

ANALISIS KEMURNIAN OKSIGEN PADA SISTEM *PRESSURE SWING ADSORPTION* (PSA) DENGAN PENAMBAHAN MASSA MATERIAL *ADSORBENT* ZEOLIT 13X (600,700 dan 800 Gram)

Mukhtar Safaat¹, Deni Shidqi Khaerudini¹

¹Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Mercu Buana Jakarta

E-mail: Msyafaat6@gmail.com

Abstrak-- Polusi udara menyebabkan masalah pernapasan akut dan kronis yang menjadi perhatian yang berkembang baik dari tingkat global maupun individu. Akibatnya, ada kebutuhan yang berkembang untuk mengatasi kesehatan dan kualitas hidup melalui konsentrator oksigen yang ringan dan portabel dengan pasokan oksigen kelas medis konsentrasi oksigen 88-92%. Penelitian ini bertujuan untuk memilih zeolit yang dapat digunakan untuk menghasilkan gas oksigen dan mengetahui kemurnian oksigen yang dihasilkan pada sistem *pressure swing adsorption* (PSA) pada setiap variasi massa adsorbent zeolit 13x yang digunakan., Penelitian dilakukan dengan tahapan percobaan pada sistem *pressure swing adsorption* (PSA) dengan uji adsorpsi menggunakan variasi massa material adsorbent zeolit 13x 600,700 dan 800 gram. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada sistem eksperimen *pressure swing adsorption* (PSA) untuk aplikasi oxygen concentrator dapat di simpulkan bahwa dari pengujian variasi massa adsorbent zeolite molecular sieve (ZMS) 13X yang dilakukan pada sistem *pressure swing adsorption* (PSA) untuk oxygen concentrator untuk pencapaian kemurnian oksigen paling baik berada pada kondisi 2 dengan nilai maksimal 81.5%.

Kata kunci: Oksigen konsentrator, *pressure swing adsorption*, material adsorbent, zeolit 13X, adsorpsi.

Abstract-- Air pollution that causes acute and chronic respiratory problems is a growing concern from both a global and individual level. As a consequence, there is a growing need to address health and quality of life through lightweight and portable oxygen concentrators with oxygen supply class oxygen concentrations of 88-92%. This study aims to select a zeolite that can be used to produce oxygen gas and determine the purity of the oxygen produced in the *pressure swing adsorption* (PSA) system for each mass variation of the 13x zeolite adsorbent used. *swing adsorption* (PSA).) with adsorption test using zeolite 13x 600,700 and 800 grams of adsorbent mass variations. Based on the results of research that has been carried out on an experimental *pressure swing adsorption* (PSA) system for oxygen concentrator applications, it can be concluded that from testing the mass variation of the adsorbent zeolite molecular sieve (ZMS) 13X carried out on the *pressure swing adsorption* (PSA) system for oxygen concentrators to achieve The best oxygen purity is in condition 2 with a maximum value of 81.5%.

Keywords: Oxygen concentrator, *pressure swing adsorption*, adsorbent material, zeolite 13X, adsorption.

1. PENDAHULUAN

Polusi udara menjadi masalah di seluruh dunia terutama di kota-kota padat penduduk, polusi udara menyebabkan masalah pernapasan akut dan kronis yang menjadi perhatian yang berkembang baik dari tingkat global maupun individu. Mengenakan masker wajah sekali pakai telah menjadi metode populer untuk mendapatkan perlindungan dari paparan polutan. Namun, bagi orang dengan kemampuan pernapasan otonom yang buruk, seperti pasien penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), sulit bernapas melalui masker wajah sekali pakai.

Akibatnya, ada kebutuhan yang berkembang untuk mengatasi kesehatan dan kualitas hidup melalui konsentrator oksigen yang ringan dan portabel dengan pasokan oksigen kelas medis konsentrasi oksigen 88% sampai 92% Pan *et al.*, [1]. Alat oksigen konsentrator dapat menggunakan metode *Pressure Swing Adsorption* (PSA) untuk menarik udara dari lingkungan sekitar dan memisahkan kandungan nitrogen yang ada sehingga menghasilkan oksigen terkonsentrasi berkadar lebih 90%, World Health Organization, [2]. Menurut Ackley *et al.*, [3] zeolit banyak digunakan pada proses pemisahan dan pemurnian gas karena

kemampuannya yang dapat mengadsorpsi senyawa polar. Zeolit yang paling banyak digunakan dalam proses konsentrasi oksigen adalah zeolit 5A dan zeolit 13X dalam hal kemurnian oksigen dan pemulihan atas variabel operasional seperti waktu adsorpsi dan waktu siklus adsorpsi, Shokroo et al, [4].

