekam padi. Terakhir gelombang $3543,01\text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi regangan –OH. Gugus fungsi –OH dari Si-OH merupakan vibrasi dari ikatan hidrogen. Kemunculan puncak tersebut menunjukkan adanya adsorpsi air (Yusmaniar, 2004).

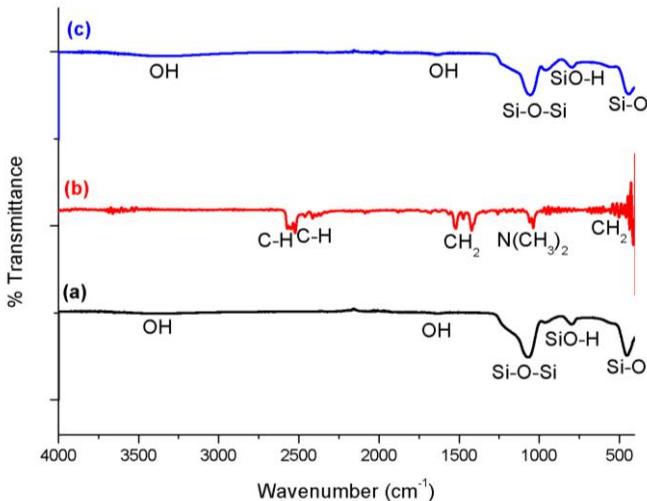
Pada spektrum hasil uji FTIR sampel abu sekam padi (Gambar 4.3 (b)) terdapat puncak dengan bilangan gelombang $440,73\text{ cm}^{-1}$, $798,73\text{ cm}^{-1}$, $1046,96\text{ cm}^{-1}$, dan $3441,01\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita vibrasi Si-O, SiO-H, Si-O-Si dan Si-OH. Tidak terdapat spektra di kisaran 1600 cm^{-1} dan 2900 cm^{-1} . Hal ini mengindikasikan bahwa proses dekomposisi telah menghilangkan unsur karbon dari sekam padi sehingga yang tersisa hanya silika amorf. Sejalan dengan hal tersebut pada hasil uji XRD juga tidak ditemukan puncak difraksi selulosa. Sehingga terdapat korelasi antara data XRD dan juga FTIR dari sekam padi hingga menjadi abu sekam padi.

Selanjutnya pada silika hasil ekstraksi (Gambar 4.3 (b)) memiliki spektrum FTIR pada $456,90\text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi tekukan Si-O, $798,89\text{ cm}^{-1}$ pita vibrasi peregangan simetris SiO-H, $1069,78\text{ cm}^{-1}$ pita vibrasi peregangan asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si, $1412,88\text{ cm}^{-1}$ pita vibrasi tekuk SiO-H, $1635,64\text{ cm}^{-1}$ pita vibrasi O-H dari air yang terabsorpsi, dan $3401,84\text{ cm}^{-1}$ pita vibrasi regangan Si-OH. Pada silika ekstraksi tidak terjadi perubahan gugus fungsi, hal ini dikarenakan pada proses sol-gel dari abu sekam padi ke silika ekstraksi tidak terdapat reaksi yang menyebabkan struktur kimia silika amorf tidak berubah.

Tabel 4.1 Gugus Fungsi pada sampel Sekam Padi, Abu Sekam Padi, Silika Ekstraksi

Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Interpretasi
Sekam Padi	443,20	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O
	790,65	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri Si-O dari Si-O-Si
	1031,38	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1654,50	C=O	Pita vibrasi tekuk C=O
	2906,32	C-H	Pita vibrasi regangan C-H
	3543,01	OH	Pita vibrasi regangan -OH
Abu Sekam Padi	440,73	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O
	798,73	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri SiO-H
	1046,96	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	3441,01	-OH	Pita vibrasi regangan -OH
Silika Ekstraksi	456,90	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O
	798,89	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri SiO-H
	1069,78	Si-O	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si

1412,88	SiO-H	Pita vibrasi tekuk SiO-H
1635,64	O-H	Pita vibrasi O-H dari air yang terabsorpsi
3401,84	-OH	Pita vibrasi regangan -OH



Gambar 4.4 Spektrum FTIR (a) Silika, (b) CTAB, (c) Silika Mesopori

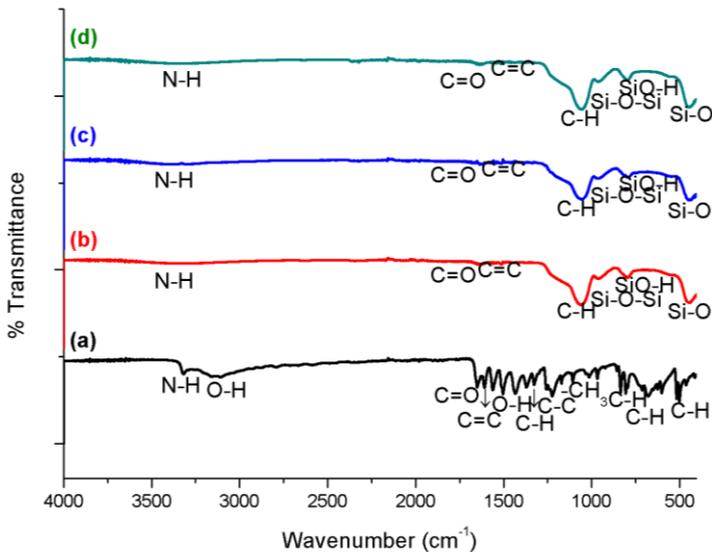
Pada Gambar 4.4 (a) terdapat grafik spektrum untuk sampel silika hasil ekstraksi dengan pita vibrasi terletak $456,90\text{ cm}^{-1}$, $798,89\text{ cm}^{-1}$, $1069,78\text{ cm}^{-1}$, $1412,88\text{ cm}^{-1}$, $1635,64\text{ cm}^{-1}$, dan $3401,84\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O, SiO-H, Si-O-Si, -OH, SiO-H, dan Si-OH. Sedangkan pada Gambar 4.4 (b) terdapat grafik dengan pita vibrasi terletak pada $718,79\text{ cm}^{-1}$, $911,15\text{ cm}^{-1}$, $1461,87\text{ cm}^{-1}$, dan $2848,39\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita vibrasi dari gugus -CH₂-, N(CH₃)₂-, -CH-. Pada sampel silika mesopori tidak ditemukan gugus -CH₂-, N(CH₃)₂-, ataupun -CH-

yang merupakan gugus fungsi dari CTAB. Adapun Gambar 4.3 (d) terdapat grafik spektrum dari silika mesopori dengan pita vibrasi terletak pada $444,09\text{ cm}^{-1}$, $796,56\text{ cm}^{-1}$, $961,54\text{ cm}^{-1}$, $1057,49\text{ cm}^{-1}$, $1636,87\text{ cm}^{-1}$, dan $3335,30\text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O, SiO-H, Si-O-Si, -OH, SiO-H, dan Si-OH. Hal ini menunjukkan bahwa proses *reflux acid methanol* mampu menghilangkan CTAB sebagai kerangka pembentuk mesopori silika. Dengan hilangnya CTAB maka akan meninggalkan pori pada struktur material silika. Hasil ini sesuai dengan penelitian yang pernah dilakukan oleh Ervianto, dkk., (2018) yang dalam penelitiannya menjelaskan bahwa CTAB hilang setelah proses *reflux* menggunakan *methanol*.

Tabel 4.2 Gugus fungsi pada sampel CTAB dan Silika mesopori

Sampel	Bilangan Gelombang (cm^{-1})	Gugus Fungsi	Interpretasi
Silika Mesopori CTAB 2%	444,09	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O
	796,56	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri SiO-H
	961,54	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1057,49	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1636,87	--OH	Pita vibrasi --OH, dari air yang terabsorpsi
	3335,30	-OH	Pita vibrasi ulur --Si-OH
CTAB	718,79	-CH ₂ -	Pita vibrasi -CH ₂ -
	739,16	-CH ₂ -	Pita vibrasi -CH ₂ -

911,15	$N((CH_3)_2)$	Pita $N((CH_3)_2)$	vibrasi
960,31	$N((CH_3)_2)$	Pita $N((CH_3)_2)$	vibrasi
1461,89	-CH ₂ -	Pita vibrasi -CH ₂ -	
1472,87	-CH ₂ -	Pita vibrasi -CH ₂ -	
2848,39	-CH-	Pita vibrasi -CH-	
2915,75	-CH-	Pita vibrasi -CH-	



Gambar 4.5 Spektrum FTIR (a) PCT, (b) Si/PCT rasio pelarut 1:0. (c) Si/PCT rasio pelarut 1:1,(d) Si/PCT rasio pelarut 1:2

Pada Gambar 4.5 (a) merupakan grafik spektrum untuk sampel parasetamol murni menunjukkan pita vibrasi terletak pada $680,34\text{ cm}^{-1}$, $711,27\text{ cm}^{-1}$, $795,72\text{ cm}^{-1}$, $806,55\text{ cm}^{-1}$, $835,69\text{ cm}^{-1}$, $1015,06\text{ cm}^{-1}$, $1107,17\text{ cm}^{-1}$, $1171,44\text{ cm}^{-1}$, $1224,31\text{ cm}^{-1}$, $1258,05\text{ cm}^{-1}$, $1327,31\text{ cm}^{-1}$, $1370,50\text{ cm}^{-1}$, $1434,59\text{ cm}^{-1}$, $1565,15\text{ cm}^{-1}$, $1561,98\text{ cm}^{-1}$, $1609,32\text{ cm}^{-1}$, $1651,45\text{ cm}^{-1}$, $3106,99$

cm^{-1} , dan $3319,39 \text{ cm}^{-1}$. Untuk keterangan dari gugus fungsinya dapat dilihat pada Tabel 4.3 dibawah ini.

Pada Gambar 4.5 (b) merupakan grafik spektrum untuk sampel Parasetamol yang telah dienkapsulasi silika dengan rasio pelarut 1:0 menunjukkan pita vibrasi terletak pada $444,27 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O, $795,43 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O-H, $961,65 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O-Si. Kemudian menunjukkan pita vibrasi di $1058,12 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C-H, $1517,37 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C=C, $1637,09 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C=O, dan terakhir pada $3293,40 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus N-H.

Sampel Parasetamol yang telah dienkapsulasi silika dengan rasio pelarut 1:1 ditunjukkan pada Gambar 4.5 (c). Grafik spektrum menunjukkan pita vibrasi terletak pada $448,29 \text{ cm}^{-1}$ yang merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O, $790,97 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O-H, $962,64 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O-Si. Kemudian menunjukkan pita vibrasi di $1057,71 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C-H, $1517,39 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C=C, $1617,85 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C=O, dan terakhir pada $3308,69 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus N-H.

Pada Gambar 4.5 (d) merupakan grafik spektrum untuk sampel Parasetamol yang telah dienkapsulasi silika dengan rasio pelarut 1:2 menunjukkan pita vibrasi terletak pada $448,03 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O, $795,79 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O-H, $964,75 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus Si-O-Si. Kemudian menunjukkan pita vibrasi di $1057,83 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C-H, $1513,22 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C=C, $1637,04 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus C=O, dan terakhir pada $3356,60 \text{ cm}^{-1}$ merupakan pita vibrasi dari gugus N-H.

Gugus OH sudah tidak muncul, yang mengindikasikan bahwa kandungan air pada sampel ini telah tidak ada, namun muncul gugus NH yang mengindikasikan kandungan parasetamol, dan

gugus C-H dan C=C muncul yang pada pengujian FTIR sebelumnya yaitu silika tidak muncul.

Tabel 4.3 Gugus Fungsi pada sampel PCT, Si/PCT Rasio 1:0, Si/PCT Rasio 1:0, dan Si/PCT Rasio 1:2

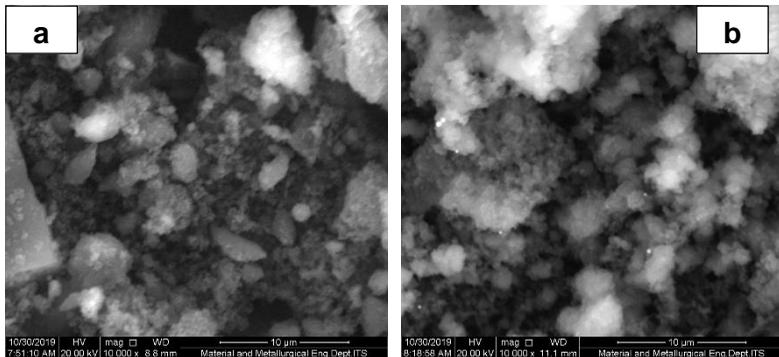
Sampel	Bilangan Gelombang (cm ⁻¹)	Gugus Fungsi	Interpretasi
PCT	680,34	C-H	Pita vibrasi lentur C-H
	711,27	C-H + N-H	Pita vibrasi lentur C-H dan N-H
	795,72	C-H + N-H	Pita vibrasi lentur C-H dan N-H
	806,55	C-H	Pita vibrasi lentur C-H
	835,69	C-H	Pita vibrasi lentur C-H
	1015,06	C-C	Pita vibrasi regangan C-C
	1107,17	C-C	Pita vibrasi regangan C-C
	1171,44	C-C + CH ₃	Pita vibrasi regangan C-C dan CH ₃
	1224,31	C-C	Pita vibrasi regangan C-C
	1258,05	C-C + C-N	Pita vibrasi regangan C-C dan C-N
	1327,31	C-C + C-N	Pita vibrasi regangan C-C dan C-N
	1370,50	C-C + C-H	Pita vibrasi regangan C-C dan vibrasi lentur C-H

	1434,59	C-C +O-H	Pita vibrasi regangan C-C dan vibrasi lentur O-H
	1565,15	C=C + N-H	Pita vibrasi regangan C=C dan vibrasi bengkok N-H
	1561,98	C=C	Pita vibrasi regangan C=C
	1609,32	C=C	Pita vibrasi regangan C=C
	1651,45	C=O	Pita vibrasi regangan C=O
	3106,99	O-H	Pita vibrasi regangan O-H
	3319,39	N-H	Pita vibrasi regangan N-H
Si/PCT	444,27	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O
Rasio pelarut 1:0	795,43	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri Si-O dari Si-O-Si
	961,65	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1058,12	C-H	Pita vibrasi tekuk C-H
	1517,37	C=C	Pita vibrasi regangan C=C
	1637,09	C=O	Pita vibrasi regangan C=O
	3293,40	N-H	Pita vibrasi regangan N-H
	448,29	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O

Si/PCT	790,97	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri SiO-H
Rasio pelarut 1:1	962,64	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1057,71	C-H	Pita vibrasi tekuk C-H
	1517,39	C=C	Pita vibrasi regangan C=C
	1617,85	C=O	Pita vibrasi regangan C=O
	3308,69	N-H	Pita vibrasi regangan N-H
Si/PCT	448,03	Si-O	Pita vibrasi tekuk Si-O
Rasio pelarut 1:2	795,79	SiO-H	Pita vibrasi ulur simetri SiO-H
	964,75	Si-O-Si	Pita vibrasi ulur asimetri Si-O pada ikatan Si-O-Si
	1057,83	C-H	Pita vibrasi tekuk C-H
	1513,22	C=C	Pita vibrasi regangan C=C
	1637,04	C=O	Pita vibrasi regangan C=O
	3356,60	N-H	Pita vibrasi regangan N-H

4.3 Hasil Uji Scanning Electron Microscopy (SEM)

Pengujian SEM dilakukan untuk mengetahui morfologi dari silika, silika mesopori, parasetamol, dan parasetamol yang terenkapsulasi silika mesopori dengan 3 variasi rasio pelarut.



