



MECHANICAL DESIGN OF PICK AND PLACE FOR CONNECTOR DUMMY ASSEMBLY MACHINE

Proposal Tugas Akhir

Oleh:

MUHAMMAD SYARIFUDDIN AL ISLAMI (4212001002)

**Program Studi Mekatronika
Jurusan Teknik Elektro
Politeknik Negeri Batam
2025**

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir

Saya yang bertandatangan dibawah ini menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan dari Tugas Akhir saya yang berjudul: "*Mechanical Design of Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*" adalah **hasil karya sendiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diizinkan, dan bukan merupakan karya dari pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.** Semua referensi yang dikutip atau dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka. Apabila ternyata pernyataan saya ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Batam, 10 Juni 2025



Muhammad Syarifuddin Al Islami
NIM: 4212001002

Lembar Pengesahan

Tugas Akhir ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Terapan Teknik (S.Tr.T.)

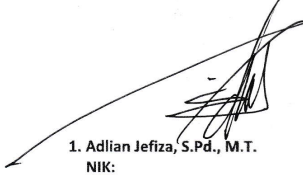
di

Politeknik Negeri Batam

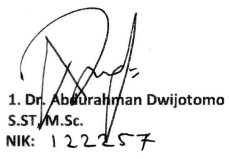
Disusun oleh:
Muhammad Syarifuddin Al Islami (4212001002)

Tanggal Sidang: Rabu, 14 Mei 2025

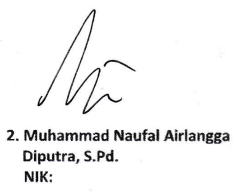
Disetujui oleh:



1. Adlian Jefiza, S.Pd., M.T.
NIK:



1. Dr. Abdurrahman Dwijotomo
S.ST./M.Sc.
NIK: 122257



2. Muhammad Naufal Airlangga
Diputra, S.Pd.
NIK:

[MECHANICAL DESIGN OF PICK AND PLACE FOR CONNECTOR DUMMY ASSEMBLY MACHINE]

Abstrak

Pada sektor manufaktur terkhususnya Kota Batam yang menjadi pusat industri di Kepulauan Riau mempunyai permasalahan proses pada salah satu produk otomotif yakni konektor kabel otomotif, komponen utamanya adalah *dummy* (penutup konektor) untuk menutup lubang pada konektor. Proses perakitan sering dijumpai masih dilakukan secara manual yang berisiko meningkatkan *human error*, seperti proses pemasangan *dummy*. Untuk mengatasi hal ini, dirancang mesin semi-otomatis *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine* menggunakan *ballscrew* sebagai jalur perpindahan silinder dibantu dengan sistem vakum untuk mengambil, memindahkan, dan menggabungkan *dummy* ke konektor. Untuk merancang dan memastikan kekuatan serta keandalan mesin, dilakukan desain dan analisis struktural menggunakan *software SolidWorks* pada pemodelan *part Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* yang menerima beban 5 kg untuk *Screw Shaft* dan 15 Kg untuk *L Bracket* dan *Support Bracket* dengan material *Aluminium Alloy 7075-T6(SN)*. Proses pengujian meliputi *Stress Test*, *Factor of Safety*, dan umur ketahanan mesin (*Fatigue*) pada bagian yang berisiko. Hasil analisis pada suhu operasional 28°C dan peningkatan suhu menjadi 35°C akibat gesekan yang dialami oleh *Screw Shaft* dengan mencerminkan kondisi nyata produksi 1000 konektor/hari, menunjukkan umur pakai *part* rata-rata lebih dari 10 tahun, kecuali *lead screw* yang hanya bertahan selama 4 bulan akibat aus dan gesekan tinggi. Dengan substitusi material *Screw Shaft* ke *AISI steel 4340*, umur pakai meningkat hingga 2 tahun sebelum muncul tanda deformasi dan pengurangan beban motor sekitar 2,5 kg dapat berpotensi memperpanjang umur komponen secara signifikan.

Kata kunci: *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*, *Finite Element Analysis (FEA)*, *Factor of Safety (FOS)*

[MECHANICAL DESIGN OF PICK AND PLACE FOR CONNECTOR DUMMY ASSEMBLY MACHINE]

Abstract

In the manufacturing sector, especially Batam City, which is the center of industry in the Riau Islands, there is a process problem in one of the automotive products, namely automotive cable connectors, the main component of which is a dummy (connector hole cover) to cover the hole in the connector. The assembly process is often still done manually, which risks increasing human error, such as the dummy installation process. To overcome this, a semi-automatic Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine was designed utilizing a ball screw as the cylinder displacement track, assisted with a vacuum system to pick, move, and join the dummy to the connector. To design and ensure the strength and reliability of the machine, structural design and analysis using SolidWorks software were carried out on the modeling of the Screw Shaft, L Bracket, and Support Bracket parts that received a load of 5 kg for the Screw Shaft and 15 Kg for L Bracket and Support Bracket with Aluminum Alloy 7075-T6 (SN) material. The testing process includes a stress test, Factor of Safety, and engine durability (Fatigue) on the at-risk parts. The results of the analysis at an operating temperature of 28°C and an increase in temperature to 35°C due to friction experienced by the Screw Shaft by reflecting the real conditions of production of 1000 connectors/days, showed an average part life of more than 10 years, except for the lead screw which only lasted for 4 months due to wear and high friction. With the substitution of the Screw Shaft material to AISI steel 4340, the service life increased up to 2 years before signs of deformation appeared and the reduction of the motor load by about 2.5 kg could potentially extend the component life significantly.

Keywords: Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine, Finite Element Analysis (FEA), Factor of Safety (FOS).

Kata Pengantar

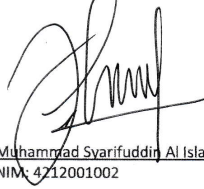
Puji syukur penulis ucapkan atas ke hadirat Allah SWT. Atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan Laporan Tugas Akhir dengan judul "*Mechanical Design of Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*" dibuat guna memenuhi syarat kelulusan di Jurusan Teknik Elektro, Program Studi D4 Teknik Mekatronika, Politeknik Negeri Batam.

Pada Kesempatan ini penulis menyampaikan terimakasih atas segala dukungan dan bantuan yang telah diberikan selama proses pembuatan Tugas Akhir ini kepada:

1. Allah SWT atas semua kasih dan karunia-Nya.
2. Kedua orang tua dan keluarga penulis yang telah memberikan dukungan berupa do'a dan motivasi.
3. Bapak Ir. Bambang Hendrawan, S.T., M.S.M., selaku Direktur Politeknik Negeri Batam.
4. Bapak Indra Hardian Mulyadi, S.T., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
5. Bapak Diono, S.Tr.T., M.Eng., selaku Ketua Program Studi Teknik Mekatronika Politeknik Negeri Batam.
6. Bapak Dr. Abdurahman Dwijotomo, S.St., M.Sc., selaku dosen pembimbing penulis yang telah menyediakan waktu dan pikiran untuk mengarahkan penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini.
7. Bapak Adlian Jefiza, S.Pd., M.T., dan Bapak Muhammad Naufal Airlangga Diputra, S.Pd., M.P.H., selaku dosen penguji I dan II.
8. Ibu Nadhrah Wivanius, S.Si., M.Si., selaku dosen pengampu mata kuliah Tugas Akhir.
9. Seluruh staff pengajar dan administrasi di jurusan Teknik Elektro Politeknik Negeri Batam.
10. Muhammad Fadhil Al Fadjri selaku *partner* yang telah membantu dalam penyusunan Tugas Akhir penulis.
11. Semua pihak yang telah membantu penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan Laporan Tugas Akhir ini masih ada kekurangan. Oleh karena itu, kritik dan saran untuk perbaikan Tugas Akhir ini sangat diperlukan. Semoga Laporan Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua, terima kasih.

Batam, 14 Mei 2025

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Muhammad Svarifuddin Al Islami', written over a horizontal line.

Muhammad Svarifuddin Al Islami
NIM: 4712001002

Daftar Isi

Pernyataan Keaslian Tugas Akhir	i
Lembar Pengesahan	ii
Abstrak	iii
<i>Abstract</i>	iv
Kata Pengantar	v
Daftar Isi	vii
Daftar Gambar	ix
Daftar Tabel	xi
Bab 1. Pendahuluan	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	3
1.3. Tujuan	4
1.4. Manfaat	4
1.5. Batasan	4
Bab 2. Tinjauan Pustaka	6
2.1. Kajian Literatur	6
2.2. Mesin <i>Pick and Place</i>	7
2.3. <i>Aluminium Alloy</i>	8
2.4. <i>AISI 4340 Steel</i>	9
2.5. <i>SolidWorks 2023</i>	10
2.6. <i>Fracture Mechanics</i>	11
2.7. <i>Hot Spot Stress</i>	13
2.8. Retak (<i>Crack</i>) dan Perambatan Retak	13
2.9. <i>Stress Intensity Factor (SIF)</i>	15
2.10. <i>Finite Element Analysis (FEA)</i>	16
2.11. <i>Gaya Normal</i>	17
2.12. <i>Fatigue</i>	19

Bab 3. Metodologi Penelitian	21
3.1. Perancangan Mesin.....	21
3.1.1. Perancangan <i>design</i> mesin.....	22
3.2. Alat dan Bahan	26
3.3. Pengujian	27
3.3.1. Pendekatan menggunakan metode <i>Fracture Mechanics</i>	29
3.3.2. Pengujian <i>Fatigue</i> dan Estimasi umur lelah material.	33
Bab 4. Hasil dan Pembahasan	34
4.1. Hasil Pemodelan dengan metode <i>Fracture Mechanics</i>	34
4.2. Menentukan Material pada model.....	34
4.3. Menentukan titik beban dan temperatur suhu	36
4.4. <i>Meshing</i>	36
4.5. Menentukan Jenis <i>Fatigue</i>	37
4.6. Menentukan <i>Add Event (Constant)</i>	38
4.7. Simulasi Analisis pada Model <i>Screw Shaft</i>	40
4.8. Simulasi Analisis pada Model L Bracket.....	51
4.9. Simulasi Analisis pada Model <i>Support Bracket</i>	55
Bab 5. Kesimpulan dan Saran	59
5.1 Kesimpulan.....	59
5.2 Saran	60
Daftar Pustaka	61
Biodata	63
LAMPIRAN	64

Daftar Gambar

Gambar 1. <i>Dummy</i> dan konektor otomotif	2
Gambar 2. <i>Pick and Place Machine</i>	7
Gambar 3. <i>Aluminium Alloy</i>	8
Gambar 4. <i>Alloy Steel</i>	10
Gambar 5. <i>SolidWorks</i>	11
Gambar 6. Faktor penyebab struktur rentan	12
Gambar 7. Perambatan Retak	14
Gambar 8. Ilustrasi retak <i>semi elliptical</i>	16
Gambar 9. Grafik perbandingan $a/2c$ dan σ/σ_s	16
Gambar 10. Gaya Normal pada Bidang Vertikal	18
Gambar 11. Kurva LCF (<i>Low Cycle Fatigue</i>), HCF (<i>High Cycle Fatigue</i>), dan <i>Unlimited Endurance</i>	20
Gambar 12. Diagram Alir Perancangan design	21
Gambar 13. Desain <i>Pick and Place</i> for Connector <i>Dummy Assembly Machine</i>	23
Gambar 14. Desain kerangka mesin	24
Gambar 15. Desain <i>Screw Shaft</i>	25
Gambar 16. Desain <i>L Bracket</i>	25
Gambar 17. Desain <i>Support Bracket</i>	26
Gambar 18. Diagram alir pengujian	27
Gambar 19. Alur Analisis Pada Perangkat Lunak <i>SolidWorks 2023</i>	28
Gambar 20. Pemodelan <i>part Screw Shaft, L Bracket, dan Support Bracket</i>	29
Gambar 21. Penentuan titik tetap (<i>Fixture</i>)	30
Gambar 22. Penentuan titik beban serta pemberian nilai beban dan temperatur suhu	30
Gambar 23. <i>Meshing</i>	31
Gambar 24. Pemodelan pada <i>part</i>	34
Gambar 25. Spesifikasi <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i>	35
Gambar 26. Spesifikasi <i>AISI 4340 Steel</i>	35
Gambar 27. Menentukan <i>Fixture Geometry</i> , arah <i>External Load (Force)</i> , dan <i>Temperatur</i>	36
Gambar 28. <i>Meshing part</i>	37
Gambar 29. <i>Fatigue</i>	38
Gambar 30. Menentukan <i>Loading Type</i>	38
Gambar 31. Hasil Simulasi material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu 28°C dan beban 5Kg	40
Gambar 32. Hasil Simulasi material <i>AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 28°C dan beban 5Kg	41
Gambar 33. (a) grafik <i>Stress Aliminium Alloy 7075-T6(SN)</i> dan (b) grafik <i>Stress AISI 4340 Steel</i>	42

Gambar 34. Hasil Simulasi <i>Fatigue</i> material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu 28°C dan beban 5Kg	42
Gambar 35. Hasil Simulasi <i>Fatigue</i> material <i>AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 28°C dan beban 5Kg.....	43
Gambar 36. Hasil Simulasi material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu 35°C dan beban 5Kg.....	45
Gambar 37. Hasil Simulasi material <i>AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 35°C dan beban 5Kg.....	45
Gambar 38. (a) grafik <i>Stress Aliminium Alloy 7075-T6(SN)</i> dan (b) grafik <i>Stress AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 35°C.....	46
Gambar 39. Hasil Simulasi <i>Fatigue</i> material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu 35°C dan beban 5Kg	47
Gambar 40. Hasil Simulasi <i>Fatigue</i> material <i>AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 35°C dan beban 5Kg.....	48
Gambar 41. Hasil simulasi material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu temperatur 28°C.....	51
Gambar 42. Grafik peningkatan <i>stress</i> pada <i>L Bracket</i>	52
Gambar 43. Hasil simulasi <i>Fatigue</i> pada <i>part L Bracket</i>	52
Gambar 44. Hasil simulasi <i>Support Bracket</i> material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu temperatur 28°C.....	55
Gambar 45. Grafik peningkatan <i>stress</i> pada <i>Support Bracket</i>	56
Gambar 46. Hasil simulasi <i>Fatigue</i> pada <i>part Support Bracket</i>	56

Daftar Tabel

Tabel 1. Karakteristik Material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i>	9
Tabel 2. Karakteristik Material <i>AISI 4340 Steel</i>	10
Tabel 3. Alat dan Bahan Penelitian.....	26
Tabel 4. Umur keletahan material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu 28°C dan beban 5Kg.....	43
Tabel 5. Umur keletahan material <i>AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 28°C dan beban 5Kg	44
Tabel 6. Umur keletahan material <i>Aluminium Alloy 7075-T6</i> dengan suhu 35°C dan beban 5Kg.....	47
Tabel 7. Umur keletahan material <i>AISI 4340 Steel</i> dengan suhu 35°C dan beban 5Kg	48
Tabel 8. Umur keletahan material pada <i>L Bracket</i>	53
Tabel 9. Umur keletahan material pada <i>Support Bracket</i>	57

Bab 1. Pendahuluan

1.1. Latar Belakang

Perkembangan teknologi kian meningkat seiring berkembangnya zaman, hal ini berdampak pada banyaknya industri yang bergerak pada bidang manufaktur. Dalam industri manufaktur perancangan produk merupakan bagian yang sangat penting dalam menjaga kualitas dan hasil produksi yang memuaskan. Oleh karena itu, sumber daya manusia sangat diperlukan untuk meningkatkan produktivitas dalam melakukan inovasi teknologi pada bidang industri.

Sistem yang saat ini diperlukan untuk meningkatkan produktivitas di dalam industri adalah sistem otomasi dan robotika. Sistem robotika adalah proses produksi yang tidak lagi menggunakan manusia untuk melakukan proses pengerjaan produk namun sudah menggunakan robot untuk melakukan pekerjaan tersebut. Pembuatan robot-robot dengan keistimewaan dan keahlian khusus sangat berkaitan erat dengan adanya kebutuhan dalam dunia modern yang menuntut adanya suatu alat dengan kemampuan tinggi yang berguna membantu pekerjaan manusia [1].

Beberapa produk yang diproduksi oleh perusahaan manufaktur memiliki salah satu metode pengerjaan yakni memindahkan satu komponen ke komponen lainnya dan menggabungkan komponen menjadi satu. Dalam proses memproduksi produk, masih menggunakan tenaga manusia sehingga tidak jarang mengalami kegagalan produk yang diakibatkan karena terjadinya *human eror*. Hal tersebut disebabkan, ketika manusia dipaksa untuk mengerjakan proses-proses manual dan membosankan secara berulang-ulang, hal itu dapat menyebabkan frustrasi seiring berjalannya waktu dan menjadi rawan kesalahan [2]. Faktor ini memicu perusahaan melakukan pengembangan proses produksi yaitu dengan membuat mesin otomatis untuk mengatasi masalah tersebut.

Di Kepulauan Riau tepatnya Kota Batam, terdapat beberapa perusahaan industri yang bergerak pada industri manufaktur khususnya bidang kelistrikan otomotif. Salah satu produk yang dihasilkan yakni konektor kabel otomotif. Proses pengerjaan produk adalah dengan menutup beberapa lubang pada konektor yang tidak digunakan menggunakan penutup lubang konektor atau disebut dengan *dummy*. Temuan yang didapat pada beberapa perusahaan ialah proses produksi tersebut masih dilakukan secara manual oleh tenaga kerja manusia sehingga masih sering terjadinya kesalahan pada saat produk sampai ke pelanggan. Dengan adanya permasalahan tersebut, penulis merancang sebuah mesin untuk membantu proses produksi yang bernama *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine* yang bertujuan untuk meminimalisirkan kegagalan produk pada proses penutupan lubang konektor yang tidak terpakai.



