

SISTEM KONTROL *PNEUMATIC* PADA OKSIGEN KONSENTRATOR

Adam Aprina^{1*)}, Gatot Eka Pramono¹⁾, Dwi Yulijaji¹⁾

¹⁾Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik dan Sains, Universitas Ibn Khaldun Bogor

*e-mail: adam.aprina7@gmail.com

ABSTRAK

Sistem *pneumatic* telah banyak diaplikasikan terutama untuk tujuan otomasi pada industri makanan, minuman, farmasi, migas, otomotif, dan industri. Salah satunya dengan pembuatan alat bantu untuk daur ulang oksigen dalam bidang kesehatan. Untuk menanggulangi kehabisan oksigen maka muncul gagasan untuk membuat oksigen konsentrator. Oksigen konsentrator merupakan alat yang dapat menghasilkan oksigen dengan penerapan sistem *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Dalam penelitian ini, kebutuhan kompresor untuk proses produksi oksigen ditentukan yaitu pada debit $Q_s = 0,86 \text{ l/s}$ dan daya sebesar $N_s = 0,6 \text{ kW}$. Dua tabung zeolit bekerja secara bergantian yang diatur waktunya oleh program PLC dengan program P 3.2 untuk *selonoid valve* selama 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 detik. Hal ini dilakukan untuk mengetahui hasil konsentrasi oksigen yang maksimal pada tekanan kerja 4-5 bar. Dari hasil pengujian, konsentrasi oksigen yang maksimal diperoleh ketika *selonoid valve* diatur dalam waktu 60 detik dengan konsentrasi 48,0% dan *flowrate* 5 Liter/menit. Dengan hasil konsentrasi yang diperoleh, alat ini masih belum menunjukkan performa maksimal untuk dapat digunakan di rumah sakit.

Kata kunci : *oksigen konsentrator; pneumatic; pressure swing adsorption; selonoid valve; zeolit.*

ABSTRACT

Pneumatic systems have been widely applied, especially for automation in the food, beverage, pharmaceutical, oil and gas, automotive, and industrial industries. One of them is by making tools for recycling oxygen in the health sector. The idea emerged to create an oxygen concentrator to cope with running out of oxygen. The oxygen concentrator is a device that can produce oxygen by applying the Pressure Swing Adsorption (PSA) system. In this study, the compressor needs for oxygen production are at a flow rate of $Q_S = 0.86 \text{ l/s}$ and power of $N_s = 0.6 \text{ kW}$. Two zeolite tubes worked, timed by the PLC program with the P 3.2 program for the solenoid valve for 10, 20, 30, 40, 50, 60, and 70 seconds. That was done to determine the results of the maximum oxygen concentration at a working pressure of 4-5 bar. From the test results, the maximum oxygen concentration is obtained when the solenoid valve is set within 60 seconds with a concentration of 48.0% and a flow rate of 5 Liters/minute. This tool still does not show maximum performance in hospitals with the concentration results obtained.

Keywords : *oxygen concentrator; pneumatic; pressure swing adsorption; selonoid valve; zeolite.*

PENDAHULUAN

Sistem *pneumatic* telah banyak diaplikasikan terutama untuk tujuan otomasi pada industri makanan, minuman, farmasi, migas, otomotif, dan industri. Salah satunya dengan pembuatan alat bantu untuk daur ulang oksigen dalam bidang kesehatan. Pada saat ini pengisian oksigen masih menggunakan cara isi ulang ke tempat pengisian oksigen. Tentunya membutuhkan waktu untuk proses isi ulang oksigen tersebut sehingga kurang efektif. (Akhmad, 2009)