Gambar 4.6 Hasil Uji SEM perbesaran 10.000x (a)Silika, (b) Silika mesopori

Gambar 4.6 (a) menunjukkan silika hasil ekstraksi memiliki bentuk partikel yang tidak beraturan. Terlihat masih ada partikel yang berukuran besar. Permukaannya terlihat halus dan memiliki bentuk yang padat. Sedangkan terkait bentuk partikelnya ada yang seperti serpihan-serpihan dengan ujung-ujung partikelnya terlihat runcing serta berbentuk balok. Gambar 4.6 (b) menunjukkan hasil uji SEM silika mesopori yang memiliki morfologi seperti bunga karang yang tersusun atas partikel-partikel kecil. Hal ini bersesuaian dengan hasil penelitian dari Raharjo,dkk., (2018) yang menyatakan bahwa morfologi silika mesopori menyerupai terumbu karang yang berbentuk bulat.

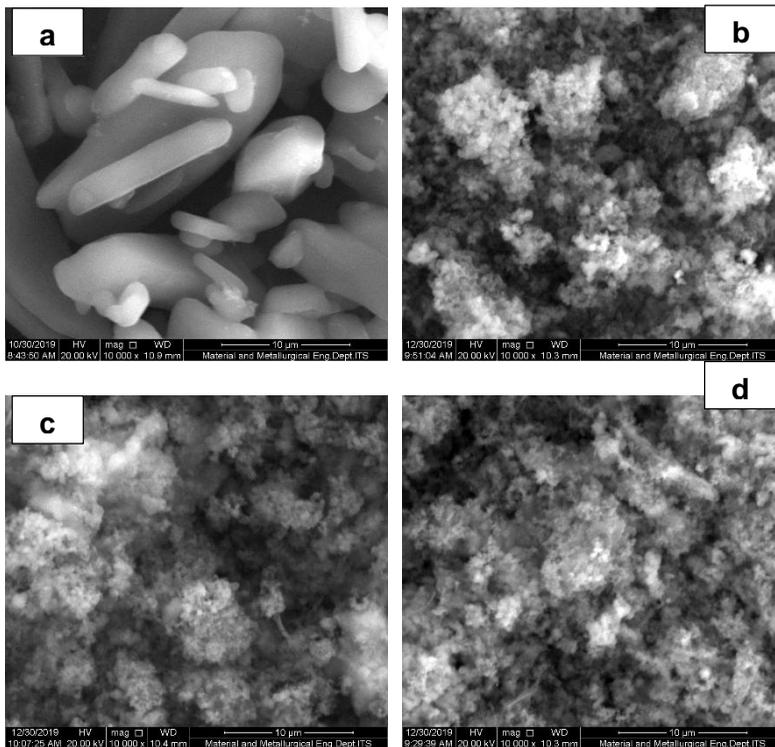
Tabel 4.4 Hasil pengujian SEM EDX Sampel Silika

Unsur	Wt%	At%
OK	43,36	57,33
SiK	56,64	42,67

Tabel 4.5 Hasil Pengujian SEM EDX sampel Silika Mesopori

Unsur	Wt%	At%
OK	50,74	64,39
SiK	49,26	35,61

Pada Tabel 4.4 dan 4.5 merupakan hasil pengujian dari SEM EDX yang menunjukkan komposisi dari sampel silika dan silika mesopori, didapatkan bahwa silika mesopori memiliki kemampuan menyerap oksigen lebih baik dibandingkan dengan silika. Hal ini dapat terjadi dikarenakan silika mesopori memiliki luas permukaan yang lebih tinggi dibandingkan dengan silika, hal ini bersesuaian dengan penelitian yang dilakukan Haji, dkk (2019).



Gambar 4.7 Hasil Uji SEM perbesaran 10.000x (a) Parasetamol, (b) Si/PCT rasio pelarut 1:0. (c) Si/PCT rasio pelarut 1:1, (d) Si/PCT rasio pelarut 1:2

Gambar 4.7 (a) menunjukkan hasil uji SEM dari sampel Parasetamol yang mempunyai bentuk kristal berupa kristal jarum. Hal ini terlihat adanya bidang yang memanjang dan meruncing menyerupai bentuk jarum. Hal ini bersesuaian dengan penelitian Oki, dkk., (2008).

Pada Gambar 4.7 (b) menunjukkan sampel parasetamol yang sudah terenkapsulasi dengan silika mesopori, terlihat pola terumbu karang yang menyelimuti parasetamol yang berbentuk jarum. Pada sampel ini, terumbu karang yang terbentuk lebih kokoh strukturnya dibandingkan dengan Gambar 4.6 (b). Hal ini dikarenakan parasetamol sudah terenkapsulasi di dalam silika dan membuat struktur silika lebih memiliki sudut. Untuk sampel ini juga terlihat lebih jelas terkait morfologi dari parasetamol yang terenkapsulasi silika dibandingkan dengan Gambar 4.7 (c) dan (d). Hal ini dikarenakan rasio pelarut yang rendah atau tidak adanya campuran pelarut etanol sehingga membuat morfologinya lebih jelas, karena hanya ada sedikit campuran bahan lain yang terkandung dalam sampel ini. Dapat dilihat juga pada sampel Si/PCT rasio pelarut 1:0, tidak terlalu banyak terlihat terumbu karang berbentuk bulat, hal ini dikarenakan kurang atau tidak adanya pelarut etanol, sehingga membuat silika mesopori dengan parasetamol kurang berikatan dengan baik.

Sedangkan untuk Gambar 4.7 (c) dan (d) tidak terlalu signifikan perbedaannya, dikarenakan untuk jumlah rasio pelarut 1:1 dan 1:2 tidak terlalu nampak apabila dilihat secara morfologinya. Dari hasil Gambar 4.7 (c) dan (d) didapatkan pola terumbu karang berbentuk bulat yang menyelimuti parasetamol, dibuktikan dengan tidak terlihatnya pola jarum dari parasetamol. Untuk terumbu karangnya sendiri juga terlihat lebih kokoh dibandingkan dengan pola terumbu karang silika mesopori. Hal ini dikarenakan ada bahan tambahan yang dienkapsulasi (parasetamol) sehingga membuat terumbu karang lebih padat dan lebih memiliki bentuk. Untuk pola terumbu karang dengan rasio pelarut 1:2 lebih terlihat seragam persebarannya dan juga lebih terlihat homogen. Pada rasio pelarut 1:2 juga terlihat morfologi

yang lebih sferis. Sejalan dengan penelitian (Fudjoli dkk, 2001) mengatakan bahwa penambahan etanol membuat terbentuknya kristal yang lebih sferis (bundar/bola) pada campuran silika dan parasetamol.

Pelarut mengurangi potensi kimiawi larutan dengan menurunkan kerapatan ikatan hidrogen air dan menciptakan lingkungan yang kurang polar dalam balk, sehingga molekul obat lebih banyak masuk ke dalam larutan (Dzakwan dkk, 2019). Oleh karena itu pada rasio pelarut 1:1 dan 1:2 tidak terlihat jarum – jarum parasetamol dikarenakan molekul obat sudah banyak masuk ke dalam larutan atau silika mesopori.

Tabel 4.6 Hasil Uji SEM EDX Parasetamol, Si/PCT rasio pelarut 1:0, Si/PCT rasio pelarut 1:1 Si/PCT rasio pelarut 1:2

Sampel	Unsur	Wt%	At%
Parasetamol	CK	58,11	64,19
	NK	09,17	08,68
	OK	32,72	27,13
Si/PCT rasio pelarut 1:0	CK	15,38	22,37
	NK	01,43	01,79
	OK	51,32	56,03
	SiK	31,86	19,81
Si/PCT rasio pelarut 1:1	CK	03,78	06,28
	NK	01,02	01,46
	OK	45,91	57,25
	SiK	49,28	35,01
Si/PCT rasio pelarut 1:2	CK	05,76	09,44
	NK	00,83	01,17
	OK	45,29	55,69
	SiK	48,12	33,70

Pada Tabel 4.6 menunjukkan hasil EDX bahwa parasetamol murni memiliki kandungan C, N, H dan O sesuai dengan penelitian yang dilakukan Yusuf. 2017. Namun pada pengujian EDX tidak

dapat mendeteksi unsur hidrogen yang ada didalam sampel sehingga hasil pengujian hanya menunjukkan terdapat tiga unsur yakni C, N dan O. Pada percobaan pencampuran silika mesopori dengan paracetamol hasil EDX pada Tabel 4.6 menunjukkan bahwa unsur O mendominasi dalam hasil EDX dimana memiliki %komposisi 56,03; 57,25 dan 55,69. Hal ini dikarenakan parasetamol ($C_8H_9NO_2$) dan silika mesopori (SiO_2) masing-masing memiliki unsur O pada sampel, sehingga ketika kedua sampel berikatan, akan terdapat unsur O yang terbentuk dengan %komposisi yang tinggi.

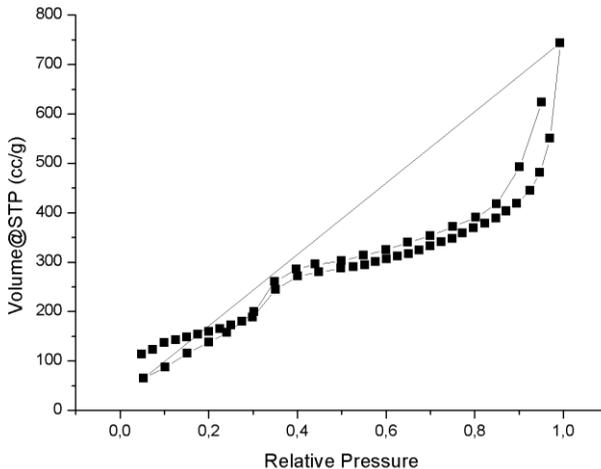
4.4 Hasil Uji Nitrogen Adsorption – Desorption Isotherm

Hasil uji *nitrogen adsorption – desorption isotherms* pada sampel silika mesopori dengan penambahan CTAB 2% ditunjukkan pada Tabel 4.7 di bawah ini.

Tabel 4.7 Hasil Uji BET silika mesopori

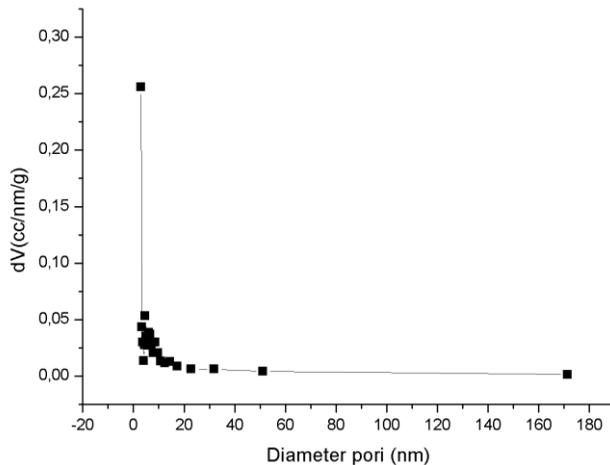
Nama Sampel	Luas Permukaan (m^2/g)	Ukuran diameter pori rata – rata (nm)	Total Volume pori (cc/g)
Silika Mesopori	1291,436	4,95764	1,601

Dengan didapatkannya data hasil uji seperti pada tabel diatas, sudah dapat dikategorikan bahwa silika dengan penambahan CTAB 2% akan menjadikan silika memiliki pori dengan ukuran meso(mesopori) Luas permukaan dengan penambahan CTAB 2% pada penelitian ini memiliki nilai lebih besar dibandingkan dengan luas permukaan pada penelitian Haji dkk (2019) yang dapat dilihat pada Tabel 2.8 dengan luas 464,10 m^2/g .



Gambar 4.8 Kurva *nitrogen adsorption – desorption isotherms* Silika dengan penambahan CTAB 2%

Kurva *nitrogen adsorption – desorption* pada sampel silika mesopori memiliki bentuk mirip dengan kurva *nitrogen adsorption – desorption isotherms* IUPAC tipe IV. Kurva tipe IV sesuai untuk fenomena kondensasi kapiler dan menunjukkan efek histeris, hal ini merupakan ciri – ciri khas dari padatan berpori. Selain itu kurva *nitrogen adsorption – desorption isotherms* memiliki kemiripan dengan hasil penelitian Haji ,dkk (2019) kurva *nitrogen adsorption – desorption isotherms* bertipe IV, dimana terjadi efek histeris pada $p/p_0 = 0,2 - 0,4$.



Gambar 4. 9 Kurva persebaran ukuran pori (BJH adsorption) silika dengan penambahan CTAB 2%

Pada Gambar 4.9 menunjukkan persebaran ukuran pori (BJH *adsorbition*) pada sampel silika mesopori penambahan CTAB 2% persebaran ukuran porinya adalah pada diameter pori 3,0664 nm.. Dari data menunjukkan sampel silika dengan penambahan 2% CTAB mempunyai persebaran pori pada diameter 3 nm. Hal ini menunjukkan pada material mesopori yang dihasilkan ukuran porinya seragam. Penambahan surfaktan CTAB menyebabkan terbentuk pori yang lebih seragam. Dalam penelitiannya Mokaya (2003) menjelaskan mesopori silika tipe MCM-41 memiliki ukuran pori dan bentuk pori yang seragam. Hal disebabkan oleh penggunaan surfaktan sebagai pembentuk pori pada material. Panjang dari rantai surfaktan berpengaruh terhadap ukuran pori. Sehingga dengan penggunaan 1 jenis surfaktan akan memberikan ukuran pori yang seragam.

Hasil BET luas permukaan pada sampel dengan penambahan 2% CTAB yang memiliki luas 1291,436 m²/g, dengan ukuran

diameter porinya adalah 4,95764nm dan volume total porinya yaitu 1,601 cc/g. Dibandingkan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Haji, dkk (2019) yang tertera pada Tabel 2.8 menunjukkan mesopori hasil sintesis memiliki luas permukaan 464,10 m²/g, dengan ukuran diameter pori 6,42 nm dan volume total pori 0.745 cc/g. Luas permukaan sampel 2% CTAB lebih tinggi dari pada luas permukaan hasil penelitian Haji. Selain itu volume total pori sampel 2% CTAB lebih besar juga. Hal ini menunjukkan penggunaan konsentrasi CTAB 2% mampu menghasilkan mesopori silika dengan luas permukaan yang tinggi dan volume total pori yang besar.

4.5 Hasil Uji Sifat Fisik Tablet Parasetamol

Hasil uji keseragaman bobot tablet tidak boleh lebih dari 2 tablet yang masing – masing bobotnya menyimpang dari bobot rata – ratanya lebih besar dari 5% dan tidak satu tablet pun yang bobotnya menyimpang dari bobot rata – ratanya lebih dari 10% (Depkes RI, 1995).

Tabel 4.8 Data bobot sampel tablet

No	Sampel	Berat (gram)	Range simpangan 5%	Ket
1	Parasetamol	0,6758		√
2	Si/PCT rasio pelarut 1:0	0,6725		√
3	Si/PCT rasio pelarut 1:1	0,6583	0,6274 – 0,6935	√
4	Si/PCT rasio pelarut 1:2	0,6394		√

Note : √ = memenuhi kriteria, tidak terjadi simpangan lebih dari 5%

Berdasarkan hasil penelitian pada Tabel 4.8 diatas menunjukkan bahwa semua sampel memiliki keseragaman bobot yang relatif seragam, bobot tablet berkisar antara 0,62 – 0,68 gram. Semua tablet memenuhi keseragaman bobot yaitu tidak ada satu tabletpun yang bobotnya menyimpang lebih dari 5% dari bobot rata

– rata tablet, hal ini dimaksudkan untuk memenuhi sifat alir yang baik (Depkes RI, 1979).

