

SINTESIS MEMBRAN ZEOLIT ZSM-5 SECARA *COATING* PADA SUHU 90 °C BERDASARKAN VARIASI PERLAKUAN KASA *STAINLESS STEEL* AISI 316 180 MESH DALAM MENURUNKAN KADAR GAS CO

Maulida Julia Saputri¹, Ana Hidayati Mukaromah², Yusrin³

1. Program Studi DIV Analisis Kesehatan Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang
2. Laboratorium Kimia Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang
3. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Muhammadiyah Semarang

Abstrak

Telah dilakukan sintesis membran zeolit ZSM-5 secara coating pada suhu 90° C berdasarkan variasi perlakuan kasa *stainless-steel* AISI 316 180 mesh terhadap penurunan kadar gas CO. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh membran zeolit ZSM-5 yang disintesis secara *coating* pada suhu 90° C berdasarkan variasi perlakuan kasa *stainless-steel* AISI 316 180 mesh terhadap penurunan kadar gas CO. Jenis penelitian ini merupakan eksperimen yang didukung studi pustaka. Sebelumnya dilakukan perlakuan agar membran zeolit pada saat *coating* dapat tumbuh dengan baik. Kasa stainless steel AISI 316 ukuran 180 mesh diberikan perlakuan I dengan HNO₃ 10% dan acetone, perlakuan II dengan Toluene 95% dan HCl 5%, perlakuan III dengan NaOH 15%; HCl 5% dan H₂SO₄ 20%, serta perlakuan IV dengan toluene 95%; HCl 5% dan TPABr 0,1 M. Hasil penelitian menunjukkan persentase penurunan kadar gas CO berdasarkan variasi perlakuan I, II, III dan IV diperoleh rata-rata persentase penurunan kadar gas CO sebesar 12,45±1,76%; 9,38±1,41 %; 15,07±1,05% dan 11,74±1,12 %. Kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh terhadap gas CO dengan perlakuan I, II, III dan IV diperoleh rata-rata yaitu 34781,93±1230,6 mg/g; 17252,03±1295,17 mg/g; 81047,46±3809,98 mg/g dan 30681,42 ±1589,472mg/g. Persentase penurunan kadar gas CO serta adsorpsi membran zeolit terbaik pada perlakuan III. Hasil dari uji statistik One Way Anova didapat nilai signifikansi 0,004 < 0,05 , disimpulkan bahwa Terdapat pengaruh variasi perlakuan *stainless steel* dengan sintesis membran zeolit ZSM-5 secara *coating* pada suhu 90°C terhadap penurunan kadar gas CO.

Kata Kunci : Zeolit ZSM-5, Perlakuan terhadap kasa, Coating, Kadar gas CO

Pendahuluan

Senyawa kimia gas CO merupakan gas yang tidak berwarna dan merupakan hasil pembakaran tidak sempurna bahan bakar. Sumber pencemaran gas CO dari kendaraan bermotor, asap rokok, kebocoran pipa gas, pembakaran tungku batu bara juga merupakan pencemar gas CO (Suharto, 2011).

CO yang terhirup akan menimbulkan ikatan *Carboxyhemoglobin* (HbCO) yang menyebabkan terganggunya transfer oksigen dalam jaringan sel ke seluruh tubuh. Gas CO yang dihirup dalam jumlah kecil dapat menyebabkan kontraksi jantung manusia dan mengurangi jumlah darah yang dipompa ke seluruh tubuh (Suharto, 2011).

Cara mengurangi CO salah satunya dengan menggunakan zeolit. Zeolit merupakan adsorbent yang memiliki ukuran pori yang sangat kecil dan seragam jika dibandingkan dengan adsorbent yang lain seperti karbon aktif dan silika gel, sehingga zeolit hanya mampu menyerap molekul molekul yang berdiameter sama atau lebih kecil dari diameter celah rongga. Zeolit yang telah dipanaskan dapat berfungsi sebagai penyerap gas atau cairan (Khairinal, Trisunaryanti, W., 2000).

Zeolit terdapat zeolit alam dan sintesis. Salah satu zeolit sintesis yaitu ZSM-5. ZSM-5 disintesis dari campuran silika dan alumina serta basa organik (sebagai *templating agent*) dengan komposisi dan kondisi operasi tertentu. Zeolit ZSM-5 dapat disintesis dengan menggunakan proses *coating* yaitu dengan cara penyangga kasa *stainless-steel* dibenamkan dalam larutan percursor zeolit dan dipanaskan pada suhu rendah (90°C) selama 4 hari.

