

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Belakangan ini kecelakaan kebakaran paling sering terjadi. Kebakaran dapat terjadi karena hubungan arus pendek, sambungan yang salah, panas berlebihan, dan lain-lain. Jika kebakaran tersebut terjadi di tempat dan lokasi yang mudah dijangkau, maka sebagian besar upaya tersebut berhasil. Namun, masalah utama muncul di area yang tidak dapat diakses oleh petugas pemadam kebakaran atau sulitnya membawa alat pemadam. Selain itu, sering kali petugas pemadam kebakaran kesulitan untuk mencapai puncak gedung tinggi tempat terjadinya kebakaran. Selain itu faktor terpenting jika terjadi kebakaran yang dapat membahayakan nyawa manusia yang terperangkap dalam kebakaran. (Mahesh *et al*, 2022)

Di Indonesia terutama di kota-kota besar terdapat banyak sekali perumahan yang masih berdempetan (gang sempit) yang merupakan kawasan yang rentan sekali terhadap terjadinya kebakaran. Berdasarkan data dari Dinas Penanggulangan Kebakaran dan Penyelamatan Provinsi DKI Jakarta, terdapat sebanyak 6.429 kasus kebakaran yang terjadi di provinsi DKI Jakarta pada tahun 2023. Di kota Bandung, menurut Dinas Kebakaran Dan Penanggulangan Bencana Kota Bandung, jumlah kasus kebakaran mencapai 89 kasus hanya dalam kurun waktu 5 bulan. Dari data tersebut menunjukkan bahwa masalah kebakaran di perkotaan khususnya di wilayah padat penduduk perlu mendapatkan perhatian yang sangat serius baik dalam hal pencegahan maupun penanggulangannya. (Mohammad Revanza *et al*, 2023)

Setelah mempelajari mekanisme di lapangan, ditemukanlah beberapa permasalahan. Faktor tempat, waktu dan keamanan menjadi penyebab utama sulitnya proses penanggulangan kebakaran. Saat ini umumnya proses penanggulangan dilakukan oleh orang yang memiliki pengetahuan dan keberanian saat situasi darurat kebakaran untuk penanggulangan ringan. Dalam menanggulangi kebakaran secara sepenuhnya diserahkan kepada petugas pemadam kebakaran, petugas ini disebut dengan dinas pemadam kebakaran atau dikenal dengan damkar. Damkar merupakan petugas yang diberi tanggung jawab dan memiliki kewajiban dalam pemadaman kebakaran dan penyelamatan korban. Saat keadaan darurat kebakaran, api berkemungkinan besar dapat dikendalikan oleh Damkar maupun orang biasa menggunakan APAR atau Alat Pemadaman Api Ringan. Dalam kondisi kebakaran skala besar, kendaraan damkar berupa mobil atau truk yang dilengkapi dengan memiliki prioritas untuk melewati jalanan dan tempat at keterbatasan dalam penggunaan kendaraan tersebut, yaitu untuk menjangkau tempat yang sempit dan tinggi. (Riky and



Drone pada dasarnya adalah robot terbang tanpa awak yang dapat dikendalikan dari jarak jauh atau dibuat terbang secara otonom melalui rencana penerbangan yang dikendalikan perangkat lunak dalam sistem tertanamnya, yang bekerja bersama dengan sensor dan GPS di dalamnya. *Drone* harus menjadi pintar dan cerdas untuk mengoptimalkan proses industri, memaksimalkan kegunaannya, dan dapat digunakan secara luas di pabrik-pabrik masa depan. Teknologi ini menawarkan berbagai aplikasi tidak hanya di bidang pengawasan dan pemantauan udara tetapi juga operasi pemadaman kebakaran. (Vimalkumar and Karan Kumar, 2020)

Burchan *et al*, 2019 (*Use of Fire-Fighting Balls for a Conceptual System of Drone-Assisted Wildfire Fighting*) menunjukkan penggunaan pemadaman kebakaran hutan dengan bantuan *Drone* menggunakan bola pemadam api sebagai pelengkap metode pemadaman kebakaran tradisional. Sistem yang diusulkan adalah *hexacopter* dengan muatan seberat 15 kg dan bola seberat masing-masing 0,5 kg. Sistem ini terdiri dari sistem pesawat nirawak (UAS) pengintai untuk mendeteksi titik api dan mengevaluasi resiko api mendekati bangunan. Sistem ini juga mengirimkan data relatif UAS. Pemadam kebakaran untuk membantu mereka mengendalikan situasi. Namun bola-bola ini tidak efektif untuk kebakaran kelas A & B.

