

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Studi Literatur

Penelitian berdasarkan telusur pustaka penelitian yang dilakukan Dimas Ricky Saputra, dkk. Mahasiswa Universitas PGRI Adi Buana Surabaya. Penelitian ini berjudul Rancang Bangun Konsentrator Oksigen Menggunakan 4 Bahan Filtrasi sebagai Alternatif Alat Bantu Pernafasan. Pada penelitian ini peneliti menggunakan teknologi *Pressure Swing Adsorption* (PSA). Dan hasil dari konsentrasi yang dibuat yaitu sebesar 33,4% untuk bahan *zeolite sintetis*, 30% untuk silika gel, *zeolite* alam 20%, dan karbon aktif sebesar 26,7% [16].

Penelitian yang dilakukan Permana, dkk. Mahasiswa Politeknik Negeri Jakarta (*Proceeding*, 2022). Penelitian ini berjudul Desain *Pressure Swing Adsorption* pada Oksigen Konsentrator. Pada penelitian ini peneliti melakukan penelitiannya dengan menggunakan Sistem PSA, pada alat *Oxygen Concentrator* ini memerlukan komponen pendukung yang dimana sangat mempengaruhi kinerja dari sistem

PSA dengan mengandalkan dua tabung berisi *zeolite*. Komponen *input* alat tersebut berupa *Pressure Transmitter* dan komponen *output* alat tersebut berupa *Solenoid Valve*. Selain itu untuk komponen *output* yaitu *Solenoid Valve* diperlukan 4 buah yang dimana 2 *Solenoid Valve* akan bekerja pada siklus 1 dan 2 *Solenoid Valve* lainnya akan bekerja pada siklus 2 [17].

Penelitian yang dilakukan Stevanus Ferdinan Aryanto. Mahasiswa Universitas Mercu Buana dengan penelitian yang berjudul Perancangan Sistem Kendali dan Sensor pada Sistem *Pressure Swing Adsorption* untuk Oksigen Konsentrator. Pada penelitian ini peneliti menggunakan Perancangan sistem kendali berbasis *arduino uno* untuk mengontrol buka tutup *solenoid valve* pada sistem PSA dan mengetahui kadar oksigen murni yang dihasilkan alat oksigen konsentrator dengan memvariasikan waktu adsorpsi pada sistem PSA 2 step waktu adsorpsi 5, 7, 9, 11 dan 13 detik, dengan diperoleh oksigen minimum sebesar 64,7% pada menit ke 50 dan diperoleh maksimum oksigen sebesar 81,5% pada menit ke 40 [18].

Pada penelitian yang dilakukan oleh adam Aprina, melakukan suatu *control penumatik* pada oksigen

konsentrator dengan menggunakan program PLC sebagai pengendalian tabung *zeolite* secara bergantian. Menggunakan sistem PSA yang membuat siklus kerja menjadi lebih optimal. Konsentrasi yang dihasilkan dalam waktu 60 detik menghasilkan konsentrasi oksigen dengan nilai paling tinggi 48,0% - 32,6%. *Solenoid valve* tidak dapat mencapai waktu lebih dari 60 detik yang merupakan batas atas pada waktu *solenoid valve* tersebut [19].

Pada penelitian Muhammad Khosyi'in, dkk. Mahasiswa Universitas Islam Agung Semarang. Penelitian ini berjudul alat penghitung volume dan timer penggunaan oksigen. Bahwasanya *flowmeter* oksigen biasanya mengukur aliran gas oksigen dalam satuan liter per menit (LPM). Umumnya *Flowmeter* oksigen mampu mengukur aliran oksigen dengan jangka 0 – 15 LPM [20].

Pada Penelitian yang dilakukan Adrian dkk, melakukan perancangan kontruksi tabung PSA pada oksigen konsentrator dengan mengetahui detail desain dari sistem PSA dengan melakukan uji ketahanan untuk mengetahui pengaruh tekanan pada tabung PSA dengan mengetahui tingkat kebocoran. Menggunakan prinsip bejana tekan serta material yang *stainless steel 304*

dimana prinsip kerja tabung PSA sama dengan bejana tekan (*Pressure vessel*) tabung tertutup berbentuk silinder sebagai wadah dan diberi tekanan udara dari dalam [21].

Kualitas oksigen (O₂) dalam konteks kesehatan di Indonesia sendiri didukung oleh Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2016. Standar keluaran tekanan kerja untuk *liquid* oksigen atau pabrikan dan oksigen konsentrator adalah 4-5 bar. Kualitas O₂ dari *liquid* oksigen harus memenuhi syarat komposisi unsur, seperti O₂ pabrikan > 99,5%, CO₂ < 5,0 Ppm, dan lainnya. Tabung O₂ harus terjauhkan dari minyak, suhu panas tinggi, dan zat penyebab karatan. Sementara itu, oksigen konsentrator harus memiliki unsur O₂ > 90,0% dan memenuhi Standar Nasional Indonesia untuk tabung oksigen kesehatan. Literatur ini memberikan landasan yang kuat untuk menjaga kualitas dan spesifikasi O₂ yang diperlukan dalam konteks perawatan kesehatan di Indonesia [22].

2.2 Teori Dasar

2.2.1 Pengantaran Oksigen

Dua faktor utama yang memengaruhi pengantaran oksigen (O₂) menuju jaringan yaitu kadar –

kadar oksigen darah arteri dan aliran darah. Pengantaran oksigen (O₂) menuju jaringan dapat digambarkan sebagai berikut:

$$\text{DO}_2 = \text{CO} \times \text{CaO}_2$$

Pada DO₂ menunjukkan nilai pengantaran oksigen (O₂), CO menunjukkan nilai aliran darah dan CaO₂ menunjukkan jumlah oksigen darah arteri. Tiga faktor utama ini yang memengaruhi jumlah oksigen (O₂) di dalam darah arteri seperti: kontemplasi hemoglobin, derajat saturasi hb dengan oksigen (O₂), dan fraksi oksigen (O₂) yang terlarut di dalam plasma. gesekan parsial oksigen (O₂) di dalam darah arteri dan konstanta solubilitas oksigen (O₂) memengaruhi jumlah oksigen (O₂) yang terikat dengan hemoglobin dan terlarut di dalam plasma. Akibatnya, kadar - kadar oksigen (O₂) di dalam darah arteri dapat digambarkan sebagai berikut :

$$\text{CaO}_2 = (\text{Hb} \times 1,34 \times \text{SaO}_2) + (\text{PaO}_2 \times 0,0031)$$

Pada CaO₂ menunjukkan kadar oksigen (O₂) darah arteri, Hb menunjukkan kontemplasi hemoglobin, SaO₂ menunjukkan derajat saturasi hemoglobin dengan oksigen (O₂), PaO₂ menunjukkan geesekan parsial oksigen (O₂) dalam darah arteri, dan 0,0031 menunjukkan konstanta solubilitas oksigen (O₂) [23].

