

ABSTRAK

William Odhiwira:

Skripsi

Perancangan Sistem Monitor dan Kontrol Proses *Vacuum Pressure Swing Adsorption*
Pada *Oxygen Concentrator Tiga Bed*

Dalam dunia kedokteran, oksigen murni banyak dibutuhkan untuk mengobati berbagai penyakit pernafasan. Penyakit pernafasan tersebut meliputi asma akut, penyakit paru obstruktif kronik (PPOK), kanker paru, virus covid-19, dan lain sebagainya. *Oxygen concentrator* merupakan salah satu alat dalam dunia medis yang digunakan untuk memenuhi kebutuhan oksigen bagi para pasien. *Vacuum pressure swing adsorption* (VPSA) merupakan salah satu siklus penyaringan oksigen yang mampu menghasilkan kemurnian oksigen yang tinggi dan digunakan untuk alat konsentrator oksigen. Alat konsentrator oksigen ini memerlukan sistem monitor dan kontrol untuk mengoperasikan siklus VPSA. Sistem kontrol untuk konsentrator oksigen diperlukan untuk menjalankan alat dan untuk mendapatkan kemurnian oksigen tertentu. Untuk itu, dirancang sistem kontrol untuk konsentrator oksigen menggunakan PLC. Parameter-parameter yang dikontrol merupakan tekanan adsorpsi, waktu berlangsungnya setiap proses dalam satu siklus, dan tekanan vakum untuk regenerasi *bed zeolite*. Untuk sistem kontrol siklus, digunakan *solenoid valve* sebagai aktuator dan *timer* sebagai penggerak aktuator. Kemudian untuk tekanan adsorpsi, diatur menggunakan *pressure switch* dimana tekanan *bed zeolite* dibatasi agar tekanan adsorpsi tidak lebih dari tekanan setting pada *bed zeolite*. Kemudian seluruh proses sistem kontrol siklus VPSA dapat dimonitor pada layar komputer dengan bantuan software ISPSOFT. Hasil percobaan menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan pada *bed zeolite*, semakin tinggi konsentrasi oksigen yang dihasilkan. Tekanan 2 bar menghasilkan kemurnian hingga 57% sedangkan tekanan 4.5 bar menghasilkan 89%. Waktu *blowdown* 20 detik menghasilkan kemurnian hingga 99% dan menurun hingga 84% pada *blowdown* 60 detik. Disisi lain, tekanan vakum tidak berpengaruh secara signifikan pada kemurnian oksigen.

Kata kunci : konsentrator oksigen, *vacuum pressure swing adsorption*, *programmable logic controller*

ABSTRACT

William Odhiwira:

Thesis

Design of Monitor and Control System for Vacuum Pressure Swing Adsorption for Oxygen concentrator with three beds

In the medical world, pure oxygen is needed to treat various respiratory diseases. These respiratory diseases include acute asthma, chronic obstructive pulmonary disease (COPD), lung cancer, the covid-19 virus, and so on. Oxygen concentrator is one of the tools in the medical world that is used to meet the oxygen needs of patients. Vacuum pressure swing adsorption (VPSA) is one of the oxygen filtration cycles that is capable of producing high oxygen purity and is used for oxygen concentrators. This oxygen concentrator requires a monitoring and control system to operate the VPSA cycle. A control system for the oxygen concentrator is required to run the apparatus and to obtain a certain oxygen purity. For this reason, a control system for the oxygen concentrator was designed using a PLC. The controlled parameters are adsorption pressure, time for each process in one cycle, and vacuum pressure for zeolite bed regeneration. For the cycle control system, a solenoid valve is used as an actuator and a timer as a trigger actuator. Then for the adsorption pressure, it is set using a pressure switch where the zeolite bed pressure is limited so that the adsorption pressure is not more than the setting pressure on the zeolite bed. Then the whole process of the VPSA cycle control system can be monitored on a computer screen with the help of ISPsoft software. The experimental results show that the higher the pressure on the zeolite bed, the higher the oxygen concentration produced. A pressure of 2 bar produces a purity of up to 57% while a pressure of 4.5 bar produces 89%. A 20 second blowdown time delivers up to 99% purity and decreases to 84% at a 60 second blowdown. On the other hand, vacuum pressure has no significant effect on oxygen purity.

