

Pengembangan Sistem Otomatisasi Pengisian APAR: Inovasi Menuju Efisiensi dan Efektivitas

Surya Tri Saputra^{1*}, Bhima Shakti Arrafat², Supri³

¹Lalu Lintas Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang

²Teknik Pesawat Udara, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang

³Pertolongan Kecelakaan Pesawat, Politeknik Penerbangan Indonesia Curug, Tangerang

*Koresponden email: suryatri@ppicurug.ac.id

Diterima: 30 November 2024

Disetujui: 10 Desember 2024

Abstract

One of the fire extinguishers commonly used in various places and also utilized in practical training for students in the Aircraft Accident Rescue Program (Diploma Three) is the Portable Fire Extinguisher (APAR). In their learning, students are not only taught how to use APAR but also about its working system, maintenance, and refilling process. A drawback of the current APAR refilling process is the frequent spillage of dry chemical powder (DCP) and inaccurate measurements. The aim of this research is to design an automatic APAR refilling device that can serve as a learning tool for students. The method used is VDI 2221 (Verein Deutscher Ingenieure), a systematic approach for solving problems and optimizing the use of materials and technology. The outcome of this research is the development of a comprehensive APAR refilling device that integrates the removal of old DCP, refilling with new DCP, and nitrogen charging. The test results showed that the process of suctioning DCP powder and filling nitrogen for a 6 kg cylinder takes 7 minutes and 50 seconds. This tool makes the APAR refilling process easier, minimizes DCP spillage, and saves time during the refilling process.

Keywords: apar, fire, refilling

Abstrak

Salah satu alat pemadam kebakaran yang umum digunakan diberbagai tempat dan digunakan juga dalam praktek mahasiswa Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat Program Diploma Tiga yaitu Alat Pemadam Api Ringan (APAR). Dalam pembelajarannya, mahasiswa tidak hanya diberikan pengetahuan tentang penggunaan APAR namun juga bagaimana sistem kerja dan pemeliharaan serta pengisian pada tabung APAR. Kekurangan dari pengisian APAR yang selama ini dilakukan yaitu bubuk DCP (Dry Chemical Powder) yang sering tumpah dan akurasi yang tidak terukur dengan baik. Tujuan dari penelitian ini yaitu merancang sebuah alat pengisian APAR secara otomatis yang dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran mahasiswa. Metode yang digunakan yaitu VDI 2221 (*Verein Deutscher Ingenieure*). VDI 2221 merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan serta mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi. Hasil dari penelitian ini yaitu dihasilkannya suatu produk alat pengisian APAR yang menjadi 1 (satu) kesatuan dari mulai pengisapan bubuk DCP lama, pengisian DCP baru dan pengisian nitrogen. Hasil pengujian untuk pengisapan bubuk DCP sampai dengan pengisian nitrogen untuk tabung 6 kg membutuhkan waktu 7 menit 50 detik. Dengan adanya alat ini pengisian APAR menjadi lebih mudah, meminimalisir tumpahan bubuk DCP dan menghemat waktu proses pengisian tabung APAR.

Kata Kunci: apar, api, pengisian ulang

1. Pendahuluan

Kebakaran merupakan api yang tidak dapat dikendalikan dimana keadaannya di luar kemampuan manusia dan hal tersebut tidak diinginkan untuk terjadi[1][2]. Kebakaran menjadi salah satu jenis bencana yang cukup potensial dengan kerugian yang besar jika tidak mendapatkan perhatian dan penanganan yang cukup serius melalui upaya mitigasi bencana[3][4][5]. Mitigasi merupakan serangkaian tindakan yang dilakukan untuk mencegah dan mengurangi potensi resiko dan meminimalkan dampak dari resiko tersebut[6].

Politeknik Penerbangan Indonesia merupakan salah satu lembaga pendidikan dan pelatihan bidang penerbangan. Salah satu program studi yaitu Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat Program Diploma Tiga. Dimana program studi ini memberikan pengetahuan dan ketrampilan khusus dalam penanganan keadaan darurat dan pertolongan pada kecelakaan di bidang penerbangan. Salah satu materi

yang diajarkan adalah Fire Prevention and Protection. Dalam pembelajaran ini mahasiswa belajar tentang konsep dasar, ketentuan pencegahan dan perlindungan bahaya kebakaran serta prosedur pengelolaan sistem pencegahan dan perlindungan kebakaran di Bandar Udara.