Belakangan ini, kebutuhan akan oksigen di Indonesia terbilang mengalami kenaikan hingga membuat kelangkaan oksigen. Hal itu seiring dengan terus meningkatnya pasien kasus COVID-19 yang terjadi di beberapa daerah. Oleh sebab itu, sebagaiantisipasi maka setiap rumah sakit perlu diperkuat

dengan fasilitas kesehatan yang memadai. Termasuk yang sangat krusial adalah kebutuhan oksigen. Jadi jika ada sebuah insiden habisnya oksigen yang akhirnya membuat pasien COVID-19 banyak yang meninggal, itu adalah sebuah tragedi yang mengusik rasa kemanusiaan. Tentu itu adalah sebuah potret keironian. Kejadian keterlambatan pasokan oksigen ini sangat tragis dan harus segera diantisipasi agar tidak terulang kembali (Dewanti Kusuma, 2021). Untuk menanggulangi kehabisan oksigen tersebut maka muncul gagasan untuk membuat oksigen konsentrator.

Oksigen konsentrator merupakan alat yang dapat menghasilkan oksigen dengan penerapan sistem *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Sistem PSA yang diterapkan dapat menghasilkan oksigen

dengan kemurnian yang berkisar antara 88% hingga 95% tanpa memerlukan isi ulang. (Ismail, Permana, Zukhrufi, & Aji, 2022). Penerapan atau implementasi PSA pada alat oksigen konsentrator adalah dengan melakukan proses pemisahan campuran udara ruangan yang berisi 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% gas lain menjadi oksigen murni yang siap diterima oleh pengguna (Ismail et al., 2022).



Gambar 1. Oksigen konsentrator

Prasyarat Kualitas dan Spesifikasi Gas Oksigen (O₂)

Kualitas gas oksigen (O₂) dari *liquid* oksigen/pabrikasi harus memiliki spesifikasi berikut:

- a. Standar keluaran tekanan kerja : 4-5 Bar.
- b. Konsentrasi Oksigen (O₂) : >90,0 %
- c. Gas oksigen harus dijauhkan dari minyak, oli, lemak, dan bahan lain yang mudah terbakar.
- d. Tabung gas oksigen harus dijauhkan dari suhu panas yang tinggi, karena bisa meledak jika terkena panas yang tinggi dan dijauhkan dari zat-zat yang dapat menyebabkan terjadinya karatan/kerusakan. (Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 tahun 2016 Tentang Penggunaan Gas Medik Pada Fasilitas Pelayanan Kesehatan).

METODE PENELITIAN

Alat dan bahan yang digunakan pada sistem *pneumatic* oksigen konsentrator adalah zeolit, kompresor, *selonoid valve*, dan kontrol unit PLC.

Proses penelitian yang akan dilakukan pada sistem *control pneumatic* oksigen konsentrator melibatkan perhitungan kebutuhan kompresor yang meliputi debit kompresor serta dayanya. Persamaan yang digunakan untuk menghitung debit (Q_s) serta daya (N_s) dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$Q_s = \left(\frac{\pi}{4} \times (D)^2\right) \times v \tag{1}$$

$$N_s = (Q_s) (n_{tot}) \tag{2}$$

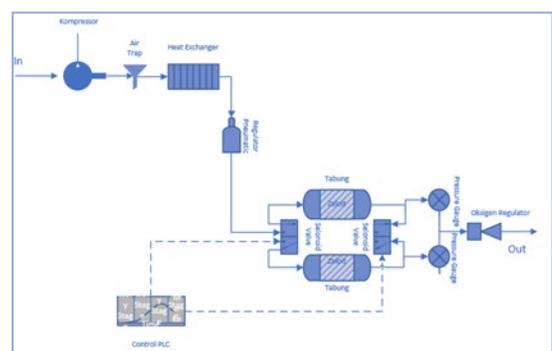
Di dalam analisa sistem *pneumatic* pada oksigen konsentrator perlu menghitung konsentrasi kemurnian zeolit berdasarkan waktu dan tekanan. yang diberikan oleh kompresor. Dalam satu tabung PSA berisi 1,1 l zeolit dengan perhitungan menggunakan rumus volum tabung. Selain itu juga pengaruh waktu *selonoid valve* juga diamati dalam pengaruhnya terhadap konsentrasi gas oksigen yang dihasilkan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Skematik Diagram Oksigen Konsentrator

Dalam pembuatan rangkaian sistem *pneumatic* pada oksigen konsentrator didesain menggunakan software Microsoft Visio Drawing 2016.