Gambar 1. Dummy dan konektor otomotif

Pick and Place for Connector Dummy Assembly machine merupakan mesin yang dirancang untuk mengambil dan memasukkan serta menekan penutup konektor (*dummy*) agar masuk kedalam lubang pada konektor. *Dummy* adalah salah satu komponen produk untuk menutup lubang dari konektor tersebut seperti terlihat pada gambar 1. Pada perancangan mesin tersebut, terdapat beberapa part dari mesin yang menerima tekanan beban dan beresiko mengalami deformasi sehingga dapat menyebabkan perubahan bentuk seperti keretakan, kelengkungan bahkan dapat patah dikarenakan mesin yang terus bergerak secara berulang dan terus menerus. Untuk mencegah terjadinya deformasi atau perubahan bentuk, dilakukan pemilihan material yang baik dan sesuai dengan spesifikasi beban pada mesin serta melakukan analisa terhadap material tersebut untuk mengetahui bahwa material tersebut aman untuk digunakan pada mesin. Salah satu part komponen mesin yang menerima tekanan beban yakni *Screw Shaft* pada *Ballscrew* yang berguna sebagai jalur perpindahan silinder ketika sedang melakukan proses pengambilan, perpindahan, dan pemasangan *dummy* pada konektor. Dengan adanya beban berupa silinder dan beberapa komponen lainnya, *Screw Shaft* akan mengalami perubahan bentuk berupa keretakan, kelengkungan bahkan mengalami patah jika material yang digunakan tidak sesuai standart spesifikasi pada mesin. Selain itu, temperatur suhu pada material mempengaruhi struktur pada material itu sendiri. Material pada *Screw Shaft* mengalami suhu sebesar 28°C hingga 35°C untuk mengaktualkan sesuai lingkup ruang kerja mesin dan gesekan yang dialami oleh *Screw Shaft* ketika silinder melakukan pergerakan berpindah-pindah untuk melakukan proses pengambilan dan pemasangan *dummy* pada konektor. Material yang digunakan berupa *Aluminium Alloy* dengan tipe 7075-T6(SN) dan *AISI 4043 Steel* sebagai perbandingan bahan material pembuatan *Screw Shaft*.

Kerangka pada mesin *Pick and Place for Connector Dummy Assembly machine* terbuat dari susunan *Aluminium Profile* satu dan lainnya yang dihubungkan menggunakan *L Bracket* baik dalam orientasi horizontal maupun vertikal untuk

memastikan kestabilan struktur kerangka mesin. Material yang digunakan untuk pembuatan *L Bracket Aluminium Alloy* dengan tipe 7075-T6(SN). Analisis pada *L Bracket* ini dilakukan ketika *Aluminium Profile* terpasang dalam posisi vertikal dan menerima beban pada sudut kemiringan 85° dengan gaya 12.8 N atau setara 15 Kg (147 N) dan suhu temperatur material sebesar 28°C, guna mengevaluasi ketahanan material terhadap deformasi serta faktor keamanan (*Factor of Safety*). Selain itu, salah satu *part* mesin yang beresiko akan terjadinya kegagalan maupun kelelahan material akibat adanya beban dan suhu yakni *Support Bracket*. *Part* ini berguna sebagai penyangga atau dudukan dari *ballscrew* yang menjaga posisi dari *Support Bracket* agar akurasi pada mesin tetap baik dan kokoh. *Support Bracket* menerima beban sebesar 15 Kg dengan suhu temperatur pada material sebesar 28°C.

Selain itu, *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* mengalami beban berulang akibat gerakan mesin yang terus-menerus. Beban siklik ini dapat menyebabkan kelelahan material atau fatigue, yaitu kerusakan bertahap yang terjadi meskipun tegangan berada di bawah batas luluh material. Oleh karena itu, dilakukan analisis fatik untuk mengetahui umur pakai material *Aluminium Alloy 7075-T6 (SN)* pada kondisi operasional mesin, sehingga potensi deformasi seperti retak atau patah dapat dicegah dan struktur mesin tetap aman digunakan dalam jangka waktu lama. Lokasi awal retak akibat fatik biasanya ada pada daerah yang memiliki cacat permukaan, sedangkan percepatan rambatan retak sangat berpengaruh pada kekuatan material dan jenis serta besarnya beban yang bekerja [3].

Untuk memastikan integritas struktural material, dilakukan analisis teknik berbasis komputer menggunakan metode *Finite Element Analysis (FEA)* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks 2023*. FEA atau *Finite Element Analysis* merupakan suatu *numerical methode* yang berfungsi dalam menuntaskan permasalahan permesinan seperti geometri, pembebanan, dan peralatan dengan material yang sangat kompleks. Pemilihan material sebelum melakukan simulasi merupakan hal yang penting karena material satu dengan material lainnya memiliki karakteristik yang berbeda sehingga dapat mempengaruhi hasil simulasi pada desain yang dibuat [4].

1.2. Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah dalam pembuatan tugas akhir tersebut adalah:

1. Bagaimana sistem perancangan desain pada *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine* untuk menutup lubang pada konektor?
2. Bagaimana menentukan kekuatan material pada *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* dengan menggunakan metode *Finite Element Analysis*?

3. Apakah material pada *Screw Shaft* aman dan dapat digunakan untuk mengatasi beban operasional dan peningkatan temperatur suhu pada material tanpa risiko deformasi atau kerusakan?
4. Bagaimana hasil analisis kelelahan (*fatigue*) dan umur ketahanan pada material Aluminium Alloy tipe 7075-T6 (SN) dan AISI 4340 *Steel* yang digunakan pada komponen *Screw Shaft* serta *L Bracket* dan *Support Bracket* dengan material Aluminium Alloy tipe 7075-T6 (SN) ketika mengalami beban siklik?

1.3. Tujuan

Adapun tujuan dari penyusunan tugas akhir tersebut adalah:

1. Dapat mendesain draft mesin yang digunakan untuk menutup lubang pada konektor secara semi-otomatis.
2. Menganalisa kekuatan struktural material pada *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* menggunakan metode *Finite Element Analysis*.
3. Memastikan *Screw Shaft* mampu menahan beban dan peningkatan suhu pada material tanpa kegagalan struktural untuk menjaga akurasi mesin.
4. Menganalisis perilaku kelelahan (*fatigue*) dan umur ketahanan material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6 (SN) dan *AISI 4340 Steel* yang digunakan pada part/model *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* ketika mengalami beban siklik.

1.4. Manfaat

Adapun manfaat dari penyusunan tugas akhir tersebut adalah:

1. Dapat mengurangi kegagalan produk yang disebabkan oleh *human error* yang mengarah pada peningkatan kualitas produk.
2. Memberikan data akurat terkait performa material *Screw Shaft* dalam menghadapi tekanan dan perubahan temperatur suhu yang diterima material.
3. Mendukung proses perancangan desain mekanik yang lebih optimal dan aman.
4. Mengurangi risiko kegagalan material dalam aplikasi mesin, sehingga dapat meningkatkan efisiensi dan keandalan sistem pada mesin.

1.5. Batasan

Adapun Batasan masalah dalam penyusunan tugas akhir tersebut adalah:

1. Mesin ini hanya dirancang dan desain untuk proses mengambil dan menempatkan serta menekan *dummy* kedalam lubang konektor.
2. Proses perancangan mesin dan desain dilakukan dalam bentuk draft tanpa melalui proses fabrikasi.

3. Menganalisis hasil nilai *Stress Von-mises*, *Factor of Safety* (FoS) dan *Fatigue Analysis* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* dengan metode *Finite Element Analysis*.
4. Material yang dianalisis adalah *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) seperti yang sudah ditentukan pada desain rancangan mesin.
5. Penganalisaan dan perhitungan hasil nilai simulasi hanya menggunakan perangkat lunak *SolidWorks*.
6. Komponen yang dianalisa hanya bagian yang beresiko yakni *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracker*

Bab 2. Tinjauan Pustaka

2.1. Kajian Literatur

Penelitian ini dan pendesaian mesin mengacu pada penelitian-penelitian sebelumnya yang dimana telah banyak melakukan penelitian mengenai mesin "Pick and Place" dalam bentuk perancangan desain, fabrikasi, maupun analisis pengembangan. Berikut beberapa jurnall penelitian yang diambil sebagai acuan referensi untuk merancang desain *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*.

- a. Pada perancangan Wahyu Fadhilah Ramadhan¹, Fivia Eliza² pada tahun 2023 **Rancangan Sistem Automasi Pick and Place kontaktor Menggunakan Robot Manipulator** bertujuan untuk mempermudah proses produksi dalam bidang industri contohnya di industri perakitan komponen listrik yaitu pemindahan dan pemasangan kontaktor di lingkungan industri secara otomatis menggunakan sistem robot manipulator. Secara pergerakan mekanik dalam melakukan proses perpindahan objek, akurasi posisi masih mengalami ketidak-akuratan karena mengalami getaran pada manipulator yang dapat menyebabkan kesalahan dalam penempatan objek [5].
- b. Pada penelitian Aswardi*, Kurniadi Lisman pada tahun 2019 **Disain Prototype Pick and Place Dengan Sistem Pneumatik Menggunakan Mikrokontroler Atmega8535** bertujuan untuk melakukan perpindahan objek secara otomatis menggunakan aktuator pneumatik yang dimana udara bertekanan menggerakkan piston untuk melakukan pergerakan maju dan mundur. Namun kekurangan dari sistem ini yaitu dengan penggunaan sistem pneumatik dapat menyebabkan presisi dan akurasi pergerakan kurang akurat, terutama saat menangani objek yang lebih kecil dengan toleransi yang ketat. Selain itu, tekanan udara juga dapat mempengaruhi dan menyebabkan variasi kecepatan pergerakan yang berbeda beda [6].
- c. Pada penelitian Novian Meliniar pada tahun 2023 **Inovasi Design dan Perancangan Sistem Pneumatic Gripper Pick and Place Otomatis Sebagai Alat Handling dan Sortir Kualitas Biskuit pada Line Production Malkist** bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam proses *handling* dan sortir kualitas biskuit pada lini produksi malkist. Pengambilan objek menggunakan *grripper* dan mekanisme perpindahan berbasis udara. Namun kekurangan dari sistem ini yaitu pergerakan-pergerakan mekanik bergantung pada sistem pneumatik yang dapat menyebabkan fluktuasi dalam kekuatan cengkraman *grip* serta potensi kebocoran udara yang dapat mempengaruhi konsistensi pergerakan. [7].

Dari beberapa jurnal diatas mengenai mesin "*Pick and Place*" yang dirancang sesuai kebutuhan tertentu dengan beberapa perbandingan cara kerja mesin baik dalam sistem pergerakan maupun ruang lingkup kerja. Namun dari beberapa perbedaan tersebut, mesin masih tetap menggunakan sistem yang sama yakni memindahkan serta menempatkan objek dari satu titik ke titik yang berbeda, sehingga hal ini dijadikan sebagai referensi/acuan untuk melakukan sebuah rancangan mesin baru yang sederhana bernama *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*. Mesin ini dirancang sesuai kebutuhan perusahaan yang memiliki proses kerja untuk mengambil, memindahkan, dan menggabungkan *dummy* (penutup konektor) kedalam lubang konektor yang tidak dipakai. Sistem pengambilan objek ini menggunakan sistem vakum yang dimana silinder digunakan sebagai dudukan dari vakum tersebut dan *Screw Shaft* pada *ballscrew* digunakan sebagai jalur perpindahan silinder ketika melakukan proses pengambilan, pemindahan, dan pemasangan *dummy* pada konektor. Selain *Ballscrew* sebagai salah satu komponen pergerakan, adapula motor stepper yang digunakan untuk memutar *Screw Shaft* sehingga silinder dapat berpindah-pindah. Mesin ini diharapkan dapat menjadi solusi yang andal dan efisiensi dalam mendukung proses manufaktur.

2.2. Mesin *Pick and Place*

Mesin *Pick and Place* adalah mesin otomatis yang digunakan untuk mengambil (*pick*) dan memindahkan (*place*) objek dari satu tempat ke tempat lain dalam proses produksi atau perakitan. Mesin ini sering digunakan dalam industri manufaktur untuk mengurangi kesalahan manusia dan meningkatkan efisiensi produksi. Sistem pada mesin ini umumnya terdiri dari komponen seperti gripper atau alat pengambil, motor penggerak, dan sistem kontrol yang mengatur pergerakan mesin. Mesin ini dapat dioperasikan secara manual, semi-otomatis, atau sepenuhnya otomatis. Biasanya, mesin ini menggunakan berbagai mekanisme seperti *Robotic Arms*, *Pneumatic Grippers*, atau *Vacuum Systems* untuk mengambil dan memindahkan objek.



Gambar 2. *Pick and Place Machine*

Pada gambar 2 terlihat sebuah mesin *Pick and Place* yang memiliki sistem perpindahan menggunakan motor sebagai penggerak dan *ballscrew* sebagai alur perpindahan silinder ketika melakukan proses pengambilan dan peletakkan komponen produk. Penulis memilih desain mesin *Pick and Place* sebagai alat bantu dalam proses produksi, karena pemindahan objek dari satu tempat ke tempat lain serta penggabungannya yang dilakukan secara berulang kali oleh manusia akan berisiko menimbulkan kejenuhan. Pengerjaan yang berulang-ulang tersebut dapat menyebabkan kesalahan manusia yang dapat berpotensi mengakibatkan kegagalan produk.

2.3. *Aluminium Alloy*

Aluminium Alloy atau paduan aluminium merupakan material yang terbuat dari campuran aluminium dengan unsur lain seperti tembaga, magnesium, silikon, dan seng untuk meningkatkan kekuatan dan karakteristik lainnya. Aluminium pada dasarnya adalah logam yang ringan dan lunak, tetapi dengan dicampurkan dengan beberapa elemen-elemen lainnya, sehingga sifat dari aluminium itu sendiri menjadi lebih optimal untuk berbagai aplikasi industri. Selain itu, *Aluminium Alloy* adalah salah satu paduan logam yang juga umum digunakan untuk membuat produk di industri seperti otomotif, pesawat terbang, peralatan olahraga, kemasan makanan, dan konstruksi bangunan. Adapun berbagai aplikasi produk aluminium termasuk rangka sepeda, kemudi pada pesawat terbang, rangka truk, peralatan dapur, dan pembungkus makanan [8].



Gambar 3. *Aluminium Alloy*

Pada gambar 3 merupakan *Aluminium Alloy* yang memiliki banyak tipe dengan karakteristik yang berbeda beda untuk disesuaikan dengan kebutuhan. Disini penulis mengaplikasikan material berupa *Aluminium Alloy* menggunakan tipe 7075-T6(SN) yang memiliki karakteristik cukup baik sebagai material pembuatan *Screw Shaft* dan *L Bracket* yang menerima sebuah

tekanan beban dan temperatur suhu yang berbeda. Berikut karakteristik dari *Aluminium Alloy* 7075-T6(SN).

Tabel 1. Karakteristik Material *Aluminium Alloy* 7075-T6

Property	Value	Units
Elastic Modulus	72000	N/mm ²
Shear Modulus	26900	N/mm ²
Mass Density	2810	Kg/m ³
Tensile Strength	570	N/mm ²
Yield Strength	505	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	2.36e-05	/K
Thermal Conductivity	130	W/ (m.K)
Specific Heat	960	J/ (kg. K)

Sumber: *SolidWorks* 2023

2.4. AISI 4340 Steel

Baja AISI 4340 merupakan baja paduan rendah berkekuatan tinggi (*high strength low alloy steel*) yang termasuk dalam kategori baja paduan kelas menengah hingga tinggi. Baja ini dikenal karena memiliki kombinasi sifat mekanik yang unggul, seperti kekuatan tarik yang tinggi, ketangguhan (*toughness*), dan ketahanan aus yang baik, sehingga sering digunakan dalam aplikasi teknik berat dan komponen mesin yang mengalami beban dinamis atau kejut tinggi. Dalam aplikasi teknik, *AISI 4340 Steel* sering digunakan untuk pembuatan poros (*shafts*), gir transmisi, roda gigi, baut kekuatan tinggi, hingga komponen pesawat terbang dan otomotif. Keunggulan lainnya adalah kemampuan mesin (*machinability*) yang baik dan ketahanan terhadap deformasi permanen di bawah beban tinggi.



Gambar 4. Alloy Steel

Terlihat pada gambar 4, disini penulis mengaplikasikan material berupa *Alloy Steel* menggunakan tipe *AISI 4340 Steel* yang memiliki karakteristik cukup baik sebagai material pembuatan *Screw Shaft* yang menerima sebuah tekanan beban dan temperatur suhu yang berbeda. Berikut karakteristik dari *AISI 4340 Steel*.