Riky and Fauzan, 2024 (Perancangan konsep *Firefighting system* tipe pelontar *dry chemical powder ball* pada *drone* PT.CI) membahas tentang sebuah konsep pelontar bola pemadam kebakaran tipe *dry chemical* yang dimana dalam sekali penerbangan mampu membawa dua bola pemadam kebakaran dengan berat total 10 kg.

Abinesh D.V *et al*, 2017 (*Fire Fighting Drone*) merancang *Quadcopter* untuk tujuan menjelajahi daerah yang terkena kebakaran. Penulis membandingkan konfigurasi *drone* yang berbeda dan akhirnya memilih *Quadcopter* dengan lengan panjang 220 mm dan kesederhanaan dalam pembuatannya dan efektivitas biaya. Baling-baling yang digunakan berukuran 10 x 4 inci dengan tujuan untuk meningkatkan stabilitas. Bahan baling-baling dipilih dengan mempertimbangkan suhu yang harus dijalani drone saat berada di dekat api.

Semua penelitian sebelumnya yang disebutkan di atas telah dilakukan tetapi penelitian untuk sistem pelontar bola pemadam kebakaran yang memanfaatkan *drone* sebagai pengangkutnya masih sedikit diaplikasikan. Untuk menjawab kondisi dan kebutuhan tersebut dilakukan penelitian berupa racang bangun *drone* pemadam kebakaran menggunakan mekanisme *Four-Wheel Drive Ball Launcher* yang diharapkan lebih efisien, mudah dan tepat dalam penggunaannya untuk



caran.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang masalah di atas, maka dapat dirumuskan beberapa rumusan masalah, yaitu:

1. Bagaimana perancangan pemadam kebakaran menggunakan mekanisme *Four-Wheel Drive Ball Launcher* ?
2. Bagaimana analisis kecepatan pelontaran?
3. Bagaimana analisis dan perhitungan Energi Kinetik pelontaran?

1.3 Tujuan dan Manfaat

1.3.1 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Merancang drone untuk pemadam kebakaran menggunakan mekanisme *Four-Wheel Drive Ball Launcher*.
2. Menganalisis kecepatan Pelontaran.
3. Menganalisis dan menghitung Energi Kinetik Pelontaran.

1.3.2 Manfaat

Adapun hasil dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi teman mahasiswa atau peneliti selanjutnya sebagai literatur atau bahan penelitian, dan dapat difungsikan sebagai alat pemadam kebakaran pada gedung tinggi.

1.4 Batasan Masalah

Agar dalam penulisan penelitian ini lebih terarah, maka penulis memberikan beberapa batasan masalah, yaitu:

1. Menggunakan *drone quadcopter*.
2. Menggunakan mekanisme pelontaran dengan 4 motor penggerak.
3. Menggunakan bola pemadam api dengan diameter 110 mm dan berat 0.5, 0.7 dan 0.9 kg.
4. Menggunakan sensor getaran untuk menghitung kasil impak
5. Menggunakan Sensor IR untuk menghitung kecepatan pelontaran
6. Menggunakan kaca bening dengan ketebalan 6 mm sebagai objek percobaan



1.5 Landasan Teori

1.5.1 Drone

Drone disebut juga *Unmanned Aerial Vehicles (UAV)*. Arti *drone* adalah pesawat tanpa awak. *Drone* adalah pesawat tanpa awak yang dikendalikan jarak jauh tanpa pilot manusia di dalamnya (Rejeb *et al*, 2022). Untuk mengoperasikan *drone* diperlukan operator, untuk mengendalikan pesawat menggunakan remote control yang mentransmisikan sinyal dari remote ke pesawat. Pengoperasian pesawat *drone* dibuat secara otomatis untuk memudahkan pengendalian pesawat tersebut. *Drone* dapat juga bergerak berdasarkan instruksi yang diperintahkan oleh sistem untuk melakukan berbagai manuver.