Proses *pneumatic* pada oksigen konsentrator berawal dari udara sekitar dihisap dengan kompresor melalui *filter pneumatic* terlebih dahulu agar udara yang dihisap bersih dari kotoran. Kemudian udara masuk melalui *heat exchanger* yang berfungsi untuk menurunkan suhu dari udara dan menyerap panas. Kemudian udara masuk melewati air trap yang berfungsi sebagai filter udara yang mampu memisahkan udara dengan air. Kemudian udara masuk melewati *pressure gauge* untuk mengontrol dan mengukur tekanan udara yang masuk. Udara yang masuk melalui *selonoid valve* A yang diatur proses buka tutupnya dengan kontrol PLC sesuai waktu yang telah ditentukan. Selanjutnya udara masuk melalui tabung A yang berisi pasir zeolit untuk proses penyaringan udara dari gas lain lain agar udara yang dihasilkan menjadi oksigen murni. Udara bersih keluar melalui *selonoid valve* A dan melewati *pressure gauge* untuk mengontrol tekanan udara dan menghitung tekanan udara.



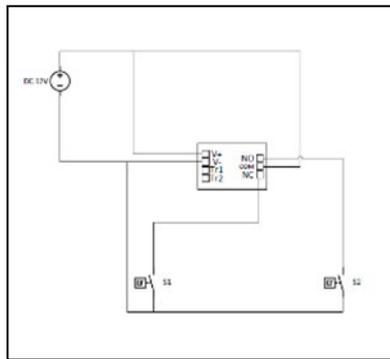
Gambar 2. Skematik diagram oksigen konsentrator

Gas oksigen akan keluar melalui regulator, yang selanjutnya setelah waktu yang telah ditentukan oleh control PLC telah habis proses produksi oksigen bergantian dan terjadi proses *Pressure Swing*

Adsorbtion di tabung zeolit B yang bermula dari udara yang masuk melalui *selonoid valve* B. Selanjutnya udara masuk melalui tabung zeolit B untuk proses penyaringan udara dari gas lain. Udara keluar melalui *selonoid valve* B dan melewati *pressure gauge* untuk mengkontrol tekanan udara dan menghitung tekanan udara dan terakhir keluar melalui regulator oksigen.

Wiring Diagram Channel Input dan Output Relay PLC

Dalam pembuatan *wiring diagram input dan output relay* didesain menggunakan *software* Microsoft Visio Drawing 2016. Dengan merangkai kabel dari catu daya, *relay* dan *selonoid valve*. Untuk mengatur timing pada *selonoid valve* perlu merangkai kabel dari catu daya ke modul PLC agar *selonoid valve* dapat membuka tutup sesuai waktu yang telah ditentukan.



Gambar 3. *Wiring diagram channel input dan output relay PLC*

Jadi di sini catu daya digunakan untuk rangkaian *relay timer* karena yang dibutuhkan tegangan DC untuk menjalankannya. Lalu tegangan positif masuk ke V (+) dan tegangan negatif masuk ke V (-) untuk menyalakan modul. Tegangan positif masuk ke COM untuk input keluaran. Kemudian *selonoid valve* A kabel (+) masuk ke tegangan V (+) dan kabel (-) masuk ke NO pada relay. Kemudian kabel *selonoid valve* B (+) masuk ke tegangan V (-) dan kabel (-) masuk ke NC pada *relay* untuk menghidupkan dan mematikan *selonoid valve*.

