

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

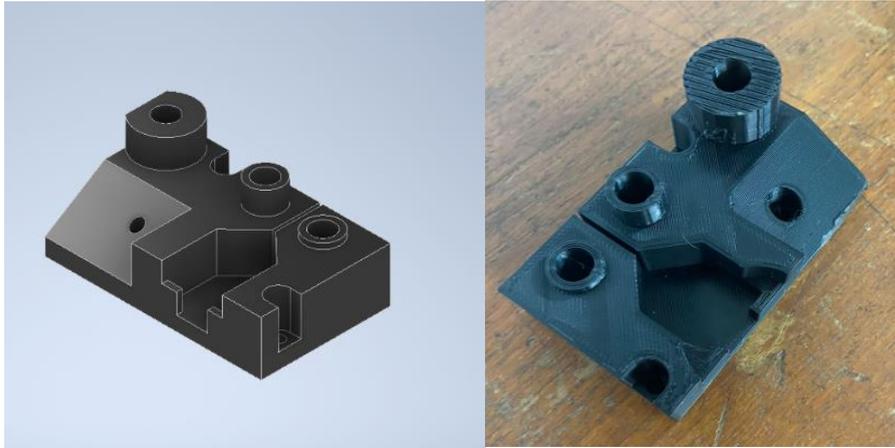
4.1 Konsep Desain

Konsep desain menggunakan Aluminium Ekstrusi yang nantiya digunakan sebagai bodi utama mesin pembuat fillamen. Lalu pada bagian part mesin diletakan di atas aluminium yang terdiri dari pemanas, pemotong, penarik, dan penggulung. Dengan menggunakan aluminium ekstrusi sebagai bahan utama untuk bodi mesin pembuat filament, desain ini memastikan kekuatan, efisiensi, dan fleksibilitas yang tinggi. Penempatan komponen yang strategis dan perakitan yang mudah menjadikan mesin ini tidak hanya efektif dalam operasinya tetapi juga mudah dalam perawatan dan modifikasi. Konsep desain ini memberikan solusi yang komprehensif untuk pembuatan filament yang berkualitas tinggi, dengan fokus pada efisiensi, keselamatan, dan kemudahan penggunaan. Konsep desainnya sebagai berikut.