Jenis *drone* dapat dibedakan juga berdasarkan jumlah *propellernya* (baling-baling). Berikut beberapa jenis *drone* diantaranya :

a. *Fixed Wing Drone* (Tunggal)



Gambar 1. *Fixed wing Drone*
(Sumber : Hanif *et al.*, 2022)

Drone jenis ini berbentuk seperti pesawat terbang biasa/komersial dan digunakan untuk proses yang cepat, daya jangkau lebih cepat serta lebih luas biasanya untuk pemetaan (*mapping*) atau konsepnya seperti *scanning*. *Drone* jenis *Fixed wing* memiliki energi lebih irit baterai karena *single* baling-baling.

b. *Multidrone*



Gambar 2. Jenis-jenis *Multidrone*
(Sumber : Hanif *et al.*, 2022)

Multidrone adalah jenis drone yang memiliki beberapa motor yang berfungsi memutar baling-baling (*propeller*) untuk terbang. *Multidrone* dibagi lagi menjadi beberapa jenis:

- *Quaddrone*

Mungkin desain paling populer saat ini, *quaddrone* menawarkan desain mekanis paling sederhana dengan jumlah komponen yang dibutuhkan paling sedikit, hanya menggunakan empat baling-baling (*propeller*).

- *Hexadrone*

Desain lain dari *drone* yang sangat populer adalah *hexadrone*, karena kemampuannya yang meningkat untuk membawa muatan sambil tetap cukup gesit. Kemampuan *drone* dikarenakan menggunakan enam baling-baling (*propeller*).

- *Octodrone*

Desain *octodrone* sering digunakan untuk *drone* yang membutuhkan peningkatan muatan bersama dengan redundansi. Kelebihan dari jenis *octodrone* memiliki delapan baling-baling (*propeller*) dan jika terjadi kerusakan pada salah satu motor atau penyangganya, *drone* masih dapat terbang dikarenakan masih memiliki tujuh motor yang dapat menjaga kestabilan *drone* di udara tanpa insiden.

1.5.2 Pengaplikasian *Drone* Pada Kebakaran

Teknologi *drone* beberapa waktu belakang digunakan dalam pencegahan dan pengendalian bencana kebakaran. Seperti pada September 2019 lalu, saat terjadi kebakaran hutan di wilayah Riau, Badan Nasional Penanggulangan Bencana (BNPB), TNI, hingga organisasi nonprofit lokal maupun internasional berupaya menggunakan teknologi *drone* untuk mempermudah proses mitigasi hingga membantu misi penyelamatan diri.

Banyak hal yang dapat dilakukan untuk pencegahan dan pengendalian bencana kebakaran melalui penggunaan *drone*, diantaranya sebagai berikut :

a. Pemetaan Wilayah Kawasan Hutan dan Daerah Sekitarnya

Memetakan batas-batas kawasan dan merencanakan penggunaan lahan di sekitar kawasan hutan serta area mitigasi dan penempatan pos-pos pemantau. Data yang dihasilkan oleh *drone* dapat berupa foto udara atau video. Dengan data tersebut dapat diketahui luasan area kawasan hutan dan kondisinya.

Drone juga dapat dilengkapi dengan berbagai sensor yang memungkinkan untuk melakukan analisis kawasan lebih lanjut. Data yang dihasilkan dapat digunakan untuk pemetaan topografi, suhu, kelembapan tanah, arah angin, kondisi lingkungan lainnya sehingga dapat membantu analisis awal untuk mitigasi. (Adriansyah *et al*, 2021)



ebakaran

pemantau kawasan setiap sudut hutan. Beberapa penyebab kebakaran hutan yang panjang serta ulah manusia yang sengaja membakar lahan pertanian maupun perkebunan. *Drone* dapat

