



Penurunan Kadar Ion Cr (VI) Dalam Air Menggunakan Membran ZSM-5/TiO₂ yang Disintesis Dengan Variasi Kasa dan Waktu Penyinaran UV

Decrease in Cr (VI) Ions Levels in Water Using ZSM-5/TiO₂ Membrane Which was Synthesized with Variation in Gauze and UV Radiation Time

Umrotun Chasanah¹⁾, Ana Hidayati Mukaromah²⁾

Universitas Muhammadiyah Semarang, Semarang

Corresponding email: umrotunchasanah31@gmail.com, ana_hidayati@unimus.ac.id

Abstrak

Pencemaran lingkungan dapat berasal dari limbah industri logam berat seperti logam berat Cr (VI) yang dapat berpotensi merusak lingkungan. Kadar ion Cr (VI) dalam air yang melebihi ambang batas 0,05 mg/L bila dikonsumsi oleh manusia maka akan menimbulkan keracunan, mual, muntah, dan menyebabkan kerusakan pada hati dan ginjal, oleh karena itu diperlukan metode penurunan kadar ion Cr (VI) salah satunya menggunakan membran ZSM-5 yang terimpregnasi dengan TiO₂ (ZSM-5/TiO₂). Membran ZSM-5/TiO₂ adalah suatu membran yang disintesis dari penyangga kasa AISI 316-180, 304-200 dan 304-400 mesh yang sudah diberi perlakuan ditanamkan pada prekursor ZSM-5/TiO₂. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui persentase penurunan kadar ion Cr (VI) dalam air menggunakan membran ZSM-5/TiO₂ yang disintesis dengan variasi kasa dan lama penyinaran UV. Objek penelitian ini adalah larutan sampel artifisial Cr (VI) 50 mg/L, selanjutnya dilewatkan melalui membran ZSM-5/TiO₂ selama waktu penyinaran UV. Hasil penelitian adalah kadar Cr (VI) awal sebesar 50,73 mg/L. Persentase penurunan kadar Cr (VI) yang tertinggi yaitu 54,65% menggunakan membran ZSM-5/TiO₂ dengan penyangga kasa 304-400 selama penyinaran UV 90 menit. Ada pengaruh variasi jenis kasa dalam sintesis membran ZSM-5/TiO₂ dan variasi waktu penyinaran terhadap persentase penurunan kadar ion Cr (VI) dalam air.

Kata kunci : Membran Zeolit ZSM-5/TiO₂, penyangga kasa, kadar ion Cr (VI)

Abstract

Environmental pollution come from industrial heavy metal waste can be potential destroy the environment like heavy metals Cr (VI). Ion levels Cr (VI) in the water that exceed the threshold 0,05 mg/L if consume by human, so that cause poisoning, nausea, gag and cause liver and kidney damage, therefore it needs Cr (VI) decrease methods. One of them with membrane ZSM-5 impregnation TiO₂ (ZSM-5/TiO₂). Membrane ZSM-5/TiO₂ is membrane that is synthesized from prekursor ZSM-5/TiO₂ it is immersed on gauze buffer AISI 316-180, 304-200 and 304-400. It is already given treatment. The aim of this research is to know decrease persentase Cr (VI) levels in the water used by membrane ZSM-5/TiO₂ synthesized from buffer gauze and UV light. The object research use liquid artificial sample Cr (VI) 50 mg/L, then pour it with membrane zeolit ZSM-5/TiO₂ when UV radiation. The result of this research is Cr (VI) level at the first is 50,73 mg/L. Decrease persentase Cr (VI) the highest level is 54,65% at membrane ZSM-5/TiO₂ with gauze buffer 304-400 mesh and the time of UV radiation in 90 minutes. There is influence the variation kinds of gauze in zeolit membrane sythesis and variation of the time radiation in Cr (VI) levels in the water.

Kata kunci : Membrane Zeolit ZSM-5/TiO₂, gauze buffer, Cr (VI) ion level.

PENDAHULUAN



Pencemaran air merupakan peristiwa masuknya polutan ke dalam lingkungan perairan, dapat berupa bahan organik yang dapat membusuk dan mudah didegradasi oleh mikroorganisme dan limbah anorganik yang berasal dari sisa produksi industri logam berat juga berpotensi merusak lingkungan karena mengandung bahan berbahaya (Susanti, 2016). Logam berat biasanya menimbulkan efek-efek khusus pada makhluk hidup, seperti ion logam Kromium Cr (VI) (Fauziah, 2011).