Gambar 4.1 Gambar Konsep Desain Mesin Ekstrusi

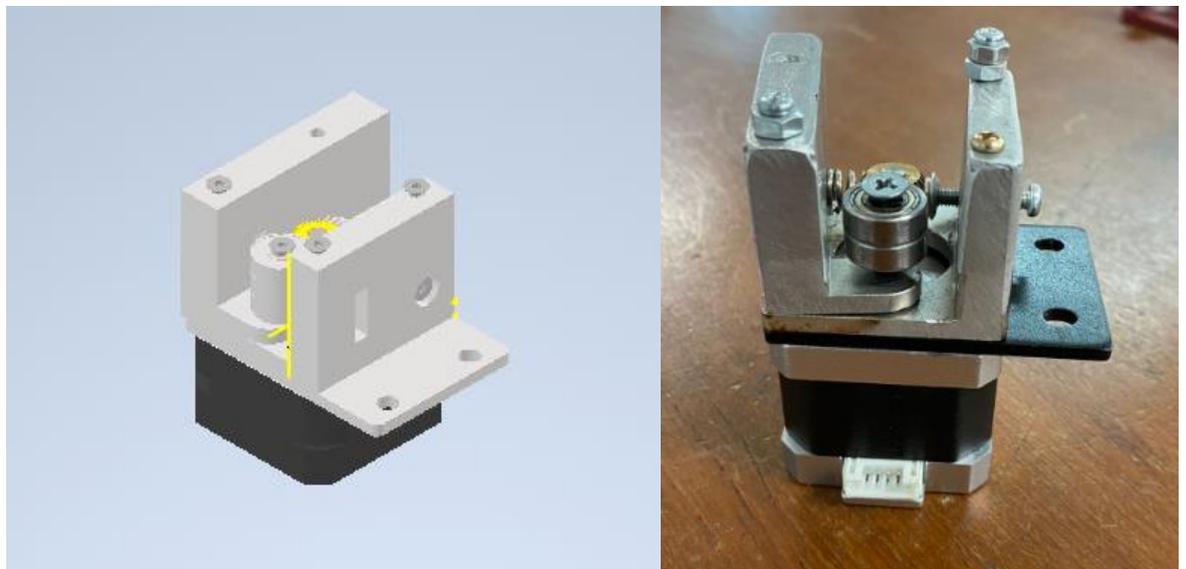
4.1.1 Pemotong Botol



Gambar 4.1.1 Pemotong

Untuk pemotong botol, digunakan sebuah perangkat yang menggunakan bearing yang telah diasah tajam untuk fungsi pemotongan. Bearing tersebut diubah sehingga dapat berfungsi sebagai pisau pemotong, dengan konsep kerja yang mirip dengan gunting. Dengan menggunakan bearing yang telah dimodifikasi ini, proses pemotongan botol menjadi lebih efisien dan presisi. Konsep kerja yang menyerupai gunting memungkinkan alat ini untuk melakukan pemotongan dengan tepat dan akurat, menghasilkan hasil yang lebih baik dalam memproses botol menjadi serutan yang dibutuhkan

4.1.2 Extruder Plastik



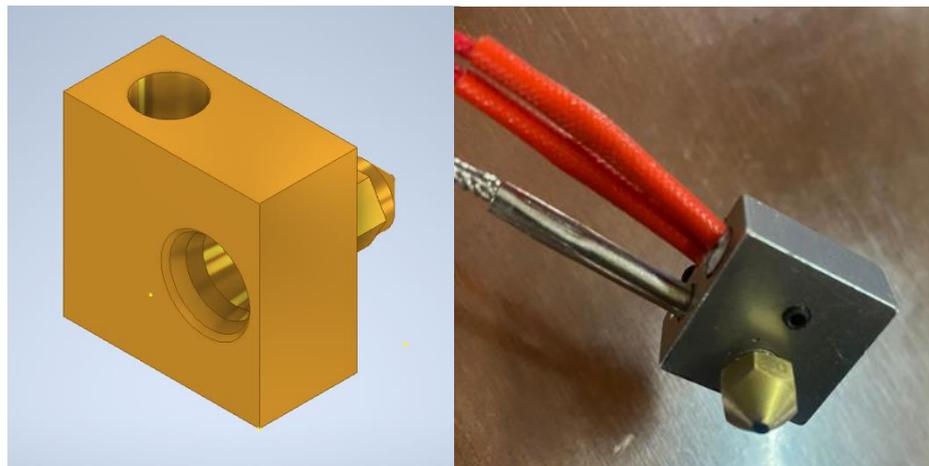
Gambar 4.1.2 Extruder Plastik

Extruder Plastik terdiri dari

- Extruder Kanan
- Extruder Kiri
- Bearing 605zz
- Bracket motor stepper
- Motor stepper nema 17
- Gir ekstrusi
- Per ekstrusi

Melalui modifikasi ekstruder filament 3D printer, penulis berhasil menciptakan sistem yang mampu menarik dan memotong plastik dari botol secara otomatis. Modifikasi ini tidak hanya meningkatkan efisiensi dan konsistensi proses pemotongan plastik, tetapi juga mengurangi intervensi manual, sehingga meningkatkan produktivitas keseluruhan. Dengan menggunakan alat yang telah dimodifikasi ini, penulis dapat memastikan bahwa proses pemotongan plastik berjalan dengan lancar dan efektif, tanpa memerlukan penarikan manual yang melelahkan.

4.1.3 Hotend Kit 3d print



Gambar 4.1.3 Heatblock dan Nozzle

Hotend Kit Terdiri dari:

- Heat Block
- nozzle

Penulis menggunakan elemen pemanas ini karena elemen pemanas tersebut mudah diaplikasikan dan mudah ditemukan di pasaran. Pemilihan elemen pemanas ini bertujuan untuk memastikan bahwa panas yang dihasilkan dapat didistribusikan secara langsung dan efisien ke headblock, yang terbuat dari aluminium.

