

**DOKUMEN CD-1**



**RANCANG BANGUN ALAT *OXYGEN CONCENTRATOR*  
*PORTABLE* DENGAN MONITORING BERBASIS IOT**

Oleh :

**Petandra Geosandy Jannathinendra/1104200005**  
**Putri Naila Alyana Hidayat/ 1104201108**  
**Bagoes Hudaya Kamil/ 1104202089**  
**Aisyah Rachany / 1104202145**

**PRODI S1 TEKNIK FISIKA  
FAKULTAS TEKNIK ELEKTRO  
UNIVERSITAS TELKOM  
BANDUNG  
2024**

## Lembar Pengesahan Dokumen

Judul Capstone Design : Rancang Bangun Alat *Oxygen Concentrator Portable*  
 Jenis Dokumen : Usulan Gagasan dan Pemilihan Topik  
 Nomor Dokumen : FTE-CD-1  
 Nomor Revisi : 4  
 Tanggal Pengesahan : 28/12/2023  
 Fakultas : Fakultas Teknik Elektro  
 Program Studi : S1 Teknik Fisika  
 Jumlah Halaman : 13

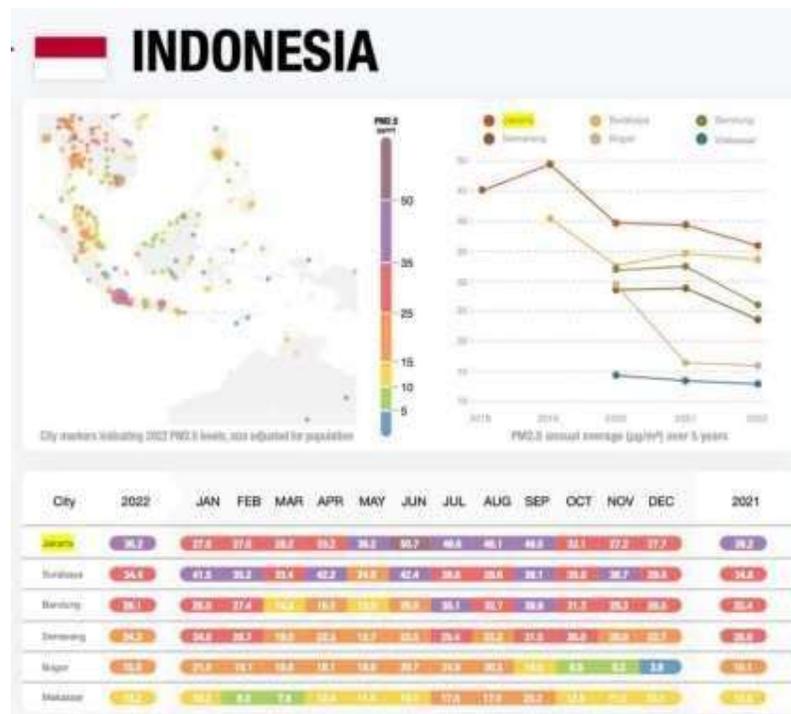
Data Pemeriksaan dan Persetujuan			
Ditulis Oleh	Nama : Aisyah Raehany NIM : 1104202145	Jabatan : Mahasiswa Tanda Tangan	
	Nama : Bagoes Hudaya Kamil NIM : 1104202089	Jabatan : Mahasiswa Tanda Tangan	
	Nama : Petandra Geosandy J NIM : 1104200005	Jabatan : Mahasiswa Tanda Tangan	
	Nama : Putri Naila Alyana Hidayat NIM : 1104201108	Jabatan : Mahasiswa Tanda Tangan	
Disetujui Oleh	Nama : Dr. Eng. Asep Suhendi, S.Si, M.Si Tanggal : 28 Desember 2023	Jabatan : Pembimbing Tanda Tangan	
	Nama : Nurwulan Fitriyanti S.Pd.Mpfis, Tanggal : 28 Desember 2023	Jabatan : Pembimbing 2 Tanda Tangan	