Salah satu alat pemadam kebakaran yang umum digunakan diberbagai tempat dan digunakan juga dalam praktek mahasiswa program studi pertolongan kecelakaan pesawat program diploma tiga yaitu Alat Pemadam Api Ringan (APAR). APAR dirancang untuk memberikan respons cepat dan efektif dalam memadamkan kebakaran pada tahapan awal sebelum menyebar lebih luas[7][8]. APAR digunakan untuk memutuskan atau memisahkan tiga unsur penyebab kebakaran yaitu sumber panas, udara dan bahan bakar[9][10]. Keberadaan APAR memainkan peran penting karena tidak semua tempat dapat dijangkau dengan mudah oleh air dan memiliki air dalam jumlah yang cukup untuk memadamkan api[11]. APAR harus diletakkan pada posisi yang mudah terlihat dengan jelas[12][13]. Ketidakesesuaian letak penempatan akan mengakibatkan keterlambatan pada saat penanganan jika terjadi kebakaran[1] Inspeksi APAR dilakukan secara berkala agar alat pemadam tersebut dapat digunakan dengan baik pada saat kegiatan mendesak[14]. Untuk mempermudah dalam pelaksanaan inspeksi diperlukan perangkat lunak yang berbasis web[15].

Proses pengisian APAR (Alat Pemadam Api Ringan) melibatkan beberapa langkah kritis yang harus diikuti untuk memastikan bahwa alat ini siap digunakan kapan saja diperlukan. Setelah penggunaan atau selama pemeliharaan berkala, APAR perlu diisi ulang. Proses pengisian dimulai dengan memeriksa dan membersihkan unit dari sisa-sisa media pemadam yang lama, seperti bubuk kering atau foam, kemudian menimbang untuk memastikan bahwa tabung masih dalam kondisi baik dan tidak bocor. Selanjutnya, media pemadam yang sesuai diisi ke dalam tabung, diikuti dengan penambahan gas propane, biasanya nitrogen, untuk menciptakan tekanan yang diperlukan untuk mengeluarkan media pemadam ketika APAR digunakan. Setelah pengisian, APAR diuji untuk memastikan bahwa beroperasi dengan baik, mencakup pengecekan tekanan dan berat. Langkah terakhir adalah menandai dan mencatat pengisian pada log pemeliharaan, memastikan bahwa informasi terbaru tersedia untuk audit dan inspeksi keamanan.

Dalam hal kaitannya dengan program studi, selama ini proses pengisian APAR dilakukan secara manual. Kekurangan dari pengisian APAR yang selama ini dilakukan yaitu bubuk powder yang sering tumpah dan akurasi yang tidak terukur dengan baik. Dengan adanya pengembangan sistem otomasi pengisian APAR ini, mahasiswa dapat memahami secara menyeluruh dan mendalam serta dapat memberikan pengalaman langsung dalam pengisian dan pemeliharaan APAR. Kurangnya alat praktek yang sesuai dalam lingkungan pendidikan dapat menjadi hambatan dalam memberikan pengalaman belajar yang optimal[16][17].

Tujuan penelitian ini merancang sebuah alat pengisian APAR secara otomatis yang dapat digunakan sebagai sarana pembelajaran mahasiswa di Program Studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat Program Diploma Tiga. Urgensi penelitian ini juga terletak pada pemenuhan kebutuhan akan peralatan praktik yang memadai bagi mahasiswa Pertolongan Kecelakaan Pesawat (PKP). Dalam proses pendidikan, mahasiswa diharapkan memiliki keterampilan yang siap diterapkan di dunia kerja, terutama dalam hal pemeliharaan dan kesiapan peralatan keselamatan seperti APAR. Pengembangan sistem otomasi pengisian APAR yang efisien dan mudah dioperasikan memberikan peluang bagi mahasiswa untuk mendapatkan pengalaman langsung dalam penggunaan teknologi terkini dalam pemeliharaan alat keselamatan. Selain itu, alat ini akan memperkuat kompetensi praktis mahasiswa, memastikan bahwa mereka siap dan terampil dalam menangani peralatan keselamatan yang berperan vital di lingkungan penerbangan.