Adapun hasil pengujian untuk mengetahui *mass release* dilakukan dengan mencelupkan tablet kedalam larutan simulasi lambung dengan pH 1,2 yang dibuat sesuai dengan standar yang ditetapkan DepKes RI tahun 1995. Tablet yang sudah tercelup ke dalam larutan dilakukan pengamatan terhadap morfologi dan bobot tablet tiap waktu. Adapun sampel yang diamati morfologinya sebagai berikut :

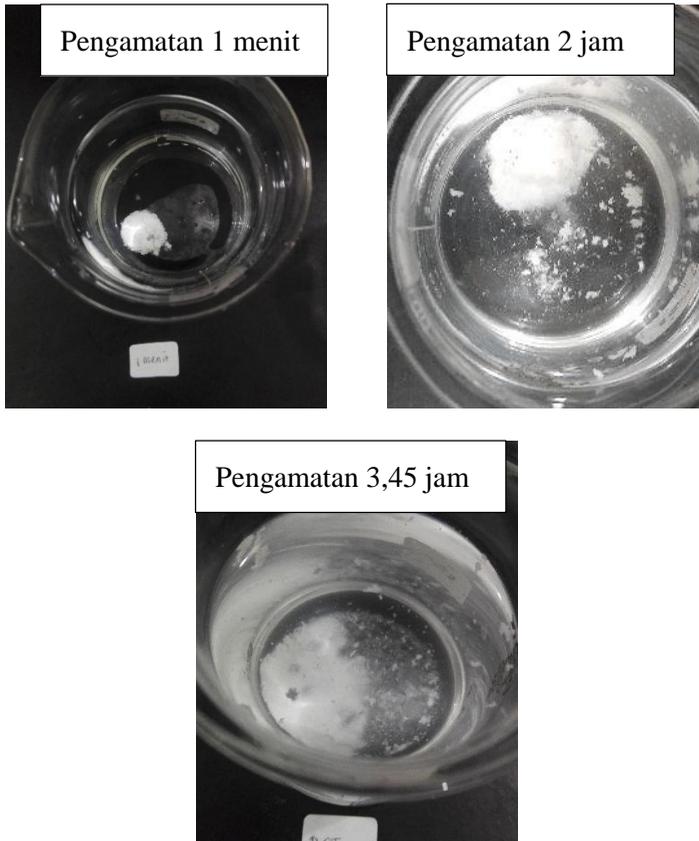
1. Pengamatan terhadap morfologi tablet paracetamol generic



Gambar 4.10 Hasil uji floating tablet parasetamol generic (sanmol)

Pada parasetamol generic (sanmol) ketika diuji dengan dimasukkan ke dalam larutan pH 1,2 menunjukkan reaksi meluruh yang cepat. Tablet meluruh dalam waktu 2 menit dari yang awalnya berbentuk padatan (tablet) hingga menjadi serbuk seluruhnya.

2. Pengamatan terhadap morfologi tablet pada paracetamol murni yang dikompaksi manual.

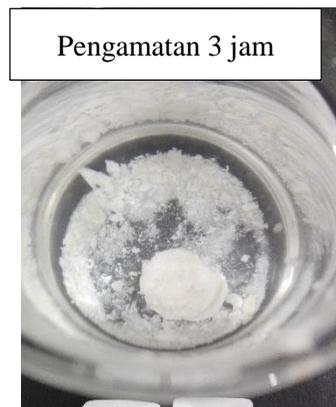


Gambar 4.11 Hasil uji floating parasetamol murni dengan proses kompaksi tablet manual tiap t waktu

Hasil uji pada Gambar 4.11 menunjukkan morfologi dari parasetamol murni yang dikompaksi secara manual memiliki waktu hancur tablet $\pm 3,45$ jam sampai benar benar meluruh secara keseluruhan. Pada menit ke 1 menunjukkan permukaan tablet paracetamol mulai meluruh dan menimbulkan efek gelembung

pada permukaan tablet. Gelembung yang ada dihasilkan dari komponen Mg stearat yang memiliki fungsi sebagai agen penghasil gas pada tablet konvensional. Parasetamol murni meluruh dengan cepat dibandingkan dengan parasetamol yang sudah dienkapsulasi oleh silika mesopori. Hal ini dapat terjadi karena partikel – partikel parasetamol langsung *release*, berbeda dengan yang sudah di enkapsulasi partikel – partikel parasetamol akan *release* melalui pori pori pada silika mesopori. Sehingga waktu yang diburuhkan untuk meluruh secara keseluruhan lebih lama, dan waktu tinggal untuk di lambung juga akan lebih lama.

3. Pengamatan terhadap morfologi tablet pada Si/PCT dengan rasio pelarut 1:0

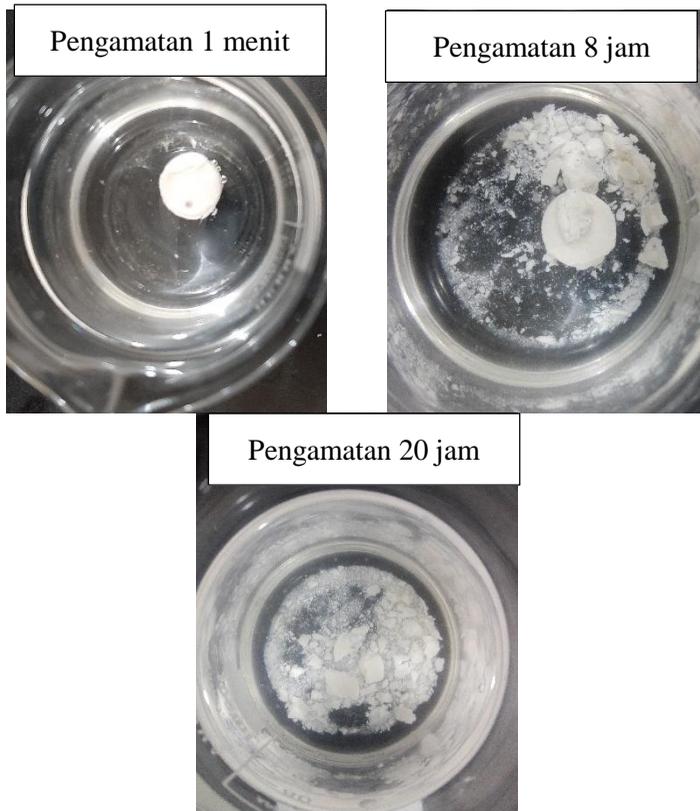




Gambar 4.12 Hasil uji floating Si/PCT Rasio Pelarut 1:0 tiap t waktu

Pada Gambar 4.12 menunjukkan floating tablet sampel parasetamol yang telah dienkapsulasi oleh silika mesopori. Pada menit awal – awal parasetamol dimasukkan ke dalam larutan dengan pH 1,2 terjadi peluruhan dengan lumayan cepat, namun morfologi dari tablet nya masih uuth dan padat dan pada menit ke 5 sudah mulai stabil untuk peluruhannya. Pada waktu ke 3 jam tablet sudah mulai mengembang dan mulai banyak yang hancur. Sampel ini meluruh dengan sempurna sampai waktu 14 jam. Hal ini dikarenakan sulitnya penetrasi larutan untuk masuk ke dalam tablet dikarenakan sampel yang tidak mengandung etanol. Juga dikarenakan dalam proses pembuatan tablet, terdapat bahan magnesium stearat yang bersifat hidrofobik, sehingga dapat menaikkan tegangan permukaan obat.

4. Pengamatan terhadap morfologi tablet pada Si/PCT dengan rasio pelarut 1:1

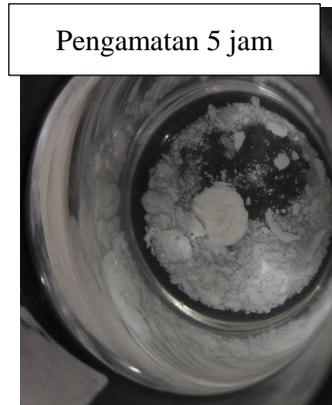


Gambar 4.13 Hasil uji floating Si/PCT Raio pelarut 1:1 tiap t waktu

Pada Gambar 4.13 menunjukkan floating tablet parasetamol yang dienkapsulasi oleh silika mesopori dengan penambahan rasio pelarut 1:1 terjadi proses meluruh tablet yang terkontrol. Hal ini dibuktikan dengan proses penimbangan massa tablet tiap t waktu. Pada awal waktu memasukkan tablet ke dalam cairan simulasi lambung terjadi peluruhan secara cepat, namun ketika tablet sudah

masuk kedalam larutan terjadi peluruhan massa yang terkontrol, sehingga membutuhkan waktu yang cukup lama sampai tablet benar – benar hancur. Hal ini lah yang sebenarnya diharapkan agar memenuhi kriteria lepas lambat (*slow release*). Tablet ini meluruh sempurna sampai menjadi hampir serbuk pada waktu 20 jam. Hal ini sesuai dengan penelitian yang dilakukan Regi dan Balas, 2008 bahwa aplikasi silika mesopori yang mampu digunakan sebagai material pengantar obat.

5. Pengamatan terhadap morfologi tablet pada Si/PCT dengan rasio pelarut 1:2

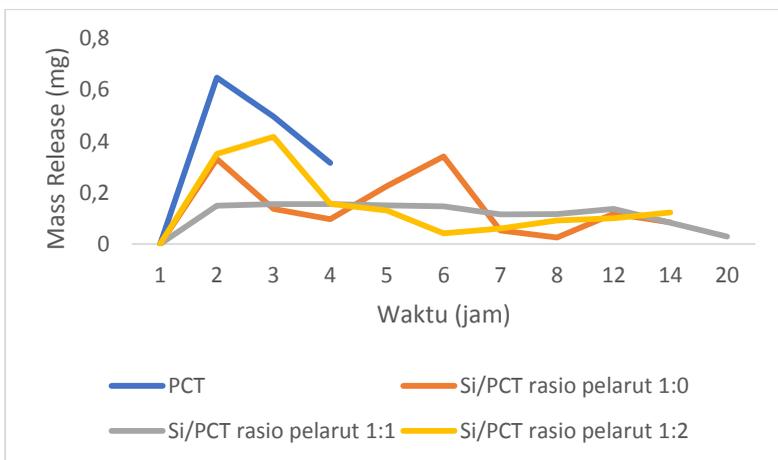




Gambar 4.14 Hasil uji floting Si/PCT Rasio pelarut 1:2 tiap t waktu

Pada Gambar 4.14 menunjukkan morfologi dari tablet Si/PCT dengan rasio pelarut 1:2. Ketika percobaan pada jam ke 3, tablet ini langsung membelah menjadi dua, dan didapatkan hasil waktu untuk tablet dapat meluruh adalah kurang lebih dalam 14 jam. Namun sebenarnya tablet tidak hancur atau meluruh secara sempurna, karena dapat kita lihat masih terdapat granula atau tablet yang berbentuk *flakes* pada pengamatan ke jam 14. Hal ini dikarenakan karena jumlah pelarut yaitu etanol yang paling banyak diantara yang lainnya, menyebabkan ikatan pelarut memutuskan ikatan partikel – partikel didalam matriks tablet. Karena tablet ini mengandung amilum yang mampu menyerap air sehingga dapat membuat tablet yang kontak dengan cairan simulasi lambung menjadi pecah dan hancur (Jufri et,al 2006).

Dari hasil pengujian telah dihitung massa tiap t waktu sehingga di dapatkan grafik seperti di bawah ini.



Gambar 4.15 Grafik mass release terhadap waktu

Sediaan lepas terkendali merupakan sediaan yang dirancang untuk memberikan aktivitas terapeutik yang diperlama dengan cara pelepasan obat secara terus – menerus selama periode tertentu dalam sekali pemberian. Tujuan utama dari pengembangan sediaan lepas lambat adalah untuk mempertahankan konsentrasi zat aktif dalam darah pada konsentrasi efektif. Dengan konsep obat yang lepas secara lambat dapat mengurangi frekuensi dosis atau untuk meningkatkan efektifitas dari aktifitas obat. (Sudramo, 2010).

Pada menit – menit awal jumlah obat yang terdisolusi naik dengan cepat karena tablet mengalami disintegrasi yang diikuti dengan disolusi. Selanjutnya terjadi peningkatan yang perlahan karena obat yang belum terdisolusi tinggal sedikit. Rasio pelarut tinggi menyebabkan penetrasi air semakin cepat maka ikatan antar partikel menjadi lemah kemudian tablet pecah. Oleh sebab itu waktu untuk *mass release* Si/PCT rasio pelarut 1:2 lebih cepat dibandingkan dengan rasio 1:1.

4.6 Hasil Uji Disolusi

Berikut merupakan data hasil uji disolusi dengan menggunakan metode dayung selama 30 menit.

Tabel 4.9 Hasil uji disolusi

Sampel	Abs	Cs (ppm)	C (ppm)	W (mg)	% Disolusi
PCT	0,2082	3,332	83,3	74,98	29,98
Si/PCT Rasio pelarut 1:0	0,027	4,32	108	97,2	38,88
Si/PCT Rasio pelarut 1:1	0,024	3,84	96	86,4	34,56
Si/PCT Rasio pelarut 1:2	0,033	5,28	132	118,8	47,52

Dari Tabel 4.9 terlihat bahwa parasetamol terdisolusi selama 30 menit pada sampel Si/PCT dengan rasio pelarut etanol 1:0, 1:1, 1:2 berada pada kisaran 33 – 48%. Bila digunakan aturan Banakar kisaran ini berada pada nilai $Q_{0,25}$ (20 -50%) sehingga dapat diketahui tablet Si/PCT memiliki waktu 120 menit untuk sekali pemakaian. Pada tablet parasetamol murni diperoleh pelepasan sebesar 29,98% untuk 30 menit, itu menandakan apabila menggunakan aturan Banakar berada pada nilai $Q_{0,25}$ (20 – 50%) maka tablet parasetamol murni memiliki waktu 120 menit untuk sekali pemakaian. Dapat dilihat pada tabel 4.9 diatas, %disolusi antara rasio 1:0 dan 1:1 tidak berbeda secara signifikan, terdapat kemungkinan apabila kita ingin memformulasikan obat dengan perbandingan rasio pelarut 1:0 dan 1:1 atau dengan kata lain menggunakan pelarut dan tidak, dapat dipilih dengan menggunakan formulasi tanpa pelarut. Namun apabila kita ingin mendapatkan %disolusi yang tinggi dengan menggunakan formulasi pelarut, dapat menggunakan formulasi dengan rasio pelarut 1:2 untuk hasil yang optimal.

Etanol mampu menurunkan sudut kontak dengan melemahkan ikatan antar partikel sehingga waktu hancur meningkat dan akan mudah terdisolusi. Sehingga pada data disolusi diatas dengan rasio pelarut 1:2 memiliki %disolusi yang cukup tinggi yaitu 47,52%.

Peningkatan kadar etanol juga dapat menyebabkan terbentuknya interaksi ikatan hidrogen lebih besar dengan obat sehingga dapat meningkatkan kelarutan dan meningkatkan disolusi. Etanol juga merupakan salah satu jenis dari pelarut polar, dimana pelarut polar akan melarutkan zat – zat polar dan ionik.

Dalam penelitian kali ini dihasilkan bahwa sampel yang paling optimal dalam kemampuan disolusi untuk *slow release drug delivery* dan selaras dengan *mass release* yaitu penggunaan rasio pelarut 1:1, meskipun dengan peningkatan kadar etanol dapat mempercepat kelarutan, namun yang diharapkan dalam *drug delivery* adalah obat akan bertahan cukup lama dalam tubuh sehingga dapat mengurangi dosis pemakaian obat.