Menurut peraturan Menteri Kesehatan RI Permenkes RI/492/MENKES/PER/IV/ 2010 tentang kadar Cr maksimum sebagai air bersih adalah 0,05 mg/L (Menkes, 2010). Ion Cr (VI) dalam air yang melebihi ambang batas dalam tubuh akan mengakibatkan keracunan, mual, muntah, menyebabkan kerusakan pada hati dan ginjal (Khaira, 2014). Oleh karena itu, perlu diperlukan penurunan kadar ion Cr (VI) dalam air salah satunya dengan menggunakan membran ZSM-5/TiO₂. Zeolit ZSM-5 mempunyai saluran yang dapat menyaring ion atau molekul. Zeolit dapat berfungsi sebagai katalis yang banyak digunakan pada reaksi-reaksi petrokimia.

Zeolit adalah suatu padatan kristalin berpori dengan tiga dimensi yang strukturnya mengandung aluminosilikat (SiO₄)⁴⁻ dan (AlO₄)⁵⁻ membentuk struktur bermuatan negatif dan berongga terbuka/berpori dengan ukuran 5,1 x 5,5 Å dan 5,4 x 5,6 Å⁰. Rumus umum zeolit adalah M_x/n[(AlO₂)_x(SiO₂)_y].mH₂O dengan M adalah kation bervalensi n. (AlO₂)_x(SiO₂)_y adalah kerangka zeolit yang bermuatan negatif, H₂O adalah molekul air dalam kerangka zeolit, dan membran adalah jumlah molekul air (Mukaromah, 2014).

ZSM-5 tersusun dari silika (SiO₄)⁴⁻ dan (AlO₄)⁵⁻ dengan rongga didalamnya berisi ion logam alkali, alkali tanah dan molekul air (Mukaromah dkk, 2014). Zeolit ZSM-5 digunakan untuk menurunkan ion Cr (VI) karena mempunyai kelebihan yaitu luas permukaan dan porositas yang besar maka membran zeolit dapat digunakan sebagai penyerap, katalis dan penukar ion (Gao dkk. 2011).

Kerja ZSM-5 dapat ditingkatkan dengan mengimpregnasikan katalis oksida seperti TiO₂ yang berfungsi sebagai fotokatalis karena mempunyai pita valensi (*valence band* ; *vb*) terisi dan pita konduksi (*conduction band* ; *cb*) yang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (*band gap energy* ; *E_g*) yang cukup tinggi, jenis *anatase* sebesar 3.2 eV dan jenis *rutile* sebesar 3.0 eV (Mukaromah dkk, 2016). TiO₂ mempunyai beberapa keunggulan yaitu non toksik, stabil pada pH 4,5-8 dan keaktifannya ketika dikenai cahaya. TiO₂ banyak digunakan sebagai fotokatalis karena tahan korosi, aman dan harganya ekonomis (Agusty, 2012).

Penelitian sebelumnya dilakukan oleh Faridah dkk (2018) yaitu penurunan kadar logam Cr (VI) dalam air menggunakan serbuk zeolit ZSM-5 terimpregnasi TiO₂ (ZSM-5/TiO₂) dengan variasi waktu penyinaran Ultra Violet (UV) diperoleh hasil tertinggi 36.20% yaitu penurunan kadar Cr (VI) dengan penambahan serbuk ZSM-5/TiO₂ yaitu 0,75% b/v selama 75 menit. Penelitian tersebut menggunakan serbuk ZSM-5/TiO₂ untuk menurunkan kadar Cr (VI) yang mempunyai kelemahan bila ditambahkan pada lingkungan perairan serbuk akan hilang bersama dengan arus air, maka perlu pengganti dengan menggunakan membran ZSM-5/TiO₂.

1. Ion Kromium (VI)

Kromium dalam tabel periodik merupakan unsur dengan nomor atom 24 dan nomor massa 51,996. Atom tersebut terletak pada periode 4, golongan IVB. Logam kromium berwarna putih, kristal keras dan sangat tahan korosi, melebur pada suhu 1093°C sehingga sering digunakan sebagai lapisan, pelindung atau logam paduan. Logam kromium dapat masuk ke dalam semua strata lingkungan, perairan, tanah ataupun udara (lapisan atmosfer).

