

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metodologi

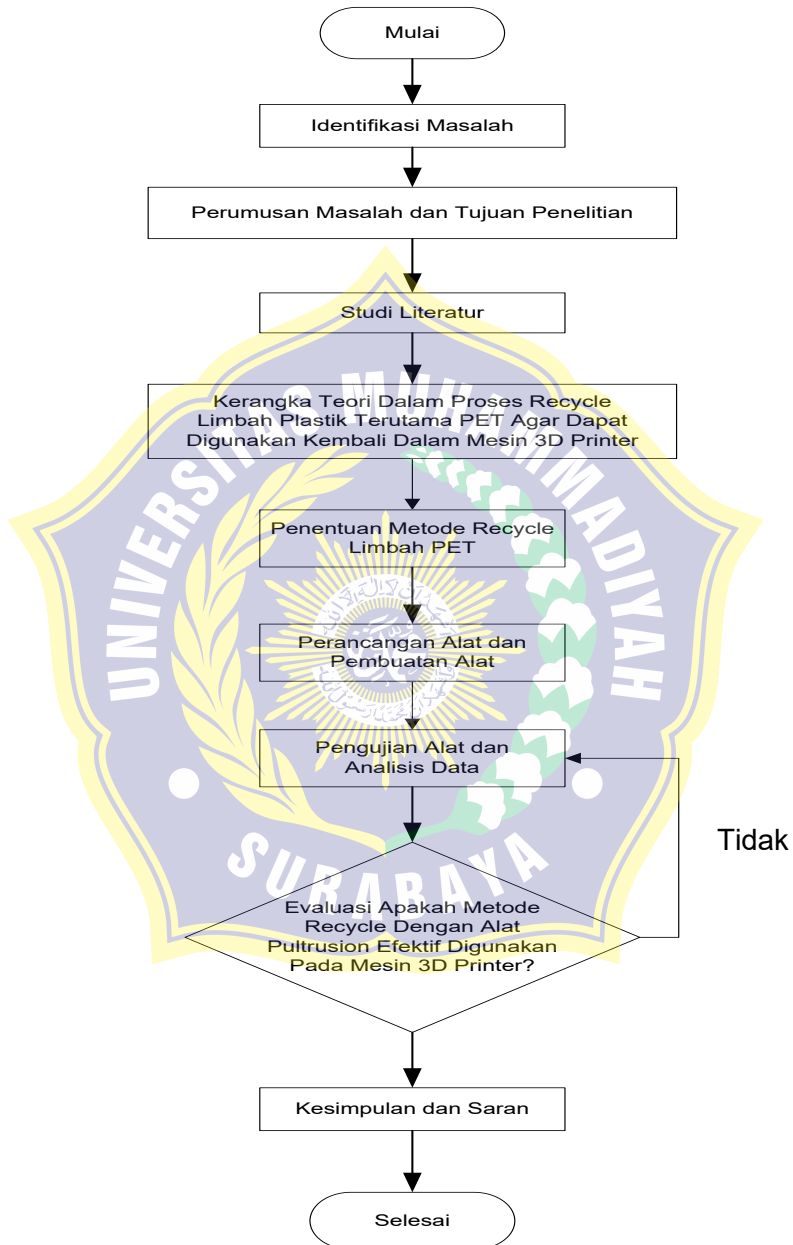
Metodologi yang digunakan dalam kegiatan ini adalah metodologi perancangan dan pembuatan alat. Metodologi ini mencakup tahapan perancangan, pembuatan, dan pengujian alat secara sistematis untuk menghasilkan mesin *pultrusion filamen* 3D printer yang mampu memanfaatkan limbah botol plastik PET sebagai bahan baku filamen. Pendekatan yang digunakan bersifat rekayasa (*engineering approach*), eksperimental terapan, kuantitatif.

Identifikasi dan Perencanaan (*Clarifying the Task*)

- Identifikasi masalah : menganalisis karakteristik botol PET bekas (ketebalan, temperatur leleh sekitar 250 – 260 °C) dan kendala penyusutan (*shrinkage*) saat ditarik menjadi *filamen*.
- Studi literatur : mengumpulkan referensi terkait proses pultrusion filamen (*PET strip-to-filament*), parameter temperatur *nozzle*, kecepatan penarikan (*spooling speed*), dan standar diameter filamen 3D printing (1.75 mm dengan toleransi ± 0.05 mm).
- Penetapan spesifikasi mesin : menentukan target dimensi mesin, daya listrik *heater*, jenis motor penggerak (*stepper/DC*), dan sistem kontrol suhu (PID).