2. Metode Penelitian

Perancangan alat ini menggunakan metode VDI 2221 (*Verein Deutcher Ingenieure*) (Gerhard Pahl dan Wolfgang Beitz dalam bukunya *Engineering Design: A Systematic Approach*) [18] merupakan salah satu metode dengan pendekatan sistematis untuk menyelesaikan permasalahan serta mengoptimalkan penggunaan material dan teknologi. Secara keseluruhan langkah kerja sesuai VDI 2221 dapat dikelompokkan menjadi 4 fase antara lain:

a Klarifikasi Tugas (*Clarification of the Task*)

Pada tahap awal ini, penelitian mengidentifikasi kebutuhan, masalah, dan spesifikasi yang harus dipenuhi oleh produk yang akan dikembangkan. Klarifikasi tugas bertujuan untuk memperoleh pemahaman yang komprehensif mengenai fungsi utama yang diharapkan dari sistem yang dikembangkan, yaitu sistem pengisian otomatis APAR (Alat Pemadam Api Ringan). Penelitian dimulai dengan melakukan studi literatur dan pengumpulan data untuk mendapatkan *insight* mendalam

terkait kebutuhan pengguna dan kondisi operasional di lingkungan pendidikan Politeknik Penerbangan Indonesia Curug. Klarifikasi ini juga melibatkan diskusi dengan pengajar/instruktur dan mahasiswa serta analisis terhadap keterbatasan dari sistem pengisian APAR manual. Selanjutnya disusun suatu daftar persyaratan mengenai rancangan yang akan dibuat sebagai hasil dari tahap ini berupa syarat-syarat atau spesifikasi.

- b) Pengembangan Konsep (*Conceptual Design*)
Setelah tahap klarifikasi tugas, penelitian ini masuk ke tahap pengembangan konsep desain. Di sini, berbagai alternatif solusi dikembangkan dengan mempertimbangkan parameter desain, seperti keamanan, efisiensi, dan kemudahan penggunaan bagi mahasiswa. Pada penentuan konsep rancangan meliputi beberapa langkah kerja antara lain menentukan fungsi dan strukturnya, mencari prinsip solusi dan strukturnya, mengurai menjadi varian yang dapat direalisasikan. Hasil dari tahapan ini adalah satu konsep yang memenuhi persyaratan fungsional yang telah ditetapkan pada tahapan sebelumnya
- c) Perancangan Wujud (*Embodiment Design*)
Tahap perancangan awal berfokus pada pengembangan bentuk dan struktur dari konsep yang telah dipilih. Pada tahap ini, model awal sistem pengisian otomatis APAR dibuat menggunakan perangkat lunak pemodelan 3D. Sketsa kombinasi prinsip solusi yang telah dibuat merupakan bentuk layout awal, kemudian dipilih yang memenuhi persyaratan yang sesuai dengan spesifikasi dan baik menurut kriteria teknis dan ekonomis. Hasil dari tahapan ini antara lain Bentuk elemen suatu produk, Perhitungan Teknik, Pemilihan bentuk dan ukuran.
- d) Produksi Produk (*Production*)
Pada tahapan ini berisi tentang rancangan dari hasil analisis dan pemilihan komponen produk yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya sehingga terciptanya alat yang sesuai dengan yang diinginkan, setelah itu penulis melakukan uji alat, yaitu melakukan pengujian pada saat melakukan pengisian APAR, kemudian dilakukan evaluasi kembali apakah alat tersebut tidak sesuai dengan spesifikasinya.

3. Hasil dan Pembahasan

Langkah awal dalam penelitian ini adalah proses perancangan. Dalam proses perancangan alat pengisian APAR, ditetapkan spesifikasi awal dengan memperhatikan persyaratan apakah keharusan (*demand*) atau sebuah keinginan (*wishes*), dimana faktor keharusan mengacu pada prinsip kerja alat yang sudah ada di pasaran dan faktor keinginan tidak terkait dengan standar apapun.

