

Perkembangan Prototipe Konsentrator Oksigen Portabel untuk Bayi di Dalam Inkubator

Cornelia Christiani Vianney^a, Raldi Artono Koestoer^{a,1}

^a*Heat Transfer Laboratory*, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, Depok, 16424

¹koestoer@eng.ui.ac.id

ABSTRACT

In recent years, there has been a noticeable rise in the prevalence of respiratory illnesses attributed to a variety of viruses, coupled with worsening air quality conditions, resulting in an escalated need for oxygen concentrators. Despite the widespread availability of these devices, they often lack in terms of accessibility, affordability, and efficacy. This article provides a comprehensive examination of the developmental journey of a prototype oxygen concentrator, evolving from its initial version to the third iteration. The process of prototyping entailed the application of reverse engineering methodologies and open-source materials. The initial prototype concentrated on evaluating fluid flow dynamics by assembling a specific array of parts [1]. The components used are commercially available items that are easily found in the local market. Subsequent prototypes brought about improvements in operational functionalities through the replacement and integration of components that enabled the measurement of oxygen levels using an oxygen sensor, achieving a 40% oxygen concentration at a flow rate of 2 liters per minute [2]. The forthcoming third prototype is geared towards the creation of a compact and lightweight portable model designed to operate silently, specifically for use with infants. The results of this iterative process are expected to yield significant advancements in efficient and portable oxygen concentrator technology.

Keywords: oxygen concentrator, prototype development, portable

Received 2 September 2024; **Presented** 2 Oktober 2024; **Publication** 20 Januari 2025

DOI: 10.71452/590644

PENDAHULUAN

Konsentrator oksigen digunakan sebagai alat medis yang digunakan untuk terapi oksigen bagi pasien yang memiliki gangguan pernapasan dengan menyediakan udara terkonsentrasi oksigen sebagai penopang pernapasan [3]. Udara sekitar disaring melalui proses adsorpsi nitrogen oleh media Zeolit dengan prinsip *pressure swing adsorption* (PSA) sehingga menyisakan udara terkonsentrasi oksigen sebagai keluaran <<>>. Penerapan terapi oksigen terutama diindikasikan untuk pasien yang menderita berbagai gangguan pernapasan yang menyebabkan berkurangnya kemampuan untuk bernapas secara efektif, sehingga memerlukan dukungan oksigen tambahan untuk mencegah kondisi serius yang dikenal sebagai hipoksemia atau kondisi rendahnya saturasi oksigen dalam jaringan tubuh <<>>.

Hipoksemia adalah masalah medis yang berdampak pada individu dari semua kelompok umur, termasuk populasi rentan seperti anak-anak. Menurut data dari Kementerian Kesehatan Indonesia pada tahun 2020

mencatat sebanyak 28.158 anak balita meninggal dunia. Dari jumlah tersebut, 19,13% kematian terjadi pada bayi berusia 29 hari hingga 11 bulan, dengan 14,5% di antaranya disebabkan oleh gangguan pernapasan [4]. Penggunaan konsentrator oksigen dapat menjadi salah satu upaya untuk menurunkan angka kematian bayi akibat masalah pernapasan [5].

Sebaliknya, pada hari kelima belas Juni tahun 2021, Kementerian Kesehatan, melalui siaran pers resmi, menyatakan bahwa peralatan oksigen konsentrator telah dimasukkan dalam daftar lengkap 79 perangkat medis yang dilarang diimpor ke negara tersebut. Tindakan peraturan ini diambil dengan tujuan eksplisit untuk mengoptimalkan dan memaksimalkan pemanfaatan perangkat medis yang diproduksi di dalam negeri di dalam fasilitas produksi negara itu sendiri. Pembentukan langkah-langkah peraturan tersebut berfungsi untuk memberikan dasar yang kuat bagi upaya berkelanjutan untuk memajukan pengembangan dan

produksi peralatan oksigen konsentrator yang bersumber dan diproduksi secara lokal.