Oxygen concentrator portabel merupakan suatu alat yang tertutup bertenaga listrik yang dirancang untuk menghasilkan oksigen murni terkonsentrasi dari udara bebas. Alat *oxygen concentrator portabel* dapat menggunakan metode *pressure swing adsorption* (PSA) untuk menarik udara dari lingkungan sekitar dan memisahkan kandungan nitrogen dengan menggunakan material *adsorbent* zeolit sehingga dapat menghasilkan oksigen terkonsentrasi berkadar 90%, Liu et al., [5]. Proses adsorpsi pada suatu adsorben terutama terjadi pada pori-pori kecilnya (*micropore*). Sementara itu, *macropore* hanya berperan sebagai tempat transfer adsorbat dari permukaan luar ke *micropore* daya serap zat/adsorbat terhadap gas bergantung pada jenis adsorbat, karakteristik adsorben, temperatur, tekanan, Sudibandriyo, [6]. Pembangkitan oksigen melalui proses *pressure swing adsorption* (PSA) semakin berkembang, ada permintaan besar untuk oksigen dengan tingkat kemurnian 99%, misalnya dalam bidang pengelasan, kedokteran, pembakaran, atau pengisian silinder, Jee et al., [7].

Oleh karena itu, dalam penelitian ini akan dilakukan rancang sistem *pressure swing adsorption* (PSA) menggunakan material *adsorbent* zeolit 13X, khususnya dalam hal teknik pemurnian gas oksigen dari gas udara bebas.

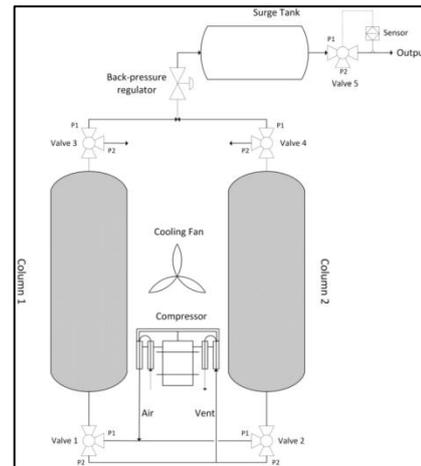
1.1 Oksigen

Oksigen (O_2) merupakan suatu elemen yang dapat berwujud padat ataupun gas bergantung pada temperatur dan tekanannya. Gas oksigen adalah substansi reaktif yang tidak berwarna, tidak berbau, dan juga tidak berasa. Di atmosfer, oksigen berbentuk gas, Leenhouts [8].

1.2 Oxygen Concentrator Portable

Oxygen concentrator portabel merupakan suatu alat yang tertutup bertenaga listrik yang dirancang untuk menghasilkan oksigen murni terkonsentrasi dari udara bebas. Alat *oxygen concentrator portabel* juga menggunakan metode *pressure swing adsorption* (PSA) untuk menarik udara dari lingkungan sekitar dan memisahkan kandungan nitrogen dengan menggunakan material *adsorbent* zeolit sehingga dapat

menghasilkan oksigen terkonsentrasi berkadar 90% ,Liu et al., [5].



Gambar 1. Skema Oxygen Concentrator ,Pan et al., [1].

Dua buah kolom *sieve bed* (*column 1* dan *column 2*) pada sistem *oxygen concentrator* yang ditunjukkan Gambar 1 dapat bekerja secara bergantian. Jika kolom pertama telah melakukan proses adsorpsi selama sekitar 20 detik, maka udara ambien akan dialirkan menuju kolom kedua dan akan mengalami proses adsorpsi gas nitrogen. Gas nitrogen yang telah terperangkap pada salah satu kolom dapat dikeluarkan dengan cara menurunkan tekanan di dalam kolom. Jika tekanan pada kolom kedua telah mencapai tekanan yang ditentukan, maka tekanan pada kolom pertama akan diturunkan hingga bernilai nol. Pada kondisi ini, nitrogen yang telah terikat pada *adsorbent* akan dilepaskan ke udara kembali. Sistem *oxygen concentrator* menggunakan *zeolite molecular sieve* sebagai *adsorbent*, yang dapat menghasilkan kadar oksigen hingga 95%, Shrestha dkk, [9].

1.3 Komponen Oxygen Concentrator

A. Kompresor

Kompresor adalah mesin yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan dan dapat memampatkan gas atau udara. Untuk menghasilkan tenaga, kompresor umumnya menggunakan motor listrik sebagai penggeraknya. Udara bertekanan yang dihasilkan kompresor biasanya diaplikasikan untuk penggerak sistem pneumatik, pengecatan dengan teknik air brush, ataupun mengisi angin pada ban.