Pada kasa *stainless-steel* digunakan untuk sintesis membran zeolit ZSM-5. Sebelum dibenamkan dalam larutan zeolit dilakukan perlakuan terhadap kasa *stainless-steel*. Lopes dkk., 2005, melakukan perlakuan perendaman dalam larutan HNO₃ 1% pada suhu 60°C selama 4 jam, kemudian dicuci dengan acetone selama 1 jam, dan disimpan pada suhu 100°C. Louis dkk., 2001, melakukan perlakuan dengan perendaman pada toluene 95% selama 2 jam untuk menghilangkan zat organik, kemudian direndam dalam larutan HCl 15% selama 20 menit untuk menghilangkan zat anorganik,

dan selanjutnya dicuci dengan akuades dengan bantuan *ultrasonic cleaner*.

Gao dkk., 2011, melakukan perlakuan dengan perendaman dalam NaOH 15% untuk menghilangkan minyak/ zat organik, kemudian direndam pada larutan HCl 15% untuk menghilangkan zat anorganik, kemudian dicuci dengan akuades dengan bantuan *ultrasonic cleaner* selama 20 menit, dielektro-oksidasi dengan H₂SO₄ 20% dengan voltase konstan 3-5 V; dan kuat arus 0,01 A, kemudian dikeringkan pada suhu 110°C selama 1 jam.

Kong dkk., 2006, melakukan perlakuan dengan perendaman dalam toluene 95% selama 12 jam, kemudian dicuci dengan akuades, kemudian direndam dalam larutan HCl 5% selama 6 jam, dan dicuci dengan akuades. Selanjutnya direndam dalam larutan TPABr 0,1 M selama 12 jam, dikeringkan pada suhu 80° C di dalam oven selama 12 jam, dan disimpan di tempat kering.

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh zeolit ZSM-5 yang disintesis secara *coating* pada suhu 90° C berdasarkan variasi perlakuan kasa *stainless-steel* dalam menurunkan kadar gas CO.

Metode

Jenis penelitian dalam metode ini adalah eksperimen yang didukung oleh studi pustaka. Penelitian dilakukan di laboratorium Kimia Fakultas Ilmu Keperawatan dan Kesehatan Universitas Muhammadiyah Semarang, Jalan Kedung Mundu Raya No. 18 Semarang 50248. Waktu penelitian dilakukan dari April - September 2017. Objek penelitian adalah kasa *stainless steel* AISI 316 ukuran 180 mesh yang diberikan 4 perlakuan berbeda. Masing-masing perlakuan sampel dilakukan pengulangan sebanyak 6 kali. Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah gelas kimia, pipet tetes, batang pengaduk, pipet volume, gelas ukur, wadah polipropilen 50 ml, 100ml, 240 ml, *waterbath*, termometer, *ultrasonic cleaner* Bronso 3510, neraca analitik, *stirrer*, oven (OF-12), furnace (Thermoline 4800), CO meter buatan Krishbow. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kasa *stainless steel* 316 ukuran 180 mesh, kasa platina, kuningan, tetrapropilamonium bromida (TPA-Br) (Merck), H₂O bebas mineral, NaAlO₂ buatan *Sigma Aldrich*,

Ludox-HS 40%, HCl pekat (Merck), H₂SO₄ pekat (Merck), HNO₃, aceton, Toluene 95%, HCl 15%, NaOH 15%, NaOH 50%, H₂SO₄ 20% dan HCl 5%.

Prosedur Penelitian

Perlakuan Kasa *Stainless Steel*

Perlakuan I, sebanyak 6 buah kasa ukuran 3 cm x 3cm dilakukan perendaman dalam larutan HNO₃ 1% pada suhu 60°C selama 4 jam, kemudian dicuci dengan aceton selama 1 jam, dan disimpan pada suhu 100°C.

Perlakuan II, sebanyak 6 buah kasa ukuran 3 cm x 3cm dilakukan perendaman pada toluene 95% selama 2 jam untuk menghilangkan zat organik, kemudian direndam dalam larutan HCl 15% selama 20 menit untuk menghilangkan zat anorganik, dan selanjutnya dicuci dengan akuades dengan bantuan ultrasonic cleaner.