Kromium yang masuk ke dalam strata lingkungan dapat datang dari berbagai sumber yaitu berasal dari kegiatan-kegiatan perindustrian, rumah tangga dan dari pembakaran serta mobilitas bahan-bahan bakar (Bugis, 2012).

Ion kromium (VI) sangat beracun, sangat aktif dalam air pada berbagai pH dan bersifat karsinogenik. Ion kromium (VI) dalam bentuk kromat dan dikromat sangat toksik yaitu dapat menyebabkan kanker kulit dan saluran pernafasan (Sunardi, 2011). Tingkat keracunan krom pada manusia diukur melalui kadar atau kandungan krom dalam urin, dan kristal asam khromat (Alfiani dkk, 2018). Menurut peraturan Menteri Kesehatan RI Permenkes RI/492/MENKES/PER/IV/2010 tentang kadar krom maksimum yang diperbolehkan bagi kepentingan air minum adalah 0,05 mg/L (Menkes, 2010).

2. Zeolit

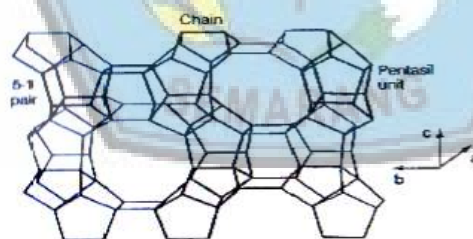
Zeolit adalah senyawa kimia alumino-silikat berhidrat dengan kation natrium, kalium, barium, kalsium, magnesium. Zeolit memiliki molekular struktur yang unik, dimana atom silikon dikelilingi oleh empat atom oksigen sehingga membentuk semacam jaringan dengan pola yang teratur (Adriany, 2011).

a. Zeolit alam

Zeolit alam terbentuk karena adanya perubahan alam (zeolitisasi) dari bahan vulkanik. Komposisi kimia zeolit tergantung pada suhu tekanan uap air setempat dan komposisi air tanah lokasi terjadinya. Contoh zeolit alam adalah *chabazite*, *clinoptilolite*, *philipsite*, *erionite*, *analcime* dan *ferrierite* (Hartini, 2011).

b. Zeolit ZSM-5

Zeolit ZSM-5 (*Zeolite Secony Mobile-5*) merupakan contoh dari zeolit sintesis yang mempunyai pori sedang dengan unit sel orthombik, selektifitas ZSM-5 sangat penting pada reaksi katalis. Sebagai katalisator, terdiri dari Al yang sedikit dimodifikasi dan perbedaan variasi kenaikan aktifitas katalis. rumus kimia oksida $\text{Na}_n(\text{AlO}_2)_n(\text{SiO}_2)_{96-n-16}\text{H}_2\text{O}$, dengan $n < 27$ memiliki rangka atom $5,1 \times 5,5 \text{ \AA}$ dan $5,4 \times 5,6 \text{ \AA}$. ZSM-5 dapat disintesis dari suatu gel cair yang disiapkan dari sodium aluminat, sol silica, NaOH, H_2SO_4 dan tetrapropilammonium bromida (Mukaromah, 2014).



Gambar 1. Zeolit ZSM-5 (Nurropiah dkk, 2015).



Zeolit ZSM-5 mempunyai luas permukaan yang besar dan mempunyai saluran yang dapat menyaring ion atau molekul. Zeolit dapat berfungsi sebagai katalis yang banyak digunakan pada reaksi-reaksi petrokimia. Manfaat zeolit yaitu sebagai penyaring molekul, penukaran ion, penyaring bahan, dan katalisator. Adsorpsi ZSM-5 dapat menyerap logam berat pada limbah cair, memiliki sifat selektif yang tinggi (Mundar, 2014).

3. Titanium Dioksida (TiO_2)

Titanium Dioksida (TiO_2) merupakan suatu fotokatalis. Fotokatalis berasal dari kata katalis yang dapat diartikan sebagai suatu reaksi kimia yang memerlukan cahaya dan katalis. Efek fotokatalisis terjadi pada permukaan semikonduktor yang umum digunakan adalah TiO_2 .