2.2.1.1 Teori Oksigen dalam Tubuh

Teori oksigen dalam tubuh bahwa oksigen digunakan dalam metabolisme hewan, manusia, dan laju konsumsi oksigen oleh suatu organisme meningkat seiring dengan tingkat aktivitas fisik. Karena sel adalah tempat konsumsi oksigen, sedangkan oksigen diambil dari udara sekitar, konsep aliran oksigen dari udara ke sel sepanjang jalur oksigen (di sini didefinisikan sebagai sistem pernapasan, dalam arti luas) segera dimulai. Untuk mendapatkan momentum. Aliran oksigen terjadi melalui sejumlah tahap peralihan, termasuk aliran ke paru-paru (ventilasi), perpindahan dari paru-paru ke darah (pada dasarnya difusi), pengangkutan konvektif oleh darah (sirkulasi) dan perpindahan dari darah ke jaringan (sekali lagi difusi).

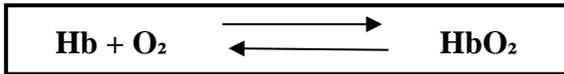
Konsep ini dapat ditelusuri kembali ke Paul Bert dan Claude Bernard pada paruh kedua abad kesembilan belas dan termasuk dalam definisi sistem pernapasan saat ini. Namun hubungan kuantitatif yang menggambarkan aliran oksigen dari udara ke sel adalah dirumuskan hanya pada masa yang lebih baru (Otis 1987; Piiper dkk. 1971, 1984; Piiper dan Scheid 1981; Rahn dan Fenn 1955; Shehard 1969). Masing-masing hubungan ini dapat

dinyatakan dengan persamaan yang memiliki analogi dengan hukum *Ohm*, di mana aliran oksigen didorong oleh gradien tekanan melawan berbagai hambatan secara seri. Kumpulan hubungan ini menjadi dasar konseptual teori kaskade oksigen pada sistem pernapasan [24].

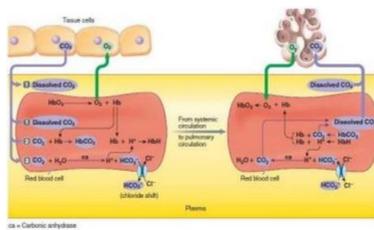
Oksigen adalah zat terpenting dalam kehidupan manusia karena setiap sel tubuh manusia membutuhkannya untuk melakukan fungsi metabolisme. Mengikuti gradien tekanan parsial, oksigen dan karbondioksida bergerak melalui membran tubuh melalui proses difusi pasif. Sebagian besar oksigen larut dalam cairan alveolus dan epitel tipis.

Oksigen kemudian berdifusi ke dalam kapiler-kapiler di dinding alveolus. Sebagian CO₂ dalam darah berdifusi ke alveolus, yang dapat dihembuskan keluar secara bersamaan. Paruparu dan organ lain mengalami difusi gas melalui gradien tekanan. Oksigen dan karbondioksida berdifusi dari tekanan parsial tinggi ke tekanan parsial rendah. Setelah difusi selesai, sirkulasi darah kemudian mengangkut oksigen ke semua sel tubuh yang membutuhkannya. Sementara itu, CO₂ diambil dari selsel ini oleh darah, yang kemudian diangkut kembali ke kapiler alveolus [9].

Pengangkutan oksigen dilakukan hemoglobin terjadi di dalam sel darah merah, berkisar 2-3% yang terlarut di dalam plasma darah. Hemoglobin sendiri berfungsi mengikat dan melepaskan oksigen, menurut reaksi :



Reaksi ini terjadi di jaringan paru-paru atau alveolus, dan reaksi ini terjadi di jaringan tubuh. Jika hemoglobin berfungsi untuk mengangkut oksigen, ada tiga cara karbondioksida dapat diangkut dari jaringan ke paru-paru: karbondioksida larut secara fisik, karbondioksida terikat pada hemoglobin, dan karbondioksida diubah menjadi HCO₃ melalui reaksi kimia yang terjadi dalam sel darah merah. Ini merupakan sekitar 60% dari proses tersebut [25].



Gambar 2.1 Mekanisme Pertukaran O₂ dan CO₂

2.2.1.2 Fraksi atau Terapi Oksigen

Intervensi medis yang dikenal sebagai terapi oksigen (O₂) melibatkan pemberian oksigen (O₂) untuk 20

mencegah atau memperbaiki hipoksia jaringan dan menjaga oksigenasi jaringan agar tetap adekuat. Ini dicapai melalui peningkatan masukan oksigen (O₂) ke dalam sistem respirasi, peningkatan kemampuan untuk mengangkut oksigen (O₂) ke sirkulasi, dan peningkatan pelepasan atau ekstraksi oksigen (O₂) dari jaringan.

Menurut riwayat medis dan pemeriksaan fisik, pasien dengan kecurigaan klinis hipoksia disarankan untuk menerima terapi oksigen (O₂). Terapi oksigen (O₂) diperlukan untuk pasien yang mengalami keracunan sianida, atau inhalasi gas karbon monoksida (CO), infark miokard, edema paru, cedera paru akut, sindrom gangguan pernapasan akut, dan fibrosis paru [23].

Fraksi oksigen pada oksigen konsentrator adalah persentase oksigen dalam campuran udara yang dihirup pasien. Fraksi inspirasi oksigen (FiO₂) juga disebut sebagai persentase oksigen dalam udara yang dihasilkan oleh alat oksigen konsentrator tersebut [4].

2.2.2 Pemberian Terapi Oksigen

Selama pemberian terapi oksigen (O₂), perlu diperhatikan apakah pasien benar-benar membutuhkan oksigen (O₂), apakah itu untuk tujuan jangka pendek (short-term oxygen therapy) atau panjang (long-term

oxygen therapy). Oksigen (O₂) yang diberikan harus diatur dalam jumlah yang tepat dan dievaluasi untuk memastikan bahwa terapi menghasilkan manfaat dan mencegah toksisitas.

a) Terapi Oksigen Jangka Pendek

Pasien dengan hipoksemia akut, seperti pneumonia, penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dengan eksaserbasi akut, asma bronkial, gangguan kardiovaskuler, dan emboli paru, memerlukan terapi oksigen (O₂) jangka pendek. Pada kondisi ini, oksigen harus segera diberikan dengan cukup karena pemberian oksigen (O₂) yang tidak cukup dapat menyebabkan kematian. Oleh karena itu, fraksi oksigen (O₂) (FiO₂) harus meningkat dari 60 hingga 100 persen dalam jangka waktu yang singkat sampai kondisi klinik membaik dan terapi khusus diberikan [23]. Tabel 2.1 menunjukkan pedoman untuk terapi oksigen (O₂). Pedoman ini didasarkan pada rekomendasi dari American College of Chest Physicians, National Heart, Lung, dan Institut Darah.