Perlakuan III, sebanyak 6 buah kasa ukuran 3 cm x 3cm dilakukan perendaman dalam NaOH 15% untuk menghilangkan minyak/ zat organik, kemudian direndam pada larutan HCl 15% untuk menghilangkan zat anorganik, kemudian dicuci dengan akuades dengan bantuan ultrasonic cleaner selama 20 menit, dielektro-oksidasikan dengan H₂SO₄ 20% dengan voltase konstan 3-5 V; dan kuat arus 0,01 A, kemudian dikeringkan pada suhu 110°C selama 1 jam.

Perlakuan IV, sebanyak 6 buah kasa ukuran 3 cm x 3cm dilakukan perendaman dalam toluene 95% selama 12 jam, kemudian dicuci dengan akuades, kemudian direndam dalam larutan HCl 5% selama 6 jam, dan dicuci dengan akuades. Selanjutnya direndam dalam larutan TPABr 0,1 M selama 12 jam, dikeringkan pada suhu 80°C di dalam oven selama 12 jam, dan disimpan di tempat kering.

Pembuatan Prekursor Zeolit ZSM-5

Campurkan sejumlah 0,136 g NaAlO₂ dan 1,390 g NaOH 50% b/v dalam wadah propilen, larutkan 1,549 g TPABr dalam air ke dalam wadah, dan diaduk di atas pengaduk magnetik selama 5 menit. Setelah itu masukkan ke dalam wadah propilen, dan ditambahkan 24,490 g ludox HS-40%, terjadi semi gel dan diaduk dengan kecepatan 900 rpm selama 6 jam.

Sintesis Membran zeolit ZSM-5 pada Suhu Rendah Selama 4 hari secara *coating*

Setelah kasa *stainless steel* sudah diberikan perlakuan lalu dibenamkan pada prekursor zeolit ZSM-5 yang terdapat dalam reaktor wadah polipropilen dengan Rasio luas permukaan terhadap Volume reaktor 1,44 (Mukaromah, dkk, 2016). Kemudian dipanaskan pada suhu 90°C selama 4 hari, Selanjutnya membran ZSM-5 yang dihasilkan ducuci dengan aquades, lalu dikeringkan pada suhu 60°C semalam lalu membran yang dihasilkan dipanaskan pada suhu 550°C dalam *muffle furnace* selama 6 jam.

Menurunkan Konsentrasi Gas CO di dalam ruangan dengan membran zeolit ZSM-5

Gas CO yang digunakan adalah asap rokok yang dialirkan ke dalam tempat penampung gas CO selama 3 menit hingga stabil dan diukur dengan menggunakan CO meter.

Selanjutnya reaksi pembentukan gas CO dihentikan, kemudian dimasukkan 1 buah membran zeolit ZSM-5 dengan ukuran 3 cm x 3 cm yang sudah diketahui massanya. Prosedur pemasukan membran dan penutupan desikator dilakukan secepat mungkin. Konsentrasi gas CO yang terekam oleh CO meter merupakan konsentrasi CO awal.

Hasil

Sebelum dilakukan perhitungan persentase penurunan kadar gas CO, berikut data penurunan kadar gas CO dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Penurunan kadar gas CO

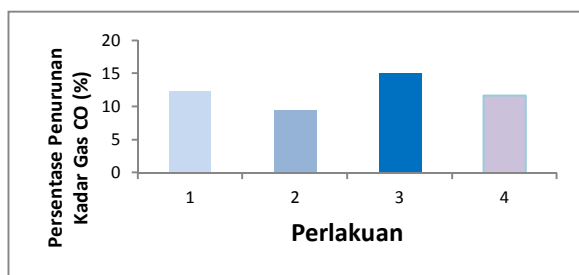
| | Penurunan kadar gas CO (ppm) | | | |
|--------------|------------------------------|---------|------------|---------------------|
| | Pengulangan | CO awal | CO sesudah | kadar selisih (ppm) |
| Perlakuan I | 1 | 237 | 214 | 23 |
| | 2 | 278 | 240 | 38 |
| | 3 | 277 | 207 | 70 |
| | 4 | 454 | 401 | 53 |
| | 5 | 440 | 375 | 65 |
| | 6 | 420 | 344 | 76 |
| Perlakuan II | 1 | 210 | 186 | 24 |
| | 2 | 460 | 328 | 132 |
| | 3 | 476 | 431 | 45 |
| | 4 | 467 | 385 | 82 |
| | 5 | 458 | 353 | 105 |
| | 6 | 455 | 422 | 33 |