## Timeline Revisi Dokumen

Versi, Tanggal	Revisi	Perbaikan yang dilakukan	Halaman Revisi
27 September 2023	Ringkasan isi dokumen diperjelas	Ditambahkan data-data yang mendukung masalah yang diangkat	3,4
	Tujuan penulisan dokumen	Penggunaan kata mengonsentrasikan menjadi menghasilkan	1
	Aspek Ekonomi	Menambahkan data biaya harga beli oksigen serta isi ulang oksigen	5
	Aspek Manufaktur	Dijelaskan desain alatnya seperti apa	6
23 Oktober 2023	Kebutuhan yang harus dipenuhi	Diisi dengan parameter-parameter yang dibutuhkan	7
	Solusi yang dibutuhkan	Mengedepankan pembuktian secara studi literatur	8
29 Oktober 2023	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Penggunaan kata kualitas udara diganti dengan pencemaran udara</li> <li>2. Menambahkan data dari pencemaran udara di Indonesia</li> <li>3. Menambahkan data pengisian ulang oksigen</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Mengganti kata kualitas udara dengan pencemaran udara</li> <li>2. Menambahkan data pencemaran udara di Indonesia</li> <li>3. Menambahkan data pengisian ulang oksigen</li> </ol>	1,2,3,4
18 Desember 2023	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pada latar belakang ditambahkan permasalahan Covid-19 yang kembali melonjak</li> <li>2. Aspek ekonomi cari estimasi kebutuhan oksigen per hari</li> <li>3. Aspek keberlangsungan ditambahkan <i>maintenance</i> alat</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menambahkan data kenaikan Covid-19 tahun 2023</li> <li>2. Estimasi kebutuhan oksigen pada pasien terapi oksigen selama 3 bulan</li> <li>3. Menambahkan jangka waktu untuk <i>maintenance</i> filter <i>oxygen concentrator</i> dan kalibrasi sensor</li> </ol>	2, 4, 5
9 Januari 2023	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Menambahkan Aspek Teknis</li> <li>2. Mengubah Gambar pada Solusi yang diusulkan</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Membandingkan teknis pada alat sebelumnya dan alat yang akan dibuat</li> <li>2. Menambahkan gambar pada 3 solusi yang diusulkan</li> </ol>	10, 12, 13

## 1.1 Deskripsi Umum Masalah

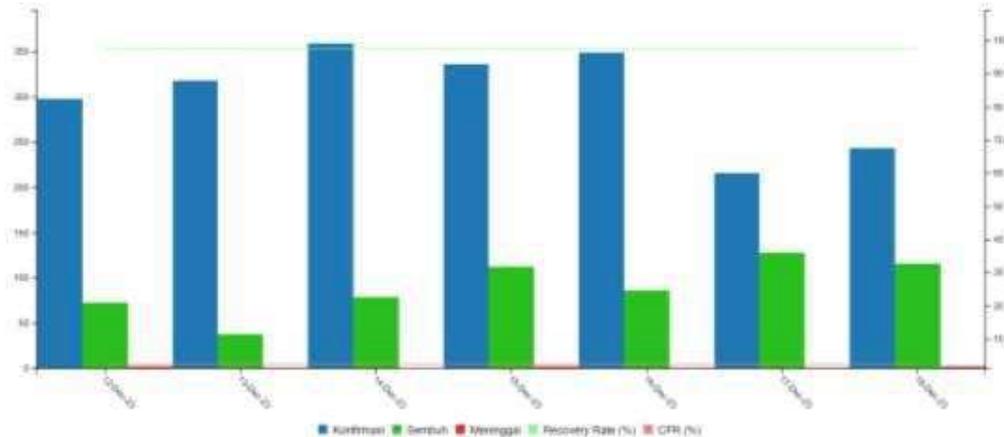
Polusi udara merupakan salah satu masalah lingkungan yang paling mendesak di dunia saat ini terutama di Indonesia. Pada tahun 2022 pencemaran udara di Indonesia berada di atas rata-rata indeks normal. Menurut IQAir, rata-rata indeks normal untuk kualitas udara berada diangka 0-50 sedangkan di Indonesia berada diangka 89[1]. Penyebab pencemaran udara antara lain adalah kendaraan bermotor, pabrik industri, pabrik zat kimia, dan limbah rumah tangga. Semakin banyak penduduk, semakin banyak pula aktivitas yang menghasilkan polusi. Salah satunya yaitu jumlah kendaraan bermotor yang banyak menghasilkan asap, menyebabkan kontaminasi udara dan mencemar lingkungan [2].