Setting Timer Relay (CE030) User Manual

Untuk menjalankan control PLC perlu setting *timmer relay* terlebih dahulu agar *selonoid valve* bekerja sesuai dengan waktu yang ditentukan. Pertama tekan tombol (set) selama 3 detik untuk masuk ke program. Kemudian tekan tombol (up) untuk mengganti program yang diinginkan. Kemudian pilih program P 3.2 karena di program ini

ada fitur *looping* yaitu pengulangan program sehingga *timer* terus beroperasi secara bergantian dengan OP dan CL sampai sumber power dimatikan. Kemudian atur waktu yang ingin digunakan menit atau detik untuk CL dan OP pada program P 3.2 dengan menekan tombol (up). Setelah menentukan waktu kemudian tekan tombol (set).



Gambar 4. Program P 3.2 Relay

Analisa Kebutuhan Kompresor

Berdasarkan persamaan (1) dan (2), maka nilai debit kompresor dan daya kompresor masing-masing adalah sebesar :

$$Q_s = 0,00086 \text{ m}^3/\text{s} \rightarrow 0,86 \text{ l / s}$$

$$N_s = 0,6 \text{ kW}$$

Pengujian Oksigen Konsentrator

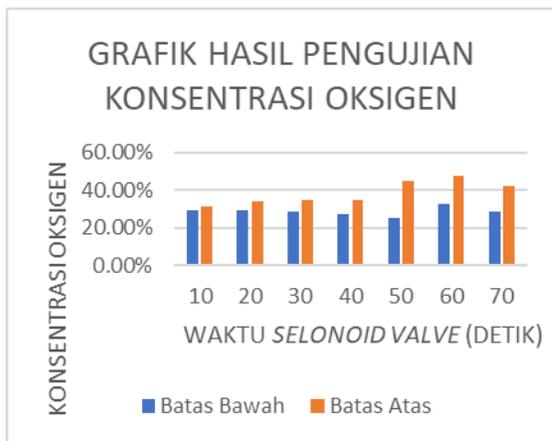
Hasil pengujian konsentrasi oksigen disajikan dalam Tabel 1 dengan tampilan dalam bentuk grafik seperti pada Gambar 5.

Tabel 1. Hasil pengujian konsentrasi oksigen

No	Waktu <i>Selonoid Valve</i> (detik)	Konsentrasi Oksigen(O ₂) (%)
1	10	29,6 % - 31,2 %
2	20	29,5 % - 34,0 %
3	30	28,8 % - 34,8 %
4	40	27,5 % - 34,9 %
5	50	25,1 % - 45,1 %
6	60	32,6% - 48,0%
7	70	28,5% - 42,6%

Dari pengujian yang telah dilakukan oksigen konsentrator tidak dapat bekerja bila masih terdapat kebocoran pada komponen-komponen alat oksigen konsentrator. Tekanan udara dari kompresor sangat berpengaruh terhadap hasil dari konsentrasi oksigen. Proses produksi oksigen pada oksigen konsentrator dapat bekerja dengan sistem kerja *pressure swing adsorbtion* yang diatur dengan *selonoid valve* yang telah diatur waktu buka dan tutup *selonoid valve*

dengan control PLC. Program yang digunakan yaitu P 3.2. Semakin lama waktu yang diatur pada *selonoid valve* semakin besar konsentrasi oksigennya, tetapi titik jenuh oksigennya semakin jauh dari *range* batas atas ke batas bawah. Konsentrasi yang dihasilkan pada pengujian ini menghasilkan 48,0% oksigen yang paling tinggi di waktu *selonoid valve* 60 detik dan hasil terendahnya itu pada 31,2% konsentrasi oksigen pada waktu *selonoid valve* 10 detik. Pada pengujian ini *selonoid valve* yang digunakan 2 buah dan tidak menggunakan *Arduino*. Pada pengujian ini menghasilkan *flowmeter* 5 Liter/menit.



Gambar 5. Grafik pengujian konsentrasi oksigen

KESIMPULAN

Oksigen konsentrator merupakan alat yang dapat menghasilkan oksigen dengan penerapan sistem *Pressure Swing Adsorption* (PSA) sehingga mampu membuat siklus kerja pada alat oksigen konsentrator tetap bekerja secara optimal. Sistem dapat bekerja bila diberi tekanan dari kompresor dan tidak adanya kebocoran pada tabung atau pun komponen rangkaian *pneumatic* lainnya. Kebutuhan kompresor untuk oksigen konsentrator pada pengujian ini yaitu dengan debit $Q_s = 0,86 \text{ l / s}$ dan daya $N_s = 0,6 \text{ kW}$.