Mengingat kondisi yang berlaku ini, upaya signifikan telah dimulai untuk mengeksplorasi kelayakan pembuatan konsentrator oksigen secara independen di pasar domestik. ((masukkan kertas oxycon literatur))

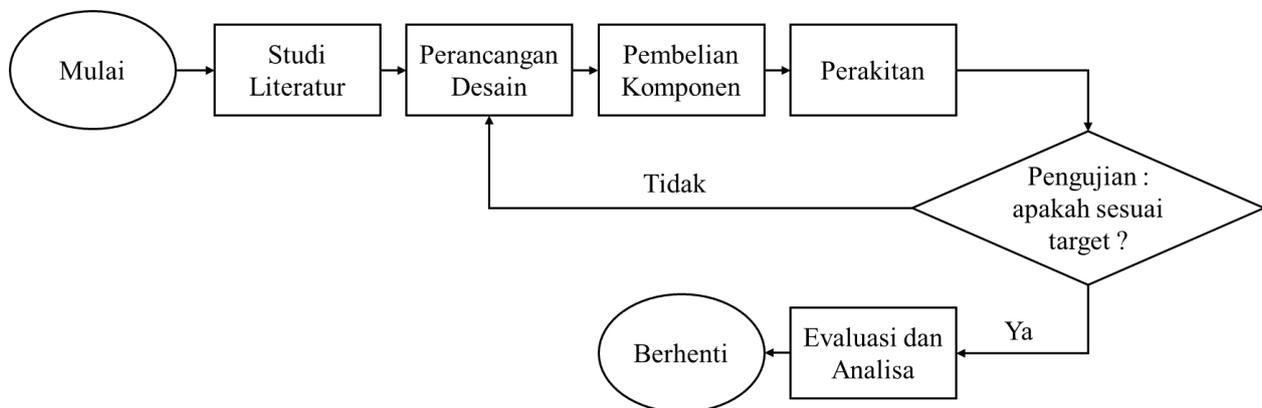
Saat ini, konsentrator oksigen yang telah dikembangkan terutama memenuhi kebutuhan pasien dewasa. Namun, seperti yang dirujuk dalam diskusi awal, sejumlah besar anak-anak, terutama mereka yang berada di kelompok usia balita, juga memerlukan terapi oksigen sebagai bagian dari perawatan medis mereka. Perlu diperhatikan bahwa pemberian terapi oksigen pada balita berbeda secara signifikan dari pada orang dewasa, mengingat bahwa balita biasanya hanya memerlukan tingkat

kemurnian oksigen tertentu untuk tujuan terapeutik, karena kerentanan organ dan sistem mereka yang sedang berkembang (0).

Penelitian ini dilakukan untuk melakukan pengembangan prototipe konsentrator oksigen terarah untuk pemakaian pada bayi atau balita. Tahap pengembangan diharapkan dapat terus meningkat sampai pada penggunaan secara aman untuk bayi dalam inkubator.

METODOLOGI

Secara umum, dua tahap pengembangan prototipe konsentrator oksigen yang telah dilakukan mengikuti suatu garis besar metode penelitian yang diilustrasikan dengan diagram alir pada Gambar 1. Metode *reverse engineering* diterapkan pada penelitian sebagai dasar referensi.



Gambar 1. Diagram alir umum pengembangan prototipe konsentrator oksigen tiap tahapan [1]

Studi Literatur

Referensi yang digunakan dalam penelitian merujuk pada konsentrator komersial yang dimiliki *Heat Transfer Laboratory*, Fakultas Teknik Universitas Indonesia, sumber terbuka perakitan konsentrator oksigen, dan literatur terkait sebagai panduan observasi fenomena yang terjadi pada operasional alat, terkhusus pada Pressure Swing Adsorption oleh Zeolit.

Perancangan Desain

Desain prototipe mencakup desain elektrikal kontrol konsentrator oksigen, desain perakitan komponen, serta desain parameter kerja alat. Desain rangkaian elektrikal mencakup penggunaan Arduino UNO sebagai kontrol utama kerja konsentrator oksigen, relay sebagai pengatur keaktifan komponen, dan solenoid valve sebagai kontrol utama jalur aliran

udara. Kerja katup solenoid diatur berdasarkan waktu untuk siklus PSA.