Aluminium dipilih sebagai bahan untuk headblock karena memiliki konduktivitas termal yang sangat tinggi, sekitar 237 W/m·K (watt per meter per Kelvin). Konduktivitas termal yang tinggi ini berarti aluminium mampu mentransfer panas dengan cepat dan efisien dari satu bagian material ke bagian lainnya. Dengan kata lain, saat elemen pemanas menghantarkan panas, aluminium sebagai material headblock dapat dengan cepat menyerap dan menyebarkan panas tersebut ke seluruh permukaannya.

Kemampuan aluminium untuk mentransfer panas dengan cepat memastikan bahwa suhu di seluruh headblock tetap konsisten dan merata. Hal ini sangat penting dalam aplikasi yang membutuhkan kontrol suhu yang presisi, seperti dalam mesin cetak 3D, sistem pendingin, atau peralatan pemanas. Dengan menggunakan elemen pemanas yang mudah diaplikasikan dan aluminium sebagai material headblock, sistem ini menjadi lebih efisien dalam menghantarkan dan mendistribusikan panas, serta lebih andal dalam kinerja jangka panjang.

Lalu, nozzle pada mesin 3D printer diubah dengan cara memodifikasi dan memperbesar ukuran lubang keluaran menjadi sebesar 1,5 mm. Tujuan dari pembesaran lubang nozzle ini adalah untuk memungkinkan aliran material yang lebih lancar dan konsisten, terutama saat mencetak dengan filament yang terbuat dari bahan daur ulang, seperti botol plastik PET. Dengan lubang yang lebih besar, nozzle dapat mengurangi risiko tersumbat dan meningkatkan efisiensi pencetakan, memastikan bahwa material keluar dengan kecepatan dan volume yang tepat sesuai kebutuhan desain cetakan 3D.

4.1.4 Bearing 608zz



Gambar 4.1.4.1 *Bearing* Sebelum di Modifikasi



Gambar 4.1.4.2 *Bearing* 608zz Setelah di Modifikasi

Penulis menggunakan bearing sebagai alat untuk memotong botol PET yang awalnya tidak tajam. Untuk mengubah bearing ini menjadi alat pemotong yang efektif, pertama-tama penulis mengasah dan mempertajam bagian ujung bearing hingga memiliki ketajaman yang cukup untuk memotong material plastik. Proses pengasahan ini dilakukan dengan hati-hati agar mendapatkan sudut ketajaman yang optimal dan memastikan bahwa ujung bearing menjadi sangat tajam.

Setelah bearing telah diasah dan tajam, langkah berikutnya adalah merakitnya sedemikian rupa sehingga berfungsi seperti gunting. Penulis memasang dua bearing yang sudah dimodifikasi tersebut pada suatu mekanisme yang memungkinkan kedua bearing berfungsi sebagai bilah pemotong. Mekanisme ini memastikan bahwa ketika botol PET ditarik melalui celah di antara kedua bearing, botol tersebut akan dipotong secara otomatis dan rapi oleh bearing yang sudah diasah tadi.

Cara kerja alat ini cukup sederhana namun efektif. Ketika bagian bawah botol PET ditarik melewati kedua bearing, botol tersebut secara otomatis akan terpotong oleh ketajaman ujung bearing yang telah dimodifikasi. Gaya tarik yang diterapkan pada botol membuatnya bergerak melalui celah di antara bearing, di mana ketajaman bearing memotong material botol dengan presisi. Dengan desain ini, proses pemotongan botol PET menjadi lebih efisien dan mudah dilakukan.

4.1.5 REX C-100



Gambar 4.1.5 Rex C100

Penulis memilih Rex C100 karena kemudahan dalam pencariannya dan kemudahan dalam pengaplikasiannya di berbagai sistem. Rex C100 merupakan kontroler suhu yang dapat membaca suhu hingga 400 derajat Celsius, menjadikannya pilihan ideal untuk aplikasi yang memerlukan pemantauan dan pengaturan suhu yang tinggi. Keandalan Rex C100 dalam mengatur suhu juga membuatnya populer di kalangan pengguna yang membutuhkan kontroler yang dapat diandalkan dan mudah dioperasikan.