Tabel 2.1 Indikasi Terapi Oksigen (O₂) Jangka Pendek

Indikasi yang sudah direkomendasi:
Hipoksemia akut (Pao ₂ kurang dari 60 mmHg)

dan Sao2 kurang dari 90%)
Henti detak jantung dan napas
Hipotensi (tekanan darah sistolik kurang dari 100 mmHg)
Asidosis metabolik dan kadar jantung yang rendah (bikarbonat kurang dari 18 mmol/L)
Gangguan pernapasan (frekuensi pernapasan Lebih dari 24 kali/ menit)

b) Terapi Oksigen Jangka Panjang

Terapi oksigen (O₂) jangka panjang untuk pasien dengan kor pulmonal dan penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) dapat meningkatkan angka harapan hidup sekitar enam hingga tujuh tahun. Selain itu, dapat mengurangi angka kematian dan mencapai manfaat survival yang lebih besar pada pasien dengan hipoksemia kronis jika diberikan selama lebih dari dua belas jam setiap hari.

Saat ini disarankan bahwa pasien dengan hipoksemia (PaO₂ di bawah 55 mmHg atau SaO₂ di bawah 88%) diberikan terapi oksigen (O₂) secara terus menerus selama 24 jam setiap hari karena kondisi pasien menjadi lebih baik dengan pemberian terapi oksigen jangka panjang. Pasien dengan PaO₂ di bawah 56 sampai 59 mmHg atau SaO₂ di atas 89% juga membutuhkan terapi oksigen untuk jangka panjang waktu yang lama.

Dalam kasus-kasus ini merupakan awal terapi oksigen (O₂). [23].

Dalam dua bulan, pasien yang mengindap terapi oksigen (O₂) jangka panjang harus dievaluasi lagi untuk mengetahui apakah hipoksemia mereka tetap atau mengalami perbaikan, dan untuk menentukan apakah terapi oksigen (O₂) masih diperlukan. Tabel 2.2 menunjukkan indikasi terapi oksigen (O₂) jangka panjang yang direkomendasikan.

Tabel 2.2 Indikasi Terapi Oksigen (O₂) Jangka Panjang

Pemberian oksigen (O₂) secara kontinyu:
PaO ₂ istirahat \leq 55 mmHg atau SaO ₂ \leq 88%
PaO ₂ istirahat 56-59 mmHg atau SaO ₂ 89% pada salah satu
Keadaan: Pada pemeriksaan elektrokardiogram, edema pulmonal yang disebabkan oleh CHF P (gelombang P lebih dari 3mm pada lead II,III, dan aVF)

- a. Pasien yang mengalami depedensi napas yang parah dan memiliki rintihan utama dispeneu ; namun, PaO₂ lebih atau sama dengan 60 mmHg dan tidak mengalami hipoksia kronis.

- b. Pasien yang terus merokok karena kemungkinan buruk dan risiko yang lebih tinggi dari kebakaran.

2.2.3 Kalibrasi Alat

Menurut Peraturan Menteri Kesehatan Nomor 54 Tahun 25, pengujian dan kalibrasi alat kesehatan adalah prosedur yang dilakukan untuk memeriksa alat kesehatan secara fisik dan melakukan pengukuran untuk memastikan bahwa pengukuran yang dilakukan adalah akurat dengan membandingkan alat yang diuji dengan standar yang ditetapkan. Hasil dari pengujian dan kalibrasi ini dinyatakan dalam laporan tertulis yang menegaskan apakah alat kesehatan tersebut sesuai atau tidak sesuai untuk digunakan, berdasarkan hasil dari proses pengujian dan kalibrasi. [26].

Terdapat dua jenis kalibrasi di Indonesia yakni sebagai berikut :

1. Kalibrasi teknis adalah kalibrasi alat ukur yang tidak langsung berkaitan dengan perdagangan, oleh laboratorium kalibrasi yang diakui secara nasional.
2. Kalibrasi ilegal adalah kalibrasi peralatan alat ukur untuk kebutuhan perdagangan yang dilakukan oleh Direktorat Metrologi Departemen Dagang.

2.2.3.1 Tujuan Kalibrasi

Kalibrasi dilakukan untuk meningkatkan akuntabilitas dan kualitas pelayanan Balai Pengujian Fasilitas Kesehatan dan Institusi Pengujian Fasilitas Kesehatan dalam pengujian dan kalibrasi alat kesehatan. Kalibrasi juga bertujuan untuk memastikan bahwa alat kesehatan tersedia dan sesuai dengan standar pelayanan, persyaratan mutu, keamanan, keuntungan, keselamatan, dan layak digunakan di fasilitas kesehatan dan tempat lain.

2.2.3.2 Manfaat Kalibrasi

Manfaat dari kalibrasi adalah mendukung sistem mutu yang diterapkan dalam berbagai industri pada alat-alat kesehatan dan produksi yang dimiliki. Melalui kalibrasi, dapat diketahui perbedaan antara nilai yang benar dengan nilai yang ditunjukkan oleh alat ukur. Secara umum, kalibrasi adalah proses membandingkan nilai pada alat ukur dengan standar nasional atau internasional yang dapat ditelusur.[27].

Setelah kalibrasi selesai dilakukan, langkah berikutnya adalah membuat sertifikat kalibrasi yang berisi hasil dari nilai yang diukur. Sertifikat kalibrasi menyatakan apakah suatu alat ukur layak atau tidak

layak, dan juga mencantumkan analisis ketidakpastian. Ada beberapa tipe ketidakpastian, yaitu :

1. Ketidakpastian Tipe A (UA) adalah sumber ketidakpastian yang berasal dari penentuan dengan metode statistik., Dengan koefisien sensitivitasnya adalah 1. Rumus dari ketidakpastian tipe A sebagai berikut:

$$UA = \frac{stdv}{\sqrt{n}} (1)$$

Keterangan :

UA = Ketidakpastian

Stdv = Standart deviasi

n = Banyaknya jumlah pengukuran

2. Ketidakpastian Tipe B (UB) adalah sumber ketidakpastian yang berasal dari informasi ilmiah seperti sertifikat kalibrasi ataupun jurnal ilmiah. Rumus ketidkapatian tipe b sebagai berikut

$$UB = \frac{\text{Ketidakpastian dari informasi}}{k} (2)$$

Keterangan:

UA = Ketidakpastian

k = Faktor cakupan bernilai 2

3. Ketidakpastian Gabungan (UC) adalah gabungan ketidakpastian baik tipe A maupun tipe B.

$$UC = \sqrt{UA^2 + UB^2} \quad (3)$$

4. Ketidakpastian bentangan yaitu besaran yang mendefinisikan interval di sekitar hasil pengukuran yang diharapkan mencangkup sebagian besar distribusi nilai yang dapat diberikan pada besaran ukur. Sedangkan faktor cangkupan yang terdapat perhitungan ketidakpastian tipe B yaitu faktor numerik yang digunakan sebagai pengali terhadap ketidakpastian baku gabungan untuk memperoleh ketidakpastian bentangan (U95)

$$U95 = |k| \times UC \quad (4)$$

Keterangan:

