

Perancangan Konsep Sistem Pencampuran FiO_2 Pada Mesin GLP HFNC-01 Secara Otomatis dengan Menggunakan Metode Pahl and Beitz

Refi Amirul Rasyiid¹, Adri Maldy Subardjah²

^{1,2}Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Bandung, Bandung 40012

¹E-mail : refi.amirul.tpk17@polban.ac.id

²E-mail : amaldi@polban.ac.id

ABSTRAK

Pusat Penelitian Elektronika dan Telekomunikasi Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia Bandung (PPET LIPI Bandung) merupakan salah satu institusi yang membuat alat ventilator dengan nama GLP HFNC-01. Alat ini menggunakan mode *High Flow Nasal Cannula* (HFNC). Alat tersebut mempunyai kekurangan di dalam sistem pencampuran *fraction of inspired oxygen* (FiO_2) dimana kadar oksigen yang dihasilkan tidak dapat diatur sampai 21% namun pengaturan kadar oksigen hanya dapat diatur pada kisaran 50% - 100%. Lebih jauh lagi, pengaturannya masih manual dan menggunakan sebuah tombol yang diputar. Pada tugas akhir ini, munculah ide untuk merancang konsep sistem pencampuran FiO_2 pada mesin GLP HFNC-01 secara otomatis dengan menggunakan layar sentuh. Kadar oksigen yang dapat diatur pada alat yang dirancang berkisar antara 21% - 100% dan laju aliran dapat diatur sampai 60 LPM. Dalam merancang konsep, metode yang digunakan adalah Pahl and Beitz yang diawali dengan tahapan perencanaan lalu dilanjutkan dengan tahapan perancangan konsep. Terdapat 4 rancangan konsep yang dipilih berdasarkan kriteria teknik dan kriteria manufaktur. Hasil dari perancangan konsep ini adalah sketsa rancangan variasi konsep ke 1 dengan total nilai kriteria teknik dan kriteria manufaktur adalah sebesar 5,7.

Kata Kunci

Perancangan Konsep, Ventilator, HFNC

1. PENDAHULUAN

Ventilator merupakan alat bantu pernapasan yang berfungsi untuk menghasilkan aliran udara terkontrol pada pasien dan mengganti kerja otot dada pasien yang mengalami kelelahan atau kegagalan dalam melakukan pernapasan, seperti pasien tidak sadar karena obat bius, gangguan saraf motorik, pasien gangguan pernapasan *pneumonia*, penyakit paru-paru obstruktif kronik (PPOK), asma, dan pasien positif virus COVID-19 [1].

Pandemi COVID-19 sudah berjalan lebih dari 1 tahun di Indonesia, namun hingga saat ini kebutuhan alat ventilator masih belum cukup untuk menangani pasien COVID-19. Pada Maret 2020, Indonesia baru mempunyai 8.413 ventilator yang tersebar di lebih dari 2000 rumah sakit dengan cakupan yang belum merata. Pasien positif COVID-19 terus bertambah dan diprediksi dapat mencapai 54.278 kasus pada pertengahan Mei 2020 [2]. Sehingga, kebutuhan akan alat ventilator di Indonesia sangat tinggi. Dengan melihat kebutuhan tersebut, beberapa instansi di Indonesia menciptakan ventilator dengan fitur dan mode yang bermacam-macam

PPET LIPI Bandung merupakan salah satu institusi yang membuat alat ventilator sendiri dengan nama GLP HFNC-01 dan menggunakan mode *High Flow Nasal Cannula* (HFNC). GLP HFNC-01 merupakan alat terapi oksigen dengan aliran yang tinggi yang digunakan untuk mencegah pasien dengan gangguan pernapasan

yang masih bisa bernapas secara spontan untuk menggunakan ventilator invasif (ventilator dengan tabung yang dimasukan ke trakea). Alat ini digunakan untuk pasien COVID-19 tahap awal, penyakit paru-paru obstruktif kronik (PPOK), *restrictive thoracic disease* (RTD), penyakit neuromuskular dan *sleep apnea* [3].