Namun kasus khusus untuk obat Parasetamol dalam menangani gejala gejala yang harus memiliki efek secara cepat seperti dalam meredakan sakit kepala, nyeri haid, sakit gigi adalah kurang tepat apabila menggunakan metode *slow release*. Metode yang tepat untuk parasetamol atau obat – obat yang cara kerjanya bukan pencegahan adalah obat konvensional. Dimana obat akan *release* secara cepat dan % disolusinya juga tinggi. Untuk obat yang tepat apabila diterapkan metode *slow release* adalah obat – obat seperti anti kanker yang penggunaannya secara *continue* dan memiliki t paruh waktu yang cukup panjang. Dalam penelitian ini dapat dibuktikan bahwa silika mesopori dalam fungsinya sebagai material pengantar obat (*drug delivery*) adalah efektif dibuktikan dengan penambahan silika *mass release* obat dalam jangka waktu yang panjang dan terkontrol.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Adapun kesimpulan dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Pengaruh rasio pelarut etanol pada tablet yang dienkapsulasi oleh silika mesopori menunjukkan tingkat mass release yang semakin panjang dibuktikan dengan lamanya tablet itu hancur. Berdasarkan data yang didapatkan kemampuan *release* terkontrol terbaik terdapat pada sampel dengan rasio pelarut 1:1 dengan waktu habis selama 20 jam.
2. Kemampuan disolusi untuk tablet yang dienkapsulasi oleh silika memiliki hasil optimal pada sampel dengan rasio pelarut 1:1 dengan % disolusi sebesar 34,56% selama 30 menit. Dan menurut Bahakar obat ini akan habis dalam 120 menit sesuai dengan $Q_{0,25}$. Hal ini selaras dengan pengujian mass *release* bahwa hasil optimal terletak pada sampel dengan rasio pelarut 1:1.

5.2 Saran

Adapun saranyang dapat diberikan dari penelitian yang telah dilakukan adalah:

1. Menganalisis dan menentukan sendiri eksipien yang akan digunakan dalam bahan pembuatan tablet. Sehingga nantinya akan didapatkan hasil yang sesuai dengan sifat tablet yang diinginkan,
2. Melakukan pengujian disolusi dengan standard yang sesuai, apabila tablet konvensional dapat menggunakan standard Farmakope yang berlaku, namun apabila ingin menguji tablet *drug delivery* atau obat dengan lepas lambat juga harus disesuaikan dengan standard yang berlaku.
3. Untuk penimbangan *mass release* dapat menggunakan alat yang lebih valid, seperti yang digunakan oleh pendidikan farmasi, dimana ke validan datanya lebih akurat.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

DAFTAR PUSTAKA

- Beck J.S., Vartuli, J.C., Schmitt, K.D., Kresge, C.T., Roth, W.J., Leonowicz, M.E., Mccullen, S.B., Hellring, S.D., Schlenker, J.L., Olson, D.H., and Sheppard, E.W., 1992. **A New Family Of Mesoporous Molecular Sieves Prepared with Liquid Crystal Templates**, *J. Am. Chem.Soc.*, 114, 10834- 10843
- Chandra, Andy., Arry M., Livia Budyanto W., Andika Pramudita. 2012. "Isolasi dan Karakterisasi Silika dari Sekam Padi" **Lembaga Penelitian Universitas Katolik Prahayangan**. III/LPPM/2012-09/80-P
- Daifullah, A.A.M., Girgis, B.S. & Gad, H.M.H. 2003. "Utilization of Agro-Residues (Rice Husk) in Small Waste Water Treatment Plans". **Material Letters**, 57:1723–1731.
- D. Ramadon, Abdul Mu'nim. 2015. "Pemanfaatan Nanoteknologi dalam Sistem Penghantaran Obat Baru untuk Produk Bahan Alam" **Jurnal Ilmu Kefarmasian Indonesia** : ISSN 1693 - 1831.
- Depkes RI. 1979. **Farmakope Indonesia**. Ed ke 3. Jakarta: Hlm 6, 7, 338, 59, 354, 37.
- Dzakwan M, P. Widodo. 2019. "Peningkatan Kelarutan Fisetin dengan Teknik Kosolvensi" **Journal Poltek Tegal** Vol 8 (2) pp 5-9
- Ersoy Öksüz, Muhammet Serdar Buğday. 2019. **Can intravesical application of paracetamol benefit the chemotherapy treatment of bladder cancer : Medical Hypotheses**. Malatya, Turkey
- Ervianto Y, Puwaningsih H, Susanti D, Pratiwi VM. 2018. **Analisa Pengaruh Konsentrasi Cetyltrimethyl Ammonium Bromide sebagai Template terhadap Pembentukan Silika Mespori MCM-41 dari Sekam Padi**. Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Fudholi A, Y. Tri. 2001. "Pengaruh Cara Pengendapan Kembali Kristal Parasetamol dengan Pelarut Etanol Selama Proses

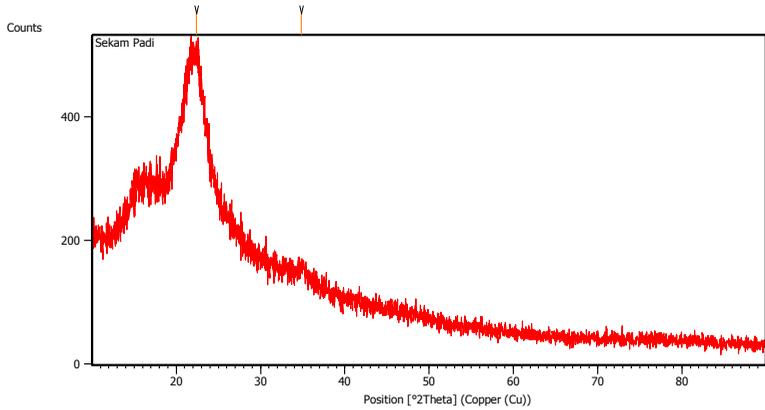
-
- Fabrikasi Terhadap Sifat Fisik Tablet". **Jurnal Farmasi Indonesia**. 12(3). 92-96. Jakarta
- Haji, Son Helmi. Puwaningsih H, Susanti D, Pratiwi VM.2019. **Analisa Pengaruh Konsentrasi CTAB Terhadap Disolusi Rata-Rata Piroxicam pada Nanopartikel Silika Mesopori MCM-41**. Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- Hayati, Dini., Pardoyo., dan Azmiyati, Choiril. 2017. "Pengaruh Variasi Jenis Asam terhadap Karakter Nanosilika yang Disintesis dari Abu Sekam Padi". **Jurnal Kimia Sains dan Aplikasi 20 (1) : 1 – 4**
- Jones, T. 2000. Silicon. US: **Geological Survey Minerals Yearbook** K. Niesz, P. Yang, G. A. Somorjai., 2005 **Sol-gel synthesis of ordered mesoporous alumina**. Chem. Commun. 15(2005)1986–1987
- Kamath, S.R. & Proctor, A. 1998. **Silica Gel from Rice Hull Ash: Preparation and Characterization**. *Cereal Chemistry*, 75:484–487 Kirk, R.E., and Othmer.,1984. **Encyclopedia of Chemical Technology**. New York: Fourth Edition, Vol. 21, John Wiley and Sons, Inc.
- Kumar, S., Malik, M., & Purohit, R. 2007. "Synthesis Methods of Mesoporous Silica Materials". **5th International Conference of Materials Processing and Characterization**, 350-357.
- Kresge, C.T., Roth, W.J., 2013. "The discovery of mesoporous molecular sieves from the twenty year perspective". **Chem. Soc. Rev.** 42 (9), 3663-3670
- Lachman, L., Lieberman, HA., Kanig, J.L.1994: **The Theory and Practice of Industrial Pharmacy**. London
- Laudise, R. A. 1987. **Hydrothermal Synthesis of Crystals**. Chem. Eng. News, 30–43. Lok P. Singh, Sriman K. Bhattacharyya, Rahul Kumar, Geetika Mishra, Usha Sharma, Garima Singh, Saurabh Ahalawat. (2014). **Sol-Gel Processing of Silica Nanoparticles and Their Applications**. Advances in Colloid and Interface Science, 214. 17-37.
-

-
- Lily Cyntia Fauzi. 2008. "Analisis Kualitatif Bahan Baku Paracetamol Metode Konvensional" .Jurusan Farmasi, Fakultas Farmasi, Universitas Padjajaran, Jatinangor, Sumedang
- Liu, T., Li, L., Teng, X., Huang, X., Liu, H., Chen, D., et al., 2011. "Single and repeated dose toxicity of mesoporous hollow silica nanoparticles in intravenously exposed mice". **Biomaterials** **32** (6), 1657-1668
- Luh, B.S. 1991 **Rice Utilization**, Second Edition, Vol. 2, Van Nostrand Reinhold, USA
- Marsh, H., & Reinoso, F.R. 2006. **Activated Carbon**. New York: Elsevier Science & Technology Books
- Matori K.A., Haslinawati M.M., Wahab Z.A., Sidek H.A.A., Ban T.K., dan Ghani W.A.W.A.K. 2009. "Producing Amorphous White Silica from Rice Husk". **MASAUM Journal of Basic and Applied Sciences**, Vol. 1, No. 3, 512-515.
- Meifen Jiang, Xiong-Wei Ni. 2019. "Effects of solvents and impurity on crystallization kinetics and crystal properties in a reactive crystallization of paracetamol." **Journal of Crystal Growth** **523** 2019. 125150
- Oki Ratna, S. Devia Permata. 2013. " Uji Disolusi Terbanding Tablet Metformin Hidroklorida Generik Berlogo dan Bermerk". **Jurnal Farmasuetik**, Vol. 9 No,1. Jakarta.
- Purnawira B, Purwaningsih H, Susanti D, Pratiwi VM. 2018. **Analisa Pengaruh Konsentrasi Cetyltrimethyl Ammonium Chloride sebagai Template terhadap Pembentukan Silika Mesopori MCM-41 dari Sekam Padi**. Tugas Akhir Departemen Teknik Material FTI Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya
- René R.E. Steendam, Leila Keshavarz, Brian de Souza, Patrick J. Frawley. 2019. "Thermodynamic properties of Paracetamol Impurities 4-nitrophenol and 4'-chloroacetanilide and the impact of such Impurities on the Crystallisation of Paracetamol from solution". **The Journal of Chemical Thermodynamics** : YJCHT 5710
-

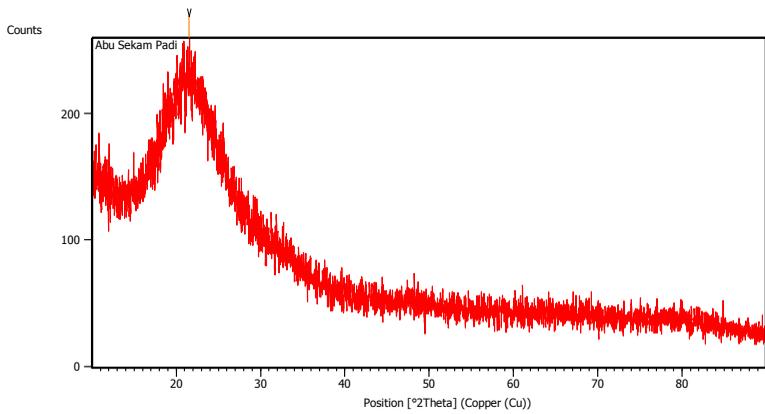
-
- Smallman, R. E., & Ngan, A. H. 2007. **Physical Metallurgy and Advanced Materials Seventh edition**. Burlington: Elsevier
- Ltd T. Sanchez, P. Salagre, Y. Cesteros., 2013. **Ultrasounds and microwaveassisted synthesis of mesoporous hectorites**. *Micropor. Mesopor. Mater.* 171 2013 24–34
- Simovic, S., Ghouchi-Eskandar, N., Sinn, A.M., Losic, D., Prestidge, C.A., 2011. "Silica materials in drug delivery applications". *Curr. Drug Discov. Technol.* 8 (3), 269-276
- Tan, S.Y., Ang, C.Y., Li, P., Yap, Q.M., Zhao, Y., 2014. "Drug encapsulation and release by mesoporous silica nanoparticles: the effect of surface functional groups". *Chem. Eur. J.* 20 (36), 11276-11282
- Tang, F., Li, L., Chen, D., 2012. "Mesoporous silica nanoparticles: synthesis, biocompatibility and drug delivery". *Adv. Mater.* 24(12):1504-1534
- Trewyn, B.G., Slowing, I.I., Giri, S., Chen, H.-T., Lin, V.S.Y., 2007. "Synthesis and functionalization of a mesoporous silica nanoparticle based on the solgel process and applications in controlled release". *Acc. Chem. Res.* 40 (9), 846-853
- Wang, Z., Chen, B., Quan, G., Li, F., Wu, Q., Dian, L., et al., 2012. "Increasing the oral bioavailability of poorly water-soluble carbamazepine using immediate-release pellets supported on SBA-15 mesoporous silica". *Int. J. Nanomed.* 7 (1),5807-5818
- Xu, W., Riikonen, J., Lehto, V.-P., 2013. "Mesoporous systems for poorly soluble drugs". *Int. J. Pharm.* 453 (1), 181-197
- Yang, P., Gai, S., Lin, J., 2012. "Functionalized mesoporous silica materials for controlled drug delivery". *Chem. Soc. Rev.* 41 (9), 3679-3698
- Yuanhui J, Max L, Prudic A. 2017. "Modelling and analysis of dissolution of Paracetamol/Eudragit Formulations". **Chemical engineering research and design** : 121 22–31
-