Tabel 2. Karakteristik Material AISI 4340 Steel

Property	Value	Units
Elastic Modulus	205000	N/mm ²
Shear Modulus	80000	N/mm ²
Mass Density	7850	Kg/m ³
Tensile Strength	1110	N/mm ²
Yield Strength	710	N/mm ²
Thermal Expansion Coefficient	1.23e-05	/K
Thermal Conductivity	44.5	W/ (m.K)
Specific Heat	475	J/ (kg. K)

Sumber: *SolidWorks 2023*

2.5. *SolidWorks 2023*

SolidWorks adalah software CAD (*Computer Aided Design*) dan CAE (*Computer Aided Engineering*) yang berfungsi untuk melakukan pemodelan 3D dan simulasi engineering. *SolidWorks* digunakan untuk merancang part permesinan atau mempresentasikan part sebelum part aslinya pada tampilan 2D (*drawing*) maupun 3D. Pada software ini juga memiliki beberapa kegunaan lainnya yakni pensimulasian mesin yang sudah didesain, Penganalisaan (*Motion Analysis, Thermal Analysis, Flow Analysis, Fatigue Analysis* dan lain

sebagainya), pembuatan *wiring electrical*, dan lainnya. Selain itu, Perangkat lunak *Solidworks* ini juga merupakan perangkat lunak berbasis *Finite Element Analysis* yang digunakan untuk menganalisa baik desain maupun material yang akan digunakan untuk mengetahui seberapa mampu material tersebut menahan sebuah beban yang dapat menyebabkan deformasi bahkan patah serta umur dari material menurut ketahanan beban. Adapun fitur-fitur yang dimiliki oleh *SolidWorks* yakni *part* digunakan untuk pembuatan desain model baru, *Assembly* digunakan untuk penggabungan *part-part* yang sudah dibuat, dan *Drawing* digunakan untuk membuat gambar 2D dari *part-part* yang sudah dibuat ataupun *part* yang sudah di *assembly* sebelumnya.



Gambar 5. SolidWorks

Perangkat lunak *SolidWorks* memiliki tingkat keakuratan dan reliabilitas yang cukup baik untuk beradaptasi dalam pembuatan desain serta penganalisaan permasalahan secara mekanik dalam struktural desain terlihat pada gambar 5, sehingga perangkat lunak tersebut dapat digunakan pada penelitian ini dengan judul *Pick and Place for Connectro Dummy Assembly Machine*.

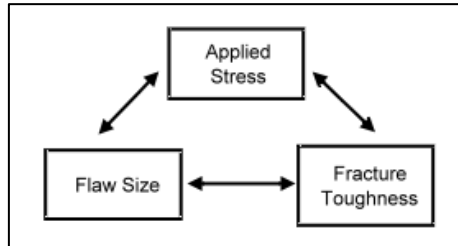
2.6. Fracture Mechanics

Fracture Mechanics atau mekanika fraktur merupakan sebuah metode yang umum diaplikasikan untuk mengetahui dan memprediksi kegagalan suatu struktur yang mengalami sebuah keretakan. Metode ini digunakan dalam menganalisa benda padat untuk mengkalkulasikan daya pergerakan pada suatu retakan serta menandai gaya pembalasan untuk mematahkan material ketika mengalami pembebanan.

Berikut merupakan beberapa informasi yang diperlukan untuk memprediksi *Fracture Mechanics*.

1. Bentuk dan ukuran pada tiap bagian part.
2. Tekanan beban yang bersifat sisa.
3. Beban yang diterapkan pada benda.

4. Ukuran, bentuk, penempatan, dan orientasi retakan pada benda kerja. Adapun beberapa faktor-faktor penyebab suatu struktur rentan terhadap kegagalan, antara lain faktor – faktor tersebut.



Gambar 6. Faktor penyebab struktur rentan

- a. **Flaw Size (a)**
Merupakan kegagalan struktur yang dapat terjadi akibat adanya berbagai macam diskontinuitas seperti *porosity*, *lack of fusion*, *to crack*, dan lain-lain.
- b. **Applied Stress (σ)**
Beban atau tekanan yang diberikan terhadap suatu struktur yang dapat menyebabkan struktur tersebut mengalami fluktuasi.
- c. **Fracture Toughness (K)**
Sifat yang dimiliki oleh material untuk bertahan dari kegagalan ketika material tersebut menerima beban. Jika suatu material mengalami *fracture toughness* yang tinggi maka material tersebut dapat bertahan lebih lama sebelum mengalami kegagalan.

Adapun beberapa tujuan dari metode mekanika kepecahan atau *Fracture Toughness* yaitu.

1. Mengetahui pertumbuhan retak awal hingga mencapai batas kritis pada material.
2. Menentukan ukuran keretakan diterima struktur.
3. Menentukan waktu yang dibutuhkan bagi retak untuk merambat hingga mencapai ukuran kritisnya.
4. Menentukan ukuran retak yang mungkin terjadi pada struktur ketika masa awal operasinya.
5. Menentukan jadwal inspeksi retak pada struktur.

Bila ukuran retak telah mencapai batas kritis maka dapat mengakibatkan kegagalan struktur. Ada 2 metode yang digunakan dalam *fracture toughness* yaitu *Linear Elastic Fracture Mechanics* (LEFM) dan *Elastic Plastic Fracture Mechanics* (EPFM). LEFM merupakan metode yang menunjukkan hubungan

antara medan tegangan dengan distribusinya di sekitar ujung retak berdasarkan ukuran, bentuk, orientasi retak dan material properti akibat tegangan nominal yang dikenakan pada struktur. Metode ini digunakan pada material yang menerima beban relatif kecil dan tidak melebihi batas nilai *Yield Strength*. Sedangkan EPFM merupakan metode yang mengasumsikan bahwa struktur menerima beban yang cukup besar dan melewati batas nilai ketahanan material (*yield strength*). Sehingga material tidak dapat kembali ke bentuk semula [9]. Metode ini mampu membantu penulis untuk melakukan analisa ketahanan material terhadap beban yang diberikan terhadap material model *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* pada *pick and place for Connector Dummy Assembly*.

2.7. Hot Spot Stress

Hot Spot Stress merupakan indikator lokasi pada suatu sambungan dimana terjadi tegangan tarik/tekan maksimum. *Hot Spot Stress* dapat mengakibatkan kelelahan pada struktur mengalami batas terakhir. Secara umum terdapat tiga tipe tegangan dasar yang dapat menyebabkan terjadinya *Hot Spot Stress*.

- a. Tipe A, disebabkan oleh gaya - gaya aksial dan momen yang dihasilkan oleh kombinasi frame.
- b. Tipe B, disebabkan oleh detail sambungan struktur seperti geometri yang kurang memadai, variasi kekakuan yang bervariasi pada sambungan dan lain-lain.
- c. Tipe C, disebabkan oleh faktor metalurgis yang dihasilkan dan kesalahan pengelasan, porosity, dan faktor lain.

Sehingga kita harus memperhatikan tipe-tipe tegangan untuk meminimalisir kemungkinan terjadinya *Hot Spot Stress* pada subjek. *Hot Spot Stress* juga dapat terjadi pada area yang rentan retak dengan tekanan yang diberikan terus menerus mengenai titik struktur dapat mengakibatkan menyebabkan kegagalan pada struktur *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) dan *AISI 4340 Steel* pada *Screw Shaft* serta material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) untuk pembuatan *L Bracket dan Support Bracket*.

2.8. Retak (*Crack*) dan Perambatan Retak

Retak menjadi faktor utama terjadinya kegagalan struktur. Kegagalan terjadi saat retak mengalami beban siklis yang membuat retak berubah ukuran hingga mencapai ukuran tertentu dan menyebabkan kepecahan. Retak yang menyebabkan kepecahan terjadi dalam beberapa tahap, antara lain:

1. Retak awal (*initial crack*)

Retak merupakan salah satu cacat yang terjadi pada struktur. Cacat pada struktur dapat terjadi pada saat fabrikasi maupun saat masa operasi struktur. Pada

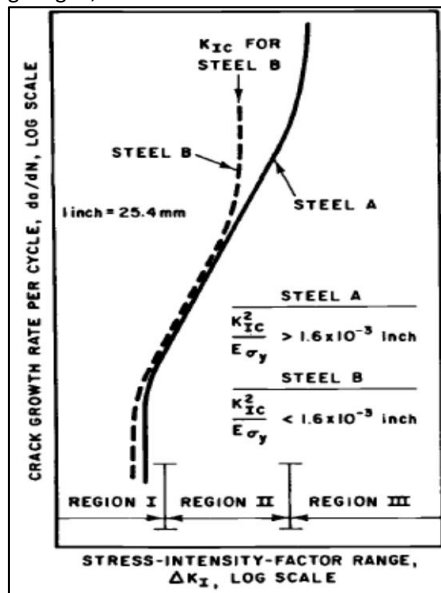
saat fabrikasi, cacat las dapat disebabkan berbagai macam hal seperti kualitas *welder*, temperatur, arus, kualitas material, maupun faktor lingkungan.

Sedangkan pada saat masa operasi, cacat terjadi karena kelelahan struktur maupun fluktuasi tegangan pada bagian yang telah mengalami korosi. Kedalaman retak awal yang digunakan dalam penelitian ini sebesar 0,5 mm.

2. Perambatan retak (*crack propagation*)

Kecepatan perambatan retak pada struktur dapat dipengaruhi oleh beberapa faktor, antara lain:

- a. Ketebalan Struktur
- b. Beban yang mengenai struktur
- c. Tipe Material
- d. Kondisi lingkungan, dan lain-lain.



Gambar 7. Perambatan Retak

3. Kepecahan

Menurut (Broek, 1988) kepecahan dibagi menjadi dua antara lain:

- a. *Cleavage* (terbelah), merupakan keretakan yang terjadi tanpa didahului deformasi plastis disebut juga dengan *brittle fracture*.
- b. *Rupture* (runtuh), merupakan keretakan yang didahului deformasi plastis pada material.

Kepecahan terjadi apabila suatu struktur yang terdapat retak mengalami perambatan retak yang tidak stabil dan sangat cepat (*fast fracture*) [9].

2.9. Stress Intensity Factor (SIF)

Stress Intensity Factor merupakan perhitungan matematik yang berkaitan dengan beban dan ukuran cacat pada geometri tertentu. SIF digunakan untuk menganalisis medan tegangan didepan ujung retak. Prinsip dasar *fracture mechanics* ialah medan tegangan didepan ujung retak dari sebuah spesimen atau member struktur dapat dikarakteristikan menggunakan satu parameter yaitu *stress intensity factor* (KI) [9].

Berikut merupakan persamaan umum untuk stress intensity factor:

$$K = \sigma_{nom} \sqrt{\pi a} f(g)$$

Keterangan:

- K = *stress intensity factor* (ksi $\sqrt{\text{in}}$)
- a = kedalaman retak awal
- σ_{nom} = nominal tegangan
- $f_{(g)}$ = fungsi koreksi terhadap dimensi dan geometri serta posisi retak

Persamaan SIF (*Stress Intensity Factor*) untuk retak berbentuk *semi elliptical* pada suatu pelat atau spesimen yang mengalami pembebanan (beban tarik) dihitung melalui persamaan SIF dimana nilai $\beta = \pi/2$ (*semi elliptical*) yaitu:

$$K_1 = 1.12\sigma \sqrt{\pi \frac{a}{Q}} \cdot M_K$$

Keterangan:

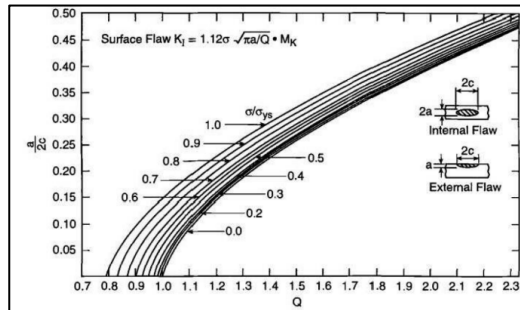
- a = kedalaman retak
- σ = tegangan pada lokasin retak
- Q = Faktor koreksi *front free surface*
- M_K = Faktor koreksi *back free surface*

Nilai K_1 sangat bergantung pada dimensi, penentuan faktor *back free surface* menggunakan persamaan berikut:

$$M_K = 1.0 + 1.2 \left(\frac{a}{t} - 0.5 \right)$$

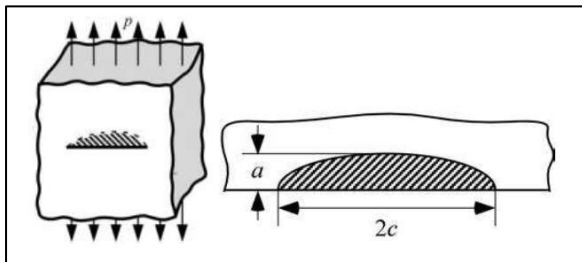
Keterangan:

- K_1 = *Stress Intensity Factor*
- t = Ketebalan material



Gambar 8. Ilustrasi retak semi *elliptical*

Untuk faktor koreksi *front free surface* dapat menggunakan gambar berikut:



Gambar 9. Grafik perbandingan $a/2c$ dan σ/σ_{ys}

SIF sering digunakan sebagai parameter desain untuk menentukan sifat dari proses kepecahan dan dapat digunakan untuk menentukan umur sisa dari struktur yang mengalami kerusakan akibat kelelahan. Dengan adanya SIF, nantinya dapat juga diketahui bagaimana tingkat kelelahan perambatan retak. Retak ini terbentuk akibat adanya tegangan geser luar yang bekerja pada arah melintang dan membentuk sudut dengan arah perambatan retak.

2.10. Finite Element Analysis (FEA)

Finite Element Analysis adalah teknik numerik yang digunakan untuk memodelkan dan menganalisis perilaku sistem fisik, memecahnya menjadi elemen yang lebih kecil dan lebih mudah dikelola. Elemen-elemen ini saling berhubungan melalui node, membentuk jaring yang mewakili keseluruhan struktur. Dengan menerapkan persamaan matematika dan kondisi batas pada

mesh ini, para insinyur dapat mensimulasikan dan memprediksi bagaimana suatu struktur akan merespons berbagai beban, suhu, dan faktor lingkungan lainnya.

Adapun beberapa komponen utama yang dimiliki metode ini yaitu.

1. Generasi Jala

Fondasi FEA terletak pada pembagian struktur kompleks menjadi elemen-elemen yang lebih kecil dan sederhana secara geometris. Proses ini, yang dikenal sebagai meshing, memungkinkan para engineer memperkirakan perilaku seluruh struktur melalui analisis masing-masing elemen.

2. Sifat Bahan

Menetapkan sifat material yang akurat pada setiap elemen sangatlah penting. FEA mempertimbangkan faktor-faktor seperti elastisitas, konduktivitas termal, dan karakteristik material lainnya untuk memastikan simulasi mencerminkan kondisi dunia nyata.

3. Kondisi Batas

Kondisi batas menentukan batasan dan kondisi pembebanan yang diterapkan pada struktur. Kondisi ini membantu mensimulasikan lingkungan operasi aktual dan menentukan bagaimana struktur merespons gaya eksternal.

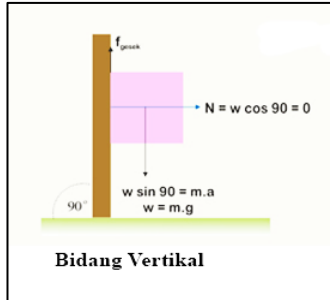
4. Pemecah

Solver adalah mesin komputasi yang melakukan perhitungan matematis berdasarkan masukan yang diberikan. Ini memecahkan sistem persamaan yang diturunkan dari mesh, sifat material, dan kondisi batas untuk menentukan perilaku struktur.

Finite Element Analysis juga menerapkan beberapa analisa seperti analisa struktural untuk mengoptimalkan desain dan mengidentifikasi potensi titik kegagalan, analisa desain mekanik yang menganalisa dan memastikan komponen-komponen ini dapat bertahan dari beban tanpa mengalami kegagalan, dan analisa termal (perpindahan panas).

2.11. Gaya Normal

Gaya Normal (N) adalah gaya yang bekerja tegak lurus terhadap permukaan tempat benda bersentuhan. Gaya ini merupakan respons dari permukaan terhadap gaya yang diberikan oleh benda yang menekan permukaan tersebut.



Gambar 10. Gaya Normal pada Bidang Vertikal

Hukum Newton II menyatakan bahwa percepatan suatu benda berbanding lurus dengan resultan gaya yang bekerja ada benda tersebut dan berbanding terbalik dengan massanya. Secara matematis, hukum ini dirumuskan sebagai berikut.

$$F = m \cdot a$$

F = gaya total yang bekerja pada benda (N)

m = massa benda (Kg)

a = Percepatan benda (m/s^2)

Hukum ini menjelaskan bahwa semakin besar gaya yang diberikan pada suatu benda, maka semakin besar pula percepatan yang dihasilkannya. Sebaliknya, jika massa benda lebih besar, maka percepatan yang dihasilkan oleh gaya yang sama akan lebih kecil.