Bentuk Kompresor Secara umum kompresor dapat dibagi menjadi dua jenis, yaitu kompresor perpindahan positif dan kompresor dinamis. Kompresor perpindahan positif dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu kompresor piston (*reciprocating compressor*) dan kompresor

putar (*rotary*). Kompresor dinamis dibedakan menjadi 2 jenis, yaitu kompresor sentrifugal dan kompresor aksial, Setiawan & Riyanto [10].

B. Heat Exchanger

Heat exchanger (alat penukar panas) merupakan alat yang digunakan untuk proses pencampuran suatu fluida yang mempunyai temperatur berbeda. Dalam proses ini yang diharapkan adalah bahwa antara fluida yang sudah berada pada suatu tangki jika dicampurkan dengan masukan fluida yang baru, maka fluida total di dalam tangki harus secepatnya mencapai suatu temperatur yang diinginkan, Syahputra [11].

C. Regulator Oksigen

Regulator oksigen berfungsi untuk mengatur volume oksigen yang keluar dari tabung oksigen sebelum disalurkan ke pasien. Alat pengaturnya berupa katup yang dipasang pada saluran distribusi oksigen dari tabung oksigen ke selang pernapasan. Pada penelitian ini, dilakukan modifikasi pada saluran tersebut sehingga dapat mengatur katup secara otomatis sesuai dengan aturan yang telah ditentukan, Hadosio et al., [12].

D. Relay

Relai adalah saklar yang dioperasikan secara listrik dan merupakan komponen elektromekanikal yang terdiri dari dua bagian utama yakni elektromagnet (*coil*) dan mekanik (kontak saklar). *Relay* tipe *Single Pole Double Throw* (SPDT) dengan lima pin, diantaranya: kutub positif dan negatif pada *coil*, *normally close* (NC), *common* (C), dan *normally open* (NO). Prinsip kerja dari relai tipe ini yaitu kontak akan berpindah dari pin NC ke pin NO ketika *coil* mendapat tegangan, Kholilah & Al Tahtawi, [13].

E. Solenoid Valve

Solenoid valve atau katup listrik merupakan katup yang dikendalikan dengan arus listrik baik AC maupun DC melalui kumparan atau solenoida. Solenoid valve sering digunakan untuk mengontrol sistem fluida. Seperti pada sistem *pneumatic*, sistem hidrolik ataupun pada sistem kontrol mesin yang membutuhkan elemen kontrol otomatis. Dapat digunakan pada sistem *pneumatic*, solenoid valve digunakan untuk mengontrol saluran udara yang bertekanan menuju *aktuator pneumatic*, Shaputra.R, Gunoto.P, [14].

F. Power Supplay

Power supply adalah suatu perangkat keras elektronika yang mempunyai fungsi sebagai supplier arus listrik dengan terlebih dahulu merubah tegangannya dari AC menjadi DC. Jadi arus listrik PLN yang bersifat *Alternating Current* (AC) masuk ke *power supply* kemudian diubah menjadi *Direct Current* (DC) baru kemudian dialirkan ke komponen lain yang membutuhkannya, Shaputra.R, Gunoto.P, [14].

1.4 Pressure Swing Adsorption (PSA)

Pressure Swing Adsorption (PSA) merupakan suatu teknologi dengan karakteristik dapat digunakan untuk memisahkan dan memurnikan suatu komponen dari campuran gas tertentu dibawah pengaruh tekanan. Proses purifikasi dengan teknologi PSA juga bergantung kepada karakteristik molekuler komponen gas yang digunakan dan afinitas (kecenderungan suatu unsur atau senyawa untuk membentuk ikatan kimia dengan unsur lain) material *adsorbent* tertentu. Suatu material dengan sifat adsorptif tertentu, secara istimewa dapat mengadsorpsi spesifik gas pada tekanan tertentu. Suatu komponen gas dapat terpisah dari campuran gas tertentu dikarenakan gas yang berbeda akan tertarik dengan permukaan zat padat yang berbeda pada intensitas yang berbeda pula, PG&E Innovation, [15].

1.5 Adsorpsi

Adsorpsi merupakan suatu proses penyerapan oleh padatan tertentu terhadap zat tertentu yang terjadi pada permukaan zat padat karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan zat padat tanpa meresap kedalam. Adsorpsi (penyerapan) adalah proses pemisahan dimana komponen tertentu dari suatu fase fluida berpindah ke permukaan zat padat yang menyerap (*adsorbent*), McCash E. M., [16].