UC = ketidakpastian gabungan

k = Faktor cakupan bernilai 2

Pada lembar Analisa Ketidakpastian terdiri dari tabel U (ketidakpastian dari sertifikat kalibrasi), faktor cakupan, dan nilai U95

$$U = \frac{m}{\frac{2}{\sqrt{3}}} \quad (5)$$

Keterangan:

m = Nilai mutlak

Kemudian hasil dari tabel U dikali dengan faktor cakupan. Faktor cakupan yaitu faktor pengali pada ketidakpastian sehingga membentuk tingkat kepercayaan atau ketidakpastian bentangan (U95). Dari hasil rumus dibawah ini maka akan dapat ditentukan laik atau tidaknya alat. Rumus U95 adalah sebagai berikut.

$$U95 = |k| \times U \quad (6)$$

Keterangan:

95 = Tingkat kepercayaan

k = Faktor cakupan

U = Nilai ketidakpastian

2.2.4 Konsentrator Oksigen

Konsentrator oksigen merupakan alat kesehatan yang digunakan untuk memberikan oksigen kepada seseorang dengan gangguan pernapasan tanpa perlu mengisi ulang tabung. Alat ini diharapkan dapat memenuhi kebutuhan oksigen masyarakat yang mengidap gangguan pernapasan [8]. Secara keseluruhan oksigen konsentrator berkerja dengan cara menghirup serta mengompresi udara kemudian melewati tabung berisi zat kimia yang dapat menghilangkan nitrogen, dan keluarlah oksigen kelas medis yang disimpan dalam tangki penyimpanan sebelum disuplai ke pasien [4]

Keluaran yang dihasilkan oleh alat Oksigen Konsentrator memiliki kualitas Oksigen (O₂) dengan standar keluaran tekanan kerja : 4 – 5 bar dan komposisi unsur yaitu oksigen (O₂) dengan fraksi oksigen > 90.0% Ini berarti bahwa oksigen yang dihasilkan oleh alat oksigen konsentrator tersebut memiliki konsentrasi oksigen sekitar > 90.0%. Karena tabung oksigen untuk kesehatan harus memenuhi persyaratan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 4 Tahun 2016 tentang kualitas dan spesifikasi oksigen (O₂), serta persyaratan kualitas dan spesifikasi gas medik dan vakum medik.

1. Kualitas Oksigen (O₂) dari Liquid Oksigen/Pabrikana
 - a. Standar keluaran tekanan kerja : 4-5 bar.
 - b. Komposisi Unsur :
 - 1) Oksigen (O₂) Pabrikana : > 99,5%
 - 2) Karbon Dioksida (CO₂) : < 5,0 Ppm
 - 3) Karbon Monoksida (CO) : < 5,0 Ppm
 - 4) Nitrogen (N₂) : < 100,0 Ppm
 - 5) Argon (Ar) : < 0,5 Ppm
 - 6) *Methane* (CH₄) : < 50,0 Ppm
 - 7) Hidrogen (H₂) : < 5,0 Ppm
 - 8) Nitrogen oksida (N₂O) : < 5,0 Ppm

9) *Moisture* (H₂O) : < 25,0 Ppm

- c. Oksigen harus dipisahkan dari bahan seperti minyak, oli, gemuk, dan bahan lain yang mudah terbakar.
- d. Tabung oksigen harus dijauhkan dari panas yang tinggi karena dapat meledak jika terkena panas yang tinggi. Selain itu, tabung harus dijauhkan dari zat – zat yang dapat menyebabkan karatan atau kerusakan. Suhu silinder tidak boleh melampaui 520 C.

2. Kualitas Oksigen (O₂) dari Oksigen Konsentrator

a. Standar Keluaran tekanan kerja : 4-5 bar

b. Komposisi Unsur :

1) Oksigen (O₂) Konsentrator : > 90,0%

2) Karbon Dioksida (CO₂) : < 5,0 Ppm

3) Karbon Monoksida (CO) : < 5,0 Ppm

4) Nitrogen (N₂) : < 100,0 Ppm

5) Argon (Ar) : < 0,5 Ppm

6) *Methane* (CH₄) : < 50,0 Ppm

7) Hidrogen (H₂) : < 5,0 Ppm

8) Nitrogen Oksida (N₂O) : < 5,0 Ppm

9) *Moisture* (H₂O) : < 25,0 Ppm

Tabung Oksigen Kesehatan harus memenuhi Standar Nasional Indonesia (SNI). SNI adalah standar yang dibuat dan ditetapkan oleh BSN (Badan Standardisasi Nasional) dan digunakan untuk berbagai produk yang dibuat oleh orang Indonesia, baik itu produksi perorangan maupun oleh organisasi atau perusahaan. [22].



Gambar 2.2 Konsentrator

2.2.4.1 Resiko pada Alat Konsentrator Oksigen

Penggunaan alat konsentrator oksigen dalam pengobatan medis sangatlah penting, namun perlu diingat bahwa ketidaksesuaian tekanan atau laju aliran dapat berpotensi menyebabkan risiko kesehatan yang serius. Salah satu bahaya yang dapat timbul adalah ketidakmampuan alat konsentrator oksigen untuk

menyediakan konsentrasi oksigen yang sesuai dengan kebutuhan pasien. Jika tekanan atau laju aliran tidak terpenuhi atau tidak sesuai, pasien mungkin tidak mendapatkan kadar oksigen yang cukup untuk memenuhi kebutuhan respiratorinya.

Keadaan seperti itu dapat meningkatkan risiko hipoksia, dimana terdapat masalah dengan ketersediaan oksigen dan penghilangan karbon dioksida. Sehingga Kadar oksigen dalam darah kurang memadai, yang dapat mengakibatkan gangguan fungsi organ vital dan bahkan mengancam jiwa [28]. Kondisi medis tertentu, seperti penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) atau penyakit pernapasan lainnya, membuat pasien sangat rentan terhadap fluktuasi kadar oksigen yang signifikan. Oleh karena itu, penting bagi pengguna alat konsentrator oksigen untuk memahami dengan baik pengoperasian perangkat dan memastikan bahwa tekanan dan laju aliran diatur sesuai dengan rekomendasi medis.

Selain itu, ketidaksesuaian tekanan atau laju aliran pada alat konsentrator oksigen juga dapat menyebabkan ketidakstabilan alat itu sendiri, meningkatkan risiko kerusakan, atau bahkan kegagalan fungsi. Oleh karena itu, pemeliharaan rutin dan pengawasan oleh teknisi yang

terlatih sangat penting untuk memastikan bahwa alat konsentrator oksigen beroperasi secara optimal. Karena fasilitas (termasuk bangunan), infrastruktur, peralatan, serta keselamatan dan keamanan lingkungan dikelola sesuai dengan hukum dan dipertimbangkan dalam Manajemen Fasilitas dan Keselamatan, dengan memperhatikan manajemen risiko [29].