Untuk benda yang berada diatas permukaan datar tanpa gaya lain yang bekerja secara vertikal selain berat benda, gaya normal dirumuskan dengan. Namun jika ada gaya tambahan yang bekerja secara vertikal, maka gaya normal berubah. Jika ada gaya tambahan yang menekan kebawah, gaya normal akan bertambah. Sebaliknya jika ada gaya tambahan yang menarik keatas maka gaya normal akan berkurang.

$$N = m \cdot g$$

F = Gaya Normal (N)

m = massa benda (Kg)

g = Percepatan gravitasi ($9,8 m/s^2$)

Pada penelitian ini, penulis menggunakan beberapa massa atau beban yang dijadikan sebagai perbandingan kekuatan material yang tepat untuk digunakan pada mesin. Berat beban yang digunakan yakni 5 Kg dan 15 Kg. Beban tersebut akan diuji pada model part *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket*. Berikut perhitungan berat serta gaya yang dihasilkan.

$$\Sigma F_y = m \cdot g$$

Beban 5 Kg

$$W = m \cdot g$$

$$W = 5 \cdot 9,8$$

$$W = 49,03 \text{ N}$$

Beban 15 Kg

$$W = m \cdot g$$

$$W = 15 \cdot 9,8$$

$$W = 147 \text{ N}$$

Pengujian pada model part *L Bracket* yang digunakan sebagai penahan atau penyambung *Aluminium Profile* diberi sudut sebesar 85° tidak 90° . Hal ini dilakukan sebagai perbandingan nantinya ketika pemilihan material yang tepat untuk *L Bracket*. sehingga perhitungan untuk menentukan beban berbeda dengan model part *Screw Shaft*. Berikut perhitungan gaya yang dihasilkan dengan sudut 85° .

$$F_y = w \cdot \cos \theta$$

$$F_y = W \cdot \cos 85^\circ$$

$$N = 147 \cdot 0,0871$$

$$N = 12,8 \text{ N}$$

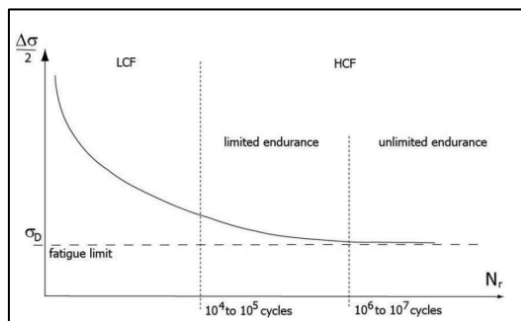
2.12. Fatigue

CAD (*Computer Aided Design*)/CAE (*Computer Aided Engineering*) adalah suatu perkembangan teknologi didalam dunia *engineering*, salah satunya untuk meningkatkan metode yang digunakan untuk mengetahui umur *fatigue* material [10]. *Fatigue* adalah jenis kerusakan pada kerangka atau struktur yang terjadi karena beban yang berubah-ubah secara terus menerus. Meskipun beban tersebut lebih kecil dari batas elastis (*Yield Strength*) material. Kerusakan akibat fatik sangat umum terjadi, terutama pada material logam dan bisa mencapai hingga 90% dari semua kerusakan fatik biasanya pada komponen logam. Proses terjadinya fatik biasa melalui 3 tahapan yakni retakan awal, penyebaran retakan, dan patah total.

Hal ini menunjukkan bahwa fatik sangat dipengaruhi oleh kondisi permukaan material dan kekuatan struktur material itu sendiri. Untuk mempelajari fatik, digunakan S-N Curve yaitu grafik yang menunjukkan hubungan antara Stress (S) atau besar tegangan yang diterima benda dan *Number of Cycles* (N) atau jumlah siklus beban hingga benda gagal. Kurva ini umum digunakan dalam perancangan struktur agar dapat memprediksi umur pakai material sebelum mengalami kerusakan akibat fatik. Makin besar tegangan yang diberikan maka umur siklusnya akan makin pendek. [11].

Dalam hal ini, material dapat dikategorikan menurut jumlah siklusnya yakni:

1. *Low Cycle Fatigue* (LCF), jika benda hanya mampu bertahan kurang dari 10.000 siklus.
2. *High Cycle Fatigue* (HCF), jika benda mampu bertahan lebih dari 10.000 siklus.
3. *Unlimited Endurance*, jika benda mampu bertahan hingga 1 juta siklus atau lebih yang dimana material dianggap tidak akan gagal karena fatik dalam kondisi normal penggunaan.



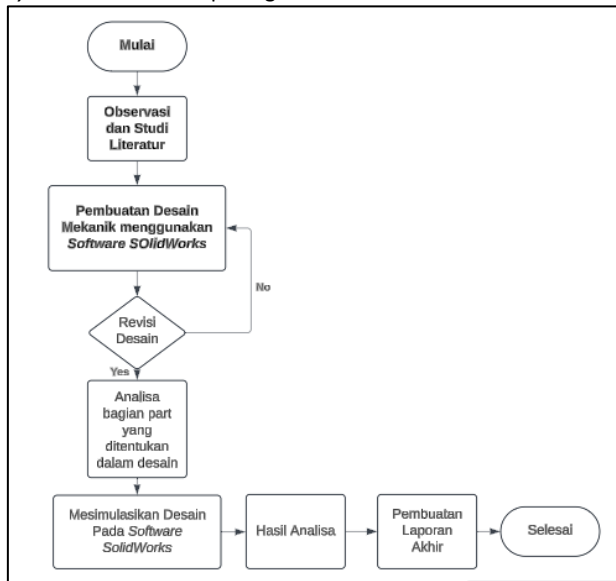
Gambar 11. Kurva LCF (*Low Cycle Fatigue*), HCF (*High Cycle Fatigue*), dan *Unlimited Endurance*.

Ketika benda mampu bertahan hingga lebih dari 10.000 siklus, benda tersebut dikatakan *High Cycle Fatigue* dan *Unlimited Endurance*. Namun ketika benda tidak mampu bertahan dibawah 10.000 siklus, benda tersebut dikatakan *Low Cycle Fatigue* seperti terlihat pada gambar 11 yang merupakan kurva kualifikasi dari nilai *Fatigue*.

Bab 3. Metodologi Penelitian

3.1. Perancangan Mesin

Dalam perancangan desain “*Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*” memiliki beberapa tahap dimulai dari pencarian serta pengumpulan informasi, pembuatan desain mekanik, revisi pada desain, melakukan analisa pada desain dan mensimulasikan desain. Pembuatan daigram alir sangatlah penting sebelum melakukan sebuah perancangan alat guna untuk mempermudah tahapan pembuatan alat dan lebih ke struktural. Berikut adalah diagram alir perancangan “*Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*” terlihat pada gambar 12.



Gambar 12. Diagram Alir Perancangan design

Pada gambar 12, secara detail menjelaskan alur pelaksanaan perancangan alat yang dimulai dengan melakukan observasi dan studi literatur atau pencarian referensi melalui jurnal-jurnal penelitian terkait dengan mesin *pick and place* lalu dilanjutkan dengan pembuatan desain mekanikal menggunakan software *SolidWorks* 2023. Kemudian melakukan revisi terhadap rancangan desain mesin tersebut. Setelah selesai pada tahapan revisi, dilanjutkan ketahap analisa pada bagian model part yang sudah selesai didesain dan

mesimulasikan desain tersebut menggunakan *software SolidWorks 2023*. Lalu dilanjutkan dengan pengumpulan data yang sudah didapat dan pembuatan laporan akhir yang merangkum hasil Analisa data dari pengujian yang dilakukan sebelumnya.

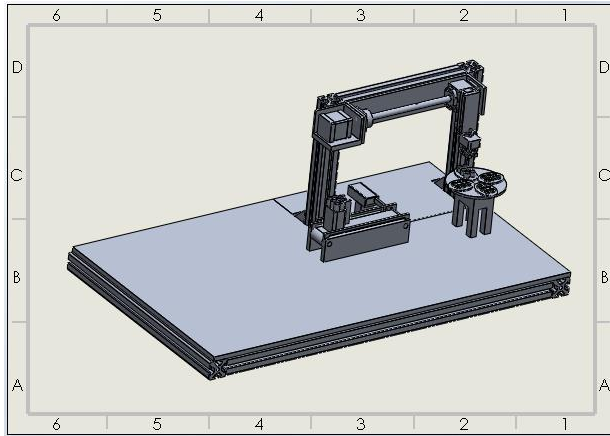
3.1.1. Perancangan *design* mesin

Pendesainan mekanikal mesin menggunakan *software Solidwork*. Berikut merupakan hasil desain mesin *Pick and Place for Connectore Dummy Assembly*.

a. Desain *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine*

Pick and Place for Connector Dummy Assembly machine merupakan mesin yang dirancang untuk mengambil dan memasukkan serta menekan penutup konektor (*dummy*) agar masuk kedalam lubang pada konektor. *Dummy* adalah salah satu komponen produk untuk menutup lubang dari konektor tersebut. Pengambilan *dummy* menggunakan sistem vakum dan silinder sebagai dukungan dari sistem vakum tersebut. Pada perancangan mesin ini, terdapat beberapa part dari mesin yang menerima tekanan beban sehingga dapat menyebabkan perubahan bentuk seperti keretakan, kelengkungan bahkan dapat patah dikarenakan mesin yang terus bergerak secara berulang dan terus menerus. Untuk mencegah terjadinya deformasi atau perubahan bentuk serta umur mesin, dilakukan pemilihan material yang baik dan sesuai dengan spesifikasi beban pada mesin serta melakukan analisa terhadap material tersebut untuk mengetahui bahwa material tersebut aman untuk digunakan pada mesin. Salah satu model komponen mesin yang menerima tekanan beban yakni *Screw Shaft* pada *Ballscrew* yang berguna sebagai jalur perpindahan silinder ketika sedang melakukan proses pengambilan, perpindahan, dan pemasangan *dummy* pada konektor. Dengan adanya beban berupa silinder dan beberapa komponen lainnya, *Screw Shaft* akan mengalami perubahan bentuk berupa keretakan, kelengkungan bahkan mengalami patah jika material yang digunakan tidak sesuai standart spesifikasi pada mesin. Material yang digunakan berupa *Aluminium Alloyd* engan tipe 7075-T6(SN) dan *AISI 4340 Steel* yang dijadikan material perbandingan sebagai material pembuatan *Screw Shaft* dan material *Aluminium Alloyd* engan tipe 7075-T6(SN) untuk *L Bracket* serta *Support Bracket*.

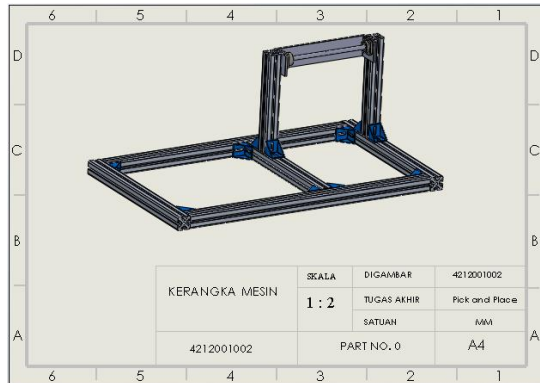
Untuk memastikan integritas struktural material dan umur dari material, dilakukan analisis teknik berbasis komputer menggunakan metode *Finite Element Analysis* menggunakan perangkat lunak *SolidWorks 2023*.



Gambar 13. Desain Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine

Gambar 13 merupakan sebuah rancangan desain *Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine* yang digunakan untuk membantu proses produksi konektor kabel otomotif agar lebih efisien dan praktis serta menghindari kegagalan produk. Desain ini terdiri dari *Aluminium Profile* sebagai kerangka dari mesin, *L Bracket* digunakan sebagai penghubung antara *Aluminium Profile* satu dan lainnya, Silinder yang dibantu dengan sistem vakum berguna untuk mengambil *dummy* dan memindahkan serta menggabungkan pada konektor, *Ballscrew* yang digunakan sebagai jalur perpindahan silinder, motor *stepper* yang digunakan sebagai aktuator penggerak perpindahan silinder, serta *Support Bracket* yang digunakan sebagai dudukan untuk *ballscrew*.

b. Desain kerangka dan letak *Screw Shaft* pada mesin

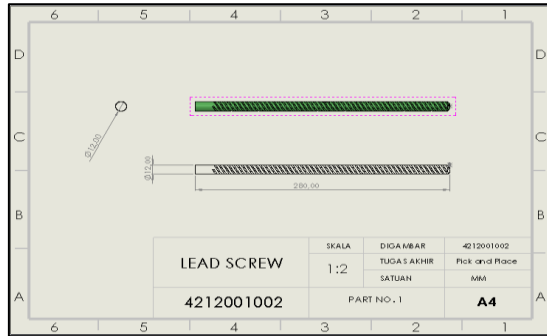


Gambar 14. Desain kerangka mesin

Pada gambar 14 terlihat kerangka keseluruhan mesin yang tersusun dari beberapa *Aluminium Profile* dengan panjang horizontal mesin sebesar 772 mm dan lebar 496 mm. lalu pada *Aluminium Profile* yang berdiri tegak secara vertikal memiliki tinggi sebesar 300 mm dan *Aluminium Profile* yang digunakan sebagai tempat diletakkannya *Support Bracket* untuk *Ballscrew* yang memiliki panjang sebesar 290 mm.

c. *Screw Shaft*

Screw Shaft merupakan salah satu komponen pada *Ballscrew* berbentuk batang ulir panjang. Pada desain *Pick and Place for Connector Dummy Assembly*, *Screw Shaft* digunakan sebagai jalur perpindahan silinder untuk mengambil, memindah, dan meletakkan *dummy* kedalam lubang konektor.

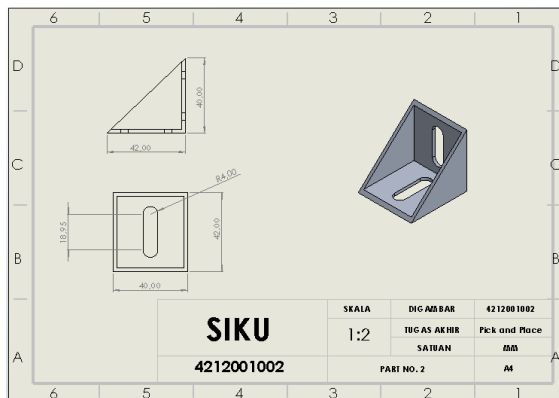


Gambar 15. Desain Screw Shaft

Screw Shaft pada desain ini memiliki panjang 280 mm dan diameter 12 mm seperti terlihat pada gambar 15.

d. *L Bracket*

L Bracket merupakan salah satu komponen penting pada desain ini, dimana *L Bracket* digunakan sebagai penghubung antara *Aluminium Profile*. Selain itu *L Bracket* digunakan untuk menahan *Aluminium Profile* yang dipasang secara vertikal pada mesin.



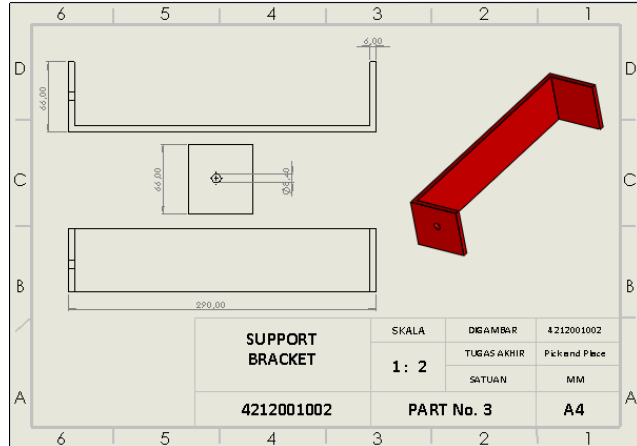
Gambar 16. Desain L Bracket

L Bracket dibuat mengikuti besar dan lebarnya *Aluminium Profile* yang bertujuan untuk menjaga kekuatan desain dan stabilitas struktur kerangka

mesin saat beroperasi. Spesifikasi ukuran pada *L Bracket* terlihat pada gambar 16.

e. *Support Bracket*

Support Bracket merupakan salah satu komponen penting pada desain ini, dimana *Support Bracket* digunakan sebagaiudukan atau penahan dari *Ballscrew*.



Gambar 17. Desain Support Bracket

Support Bracket didesain dengan total panjang 290mm, lebar total 66mm, ketebalan 6 mm, dan lubang untuk *Screw Shaft* dengan diameter 8,40 yang bertujuan untuk menjaga posisi *Ballscrew* tetap kokoh ketika berputar dan memindahkan beban. Spesifikasi ukuran pada *L Bracket* terlihat pada gambar 17.

3.2. Alat dan Bahan

Adapun dalam pengerjaan tugas akhir tersebut, dibutuhkan alat dan bahan untuk melakukan perancangan serta pengerjaan alat. Berikut beberapa alat dan bahan yang digunakan dalam pembuatan rancangan dan pengerjaan tugas akhir terlihat pada tabel 3.

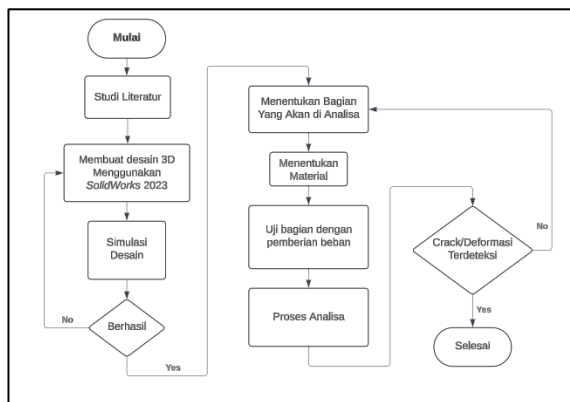
Tabel 3. Alat dan Bahan Penelitian

No.	Alat/bahan	Fungsi	Jumlah
1	Laptop/Komputer	Pengerjaan Desain Mekanika dan menjalankan perangkat lunak	1

2	Software <i>SolidWorks 2023</i>	Pembuatan Desain Mekanisme Mesin dan Simulasi Analisa	1
3	<i>Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine</i>	Objek desain yang akan di Analisa	1

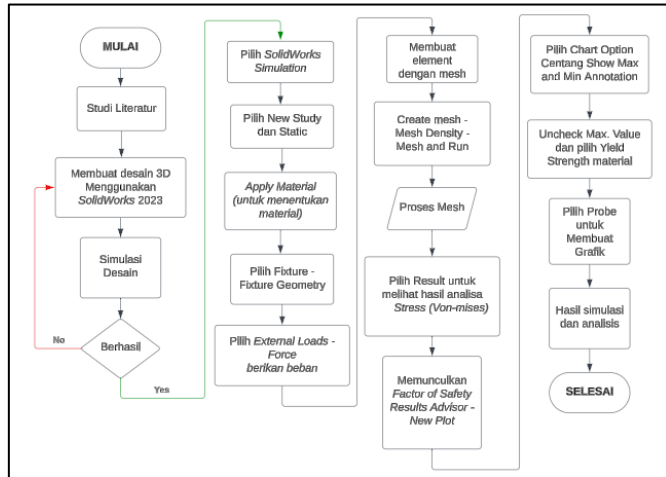
3.3. Pengujian

Metodologi pengujian dalam tugas akhir ini dimulai dengan merancang desain mesin dan melakukan analisis menggunakan perangkat lunak *SolidWorks 2023*. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui keandalan mesin dan titik leleh *part-part* mesin yang beresiko mengalami patah.



