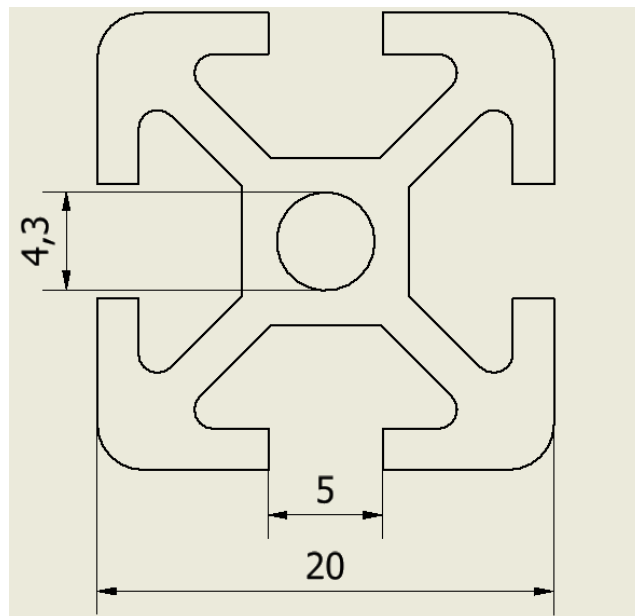


BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Profil dan Dimensi Kerangka

Profil yang digunakan untuk konstruksi kerangka 3d *printer* CoreXY tersebut yaitu berbentuk aluminium profil *extrusion* 2020 termasuk dalam kategori aluminium struktural yang memiliki panjang bermacam macam kemudian disatukan sehingga membentuk konstruksi kerangka 3d *printer* CoreXY.



Gambar 2.1 Dimensi Aluminium Profile Extrusion 2020

2.2 *Computer Aided Design (CAD)*

Pada zaman modern seperti sekarang semua pekerjaan dibantu oleh sebuah perangkat lunak atau yang sering disebut *software*, berbagai macam *software* yang ada, terbagi menjadi beberapa segmen yang diperuntukan untuk berbagai macam jenis pekerjaan. Salah satu *software* yang ada hingga sekarang yaitu *Computer Aided Design (CAD)* yang secara garis besar *software* ini membantu dalam memvisualisasikan, memberi detail, mengoptimalkan dan merealisasikan dari desain yang dibuat (Mulyadi, 2021).

2.3 *Finite Element Analysis (FEA)*

Dalam mendesain sebuah mesin, perlu adanya prosedur pemilihan bahan yang sesuai dengan kondisi aplikasi. Selain Kekuatan dan kekakuan material masih terdapat faktor lainnya yang harus dipertimbangkan dalam perancangan struktur, namun kekuatan material sama pentingnya dengan sifat material lainnya seperti kekerasan, ketangguhan, yang merupakan kriteria penetapan pemilihan bahan (Sofyan, 2019).

Finite Element Analysis (FEA) merupakan sebuah metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah struktur kompleks pada mekanika benda padat dalam menghasilkan solusi berupa tegangan, regangan, defleksi hingga umur *fatigue* (Pris, 2002). Keunggulan dari metode FEA adalah penggunaan waktu dan biaya yang minimum, bahkan metode ini dapat digunakan sebelum prototipe yang sebenarnya.

Metode elemen hingga (*finite element methods*) adalah sebuah metode penyelesaian permasalahan teknik yang menggunakan pendekatan dengan membagi-bagi (*diskritisasi*) benda yang akan dianalisa kedalam bentuk elemen-elemen yang berhingga yang saling berkaitan satu sama lain. Permasalahan teknik biasanya didekati dengan sebuah model matematik yang berbentuk persamaan *differential*.