Pembelian Komponen

Komponen yang dipilih untuk prototipe adalah komponen yang dapat dengan mudah ditemukan di pasar dalam negeri.

Perakitan

Perakit merujuk pada desain perakitan yang digunakan, yang kemudian pada prototipe 2.0 dilakukan penambahan dan penggantian komponen.

Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada tiap tahapan pengembangan berbeda satu dengan lainnya. Pada prototipe 1.0, pengujian dilakukan terutama hannya berfokus untuk melihat kinerja alat saat beroperasi

untuk mengalirkan udara dari awal masuk, proses PSA dengan zeolite, sampai dengan keluaran.

Pada prototipe kedua, dilakukan pengujian laju aliran udara dan konsentrasi oksigen dengan menggunakan sensor oksimeter. Pengujian lainnya juga dilakukan dengan melakukan variasi waktu adsorpsi untuk mendapatkan konsentrasi oksigen tertinggi.

Pengembangan tahap ketiga akan merevisi desain rangkaian komponen pada prototipe 2.0 menjadi lebih kompak dan portabel. Rangka besi kubus akan diganti dengan tiang yang lebih kecil dan ringan. Rancangan pengujian yang dilakukan mencakup

HASIL DAN PEMBAHASAN

Prototipe 1.0

Tahap pengembangan pertama menghasilkan prototipe 1.0 konsentrator oksigen yang dirakit dengan menggunakan komponen yang didapat dari pasar dalam negeri. Hasil yang diperoleh dari a tabung PSA. Model prototipe 1.0 konsentrator oksigen ditunjukkan pada Gambar 1.

Prototipe 2.0

Prototipe kedua konsentrator oksigen menghasilkan keluaran udara mencapai Tingkat kemurnian oksigen sebesar dengan 40% dengan laju aliran mencapai 2 liter per menit (LPM). Waktu adsorpsi yang digunakan adalah 3 detik untuk setiap tabung pada satu siklus.

pengujian ulang aliran udara pada desain assembly komponen yang baru, pengukuran Tingkat kemurnian oksigen keluaran serta pengujian Tingkat kebisingan saat alat beroperasi guna menjaga kenyamanan bayi dalam inkubator.

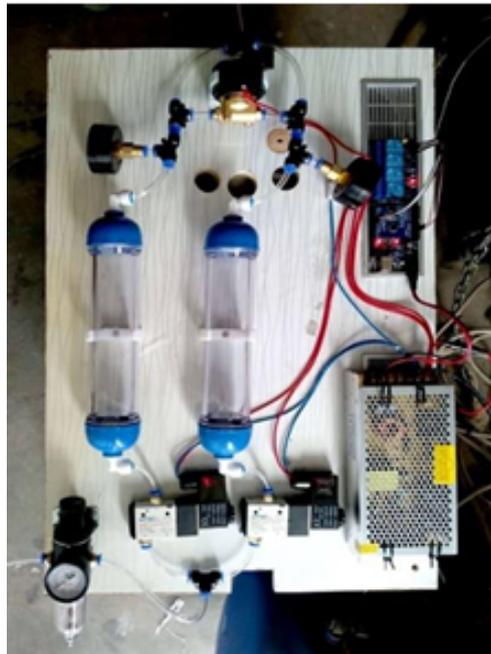
Evaluasi dan Analisa

Evaluasi dilakukan dengan mengecek kembali hasil yang didapatkan dibandingkan dengan target capaian serta literatur referensi. Hasil analisa kemudian dijadikan dasar pertimbangan untuk pengembangan prototipe konsentrator oksigen pada tahap selanjutnya.