Gambar 1. 1 Data Pencemaran PM2.5 di Indonesia Selama Tahun 2021 [3]

Akibat adanya peningkatan pencemaran udara, udara yang manusia hirup memiliki partikel polutan yang berukuran sangat kecil menyusup hingga bagian alveoli organ paru-paru yang merupakan tempat pertukaran oksigen dengan karbon dioksida. Pada tingkatan tertentu, polutan juga masuk ke sistem peredaran darah manusia [4]. Bahkan pada tingkatan yang lebih tinggi dapat mengurangi usia harapan hidup manusia sebesar 2,3 – 3,5 tahun karena menghirup udara berpolusi [5]. Dampak lainnya bagi tubuh yaitu memicu terjadinya gangguan pernapasan, seperti asma, ISPA, PPOK, dan kanker paru-paru. Selain itu, pencemaran udara juga bisa berakhir pada berkurangnya kadar oksigen di dalam tubuh manusia [6].

Selain karena meningkatnya polusi udara di Indonesia, wabah *Coronavirus Disease* (Covid)-19 ternyata belum usai. Sejak november 2023, kasus Covid-19 dilaporkan kembali meningkat di sejumlah negara di ASEAN, termasuk Indonesia, dengan rata-rata kasus harian bertambah 35-40 kasus[7]. Data hingga Jumat, 15 Desember 2023 menunjukkan kasus konfirmasi Covid-19 sebanyak 336 atau meningkat dibandingkan hari-hari sebelumnya[8].



Gambar 1. 2 Data Covid-19 di Indonesia Selama 12 Desember 2023 – 18 Desember 2023 [9]

Covid-19 merupakan penyakit yang disebabkan oleh virus SARS-CoV-2. Virus ini menyerang sistem pernapasan manusia, terutama paru-paru[10]. Salah satu gejala yang ditimbulkan dari penyakit tersebut yaitu gangguan pernapasan akut seperti, demam, batuk, sesak napas atau kesulitan bernapas[11]. Akibat dari peradangan dan infeksi di paru-paru, beberapa pasien Covid-19 yang sakit parah mengalami hipoksemia atau kadar oksigen rendah dalam darah. Mereka butuh oksigen medis untuk mengembalikan saturasi oksigen tubuh[12].

Salah satu hal yang dibutuhkan dari dampak meningkatnya pencemaran udara dan Covid-19 yaitu pengadaan oksigen dengan konsentrasi yang tinggi. Oksigen adalah salah satu unsur yang paling penting bagi manusia untuk menjalankan fungsi-fungsi organ dengan baik[13]. Menurut Abraham Maslow, kebutuhan paling mendasar pada setiap orang atau manusia adalah kebutuhan fisiologis yaitu kebutuhan akan makanan, minuman, tempat berteduh, tidur, dan oksigen [14]. Maka dari itu, kebutuhan oksigen dalam tubuh harus terpenuhi dengan baik, karena jika kebutuhan oksigen dalam tubuh berkurang, maka akan terjadi kerusakan pada jaringan otak dan apabila hal itu berlangsung akan menimbulkan kematian[15]. Diperkirakan rata-rata manusia mengkonsumsi 2.000 galon (7.570 liter) udara per hari yang dimana udara itu terdiri dari 78% nitrogen, 21% oksigen, dan 1% gas lain-lain [16].

Namun, persebaran alat penghasil oksigen di Indonesia tidak merata, karena sebagian besar berada di Pulau Jawa. Pulau Jawa mampu memasok 1.488 ton oksigen per hari, sementara pasokan oksigen dari luar Jawa hanya 271 ton per hari[17]. Untuk memperoleh kadar oksigen yang tinggi, diperlukan sebuah alat oksigen konsentrator yang baik sebagai salah satu alat kesehatan. Konsentrator oksigen adalah alat medis yang mengantarkan oksigen ke pasien dengan tingkat konsentrasi oksigen darah di bawah normal dan digunakan untuk merawat individu dengan gangguan pernapasan.

## 1.2 Analisa Masalah

Analisa masalah yang dilakukan pada CD 1 ini meliputi aspek ekonomi, aspek kesehatan, aspek keberlanjutan, dan aspek manufakturabilitas.