Alat GLP HFNC-01 tidak dapat memberikan kadar oksigen pada kadar 21% (udara ruangan) namun pengaturan kadar oksigen hanya dapat diatur pada kisaran 50% - 100%. Alat ini pengaturannya masih manual dan menggunakan sebuah knop yang diputar. Maka dari itu, dilakukan perancangan konsep sistem pencampuran FiO_2 pada mesin GLP HFNC-01 dengan menggunakan metode Pahl and Beitz. Sehingga mesin dapat menyediakan kadar oksigen antara 21% - 100% dan dapat menyediakan laju aliran yang dapat diatur sampai lebih dari 60 LPM [4]. Alat ini diharapkan dapat diatur secara otomatis dengan menggunakan layar sentuh.

2. METODOLOGI

Metodologi yang digunakan untuk menyelesaikan masalah pada perancangan konsep sistem pencampuran FiO_2 pada mesin GLP HFNC-01 secara otomatis adalah metodologi perancangan Pahl and Beitz dengan tahapan perencanaan dan perancangan konsep yang dijelaskan dengan *flowchart* pada Gambar 1 [5].



Gambar 1. Flowchart Metodologi

2.1 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan merupakan tahapan awal dalam proses perancangan Pahl and Beitz. Hasil dari tahap ini yakni tuntutan yang dijadikan acuan dalam merancang mesin GLP HFNC-01. Tahap perencanaan diawali dengan mengkaji kebutuhan pengguna dan mengkaji produk eksisting yang akan dirancang yakni mesin GLP HFNC-01.

2.2 Tahap Perancangan Konsep

Tahap perancangan konsep merupakan tahapan untuk menentukan sketsa rancangan konsep terpilih. Tahapan ini dilakukan dengan langkah sebagai berikut:

1. Mendeskripsikan fungsi utama mesin GLP HFNC-01 dan membuat diagram fungsi utama.
2. Mendeskripsikan fungsi bagian mesin GLP HFNC-01.
3. Membuat tabel morfologi dari setiap fungsi bagian yang sudah ditentukan.
4. Membuat sketsa rancangan variasi konsep.
5. Menilai seluruh rancangan variasi konsep yang dihasilkan dengan penilaian kriteria teknik dan manufaktur

3. PEMBAHASAN

3.1 Tahap Perencanaan

Tahap perencanaan dilakukan dengan mengkaji kebutuhan pengguna melalui observasi dan diskusi

dengan pihak PPET LIPI Bandung. Hasil observasi dan diskusi diolah dengan menggunakan diagram *customer window* untuk menentukan fitur alat yang diabaikan, dieliminasi, dipertahankan, dan improvisasi. Diagram *customer window* ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Customer Window

Tahapan selanjutnya adalah mengkaji produk GLP HFNC-01 dengan penjelasan fungsi dan spesifikasi alat. Fungsi dari alat ini yakni untuk mencampurkan udara dan oksigen lalu mengalirkan campuran udara dan oksigen dengan kadar yang dapat diatur pada kisaran 50% - 100% ke ruang pelembab (*Humidification Chamber*). Spesifikasi alat ini ditunjukkan pada Tabel 1 [6].

Tabel 1. Spesifikasi GLP HFNC-01

No	Spesifikasi	Keterangan
1	Input Oksigen	Sentral oksigen medis
2	Input Udara	Udara medis
3	Laju Aliran Rendah	5-25 LPM
4	Laju Aliran Tinggi	30-60 LPM
5	Kadar Oksigen	50% - 100%
6	Filter	HEPA Filter
7	Ketahanan Baterai	2 Jam
8	Catu Daya	220V AC/222 W/1 A

Dari kajian kebutuhan pengguna serta kajian produk eksisting ditentukan tuntutan untuk alat GLP HFNC-01 adalah sebagai berikut:

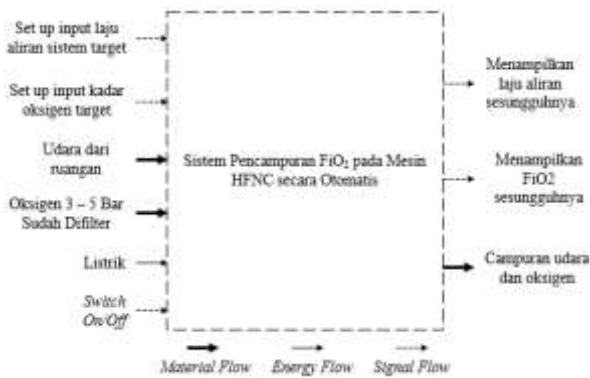
1. Kadar pencampuran FiO₂ berkisar diantara 21% (udara ruangan) sampai 100% (oksigen murni).
2. Input udara menggunakan blower sehingga dapat menghisap udara ruangan.
3. Flow atau laju aliran udara dapat diatur dari 10 LPM sampai 60 LPM.
4. Pengaturan laju aliran dan kadar oksigen diatur dengan menggunakan kontrol.
5. Pengaturan otomatis dibuat dengan menggunakan display layar sehingga operator tidak perlu merubah laju aliran dan kadar FiO₂ secara manual dengan menggunakan knop yang diputar.