- a) Tahapan Klasifikasi Tugas
Dalam merancang alat sesuai rencana dengan menggunakan metode VDI 2221, maka dibuat daftar kehendak yang didapat dari hasil diskusi dengan dosen dan instruktur pada program studi Pertolongan Kecelakaan Pesawat Program Diploma Tiga dengan hasil sebagai berikut:
 - 1) Alat harus dapat menghisap DCP lama dengan efisien menggunakan sistem vakum dan mengalir ke tempat penampungan
 - 2) Alat harus memiliki mekanisme untuk mengisi DCP baru dengan akurasi berat yang tepat (dengan timbangan)
 - 3) Alat harus dapat mengisi nitrogen dengan tekanan yang aman dan terkendali
 - 4) Alat harus memiliki pengunci tabung yang aman dan mudah digunakan
 - 5) Alat dapat dioperasikan dengan mudah
 - 6) Alat dapat dipindahkan dengan aman
 - 7) Model alat sederhana
 - 8) Material untuk membuat alat mudah didapat
 - 9) Penambahan fitur monitor digital untuk memantau proses pengisian secara real-time
 - 10) Tidak memerlukan keahlian khusus untuk mengoperasikan
 - 11) Sistem yang mudah dirawat dan dibersihkan
 - 12) Alat memiliki cara kerja yang sederhana
 - 13) Alat dapat mengisi berbagai jenis ukuran APAR
- b) Pengelompokan Daftar Kehendak
Dari urutan kehendak yang telah disusun, kemudian setiap spesifikasi dibagi menjadi 2 (dua) kategori yaitu Demand (D) dan Wishes (W) seperti yang terlihat dalam tabel dibawah ini:

Tabel 1. Pengelompokan Spesifikasi

Parameter	Spesifikasi	D/W
Pengisapan DCP Lama	Sistem vakum yang efisien untuk menghisap DCP lama dan menyalurkannya ke tempat penampungan.	D
Pengisian DCP Baru	Menggunakan timbangan untuk memastikan akurasi berat DCP baru yang diisikan	D
Pengisian Nitrogen	Menggunakan regulator untuk memastikan pengisian nitrogen dengan tekanan yang aman.	D
Pengunci Tabung	Pengunci tabung yang aman dan mudah digunakan selama proses pengisian.	D
Kemudahan Pengoperasian	Alat yang mudah digunakan oleh operator, dengan kontrol yang jelas.	D
Portabilitas alat	Alat dapat dipindahkan dengan aman dan mudah	W
Desain alat sederhana	Model alat yang tidak rumit dan mudah ditempatkan di berbagai ruang.	W
Material	Menggunakan material yang tersedia di pasar untuk pembuatan alat.	W
Fitur monitor digital	Memantau proses pengisian secara real-time menggunakan layar digital	W
Kemudahan perawatan	Sistem yang mudah dibersihkan dan dirawat	W
Cara kerja yang sederhana	Desain alat yang memungkinkan proses pengisian APAR dapat dilakukan tanpa keahlian khusus.	W

c Penentuan Konsep Rancangan

Untuk mengetahui permasalahan utama yang dihadapi dalam perancangan alat pengisian APAR maka dibuatlah abstraksi. Abstraksi merupakan perumusan masalah dan Analisa terhadap daftar kehendak. Prinsip dari abstraksi adalah mengabaikan hal-hal yang bersifat khusus dan memberikan penekanan pada hal yang bersifat umum dan perlu. Berikut merupakan abstraksi dari daftar spesifikasi yang telah dibuat.

1) Abstraksi I

Pada tahap pertama abstraksi, peneliti hanya mempertahankan keharusan-keharusan (demand) yang dibutuhkan untuk mencapai fungsi dasar alat.

Tabel 2. Abstraksi I

Parameter	Spesifikasi	D/W
Pengisapan DCP Lama	Sistem vakum yang efisien untuk menghisap DCP lama dan menyalurkannya ke tempat penampungan.	D
Pengisian DCP Baru	Menggunakan timbangan untuk memastikan akurasi berat DCP baru yang diisikan	D
Pengisian Nitrogen	Menggunakan regulator untuk memastikan pengisian nitrogen dengan tekanan yang aman.	D
Pengunci Tabung	Pengunci tabung yang aman dan mudah digunakan selama proses pengisian.	D
Kemudahan Pengoperasian	Alat yang mudah digunakan oleh operator, dengan kontrol yang jelas.	D

2) Abstraksi II

Di tahap ini, hanya fungsi utama yang dipertahankan, dan peneliti menghapus elemen yang tidak berhubungan langsung dengan operasi alat.