Gambar 18. Diagram alir pengujian

Tahapan pertama adalah membuat rancangan mekanisme mesin pada *SolidWorks*. Setelah rancangan berhasil dibuat dan dapat dijalankan secara virtual, tahap selanjutnya adalah memilih komponen tertentu yang akan dianalisis. Komponen tersebut kemudian diuji dengan memberikan beban atau tekanan, sehingga menghasilkan data analisis berupa distribusi tegangan, deformasi, atau parameter lain yang relevan. Hasil pengujian ini menjadi dasar untuk mengevaluasi dan mengoptimalkan desain seperti pada gambar 18.



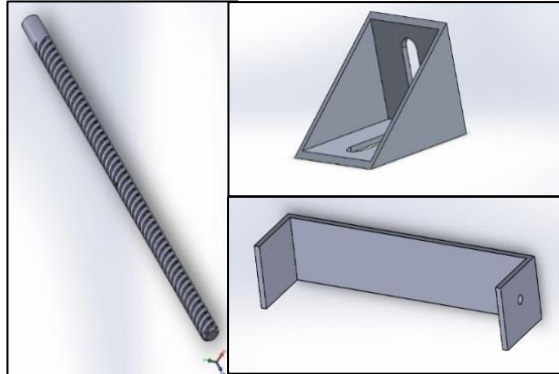
Gambar 19. Alur Analisis Pada Perangkat Lunak *SolidWorks* 2023

Terlihat pada gambar 19 bahwa alur analisis dimulai dengan melakukan studi literatur untuk mencari referensi baik pembuatan desain maupun melakukan analisa. Setelah melakukan studi literatur dilanjutkan dengan membuat desain 3D menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* 2023. Lalu dilanjutkan dengan mensimulasikan desain yang sudah dibuat. Untuk memulai analisis, masuk ke menu *simulation* lalu pilih *New Study* dan *Static*. Setelah itu memilih material yang ingin diuji, lalu menentukan *Fixture – Fixture Geometry* (titip tetap) dan memberikan beban pada model desain menggunakan menu *External Loads – Force*. Pilih *create mesh* untuk membuat element dan proses *mesh* dilakukan. Untuk menampilkan hasil analisis *von Mises Stress* dan *Factor of Safety* (FoS) pilih *Result Advisor – New Plot*. Untuk membuat grafik peningkatan hasil analisis dari nilai minimum hingga maksimum, pilih *probe*.

3.3.1. Pendekatan menggunakan metode *Fracture Mechanics*.

1. Pemodelan pada model/spesimen

Pada tahapan ini dilakukan pemodelan terhadap model/spesimen yang sudah di buat menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* 2023 sesuai dengan sketsa dimensi part dan memasukkan data geometri.

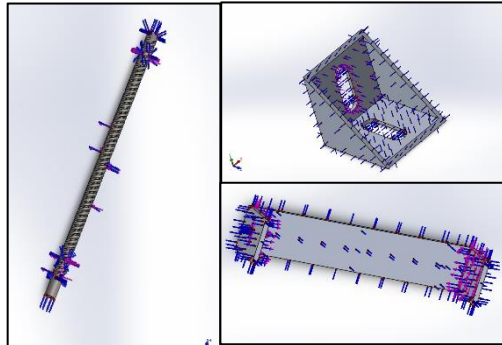


Gambar 20. Pemodelan part *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket*

Gambar 20 merupakan pemodelan dari *Screw Shaft* dengan memiliki panjang 280mm dan diameter 12 mm yang akan diberi tekanan beban sebesar 5 Kg atau setara dengan 49.03 N dengan temperatur suhu yang dialami material berkisar 28°C hingga 30°C. Sedangkan pada *L Bracket* diberikan tekanan sesuai hasil perhitungan gaya yakni 12.8 N pada beban 15 Kg atau 147 N pada suhu 28°C.

2. Penentuan Fixture pada model part

Penentuan titik tetap atau *Fixture* merupakan salah satu bagian yang terpenting dalam melakukan simulasi analisis ini. Penentuan titik tetap pada *part*/model sesuai dengan kondisi letak *part* pada mesin.

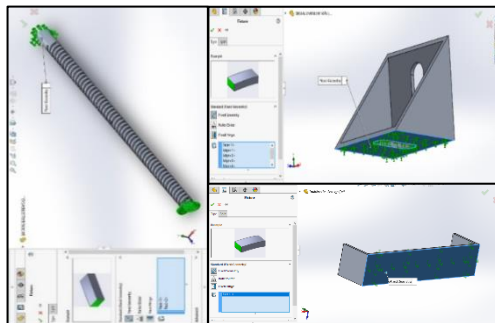


Gambar 21. Penentuan titik tetap (Fixture)

Terlihat pada gambar 21 bahwa, *part Screw Shaft* memiliki titik tetap pada kedua ujungnya, pada *L Bracket* memiliki titik tetap pada sisi yang menempel pada *Aluminium Profile*, dan pada *Support Bracket* memiliki titik tetap yang berada pada sisi belakang *part* yang menempel pada *aluminium profile*.

3. Pemberian tekanan beban dan temperatur suhu

Pemberian beban dan suhu pada *part* untuk material yang digunakan sangat lah penting yang bertujuan untuk mengetahui kekuatan dari material terhadap beban dan suhu yang akan dialami material tersebut.



Gambar 22. Penentuan titik beban serta pemberian nilai beban dan temperatur suhu

Selanjutnya adalah menentukan dan memberikan titik beban pada model *Screw Shaft* 5 Kg atau 49.03 N dengan suhu 28°C hingga meningkat

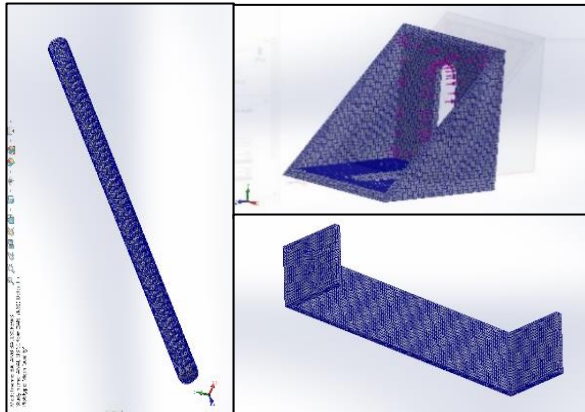
menjadu 35°C karena adanya gesekan ketika silinder berpindah, pemberian beban terhadap *L Bracket* dengan nilai 12.8 N pada beban 15 Kg atau 147 N dengan temperatur suhu 28°C, serta *Support Bracket* dengan nilai beban sebesar 15 Kg atau 147 N dengan suhu temperatur pada material sebesar 28°C seperti yang terlihat pada gambar 22. Untuk melihat batas ketahanan dan keamanan model/spesimen. Berikut adalah hasil yang diperoleh dari analisa tersebut.

- a. Total Deformasi
- b. *Max. Principal Stress*
- c. *Factor of Safety*

Nilai *Max. Principal Stress* yang diperoleh akan dijadikan indikator keretakan atau deformasi dan untuk mengetahui area model/spesimen yang mengalami tekanan tersebut.

4. *Meshing*

Setelah menentukan titik dan nilai beban (*Force*) dan suhu (*temperatur*) pada material. Selanjutnya dilakukan proses *meshing* pada part/spesimen. *Mesh* sizing dapat di akses pada metode mesh. Ukuran *mesh size* dapat mempengaruhi hasil akhir dari sebuah objek analisa.



Gambar 23. *Meshing*

Semakin tinggi hasil akhir maka semakin sama dengan dunia nyata, namun semakin tinggi mesh size maka komputer membutuhkan data processing yang lebih tinggi untuk melakukan komputasi antar sub-bagian seperti yang terlihat pada gambar 23.

5. Variable yang dihasilkan

Pada tahapan setelah melakukan *mesh* pada pemodelan dengan *Semi-elliptical Crack* memiliki data yang akan dibutuhkan dalam penelitian tugas akhir ini yaitu.

a. *Stress* (vonMises)

Stress (vonMises) merupakan proses dimana luluh terjadi pada saat energi distorsi atau energi regangan geser dari material mencapai nilai kritis. metode analisis ini digunakan untuk mengevaluasi kekuatan dan kestabilan sebuah struktur atau bagian yang diberi tekanan ataupun beban. Metode ini juga memperhitungkan nilai tegangan ekuivalen tunggal yang dapat dibandingkan dengan kekuatan material dan mengidentifikasi area yang mungkin mengalami kegagalan atau deformasi permanen serta membandingkan *Stress* (vonMises) dengan batas kekuatan (*Yield Strength*) dari bahan tersebut. Pada simulasi tegangan, dari hasil analisis von mises tersebut dapat diketahui dengan melihat perubahan warna yg terjadi dimana warna merah menunjukkan tekanan yang terbesar, warna biru adalah terkecil. Sedangkan area dengan tekanan sedang adalah area dengan warna kuning, hijau, biru muda.

b. *Displacement*

Analisis *displacement* adalah suatu proses dalam rekayasa struktur yang menggunakan metode analisis elemen hingga (finite element analysis) untuk memahami perpindahan atau deformasi struktur yang diakibatkan oleh beban yang diterapkan. Hasil analisis displacement memberikan informasi tentang sejauh mana titik-titik pada struktur bergeser atau berubah bentuk. Nilai-nilai displacement ini penting untuk memastikan keamanan, kekuatan, dan kinerja struktur sesuai dengan persyaratan desain. Semakin lemah material maka nilai deformasi yang dihasilkan dari proses pembebanan semakin besar.

c. *Strain*

Analisis *strain* merujuk pada perubahan deformasi atau perpanjangan yang terjadi pada suatu struktur atau benda akibat beban atau gaya yang diterapkan. *Strain* juga didefinisikan sebagai perubahan panjang relatif terhadap aslinya dan sering kali diukur dalam bentuk persentase atau perubahan panjang relatif terhadap panjang awal.

d. *Factor of Safety*

Factor of Safety atau FoS merupakan patokan utama yang digunakan dalam menentukan kualitas suatu produk. FOS merupakan analisis

dengan menghitung rasio kekuatan absolut (kemampuan struktural) terhadap beban aktual yang diterapkan. Pada plot ini mengacu pada kekuatan material dari model menanggung tegangan yang dialami setelah beban diberikan. Dengan menanggung *Allowable Stress* dan *Von Stress* yang ada, maka didapat distribusikan *Safety Factor* pada seluruh bagian model [12].

3.3.2. Pengujian *Fatigue* dan Estimasi umur lelah material.

Ukuran proporsi kerusakan yang dialami material akibat beban siklik dalam periode tertentu yang terjadi secara berulang disebut sebagai *Fatigue Damage*. Jika material mampu menahan sejumlah siklus tertentu hingga mengalami kegagalan (*total life*), maka kerusakan yang dialami untuk sejumlah siklus yang lebih kecil dapat dihitung sebagai perbandingan antara siklus yang dialami dengan jumlah siklus maksimum. Material pada umumnya mengalami variasi beban siklik selama masa pakainya, tidak hanya satu jenis siklus beban. Oleh karena itu, kerusakan *fatigue* dari berbagai siklus beban tersebut harus dijumlahkan untuk mengetahui kerusakan total yang telah terjadi pada material. Jumlah kerusakan *fatigue* yang telah terakumulasi akibat berbagai siklus beban yang berbeda selama waktu tertentu disebut juga *Cumulative Fatigue Damage* (DM). perhitungan *fatigue* dari struktur yang ada pada penelitian mesin ini berdasarkan pada aturan Palmgren-Milner *cumulative damage*, dimana ketika *fatigue damage Ratio*, DM memiliki nilai lebih dari satu maka dapat dipastikan bahwa struktur tersebut jelek [13]. Berikut merupakan nilai DM melalui persamaan dari teori Palmgren-Milner.

$$DM = \sum \frac{N_i}{N_i} = 1 \quad (1)$$

$$Fatigue\ Life = \frac{Design\ Life}{DM} \times Years \quad (2)$$

$$NL = \frac{0,85 \cdot \sum Design\ Fatigue\ cycle}{4 \log L} \quad (3)$$

Keterangan:

DM = *Cumulative Fatigue Damage* (Kerusakan kelelahan kumulatif)

NL = Jumlah siklus aktual yang terjadi pada kondisi ke-i (siklus)

N_i = Umur *Fatigue* material (jumlah siklus hingga gagal)

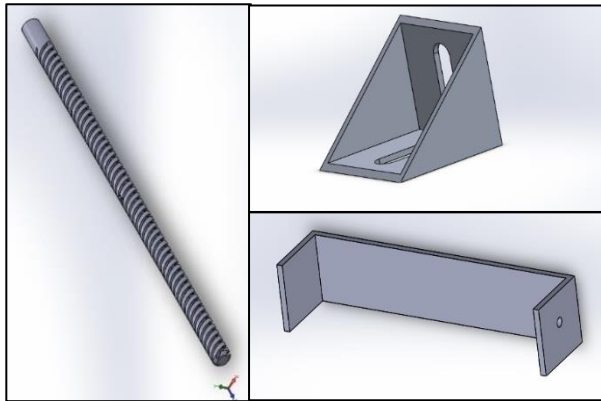
Fatigue Life = Umur aktual material dalam satuan waktu (hari, bulan, tahun, dll)

Design Life = Umur desain ideal

Bab 4. Hasil dan Pembahasan

4.1. Hasil Pemodelan dengan metode *Fracture Mechanics*

Pengaplikasian pemodelan dan simulasi analisis menggunakan metode FEA bertujuan untuk mendapatkan hasil dari pembebanan statis berupa *Stress Von-Mises* (σ), *Factor of Safety* (FoS), dan *Fatigue Analysis*. Simulasi analisis ini dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui kekuatan material dan umur ketahanan material terhadap beban yang diberikan serta keberhasilan desain yang telah dibuat.

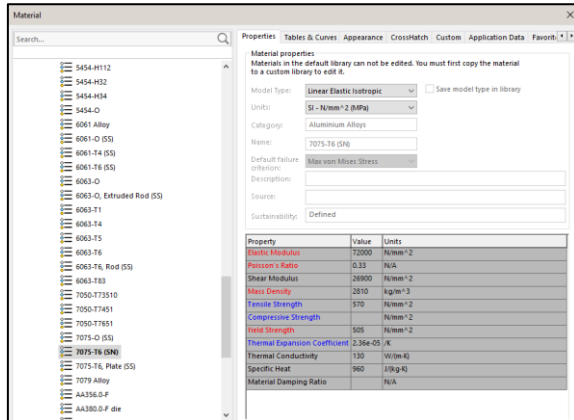


Gambar 24. Pemodelan pada part

Pemodelan atau pembuatan model *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* struktur pada tugas akhir ini dibuat menggunakan perangkat lunak *SolidWorks* 2023 terlihat pada gambar 24. Setelah melakukan pemodelan dilanjutkan dengan melakukan simulasi dengan memberikan informasi nilai-nilai analisis yang dihasilkan.

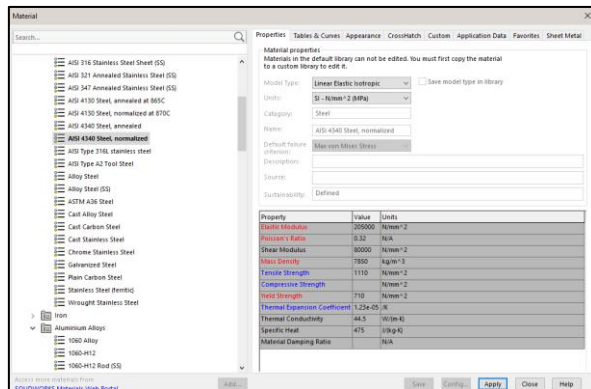
4.2. Menentukan Material pada model

Setelah melakukan pemodelan, selanjutnya dilakukan pemilihan material yang akan digunakan sebagai bahan pembuat model. Pada desain ini, *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* menggunakan material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) dan *AISI 4340 Steel* pada perangkat lunak *SolidWorks* 2023.



Gambar 25. Spesifikasi Aluminium Alloy 7075-T6

Dapat terlihat dari gambar 25, bahwa nilai batas kekuatan bahan atau *yield strength* pada material Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN) sebesar 505,000 N/mm² dan nilai *Tensile Strength* sebesar 570 N/mm².