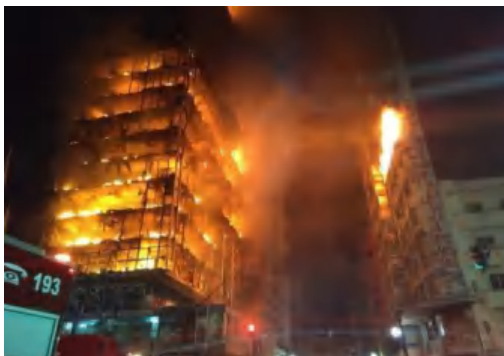
dilengkapi dengan sensor termal sehingga saat kemarau panjang dapat mendeteksi secara dini kawasan yang memiliki anomali suhu. Oleh karena itu, *drone* dapat menjadi sebuah alternatif untuk mengawasi tindakan tersebut dengan monitoring kawasan hutan sehingga kebakaran dapat dicegah. (Citra *and* Safitri, 2021)

c. Pengamatan titik api secara *real time*

Upaya penggunaan *drone* saat pengamatan titik api secara *real time* dilakukan untuk mengetahui persebaran titik api (*hot spots*). Sebelum *drone* digunakan untuk pengamatan ini, pelaporan titik api baru bisa diterima oleh petugas setiap beberapa jam sekali. *Drone* digunakan untuk meningkatkan efektivitas pemadaman agar segera dilakukan penanganan oleh tim damkar, pasukan TNI dan Badan Penanggulangan Bencana Daerah (BPBD). (Citra *and* Safitri., 2021)

1.5.3 Pengertian Kebakaran

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Johnson *et al.*(2018), kebakaran didefinisikan sebagai reaksi kimia eksotermik yang melibatkan oksigen dan bahan bakar yang menghasilkan panas, cahaya, serta gas. Kebakaran dapat diklasifikasikan berdasarkan sumber bahan bakarnya, seperti kebakaran kelas A (padatan dan mudah terbakar) dengan suhu rata-rata antara 300 °C hingga 700 °C, kelas B (cairan mudah terbakar) yang memiliki suhu pembakaran lebih tinggi, yaitu sekitar 500°C hingga 1.000°C, sementara itu kelas C (gas mudah terbakar) dapat menghasilkan suhu hingga 1.200°C.(Smith & Brown., 2020)



Gambar 3. Kebakaran pada gedung tinggi
(Sumber: Johnson *et al.*2018)



1.5.6 Pengertian Piramida Api

Tiga elemen penyebab terjadinya kebakaran dinataranya panas (heat), bahan bakar (fuel) dan udara (oksigen). Ketiga elemen tersebut jika berdiri sendiri belum tentu terjadi kebakaran dan mungkin hanya menghasilkan pijar. Tetapi diperlukan komponen keempat, yaitu *chemical chain reaction* (rantai reaksi kimia) dari ketiga elemen sebelumnya untuk berlangsungnya kejadian kebakaran. Penanggulangan

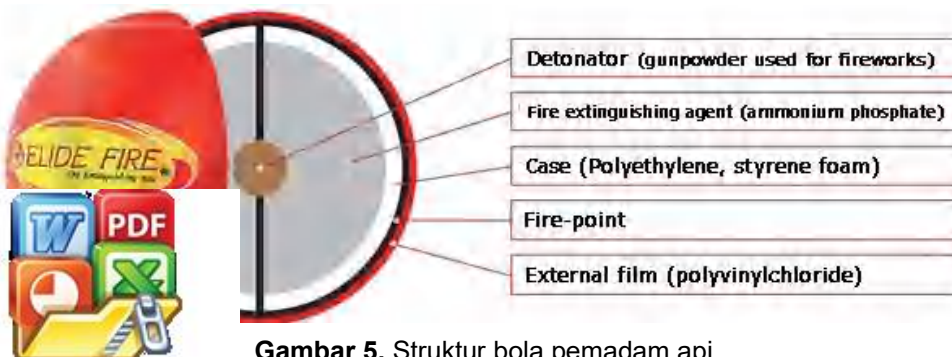
kebakaran pada dasarnya adalah menghilangkan salah satu dari ketiga elemen pada piramida api atau memperkecil *flammable range* untuk memutus rantai reaksi kimia dari api. (Riky and Fauzan., 2024)