### 1.2.1 Aspek Ekonomi

Pengeluaran biaya untuk isi ulang tabung oksigen adalah salah satu aspek penting dalam perawatan bagi para terapis dan pasien yang mengandalkan oksigen tambahan. Proses ini melibatkan pembelian tabung oksigen yang dapat mencapai biaya awal yang cukup signifikan. Selain itu, biaya ini akan terus berlanjut karena tabung harus diisi ulang secara berkala. Hal ini mencakup biaya untuk gas oksigen itu sendiri, transportasi ke pusat pengisian, serta biaya layanan pengisian ulang. Terapis harus dengan cermat merencanakan anggaran mereka dan mengelola pengeluaran ini, terutama jika mereka memiliki beberapa pasien yang memerlukan oksigen terapi. Pilihan alternatif seperti perangkat pemurni udara atau perangkat oksigen yang lebih efisien dapat membantu mengurangi pengeluaran jangka panjang, sambil tetap memberikan perawatan berkualitas kepada pasien.

Ukuran Tabung	Dimensi Tabung	Berat Isi Tabung	Estimasi Harga
0,5 m <sup>3</sup>	40 cm x 11 cm	5 kg	Rp10.000-Rp25.000
1 m <sup>3</sup>	69 cm x 14 cm	10 kg	Rp40.000-Rp55.000
1,5 m <sup>3</sup>	97 cm x 14 cm	15 kg	Rp60.000
2 m <sup>3</sup>	120 cm x 14 cm	20 kg	Rp80.000
6 m <sup>3</sup>	148 cm x 14 cm	60 kg	Rp109.090

Gambar 1. 3 Harga Tabung Oxygen yang Beredar [18]

Gambar 1.2 menunjukkan biaya yang perlu dikeluarkan untuk isi ulang tabung oksigen pada Maret tahun 2023. Harga ini dapat berubah sewaktu-waktu tergantung permintaan dan kesediaan barang. Bagi pasien yang membutuhkan terapi oksigen, penggunaan isi ulang oksigen akan sangat terasa pada biaya. Terapi oksigen umumnya dilakukan selama 15 jam setiap harinya selama 3 bulan. Namun untuk kasus yang berat, terapi oksigen perlu dilakukan seumur hidup[19]. Dosis oksigen yang diberikan kepada pasien dapat bervariasi antara 1-2 L/menit, 2-6 L/menit hingga 10-15 L/menit, tergantung kebutuhan[20]. Bagi pasien yang mengidap PPOK dan kondisi lain yang membutuhkan terapi O<sub>2</sub> terkontrol dengan dosis 1-2 L/menit[21]. Pada tabung ukuran 1m<sup>3</sup> ketika bukaan regulator di angka 2, maka oksigen akan habis dalam waktu 4 jam[22].

Jika pasien yang memerlukan terapi oksigen selama 15 jam setiap harinya dengan dosis 2 L/menit, maka :

$$\text{Kebutuhan tabung oksigen per hari} = \frac{15 \text{ jam}}{4 \text{ jam}} = 3,75 \text{ tabung}$$

Isi ulang tabung oksigen seharga 50.000 dan penggunaan terapi oksigen selama 3 bulan atau 90 hari, maka :

$$\text{Biaya yang dibutuhkan} = 3,75 \times 90 \times 50.000 = 16.875.000 \text{ rupiah}$$

Pasien yang melakukan terapi oksigen memerlukan biaya sebesar Rp16.875.000 selama 3 bulan pengobatan. Dengan menggunakan alat *oxygen concentrator*, pasien dapat mengurangi biaya isi ulang tabung oksigen.

### 1.2.2 Aspek Kesehatan

Indonesia adalah negara yang mengalami permasalahan pada kualitas udara yang menyebabkan Indonesia memiliki angka penyakit salur pernapasan yang tinggi (ISPA). Penyakit ini sangat rentan terjadi di Indonesia dan semua kalangan bisa terkena penyakit tersebut. Pada orang yang menderita penyakit ISPA apabila tidak segera diobati bisa menyebabkan kematian. Salah satu pengobatan untuk penyakit ini adalah dengan menggunakan terapi oksigen yang memiliki kadar yang tinggi. Dengan pengadaan rancang bangun alat *oxygen concentrator portable* diharapkan dapat membantu pasien yang mengalami gangguan pernapasan seperti ISPA maupun Penyakit Paru Obstruktif Kronik (PPOK) [23].