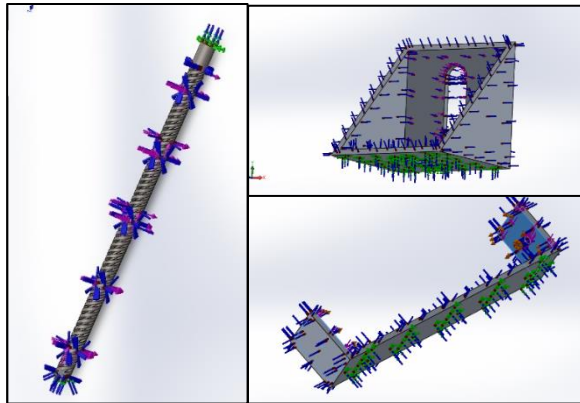


Gambar 26. Spesifikasi AISI 4340 Steel

Dapat terlihat pada gambar 26, bahwa nilai batas kekuatan bahan atau *yield strength* pada material AISI 4340 Steel sebesar 710,000 N/mm² dan nilai *Tensile Strength* sebesar 1110 N/mm².

4.3. Menentukan titik beban dan temperatur suhu

Pada desain model *Screw Shaft*, model diberikan beban dengan peningkatan suhu yang berbeda pada material bertujuan sejauh mana batas ketahanan material terhadap beban-beban tersebut sehingga dapat menyebabkan kegagalan material ataupun mengalami perubahan bentuk. Nilai pada beban sebesar 5 Kg atau berkisar 49.03 N dengan suhu yang dialami material sebesar 28°C hingga 35°C karena terjadinya gesekan saat dalam proses pengerjaan produk yang dimana silinder berpindah kekiri dan kekanan secara horizontal, *L bracket* sebesar 12.8 N pada beban 15 Kg atau 147 N, serta *Support Bracket* sebesar 15 Kg atau 147 N dengan suhu 28°C.



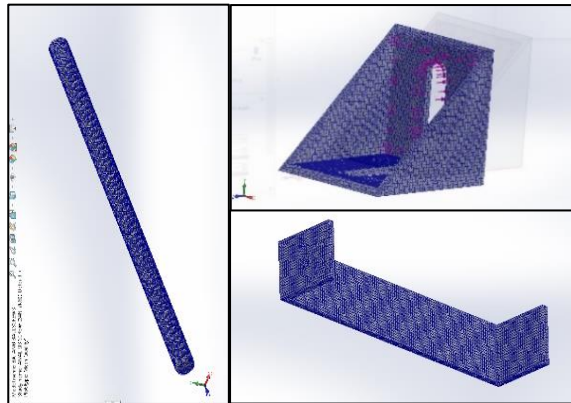
Gambar 27. Menentukan *Fixture Geometry*, arah *External Load (Force)*, dan *Temperatur*.

Terlihat pada gambar 27, bagian yang akan diuji pada model *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* yakni pada seluruh bagian model (berwarna ungu), titik tetap yang tidak terkena beban (berwarna hijau), dan garis biru yakni letak suhu pada material.

4.4. Meshing

Meshing merupakan simulasi pembagian satu atau beberapa bagian elemen dan node. Prinsip pada metode FEA adalah membagi model objek menjadi banyak sel kecil dengan bentuk yang sederhana dan memodelkan geometri objek seakurat mungkin. Sel-sel kecil ini disebut juga Elemen Hingga atau *Finite Element (FE)* dan elemen ini terhubung satu sama lain

pada titik-titik yang disebut juga *Node*. Perangkat lunak *SolidWorks* mampu merumuskan sejumlah persamaan aljabar itu sendiri dan dapat menggabungkannya dalam satu matriks persamaan dengan menghubungkan antara elemen, material properti objek, serta beban. *Meshing size* berpengaruh dalam proses analisis ini dimana semakin kecil jarak antar elemen yang digunakan, maka waktu *running* aplikasi yang digunakan juga akan semakin lama, namun hasil analisis yang didapatkan juga akan semakin akurat [14]. Oleh karena itu, keakuratan dalam proses melakukan *mesh* sangat mempengaruhi hasil keakuratan solusi akhir ada proses *meshing*.

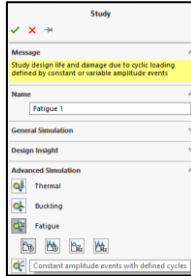


Gambar 28. Meshing part

Proses *meshing* tersebut dapat dilihat pada gambar 28, dimana hasil dari proses *meshing* berupa jaring-jaring kecil berwarna biru pada seluruh struktur permukaan dari part *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket*.

4.5. Menentukan Jenis *Fatigue*

Analisis kelelahan material atau *Fatigue Analysis* merupakan metode penting dalam teknik mesin untuk memprediksi kerusakan komponen akibat beban berulang meskipun nilainya dibawah batas kekuatan material (*Yield Strength*). Tujuan utamanya ialah untuk mengetahui umur pakai komponen dalam jumlah siklus dan memastikan desainnya cukup kuat selama masa penggunaan. Kerusakan terjadi secara bertahap, dimulai dari retak kecil, menyebar, hingga akhirnya komponen patah.

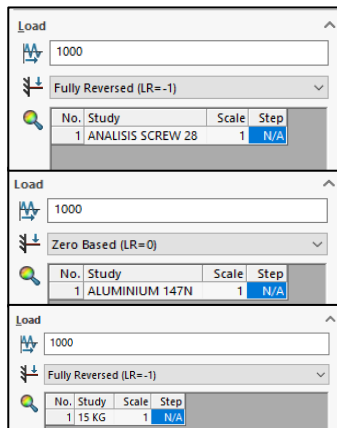


Gambar 29. Fatigue

Pada gambar 29, analisa fatik menggunakan *Constant Amplitude Events with Defined Cycles* yang dimana pembebanan pada part/model memiliki besar (amplitudo) tegangan yang tetap sepanjang siklusnya. Artinya setiap siklus memiliki beban yang identik dan tidak berubah-ubah.

4.6. Menentukan *Add Event (Constant)*

Add Events (Constant) merupakan langkah dalam analisis fatik untuk menambahkan satu atau lebih peristiwa pembebanan (*Loading Type*) yang memiliki amplitudo tetap sepanjang siklusnya. Bertujuan mendefinisikan beban berulang yang diberikan ke model/part dalam bentuk *event* dengan jumlah siklus tertentu dan pola beban yang tidak berubah untuk mengetahui dan menghitung umur material (*Fatigue Life*) berdasarkan data siklus dan jenis pembebanan tersebut.



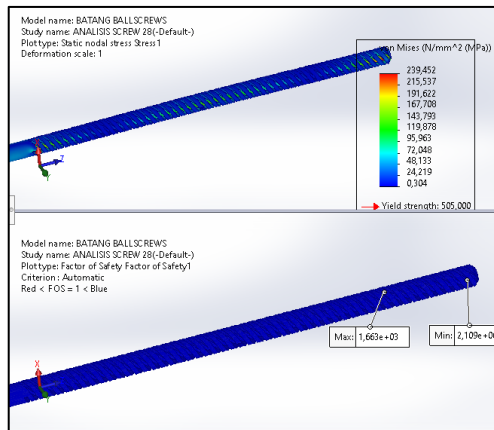
Gambar 30. Menentukan *Loading Type*

Terlihat pada gambar 30, *loading type* L Bracket menggunakan *Based Zero* (LR= 0) yang artinya kondisi pembebanan yang tidak berubah atau beban tersebut tetap dan tidak berpindah tempat. Sedangkan pada *Screw Shaft* dan *Support Bracket* menggunakan *Loading Type* yakni *Fully Reserved* (LR=-1) yang artinya gaya berubah arah secara simetris dan terjadi siklus penuh antara tarik dan tekan. Menentukan berapa jumlah siklus yang akan dialami oleh material pada part/model.

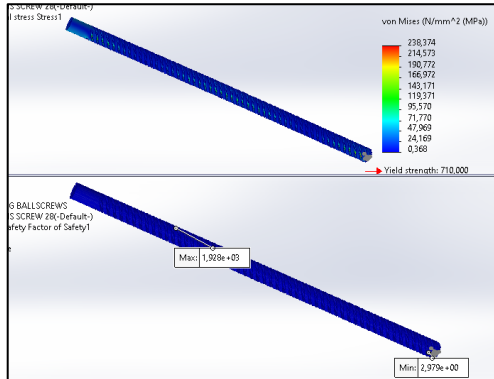
4.7. Simulasi Analisis pada Model *Screw Shaft*

- 1) Simulasi 5 Kg atau 49.03 Newton dengan suhu 28°C pada model *Screw Shaft* menggunakan perbandingan antara material *Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN)* dan *AISI 4340 Steel*

Screw Shaft merupakan salah satu komponen terpenting pada mesin *Pick and Place for Connector Dummy Assembly*. Part ini digunakan sebagai jalur perpindahan silinder, yang dimana silinder tersebut terdiri dari sistem vakum untuk pengambilan *dummy* sehingga beban dari silinder tersebut yang diterima oleh *Screw Shaft*. Pada analisis ini, part menerima beban sebesar 5 Kg atau setara 49,09 N dengan temperatur suhu pada material sebesar 28°C. Selain itu, perbandingan untuk melihat seberapa tahan material terhadap beban dan suhu serta umur sangatlah penting. Agar mesin yang didesain tetap andal dan dapat digunakan. Material yang digunakan sebagai perbandingan yakni *Aluminium Alloy 7075-T6* dan *AISI 4340 Steel*.

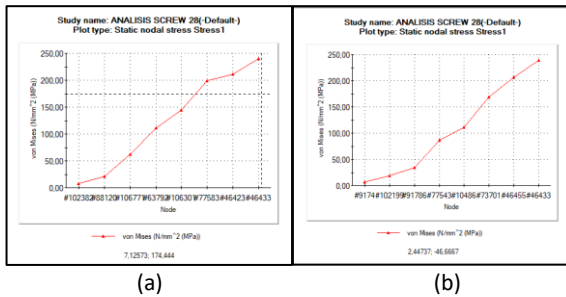


Gambar 31. Hasil Simulasi material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu 28°C dan beban 5Kg



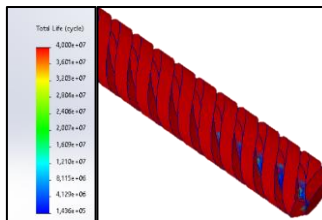
Gambar 32. Hasil Simulasi material AISI 4340 Steel dengan suhu 28°C dan beban 5Kg

Pada gambar 31 terlihat bahwa nilai *Equivalent Stress von Mises minimum* untuk material *Aluminium Alloy 7075-T6(SN)* sebesar 0,304 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 239,452 N/mm² (Mpa) pada beban 5 Kg atau 49,03 N dan temperatur suhu pada material sebesar 28°C. Sedangkan nilai dari *yield strength* pada material sebesar 505,000 N/mm² (Mpa). Pada *Factor of Safety* terlihat pula bahwa *part/model* berwarna biru pada keseluruhan permukaannya. Sedangkan pada gambar 32 terlihat bahwa material *AISI 4340 Steel* memiliki nilai *Equivalent Stress von Mises minimum* sebesar 0,368 N/mm² dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 238,374 N/mm² (Mpa) pada beban 5 Kg atau 49,03 N dan temperatur suhu pada material sebesar 28°C. Sedangkan nilai dari *yield strength* pada material sebesar 710,000 N/mm² (Mpa). Pada *Factor of Safety* terlihat pula bahwa *part/model* berwarna biru pada keseluruhan permukaannya. Hal ini mengindikasikan bahwa *part/model* dalam kondisi aman dan dapat digunakan.



Gambar 33. (a) grafik Stress Aluminium Alloy 7075-T6(SN) dan (b) grafik Stress AISI 4340 Steel

Terlihat pada gambar bahwa, grafik menunjukkan peningkatan stress pada part/model. Pada Aluminium dimulai dari titik terendah stress yakni 0,304 N/mm² hingga titik tertinggi stress yakni sebesar 239,966 N/mm² (Mpa), sedangkan pada AISI 4340 Steel titik terendah stress yakni 0,368 N/mm² hingga titik tertinggi sebesar 238,374 N/mm².



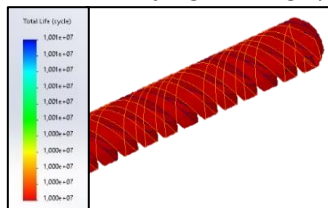
Gambar 34. Hasil Simulasi Fatigue material Aluminium Alloy 7075-T6 dengan suhu 28°C dan beban 5Kg

Pada gambar 34 terlihat bahwa, nilai total life atau umur fatigue total komponen diperoleh sebesar 143.600 siklus, yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

Tabel 4. Umur kelelahan material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu 28°C dan beban 5Kg

Siklus/hari (N_L)	<i>Fatigue Damage</i> Harian $DM = \frac{N_i}{N_L}$	Umur material (hari) $\frac{N_i}{N_L}$	Tahun	Bulan	Hari
500	$\frac{500}{143600} = 0.00348$	$\frac{143600}{500} = 287.2$	0	9	17
1000	$\frac{1000}{143600} = 0.00696$	$\frac{143600}{1000} = 143.6$	0	4	23
2000	$\frac{2000}{143600} = 0.01393$	$\frac{143600}{2000} = 71.8$	0	2	11
5000	$\frac{5000}{143600} = 0.03482$	$\frac{143600}{5000} = 28.72$	0	0	28
10000	$\frac{10000}{143600} = 0.06964$	$\frac{143600}{10000} = 14.36$	0	0	14

Terlihat pada tabel 4 bahwa, umur material bergantung pada siklus harian yang dialami oleh material pada *Screw Shaft*. Dengan siklus perhari yang dialami mesin sebesar 500 siklus, maka umur dari material *part* dapat mencapai 9 bulan dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0,3 sehingga part masih dikatakan aman, namun pada 1000 siklus umur menurun mencapai 4 bulan dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.6, sehingga dapat dikatakan bahwa material masih dalam kondisi aman. Namun ketika siklus ditingkatkan pada siklus perhari sebesar 2000, umur dari material hanya mencapai 2 bulan dengan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 1.3, Sehingga dapat dikatakan bahwa material gagal. Semakin besar siklus perhari yang dialami mesin maka semakin kecil umur dari material dan semakin besar *fatigue damage* yang dialami material.



Gambar 35. Hasil Simulasi *Fatigue* material *AISI 4340 Steel* dengan suhu 28°C dan beban 5Kg

Pada gambar 35 terlihat bahwa, nilai total life atau umur fatigue total komponen diperoleh sebesar 10.000.0000 siklus yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

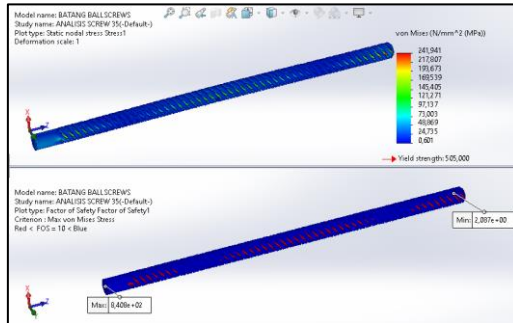
Tabel 5. Umur kelelahan material AISI 4340 Steel dengan suhu 28°C dan beban 5Kg

Siklus/hari (N _i)	Fatigue Damage Harian $DM = \frac{N_L}{N_i}$	Umur material (hari) $\frac{N_i}{N_L}$	Tahun	Bulan	Hari
500	$\frac{500}{10000000} = 0.00005$	$\frac{10000000}{500} = 20.000$	54	9	5
1000	$\frac{1000}{10000000} = 0.00010$	$\frac{10000000}{1000} = 10000$	27	4	23
2000	$\frac{2000}{10000000} = 0.00020$	$\frac{10000000}{2000} = 5000$	13	8	11
5000	$\frac{5000}{10000000} = 0.00050$	$\frac{10000000}{5000} = 2000$	5	5	28
10000	$\frac{10000}{10000000} = 0.00100$	$\frac{10000000}{10000} = 1000$	2	8	14

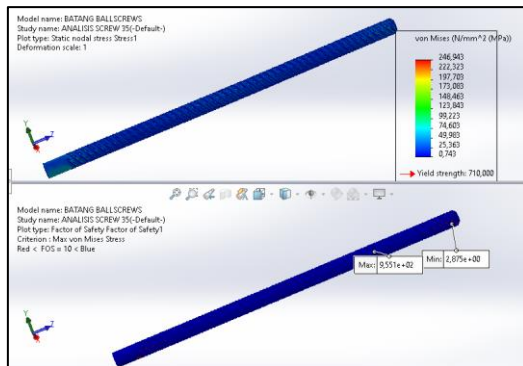
Terlihat pada tabel 5 bahwa, umur material bergantung pada siklus harian yang dialami oleh material pada *Screw Shaft*. Dengan siklus perhari yang dialami mesin sebesar 500 siklus, maka umur dari material *part* dapat mencapai 54 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0,05 sehingga part masih dikatakan sangat aman, pada 1000 siklus umur menurun mencapai 27 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.010, sehingga dapat dikatakan bahwa material masih dalam kondisi sangat aman. Ketika siklus ditingkatkan pada siklus perhari sebesar 2000, umur dari material hanya mencapai 13 tahun dengan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.020, Material masih dalam kondisi yang sangat aman. Semakin besar siklus perhari yang dialami mesin maka semakin kecil umur dari material dan semakin besar *fatigue damage* yang dialami material.

- 2) Simulasi 5 Kg atau 49.03 Newton dengan suhu 35°C pada model *Screw Shaft* menggunakan material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN)

Pada simulasi analisis kedua, suhu temperatur material dari 28°C menjadi 35°C dikarenakan terjadinya gesekan antara silinder dan *Screw Shaft* ketika melakukan perpindahan dalam melakukan proses *Pick and Place*. Hal ini perlu untuk dilakukan analisis untuk mengetahui pengaruh suhu terhadap material. Berikut adalah hasil analisis pada *Screw Shaft* tersebut.