Keywords : oxygen concentrator, vacuum pressure swing adsorbtion, programmable logic controller

DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN.....	i
LEMBAR PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	ii
KATA PENGANTAR.....	iii
ABSTRAK	iv
DAFTAR ISI	vi
DAFTAR TABEL.....	viii
DAFTAR GAMBAR	ix
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Perancangan.....	3
1.4 Manfaat Perancangan	3
1.5 Batasan Perancangan	3
1.6 Sistematika Perancangan	3
2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 <i>Oxygen concentrator</i>	5
2.2 <i>Programmable Logic Controller (PLC)</i>	6
2.2.1 Komponen Dasar PLC	6
2.2.2 Delta PLC	8
2.2.3 Peng-alamat-an dan Instruksi Dasar PLC.....	9
2.2.4 <i>Sequential Function Chart (SFC)</i>	9
2.2.4 <i>Ladder Diagram</i>	11
2.2.5 ISPsoft.....	12
2.2.6 COMMGR.....	14
2.5 <i>Solenoid Valve</i>	14
2.6 <i>Pressure switch</i>	15
2.7 <i>Relay</i>	15
2.8 <i>Power Supply</i>	16
2.10 <i>Oxygen Analyzer</i>	16
2.11 Kepresisian pengukuran	18
3. METODE PERANCANGAN	19
3.1 Metodologi Perancangan	19

3.2 Alur Perancangan	19
3.3 Identifikasi Masalah	20
3.4 Studi Literatur.....	21
3.5 Membuat <i>Flowchart</i> Sistem Kontrol	21
3.6 Penentuan I/O	25
3.6.1 <i>Double Push Button</i>	27
3.6.2 <i>Solenoid valve</i>	27
3.6.3. <i>Pressure Switch</i>	29
3.6.4 <i>Delta DVP Series</i>	30
3.7 <i>Programming PLC</i>	31
3.8 Simulasi Program.....	42
3.9 Perakitan <i>Software</i> dan <i>Hardware</i>	43
3.10 Uji Coba Alat.....	44
4. ANALISA DATA.....	45
4.1 Pengujian Rancangan Awal	47
4.2 Pengujian Kemurnian Oksigen Terhadap Tekanan <i>Bed Zeolite</i>	49
4.2.1 Pengujian Kemurnian Oksigen Pada Tekanan 2 Bar.....	50
4.2.2 Pengujian Kemurnian Oksigen Pada Tekanan 3 Bar.....	51
4.2.3 Pengujian Kemurnian Oksigen Pada Tekanan 4 Bar.....	52
4.2.4 Pengujian Kemurnian Oksigen Pada Tekanan 4,5 Bar.....	53
4.3 Pengujian Pengaruh Waktu <i>Blowdown</i> terhadap Kemurnian Oksigen.....	54
4.3.1 Pengujian Dengan Waktu <i>Blowdown</i> 20 Detik.....	54
4.3.2 Pengujian Dengan Waktu <i>Blowdown</i> 40 Detik.....	55
4.3.3 Pengujian Dengan Waktu <i>Blowdown</i> 60 Detik.....	56
4.4 Pengujian Pengaruh Tekanan <i>Vacuum</i> Terhadap Kemurnian Oksigen.....	57
4.4.1 Pengujian Pada Tekanan Vakum 0.35 Bar	58
4.4.2 Pengujian Pada Tekanan Vakum 0.5 Bar.....	59
4.4.2 Pengujian Tanpa Tekanan Vakum	60
4.4 Analisa Hasil Perancangan.....	61
5. KESIMPULAN DAN SARAN	63
5.1 Kesimpulan	63
5.2 Saran.....	63
DAFTAR PUSTAKA.....	64
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Siklus VPSA dengan 3 bed untuk pemisahan udara dan pemurnian oksigen (Jee, Lee, Kim, & Lee, 2005)	5
Tabel 3.1 <i>Timer</i> untuk setiap <i>step</i>	22
Tabel 3.2 <i>Time diagram solenoid valve</i>	23
Tabel 3.3 Penentuan I/O dan pengalamatannya	25
Tabel 3.4 Alamat <i>timer</i> pada PLC	26
Tabel 3.5 Peng-alamat-an Siklus SFC.....	31
Tabel 4.1 Waktu untuk setiap proses VPSA	46
Tabel 4.2 Pengaturan waktu pada proses vakum	48