Proses adsorpsi dapat terjadi karena adanya gaya tarik atom atau molekul pada permukaan padatan yang tidak seimbang. Adanya gaya ini, padatan cenderung menarik molekul-molekul lain yang bersentuhan dengan permukaan padatan, baik fasa gas atau fasa larutan kedalam permukaannya. Akibatnya konsentrasi molekul pada permukaan menjadi lebih besar dari pada dalam fasa gas zat terlarut dalam larutan. Pada adsorpsi interaksi antara adsorben dengan adsorbat hanya terjadi pada permukaan adsorben, Tandy et al., [17].

A. Jenis-jenis Adsorpsi

Berdasarkan interaksi molekuler antara permukaan adsorben dengan adsorbat, adsorpsi dibagi menjadi dua bagian, yaitu adsorpsi fisika dan adsorpsi kimia, Herawaty, [18].

B. Faktor-faktor yang Mempengaruhi Adsorpsi

Jumlah fluida yang teradsorpsi pada permukaan adsorben dipengaruhi oleh faktor-faktor : Jenis Adsorbat, Karakteristik Adsorben, Tekanan Adsorbat, Temperatur.

C. Keseimbangan Adsorpsi

Ketika fluida yang mengandung adsorbat dikontakkan dengan padatan adsorben, molekul-molekul adsorbat berpindah dari fluida kepadatan sampai konsentrasi adsorbat dialiran fluida

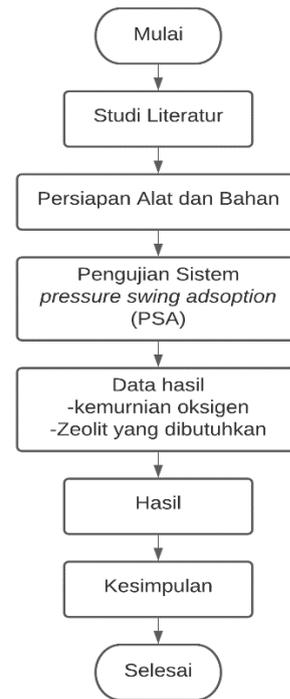
berada dalam keadaan setimbang dengan adsorbat yang teradsorp dalam padatan adsorben. Data kesetimbangan adsorpsi yang dihasilkan pada temperatur adalah konstan dan biasa disebut adsorpsi isoteremis, dimana terdapat hubungan antara jumlah zat yang teradsorpsi per unit massa padatan dan tekanan gas adsorbatnya. Adsorpsi isoteremis dapat dihitung dengan mengukur tekanan adsorbat pada saat awal (sebelum terjadi kesetimbangan) dan pada saat terjadinya kesetimbangan, Muhriz, M., Subagio, A., & Pardoyo, [19].

1.6 Zeolit

Zeolit merupakan sebuah komposit dari aluminium silikat mikrokristal. Pada tekanan sekitar 4 atm, nitrogen dapat mudah terikat dengan zeolit sedangkan oksigen akan terlewat, Litch & Bishop, [20]. Zeolit biasanya diaplikasikan sebagai katalis dan juga sebagai *sorbents* (material yang dapat menyerap atau mengikat molekul gas atau cairan). Dari kedua aplikasi tersebut, zeolit sangat banyak digunakan sebagai *sorbents*. Karena ukuran kanal pori-porinya yang sangat kecil, molekul gas lain dapat terperangkap pada pori-pori zeolit apabila ukuran *kinetic diameter*-nya lebih kecil dibandingkan pori permukaan zeolit. Molekul yang lebih besar ukurannya tidak dapat terperangkap pada permukaan zeolit.

Zeolit memiliki sifat untuk dapat mengikat suatu molekul sehingga zeolit sering digunakan untuk mengeringkan cairan. Selain itu, zeolit juga digunakan pada pemisahan gas dari suatu campuran gas. Kerangka zeolit terdiri dari atom aluminium bermuatan negatif. Apabila molekul yang terserap bersifat polar (seperti air atau alkohol), interaksi yang terjadi pada antara molekul dengan kerangka zeolit akan menghasilkan adsorpsi yang kuat, Hugon dkk, [21].