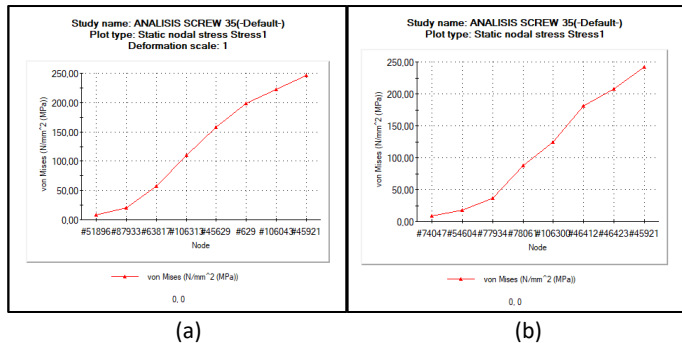
Gambar 36. Hasil Simulasi material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu 35°C dan beban 5Kg



Gambar 37. Hasil Simulasi material *AISI 4340 Steel* dengan suhu 35°C dan beban 5Kg

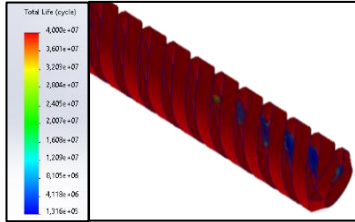
Peningkatan suhu menjadi 35°C pada material akibat gesekan yang dialami oleh *Screw Shaft* mempengaruhi pula terhadap ketahanan material. Terlihat Pada gambar 36 bahwa nilai *Equivalent Stress von Mises minimum* untuk material *Aluminium Alloy 7075-T6(SN)* sebesar 0,601 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar

241,941 N/mm² (Mpa) pada beban 5 Kg atau 49,03 N dan temperatur suhu pada material sebesar 35°C. Sedangkan nilai dari *yield strength* pada material sebesar 505,000 N/mm² (Mpa). Pada *Factor of Safety* terlihat pula bahwa *part/model* berwarna biru dan sedikit warna merah pada permukaan model namun material masih dapat digunakan. Sedangkan pada gambar 37 terlihat bahwa material *AlSi 4340 Steel* memiliki nilai *Equivalent Stress von Mises minimum* sebesar 0,743N/mm² dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 246,943 N/mm² (Mpa) pada beban 5 Kg atau 49,03 N dan temperatur suhu pada material sebesar 35°C. Sedangkan nilai dari *yield strength* pada material sebesar 710,000 N/mm² (Mpa). Pada *Factor of Safety* terlihat pula bahwa *part/model* berwarna biru dan sedikit warna merah pada permukaannya. Hal ini mengindikasikan bahwa *part/model* dalam kondisi aman dan dapat.



Gambar 38. (a) grafik Stress Aluminium Alloy 7075-T6(SN) dan (b) grafik Stress AISI 4340 Steel dengan suhu 35°C

Terlihat pada gambar 38 bahwa, grafik (a) dan (b) menunjukkan peningkatan *stress* pada *part/model*. Pada *Aluminium Alloy 7075-T6* dimulai dari titik terendah *stress* yakni 0,601 N/mm² hingga titik tertinggi *stress* yakni sebesar 241,941 N/mm² (Mpa), sedangkan pada *AISI 4340 Steel* titik terendah *stress* yakni 0,743N/mm² (Mpa) hingga titik tertinggi sebesar 246,943 N/mm² (Mpa).



Gambar 39. Hasil Simulasi *Fatigue* material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu 35°C dan beban 5Kg

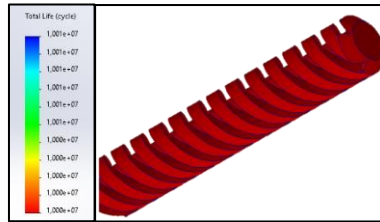
Pada gambar 39 terlihat bahwa, nilai total life atau umur fatigue total komponen diperoleh sebesar 131.600 siklus, yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

Tabel 6. Umur kelelahan material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu 35°C dan beban 5Kg

Siklus/hari (N_i)	<i>Fatigue Damage</i> Harian $DM = \frac{N_i}{N_L}$	Umur material (hari) $\frac{N_L}{N_i}$	Tahun	Bulan	Hari
500	$\frac{500}{131600} = 0.0038$	$\frac{131600}{500} = 263.20$	0	8	21
1000	$\frac{1000}{131600} = 0.0076$	$\frac{131600}{1000} = 131.60$	0	4	11
2000	$\frac{2000}{131600} = 0.0152$	$\frac{131600}{2000} = 65.80$	0	2	5
5000	$\frac{5000}{131600} = 0.0380$	$\frac{131600}{5000} = 26.32$	0	0	26
10000	$\frac{10000}{131600} = 0.0760$	$\frac{131600}{10000} = 13.16$	0	0	13

Terlihat pada tabel 6 bahwa, umur material bergantung pada siklus harian yang dialami oleh material pada *Screw Shaft*. Dengan siklus perhari yang dialami mesin sebesar 500 siklus, maka umur dari material *part* dapat mencapai 8 bulan dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0,3 sehingga *part* masih dikatakan sangat aman, pada

1000 siklus umur menurun mencapai 4 bulan dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.7, sehingga dapat dikatakan bahwa material masih dalam kondisi aman. Ketika siklus ditingkatkan pada siklus perhari sebesar 2000, umur dari material hanya mencapai 2 bulan dengan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 1.5, Material dalam kondisi gagal. Semakin besar siklus perhari yang dialami mesin maka semakin kecil umur dari material dan semakin besar yang *fatigue damage* dialami material.



Gambar 40. Hasil Simulasi *Fatigue* material *AISI 4340 Steel* dengan suhu 35°C dan beban 5Kg

Pada gambar 40 terlihat bahwa, nilai total life atau umur fatigue total komponen diperoleh sebesar 10.000.0000 siklus, yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

Tabel 7. Umur kelelahan material *AISI 4340 Steel* dengan suhu 35°C dan beban 5Kg

Siklus/hari (N_i)	<i>Fatigue Damage</i> Harian $DM = \frac{N_i}{N_L}$	Umur material (hari) $\frac{N_i}{N_L}$	Tahun	Bulan	Hari
500	$\frac{500}{10000000} = 0.00005$	$\frac{10000000}{500} = 20.000$	54	9	5
1000	$\frac{1000}{10000000} = 0.00010$	$\frac{10000000}{1000} = 10000$	27	4	23
2000	$\frac{2000}{10000000} = 0.00020$	$\frac{10000000}{2000} = 5000$	13	8	11
5000	$\frac{5000}{10000000} = 0.00050$	$\frac{10000000}{5000} = 2000$	5	5	28
10000	$\frac{10000}{10000000} = 0.00100$	$\frac{10000000}{10000} = 1000$	2	8	14

Terlihat pada tabel 7 bahwa, umur material bergantung pada siklus harian yang dialami oleh material pada *Screw Shaft*. Dengan siklus perhari yang dialami mesin sebesar 500 siklus, maka umur dari material *part* dapat mencapai 54 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0,05 sehingga part masih dikatakan sangat aman, pada 1000 siklus umur menurun mencapai 27 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.010, sehingga dapat dikatakan bahwa material masih dalam kondisi sangat aman. Ketika siklus ditingkatkan pada siklus perhari sebesar 2000, umur dari material hanya mencapai 13 tahun dengan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.020, Material masih dalam kondisi yang sangat aman. Semakin besar siklus perhari yang dialami mesin maka semakin kecil umur dari material dan semakin besar *fatigue damage* yang dialami material.

3) Hasil dan pembahasan Material Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN) pada model *Screw Shaft*

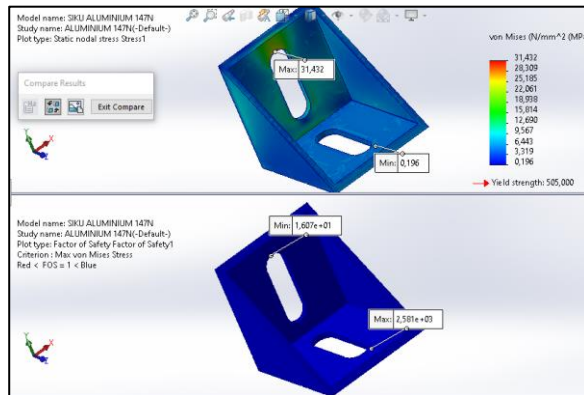
Setelah dilakukan analisis dengan beban sebesar 5 Kg yang mengaktualkan mesin melakukan proses produksi 1 komponen 1 siklus dengan total komponen 1000 perhari, maka siklus yang dialami mesin sebesar 1000 siklus pada material model *Screw Shaft* yaitu *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) yang memiliki nilai *Yield Strength* sebesar 505,000 Mpa dan *AISI 4340 Steel* memiliki nilai *Yield Strength* sebesar 710,000 Mpa. Nilai tersebut merupakan batas maksimum kekuatan luluh material terhadap *Stress* yang diterima. Hasil analisis pertama pada material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) terlihat bahwa nilai *Stress vonMises minimum* sebesar 0,304 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 239,452 N/mm² (Mpa) namun pada material dan *AISI 4340 Steel* nilai *Stress vonMises minimum* sebesar 0,368 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 238,374 N/mm² (Mpa) dengan beban 5 Kg atau 49,03 N pada temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C. Dimana nilai tersebut masih terbilang kecil dan jauh dari nilai *Yield Strength*. Terlihat juga dari *Factor of Safety*, ketika material menerima beban sebesar 5 Kg atau senilai 49.03 N struktur material terlihat berwarna biru dan sedikit merah namun masih aman. Pada hasil analisis fatik menghasilkan siklus umur material *aluminium alloy 7075-T6* (SN) dengan suhu 28°C hanya berkisar 143.600 siklus (4 bulan) namun pada material *AISI 4043 Steel* umur material mencapai 10 juta siklus (27 tahun). Lalu pada analisis kedua dengan beban yang sama, terlihat bahwa nilai *Stress minimum* sebesar 0,601 N/mm² (Mpa) dan nilai

maximum yang diperoleh sebesar 241,941 N/mm² (Mpa) dengan beban 5 Kg atau 49,03 N namun pada material dan *AISI 4340 Steel* nilai *Stress vonMises minimum* sebesar 0,743 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 246,943 N/mm² (Mpa) pada temperatur suhu yang dialami material sebesar 35°C dimana nilai tersebut masih terbilang kecil dan jauh dari nilai *Yield Strength*. Pada hasil simulasi analisis *Factor of Safety* juga terlihat bahwa beberapa struktur material berwarna biru dan sedikit merah hal ini menunjukkan bahwa material masih cukup aman dan dapat digunakan. Pada hasil analisis fatik, umur material *aluminium alloy 7075-T6* (SN) dengan suhu 35°C hanya berkisar 131.600 siklus (4 bulan) namun pada material *AISI 4043 Steel* umur material mencapai 10 juta siklus (27 tahun).

4.8. Simulasi Analisis pada Model L Bracket

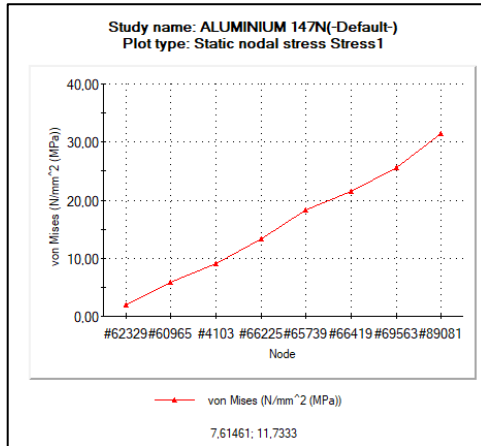
- 1) Besar gaya 12.8 N dengan sudut 85° pada beban 15 Kg atau setara 147 N menggunakan material *Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN)*.

L Bracket merupakan *part* atau komponen mesin yang cukup penting. Dimana *part* ini digunakan sebagai penyambung antara satu *aluminium profile* dengan *aluminium profile* lainnya. Selain itu, *L Bracket* digunakan untuk menahan *aluminium profile* yang dipasang secara vertikal. Pada analisa ini, *part* diberi beban gaya sebesar 12,8 N atau senilai 147 N (15 Kg) dengan sudut kemiringan 85° yang diaktualkan dari kemiringan *aluminium profile*.



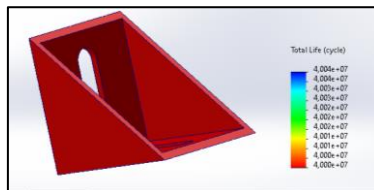
Gambar 41. Hasil simulasi material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu temperatur 28°C

Pada gambar 41 terlihat bahwa nilai *Equivalent Stress von Mises minimum* sebesar 0,196 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 31,432 N/mm² (Mpa) pada beban 15 Kg atau 147 N dan temperatur suhu pada material sebesar 28°C. Sedangkan nilai dari *yield strength* pada material sebesar 505,000 N/mm² (Mpa). Pada *Factor of Safety* terlihat pula bahwa *part/model* berwarna biru keseluruhan permukaannya. Hal ini mengindikasikan bahwa *part/model* dalam kondisi aman dan dapat digunakan.



Gambar 42. Grafik peningkatan stress pada L Bracket

Terlihat pada gambar 42, bahwa grafik menunjukkan peningkatan stress pada part/model. Mulai dari titik terendah stress yakni 0,196 N/mm² hingga titik tertinggi stress terletak yakni sebesar 31,432 N/mm² (Mpa).



Gambar 43. Hasil simulasi Fatigue pada part L Bracket

Pada gambar 43 terlihat bahwa, nilai total life atau umur fatik total model/part diperoleh sebesar 4,000e + 07 atau 40 × 10⁶ siklus (40.000.000 siklus), yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

Tabel 8. Umur kelelahan material pada L Bracket

Siklus/hari (N_L)	<i>Fatigue Damage</i> Harian $DM = \frac{N_L}{N_i}$	Umur material (hari) $\frac{N_i}{N_L}$	Tahun	Bulan	Hari
500	$\frac{500}{40000000} = 0.000012$	$\frac{40000000}{500} = 80.000$	219	1	10
1000	$\frac{1000}{40000000} = 0.000025$	$\frac{40000000}{1000} = 40000$	109	5	15
2000	$\frac{2000}{40000000} = 0.00005$	$\frac{40000000}{2000} = 20000$	54	8	20
5000	$\frac{5000}{40000000} = 0.00012$	$\frac{40000000}{5000} = 8000$	21	11	10
10000	$\frac{10000}{40000000} = 0.00025$	$\frac{40000000}{10000} = 4000$	10	11	5

Terlihat pada tabel 8 bahwa, umur material bergantung pada siklus harian yang dialami oleh material pada *L Bracket*. Dengan siklus perhari yang dialami mesin sebesar 1000 siklus, maka umur dari material *part* dapat mencapai 109 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0 sehingga *part* dikatakan sangat aman, pada 5000 siklus umur menurun mencapai 21 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.01, sehingga dapat dikatakan bahwa material masih dalam kondisi sangat aman. Ketika siklus ditingkatkan pada siklus perhari sebesar 10000, umur dari material hanya menurun menjadi 10 tahun dengan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.02, Material masih dalam kondisi yang sangat aman. Semakin besar siklus perhari yang dialami mesin maka semakin kecil umur dari material dan semakin besar *fatigue damage* yang dialami material.

2) Hasil dan pembahasan analisis L Bracket menggunakan Material Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN) pada beban gaya 12,8 N atau setara 147 N (15 Kg) dan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C.

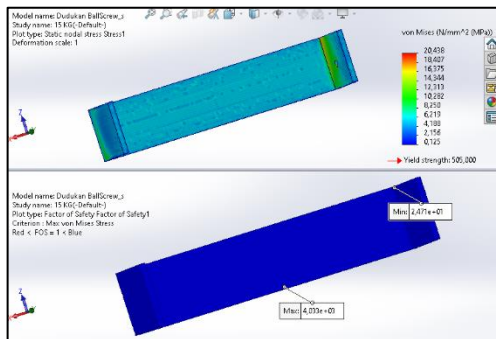
Setelah dilakukan analisis dengan gaya beban yang diberikan terhadap *L Bracket* dengan nilai 12.8 N pada beban 15 Kg atau 147 N dan mengaktualkan mesin melakukan 10000 siklus, yang dimana siklus ini merupakan perhitungan hasil produksi. Ketika 1 siklus menghasilkan 1 produk, artinya pada 10000 siklus mesin menghasilkan 10000 produk. Pada material model *L Bracket* yaitu *Aluminium Alloy*

tipe 7075-T6(SN) yang memiliki nilai *Yield Strength* sebesar 505,000 Mpa. Nilai tersebut merupakan batas maksimum kekuatan material terhadap *Stress*. Pada analisis ini, nilai maksimum *Stress vonMises* material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) sebesar 31,432 N/mm² (Mpa). Nilai tersebut terbilang kecil dan jauh dari nilai *Yield Strength*. Sedangkan nilai *minimum Stress vonMises* sebesar 0,196 N/mm² (Mpa). *Factor of Safety* menunjukkan, ketika material menerima beban gaya sebesar 12.8 N atau pada beban 15 Kg struktur dari kedua material terlihat berwarna biru dan aman serta dapat digunakan dengan jangka waktu yang cukup lama. Pada hasil analisis fatik, *L Bracket* pada gaya 12,8 N pada beban 15 Kg atau 147 N dengan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C memiliki nilai total life atau umur fatik total model/part sebesar 40×10^6 siklus dibagi dengan 10.000 siklus/hari yang mendapatkan nilai umur dari material yakni 10 tahun, menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan. Nilai ini menunjukkan bahwa seluruh area struktur material pada model/part dalam kondisi aman.