Tabel 3. Abstraksi II

Parameter	Spesifikasi	D/W
Pengisapan DCP Lama	Sistem vakum yang efisien untuk menghisap DCP lama dan menyalurkannya ke tempat penampungan.	D
Pengisian DCP Baru	Menggunakan timbangan untuk memastikan akurasi berat DCP baru yang diisikan	D
Pengisian Nitrogen	Menggunakan regulator untuk memastikan pengisian nitrogen dengan tekanan yang aman.	D

Parameter	Spesifikasi	D/W
Pengunci Tabung	Pengunci tabung yang aman dan mudah digunakan selama proses pengisian.	D

3) Abstraksi III

Tahap final abstraksi adalah merumuskan fungsi-fungsi utama yang harus ada dalam alat dengan lebih jelas dan sederhana, dengan fokus pada pengisian DCP lama, pengisian DCP baru, dan pengisian nitrogen serta adanya pengunci tabung APAR.

d Struktur Fungsi

Struktur fungsi alat pengisian APAR ini didefinisikan sebagai hubungan umum antara input dan output sistem atau perintah pertama dalam melakukan tugas dengan cara kerjanya. Jika dilihat pada keseluruhan fungsi utama terdapat 4 fungsi antara lain pengisian DCP lama, Pengisian DCP baru, Pengisian Nitrogen, Pengunci tabung. Berikut adalah elemen-elemen struktur fungsi berdasarkan kebutuhan alat pengisian APAR:

1) Sistem Vakum

Menggunakan pompa vakum dengan daya hisap tinggi, filter untuk mencegah kontaminasi, dan saluran fleksibel untuk berbagai ukuran tabung.

a) Input: Tekanan vakum.

b) Proses: Menghisap DCP lama.

c) Output: DCP lama tersimpan di tempat penampungan.

2) Sistem Pengisian DCP baru

Timbangan digital terintegrasi yang memberikan pembacaan akurat, serta sistem vakum untuk memudahkan aliran DCP baru ke tabung.

a) Input: Material (DCP baru).

b) Proses: Mengisi tabung APAR.

c) Output: Tabung terisi DCP baru dengan akurasi tinggi.

3) Sistem Pengisian Nitrogen

Regulator otomatis dengan pengaturan tekanan sesuai kebutuhan standar.

a) Input: Tekanan nitrogen.

b) Proses: Mengisi nitrogen ke tabung.

c) Output: Tabung terisi nitrogen sesuai standar tekanan.

4) Sistem Penguncian Tabung

Desain pengunci yang ergonomis, menggunakan bahan tahan korosi, dan dapat menyesuaikan dengan berbagai ukuran tabung.

a) Input: Instruksi mekanis.

b) Proses: Mengunci tabung dalam posisi stabil.

c) Output: Tabung aman selama pengisian.

e Prinsip Solusi

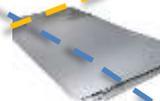
Berdasarkan struktur fungsi yang telah dijelaskan, berikut matriks solusi dari perancangan alat pengisian APAR:

Tabel 4. Alternatif bagian fungsi

Fungsi Bagian	Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
Pompa Vakum	Pompa vakum sentrifugal	Pompa vakum piston	Pompa vakum di dalam tabung
Timbangan	Timbangan load cell	Timbangan manual	Timbangan mekanik
Pengisian Nitrogen	Regulator otomatis	Regulator manual	Regulator terintegrasi
Pengunci Tabung	Pengunci kunci manual	Pengunci mekanik otomatis	Pengunci sistem spring
Material Rangka	Besi Hollow	Besi Siku	Besi Kanal C
Material Kasing	Alumunium	Besi Plat	Stainless Steel
Daya	550 W	750 W	1,1 KW
Penampungan DCP	5 Liter	10 Liter	15 Liter

Semua prinsip alternatif fungsi bagian dibuat untuk mengklasifikasikan komponen yang dapat digunakan untuk mewujudkan suatu desain produk. Setelah prinsip-prinsip solusi diidentifikasi, prinsip-prinsip tersebut harus dianalisis. Jika prinsip dan solusi ternyata tidak berhasil, prinsip dan solusi tersebut harus dihapus untuk menghindari banyaknya tinjauan. Setelah alternatif fungsi bagian selesai, selanjutnya menghubungkan masing-masing alternatif fungsi bagian komponen satu dengan yang lainnya.