3.2 Tahap Perancangan Konsep

Tahap perancangan konsep pada sistem pencampuran FiO₂ pada mesin GLP HFNC-01 secara otomatis dilakukan dengan tahapan sebagai berikut:

3.2.1 Deskripsi Fungsi Utama

Fungsi utama sistem pencampuran FiO₂ pada mesin GLP HFNC-01 secara otomatis adalah untuk mencampurkan udara dan oksigen lalu mengalirkan campuran udara dan oksigen dengan laju aliran dan kadar oksigen yang dapat diatur ke ruang pelembab (*Humidification Chamber*) sebelum diberikan kepada pasien. Gambar 3 merupakan diagram fungsi utama dari alat yang dirancang.



Gambar 3. Diagram Fungsi Bagian

3.2.2 Fungsi Bagian

Fungsi bagian merupakan penurunan dari fungsi utama sistem pencampuran FiO₂ pada mesin GLP HFNC-01 secara otomatis yang menunjukkan penjelasan proses dari awal hingga akhir. Fungsi bagian ini dijelaskan secara terperinci pada Tabel 2.

Tabel 2. Fungsi Bagian

No	Fungsi Bagian	Keterangan
1	Mengalirkan udara dan difilter	Berfungsi untuk mengalirkan udara
2	Mengalirkan oksigen	Berfungsi untuk mengalirkan oksigen
3	Mengatur laju aliran udara	Berfungsi untuk mengatur besar laju aliran udara
4	Mengatur laju aliran oksigen	Berfungsi untuk mengatur besar laju aliran oksigen
5	Nilai laju aliran sistem	Berfungsi untuk mengatur nilai laju aliran
6	Nilai kadar oksigen	Berfungsi untuk mengatur nilai kadar oksigen
7	Mencampurkan udara dan oksigen	Berfungsi untuk mencampurkan udara dan oksigen
8	Membaca nilai laju aliran sesungguhnya	Membaca nilai laju aliran dan menampilkannya di <i>display</i>
9	Membaca nilai FiO ₂ sesungguhnya	Membaca nilai kadar oksigen (FiO ₂) dan menampilkannya di <i>display</i>

3.2.3 Morfologi

Tabel 3 merupakan hasil alternatif terpilih dari setiap morfologi yang ditunjukkan dengan warna hijau.

Tabel 3. Morfologi Terpilih

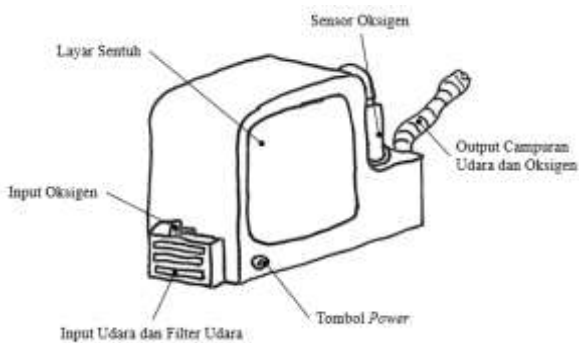
Fungsi Bagian	Morfologi		
	Alternatif A	Alternatif B	Alternatif C
1	<i>Blower</i> 	<i>Medical Air</i> 	
2	<i>Blower</i> 	<i>Medical Oxygen</i> 	
3	<i>Kecepatan Blower</i> 	<i>Solenoid Valve</i> 	
4	<i>Kecepatan Blower</i> 	<i>Solenoid Valve</i> 	
5	<i>Knop</i> 	<i>Mikrokontroler</i> 	
6	<i>Knop</i> 	<i>Mikrokontroler</i> 	
7	<i>Sumber 1 arah</i> 	<i>Sumber 2 arah</i> 	
8	<i>Analog Mass Flow Sensor</i> 	<i>Digital Mass Flow Sensor</i> 	
9	<i>Electro-galvanic Sensor</i> 	<i>Zirconia Oxygen Sensor</i> 	<i>Optical Oxygen Sensor</i>