| Penurunan kadar gas CO (ppm) | | | | |
|------------------------------|-------------|---------|------------|---------------------|
| | Pengulangan | CO awal | CO sesudah | kadar selisih (ppm) |
| Perlakuan III | 1 | 431 | 373 | 58 |
| | 2 | 418 | 349 | 69 |
| | 3 | 427 | 367 | 60 |
| | 4 | 416 | 367 | 49 |
| | 5 | 442 | 375 | 67 |
| | 6 | 458 | 384 | 74 |
| Perlakuan IV | 1 | 393 | 349 | 44 |
| | 2 | 385 | 343 | 42 |
| | 3 | 330 | 275 | 55 |
| | 4 | 485 | 418 | 67 |
| | 5 | 440 | 385 | 55 |
| | 6 | 437 | 392 | 45 |

Persentase penurunan kadar gas CO setelah kontak dengan membran zeolit ZSM-5 dengan perlakuan I, II, III dan IV selama 10 menit dapat dilihat pada tabel 4.2 dan Gambar 4.2.

Tabel 4.2 Persentase penurunan kadar gas CO

| No | Pengulangan | Persentase Penurunan kadar gas CO (%) | | | |
|----|-------------|---------------------------------------|--------------|---------------|--------------|
| | | Perlakuan I | Perlakuan II | Perlakuan III | Perlakuan IV |
| 1 | I | 9,70 | 11,43 | 13,46 | 11,20 |
| 2 | II | 13,67 | 28,70 | 16,51 | 10,91 |
| 3 | III | 25,27 | 9,45 | 14,05 | 16,67 |
| 4 | IV | 11,67 | 17,56 | 11,78 | 13,81 |
| 5 | V | 14,77 | 22,93 | 15,16 | 12,50 |
| 6 | VI | 18,10 | 7,25 | 16,16 | 10,30 |
| | Rata-rata | 12,45± | 9,38±1,4 | 15,07±1, | 11,74±1,1 |
| | | 1,76 % | 1 % | 05 % | 2 % |



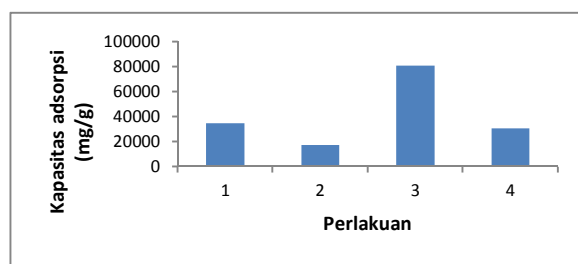
Gambar 4.2 Rata-rata penurunan kadar gas CO

Tabel 4.2 dan Gambar 4.2 diperoleh persentase rata-rata penurunan kadar gas CO dengan membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh tertinggi terdapat pada variasi perlakuan III.

Kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh dengan perlakuan I, II, III dan IV dapat dilihat pada Tabel 4.3 dan grafik kapasitas adsorpsi tertera pada Gambar 4.3.

Tabel 4.3 Kapasitas adsorpsi membran zeolit

| | Kapasitas adsorpsi membran zeolit (mg/g) | | | |
|-----------|--|--------------|---------------|--------------|
| | Perlakuan I | Perlakuan II | Perlakuan III | Perlakuan IV |
| 1 | 13939,39 | 13670,89 | 76764,71 | 28695,65 |
| 2 | 33365,85 | 31807,23 | 79615,38 | 32446,35 |
| 3 | 38769,23 | 17880,79 | 96428,57 | 32890,37 |
| 4 | 37265,63 | 18566,04 | 79342,11 | 29704,43 |
| 5 | 34210,53 | 31658,29 | 86762,59 | 24324,32 |
| 6 | 34285,71 | 15309,28 | 97226,28 | 29670,33 |
| Rata-rata | 34781,93± | 17252,03± | 81047,46± | 30681,42± |
| | 1230,6 | 1295,17 | 3809,98 | 1589,472 |



Gambar 4.3 Kapasitas adsorpsi membran zeolit

Tabel 4.3 dan Gambar 4.3 diperoleh kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh tertinggi terdapat pada variasi perlakuan III.