TiO_2 memiliki bentuk kristal berwarna putih, mempunyai berat molekul 79,886 g/mol, massa jenis 4,23 g/cc, titik leleh 1843°C tanpa adanya oksigen dan 1892°C dengan adanya oksigen, serta mempunyai titik didih 2972°C . Kristal TiO_2 bersifat asam yang tidak larut dalam air, asam klorida, asam sulfat encer dan alkohol dan larut dalam asam sulfat pekat dan asam fluorida. TiO_2 mempunyai beberapa keunggulan yaitu, non toksik dan yang paling penting adalah stabil pada pH 4,5-8 dan keaktifannya ketika dikenai cahaya. TiO_2 banyak digunakan sebagai fotokatalis karena tahan korosi, aman, memiliki sifat amfifilik dan harganya ekonomis (Agusty, 2012).

TiO_2 mempunyai pita valensi (valence band ; vb) terisi dan pita konduksi (conduction band ; cb) yang kosong. Kedua pita tersebut dipisahkan oleh energi celah pita (band gap energy ; E_g) yang cukup tinggi, jenis *anatase* sebesar 3.2 eV dan jenis *rutile* sebesar 3.0 eV (Mukaromah dkk, 2016).

4. Membran ZSM-5/ TiO_2

Kerja ZSM-5 dapat ditingkatkan dengan cara mengimpregnasikan katalis oksida seperti TiO_2 . Membran ZSM-5/ TiO_2 adalah membran yang disintesis dari prekursor ZSM-5/ TiO_2 pada penyangga kasa AISI 316-180 mesh dan 304-400 mesh yang terlapisi prekursor zeolit ZSM-5 tersusun dari silika (SiO_4)⁴⁻ dan alumina (AlO_4)⁵⁻ dengan rongga-rongga didalamnya berisi ion-ion logam alkali, alkali tanah dan molekul air (Mukaromah, 2014).

METODE

Jenis penelitian yang digunakan adalah penelitian eksperimen laboratorium. Obyek penelitian ini menggunakan larutan sampel Cr (VI) 50 mg/L kemudian dialirkan melalui membran zeolit ZSM-5/ TiO_2 dengan variasi waktu penyinaran UV 30, 60 dan 90 menit, sehingga terjadi penurunan kadar Cr (VI) dalam air. Pengulangan sampel dilakukan masing-masing sebanyak 3 kali.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah : gelas kimia, pipet tetes, pipet volume, kertas saring whatman 42, batang pengaduk, pipet volume, gelas ukur, labu ukur, erlenmayer, beaker glass, filter, statif dan klem, buret, tisu, wadah polipropilen, stirer, *Muffle furnace*, mortar, oven, reaktor + lampu UV, spektrofotometer. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kasa stainless steel AISI 316- 180 mesh , kasa 304-200 mesh, kasa 304-400 mesh, $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, HCl, H_2SO_4 , Tetrapropilamonium Bromida (TPA-Br) buatan *Merck*, H_2O bebas mineral, NaAlO_2 buatan *Sigma Aldrich*, NaOH buatan *Merck* dan Ludox HS-40 buatan *Aldrich-Chemistry*

HASIL DAN PEMBAHASAN

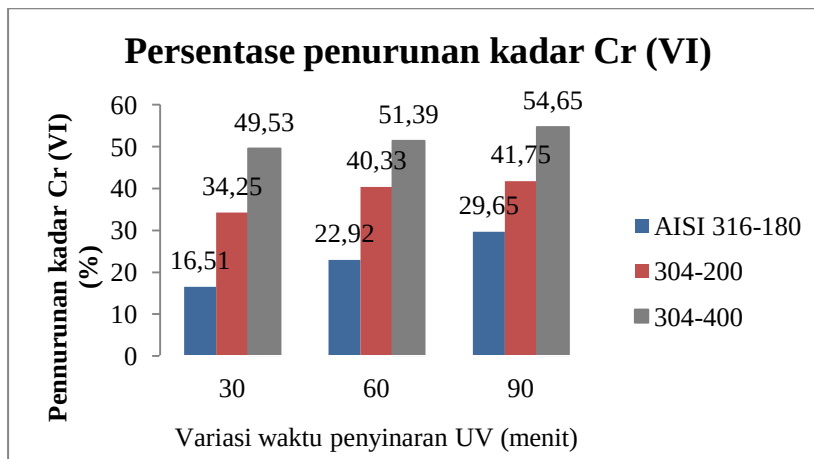
Dari hasil penelitian didapatkan penurunan kadar Cr (VI) menggunakan larutan baku Cr (VI) 50 mg/L dengan variasi jenis kasa AISI 316-180, 304-200, dan 304-400 mesh dan variasi waktu penyinaran UV 30, 60, dan 90 menit tertera pada Tabel 1.