Sebagaimana dijelaskan oleh Rina et al. (Jurnal, 2021), Sistem Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja (SMK3) menetapkan bahwa Pasal 1 Peraturan Menteri Tenaga Kerja Nomor PER. 05/MEN/1996 merupakan komponen penting dari sistem manajemen yang lebih besar. Termasuk struktur organisasi, perencanaan, tanggung jawab, pelaksanaan, prosedur, proses, dan sumber daya yang diperlukan untuk mengembangkan dan menerapkan kebijakan keselamatan dan kesehatan kerja. Tempat kerja harus aman, produktif, dan efisien dengan mengendalikan risiko kegiatan kerja [30].

Dalam konteks penggunaan alat konsentrator oksigen, keselamatan pasien harus selalu menjadi prioritas utama. Pengetahuan yang baik tentang cara menggunakan alat tersebut, pemahaman terhadap

parameter teknis, dan pemeliharaan yang teratur adalah langkah-langkah krusial untuk mengurangi risiko dan memastikan penggunaan alat konsentrator oksigen yang aman dan efektif dalam konteks perawatan kesehatan.

2.2.4.2 Panduan Penggunaan Laju Aliran pada Alat Konsentrator Oksigen

Laju aliran pada oksigen konsentrator diukur dalam liter per menit (Lpm) dan dapat diatur sesuai dengan kebutuhan pasien. Penggunaan laju aliran yang tepat sangat penting untuk memastikan pasien menerima jumlah oksigen yang sesuai dengan kondisinya. panduan umum untuk penggunaan laju aliran 1 hingga 5 Lpm pada oksigen konsentrator :

- 1 Lpm: Laju aliran 1 Lpm biasanya digunakan untuk pasien dengan gangguan pernapasan ringan, seperti ketika hanya membutuhkan oksigen tambahan saat beristirahat atau tidur.
- 2 Lpm: Laju aliran 2 Lpm umumnya digunakan untuk pasien dengan tingkat kebutuhan oksigen yang sedang, misalnya pada kasus gangguan pernapasan yang lebih serius atau selama aktivitas fisik ringan.
- 3 Lpm: Laju aliran 3 Lpm bisa diterapkan pada pasien yang membutuhkan oksigen tambahan selama

aktivitas fisik yang lebih intens atau jika tingkat oksigen dalam darahnya menurun.

- 4 - 5 Lpm: Laju aliran 4 – 5 Lpm sering digunakan untuk pasien dengan kebutuhan oksigen yang lebih tinggi, seperti dalam kasus penyakit paru obstruktif kronis (PPOK) atau kondisi pernapasan lain yang serius.
- 6 - 7 Lpm: Laju aliran 6 - 7 Lpm digunakan pada pasien yang membutuhkan suplai oksigen tinggi, misalnya dalam kasus gangguan pernapasan akut yang mengancam nyawa.

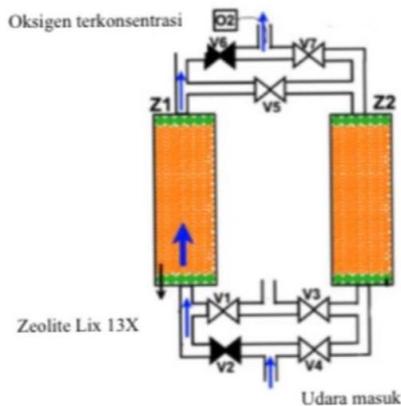
Perlu digaris bawahi bahwa sangat penting mengikuti rekomendasi dan petunjuk dokter atau tenaga medis terkait penggunaan oksigen konsentrator dan laju aliran yang tepat untuk pasien tertentu. Laju aliran yang terlalu rendah mungkin tidak cukup efektif, sementara laju aliran yang terlalu tinggi dapat menyebabkan risiko efek samping atau bahaya lainnya bagi pasien.

2.2.5 Siklus Kerja *Pressure Swing Adsorption*

Pemisahan udara menggunakan metode PSA ini merupakan proses regeneratif (siklik) [9]. Sistem PSA ini memiliki empat siklik atau langkah yang akan berkerja secara siklus atau yang biasa disebut siklus empat

langkah. tekanan diterapkan pada langkah 1 untuk menyerap nitrogen dan menghasilkan oksigen, kemudian diayunkan pada langkah 2 untuk membersihkan nitrogen jenuh dari tabung *molecular sieve* 1 menggunakan oksigen murni yang diproduksi oleh tabung *molecular sieve* 2.

Pada langkah 3, oksigen murni dikumpulkan lagi dari tabung *molecular sieve* 2 sebelum jenuh. Akhirnya pada langkah 4, lapisan *zeolite* yang dihasilkan kembali dalam tabung *molecular sieve* 1 digunakan untuk membersihkan nitrogen jenuh dari tabung *molecular sieve* 2. Berikut penjelasan pada gambar:

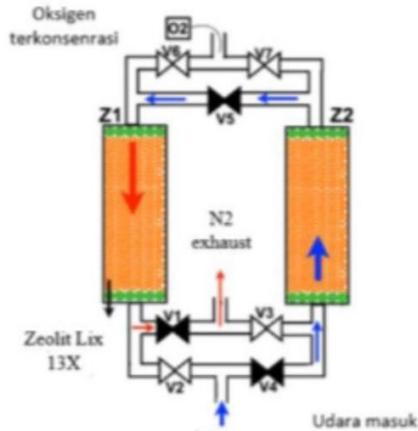


Gambar 2.3 Langkah 1 Pemisahan Oksigen

Pada Gambar 2.3 *Valve* V2 dibuka *valve* V4 ditutup untuk mengoperasikan tabung *molecular sieve* 1

(Z1). Valve V1 juga ditutup untuk mencegah udara terkompresi agar tidak keluar kembali ke ruangan.

Udara yang mengalir dari *valve* V2 menuju ke tabung Z1 untuk proses penyaringan. Lalu *valve* V5 tertutup dan *valve* V6 terbuka maka oksigen hasil penyaringan pada tabung Z1 dikeluarkan melalui *valve* V6 untuk menuju *product tank*.

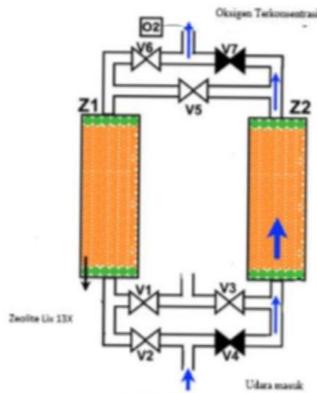


Gambar 2.4 Langkah 2 Pemisahan Nitrogen dan Gas Lain

Pada gambar 2.4 diatas merupakan langkah kedua dari pemisahan oksigen. Seperti yang terlihat pada gambar diatas, *Valve* V2, V3, V6 dan V7 ditutup menyisakan *valve* V1 ,V4, V5 yang terbuka. Ditutupnya

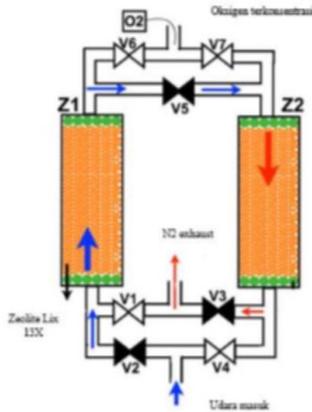
Valve V3 dan V7 sehingga dapat melewati udara yang terkompresi melewati tabung Z2.