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Komponen dasar PLC.....	7
Gambar 2.2 Delta DVP-14SS2.....	8
Gambar 2.3 <i>Ladder Diagram</i>	9
Gambar 2.4 Bahasa program SFC.....	10
Gambar 2.5 <i>Ladder diagram normally open</i>	11
Gambar 2.6 <i>Ladder diagram normally close</i>	12
Gambar 2.7 Tampilan <i>software</i> ISPsoft.....	13
Gambar 2.8 <i>Solenoid valve</i>	14
Gambar 2.9 <i>Pressure Switch</i>	15
Gambar 2.10 <i>Relay</i>	16
Gambar 2.11 <i>Power Supply</i>	16
Gambar 2.12 <i>oxygen analyzer</i>	17
Gambar 3.1 Diagram Alir Perancangan.....	20
Gambar 3.2 Siklus VPSA untuk konsentrator oksigen tiga <i>bed</i>	22
Gambar 3.3 <i>Flowchart</i> sistem kontrol.....	24
Gambar 3.4 <i>double push button</i>	27
Gambar 3.5 <i>Solenoid valve</i> E.MC	28
Gambar 3.6 Katalog E.MC	28
Gambar 3.7 <i>solenoid valve</i> untuk <i>vacuum</i>	28
Gambar 3.8 Diagram kabel <i>pressure switch</i>	29
Gambar 3.9 Pemasangan kabel pada <i>pressure switch</i>	29
Gambar 3.10 Pemasangan <i>Pressure Switch</i> pada <i>pressure gauge</i>	30
Gambar 3.11 <i>Sequential Function Chart</i> Perancangan	32
Gambar 3.12 <i>Ladder diagram</i> untuk program <i>start</i>	33
Gambar 3.13 <i>Ladder diagram Step 8</i>	34
Gambar 3.14 <i>ladder diagram step 0</i>	35
Gambar 3.15 <i>ladder diagram</i> transisi <i>step 0</i>	36
Gambar 3.16 <i>ladder diagram step 1</i>	36
Gambar 3.17 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 1</i>	36
Gambar 3.18 <i>ladder diagram step 2</i>	37

Gambar 3.19 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 2</i>	37
Gambar 3.20 <i>ladder diagram</i> <i>step 3</i>	38
Gambar 3.21 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 3</i>	38
Gambar 3.22 <i>ladder diagram</i> <i>step 4</i>	39
Gambar 3.23 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 4</i>	39
Gambar 3.24 <i>ladder diagram</i> <i>step 5</i>	39
Gambar 3.25 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 5</i>	40
Gambar 3.26 <i>ladder diagram</i> <i>step 6</i>	40
Gambar 3.27 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 6</i>	41
Gambar 3.28 <i>ladder diagram</i> <i>step 7</i>	41
Gambar 3.29 <i>ladder diagram</i> transisi untuk <i>step 7</i>	41
Gambar 3.30 Skematik <i>wiring</i> PLC pada perancangan oksigen konsentrator	43
Gambar 3.31 Pemasangan kabel PLC.....	44
Gambar 4.1 Sketsa <i>bed zeolite</i>	45
Gambar 4.2 Prototipe oksigen konsentrator tampak atas	47
Gambar 4.3 grafik hasil perancangan awal pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	48
Gambar 4.4 grafik hasil perancangan awal pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	49
Gambar 4.5 grafik hasil percobaan tekanan 2 bar pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	50
Gambar 4.6 grafik hasil percobaan tekanan 2 bar pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	50
Gambar 4.7 grafik hasil percobaan tekanan 3 bar pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	51
Gambar 4.8 grafik hasil percobaan tekanan 3 bar pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	51
Gambar 4.9 grafik hasil percobaan tekanan 4 bar pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	52
Gambar 4.10 grafik hasil percobaan tekanan 4 bar pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	52
Gambar 4.11 grafik hasil percobaan tekanan 4.5 bar pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	53
Gambar 4.12 grafik hasil percobaan tekanan 4.5 bar pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	53
Gambar 4.13 grafik hasil percobaan waktu blowdown 20 detik pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	54
Gambar 4.14 grafik hasil percobaan waktu blowdown 20 detik pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	55
Gambar 4.15 grafik hasil percobaan waktu blowdown 40 detik pada proses <i>blowdown 1</i> (BD1)	55
Gambar 4.16 grafik hasil percobaan waktu blowdown 40 detik pada proses <i>blowdown 2</i> (BD2)	56

Gambar 4.17 grafik hasil percobaan waktu blowdown 60 detik pada proses <i>blowdown</i> 1 (BD1)	56
Gambar 4.18 grafik hasil percobaan waktu blowdown 60 detik pada proses <i>blowdown</i> 2 (BD2)	57
Gambar 4.19 grafik hasil percobaan tekanan vakum 0.35 bar pada proses <i>blowdown</i> 1 (BD1)	58
Gambar 4.20 grafik hasil percobaan tekanan vakum 0.35 bar pada proses <i>blowdown</i> 2 (BD2)	58
Gambar 4.21 grafik hasil percobaan tekanan vakum 0.5 bar pada proses <i>blowdown</i> 1 (BD1)	59
Gambar 4.22 grafik hasil percobaan tekanan vakum 0.5 bar pada proses <i>blowdown</i> 2 (BD2)	59
Gambar 4.23 grafik hasil percobaan tanpa tekanan vakum pada proses <i>blowdown</i> 1 (BD1)	60
Gambar 4.24 grafik hasil percobaan tanpa tekanan vakum pada proses <i>blowdown</i> 2 (BD2)	60
Gambar 4.25 Grafik <i>blowdown</i> (Jee, Kim, & Lee, 2004)	61