2. METODOLOGI



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

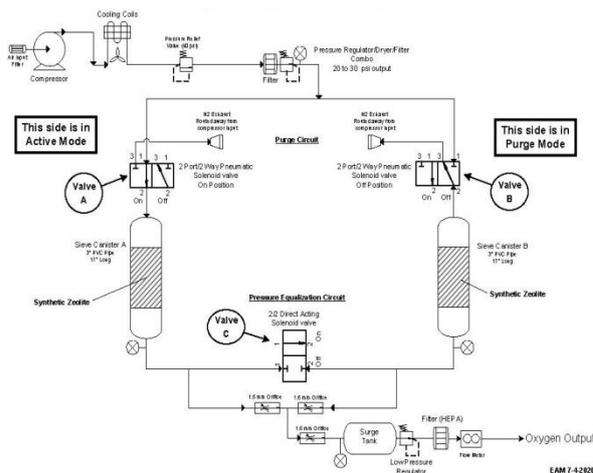
2.1 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan untuk *pressure swing adsorption* (PSA) sebagai sistem oksigen konsentrator antara lain sebagai berikut:

Tabel 1. Alat dan Bahan

Alat dan Bahan	Jumlah
Tabung	2 buah
Pressure gauge	2 buah
Zeolit 13x	2 Kg
Cotton	600 Gram
Steel wool	6 buah
Selang 1/4	4 Meter
Selang 3/8	1 Meter
Fitting ro sock Y 1/4	2 Buah
ST-straight reducer socket 3/8 to 1/4	2 Buah
Fitting T 1/4	2 Buah
Tee union jaco connector 1/4	6 Buah
Obeng plus	1 Buah
Cutter	1 Buah
Timbangan gram	1 Buah

2.2 Perancangan Sistem Eksperimen



Gambar 3. Perancangan Perangkat Keras Sistem Eksperimen

Komponen-komponen yang digunakan untuk mendukung penelitian ini antara lain 1 buah kompresor sebagai penghasil udara bertekanan, 2 buah tabung sebagai *sieve bed*, 2 buah *pressure gauge* untuk mengukur tekanan dalam tabung, 6 buah *solenoid valve* untuk mengatur aliran gas yang keluar dari sistem, sensor *dissolved oxygen* untuk mengukur kadar oksigen, dan material *adsorbent* (zeolit).

Kompresor dihubungkan ke inlet tabung dengan memberikan udara bertekanan tertentu. Sebelumnya melewati sistem pendingin untuk menurunkan tekanan temperatur. Di dalam tabung diletakkan *adsorbent* (zeolit) untuk dapat menyaring gas yang berasal dari udara yang diberikan oleh kompresor. Tekanan dalam tabung diatur sedemikian sehingga sesuai dengan tekanan yang diinginkan dan dapat dibaca pada *pressure gauge*. Setelah tekanan mencapai nilai tertentu, *solenoid valve* terbuka dan tertutup otomatis dengan sistem kendali sesuai skema sistem *pressure swing adsorption* (PSA) sehingga udara dapat mengalir ke dalam tabung penyimpanan oksigen murni dan dapat diukur dengan *content meter detector*.

2.3 Pengujian Sistem

Pengujian sistem dilakukan dengan memvariasikan massa zeolit yang digunakan pada tabung (*sieve bed*). Hal ini bertujuan untuk mengetahui perubahan kadar oksigen sebelum dan sesudah melewati sistem *pressure swing adsorption* (PSA). Pengujian dilakukan untuk setiap variasi massa material *adsorbent*, hal ini dilakukan untuk melihat tingkat kemurnian oksigen hasil yang dicapai oleh sistem *pressure swing adsorption* (PSA).

A. Kondisi 1

Pada kondisi 1 jumlah massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13x yang digunakan sebesar 600 Gram (28 Gram berat wadah) dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 Gram atau 70,59% per volume tabung dan 29,41% berupa *catton* dan *steel wool*. Jumlah masa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X.

B. Kondisi 2

Pada kondisi 2 jumlah massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13x yang digunakan sebesar 700 Gram (28 Gram berat wadah) dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 Gram atau 82,35% per volume tabung dan 17,65% berupa *catton* dan *steel wool*. Jumlah masa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X.

C. Kondisi 3

Pada kondisi 3 jumlah massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13x yang digunakan sebesar 800 Gram (28 Gram berat wadah) dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 Gram atau 94,12% per volume tabung dan 5,88% berupa *catton* dan *steel wool*. Jumlah masa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Pengujian Oxygen Concentrator

Pengujian *oxygen concentrator* dilakukan sebelum proses pengambilan data. Tujuan pada pengujian ini yaitu untuk mengetahui kemampuan kerja *oxygen concentrator* yang telah di rancang dan di bangun sebelumnya dan memastikan *oxygen concentrator* bekerja dengan baik. Hasil pengujian *oxygen concentrator* terdapat masalah yaitu kebocoran pada selang disetiap sambungan akibat dari kebocoran pada selang sambungan gas udara yang masuk sehingga proses adsorpsi disistem *pressure swing adsorption* (PSA) tidak mengalami kenaikan tekanan. Maka dari itu dilakukan perbaikan pada sambungan yaitu dengan memberi *seal tape* untuk menutupi kebocoran.