Suhu yang diperlukan untuk mencetak filament PETG dalam proses 3D printing umumnya berkisar antara 230°C hingga 250°C untuk nozzle atau ekstruder. Rentang suhu ini dipilih karena PETG adalah jenis plastik yang membutuhkan suhu yang relatif tinggi untuk meleleh secara optimal dan mengalir melalui nozzle dengan baik.

Maka dari itu, penulis menurunkan suhu ekstruder agar plastik dapat

diekstrusi menjadi bentuk filament. Suhu yang diperlukan untuk proses pembentukan filament adalah sekitar 210 derajat Celsius. Pada suhu ini, plastik meleleh dengan konsistensi yang tepat untuk mengalir dengan baik melalui ekstruder tanpa mengalami kelebihan atau kekurangan panas yang dapat mengganggu proses. Penurunan suhu ini juga membantu dalam memastikan bahwa filament terbentuk dengan dimensi yang konsisten dan sesuai dengan standar yang diinginkan untuk aplikasi 3D printing.

4.1.6 Hasil Fillamen dan Spesimen



Gambar 4.1.6 Gambar Filamen PET dan Spesimen

4.1.7 Elemen Pemanas

Dalam menciptakan efisiensi dan konsistensi dalam produksi fillamen botol plastik, penulis memutuskan untuk mengadopsi penggunaan elemen pemanas spesifik yang sering dijumpai dalam mesin 3D printer. Elemen pemanas ini dirancang dengan tegangan kerja sebesar 12 volt dan daya sebesar 40 watt untuk memastikan proses produksi berjalan lancar.

Salah satu aspek krusial dalam pembuatan fillamen adalah menjaga suhu pada level yang tepat, yaitu sebesar 175 derajat Celsius. Ketika suhu pemanas melebihi ambang batas ini, fillamen rentan mengalami gangguan berupa putusnya aliran fillamen tersebut, yang mungkin akan menghambat kelancaran proses produksi secara keseluruhan.

Di sisi lain, apabila suhu pemanas berada di bawah angka yang telah ditetapkan, fillamen yang dihasilkan mungkin akan memiliki kecenderungan untuk menjadi terlalu padat dan berat. Hal ini berpotensi membuat fillamen sulit untuk mengalir melalui nozzle dan berakibat pada kurangnya ketepatan dalam hasil akhir produksi.

Oleh sebab itu, pengontrolan suhu pemanas dengan teliti dan efektif menjadi faktor kunci dalam menjamin kualitas fillamen yang dihasilkan sesuai dengan standar yang diinginkan. Dengan menjaga suhu pemanas pada nilai yang optimal, proses produksi fillamen botol plastik dapat berlangsung dengan efisien dan hasil yang memuaskan.

4.2 Menganalisa konstanta pegas untuk ekstruder yang digunakan untuk menekan fillamen

Ekstruder didesain khusus untuk menarik serutan botol plastik dengan mempertimbangkan bahwa proses penarikan filamen membutuhkan gaya sebesar 60 Newton (N). Gaya ini dihitung dengan memperhitungkan kebutuhan optimal dalam menarik botol plastik untuk memastikan kelancaran proses pemotongan dan pengolahan. Dengan menggunakan ekstruder yang didesain untuk menangani beban ini, diharapkan dapat mencapai hasil yang konsisten dan efisien dalam mengubah botol plastik menjadi bahan baku filamen untuk pencetakan 3D.