Gambar 4. Piramida api
(Riky and Fauzan., 2024)

1.5.7 Bola Pemadam Api

Bola pemadam api adalah bola seperti alat pemadam api yang diisi dengan cairan pemadam api tetapi berbentuk bola dengan sulbung busa yang dibungkus PVC. Bola ini bereaksi cepat terhadap panas dan api sehingga dapat memicu bahan kimia yang tertanam di bola untuk merespon dan menyebarkan pemadam api kimia kering di dalam dengan menggunakan api. Dengan bola pemadam ini, asap atau polusi yang biasanya dihasilkan dari hasil pembakaran dengan menggunakan teknologi penyemprotan air dapat diredam. (Eko Neveriansyah *et al*, 2022)



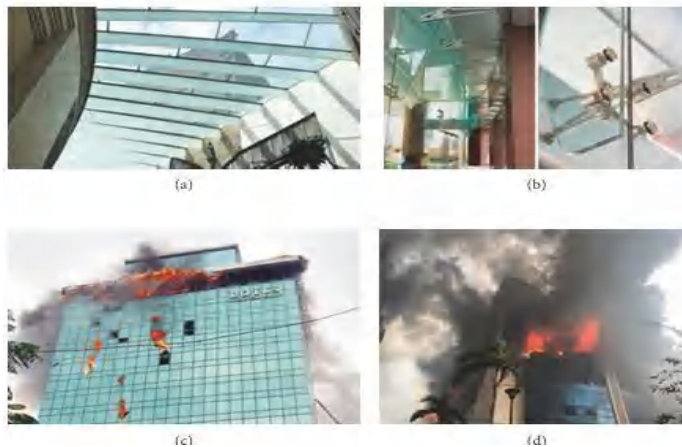
Gambar 5. Struktur bola pemadam api
(Sumber: Eko Neveriansyah *et al*, 2022)

1.5.8 Karakteristik Material Kaca

Kaca merupakan material padat amorf yang bersifat getas (*brittle*), di mana kegagalan strukturalnya terjadi tanpa deformasi plastis yang signifikan melainkan akan langsung mencapai titik retak dan pecah ketika tegangan tarik permukaannya melampaui ambang batas kekuatan material. Secara termal, kaca memiliki konduktivitas panas yang rendah, namun sangat sensitif terhadap perbedaan suhu yang ekstrem yang menyebabkan terjadinya tegangan dalam akibat ekspansi termal yang tidak merata (*thermal shock*). Kemampuan kaca untuk menahan benturan ditentukan oleh ambang batas energi pecahnya; secara teoritis, energi yang dibutuhkan untuk memecahkan kaca (W) berkaitan dengan luas permukaan spesifik material (γ) yang dapat dirumuskan secara sederhana melalui pendekatan mekanika fraktur :

$$W = \gamma \cdot A \quad (1)$$

Dimana (W) adalah kerja atau energi yang dibutuhkan (Joule), (γ) adalah energi permukaan spesifik (J/m^2), dan A adalah luas area retakan baru (m^2). (Xing-er Wang. *Et al* 2018)



Gambar 6. (a)-(b) Aplikasi kaca struktural tipikal pada bangunan dan (c)-(d) contoh skenario kejadian terkini.



1.5.9 Energi Kinetik (Impak)

Energi kinetik merupakan bentuk energi yang dimiliki oleh suatu benda karena pengaruh geraknya, yang secara matematis dirumuskan sebagai

$$E_k = \frac{1}{2}mv^2 \quad (2)$$

Dalam mekanisme pelontaran bola pemadam, energi kinetik ini menentukan besarnya gaya hantam atau impak saat bola mengenai target, seperti kaca gedung². Material kaca yang bersifat getas (*brittle*) memerlukan akumulasi energi kinetik tertentu agar tegangan tarik permukaannya melampaui ambang batas kekuatan material sehingga dapat pecah tanpa deformasi plastis³. Hasil eksperimen menunjukkan bahwa besarnya nilai impak ini berkorelasi dengan jarak pelontaran, di mana nilai energi kinetik (dalam satuan Joule) cenderung menurun secara konstan seiring bertambahnya jarak akibat hambatan udara dan penurunan kecepatan linear bola. (Woojin Sung *et al.* 2023)