Tabel 5. Prinsip Solusi

No	Fungsi Bagian	Prinsip Solusi		
		Alternatif 1	Alternatif 2	Alternatif 3
1	Pompa Vakum	 Pompa vakum sentrifugal	 Pompa vakum piston	 Pompa vakum diafragma
2	Timbangan	 Timbangan digital	 Timbangan platform	 Timbangan mekanik
3	Pengisian Nitrogen	 Regulator otomatis	 Regulator manual	 Regulator terintegrasi
4	Pengunci Tabung	 Pengunci kunci manual	 Pengunci mekanik otomatis	 Pengunci sistem spring
5	Material Rangka	 Besi Hollow	 Besi Siku	 Besi Kanal C
6	Material Kesing	 Aluminium	 Besi Plat	 Stainless Steel
7	Daya	 550 W	 750 W	 1,1 KW
8	Penampungan DCP	 5 Liter	 10 Liter	 15 Liter

Dengan prinsip-prinsip solusi ini maka diperoleh beberapa kombinasi antara lain:

Varian 1 : 1.1 – 2.2 – 3.2 – 4.1 – 5.1 – 6.2 – 7.3 – 8.3

Varian 2 : 1.2 – 2.1 – 3.1 – 4.3 – 5.3 – 6.1 – 7.1 – 8.1

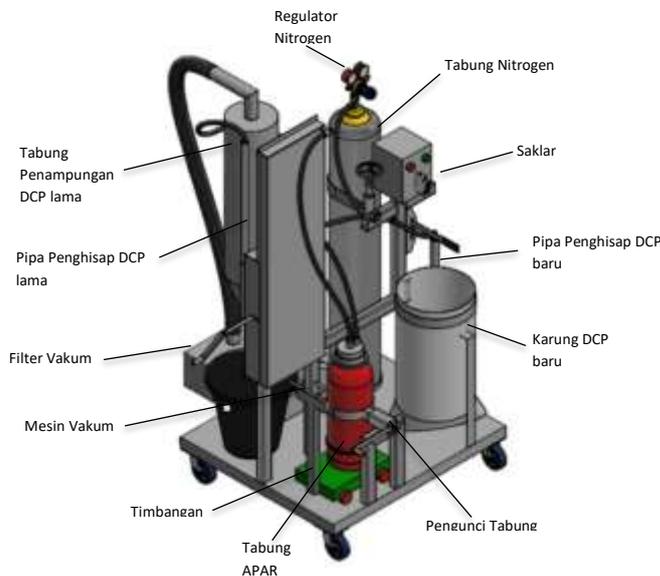
Varian 3 : 1.3 – 2.3 – 3.3 – 4.2 – 5.2 – 6.3 – 7.2 – 8.2

Untuk menentukan variasi yang akan digunakan, dilakukan seleksi pada varian yang ada. Salah satu cara dalam pemilihan varian dengan menggunakan *selection chart* sesuai dengan **Tabel 6**.

Tabel 6. Pemilihan Kombinasi Prinsip Solusi

Pemilihan Kombinasi Rancang Bangun Alat Pengisian Apar Secara Otomatis																	
VARIASI PRINSIP SOLUSI (Sv)	Kriteria Pemilihan						Keputusan										
	(+) Ya						(+) Ya										
	(-) Tidak						(-) Tidak										
	(?) Kurang Informasi						(?) Kurang Informasi										
	(!) Periksa Spesifikasi						(!) Periksa Spesifikasi										
	Sesuai fungsi keseluruhan																
	Sesuai daftar kehendak																
	Dalam batas biaya produksi																
A	B	C	D	E	F	G	KETERANGAN	KEPUTUSAN									
									Pengetahuan konsep memadai								
									Sesuai keinginan perancang								
									Secara prinsip dapat direalisasikan								
									Memenuhi syarat keamanan								
									V1						OK		+
									V2								-
V3								-									

Dari Tabel 6 diatas maka dapat ditentukan bahwa varian yang dipilih adalah varian 1. Berikut Gambar 1 dan 2 rancangan sesuai dengan varian 1.