### ISPA Non Pneumonia Berdasarkan Kategori Umur



Gambar 1. 4 Data Kasus ISPA Non-Pneumonia di Jabodetabek [24]

#### 1.2.3 Aspek Keberlanjutan (*Sustainability*)

Dengan dibuatnya alat *oxygen concentrator portable* dengan beberapa parameter yang dapat diukur seperti kadar oksigen, tekanan, dan aliran serta fitur aplikasi dapat menjadi solusi bagi pasien rawat jalan untuk menyediakan oksigen tambahan kepada pasien yang mengalami gangguan pernafasan, terutama bagi pasien yang memerlukan terapi oksigen di rumah. Selain itu, alat *oxygen concentrator* ini mudah digunakan dan dipelihara. Untuk sensor yang digunakan dalam alat *oxygen concentrator* dapat dilakukan kalibrasi secara berkala paling sedikit satu kali dalam setahun[25]. Pada udara bersih, filter *oxygen concentrator* dapat dibersihkan setiap minggu[26]. Dengan melakukan *maintenance* secara berkala pada alat *oxygen concentrator* dapat menjaga keberlangsungan alat yang dapat meningkatkan kualitas hidup pasien, mengurangi beban ekonomi akibat biaya perawatan kesehatan dan isi ulang tabung oksigen, serta mendukung upaya-upaya kesehatan masyarakat[27].

#### 1.2.4 Aspek Manufakturabilitas (*Manufacturability*)

Alat *oxygen concentrator* yang dibuat ini memiliki bentuk yang lebih sederhana yang sehingga bisa dibawa dan digunakan dimana saja. Proses pembuatan alat pemurni oksigen menggunakan mikrokontroler sebagai pemroses pengukuran yang dilakukan sensor. Adapun sensor pada alat pemurni oksigen ini berfungsi untuk mengukur kadar oksigen yang dihasilkan oleh alat tersebut. Sensor tekanan yang digunakan pada alat pemurni oksigen berfungsi untuk mengetahui tekanan pada tabung penampung yang dimana sensor-sensor yang digunakan didapatkan dari *online shop* untuk menghemat ongkos. Tabung penampung pada alat pemurni

oksigen berisikan zeolit yang digunakan untuk mengadsorpsi udara dari kompresor. Alat pemurni oksigen *portable* ini didesain menggunakan *3D Modelling* sebelum dibuat atau dirancang fisiknya secara langsung oleh penulis. Ada beberapa parameter yang diukur pada alat pemurni oksigen seperti tekanan, konsentrasi oksigen, dan aliran oksigen.

### 1.2.5 Aspek Teknis

Pada penelitian sebelumnya yang dilakukan oleh Aditya Nuryan, alat oxygen concentrator ini sudah dirancang dengan tekanan pada tabung pressure swing adsorption berada pada range 2,6 – 3,7 bar dengan *molecular sieve* berupa zeolite Li-X 800 gr yang ditempatkan pada tabung RO housing dengan total volume tabung yang terpakai sebesar 90,24% mampu memurnikan udara bebas menjadi kemurnian oksigen mencapai 89%. Pada penelitian yang dilakukan oleh Bilal Sunaryo, mengenai Pengaruh Tekanan Chamber Terhadap Konsentrasi Oksigen Hasil dari Sistem PSA yang dilakukan dengan memvariasikan tekanan dalam chamber dari 1 hingga 4 bar dan hasilnya menunjukkan bahwa semakin tinggi tekanan dalam chamber maka konsentrasi oksigen yang dihasilkan akan semakin tinggi. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tekanan dapat mempengaruhi konsentrasi oksigen yang dihasilkan. Maka dari itu, pada perancangan alat ini, dirancang menggunakan hamber dengan tekanan hingga 5 bar dengan kemurnian hingga 90%.

### 1.3 Analisa Solusi yang Ada

Berdasarkan permasalahan yang ada, dapat diusulkan tiga solusi yaitu dengan perancangan sistem *Cryogenic*, *Pressure Swing Adsorption (PSA)*, dan *Membrane Technology*. Tabel di bawah ini menunjukkan *strength*, *weakness*, dan *limitation* dari tiga solusi yang diusulkan.