Oksigen murni yang keluar dari Z2 melewati valve V5 untuk menuju tabung Z1 untuk membersihkan zeolite dari Nitrogen yang teradsorpsi. Valve V1 terbuka untuk melepaskan nitrogen ke ruangan.



Gambar 2.5 Langkah 3 Pemisahan Oksigen tabung Z2

Pada gambar 2.5 diatas valve yang terbuka adalah valve V4 dan V7 sedangkan yang lainnya tertutup sehingga udara masuk ke tabung Z2 dan memulai proses penyaringan di tabung Z2 sama seperti pada Langkah pertama.



Gambar 2.6 Langkah 4 Pemisahan Nitrogen tabung Z2

Pada gambar 2.6 diatas adalah Langkah keempat. Dengan menutup *valve* V1, V4, V6 dan V7 dan membuka *valve* V2, V3 dan V5. Dengan dibukanya *valve* V3 dan V5 udara memasuki tabung Z1 dan oksigen murni melewati *valve* V5 menuju ke tabung Z2 untuk menghilangkan nitrogen dari lapisan zeolite nya.

Langkah 1 – 4 ini akan diulangi secara berurut sehingga akan mendapatkan output oksigen terus menerus. Siklus empat langkah inilah yang disebut *Pressure Swing Adsorption*. Langkah pertama untuk menyerap nitrogen dan menghasilkan oksigen, kemudian diayunkan pada langkah kedua untuk membersihkan nitrogen jenuh dari tabung Z1 menggunakan oksigen murni yang diproduksi oleh tabung Z2. Pada langkah 3,

oksigen murni dikumpulkan lagi dari Z2 sebelum jenuh. dan pada langkah 4, lapisan *zeolite* yang dihasilkan kembali dalam tabung Z1 digunakan untuk membersihkan nitrogen jenuh dari tabung Z2.

Proses PSA ini memungkinkan output oksigen mendekati kontinu, Pada langkah 2 dan 4 proses untuk membersihkan nitrogen dari tabung *zeolite*. Oleh karena itu diperlukan tangki penyimpanan oksigen sebelum dilanjutkan ke pasien. Tangki akan menyediakan pasokan oksigen terkonsentrasi yang berkelanjutan kepada pasien yang membutuhkan sehingga pasien tetap mendapatkan pasokan oksigen medis durasi atau siklus pada langkah 2 dan 4 sedang terjadi. Selain itu, tangki penyimpanan juga berfungsi seperti kapasitor di sirkuit listrik untuk memperlancar fluktuasi. Sama seperti kapasitor menyimpan muatan, tangki menyimpan oksigen, dan jika ada fluktuasi tekanan di hulu, mereka dihaluskan oleh oksigen yang disimpan [10].

2.2.6 Kompresor

Kompresor adalah suatu mesin yang berfungsi untuk meningkatkan tekanan dan dapat memampatkan gas atau udara. Untuk menghasilkan tenaga, kompresor seringkali menggunakan motor listrik sebagai tenaga

penggeraknya. Udara bertekanan yang dihasilkan oleh kompresor seringkali digunakan untuk mengontrol sistem pneumatik, mengecat dengan teknik *airbrush*, atau memompa udara ke dalam ban.

Secara umum kompresor dibedakan menjadi dua jenis, yaitu kompresor perpindahan positif dan kompresor dinamis. Kompresor perpindahan positif dibedakan menjadi dua jenis yaitu kompresor piston (kompresor bolak-balik) dan kompresor putar. Kompresor dinamis terbagi menjadi 2 jenis yaitu kompresor sentrifugal dan kompresor aksial [31].



Gambar 2.7 Kompresor

Tabel 2.3 Spesifikasi Kompresor *Oilless* :

PARAMETER DESCRIPTION	PARAMETER VALUE
<i>Voltase</i>	220V/50Hz
<i>Horsepower</i>	1 HP
Daya Listrik	750 Watt

Kapasitas Tangki	24 Liter
Kapasitas Aliran Udara	158 liter / menit
Kecepatan Mesin	1450 rpm
Diameter <i>Cylinder</i>	64 mm
Kapasitas Tekanan	8 Bar
<i>Insulation Class</i>	B
Kapasitor	25 uF
<i>Safety System</i>	<i>Automatic Pressure Switch</i>

2.2.6.1 Aturan Spesifikasi Kompresor pada Alat Konsentrator Oksigen

Secara umum, Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Pasal 1 Nomor 40 Tahun 2022 Tentang Persyaratan Teknis Bangunan, Prasarana, Dan Peralatan Kesehatan Rumah Sakit, pemerintah berkomitmen untuk menciptakan lingkungan kesehatan yang optimal di rumah sakit. Melalui fokus pada fungsionalitas, kesesuaian dengan lingkungan, pemenuhan standar pelayanan dan mutu, serta keamanan, juga memastikan bahwa bangunan dan peralatan memenuhi standar keselamatan. Persyaratan laik pakai menunjukkan bahwa semua komponen harus dapat digunakan sesuai dengan fungsinya tanpa membahayakan kesehatan atau keselamatan penggunanya baik teknisi elektromedis ataupun pasien pada rumah sakit yang

bertujuan dengan orientasi pada pelayanan di rumah sakit [32].

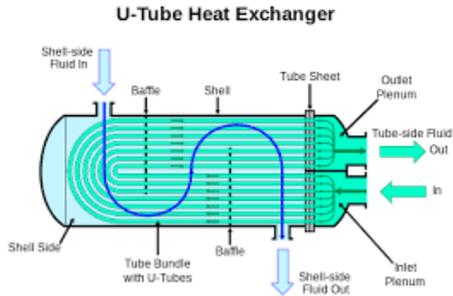
Demi untuk memastikan pelayanan terbaik yang diberikan oleh rumah sakit menurut Peraturan Menteri Kesehatan (Permenkes) Republik Indonesia Nomor 15 Tahun 2023 Tentang Pemeliharaan Alat Kesehatan di Fasilitas Pelayanan Kesehatan menetapkan bahwa spesifikasi kompresor sendiri harus memenuhi standar kesehatan yang telah ditetapkan sesuai dengan bagaimana pemeliharaan alat kesehatan guna mencegah potensi kontaminasi udara yang dapat berdampak negatif terhadap lingkungan medis dan pelayanan terhadap pasien [33].

Penggunaan kompresor pun semestinya memperhatikan SOP yang berlaku di fasilitas kesehatan karena dapat memberikan panduan praktis untuk mengelola kompresor dengan efektif. Mencakup aspek-aspek seperti instalasi yang benar, pemeliharaan berkala, dan prosedur keamanan operasional. Dengan memastikan bahwa spesifikasi kompresor sejalan dengan SOP, dan dengan adanya SOP dapat menciptakan lingkungan kerja yang aman dan efisien bagi tenaga medis dan pasien.