Jadi konstanta pegas yang dipakai adalah

$F = \text{Gaya yan diberikan pada pegas}$

$K = \text{Konstanta Pegas}$

$X = \text{perubahan panjang pegas dari posisi awal}$

Diketahui :

$$M = 6 \text{ kg}$$

$$N = m * g$$

$$N = 60 \text{ N}$$

$$K = ?$$

$$X = ?$$

Jadi :

$$x1 = 20\text{mm}$$

$$x_2 = 13.8$$

$$X = x_1 - x_2$$

$$X = 20\text{mm} - 13.8\text{mm}$$

$$X = 6.2\text{mm}$$

$$X = 0.0062\text{m}$$

Maka:

$$X_1 = 20\text{mm}$$

$$X_2 = 13.8$$

$$X = X_1 - X_2$$

$$X = 20 - 13.8$$

$$X = 6.2\text{mm}$$

$$X = 0.0062\text{m}$$

$$K = \frac{F}{X}$$

$$K = \frac{60}{0,0062}$$

$$K = 9.677 \text{ N/m}$$

Gaya yang dihasilkan dari pegas sangat memadai untuk menekan filamen dengan presisi yang diperlukan. Karena keandalannya dalam memberikan tekanan yang konsisten dan kuat, saya yakin pegas ini adalah pilihan terbaik untuk memenuhi kebutuhan spesifik dalam proses menekan filamen.

4.3 Perhitungan Torsi Motor Stepper untuk menarik serutan botol

Motor stepper dipilih berdasarkan perhitungan yang telah dilakukan untuk memastikan bahwa motor memiliki torsi dan akurasi yang sesuai dengan kebutuhan sistem. Dengan mempertimbangkan parameter seperti kecepatan putaran, langkah motor, dan torsi yang dibutuhkan untuk menjalankan proses menarik serutan botol dengan stabil dan efisien, pemilihan motor stepper yang tepat menjadi krusial dalam memastikan kinerja optimal dari perangkat yang dirancang.

Diketahui =

F : 15N (Gaya Yang diperlukan untuk menarik serutan botol)

r : 0,55 cm

TMS : 42 Ncm

r = jari – jaari as motor stepper dan Gerar

TMS = Torsi Motor

F = Gaya

Torsi Motor Stepper (TMS) = 42 Ncm

Jadi :

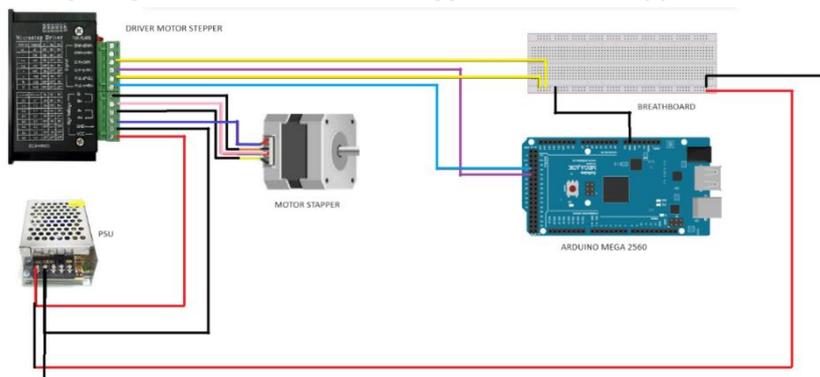
$$F = \frac{F}{L}$$

$$F = \frac{15}{0,55}$$

$$F = 8.25 \text{ Ncm}$$

Motor yang digunakan memiliki kekuatan yang cukup untuk menarik serutan botol dengan gaya yang dibutuhkan sekitar 8,25 Ncm. Meskipun demikian, torsi yang dihasilkan oleh motor mencapai 42 Ncm, lebih dari cukup untuk menjalankan proses tersebut dengan efisien. Torsi yang tinggi dari motor memastikan bahwa mesin dapat mengatasi hambatan saat menarik dan memproses botol, sehingga memastikan operasi yang lancar dan stabil dalam proses serutan botol

4.4 Wiring Diagram Arduino untuk Penggerak Motor Stepper



Gambar 4.4 Gambar Wiring Diagram untuk Pemrograman Arduino Mega 2560

Komponen-komponen yang digunakan dalam rangkaian kelistrikan ini ada beberapa komponen seperti power supply 24v 30a, breadboard, Arduino mega 2560, dan motor stepper.