Gambar 1. Rancangan Alat Pengisian APAR



Gambar 2. Prototipe Alat Pengisian APAR

Setelah varian telah ditentukan dilakukan perancangan detail. Perancangan detail terdiri dari perancangan konstruksi, penyediaan alat dan bahan, perhitungan dan pemilihan komponen elemen mesin hingga pada perakitan komponen yang telah dipilih. Prototipe alat pengisian APAR dapat dilihat pada gambar 3.

f Pengujian Alat Pengisian APAR

Pengujian Alat pengisian APAR dilakukan pada tabung APAR berukuran 6 kg. Tiap tahapan pengisian dihitung waktu penyelesaiannya dimulai dari tahapan pengisapan DCP lama, pengisian DCP baru dan

pengisian nitrogen. Untuk isi DCP baru menyesuaikan dengan ukuran tabung APAR yaitu jika tabung 6 kg, diisi dengan DCP sebanyak 6 kg. Sedangkan untuk isi tabung dengan nitrogen berapa pada tekanan 12-15 bar. Hasil dari pengujian dapat dilihat pada **Tabel 7**.

Tabel 7. Hasil Pengujian Alat Pengisian APAR

Jenis Tabung	Tahapan		
	Pengisian DCP Lama	Pengisian DCP Baru	Pengisian Nitrogen
6 Kg	2 Menit 44 Detik	2 Menit 56 Detik	2 Menit 10 Detik

4. Kesimpulan

Pengembangan dan pengujian alat pengisian otomatis Alat Pemadam Api Ringan (APAR) telah menunjukkan efektivitas dan efisiensinya dalam mengatasi keterbatasan proses pengisian manual. Sistem ini berhasil mengintegrasikan tiga fungsi penting: pengisian bubuk DCP lama, pengisian DCP baru, dan pengisian nitrogen ke dalam tabung. Alat ini memastikan pengukuran yang akurat dan mengurangi tumpahan bubuk DCP, sehingga mengatasi masalah umum yang sering terjadi pada metode konvensional. Hasil pengujian menunjukkan bahwa proses pengisian untuk tabung berkapasitas 6 kg, termasuk pengisian DCP lama dan pengisian nitrogen, hanya memerlukan waktu 7 menit 50 detik. Pengurangan waktu yang signifikan ini menegaskan efisiensi operasional sistem. Desain alat yang ramah pengguna dan cara pengoperasian yang sederhana menjadikannya sangat cocok untuk keperluan pendidikan, memungkinkan mahasiswa mendapatkan pengalaman praktis dengan peralatan canggih.