Tabel 1. persentase penurunan kadar Cr (VI) dalam sampel setelah perlakuan menggunakan Zeolit ZSM-5/TiO₂.

Jenis Kasa	Kadar Ion Cr (VI) dan Variasi Waktu Penyinaran UV			
	0	30 menit	60 menit	90 menit
AISI 316-180	50,73	16,51±0,27	22,92±0,26	29,65±0,73
AISI 304-200		34,25±0,35	40,33±0,71	41,75±0,36
AISI 304-400		49,53±0,26	51,39±0,36	54,65±0,32

Tabel 1. menunjukan persentase penurunan kadar Cr (VI) pada sampel Cr (VI) tertinggi adalah pada kasa AISI 304-400 dengan variasi waktu 90 menit. Berdasarkan Tabel 1 didapatkan kadar Cr (VI) awal sebesar 50,73 mg/L kemudian dilewatkan membran zeolit ZSM-5 TiO₂ dengan variasi jenis kasa dan variasi waktu penyinaran UV selama 30, 60 dan 90 menit. Hasil persentase penurunan kadar Cr (VI) tertinggi yaitu 54,65±0,32% menggunakan membran ZSM-5/TiO₂ dengan penyangga kasa 304-400 dan waktu penyinaran UV 90 menit. Hal ini disebabkan kasa 304-400 setiap 1 inch (2,54x2,54 cm²) terdapat 400 lubang dan jarak antar lubang dalam kasa semakin rapat, sehingga prekursor ZSM-5/TiO₂ yang menempel pada kasa tersebut semakin banyak, dengan demikian penurunan kadar Cr (VI) pada kasa 304-400 lebih tinggi dibandingkan dengan kasa AISI 316-180 dan 304-200. Penurunan kadar ion Cr (VI) yang tertinggi diperoleh dengan waktu penyinaran UV 90 menit. Hal ini disebabkan semakin lama penyinaran UV maka semakin banyak energi foton yang diserap oleh fotokatalis TiO₂ sehingga radikal •OH yang terbentuk pada fotokatalis semakin banyak dan kontak antara radikal •OH dengan substrat ion Cr (VI) juga semakin banyak, sehingga dapat meningkatkan efektivitas penurunan kadar ion Cr (VI). Persentase penurunan kadar Cr (VI) setelah perlakuan menggunakan ZSM-5 TiO₂ dengan variasi jenis kasa AISI 316-180 mesh, 304-200 mesh, dan 304-400 mesh dan variasi waktu penyinaran 30 menit, 60 menit, dan 90 menit tertera pada Gambar 3



Gambar 3. persentase penurunan kadar Cr (VI) sesudah perlakuan

Hasil penelitian diuji secara statistik menggunakan metode *One Way Anova* dengan diawali uji kenormalan data Shapiro wilk p value yaitu 0,106; 0,124; 0,118 menunjukkan bahwa data berdistribusi normal. Pada uji homogeneity nilai p value yaitu 0,341 maka data berdistribusi homogen. Kemudian diuji dengan *One Way Anova* dimana p value yaitu 0,004 maka H_0 diterima. Hal ini menunjukkan bahwa ada pengaruh variasi jenis kasa dalam sintesis membran ZSM-5/TiO₂ dan variasi waktu penyinaran UV terhadap persentase penurunan kadar ion Cr (VI) dalam sampel air.

KESIMPULAN

Hasil penelitian yang telah dilakukan yaitu Penurunan Kadar Cr (VI) Menggunakan Membran Zeolit ZSM-5/TiO₂ dengan Variasi Jenis Kasa dan Waktu Penyinaran UV dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Persentase penurunan kadar Cr (VI) tertinggi yaitu 54,65% setelah melewati membran zeolit ZSM-5/TiO₂ yang disintesis menggunakan penyangga kasa 304-400 dan Penyinaran UV selama 90 menit.
2. Ada pengaruh jenis kasa dalam sintesis membran zeolit ZSM-5/TiO₂ dan penyinaran UV terhadap persentase penurunan kadar ion Cr (VI) dalam air .