Konsentrasi oksigen yang dihasilkan dalam waktu *selonoid valve* 60 detik menghasilkan konsentrasi oksigen paling tinggi yaitu 48,0% - 32,6% dan pada waktu *selonoid valve* 10 detik menghasilkan konsentrasi oksigen paling rendah yaitu 29,6% - 31,2%. Saat pengujian waktu *selonoid valve* 70 detik, konsentrasi oksigen sudah tidak mampu mencapai batas atas pada saat waktu *selonoid valve* 60 detik. Zeolit berfungsi sebagai filter dan pemisah antara oksigen dengan nitrogen maupun gas

lainnya saat diberi tekanan udara dari kompresor dalam proses oksigen konsentrator.

REFERENSI

- Akhmad, A. A. (2009). Pneumatik Untuk Mesin Pengamplas Kayu Otomatis, Al Antoni Akhmad ST, MT *Jurusan Teknik Mesin - Fakultas Teknik, Universitas Sriwijaya*. 18(3), 21–28.
- Dewanti Kusuma, A. (2021). Urgensi Atasi Kelangkaan Oksigen.pdf.
- Ghoda, A. E., Proborini, W. D., & F, A. C. K. (2018). Pra Rancang Bangun Arang Aktif dari Cangkang Kemiri dengan Kapasitas 1 . 415 Ton / Tahun Menggunakan Alat Utama Reaktor Pyrolysis. 2(2), 252–258.
- Hadiyoso, 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.
- Ismail, R., Permana, A., Zukhrufi, A. N., & Aji, A. D. (2022). Desain Pressure Swing Adsorption pada Oksigen Konsentrator. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Elektro Volume 7 Tahun 2022*. 7, 2–5.
- Kusriyanto, M. (2013). Programmable Logic Controller (Pendahuluan). 1–14. Retrieved from <https://gesrepair.com/programmable-logic-controller-security/>
- Nurdiyanto, B., Suyanto, I., Sunardi, B., & Susilanto, P. (2016). Electrical Resistivity Tomography for Identification of Lithology at Dam and Tunnel Site Plan in North Celebes. *Jurnal Meteorologi Dan Geofisika*, 17, 15–23.
- Septian, B., Aziz, A., Rey, P. D., Studi, P., Mesin fakultas, T., Dan, S., ... Bppt, E. (2021). Design of Heat Exchanger Shell and Tube. *Jurnal Baut Dan Manufaktur*, 03(1), 53–60.
- Sriyono, S., Hilda, A. M., & Kamayani, M. (2019). Pemodelan dan Simulasi Proses Adsorpsi Gas Pengotor oleh Molecular Sieve pada Pendingin Rde dengan Software Chemcad. *Prosiding Seminar Nasional Teknoka*, 3(2502), 69.
- Sugiarti, S., Charlena, C., & Aflakhah, N. A. (2017). Zeolit Sintetis Terfungsionalisasi 3-(Trimetoksisilil)-1-Propantioil sebagai Adsorben Kation Cu(II) dan Biru Metilena. *Jurnal Kimia VALENSI*, 3(1), 11–1

- Suharmanto, A., & Musafa, A. (2013). Perancangan Sistem Pengisian Udara Ban Kendaraan Secara Otomatis Berbasis Mikrokontroler. *Fakultas Teknik Universitas Budi Luhur*, 4(021).
- Syahril, A., & Hidayat, M. F. (2018). Perancangan Ulang Peralatan Pneumatik Berbasis Programmable Logic Control (PLC) Untuk Kegiatan Praktikum. *Jurnal Konversi Energi Dan Manufaktur*, 5(1), 40–49.