LAMPIRAN

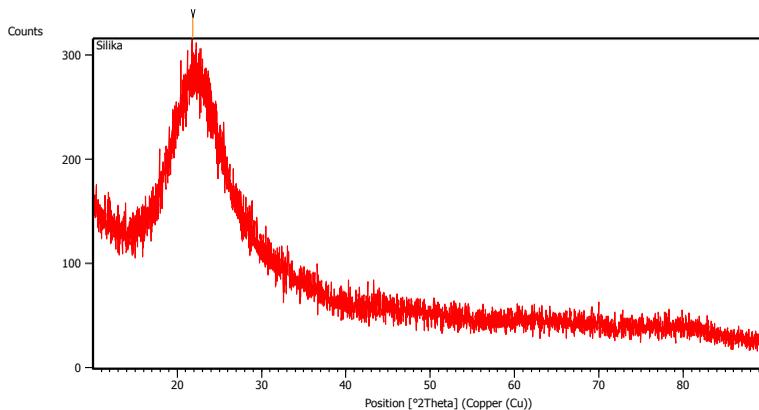
1. Difraktogram XRD Sekam Padi



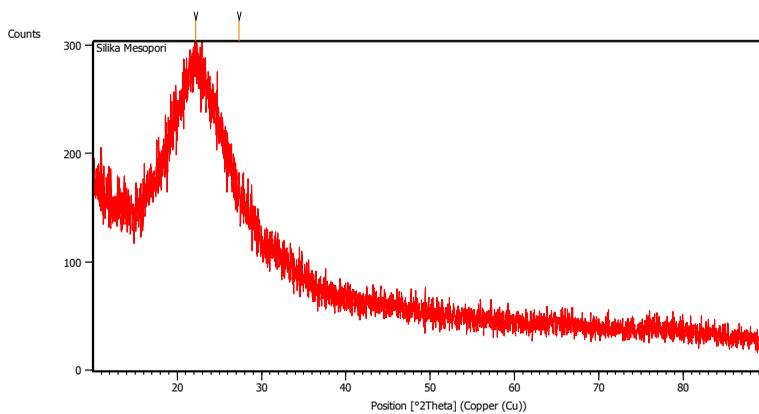
2. Difraktogram XRD Abu Sekam Padi



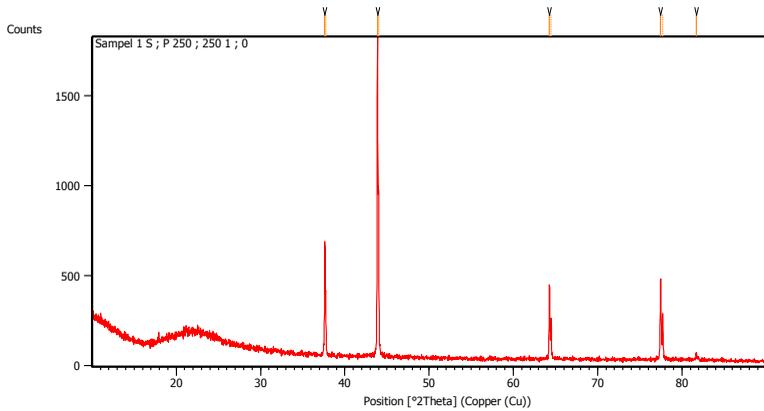
3. Difraktogram XRD Silika



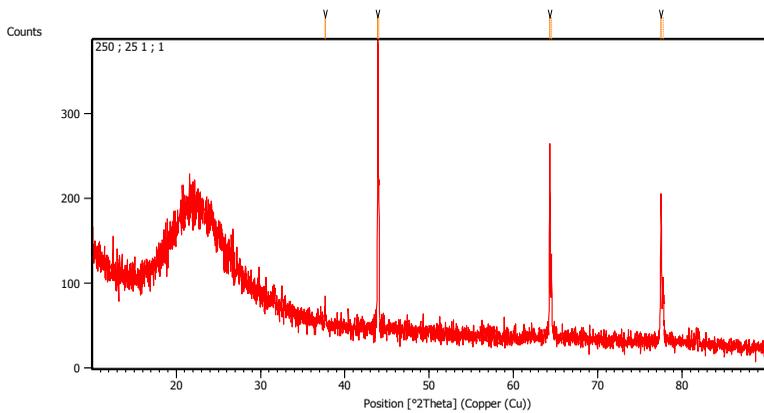
4. Difraktogram XRD Silika Mesopori



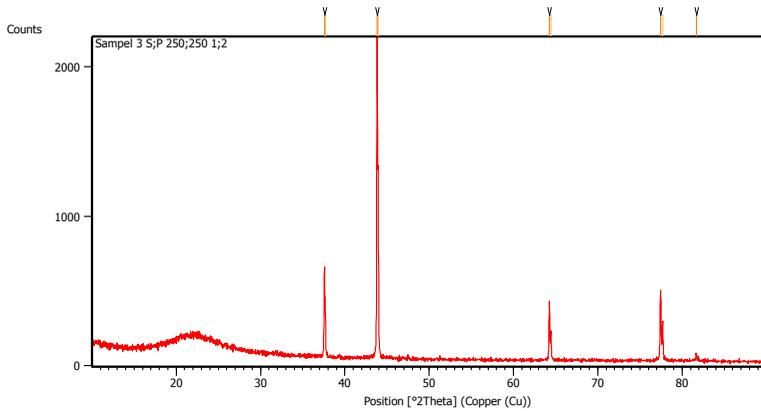
5. Difraktogram XRD PCT/Si Rasio Pelarut 1:0



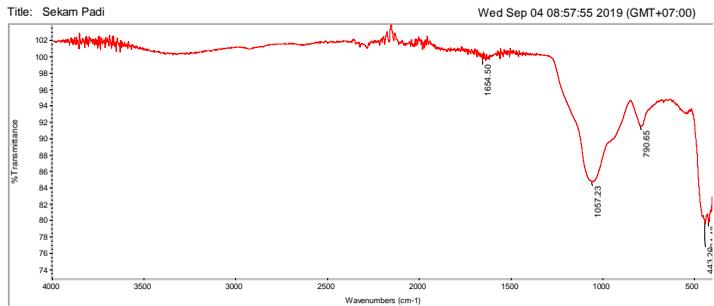
6. Difraktogram XRD PCT/Si Rasio Pelarut 1:1



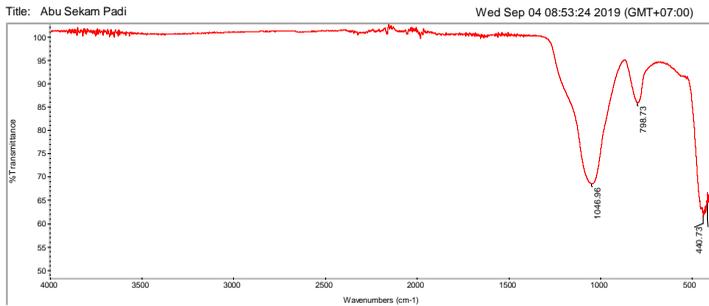
7. Difraktogram XRD PCT/Si Rasio Pelarut 1:2



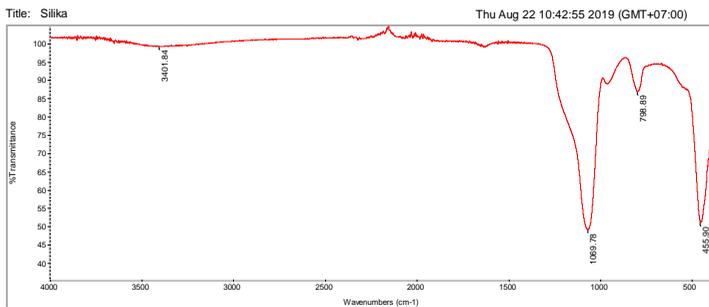
8. FTIR Sekam Padi



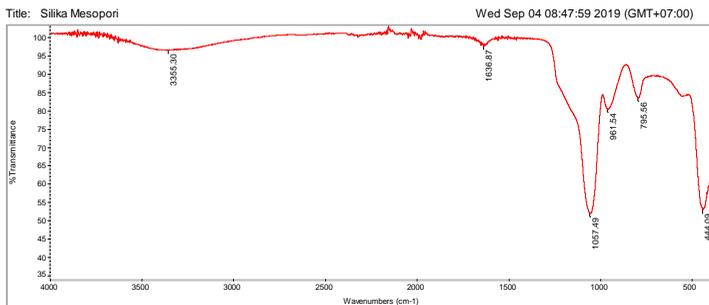
9. FTIR Abu Sekam Padi



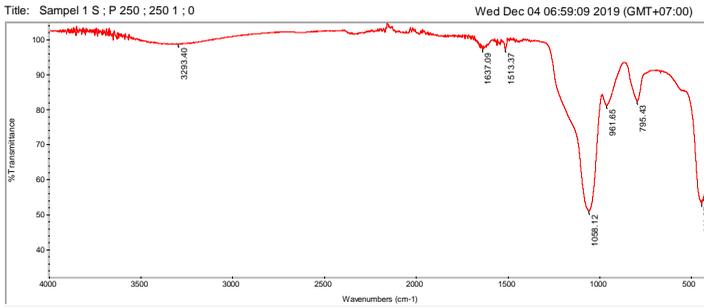
10. FTIR Silika



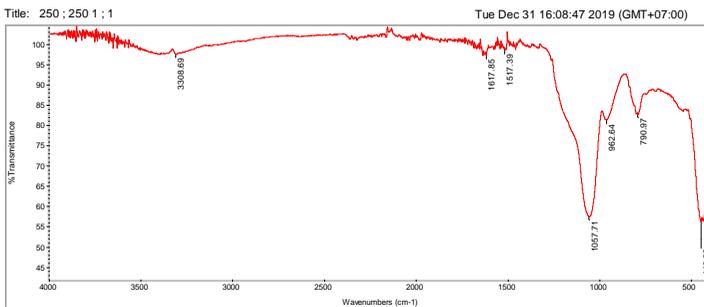
11. FTIR Silika Mesopori



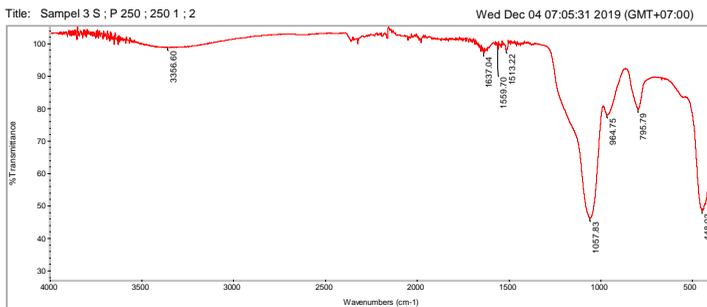
12. FTIR PCT/Si Rasio Pelarut 1:0



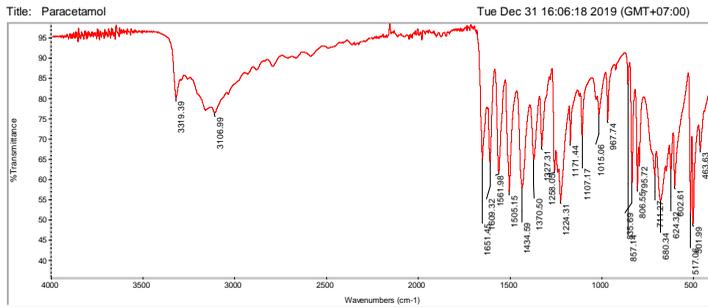
13. FTIR PCT/Si Rasio Pelarut 1:1



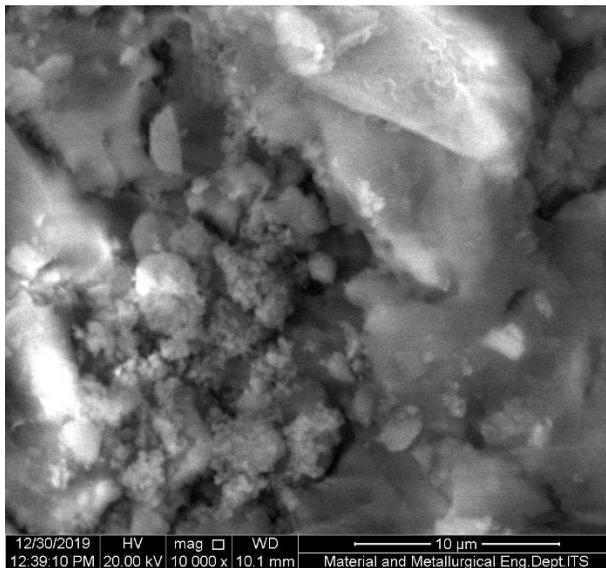
14. FTIR PCT/Si Rasio Pelarut 1:2



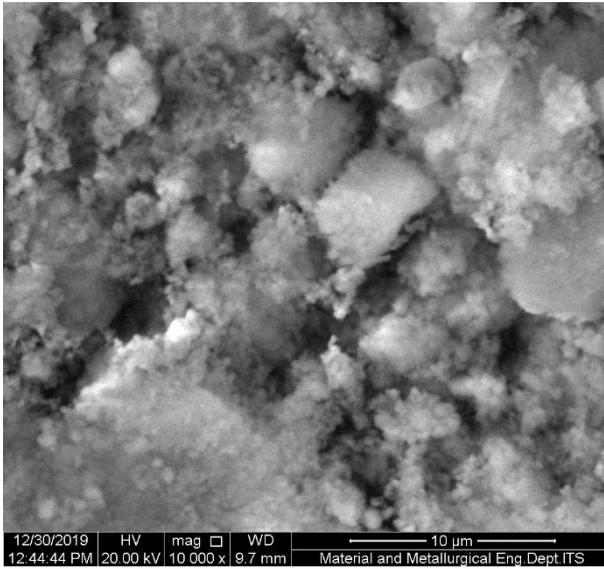
15. FTIR Parasetamol



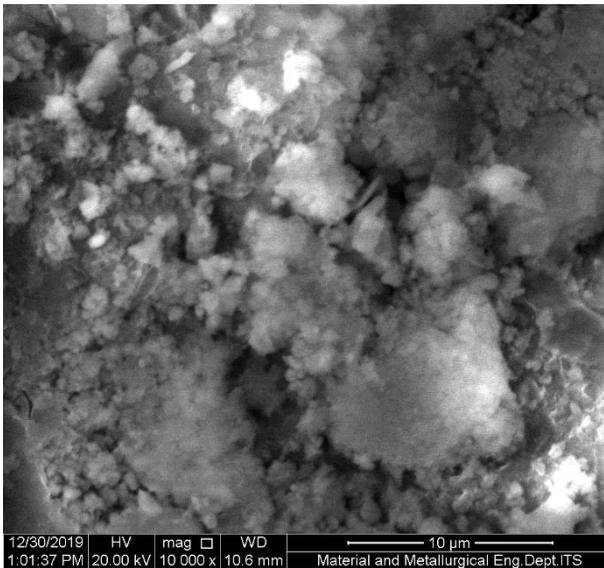
16. SEM Tablet Si/PCT rasio 1:0



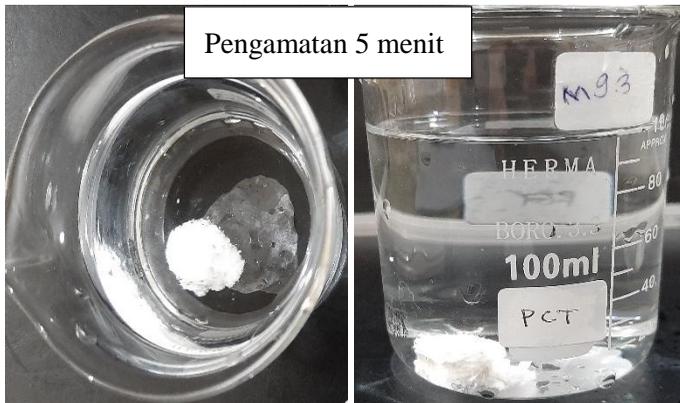
17. SEM Tablet Si/PCT rasio 1:1

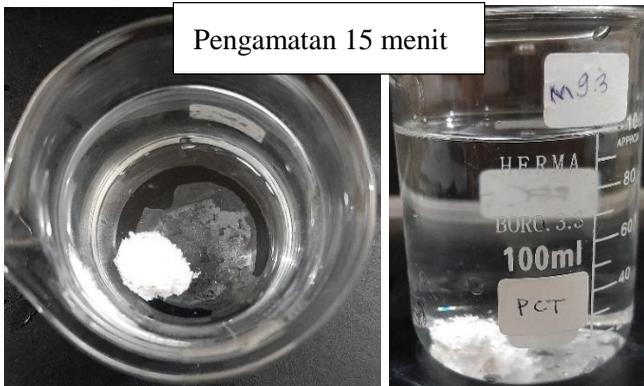


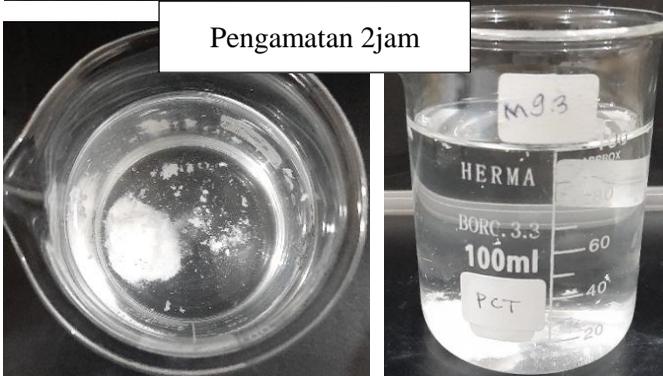
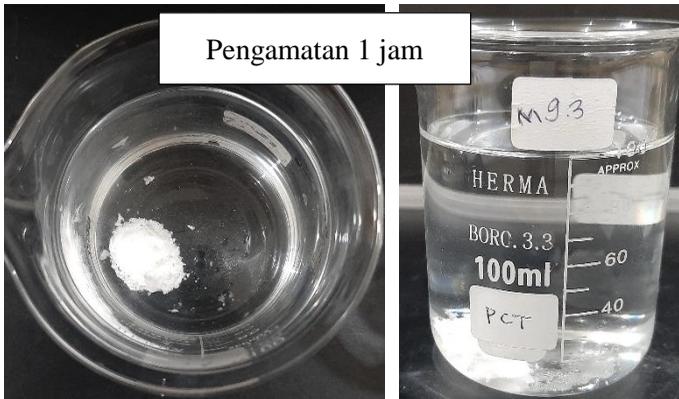
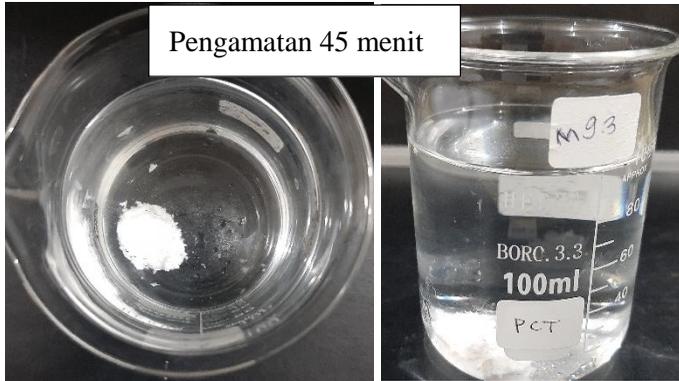
18. SEM Tablet Si/PCT rasio 1:2