2.4 **Faktor Keamanan**

Faktor Keamanan pada awalnya didefinisikan sebagai suatu bilangan pembagi kekuatan ultimate material untuk menentukan “tegangan kerja” atau “tegangan design”. Perhitungan tegangan design ini pada jaman dulu belum mempertimbangkan faktor-faktor lain seperti dampak, fatigue, dan lain-lain, sehingga faktor keamanan nilainya cukup besar yaitu sampai 20-30. Dalam “*modern engineering practice*”, faktor keamanan dalam design harus mempertimbangkan hampir semua faktor yang mungkin meningkatkan terjadinya kegagalan. Faktor keamanan merupakan hasil perbandingan dari tegangan luluh sesungguhnya terhadap tegangan maksimum yang terjadi,

$$\text{Faktor Keamanan} = \frac{\text{Tegangan Luluh}}{\text{Tegangan Maksimum}} \quad (2.1)$$

Beberapa referensi juga mendefinisikan faktor keamanan sebagai perbandingan antara “*design overload*” dan “normal load”. Penentuan nilai numerik faktor keamanan sangat tergantung pada berbagai parameter dan pengalaman. Parameter-parameter utama yang harus diperhatikan adalah jenis material, tipe dan mekanisme aplikasi beban, keadaan diberi tegangan, jenis komponen dan lain-lain, sehingga tabel dapat dilihat seperti dibawah ini,

Tabel 2.1 Faktor keamanan yang disarankan
(Aaron D.Deutschman, Machine Design, 1975)

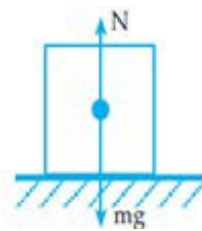
No.	Faktor Keamanan	Parameter dan tingkat ketidakpastian
1.	1,25 – 1,5	Data material yang sangat akurat dan andal, jenis pembebanan yang pasti, metoda perhitungan tegangan yang akurat
2.	1,5 – 2	Data Material yang cukup baik, kondisi lingkungan yang stabil, dan beban serta tegangan yang terjadi dapat dihitung dengan baik.
3.	2,0 – 2,5	Average material, komponen dioperasikan pada lingkungan normal, beban dan tegangan dapat dihitung dengan material
4.	2,5 – 3	Untuk material yang datanya kurang baik, atau material getas dengan pembebanan dan lingkungan rata-rata
5	3 - 4	Untuk material yang belum teruji, dengan pembebanan, dan lingkungan rata-rata. Angka ini juga disarankan untuk material yang teruji dengan baik, tetapi kondisi lingkungan dan pembebanan tidak dapat ditentukan dengan pasti

2.5 Tegangan dan Analisa Gaya

Salah satu masalah fundamental dalam *mechanical engineering* adalah menentukan pengaruh beban pada komponen mesin atau peralatan. Intensitas gaya dalam pada suatu benda didefinisikan sebagai tegangan (*stress*). Untuk menjaga

prinsip kesetimbangan, tentu pada penampang tersebut terdapat gaya-gaya dalam yang bekerja.

Tegangan bisa diartikan sebagai gaya per satuan luas. Ketika sebuah gaya diberikan kepada sebuah benda. Tegangan adalah perbandingan antara besar gaya terhadap luas dimana gaya tersebut dikenakan. Jika gaya yang dikenakan tegak lurus dengan permukaan benda, maka terjadi tegangan normal. Jika gaya yang dikenakan berarah tangensial terhadap elemen luasan benda, maka terjadi tegangan geser. Jika gaya tersebut tidak tegak lurus maupun paralel terhadap permukaan benda, maka gaya tersebut dapat diuraikan dalam komponen normal dan tangensial.



Gambar 2.2 Bidang Kerja Gaya Normal

Persamaan Hukum Newton 1 dapat ditotasikan seperti dibawah ini:

$$\Sigma F = 0 \quad (2.2)$$

Umumnya gaya – gaya yang bekerja pada luasan sangat kecil pada penampang tersebut bervariasi dalam besar maupun arah. Gaya dalam merupakan resultan dari gaya – gaya pada luasan sangat kecil ini. Intensitas gaya menentukan kemampuan suatu material terutama dalam memikul beban, disamping itu mempengaruhi sifat-sifat kekakuan maupun stabilitas. Intensitas gaya dan arahnya yang bervariasi dari titik ke titik dinyatakan sebagai tegangan. Karena perbedaan pengaruhnya terhadap material struktur, biasanya tegangan diuraikan menjadi komponen yang tegak lurus dan sejajar dengan arah potongan suatu penampang.