Perbandingan rata-rata penurunan persentase kadar gas CO dan kapasitas membran zeolit dapat dilihat pada Tabel 4.4. Tabel 4.4 Perbandingan rata-rata penurunan persentase kadar gas CO dan kapasitas membran zeolit

| Perlakuan | Rata-rata | |
|-----------|----------------------------|---------------------------------|
| | Penurunan kadar gas CO (%) | Kapasitas membran zeolit (mg/g) |
| I | 12,45± 1,76 | 34781,93±1230,6 |
| II | 9,38±1,41 | 17252,03±1295,17 |
| III | 15,07±1,05 | 81047,46±3809,98 |
| IV | 11,74±1,12 | 30681,42±1589,472 |

Hasil uji One Way Anova dengan signifikansi dari data yaitu $0,004 < 0,05$. Ini menunjukkan H_0 ditolak dan H_a diterima, sehingga ada pengaruh variasi perlakuan stainless steel AISI 316 180 mesh dengan sintesis membran zeolit ZSM-5 secara coating pada suhu 90°C terhadap penurunan kadar gas CO.

Diskusi

Hasil penelitian tentang penurunan kadar gas CO setelah dimasukkan kasa stainless steel AISI 316 180 mesh selama 10 menit. Berdasarkan Tabel 4.2 dari variasi perlakuan I, II, III dan IV diperoleh rata-rata persentase

penurunan kadar gas CO sebesar $12,45 \pm 1,76$ %; $9,38 \pm 1,41$ %; $15,07 \pm 1,05$ % dan $11,74 \pm 1,12$ %. Dari data tersebut terlihat kasa perlakuan III memperoleh nilai tertinggi dalam menurunkan kadar gas CO.

Penurunan gas CO juga dipengaruhi oleh tebal tipisnya membran zeolit yang menempel pada kasa stainless steel, sehingga diperlukan perhitungan kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh. Berdasarkan Tabel 4.3 kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh diperoleh rata-rata dari perlakuan I, II, III dan IV yaitu $34781,93 \pm 1230,6$ mg/g; $17252,03 \pm 1295,17$ mg/g; $81047,46 \pm 3809,98$ mg/g dan $30681,42 \pm 1589,472$ mg/g. Dari data tersebut terlihat bahwa nilai kapasitas membran tertinggi yaitu pada perlakuan III.

Dari hasil uji statistik diperoleh hasil uji One Way Anova dengan signifikansi dari data yaitu $0,004 < 0,05$. Sehingga ada pengaruh variasi perlakuan *stainless steel* AISI 316 180 mesh dengan sintesis membran zeolit ZSM-5 secara *coating* pada suhu 90°C terhadap penurunan kadar gas CO.

Dari data persentase penurunan gas CO dan kapasitas membran zeolit dapat dilihat data dengan rata-rata tertinggi yaitu pada perlakuan III. Hal ini disebabkan oleh ketebalan membran zeolit yang menempel pada permukaan kasa stainless steel. Ketebalan zeolit yang menempel juga dipengaruhi oleh perlakuan terhadap kasa sebelum dibenamkan zeolit. Pada perlakuan III dilakukan perendaman dengan NaOH 15% lalu direndam dengan HCl 15%. Kemudian salah satu tahap perlakuan terdapat elektro-oksidasi dengan mengalirkan listrik dan menggunakan H_2SO_4 20%, hal ini membuat zeolit lebih banyak menempel dan menghasilkan kapasitas adsorpsi lebih tinggi.