3.2.4 Variasi Konsep

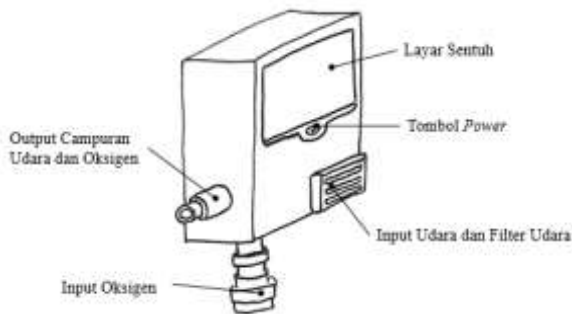
Variasi konsep (VK) merupakan penggabungan dari setiap alternatif solusi yang terpilih. Terdapat 4 variasi konsep yang dihasilkan dengan kombinasi alternatif solusi terpilih yang dijelaskan pada tabel 4. Seluruh variasi konsep ditampilkan pada Gambar 4, Gambar 5, Gambar 6, dan Gambar 7.

Tabel 4. Kombinasi Variasi Konsep

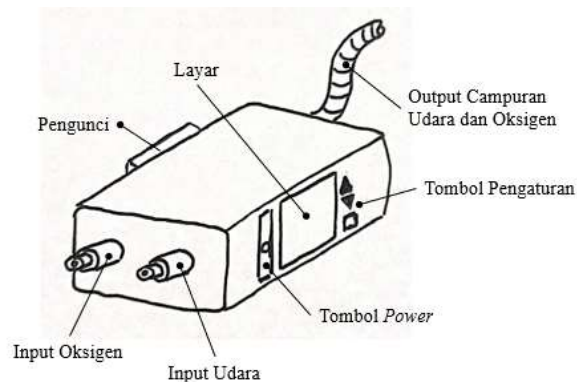
VK	Kombinasi								
	1A	2B	3A	4B	5B	6B	7B	8B	9A
1	1A	2B	3A	4B	5B	6B	7B	8B	9A
2	1A	2B	3A	4B	5B	6B	7A	8B	9A
3	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7A	8B	9A
4	1B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9A



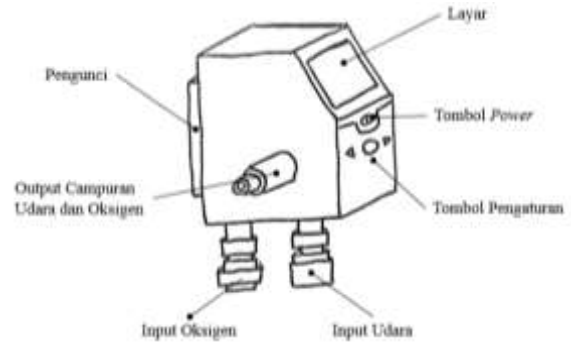
Gambar 4. Variasi Konsep 1



Gambar 5. Variasi Konsep 2



Gambar 6. Variasi Konsep 3



Gambar 7. Variasi Konsep 4

3.2.5 Penilaian Variasi Konsep

Penilaian variasi konsep dilakukan dengan menilai seluruh variasi konsep berdasarkan penilaian kriteria teknik dan manufaktur. Variasi konsep dengan nilai total kriteria teknik dan manufaktur tertinggi adalah variasi konsep yang dipilih. Tabel 5 dan Tabel 6 merupakan penilaian kriteria teknik dan manufaktur.

Tabel 5. Penilaian Kriteria Teknik

Kriteria	Nilai			
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
Laju aliran	0,6	0,6	0,3	0,9
Kemudahan pengoperasian	1,2	1,2	0,9	0,9
Kemudahan perawatan	0,1	0,1	0,2	0,2
Fitur	0,8	0,6	0,2	0,2
Keamanan	0,3	0,3	0,4	0,4
Total	3	2,8	2	2,6