Port DIR (-) ; DIR (+) ; PUL (-) ; PUL (+) dimasukkan kabel jumper male-male dimana DIR- dan PUL- masuk kedalam breadboard lalu DIR+ dan PUL+ masuk kedalam pin Mega 2560. Lalu pin PUL – dan DIR – masuk ke dalam bread board setelah itu pin – di Breadboard dimasukkan ke GND pada Arduino Mega dan diberi daya dari psu untuk + dan – nya. Penjelasan pin PUL digunakan untuk mengirim sinyal pul atau langkah ke motor stepper. Setiap kali sebuah pul diterima pada pin ini, motor stepper akan bergerak satu langkah, sering juga disebut sebagai pin STEP pada beberapa driver lainnya. Lalu pin DIR digunakan untuk mengubah arah rotasi motor stepper. Dengan memberikan kondisi logis (tinggi atau rendah) pada pin ini, Anda dapat menentukan arah putaran, Biasa disebut puranan CW atau CCW.

Lalu pada port A+ , A- , B+ , B- dimasukkan kabel jumper male-male yang sebelumnya sudah terlebih dahulu di cek dengan cara menggabungkan kedua kabel jumper male-male dan mencoba untuk memutar as pada motor stepper. Jika as motor stepper berat untuk diputar maka sejenis , sebaliknya pada saat memutar as motor stepper mudah untuk diputar maka kabel jumper tersebut belum sejenis, yang dimaksudkan sejenis adalah A+A- dan B+B- dan dimasukkan kedalam port pada driver motor stepper sesuai dengan A+A- dan B+B-stepper berikutnya. Lalu Pin VCC dan GND pada Driver langsung ke PSU VCC= + dan GND = - .

4.5 Prosedur Percobaan Mesin

Proses dimulai dengan persiapan botol Aqua berkapasitas 1,5 liter. Botol kemudian ditempatkan di atas kompor dan dipanaskan secara merata. Tujuan dari pemanasan ini adalah untuk menghilangkan garis-garis atau lekukan yang mungkin ada pada permukaan botol, sehingga botol menjadi lebih mudah untuk diproses selanjutnya. Setelah botol cukup dipanaskan, bagian bawah botol dipotong dengan presisi dan dibersihkan untuk memastikan bahwa hanya bagian yang diinginkan yang akan digunakan dalam proses selanjutnya. Potongan bagian bawah ini kemudian dimasukkan ke dalam alat pemotong khusus yang akan menghasilkan serutan atau

serpihan-serpihan kecil dari botol tersebut.

Serutan-serutan botol ini kemudian dimasukkan ke dalam ekstruder filament, sebuah alat yang berfungsi untuk menarik serutan-serutan tersebut dan menekan serta membentuknya menjadi filamen plastik yang panjang dan seragam. Proses ekstrusi ini sangat penting karena filamen yang dihasilkan harus memiliki diameter yang konsisten agar bisa digunakan dengan baik dalam pencetakan 3D atau proses lain yang membutuhkan bahan baku filamen plastik.

Setelah keluar dari ekstruder, filamen plastik yang sudah terbentuk ini kemudian dimasukkan kembali ke dalam pemanas untuk memastikan bahwa plastiknya benar-benar dalam keadaan yang lentur dan siap untuk digunakan. Proses pemanasan ini juga membantu menghilangkan ketegangan internal dalam plastik, sehingga filamen akan lebih stabil dan dapat menghasilkan hasil cetakan yang lebih baik.

Setelah proses pemanasan selesai dan filamen telah mencapai bentuk dan kualitas yang diinginkan, filamen ini ditarik dan dikeluarkan dari mesin dengan bantuan penggulung atau winder. Penggulung ini berfungsi untuk mengatur dan menjaga filamen agar tidak mengalami kerusakan atau kekacauan saat proses penggunaan atau penyimpanan selanjutnya.

Dengan demikian, dari sebuah botol plastik bekas Aqua 1,5 liter, melalui serangkaian proses termasuk pemanasan, pemotongan, ekstrusi, dan penggulangan, kita bisa mendapatkan filamen plastik yang siap digunakan kembali dalam berbagai aplikasi, termasuk dalam pencetakan 3D atau pembuatan produk-produk lain yang memanfaatkan bahan baku dari daur ulang botol plastik.