Dalam pengadaan dan penggunaan kompresor, kolaborasi antara pihak yang terlibat, seperti ahli kesehatan, petugas teknis, dan pengelola fasilitas kesehatan, menjadi krusial. Hal ini akan memastikan bahwa spesifikasi yang diadopsi memenuhi standar regulasi yang berlaku, meminimalkan risiko, dan mendukung penyediaan pelayanan kesehatan yang berkualitas tinggi.

2.2.7 Heat Exchanger

Banyak digunakan dalam proses industri susu, obat-obatan, dan lain-lain, *heat exchanger*, juga dikenal sebagai alat penukar panas, adalah alat yang berguna untuk menggabungkan suhu *fluida* yang berbeda. Setelah menambahkan *fluida* baru ke tangki yang sudah ada, proses ini diharapkan agar total *fluida* dalam tangki segera mencapai temperatur yang diinginkan.



Gambar 2.8 Heat Exchanger

Suhu *fluida* dapat diatur tanpa membuang energi melalui proses perpindahan panas ini, sehingga penggunaan energi dapat lebih optimal [34].

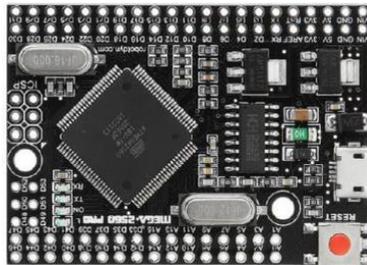
2.2.8 Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pro Mini

Mikrokontroler merupakan suatu rangkaian terintegrasi yang mencakup semua komponen utama komputer secara umum, yaitu prosesor, memori, perifer, *input*, dan *output*. Prosesor adalah otaknya, bagian dimana semua keputusan diambil dan perhitungan dapat dilakukan. Memori adalah tempat program utama dan komponen pengguna dijalankan.

Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pro Mini adalah varian kecil dan ringan dari Mikrokontroler Arduino Mega 2560. Didesain untuk memberikan fleksibilitas dalam proyek-proyek yang memerlukan ukuran yang lebih kecil dengan ukuran 38x55mm, 23 Arduino Mega

2560 Pro Mini tetap mempertahankan sebagian besar kemampuan dan fitur yang dimiliki oleh versi aslinya [35].

Arduino Mega 2560 adalah evolusi dari versi sebelumnya, Arduino Mega. Chip awalnya bernama Atmega1280, tetapi kemudian diganti menjadi Atmega2560. Arduino Mega 2560 berfungsi sebagai papan mikrokontroler berbasis ATmega 2560 dan memiliki 54 pin input atau output digital, 16 pin input analog, dan 4 pin UART (serial port hardened). *Oscillator* 16 Mhz, port USB, header ICSP, tombol reset, dan *jack* daya DC adalah fitur tambahan [36].



Gambar 2.9 Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pro Mini

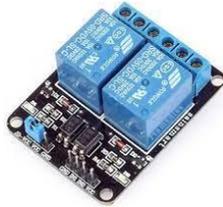
Tabel 2.4 Spesifikasi Mikrokontroler Arduino Mega 2560 Pro Mini

PARAMETER DESCRIPTION	PARAMETER VALUE
Catu Daya	6 ~ 12V
Tegangan Operasi	5V
Mikrokontroler	ATmega2560

<i>Chip USB</i>	CH340
Memori <i>Flash</i>	256KB
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
<i>Clock Speed</i>	16MHz
Analog I/O	16 Pin
<i>Digital I/O</i>	54 Pin
PWM	15 Pin
Arus Per Pin GPIO	40mA
Dimensi	33.3 x 18 m

2.2.9 Relay

Relay adalah komponen elektromekanikal yang dioperasikan secara listrik yang terdiri dari dua bagian utama: elektromagnet (*coil*) dan kontak mekanik (kontak saklar). *Relay* tipe *Single Pole Double Throw* (SPDT) memiliki lima pin yang memiliki kutub positif dan negatif pada *coil*. Tipe *relay* ini bekerja dengan prinsip bahwa ketika *coil* mendapat tegangan, kontak akan berpindah dari pin NC ke pin NO [37].



Gambar 2.10 Modul Relay

Tabel 2.5 Spesifikasi *Relay*

PARAMETER DESCRIPTION	PARAMETER VALUE
<i>Contact current</i>	10A, 250V AC or 30V DC.
<i>Each channel has indication LED.</i>	
<i>Coil voltage</i>	12V per channel.
<i>Kit operating voltage</i>	5-12 V
<i>Input signal</i>	3-5 V for each channel.
<i>Three pins for normally open and closed for each channel</i>	

2.2.10 Solenoid Valve

Katup *solenoid*, juga dikenal sebagai katup *solenoid*, adalah jenis katup yang dikendalikan dengan arus bolak-balik melalui *solenoid* atau kumparan. Dalam sistem *fluida* seperti sistem *pneumatik*, hidrolik, atau kendali mesin yang membutuhkan elemen kendali otomatis, *solenoid valve* sering digunakan. *Solenoid valve* dapat digunakan pada sistem udara bertekanan. Fungsinya adalah untuk mengontrol aliran udara

bertekanan ke *actuator pneumatic*, juga dikenal sebagai silinder [38].



Gambar 2.11 *Solenoid Valve*

Tabel 2.6 Spesifikasi *Solenoid Valve*

PARAMETER DESCRIPTION	PARAMETER VALUE
Tegangan	DC = 24 V
Tegangan	AC 50 Hz = 24 V, 110 V, 200 V, 230 V
Tegangan	AC 60 Hz = 24 V, 120 V, 220 V, 240 V
Toleransi Tegangan	+10% hingga -15% (AC), +10% sampai - 5% (DC)

2.2.11 *Molecular Sieve*

Molecular Sieve merupakan material dengan pori-pori (lubang yang sangat kecil) berukuran seragam. Sederhananya *molecular sieve* ini digunakan untuk menyerap nitrogen dan meloloskan oksigen. *Molecular sieve* yang digunakan adalah *Zeolite* karena interaksi tingkat tinggi antara *zeolite* dan udara.

Muatan positif molekul *zeolite* akan menginduksi moment quadrupolar nitrogen tiga kali lebih kuat dari oksigen, akibatnya nitrogen akan tertarik ke permukaan kristal *zeolite*, sedangkan oksigen melewati permukaan kristal *zeolite* seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 2.12 Molecular Sieve

Akan tetapi, interaksi *quadrupolar* jauh lebih lemah daripada interaksi dipolar oleh karena itu diperlukan desorpsi (penghilangan) nitrogen dari kristal *zeolite* yang akan dikeluarkan melalui saluran exhaust pada tabung *molecular sieve* [4]. Oleh karena hal tersebut, *zeolite* adalah *molecular sieve* yang cocok untuk sistem *pressure swing adsorption* (PSA).