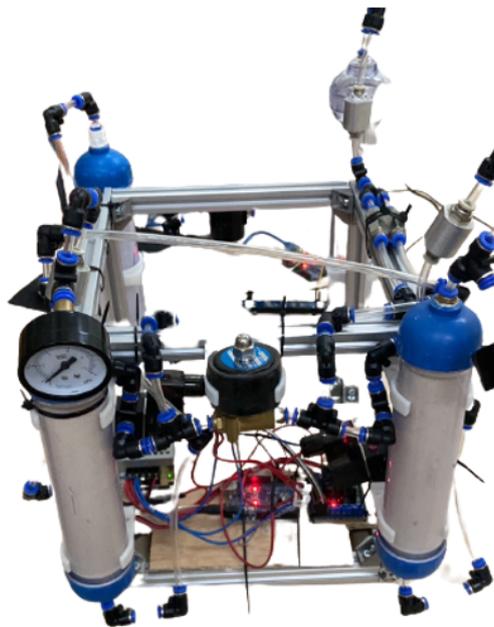
Penilaian aliran udara menunjukkan bahwa, dengan konfigurasi komponen yang dipilih, perangkat mampu menghasilkan kecepatan keluaran udara mulai dari 0.1 m/s hingga 0.3 m/s, di bawah kondisi tekanan kerja udara masuk 0.2 MPa. Volume total Zeolit yang digunakan dalam prototipe pertama ini adalah 500ml Zeolit tipe 13X yang didistribusikan ke dalam du

Prototipe 3.0

Desain rancangan prototipe 3.0 akan mengarah pada struktur rangkaian komponen yang lebih kompak dan portabel guna memaksimalkan akses pemindahan. Tingkat kemurnian oksigen dan Tingkat kebisingan alat juga menjadi pertimbangan dalam tahapan ini. Tahapan ini diharapkan dapat menjadi model prototipe yang siap uji kepada manusia.



Gambar 2. Prototipe 1.0 konsentrator oksigen [1]



Gambar 3. Prototipe 2.0 konsentrator oksigen [2]

Table 1. Tabel pengembangan prototipe konsentrator oksigen

Aspek Penelitian	Prototipe 1.0	Prototipe 2.0	Prototipe 3.0
Waktu adsorpsi	Tidak	Ya	Ya
Laju aliran keluaran	Ya	Ya	Ya
Konsentrasi oksigen keluaran	Tidak	Ya	Ya
Tekanan udara masuk	Ya	Ya	Tidak
Tingkat kebisingan alat	Tidak	Ya	Ya
Dimensi dan berat alat	Tidak	Tidak	Ya

KESIMPULAN

Proses pengembangan prototipe konsentrator oksigen menuju pada tahap ketiga yang merujuk pada penggunaan untuk bayi di dalam inkubator.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada pembimbing akademis penulis yang merupakan penulis kedua dari artikel ini, rekan penelitian selaku mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Indonesia yang menjadi peneliti utama pada tahap kedua pengembangan prototipe konsentrator oksigen, serta Tim Inkubator Universitas Indonesia.

KONTRIBUSI PENULIS

Penulis pertama berperan sebagai penulis original artikel ini dan pengambil serta pengolah data untuk pengembangan tahap pertama dan tahap ketiga yang akan datang. Penulis kedua berperan sebagai supervisor, pengarah utama keseluruhan penelitian dan *reviewer* artikel.

DANA PENELITIAN

Penelitian ini telah didanai oleh Yayasan Bayi Prematur Indonesia

DAFTAR PUSTAKA

[1] C. C. Vianney, A. Riantono, and R. A. Koestoer, "Design and Prototyping Oxygen Concentrator Simulator toward Low-cost and Portable System," presented at the The 3rd of International Mechanical and Industrial Engineering Conference (IMIEC) 2022,

Universitas Negeri Malang, Indonesia, 2022, 062.

[2] F. F. Amarullah, C. C. Vianney, A. Riantono, I. Roihan, and R. A. Koestoer, "Design and Prototyping Low-Cost Portable Oxygen Concentrator for Infant," presented at the International Symposium on Biomedical Engineering (ISBE 2023), Bali, Indonesia, 2023, 40.

[3] R. R. Vemula, M. Kothare, and S. Sircar, "Novel Design and Performance of a Medical Oxygen Concentrator Using a Rapid Pressure Swing Adsorption Concept," *AICHE Journal*, vol. 60, 09/01 2014, doi: 10.1002/aic.14518.

[4] D. K. P. J. Tengah, "Laporan Kinerja Instansi Pemerintah Tahun 2022," 2020.

[5] W. H. Organization, "Technical specifications for oxygen concentrators," 2015.