Tegangan merupakan perbandingan antara gaya tarik atau tekan yang bekerja terhadap luas penampang benda. Seperti persamaan berikut:

$$\sigma = \frac{F}{A} \quad (2.3)$$

Dimana : σ = tegangan (N/mm^2)

F = gaya tekan atau tarik (N)

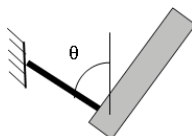
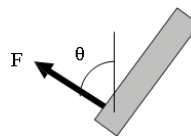

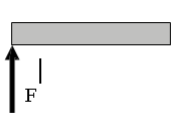
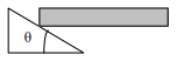
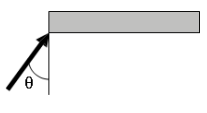
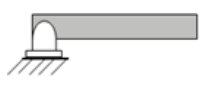
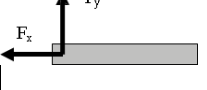
A = luas penampang (mm^2)

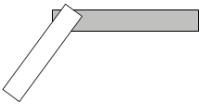
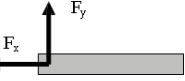
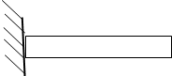
2.6 Tumpuan dan Reaksi Tumpuan

Merupakan gaya reaksi dari tumpuan terhadap benda kaku secara umum dapat dikatakan bahwa gaya akan muncul pada tumpuan bila tumpuan tersebut mencegah benda bertranslasi sedang reaksi momen muncul bila tumpuan tersebut mencegah benda berotasi.

Jenis reaksi tumpuan yang umumnya digunakan pada sistem keseimbangan 2 dimensi (koplanar) adalah tumpuan engsel, rol, jepit dan kabel. Adapun diagram benda bebas tumpuan diatas beserta reaksi tumpuannya dapat dilihat pada gambar dibawah ini.

Tabel 2.2 Jenis Tumpuan dan Reaksinya
(Eddy Widiyono, 2011)

No	Jenis Tumpuan	Reaksi Tumpuan	Keterangan
1	Kabel 		Ada 1 (satu) reaksi tumpuan F yang searah dengan kabel
2	Rol 		Ada 1 (satu) reaksi tumpuan F yang searah dengan sumbu Y
3	Tumpuan Datar 		Ada 1 (satu) reaksi tumpuan F yang searah dengan sudut tumpuan
4	Engsel Luar 		Ada 2 (dua) reaksi tumpuan F yang searah dengan sumbu X dan sumbu Y

5	Engsel Dalam 		Ada 2 (dua) reaksi tumpuan F yang searah dengan sumbu X dan sumbu Y
6	Jepit 		Ada 3 (tiga) reaksi tumpuan F yang searah dengan sumbu X, sumbu Y dan momen M

2.7 Kajian Pustaka

Dalam melakukan penulisan tugas akhir diperlukan suatu penelitian terlebih dahulu untuk menjadikan sebuah referensi yang kemudian akan diobservasi. Berikut merupakan beberapa referensi yang berhubungan dengan penelitian pada laporan ini:

Fahd Riyal Pris, dkk. (2019). Dalam penelitiannya yang berjudul Analisis Kekuatan Velg *Aluminium Alloy 17 Inc* dari Berbagai Desain Menggunakan Metode *Finite Element Analysis (FEA)* dapat ditarik kesimpulan bahwa dari analisa perhitungan dan pengujian secara matematis hampir mendekati dari system analisis komputansi. Dari beberapa *velg* yang telah dilakukan pengujian secara *software SOLID WORK 2017*, penulis memperoleh hasil *velg 2*, yang lebih unggul dari tipe 1 dan 3. Keunggulan *velg* tipe berupa nilai *displacement* sebesar $8.576e-3$ mm (pada simulasi statis), *Von Mises Stress* sebesar $9.629e+7$ N/m², *displacement* sebesar $2.189e-1$ mm, *strain* sebesar $8.832e-4$ (pada simulasi torsi), dan *displacement* sebesar $2.311e-2$ mm (pada simulasi FEA).