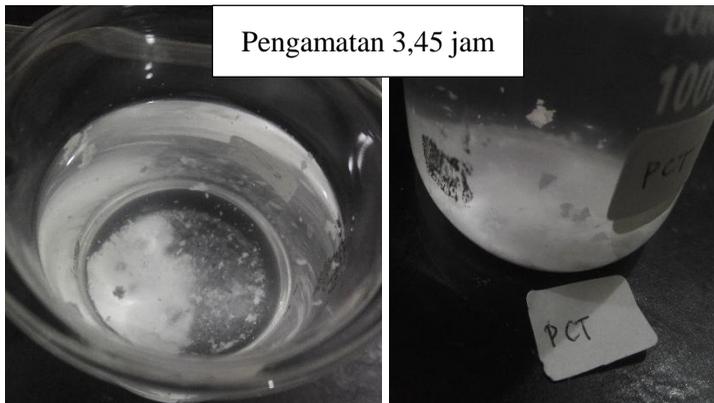
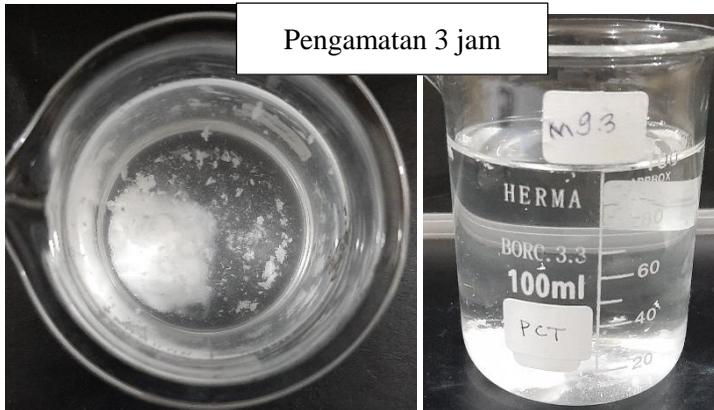