5. Daftar Pustaka

- [1] R. Febriana, L. D. Fathimahhayati, and T. A. Prawitra, "Penentuan Jumlah Alat Pemadam Api Ringan (APAR) Optimal (Studi Kasus: Gedung Fakultas Teknik Universitas Mulawarman)," *J. REKAVASI*, vol. 10, no. 2, pp. 1–10, 2022.
- [2] M. R. Suryoputro, F. A. Buana, A. D. Sari, and F. I. Rahmillah, "Active and passive fire protection system in academic building KH. Mas Mansur, Islamic University of Indonesia," *MATEC Web Conf.*, vol. 154, no. March, 2018, doi: 10.1051/mateconf/201815401094.
- [3] L. Asiri, "Pelaksanaan Mitigasi Bencana Kebakaran Pada Dinas Pemadam Kebakaran Kabupaten Buton," *Kybernan J. Stud. Pemerintahan*, vol. 3, no. 2, pp. 28–40, 2020, doi: 10.35326/kybernan.v3i2.843.
- [4] R. S. Miranti and Mardiana, "Penerapan Sistem Proteksi Aktif dan Sarana Penyelamatan Jiwa Sebagai Upaya Pencegahan Kebakaran," *Higeia J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 2, no. 1, pp. 12–22, 2018, [Online]. Available: <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/higeia>
- [5] C. Kuntoro, "Implementasi Manajemen Risiko Kebakaran Berdasarkan (IS) ISO 31000 PT APAC Inti Corpora," *Higeia J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 1, no. 4, pp. 109–119, 2017.
- [6] A. Syamsuadi, D. Arisandi, S. Hartati, L. Trisnawati, L. Elvitaria, and S. Setyo Nugroho, *Kebijakan Mitigasi Kebakaran Hutan Dan Lahan Berbasis Pemberdayaan Desa Wisata Digital Sadar Bencana (DWDSB) di Riau*, vol. 3, 2023.
- [7] R. Yunita, I. Rusman, A. J. Wahidin, M. I. Wuraisy, and N. Akbar, "Perancangan Sistem Aplikasi Berbasis Android untuk Pengecekan Alat Pemadam Api Ringan melalui E-APAR," *J. Eng. Technol. Innov.*, vol. 2, no. 2, pp. 72–80, 2023, [Online]. Available: <https://www.ejournal-rmg.org/index.php/JETI/article/view/123%0Ahttps://www.ejournal-rmg.org/index.php/JETI/article/download/123/139>
- [8] T. H. Susilo, "Studi Produk Peralatan Penunjang Petugas Pemadam Kebakaran (Studi Kasus: Alat Pemadam Api Ringan)," *Narada J. Desain dan Seni*, vol. 7, no. 2, p. 259, 2020, doi: 10.22441/narada.2020.v7.i2.009.
- [9] H. Panja, "Penerapan Sarana Alat Pemadam Api Ringan di Pusat Perbelanjaan Mall," *Higeia J. Public Heal. Res. Dev.*, vol. 4, no. 2, pp. 280–290, 2020.
- [10] F. F. Hillah, R. Firdaus, F. W. Kurnia, J. M. Zea, and M. Nourma, "Penerapan Keselamatan Kerja Melalui Sosialisasi Dan Pelatihan Penggunaan Apar (Alat Pemadam Api Ringan) Di Universitas X," *SWARNA J. Pengabd. Kpd. Masy.*, vol. 1, no. 4, pp. 462–467, 2022.
- [11] M. L. Ashari, M. F. Maulana, B. A. Rahmadany, and A. A. Mufida, "Evaluasi Kesesuaian Alat Pemadam Api Ringan Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum No. 26 Tahun 2008 dan Permenakertrans No. 04 Tahun 1980 pada Industri Pupuk," *Int. J. Eng. Econ. Soc. Polit. Gov.*, vol.

- 1, no. 3, pp. 107–114, 2023, [Online]. Available: <http://ijespgjournal.org/index.php/ijespg/article/download/41/32>
- [12] L. Firdani, Ekawati, and B. Kurniawan, “Analisis Penerapan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) Di PT. X Pekalongan,” *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, vol. 2, no. 5, pp. 300–308, 2014.
- [13] A. Musadek, A. Setiawan, and A. Budiarto, “Penyuluhan dan Pelatihan Penggunaan Alat Pemadam Api Ringan (APAR) pada Warga Rusun Siwalankerto,” *J. Public Transp. Community*, vol. 1, no. 2, pp. 31–39, 2021, doi: 10.46491/jptc.v1i2.590.
- [14] Y. Widjaya and N. A. Mahbubah, “Evaluasi Inspeksi Alat Pemadam Api Ringan Menggunakan Pendekatan Job Safety Analysis,” *J. Serambi Eng.*, vol. 7, no. 3, pp. 3314–3320, 2022, doi: 10.32672/jse.v7i3.4198.
- [15] R. Sofian, F. Ramdani, F. R. Ferdiansyah, and R. W. Nugraha, “Perangkat Lunak Inspeksi Alat Pemadam Api Ringan Berbasis Website,” *J. Nuansa Inform.*, vol. 17, no. 1, pp. 75–86, 2023, [Online]. Available: <https://journal.uniku.ac.id/index.php/ilkom>
- [16] M. Fatah, F. M. Suud, and M. T. Chaer, “Jenis-Jenis Kesulitan Belajar Dan Faktor Penyebabnya Sebuah Kajian Komprehensif Pada Siswa Smk Muhammadiyah Tegal,” *Psycho Idea*, vol. 19, no. 1, p. 89, 2021, doi: 10.30595/psychoidea.v19i1.6026.
- [17] S. Bahiroh, S. A. Pratiwi, and F. M Suud, “Improving Student Happiness Through The Snowball Throwing Method In The Implementation Of Student Conceling Groups Of State Vocational Schools 2 Depok Yogyakarta,” *J. Crit. Rev.*, 2020.
- [18] K.-H. Pahl, G., Feldhusen, W. B. J., & Grote, *Engineering Design A Systematic Approach / by Gerhard Pahl, W. Beitz, Jörg Feldhusen, KarlHeinrich Grote.* 2007.