Farhansyah, dkk. (2021). Dalam penelitiannya mengenai Analisis Pengaruh Rasio Eksentrisitas Pada Pelumasan Elastohydrodynamic Multistep Journal Bearing Mnegggunakan Metode Computational Fluid Dynamics dan Fluid-Structure Interaction, menggunakan metode penelitian rasio eksentrisitas, dan pengaruh pemberian tekstur multistep pada journal bearing, dapat ditarik kesimpulan bahwa dengan adanyapengaruh tekstur multistep pada journal bearing, daya dukung beban

meningkat pada rasio eksentrisitas rendah dan menurun pada rasio eksentrisitas tinggi, gaya gesek dan performa akustik menurun pada setiap rasio eksentrisitas.

Didit, dkk. (2021). Dalam penelitiannya mengenai uji pengaruh kecepatan dan perbedaan suhu antara filament PLA dengan filament PETG pada 3D *printer* Ender 5 Pro untuk mengendalikan *printer* 3D yang di gunakan untuk mengatur ukuran dan temperatur. Filament yang di gunakan adalah PLA dan PETG dalam proses percetakan membutuhkan suhu dan kecepatan yang berbeda dan pada saat melakukan pengangkatan ini menggunakan alat pelindung diri (APD). Pada saat pengujian ini menggunakan dua suhu dan kecepatan, masing masing adalah filament PLA suhu 185°C dengan kecepatan 40mm/s, 60mm/s, 80mm/s dan filament PETG 230°C dengan kecepatan 40mm/s, 60mm/s, 80mm/s. Jadi semakin rendah suhunya mendapatkan hasil yang baik dan untuk tingkat kehalusan bisa terpengaruh kecepatan yang tidak stabil.

Rajesh, dkk. (2019). Dalam penelitiannya mengenai *analysis of shrinkage compensation factor (SCF) of FDM for accuracy enhancement* penyusutan material PLA akibat dari proses pendinginan. Benda uji hasil printing memiliki panjang 120 mm. Shrinkage benda uji dengan nilai parameter 80,0 *step/unit motor* terjadi pada area 80 mm sampai dengan 120 mm dengan nilai 0,078 mm – 0,194 mm. Benda uji sepanjang titik awal 0 – 60 mm tidak terjadi *shrinkage*. *Shrinkage* material berpengaruh terhadap pengurangan dimensi benda pada bidang printing arah sumbu X dan Y. *Shrinkage* dapat diperbaiki dengan metode SCF (*Shrinkage Coefficient Factor*). Namun efek perbaikan dengan SCF ini menyebabkan ketelitian dimensi menjadi besar yaitu sekitar 0,552/60mm untuk material PLA.

Ikhwan Taufik dkk. (2017). Dalam penelitiannya mengenai *monitoring* dan analisis Mesin 3d *Print* Berbasis Sensor Getaran Untuk Mengoptimalkan Kualitas Hasil didapatkan bahwa dengan kecepatan printing 50% mempunyai tingkat kekasaran permukaan rata-rata sebesar $\overline{Ra} = 8.6485 \mu\text{m}$. Spesimen dengan kecepatan printing 100% mempunyai tingkat kekasaran permukaan rata-rata sebesar $\overline{Ra} = 8.2893 \mu\text{m}$. Spesimen dengan kecepatan printing 200% mempunyai tingkat kekasaran permukaan rata-rata sebesar $\overline{Ra} = 7.864 \mu\text{m}$.

Goodman Octavianus dkk. (2022). Dalam penelitiannya mengenai simulasi kekuatan struktur model variasi cakram sepeda motor menggunakan metode elemen hingga. Mensimulasikan cakram pada kondisi statis dengan tekanan sebesar 1.4 MPa dan transien dengan kecepatan putaran cakram sebesar 12 rad/s menggunakan perangkat lunak Ansys Workbench R2 2021 Student Version. Hasil penelitian menunjukkan tegangan maksimum terendah pada cakram Model 1 yaitu sebesar 3.1362 MPa (simulasi statis) dan 507.91 MPa (simulasi transien). Selain itu, visualisasi distribusi tegangan hasil simulasi menunjukkan potensi resiko terendah cakram akan mengalami retak yaitu pada cakram Model 1.