Kesimpulan dan Saran

Berdasarkan hasil penelitian penurunan kadar gas CO dengan membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh berdasarkan variasi perlakuan dapat disimpulkan sebagai berikut: Persentase penurunan kadar gas CO berdasarkan variasi perlakuan I, II, III dan IV diperoleh rata-rata persentase penurunan kadar gas CO sebesar $12,45 \pm 1,76$ %; $9,38 \pm 1,41$ %; $15,07 \pm 1,05$ % dan $11,74 \pm 1,12$ %. Persentase penurunan kadar gas CO tertinggi kasa Stainless steel AISI 316 180 mesh pada variasi

perlakuan III yang direndam dengan NaOH 15%, HCl 15% dan H_2SO_4 20% sebesar $15,07 \pm 1,05$ %. Kapasitas adsorpsi membran zeolit ZSM-5 kasa AISI 316 180 mesh perlakuan I, II, III dan IV diperoleh rata-rata yaitu $34781,93 \pm 1230,6$ mg/g; $17252,03 \pm 1295,17$ mg/g; $81047,46 \pm 3809,98$ mg/g dan $30681,42 \pm 1589,472$ mg/g. Kapasitas adsorpsi tertinggi terdapat pada variasi perlakuan III yang direndam NaOH 15%, HCl 15% dan H_2SO_4 20% sebesar $81047,46 \pm 3809,98$ mg/g. Dari uji statistik ada pengaruh variasi perlakuan *stainless steel* AISI 316 180 mesh dengan sintesis membran zeolit ZSM-5 secara *coating* pada suhu 90°C terhadap penurunan kadar gas CO.

Untuk penelitian selanjutnya, hasil penelitian ini dapat dikembangkan lebih lanjut dengan menambahkan variasi waktu kontak membran zeolit ZSM-5 terhadap gas CO lebih dari 10 menit.

Ucapan Terimakasih

Melalui kesempatan ini yang pertama peneliti mengucapkan rasa syukur dan terimakasih pada Allah SWT yang telah memberikan kehidupan ini.

Terimakasih kepada Dr. Ana Hidayati Mukaromah, M.Si selaku peminbing satu, Dra. Yusrin, M.Pd selaku pembimbing dua dan Dra. Endang Triwahyuni M, M.Pd selaku penguji, serta seluruh staf dan dosen di Universitas Muhammadiyah Semarang yang telah banyak membantu peneliti selama berada di kampus.

Terimakasih kepada kedua orang tua, seluruh keluarga dan sahabat-sahabat peneliti yang selalu memberikan dukungan disetiap langkah peneliti.

Terimakasih kepada Universitas Muhammadiyah Semarang yang telah menjadi wadah untuk mengembangkan ilmu.

Dan terimakasih kepada seluruh pihak yang tidak bisa disebutkan satu persatu.

Referensi

- Sembel, 2015. Toksikologi Lingkungan Dampak Pencemaran dari Berbagai Bahan Kimia dalam Kehidupan Sehari-hari. Penerbit Andi. Yogyakarta.
- Suharto, I. 2011. Limbah Kimia Dalam Pencemaran Udara Dan Air. Yogyakarta : ANDI.

- Khairinal, Trisunaryanti, W. 2000. Dealuminasi Zeolit Alam Wonosari dengan Perlakuan asam dan Proses Hidrotermal. Prosiding Seminar Nasional Kimia VIII. Yogyakarta.
- Mukaromah, A.H., Kadja, G.T.M Mukti, R.R., Pratama, I.R., Zulfikar, M.A. & Buchari. 2016. *Surface-to-volume Ratio of Synthesis Reactor Vessel Governing Low Temperature Crystallization of ZSM-5*. Journal of Publisher ITB.48 (3). Page :241-251.
- Mukaromah, A.H. (2017). *Sintesis Membran Zeolit ZSM-5 Secara Elektrodeposisi dan coating pada Suhu Rendah untuk Menurunkan Kadar Gas Karbon Monoksida*, Disertasi Program Doktor, Institut Teknologi Bandung.
- Kong, C., Lu, J., Yang, J., Wang, J. (2006): Preparation of silicate-1 membranes on stainless steel support by a two-stage varying-temperature in situ synthesis, *Journal of Membrane Science*, **285**, 258-264.
- Lopes, F., Bernal, M.P., Mallada, R., Cornes, J., dan Santamaria, J. (2005): Preparation of silicate membranes on stainless steel grid support, *Journal of Indonesian Engineering Chemistry Resolution*: **44**, 74627-7632.
- Louis, B., Reuse, P. Kiwi-Minsker, L., Renken, A. (2001): Synthesis of ZSM-5 coatings on stainless steel grids and their catalytic performance for partial oxidation of benzene by N_2O , *Journal of Applied Catalysis A: General*, **210**, 103-109.
- 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.