2.2.12 Power Supply

Perkembangan pesat teknologi dan elektronika, kebutuhan akan pasokan daya listrik yang stabil dan handal menjadi semakin penting. Dalam pengoperasian perangkat elektronik, keberadaan *power supply* yang dirancang khusus sangat penting karena berfungsi untuk

menyediakan daya yang dibutuhkan oleh seluruh komponen agar rangkaian elektronik dapat berfungsi dengan baik [39]. Tanpa *power supply* yang tepat, banyak perangkat elektronik tidak dapat berfungsi dengan baik, dan ini memahami bahwa *power supply* adalah jantung dari segala kegiatan elektronik kita.



Gambar 2.13 Power Supply

Tabel 2.7 Spesifikasi *Power Supply*

PARAMETER DESCRIPTION	PARAMETER VALUE
INPUT	
<i>Input Voltage</i>	85 - 265 VAC
<i>Frequency</i>	47 - 63 Hz
OUTPUT	
<i>Output Power Maximum</i>	52.8 W
<i>Output Voltage</i>	24 V
<i>Output Current</i>	2.2 A
<i>Hold Up Time</i>	20 ms
<i>Line Regulation</i>	96 mV
<i>Load Regulation</i>	192 mV

<i>Ripple & Noise</i>	150 mV
<i>Overvoltage Protection</i>	30 - 34.8 V
<i>Overload Protection, Hiccup Trip & Auto Restart</i>	>104%
<i>Temperature Coefficient</i>	< 0.02% /°C
GENERAL	
<i>Efficiency</i>	82 / 84 %
<i>Operating Temperature (I)</i>	10 to + 71 °C
EMC	
<i>Emissions, FCC B EN55011 / EN55022</i>	<i>Yes</i>
SAFETY	
<i>UL/cUL, CB, CE Mark Approved</i>	<i>Yes</i>
<i>Weight</i>	280 g
<i>Size</i>	1.46 x 3.23 x 6.3 inches

Power supply adalah perangkat atau sistem yang mengubah sumber daya listrik, seperti listrik AC dari jaringan listrik umum atau baterai DC, menjadi tegangan dan arus yang diperlukan untuk mengoperasikan perangkat elektronik. Ini berfungsi sebagai jembatan antara sumber daya listrik yang tersedia dan perangkat elektronik yang memerlukan daya untuk berfungsi. Kualitas dan stabilitas daya yang disediakan oleh *power supply* memiliki dampak langsung pada kinerja, keandalan, dan umur panjang perangkat elektronik.

2.2.13 Regulator Oksigen

Regulator oksigen adalah perangkat medis penting yang sering kali tersembunyi dalam latar belakang, tetapi memiliki peran yang sangat vital dalam perawatan kesehatan modern. Regulator oksigen adalah perangkat pengatur yang dipasang di antara tabung oksigen dan pasien untuk mengatur aliran oksigen yang disalurkan kepada pasien. Kehadiran regulator oksigen sangat penting dalam mengatur jumlah oksigen yang sesuai dengan kebutuhan individu [40].

Alat ini dirancang dengan presisi untuk mengatur aliran oksigen yang diberikan kepada pasien dalam lingkungan medis. Regulator oksigen membantu menjaga kadar oksigen dalam darah pasien pada tingkat yang sesuai dengan kebutuhan medis mereka. Sebagai suatu perangkat yang tampaknya sederhana, regulator oksigen memiliki dampak besar pada perawatan pasien, khususnya bagi mereka yang mengalami masalah pernapasan atau membutuhkan terapi oksigen



Gambar 2.14 Regulator Oksigen

2.2.14 Sensor OCS 3F

Sensor *OCS 3F* adalah sebuah perangkat teknologi yang menghadirkan kemajuan signifikan dalam dunia sensorika dan pengukuran. Sensor ini memiliki kemampuan luar biasa untuk mendeteksi, mengukur, dan memantau berbagai parameter fisik dan lingkungan dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dalam prolog ini, kita akan menjelajahi berbagai aspek penting dari *Sensor OCS 3F*, termasuk fungsinya, kegunaannya, dan dampaknya dalam berbagai bidang kehidupan kita.



Gambar 2.15 Sensor OCS 3F

Tabel 2.8 Spesifikasi Sensor OCS 3F

PARAMETER DESCRIPTION	PARAMETER VALUE
<i>Range At Concentrimon</i>	21%~95. 6%
<i>Resolution</i>	0.1%
<i>Accuracy</i>	±1.5%FS@(5 - 55) °C
<i>Range Of Flow</i>	0~10L/min
<i>Resolution</i>	0.1L/min
<i>Accuracy</i>	#0.2L/min or 5% reading, which is bigger@(25 ±2) °C
<i>Response Time</i>	0. 55
<i>Warm Up Time</i>	Sensor works as soon as power on; 10s to within specified accuracy;
<i>Digital Output</i>	9600bps UART LSV TTL / 3.3V CMOS compatible
<i>Analog Output</i>	0-2, 5V (need oustomization)
<i>Led Output</i>	GREEN: Concentration >82%

	YELLOW: 82% <i>Concentration > 50%</i> RED: 50% > <i>Concentration</i> <i>(Settings are adjustable according to customer's requirement)</i>
<i>Direction</i>	<i>Unlimited</i>
<i>Operating Temperature Range</i>	0~50°C
<i>Operating Humidity Range</i>	5~85%RH
<i>Maximum Pressure</i>	150 kPa
<i>Power Supply</i>	+12V DC/50mA
<i>Dimensions</i>	120.5mm x 22mm x 22mm (L x W x H)
<i>Weight</i>	25g

Sensor *OCS 3F*, singkatan dari “*Optical Capacitance Sensor 3F*” adalah teknologi sensor canggih yang memanfaatkan prinsip kapasitansi optik untuk mengukur perubahan dalam berbagai parameter fisik seperti tekanan, suhu, kelembaban, dan banyak lagi. Kemampuan sensor ini untuk memberikan data yang akurat dan *real-time* membuatnya menjadi komponen yang sangat berharga dalam berbagai aplikasi, mulai dari industri manufaktur dan pemantauan lingkungan [41].

Sensor oksigen ultrasonic OCS-3F menggunakan teknologi ultrasonic untuk mendeteksi dan mengukur konsentrasi oksigen serta laju aliran udara. Sensor ini memiliki output digital UART (Transmitter Pengiriman Asynchronous Universal), output tegangan analog, dan lampu LED yang akurat dan real-time. Perbaikan terbaru dalam desain sensor oksigen ultrasonik memungkinkan pengukuran aliran yang akurat hingga 0 lpm [42].

Pada perancangan penelitian ini dilengkapi oleh sensor oksigen ultrasonic OCS-3F yang berfungsi untuk pembacaan keluaran oksigen berkonsentrasi yang dihasilkan alat, pembacaan laju aliran dan konsentrasi oksigen sehingga akan lebih mudah dalam proses pemantauan penggunaan oleh pasien [43].