Muh Septa Hendriyanto dkk. (2015). Analisa struktur rangka mesin 3 in 1 pembuat kerupuk sermier dengan menggunakan *software ANSYS Workbench 14.0*. Mendapati bahwa rangka mesin pembuat kerupuk sermier ini masih dalam keadaan aman. Terlihat dari tegangan maksimum terbesar rangka baik dari hitungan teoritis yaitu 25,39 atau dari simulasi numerik ANSYS yaitu 23,9 MPa yang masih dibawah tegangan ijin yaitu sebesar 125 MPa. Selain itu, selisih tegangan terbesar antara perhitungan teoritis ataupun simulasi hanya 1,4 MPa.

2.8 Ansys

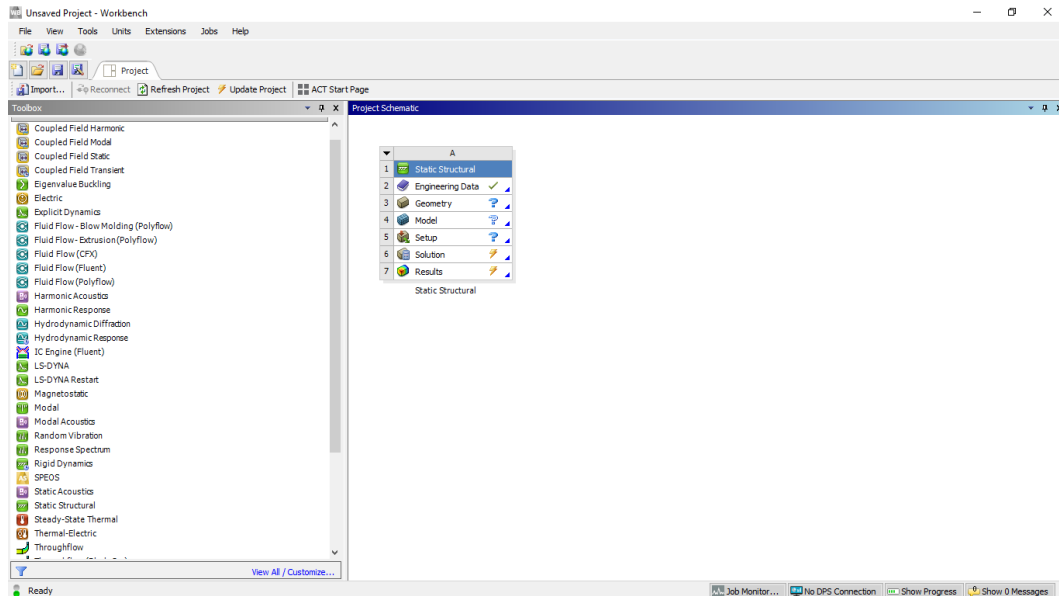
Setiap model matematik tersebut memiliki persamaan- persamaan matematik lainnya yang ditentukan berdasarkan asumsi dan kondisi aktual yang disebut kondisi batas (*boundary condition*).



Gambar 2.3 Logo Software Ansys

Metode elemen hingga dilakukan dengan menggunakan software Ansys *Workbench*. Ansys *Workbench* adalah salah satu perangkat lunak berdasarkan metode elemen hingga yang dipakai untuk menganalisa masalah-masalah rekayasa (engineering). Secara umum, untuk melakukan analisa struktur. Tahap - tahap pengerjaan terbagi dalam 5 langkah yaitu,