19. Morfologi Tablet Parasetamol dengan kompaksi manual

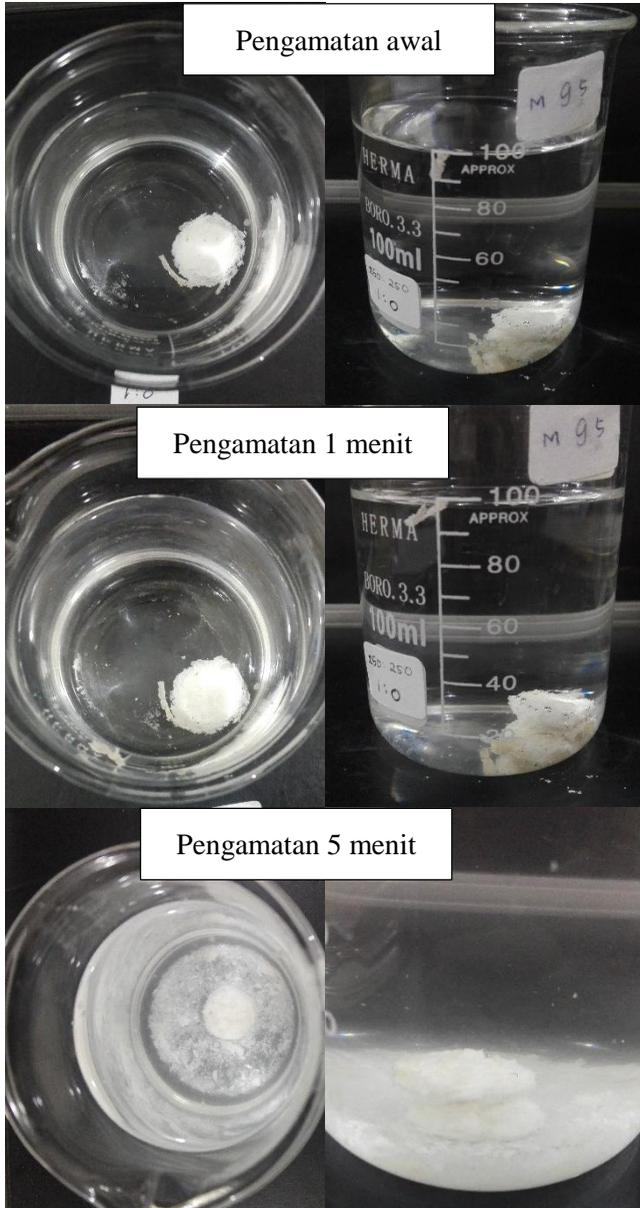


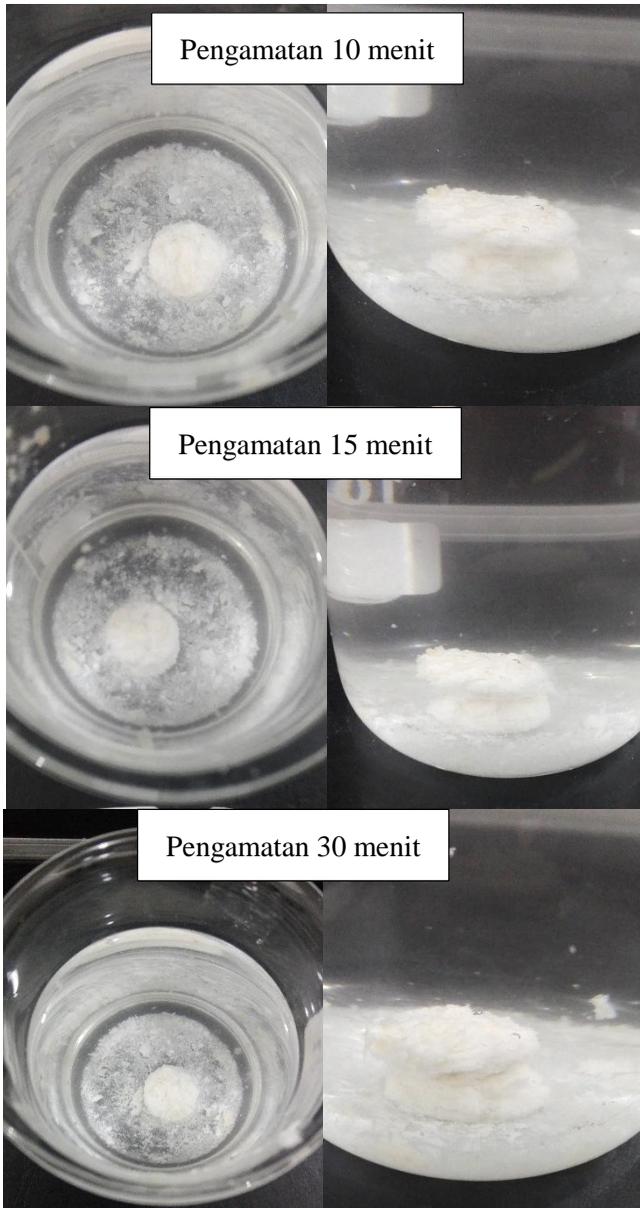


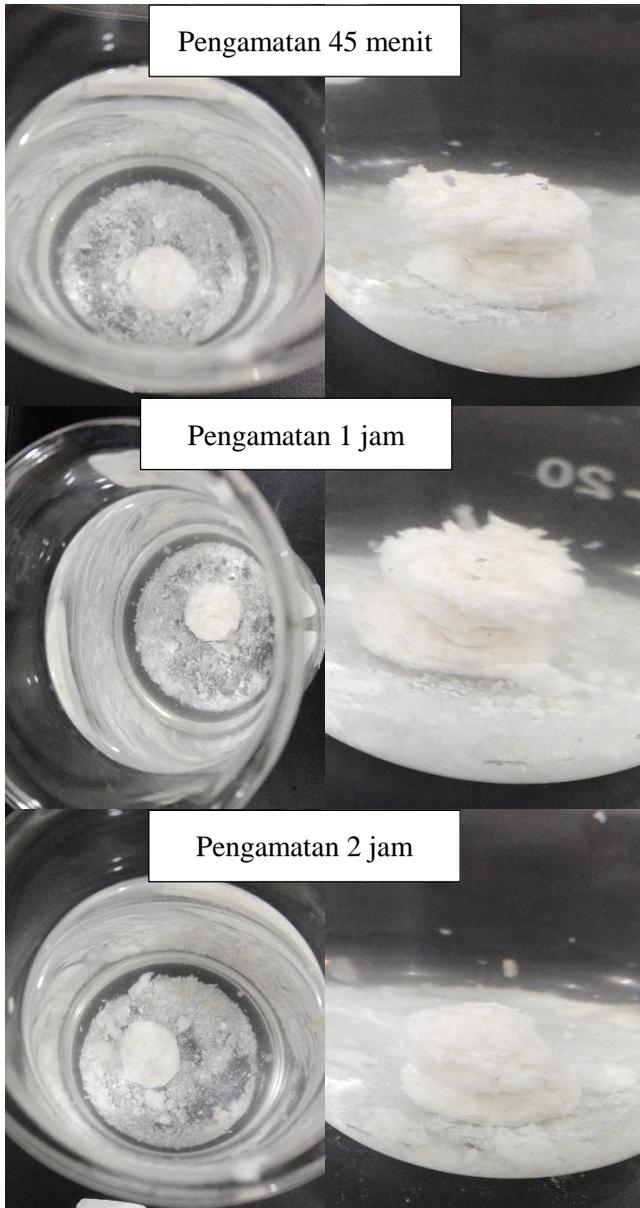


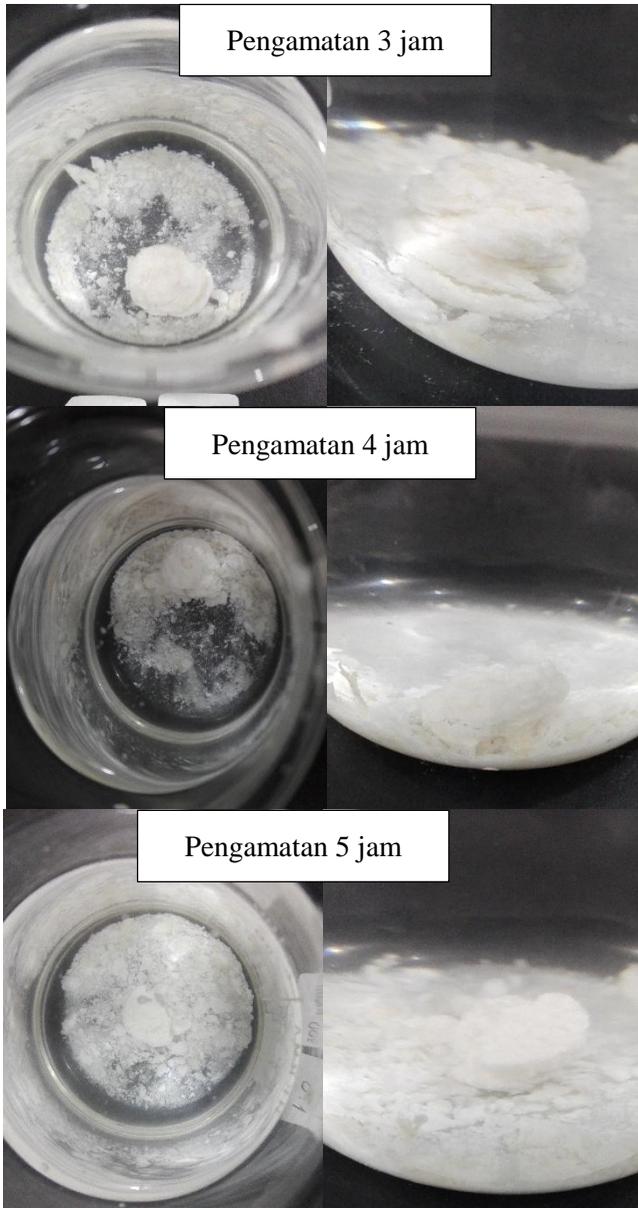


20. Pengamatan morfologi tablet Si/PCT rasio pelarut 1:0

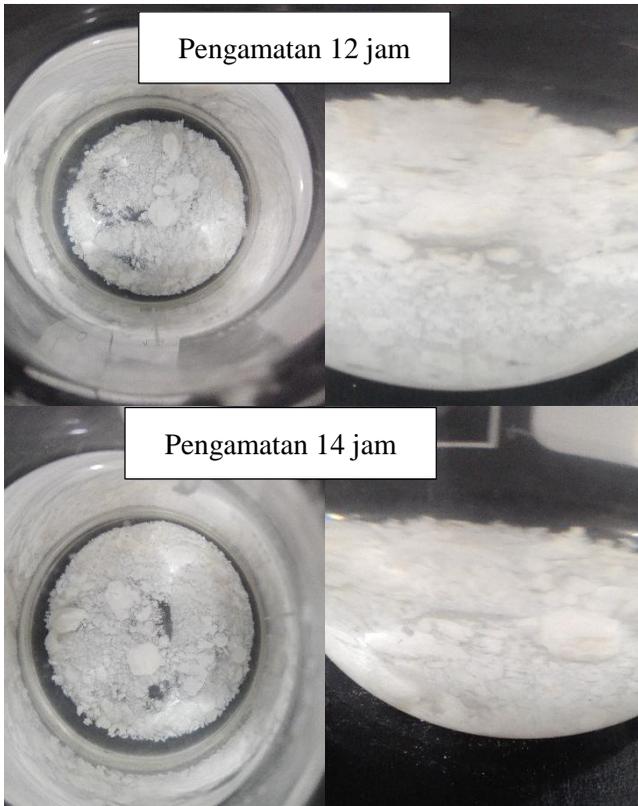




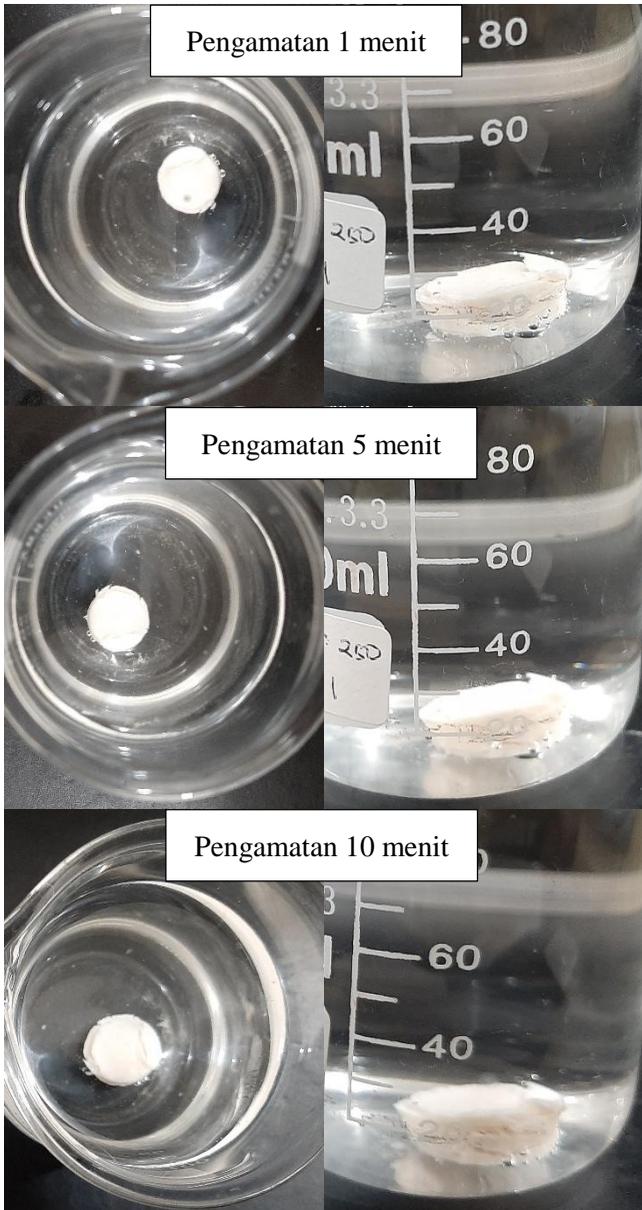


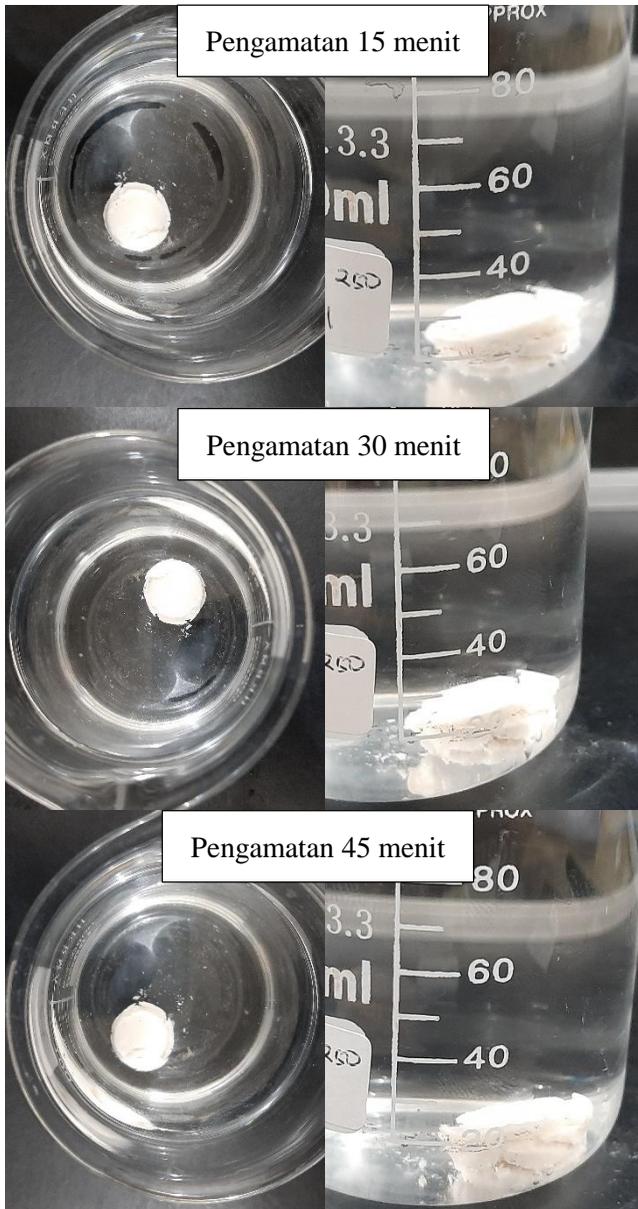


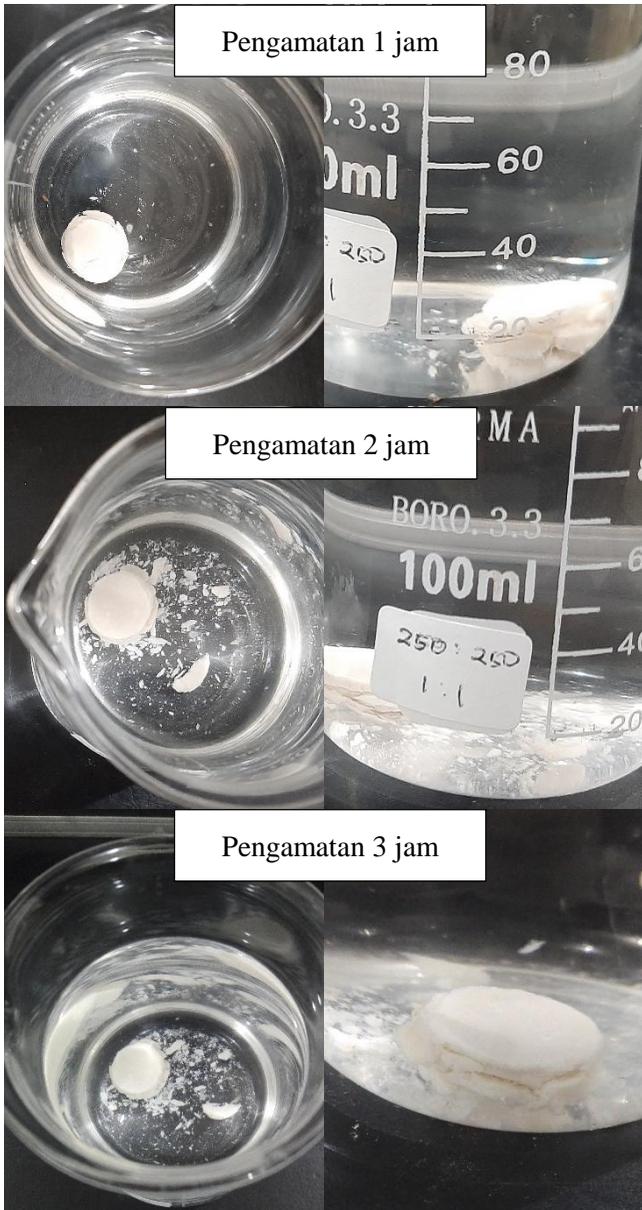


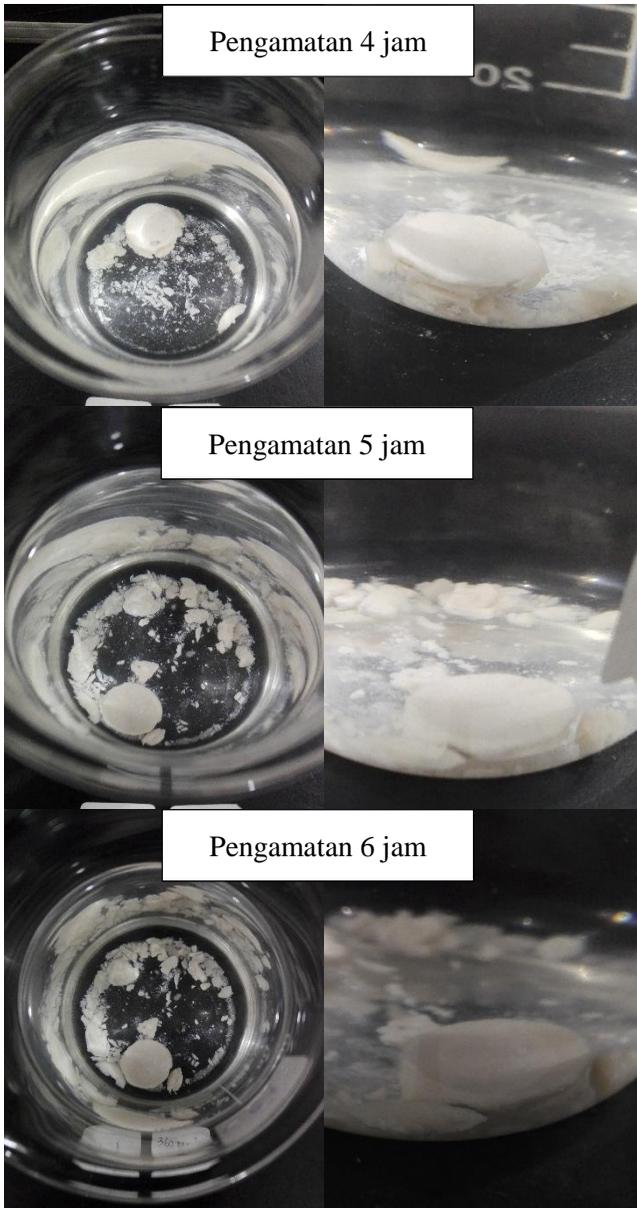


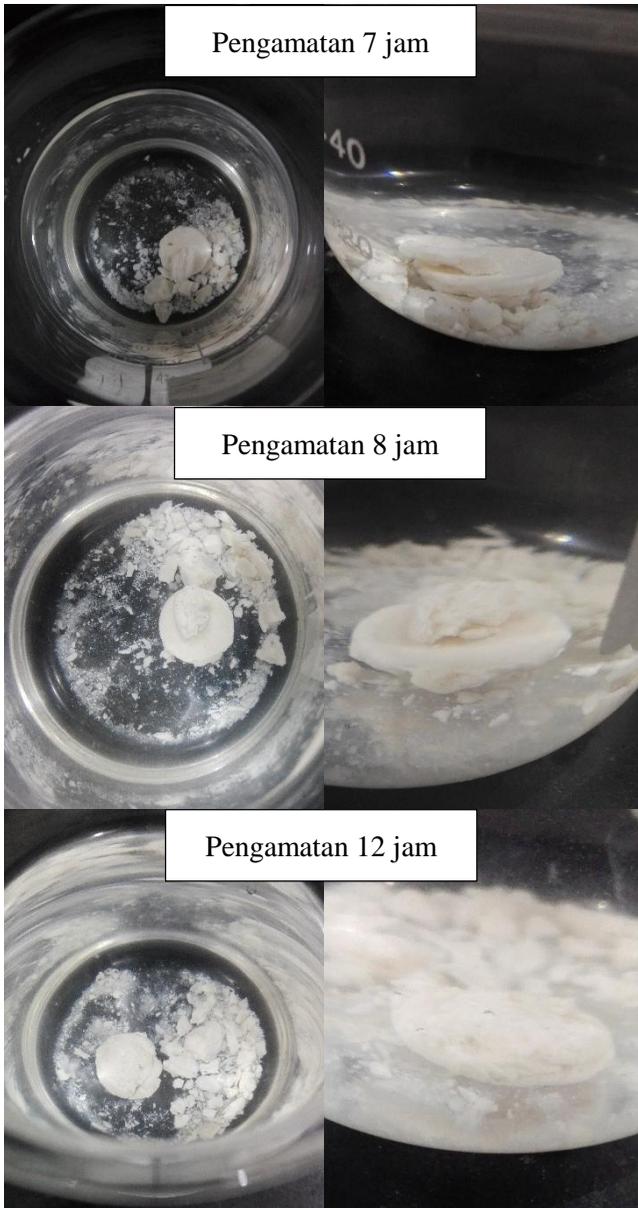
21. Pengamatan morfologi tablet Si/PCT rasio pelarut 1:1