1.5.10 Pengaruh Massa Terhadap Pelontaran

Interaksi antara massa benda dan mekanisme pelontaran didasarkan pada Hukum II Newton

$$F = m \cdot a \quad \text{dan} \quad p = m \cdot v \quad (3)$$

Massa memegang peran krusial dalam mekanisme pelontaran karena menentukan besarnya gaya yang diperlukan untuk mempercepat proyektil serta menentukan momentum yang dihasilkan. Berdasarkan Hukum Kedua Newton, gaya pelontaran (F) berbanding lurus dengan massa benda; semakin besar massa yang akan dilontarkan, maka semakin besar pula gaya yang harus diberikan oleh sistem pelontar untuk mencapai akselerasi tertentu. Selain itu, massa juga memengaruhi momentum (P) yang merepresentasikan kekuatan gerak benda yang sulit dihentikan (Ratni Sirait. 2018)

1.5.11 RPM (*Rotations Per Minute*)

Rotations Per Minute (RPM) merupakan parameter yang mengukur kecepatan sudut dari motor penggerak pada sistem roda pelontar. Kecepatan putaran roda (RPM) ini secara langsung menentukan besarnya gaya gesek kinetis yang ditransfer kepada bola pemadam saat bersentuhan dengan permukaan roda karet. Pengaturan RPM yang stabil pada motor *brushless* sangat krusial untuk menghasilkan kecepatan linear yang konstan pada bola, sehingga target akurasi pelontaran dapat tercapai.



RPM dan kecepatan awal pelontaran merupakan faktor kunci performa kinetik alat, di mana putaran roda yang tinggi akan lebih efektif dalam mengubah energi mekanik yang diubah menjadi energi kinetik pada bola. (Ratni Sirait & Diah. 2019)

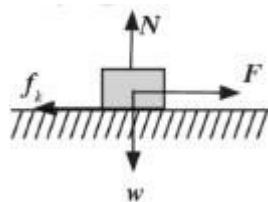
$$n = \frac{v \cdot 60}{\pi \cdot D} \quad (4)$$

1.5.12 Faktor Gesekan

Gaya gesek adalah gaya yang berarah melawan gerak benda atau arah kecenderungan benda akan bergerak. Gaya gesek muncul apabila dua buah benda bersentuhan. Gaya gesek antara dua buah benda padat misalnya gaya gesek statis dan kinetis. Gaya gesek dapat merugikan dan juga dapat bermanfaat. Bila permukaan suatu benda saling kontak, maka permukaan bergerak terhadap benda lainnya dan menimbulkan gaya tangensial disebut gaya gesek (Rusmardi, 2008).

$$f = \mu N \quad (5)$$

Gaya gesekan adalah gaya yang berbanding lurus dengan kondisi pelumasan pada permukaan benda kerja yang bersinggungan yang terlihat seperti dalam gambar 7.



Gambar 7. Gaya gesek pada permukaan benda
(Sumber: Rusmardi, 2008)



BAB II METODE PENELITIAN

2.1 Lokasi Penelitian

Penelitian ini akan dilakukan dimulai pada bulan Januari 2025 yang bertempat di Laboratorium *Control and Robotics*, Departemen Teknik Mesin, Universitas Hasanuddin. Adapun susunan jadwal penelitian dapat dilihat pada tabel 1.