A. Kondisi 1 Massa Zeolite Molecular Sieve (ZMS) 600 Gram

Pengujian kondisi 1 dilakukan pengujian selama 50 menit dengan massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X 600 gram atau 70,59% per volume tabung dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 gram dan langsung dilakukan pendataan sesuai dengan kolom data yang digunakan. Berikut data yang diperoleh dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Data Pengujian Kondisi 1

Waktu (Menit)	Kemurnian (%)	Temperatu (°C)	Laju Aliran
---------------	---------------	----------------	-------------

			(Lpm)
10	51,1	31,1	5,5
20	55,5	31,2	5,7
30	64,4	31,1	5,8
40	67,4	31,2	6,2
50	52,7	31,1	5,7

B. Kondisi 2 Massa Zeolite Molecular Sieve (ZMS) 700 Gram

Pengujian kondisi 2 dilakukan pengujian selama 50 menit dengan massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X 700 gram atau 82,35% per volume tabung dan langsung dilakukan pendataan sesuai dengan kolom data yang digunakan. Berikut data yang diperoleh dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Data Pengujian Kondisi 2

Waktu (Menit)	Kemurnian (%)	Temperatu (°C)	Laju Aliran (Lpm)
10	69,8	28,3	7,31
20	72,6	28,3	7,61
30	77,8	28,3	7,11
40	81,5	28,3	6,91
50	64,7	28,3	6,91

C. Kondisi 3 Massa Zeolite Molecular Sieve (ZMS) 800 Gram

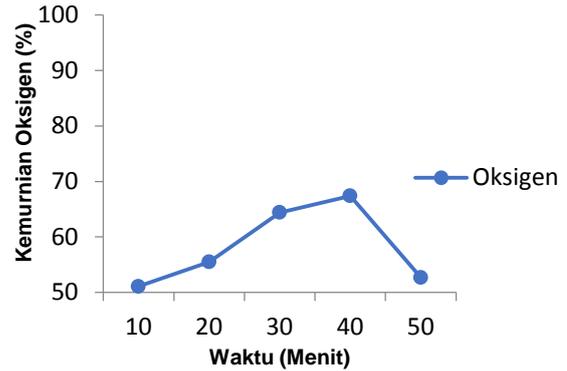
Pengujian kondisi 3 dilakukan pengujian selama 50 menit dengan massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X 800 gram atau 94,12% per volume tabung dan langsung dilakukan pendataan sesuai dengan kolom data yang digunakan. Berikut data yang diperoleh dari penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Data Pengujian Kondisi 3

Waktu (Menit)	Kemurnian (%)	Temperatu (°C)	Laju Aliran (Lpm)
10	67,2	28,7	6,5
20	73,6	28,8	7,4
30	76,3	28,9	8,9
40	81,2	28,7	6,8
50	77,9	28,8	5,8

4.2 HASIL PENGUJIAN SISTEM EKSPERIMEN OXYGEN CONCENTRATOR

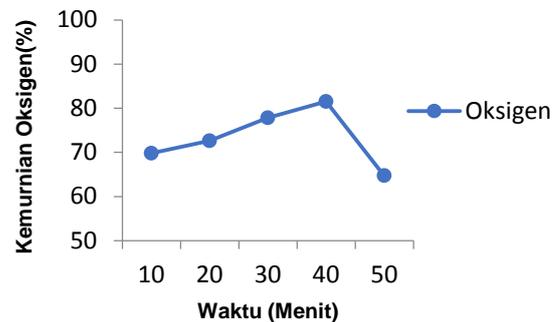
A. Kondisi 1 Massa Zeolite Molecular Sieve (ZMS) 600 Gram



Gambar 4. Grafik Hasil Pengujian Kondisi 1

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 4 diperoleh bahwa kadar kemurnian oksigen kondisi 1 dengan massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X sejumlah 70,59% per volume tabung dan 29,41% berupa *catton* dan *steel wool*. Menunjukkan bahwa pada kurun waktu 10 menit hasil kemurnian oksigen mencapai pada angka 51,1%, pada 20 menit mencapai 55,5%, pada 30 menit mencapai 64,4%, pada 40 menit mencapai 67,4%, dan pada 50 menit mengalami penurunan ke presentase 52,7%.