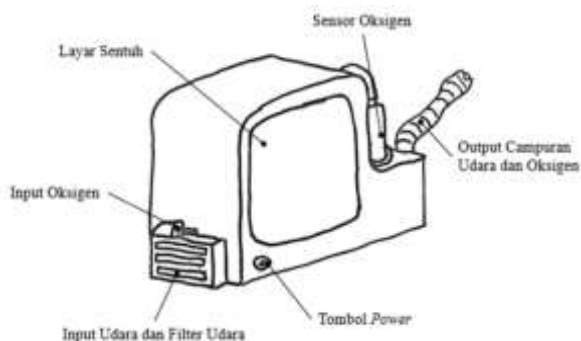
Tabel 6. Penilaian Kriteria Manufaktur

Kriteria	Nilai			
	Variasi 1	Variasi 2	Variasi 3	Variasi 4
Kemudahan manufaktur	0,9	0,9	0,6	0,6
Biaya komponen	0,2	0,2	0,3	0,3
Biaya manufaktur	0,6	0,6	1,2	0,9
Tempa pembuatan	0,4	0,4	0,4	0,4
Kemudahan perakitan	0,6	0,6	0,4	0,4
Total	2,7	2,7	2,9	2,6

4. HASIL

Hasil dari perancangan konsep adalah variasi konsep 1 dengan total nilai kriteria teknik dan kriteria manufaktur adalah sebesar 5,7. Konsep ini menggunakan *blower* untuk mengambil udara dari ruangan dan sumber oksigen berasal dari sentral gas oksigen rumah sakit atau tabung oksigen. Pencampuran udara dan oksigen pada konsep ini berasal dari 2 arah yang berbeda. Fitur pada konsep ini yakni menggunakan layar sentuh untuk

mengatur serta memonitor nilai laju aliran dan fraksi oksigen, konsep ini juga menggunakan sensor oksigen eksternal untuk mempermudah penggantian sensor oksigen. Pada bagian belakang alat ini terdapat pengunci untuk mengunci alat ke tiang medis pada rumah sakit. Gambar 8 merupakan sketsa variasi konsep 1.



Gambar 8. Konsep Terpilih

5. KESIMPULAN

Berdasarkan tahap perancangan yang telah dilakukan, didapatkan rancangan konsep variasi konsep 1 dengan total nilai kriteria teknik dan kriteria manufaktur adalah sebesar 5,7 dengan spesifikasi sebagai berikut:

1. Sumber udara menggunakan *blower* untuk mengambil udara ruangan.
2. Sumber oksigen berasal dari sentral gas oksigen rumah sakit atau tabung oksigen.
3. Pengaturan menggunakan layar sentuh untuk mengatur laju aliran dan kadar oksigen.
4. Menggunakan sensor oksigen eksternal untuk mempermudah penggantian sensor.
5. Menggunakan pengunci pada bagian belakang alat untuk dikunci ke alat tiang medis di rumah sakit.

6. SARAN

Saran dari perancangan konsep sistem pencampuran FiO_2 pada mesin GLP HFNC-01 adalah perancangan ini dapat dikembangkan menjadi prototipe dengan tahapan perancangan yakni perancangan detail berupa perhitungan komponen standar dan komponen non standar serta pembuatan dokumen berupa model 3D CAD dan gambar kerja. Analisis keamanan, ergonomi, biaya dan manufaktur juga dilakukan agar prototipe alat mudah untuk dimanufaktur, nyaman digunakan, murah, dan alat menjadi lebih baik.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] G. Mangku and T. Senapathi, Buku Ajar Ilmu Anestesia dan Reanimasi, Jakarta: PT Indeks Permata Puri, 2010.
- [2] Hello Health Group, "Infeksi," 18 Desember 2020. [Online]. Available: <https://hellosehat.com/infeksi/covid19/ventilator-untuk-covid-19/#gref>.
- [3] Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, "Riset Unggulan," [Online]. Available: <http://lipi.go.id/risetunggulan/single/gerlink-lipi-high-flow-nasal-cannula-01-glp-hfnc-01/>. [Accessed 2021 April 11].
- [4] Turkish Respiratory Society Intensive Care Working Group, "High Flow Nasal Oxygen Therapy: From Physiology to Clinic," *Eurasian Journal of Pulmonology*, pp. 54-55, 2017.
- [5] G. Pahl, W. Beitz, J. Feldhusen and K. Grote, Engineering Design A Systematic Approach Third Edition, London: Springer, 2007.
- [6] PT. Gerlink Utama Mandiri, "Alat Kesehatan," 5 Agustus 2020. [Online]. Available: <https://gerlink.id/portfolio-item/high-flow-nasal-cannula-glp-hfnc-01/>. [Accessed 15 Juni 2021].