DAFTAR PUSTAKA

- Prima, A.I., 2012. Penggunaan zeolit terimpregnasi TiO₂ untuk mendegradasi zat warna Congo Reg. Skripsi Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi. Universitas Airlangga. Surabaya.
- Alfiani, Y., Mukaromah, A.H., A.R., 2018. *Photodegradation Of Cr (VI) In Various Concentration Of ZSM-5 Impregnated TiO₂. Proceeding Seminar Nasional Edusaintek. 6 Oktober 2018. ISBN:978-6026-5641-35-4 FMIPA UNIMUS 2018. 82-92.*
- Azizah I. H., Mindhumalid T., Mukaromah A.H, 2016. The Strategy Of adsorption Of carbon Monoxide (CO) on ZSM-5 MEMBRANE SMOKING Area J El – Hayah, 6 (2) 41- 44.
- Faridah, Mukaromah A.H, & Sulistyaningtyas A.R., 2018. *Penurunan kadar logam Cr(VI) dalam air menggunakan zeolit ZSM-5 terimpregnasi TiO₂ dengan variasi waktu penyinaran UV.* Karya tulis ilmiah. Diploma III Analis Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang. 47-53.



- Fauziah. 2011. *Efektivitas Penyerapan Logam Kromium (Cr VI) dan Kadmium (Cd) oleh Scenwdesmus dimorphus*. Universitas islam negeri syarif hidayatullah jakarta.
- Gao Y., Chen M., Zhang T, dan Zhen g X. (2011): A novel method for the growth of ZSM-5 zeolite membrane on the surface stainless steel, *Journal of Material Letter* , 65, 2789-2792.
- Khaira, Kuntum. 2014. Analisis kadar tembaga (Cu) dan seng (Zn) dalam air minum isi ulang kemasan galon dikecamatan lima kaum kabupaten tanah datar. Jurusan Tarbiyah STAIN Batusangkar.
- Menkes RI, 2010, Peraturan Menteri Kesehatan RI PERMENKES RI/No 429/MENKES/PER/IV/2010.
- Mukaromah, A.H., Amin, M., Buchari., Mukti R.R., Zulfikar, M.A., (2014) Pengaruh variasi mol H₂O terhadap kristalisasi zeolit ZSM-5. Prosiding Seminar Nasional Hasil-Hasil Penelitian dan Pengabdian, LPPM dan FIKKES UNIMUS, ISBN; 978-602-18809-1-3,677-682.
- Mukaromah, A. H., Kadja, G. T. M., Mukti, R. R., Pratama, I. R., Zulfikar, M. A., & Buchari, B. (2016). The Surface-to-volume Ratio of the Synthesis Reactor Vessel Governing the Low Temperature Crystallization of ZSM-5. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 48(3), 241-251.
- Mukaromah, A.H., Wahyuni, E.T., Siswanta. D., 2016. Penurunan konsentrasi p-klorofenol dengan fotokatalis TiO₂ dan ion Fe (III). *The 3rd University Research Colloquium*. ISSN 2407-9189. Hal 107-112.
- Mukaromah, A. H., Kadja, G. T. M., Mukti, R. R., Pratama, I. R., Zulfikar, M. A., & Buchari, B. (2016). The Surface-to-volume Ratio of the Synthesis Reactor Vessel Governing the Low Temperature Crystallization of ZSM-5. *Journal of Mathematical and Fundamental Sciences*, 48(3), 241-251.
- Mukaromah, A.H., Ariyadi, T., Saputri, M.J., Utami, R.A., & Yusrin, 2017. Penurunan konsentrasi gas karbon monoksida dengan membran zeolit ZSM-5 secara coating menggunakan kasa AISI 316-180 mesh dan 304-400 mesh. Hal.20-26
- Purnomo, Setyarini PH and Mukaromah AH 2018 The Potential of silk fibrion as apolymer composite reinforment for bone implant materials. *J MATEC Web of Conferes* 204. 0501