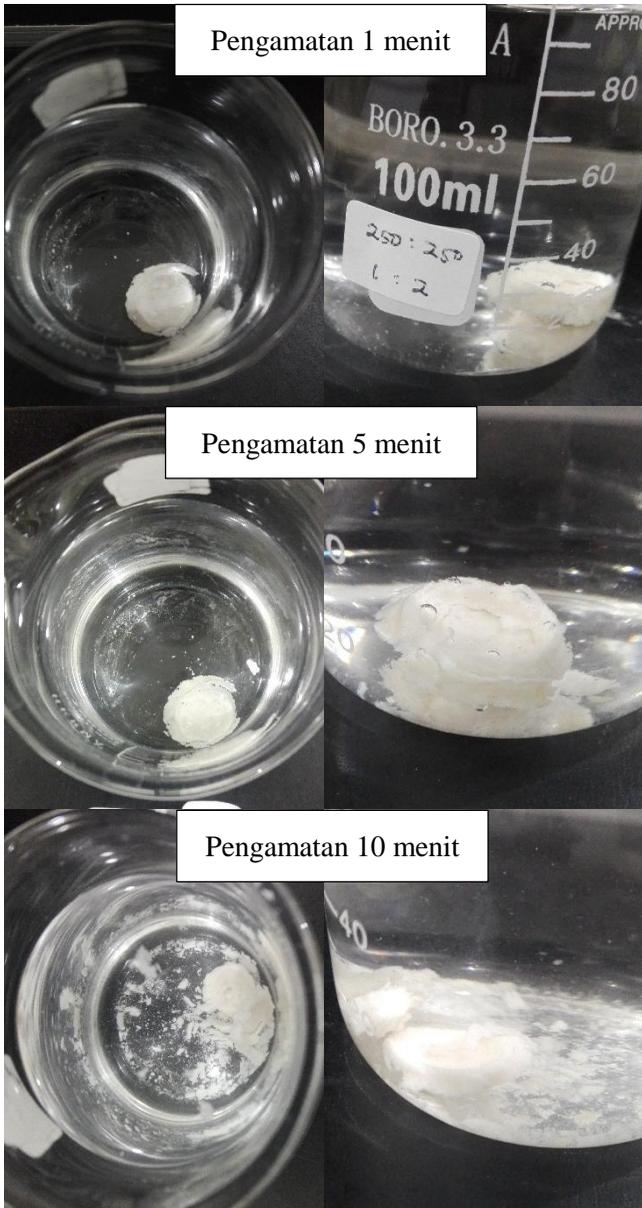


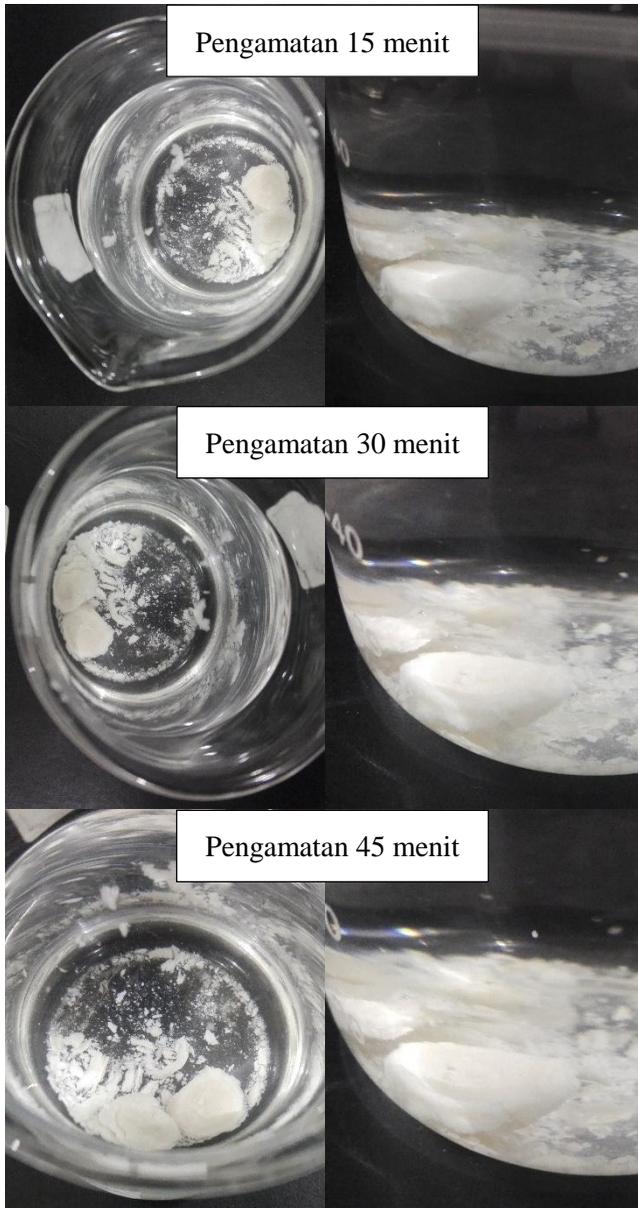


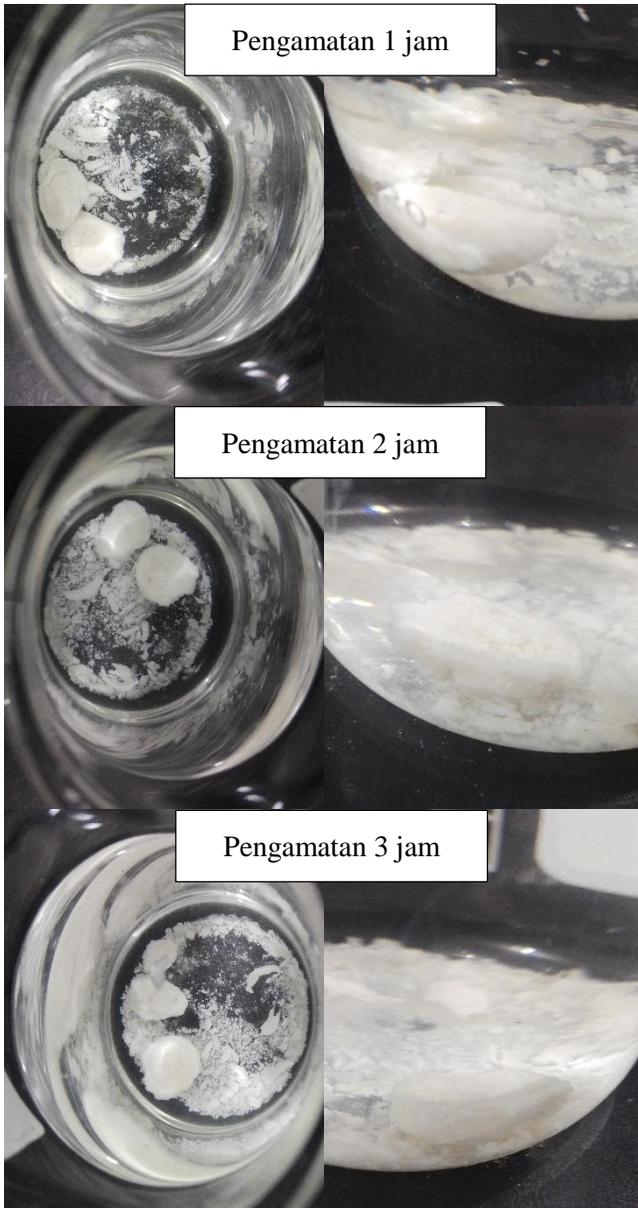


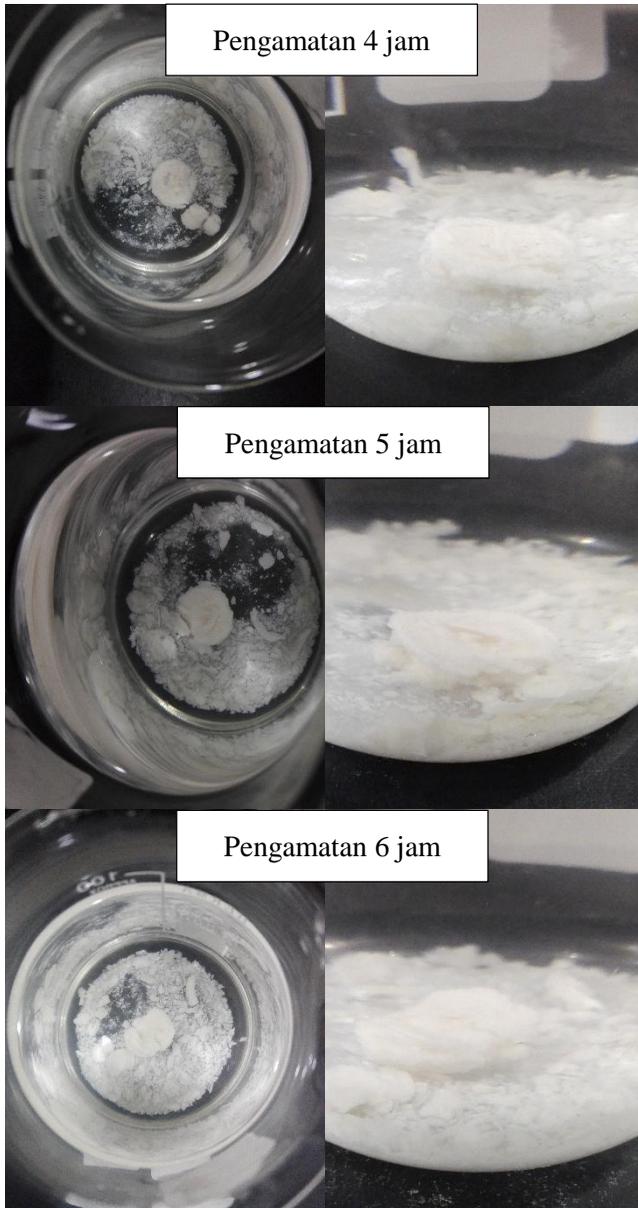


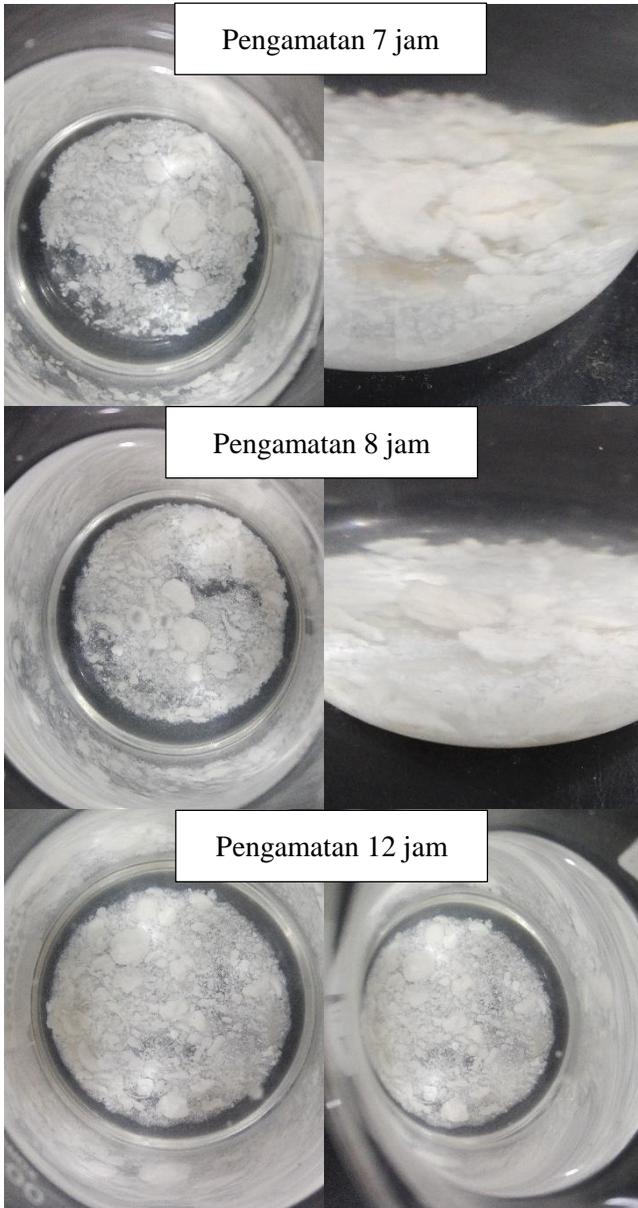
22. Pengamatan morfologi tablet Si/PCT rasio pelarut 1:2





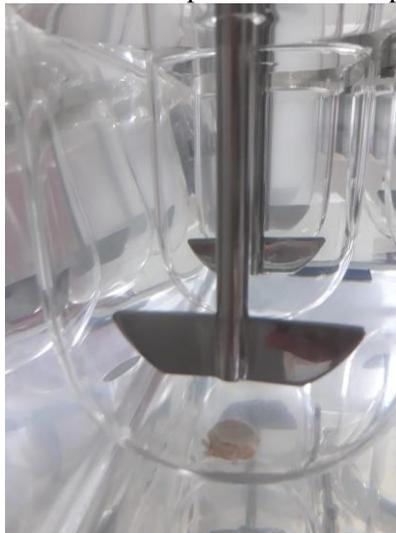








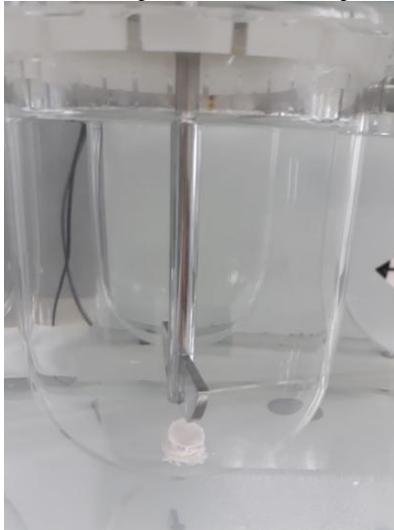
23. Pengujian Disolusi sampel Si/PCT rasio pelarut 1:0



24. Pengujian Disolusi sampel Si/PCT rasio pelarut 1:1



25. Pengujian Disolusi sampel Si/PCT rasio pelarut 1:2



26. Pengujian Disolusi sampel Parasetamol



27. *Certificate of Analysis Parasetamol*



Shaanxi Yuantai Biological Technology Co., Ltd
T.86-29-86478251 F.86-29-29-86119593
Allen@sxytbio.com www.sxytbio.com

CERTIFICATE OF ANALYSIS

Product Name:	Paracetamol	Batch Number:	YT20191218
CAS No.:	103-90-2	Manufacture Date:	Dec.18,2019
Quantity:	1000kgs	Expiry Date:	Dec.18,2021

ITEM	STANDARD	TEST RESULT
Paracetamol	99.0-101.0%	99.5%
Physical & Chemical		
Appearance	White crystalline powder	Complies
Melting range	168-172 °C	169-170 °C
Chloride	≤0.014%	<0.014%
Sulphate	≤0.02%	<0.02%
Sulfide	No coloration or spotting occurs	Complies
substances	Complies	Complies
Free P-aminophenol	≤0.005%	<0.005%
Related substance	Complies	Complies
Loss on Drying	≤0.5%	0.06%
Ash	≤0.1%	0.04%
Heavy Metal		
Total Heavy Metals	≤0.001ppm	Complies
Conclusion	Conform with specification	
Storage	Store in cool and dry places. Keep away from strong light and heat.	
Packing	By 25kgs/Drum, inner by double plastic bag	
Shelf Life	24 months under the above condition, and in it's original package.	

Quality Assurance Officer: Weiqiang Hu



(Halaman ini sengaja dikosongkan)

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan kali ini penulis menyampaikan rasa terima kasih agar ketika tahun yang akan mendatang penulis membuka buku ini, penulis akan mengingat jasa jasa orang yang penulis sebutkan. Terimakasih kepada :

1. Bapak Sulhan Thohir S.Pd dan Ibu Misriah selaku orang tua penulis yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi untuk terus berkarya.
2. Saudara penulis (Dian Ika Rahmawati dan Dea Laili Febriana) yang senantiasa menemani penulis dengan sabar..
3. Sahabat dekat penulis (Triska, Ninik, Yuli, Kiki) yang senantiasa menemani penulis disaat susah.
4. Teman Lab. Kimia Material (Ade, Saiful, Alvia, Laras, Wardhana, Kristin, Azarin) yang telah bersama sama berjuang untuk menyelesaikan tugas akhir
5. Teman – teman ber -5cm (Kurnia Mega, Dinni, Lutfi Syahroni, dan Adam Sigit) serta Shita, Elsa, dan Lila yang menemani penulis ketika sedang penat.
6. Teman-teman satu jurusan yang telah bersama saya selama empat tahun.

Seluruh pihak yang belum saya sebutkan namanya dan membantu baik moril maupun materiil.

(Halaman ini sengaja dikosongkan)

BIODATA PENULIS



Penulis bernama Riska Fitri Amalia dilahirkan di Jombang, 21 Januari 1998 dari pasangan Bapak Sulhan Thohir dan Ibu Misriah. Anak kedua dari 3 bersaudara. Penulis tinggal di Jombang tepatnya Dusun Guwo Ds. Latsari, Mojowarno Jombang. Penulis pernah menempuh pendidikan formal di RA Baitussalam (2002-2004), SDN Latsari (2004-2010), SMP Negeri 1 Mojowarno (2010-2013), SMA Negeri 3 Jombang (2013-2016) . Penulis berhasil masuk Institut Teknologi Sepuluh Nopember selalui jalur SNMPTN (undangan) pada Departemen Teknik Material dan Metalurgi FTI-ITS tahun masuk 2016. Selama kuliah di ITS, oenulis aktif mengikuti organisasisbagai staff Departemen Dagri UKM Cinta Rebana 2016/2017, Staff ahli Departemen Dagri UKM Cinta Rebana 2017/2018, Staff ahli Departemen PSDM IMJ 2017.2018. Selain itu oenulis juga aktif menjadi staff kemuslimahan LDJ Ash Habul Kahfi 2017/2018, Staff Departemen Hubungan Luar HMMT FTI ITS 2017/2018, dan menjadi wakil bendahara Student Chapter NACE ITS 2017/2018. Pada tahun ketiga penulis masih aktif menjabat menjadi Ketua Kemuslimahan LDJ Ash Habul Kahfi 2018/2019, Sekretaris Departemen Departemen Hubungan Luar HMMT FTI ITS 2018/2019, dan juga menjadi Bendahara Student Chapter NACE SC ITS (*National Association of Corrosion Engineer*). Penulis juga pernah menjadi panitia Gerigi ITS pada tahun 2017, menjadi mentor untuk kegiatan mentoring mata kuliah Pendidikan Agama Islam pada tahun 2017 dan 2018, dan menjadi panitia National Engineering Seminar Silver Parade 2019. Selama kuliah penulis pernah melaksanakan kerja praktik di PT.Badak NGL. Penulis dapat dihubungi melalui e-mail : riskafitriamalia038@gmail.com dan kontak 085731182539

(Halaman ini sengaja dikosongkan)