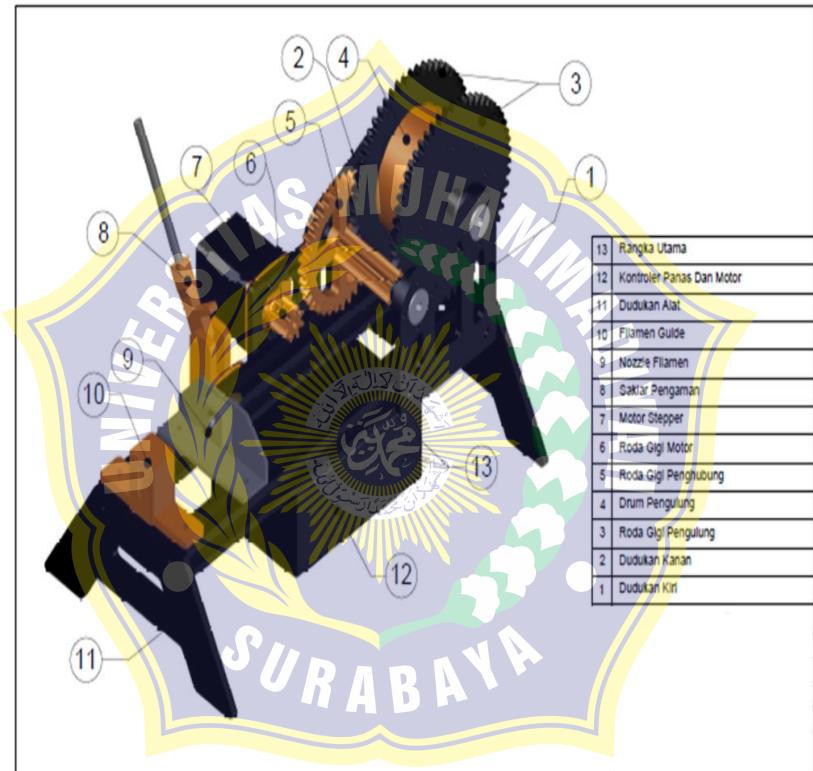
3.2 Diagram Alir

Diagram alir perancangan dan pembuatan alat :



3.3 Tahap Perancangan Alat

Tahap perancangan dilakukan sebagai dasar dalam pembuatan alat agar sesuai dengan fungsi dan spesifikasi yang diinginkan. Menggunakan software AutoCAD dan perhitungan matematis setiap item utama dalam alat ini.



Gambar 3.1 Perancangan alat

3.4 Penentuan spesifikasi alat

Spesifikasi alat yang ditentukan meliputi :

- Diameter filamen yang dihasilkan sebesar 1,75 mm
- Bahan baku berupa limbah botol plastik PET
- Metode pembentukan filamen menggunakan pultrusion
- Suhu kerja *nozzle* pada kisaran 200 – 220 °C

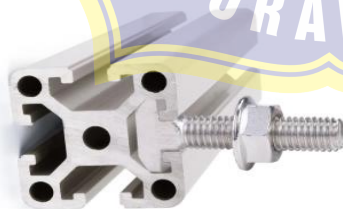
3.5 Sistem mekanik

Sistem mekanik meliputi :

- Rangka alat sebagai penopang seluruh komponen
- Sistem penarikan filamen menggunakan motor *stepper*
- Sistem transmisi roda gigi untuk menurunkan kecepatan dan meningkatkan torsi
- *Roller* dan *bearing* sebagai penuntun filamen

3.6 Baut penopang

Perhitungan pembebanan pada baut M5 sebagai penahan gearset penggulung.

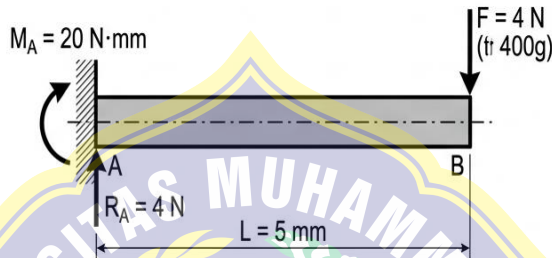


Berat komponen keseluruhan 400 gram ditopang oleh baut dan sliding nut M5

Gambar 3.2 Baut M5

Spesifikasi tegangan geser baut M5 dengan kelas baut 4.8 (kekuatan tarik 400 Mpa) dengan Tegangan geser izin ($\approx 0,6\sigma$) sebesar 240 Mpa.

3.7 Momen lentur



Gambar 3.3 *Free body diagram* momen lentur

M (Momen Lentur) : Besarnya gaya putar yang bekerja pada batang (satuan biasanya Newton-meter atau Nm).

F (Gaya/Force) : Besarnya beban terpusat yang diberikan (satuan N atau kN).

L (Panjang Lengan) : Jarak tegak lurus dari titik tumpuan ke titik di mana gaya bekerja (satuan m).

Properti penampang (solid $2 \times 2 \text{ mm}$)

3.8 Beban pada bearing

- Gabungkan gaya radial & berat

Karena arahnya saling tegak lurus, digabung secara vector :

Rumus dasar Gaya Berat adalah $W = m \times g$ (berat = massa $\times$ gravitasi), sementara Gaya Radial (atau Gaya Sentripetal pada gerak melingkar) adalah $F_r = m \times v^2/r$ atau $Fr = m \times \omega^2 \times r$, yang menggambarkan gaya yang menarik benda ke pusat lingkaran. Gaya berat selalu arahnya ke bawah, sedangkan gaya sentripetal

arahnya ke pusat lingkaran, keduanya penting dalam fisika dasar.

Rumus Gaya Berat (Weight) :

$$W = m \times g$$

W = Gaya Berat (dalam Newton, N)

m = Massa benda (dalam kilogram, kg)

g = Percepatan gravitasi (sekitar 9.8 m/s^2 di bumi)

Rumus Gaya Radial (Gaya Sentripetal)

Rumus (berdasarkan kecepatan linear) :
$$F_r = \frac{m \times v^2}{r}$$

Rumus (berdasarkan kecepatan sudut) :
$$F_r = m \times \omega^2 \times r$$

Keterangan :

F_r = Gaya *Sentripetal* (Gaya Radial, dalam Newton, N)

m = Massa benda (dalam kilogram, kg)

v = Kecepatan linear (dalam m/s)

r = Jari-jari lintasan (dalam meter, m)

ω = Kecepatan sudut (dalam rad/s)