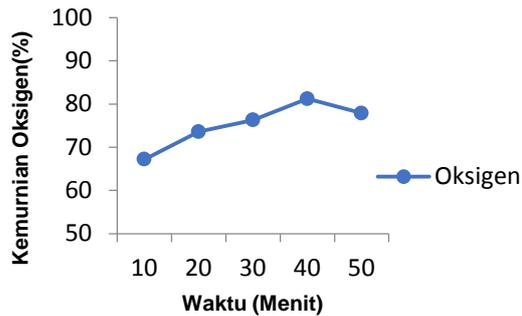
B. Kondisi 2 Massa Zeolite Molecular Sieve (ZMS) 700 Gram



Gambar 5. Hasil Grafik Pengujian Kondisi 2

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 5 diperoleh bahwa kadar kemurnian oksigen kondisi 2 dengan massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X sejumlah 82,35% per volume tabung dan 17,65% berupa *catton* dan *steel wool*. Menunjukkan bahwa pada kurun waktu 10 menit hasil kemurnian oksigen mencapai pada angka 69,8%, pada 20 menit mencapai 72,6%, pada 30 menit mencapai 77,8%, pada 40 menit mencapai 81,5%, dan pada 50 menit mengalami penurunan ke presentase 64,7%.

C. Kondisi 3 Massa Zeolite Molecular Sieve (ZMS) 800 Gram



Gambar 6. Hasil Grafik Pengujian Kondisi 3

Berdasarkan hasil pengujian pada Gambar 6 diperoleh bahwa kadar kemurnian oksigen kondisi 3 dengan massa *adsorbent zeolite molecular sieve* (ZMS) 13X sejumlah 94,12% per volume tabung dan 5,88% berupa *catton dan steel wool*. Menunjukkan bahwa pada kurun waktu 10 menit hasil kemurnian oksigen mencapai pada angka 67,2%, pada 20 menit mencapai 73,6%, pada 30 menit mencapai 76,3%, pada 40 menit mencapai 81,2%, dan pada 50 menit mengalami penurunan ke presentase 77,9%.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan pada sistem eksperimen pressure swing adsorption (PSA) untuk aplikasi oxygen concentrator dapat di simpulkan bahwa dari pengujian variasi massa adsorbent zeolite molecular sieve (ZMS) 13X yang dilakukan pada sistem pressure swing adsorption (PSA) untuk oxygen concentrator terlihat bahwa pada pengujian: kondisi 1 dengan massa adsorbent zeolite molecular sieve (ZMS) 13X 600 gram dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 gram atau 70,59% per volume tabung menghasilkan kadar kemurnian oksigen minimum 51.1% dan maksimal 67.4%.

Sedangkan pada kondisi 2 dengan massa adsorbent zeolite molecular sieve (ZMS) 13X 700 gram dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 gram atau 82,35% per volume tabung menghasilkan kadar kemurnian oksigen minimum 64.7% dan maksimal 81.5 % dan pada kondisi 3 dengan massa adsorbent zeolite molecular sieve (ZMS) 13X 800 gram dari keseluruhan isi penuh tabung yaitu 850 gram atau 94,12% per volume tabung menghasilkan kadar kemurnian oksigen minimum 67.2% dan maksimal 81.2 % untuk pencapaian kemurnian oksigen paling baik berada pada kondisi 2 dengan nilai maksimal 81.5%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1]. Pan, M., Omar, H. M., & Rohani, S. (2017). Application of nanosize zeolite molecular sieves for medical oxygen concentration. *Nanomaterials*, 7(8). <https://doi.org/10.3390/nano7080195>
- [2]. World Health Organization. (2020). Sumber penyediaan dan pendistribusian Oksigen untuk fasilitas perawatan COVID-19. Covid-19, April, 1–7
- [3]. Ackley, M. W., Rege, S. U., & Saxena, H. (2003). Application of natural zeolites in the purification and separation of gases. *Microporous and Mesoporous Materials*, 61(1–3), 25–42. [https://doi.org/10.1016/S1387-1811\(03\)00353-6](https://doi.org/10.1016/S1387-1811(03)00353-6)
- [4]. Shokroo, E. J., Farsani, D. J., Meymandi, H. K., & Yadollahi, N. (2016). Comparative study of zeolite 5A and zeolite 13X in air separation by pressure swing adsorption. *Korean Journal of Chemical Engineering*, 33(4), 1391–1401. <https://doi.org/10.1007/s11814-015-0232-6>
- [5]. Liu, Y., Zhang, Q., Song, L., & Chen, Y. (2019). Attention-based recurrent neural networks for accurate short-term and long-term dissolved oxygen prediction. *Computers and Electronics in Agriculture*, 165(August), 104964. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2019.104964>
- [6]. Sudibandriyo, M., Pan, Z., F., J. E., Robinson, R. L., & Gasem, K. A. (2003). Adsorption of methane, nitrogen, carbon dioxide, and their binary mixtures on dry activated carbon at 318.2 K and pressures up to 13.6 MPa. *Langmuir*, 19(13), 5323–5331.
- [7]. Jee, J. G., Kim, M. B., & Lee, C. H. (2005). Pressure swing adsorption processes to purify oxygen using a carbon molecular sieve. *Chemical Engineering Science*, 60(3), 869–882. <https://doi.org/10.1016/j.ces.2004.09.050>
- [8]. Leenhouts, D. (2017). The differences of oxygen & oxygen gas. *Sciencing*.
- [9]. Shrestha, B. M., Singh, B. B., Gautam, M. P., & Chand, M. B. (2002). The oxygen concentrator is a suitable alternative to oxygen cylinders in Nepal. *Canadian Journal of Anesthesia*, 8–12.
- [10]. Setiawan, M. A., & Riyanto, I. (2019). Sistem Kendali Tekanan Udara Pada Kompresor Dengan Pengaturan Kecepatan Motor 3 Fasa. *Maestro*, 2(1), 204–211.
- [11]. Syahputra, R. (2015). Simulasi Pengendalian Temperatur Pada Heat Exchanger Menggunakan Teknik Neuro-