Tabel 1. Uraian Penelitian

No	kegiatan	Waktu penelitian					
		April 2024	Juli 2024	Januari 2025	April 2025	Mei 2025	Juni 2025
1	Studi literatur						
2	Penyusunan proposal						
3	Seminar proposal						
4	Penelitian						
5	Penyusunan skripsi						
6	Seminar hasil						
7	Seminar tutup						



gambar 8. Laboratorium *Robotics and Control*



2.2 Alat dan Bahan

2.2.1 Alat

Adapun alat yang digunakan pada penelitian ini adalah:

1. Laptop



Gambar 9. Laptop Pengujian

2. Motor Brushless 400 KV



Gambar 10. Motor DC

3. Servo



Gambar 11. Servo



4. Baterai



Gambar 12. Baterai

5. Mounting Motor



Gambar 13. Mounting Motor

7. Roda Karet



Gambar 14. Roda Karet



8. Remote Taranis



Gambar 15. Remote

9. Receiver X8R



Gambar 16. Receiver

10. Esc 30A



Gambar 17. Esc 30A



11. Pillow Block



Gambar 18. Pillow Blok

2.2 Bahan

Bahan yang digunakan pada penelitian ini berupa :

1. Bola Pemadam api



Gambar 19. Bola Pemadam api

2. Besi Holo



Gambar 20. Besi Holo



Optimized using
trial version
www.balesio.com

3. Filament 3D



Gambar 21. Filament

4. Papan Triplek



Gambar 22. Papan Triplek

1. Kaca Bening



Optimized using
trial version
www.balesio.com



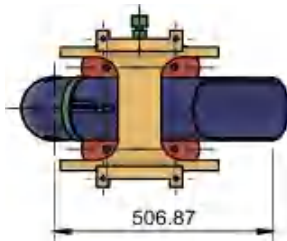
Gambar 23. Kaca Bening

2.3 Metodologi Penelitian

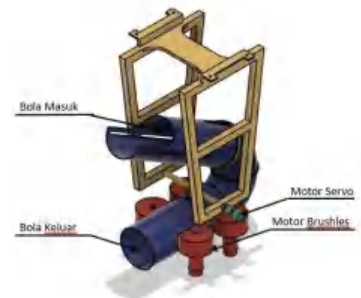
Untuk memperoleh data yang dibutuhkan dalam penyusunan skripsi, maka pengumpulan data dilakukan dengan cara pengujian laboratorium dan validasi hasil. Proses penelitian ini menggunakan teknik pengumpulan data sebagai berikut:

- Studi kepustakaan (*library research*) yaitu dengan membaca dan mengumpulkan data-data teoritis melalui buku-buku, tulisan ilmiah, literatur, serta catatan perkuliahan yang bersangkutan dengan masalah yang akan dibahas, sehingga diperoleh landasan yang digunakan dalam pemecahan masalah tersebut.
- Pengujian Prototipe (*Prototype Testing*), diperoleh dengan melakukan pengujian untuk mengumpulkan data tentang kinerjanya, Pengujian bisa mencakup aspek mekanis, elektris, dan penggunaannya secara langsung.

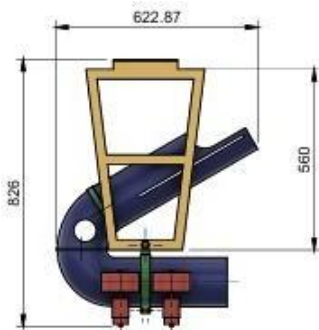
2.4 Desain Alat



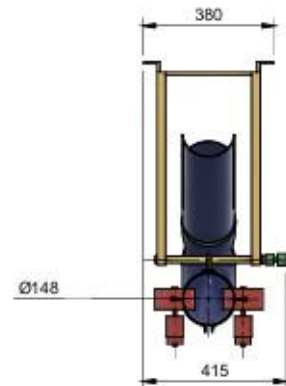
a. Tampak Atas



b. Tampak Isometri



c. Tampak Samping



d. Tampak Depan



- Desain Alat pelontar bola pemadam kebakaran api dalam satuan milimeter (mm)

Pada **Gambar 24** memperlihatkan desain alat pelontar bola pemadam api dalam beberapa pandangan, yaitu tampak atas, tampak isometrik, tampak samping, dan tampak depan. Setiap dimensi ditampilkan dalam satuan milimeter untuk memberikan gambaran yang jelas mengenai ukuran serta proporsi komponen utama alat.

2.5 Diagram Alir

Dalam pelaksanaan penelitian ini, ada beberapa kegiatan yang telah dijadwalkan untuk menyelesaikan penelitian ini yakni:

Tabel 2. Diagram alir