1. Engineering data/material properties
2. Geometri.
3. Meshing/Model.
4. Pembebanan dan analisa.
5. Hasil.



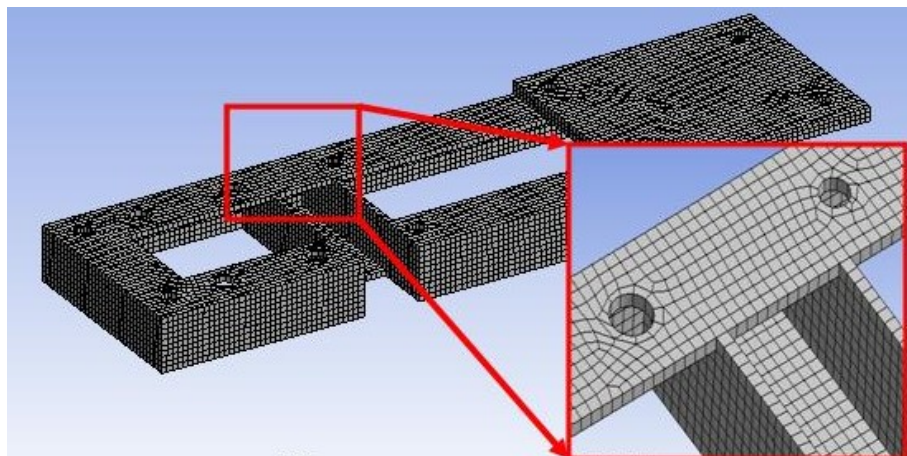
Gambar 2.4 Tahap Pengerjaan

Ansys *Workbench* tentunya juga dapat berintegrasi dengan perangkat lunak CAD sehingga memudahkan penggunaan dalam membangun model geometri dengan berbagai perangkat lunak CAD. Beberapa perangkat lunak tersebut adalah Autodesk Inventor dan Solidwork bahkan AutoCad 3D. Selain itu, kita dapat memilih material berdasarkan kondisi sebenarnya. Dalam pemilihan material ini, perlu untuk mengetahui secara filosofis, misal dari aturan standard dan kode seperti ASTM untuk material, API, AISI, dll. karena dari standard tersebut akan diketahui kekuatan material, faktor safety dsb. Pada Ansys *Workbench* dapat melakukan beberapa simulasi yang berbeda seperti struktural, *thermal*, mekanika *fluida*, analisis elektromagnetik, dll. atau bahkan gabungan analisis seperti *thermal* dengan struktur atau lainnya sehingga lebih sering dikenal dengan *finite element multiphysic*.

2.8.1 Meshing

Proses *meshing* merupakan pembagian model sehingga menjadi elemen – elemen yang lebih kecil. Meshing ini biasanya dilakukan saat sebelum menentukan boundary condition dari sebuah rencana analisa. Apabila semakin kecil nilai meshing maka semakin kecil pula pembagian elemen pada model. Sehingga hasilnya semakin akurat dan sebaliknya untuk nilai meshing yang semakin membesar maka pembagian elemen pada model juga hasilnya akan kurang akurat.

Meshing adalah bagian penting dari analisa. Karena jika meshing kurang baik, maka akan menghasilkan hasil yang berbeda atau tidak mendekati kondisi sebenarnya. Kualitas meshing bisa dikatakan baik apabila memiliki nilai rata – rata antara 0.0 – 0.4 mm, dan dikatakan sedang jika mempunyai nilai rata – rata 0.5 – 0.7 mm, dan dikatakan buruk jika mempunyai nilai rata – rata 0.8 – 1.0 mm. meshing merupakan representasi dari metode elemen hingga. Dalam metode meshing yang dilakukan untuk menganalisa strukturkerangka mesin ini yaitu *hex dominant method*.



Gambar 2.5 Contoh Hasil Meshing

2.8.2 Material Properties

Material yang digunakan pada kerangka yaitu Aluminium 6061-AHC mempunyai karakteristik seperti pada tabel dibawah ini

Tabel 2.3 Material Properties

Nama Material	Aluminium 6061-AHC	
Sifat Umum	Massa Jenis	2,7 g/cm ³

	Yield Strength	275 MPa
	Ultimate Tensile Strength (UTS)	310 MPa
Tegangan	Modulus Young	68.899,99 MPa
	Rasio Poisson	0,33 ul
	Modulus Geser	25.902,22 MPa