- Fuzzy Adaptif. *Jurnal Teknologi, Teknik Elektro UMY*, 8(2), 161–168.
- [12]. Hadoso, S., NURSANTO, N., & RIZAL, A. (2015). Implementasi Regulator Oksigen Otomatis berdasarkan Tingkat Pernapasan menggunakan Logika Fuzzy. *ELKOMIKA: Jurnal Teknik Energi Elektrik, Teknik Telekomunikasi, & Teknik Elektronika*, 3(1), 52. <https://doi.org/10.26760/elkomika.v3i1.52>
- [13]. Kholilah, I., & Al Tahtawi, A. R. (2017). Aplikasi Arduino-Android untuk Sistem Keamanan Sepeda Motor. *Jurnal Teknologi Rekayasa*, 1(1), 53. <https://doi.org/10.31544/jtera.v1.i1.2016.53-58>
- [14]. Shaputra, R., Gunoto, P., I. . (2019). Kran Air Otomatis Pada Tempat Berwudhu Menggunakan Sensor Ultrasonik Berbasis Arduino Uno. *Sigma Teknika*, 2(2), 192–201.
- [15]. PG&E Innovation. (2018). Pressure Swing Adsorption Technical Analysis. shorturl.at/prERZ
- [16]. McCash E. M. (2001). Adsorption and desorption. *Surface Chemistry*, 81–84. <https://doi.org/10.22236/teknoka.v3i0.2918>
- [17]. Tandy, E., Hasibuan, I. F., & Harahap, H. (2012). Kemampuan adsorben limbah lateks alam terhadap minyak pelumas dalam air. *Teknik Kimia USU*, 1(2), 34–38.
- [18]. Herawaty, E. (1993). Sifat-sifat Permukaan dan Proses Katalisis.
- [19]. Muhriz, M., Subagio, A., & Pardoyo, P. (2011). Pembuatan Zeolit Nanopartikel dengan Metode High Energy Milling (Zeolite Nanoparticle Fabrication using High Energy Milling Method). *Jurnal Sains Dan Matematika*, 1(9), 11–17.
- [20]. Litch, J. A., & Bishop, R. A. (2000). Oxygen concentrators for the delivery of supplemental oxygen in remote high-altitude areas. *Wilderness and Environmental Medicine*, 11(3), 189–191. [http://dx.doi.org/10.1580/1080-6032\(2000\)011\[0189:OCFTDO\]2.3.CO;2](http://dx.doi.org/10.1580/1080-6032(2000)011[0189:OCFTDO]2.3.CO;2)
- [21]. Hugon, O., Sauvan, M., Benech, P., Pijolat, C., & Lefebvre, F. (2000). Gas separation with a zeolite filter, application to the selectivity enhancement of chemical sensors. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 67(3), 235–243. [https://doi.org/10.1016/S0925-4005\(00\)00514-1](https://doi.org/10.1016/S0925-4005(00)00514-1)