Tabel 1. 1 Perbandingan Tiga Solusi yang Ada

	<b>Strength</b>	<b>Weakness</b>	<b>Limitation</b>
<b>Cryogenic</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kemurnian oksigen hingga 99%.</li> <li>2. Kapasitas yang tinggi cocok untuk aplikasi skala besar</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sumber energi tinggi</li> <li>2. Biaya operasional tinggi mulai dari 100 jt hingga 3 miliar</li> <li>3. Membutuhkan keamanan tinggi</li> <li>4. Pemeliharaan yang kompleks</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Dampak lingkungan, menghasilkan emisi karbon yang tinggi</li> </ol>

<b>Pressure Swing Adsorption</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efisiensi energi tinggi</li> <li>2. Desain minimalis dan <i>compact</i></li> <li>3. Biaya terjangkau mulai dari 3.500.000</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kapasitas terbatas</li> <li>2. Kemurnian paling tinggi 95%</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Hasil tergantung pada tekanan dan jenis adsorben</li> <li>2. Tidak cocok untuk pemisahan beberapa gas</li> <li>3. Sistem kontrol yang kompleks</li> </ol>
<b>Membrane Technology</b>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Efisiensi tinggi</li> <li>2. Pemeliharaan mudah</li> <li>3. Kemurnian diatas 95%</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pencemaran membran</li> <li>2. Sensitivitas terhadap tekanan</li> <li>3. Biaya mulai dari 50jt</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Pemanas yang digunakan harus dapat menaikkan suhu udara sampai 900°C</li> <li>2. Dapat terpengaruh oleh kelembapan, suhu, dan kualitas udara</li> </ol>

Dari 3 solusi yang ada, terdapat beberapa kelebihan, kekurangan, dan limitasi dari setiap metode.

a. *Cryogenic*



Gambar 1. 5 Tanki Cryogenic

Sistem *cryogenic* adalah salah satu metode yang diusulkan dalam membuat rancangan alat pemurni oksigen. Sistem *cryogenic* menggunakan teknologi pendinginan ekstrem untuk memisahkan oksigen dari udara. Untuk memisahkan oksigen dari udara, suhu oksigen harus mencapai  $-183^{\circ}\text{C}$ . Suhu  $-183^{\circ}\text{C}$  adalah suhu terendah absolut yang dapat dicapai. Pada

suhu ini, aksi semua molekul berhenti, menyebabkan molekul berada pada tingkat energi serendah mungkin [28].

*b. Pressure Swing Adsorption (PSA)*



Gambar 1. 6 Alat Pressure Swing Adsorption

Sistem PSA adalah teknologi yang dirancang untuk memisahkan beberapa jenis gas dari campuran gas dengan memanfaatkan perbedaan tekanan sesuai dengan karakteristik molekular dalam proses adsorpsi. Proses PSA ini melibatkan penggunaan material zeolit untuk memisahkan oksigen dari nitrogen yang terkandung dalam udara bebas[29].

*c. Membrane Technology*



Gambar 1. 7 Alat Teknologi Membran

Membran oksigen generator merupakan suatu alat produksi oksigen yang menggunakan prinsip pemisahan gas oksigen dan nitrogen berdasarkan perbedaan ukuran dari keduanya. *Driving force* yang digunakan dapat bermacam-macam, misalnya perbedaan konsentrasi dan perbedaan muatan. Penggunaan membran ini masih dalam pengembangan, terutama untuk pencarian material membran yang sangat selektif untuk memisahkan oksigen dan nitrogen [30].

#### 1.4 Kesimpulan

Berdasarkan uraian di atas, *oxygen concentrator* merupakan perangkat medis yang penting dan bermanfaat, terutama dalam menyediakan oksigen bagi pasien yang memerlukan terapi oksigen. Permasalahan yang timbul yaitu meningkatnya pencemaran udara di Indonesia yang menyebabkan peningkatan penyakit pernafasan pada masyarakat. Dari permasalahan, aspek, serta analisa solusi yang sudah dipaparkan, maka dapat disimpulkan bahwa, terdapat 3 metode yang diusulkan dalam pembuatan *oxygen concentrator*, yaitu dengan menggunakan metode *cryogenic*, PSA (*Pressure Swing Adsorption*), dan membrane teknologi. Tiap metode memiliki kelebihan dan kekurangannya masing-masing dari segi efisiensi, kapasitas, dan biaya. Maka dari itu, dengan membuat alat *oxygen concentrator portable* dapat mempermudah pengguna dalam menggunakan oksigen berkonsentrasi tinggi.