4.9. Simulasi Analisis pada Model *Support Bracket*

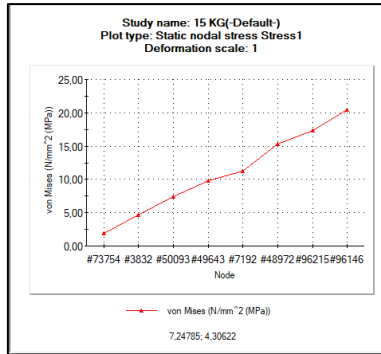
1) Simulasi beban 15 Kg atau setara 147 N menggunakan material *Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN)*.

Support Bracket merupakan salah satu komponen penting pada struktural mesin. Part ini digunakan sebagaiudukan yang menjadi penyangga dikedua ujung dari ballscrew agar tetap berada pada posisi tepat saat berputar. Pada analisis ini, part diberi beban 15 Kg dengan suhu temperatur yang dialami oleh part sebesar 28°C. hasil simulasi analisis ini berupa nilai dari *max* dan *min von-Mises Stress* dan *factor of Safety*.



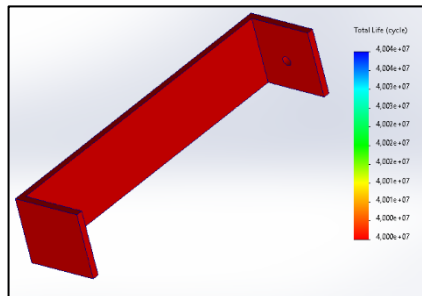
Gambar 44. Hasil simulasi *Support Bracket* material *Aluminium Alloy 7075-T6* dengan suhu temperatur 28°C

Pada gambar 44 terlihat bahwa nilai *Equivalent Stress von Mises minimum* sebesar 0,125 N/mm² (Mpa) dan nilai *maximum* yang diperoleh sebesar 20,438 N/mm² (Mpa) pada beban 15 Kg atau 147 N dan temperatur suhu pada material sebesar 28°C. Sedangkan nilai dari *yield strength* pada material sebesar 505,000 N/mm² (Mpa). Pada *Factor of Safety* terlihat pula bahwa *part/model* berwarna biru keseluruhan permukaannya. Hal ini mengindikasikan bahwa *part/model* dalam kondisi aman dan dapat digunakan.



Gambar 45. Grafik peningkatan stress pada Support Bracket

Terlihat pada gambar 45, bahwa grafik menunjukkan peningkatan stress pada part/model. Mulai dari titik terendah stress yakni 0,125 N/mm² hingga titik tertinggi stress terletak yakni sebesar 20,438 N/mm² (Mpa).



Gambar 46. Hasil simulasi Fatigue pada part Support Bracket

Pada gambar 46 terlihat bahwa, nilai total life atau umur fatik total model/part diperoleh sebesar 40×10^6 siklus (40.000.000 siklus), yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

Tabel 9. Umur kelelahan material pada *Support Bracket*

Siklus/hari (N_L)	<i>Fatigue Damage</i> Harian $DM = \frac{N_i}{N_L}$	Umur material (hari) $\frac{N_i}{N_L}$	Tahun	Bulan	Hari
500	$\frac{500}{40000000} = 0.000012$	$\frac{40000000}{500} = 80.000$	219	1	10
1000	$\frac{1000}{40000000} = 0.000025$	$\frac{40000000}{1000} = 40000$	109	5	15
2000	$\frac{2000}{40000000} = 0.00005$	$\frac{40000000}{2000} = 20000$	54	8	20
5000	$\frac{5000}{40000000} = 0.00012$	$\frac{40000000}{5000} = 8000$	21	11	10
10000	$\frac{10000}{40000000} = 0.00025$	$\frac{40000000}{10000} = 4000$	10	11	5

Terlihat pada tabel 9 bahwa, umur material bergantung pada siklus harian yang dialami oleh material pada *Support Bracket*. Dengan siklus perhari yang dialami mesin sebesar 1000 siklus, maka umur dari material *part* dapat mencapai 109 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0 sehingga *part* dikatakan sangat aman, pada 5000 siklus umur menurun mencapai 21 tahun dan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.01, sehingga dapat dikatakan bahwa material masih dalam kondisi sangat aman. Ketika siklus ditingkatkan pada siklus perhari sebesar 10000, umur dari material hanya menurun menjadi 10 tahun dengan *fatigue damage* (DM) yang diterima sebesar 0.02, Material masih dalam kondisi yang sangat aman. Semakin besar siklus perhari yang dialami mesin maka semakin kecil umur dari material dan semakin besar *fatigue damage* yang dialami material.

2) Hasil dan pembahasan Simulasi beban 15 Kg atau setara 147 N menggunakan material *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) pada model *Support Bracket*

Setelah dilakukan analisis dengan gaya beban yang diberikan terhadap *Support Bracket* dengan beban 15 Kg atau 147 N. Pada material model *Support Bracket* yaitu *Aluminium Alloy* tipe 7075-T6(SN) yang memiliki nilai *Yield Strength* sebesar 505,000 Mpa. Nilai tersebut merupakan batas maksimum kekuatan material terhadap *Stress*. Pada analisis ini, nilai maksimum *Stress vonMises* material

Aluminium Alloy tipe 7075-T6(SN) sebesar 20,438 N/mm² (Mpa). Nilai tersebut terbilang kecil dan jauh dari nilai *Yield Strength* Sedangkan nilai *minimum Stress vonMises* sebesar 0,125 N/mm² (Mpa). *Factor of Safety* menunjukkan, ketika material menerima beban sebesar 15 Kg struktur dari material terlihat berwarna biru dan aman serta dapat digunakan dengan jangka waktu yang cukup lama. Pada hasil analisis fatik, *Support Bracket* pada beban 15 Kg atau 147 N dengan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C memiliki nilai total life atau umur fatik total model/part sebesar 40×10^6 siklus (10 tahun lebih) dibagi dengan 10.000 siklus/hari, yang menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan. Nilai ini menunjukkan bahwa seluruh area pada model/part dalam kondisi aman.

Bab 5. Kesimpulan dan Saran

5.1 Kesimpulan

Dari hasil pemodelan dan analisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* pada mekanik *Screw Shaft*, *L Bracket*, dan *Support Bracket* diperoleh beberapa kesimpulan yaitu.

1. Perancangan draft mesin semi-otomatis untuk menutup lubang pada konektor berhasil dilakukan menggunakan *software Solidworks 2023*. Proses desain mencakup pemodelan mekanik 3D, analisis pergerakan mekanisme, serta simulasi analisis material yang digunakan dalam pembangunan mesin dengan memanfaatkan fitur *Assembly*, *Motion Study*, dan *Simulation* yang dirancang secara akurat dan efisien guna mendukung proses produksi yang lebih optimal.
2. Hasil analisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* menunjukkan bahwa material untuk pembuatan *Screw Shaft* dengan beban 5 kg dan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C, nilai *Equivalent vonMises Stress* adalah 239,452 N/mm² (MPa). Ketika suhu yang dialami material naik hingga 35°C pada beban yang sama, nilai *vonMises Stress* meningkat menjadi 241,941 N/mm² (MPa). Untuk *L Bracket* menerima beban sebesar 15 kg atau 147 N dengan gaya 12,8 dan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C, nilai *Equivalent vonMises Stress* adalah 31,432 N/mm² (MPa). Pada model *Support Bracket* menerima beban sebesar 15 kg atau 147 N dan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C, nilai *Equivalent vonMises Stress* adalah 20,438 N/mm² (MPa).
3. Hasil simulasi menunjukkan bahwa dengan beban 5 kg dengan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C, *Equivalent vonMises Stress* adalah 239,452 N/mm² (MPa) dengan *Factor of Safety* (FoS) sebesar 1,663e+03 untuk material *Aluminium Alloy 7075-T6(SN)* dan *Equivalent vonMises Stress* adalah 238,374 N/mm² (MPa) dengan *Factor of Safety* (FoS) sebesar 1,928e+03 untuk material *AISI 4340 Steel* dinyatakan aman untuk digunakan. Lalu pada beban yang sama namun material mengalami peningkatan suhu sebesar 35°C akibat gesekan dari perpindahan silinder, *Equivalent vonMises Stress meningkat* mencapai 241,941 N/mm² (MPa) dengan *Factor of Safety* (FoS) sebesar 8,408e+02 untuk material *Aluminium Alloy 7075-T6(SN)* dan *Equivalent vonMises Stress* adalah 246,943 N/mm² (MPa) dengan *Factor of Safety* (FoS) sebesar 9,551e+02 untuk material *AISI 4340 Steel* material masih dinyatakan aman untuk digunakan walaupun terdapat sedikit indikator berwarna merah pada model.

4. Berdasarkan hasil analisis fatik, part/model mengalami pembeban siklik. Beban yang diterapkan pada part/model yakin beban yang tetap dan tidak berubah. Pada *Screw Shaft*, model/part menerima beban 5 Kg dengan perbandingan dua suhu yang dialami material yakni 28°C dan 35°C ketika *Screw Shaft* mengalami gesekan akibat perpindahan silinder. Pada beban 5 Kg dan temperatur suhu material sebesar 28°C, material *Aluminium Alloy 7075-T6* memperoleh 143.600 siklus (4 bulan) lalu pada material *AISI 4340 Steel*, umur material diperoleh sebesar 10 jt Siklus (27 tahun lebih). Namun pada temperatur suhu material sebesar 35°C, material *Aluminium Alloy 7075-T6* memperoleh 131.600 siklus (4 bulan) dan pada material *AISI 4340 Steel*, umur material diperoleh sebesar 10 jt Siklus (27 tahun lebih). Pada *L Bracket*, model/part menerima beban sebesar 15 kg atau 147 N dengan gaya 12,8 dan temperatur suhu yang dialami material sebesar 28°C, nilai total life atau umur fatik total model/part diperoleh sebesar 40×10^6 siklus (10 tahun lebih) dibagi dengan 10.000 siklus/hari, begitu pula pada model/part *Support Bracket* yang memperoleh umur fatik sebesar 40×10^6 siklus (10 tahun lebih). Hal ini menunjukkan batas maksimum siklus beban yang dapat ditahan sebelum terjadi kegagalan.

5.2 Saran

Dari hasil pemodelan dan analisis menggunakan metode *Finite Element Analysis* pada mekanik *Screw Shaft* diperoleh beberapa kesimpulan yaitu.

1. Pastikan penentuan titik tetap (*Fixture*), tekanan beban (*Force*), dan temperatur suhu pada model dilakukan dengan tepat saat analisis, sehingga memperoleh hasil data nilai pembebanan maksimal dan mengidentifikasi area kritis pada struktur material secara akurat.
2. Untuk mengurangi risiko deformasi dan kegagalan pada material, disarankan melakukan optimasi desain atau penguatan struktur pada bagian material yang menerima beban tinggi.
3. Gunakan bentuk dan jenis *meshing* yang sesuai dalam pemodelan, karena pemilihan *meshing* yang tepat sangat mempengaruhi akurasi hasil analisis menggunakan metode *Fracture Mechanics*.
4. Memastikan memilih *loading type* dan *interpolate* pada *Fatigue S-N Curve* yang benar untuk melakukan *Fatigue Analysis* agar memperoleh nilai umur sesuai kebutuhan mesin.

Daftar Pustaka

- [1] M. D. Putro dan J. Litouw, "Robot Pintar Penyambut Costumer pada Pusat Perbelanjaan Kota Manado," *Jurnal Rekayasa ElektriKa*, vol. 13, no. 1, hlm. 8, Apr
- [2] Fernando, Donny, and Harsiti. "Jurnal Sistem Informasi." *STUDI LITERATUR: ROBOTIC PROCESS AUTOMATION*, vol. Vol.6, 2019, pp. 6-11, https://r.search.yahoo.com/_ylt=AwrX.1PxyE5oFwIA8KvLQwx.; ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1751203313/RO=10/RU=https%3a%2f%2fe-jurnal.lppmunsera.org%2findex.php%2fjsii%2farticle%2fdownload%2f1071%2fpdf%2f/RK=2/RS=gntSGBQ7dzkm3d2.lszIX_43jlk. Accessed 15 Juni 2025.
- [3] Nurhayati, and T. R Wijaya. "KEKUATAN DAN UMUR FATIK STRUKTUR PENOMPANG JAW CRUSHER DENGAN METODE ELEMEN HINGGA." KEKUATAN DAN UMUR FATIK STRUKTUR PENOMPANG JAW CRUSHER DENGAN METODE ELEMEN HINGGA, ResearchGate, July 2019, https://www.researchgate.net/profile/TaufikWijaya/publication/334817615_KEKUATAN_DAN_UMUR_FATIK_STRUKTUR_PENOMPANG_JAW_CRUSHER_DENGAN_METODE_ELEMEN_HINGGA/links/5ef4a80d92851c35353ffa5c/KEKUATAN-DAN-UMUR-FATIK-STRUKTUR-PENOMPANG-JAW-CRUSHER-DENGAN-METODE-. Accessed 27 May 2025.
- [4] Eka Bima Saputra, Ahmad Zohari, Andriansyah, & Wahyu Bambang Sulisty. (2023). The analysis static of chassis robot arm as design modification induction melting furnace machine using FEA method. *Journal of Renewable Energy and Mechanics*, 6(02), 85–98. <https://doi.org/10.25299/rem.2023.vol6.no02.14344>
- [5] Ramadhan, W. F., & Eliza, F. (2023). Rancang sistem automasi pick and place kontaktor menggunakan robot manipulator. *JTEIN: Jurnal Teknik Elektro Indonesia*, 4(2), 841–852. <https://doi.org/10.24036/jtein.v4i2.535>
- [6] aswardi. (2019). DISAIN PROTOTYPE PICK AND PLACE SISTEM PNEUMATIK MENGGUNAKAN MIKROKONTROLLER ATMEGA8535. Center for Open Science. <https://doi.org/10.31227/osf.io/y7cxs>
- [7] MELINIAR, N. (2023, May 2). Inovasi Design dan Perancangan Sistem Pneumatic Gripper Pick and Place Otomatis Sebagai Alat Handling dan Sortir Kualitas Biskuit pada Line Production Malkist. ITS Repository. <https://repository.its.ac.id/112192/>
- [8] A. Raof, N., Daud @Ab Aziz, N. S., A. Ghani, A. R., Dahnel, A. N., Mokhtar, S., & Muhamad Khairussaleh, N. K. (2020). CUTTING TOOL PERFORMANCE IN TURNING OF AL 7075-T651 ALUMINIUM ALLOY. *IJUM Engineering Journal*, 21(2), 177–185. <https://doi.org/10.31436/iiumej.v21i2.1227/>
- [9] Fahmi, Alfino Rifqi. *FATIGUE LIFE ANALYSIS CRITICAL JOINT PLATFORM ATAKA B WITH SEMI-ELLIPTICAL CRACK USING LINEAR ELASTIC FRACTURE MECHANICS (LEFM)*, May 2020. repository.its.ac.id, <https://repository.its.ac.id/75957/>
- [10] Fahmiansyah, Bachry, et al. "Pengaruh Rasio Geometri Alur Pasak Poros Terhadap Kegagalan Fatigue." *Jurnal Teknik ITS*, vol. 9, 2020, pp. E317-E323,

- <https://www.researchgate.net/publication/367812664> Pengaruh Rasio Geometri Alur Pasak Poros Terhadap Kegagalan Fatigue. Accessed Juni 2025.
- [11] Fitri, Muhammad. *Pengaruh Beban Lentur Pada Poros Stainless Steel Terhadap Siklus Kegagalan Fatik*. vol. 09, academia.edu, 2020. Accessed Minggu Juni 2025.
- [12] Raynaldi, Hamid A., Luthfie A.A. "SIMULASI UJI BENDING PADA SHAFT GENERATOR AWING 500 WATT DENGAN MATERIAL ASTM A36 MENGGUNAKAN SOFTWARE CAD." *Jurnal Teknik Mesin (Journal Of Mechanical Engineering)*, vol. Vol. 11, 2022, pp. 131-138, https://r.search.yahoo.com/_ylt=Awr1Tk_y3k5oKwIA.IDLQwx.; ylu=Y29sbwNzZzMEcG9zAzEEdnRpZAMEc2VjA3Ny/RV=2/RE=1751208947/RO=10/RU=https%3a%2f%2fpublikasi.mercubuana.ac.id%2findex.php%2fjtm%2farticle%2fdownload%2f14156%2f5867/RK=2/RS=stkm74dYrifEJ2YrIB0mBzJE8B. Accessed Juni 2025.
- [13] Choirudin, Daris Dwi Nur, et al. "ANALISA FATIGUE CRUDE OIL TANKER 306507 DWT BERDASARKAN COMMON STRUCTURAL RULES (CSR) OIL TANKER." *Jurnal Teknik Perkapalan*, Universitas Diponegoro Semarang, Vol.3, no.1 2015, <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/naval/article/view/7918>. Accessed Senin Mei 2025.
- [14] Alamsyah, et al. "ANALISA KEKUATAN DAN UMUR KELELAHAN SHAFT PROPELLER KAPAL SPOB." *Jurnal Wave*, vol. 13, 2019, pp. 91-98, <https://ejournal.brin.go.id/jurnalwave/article/view/2471/1549>. Accessed Juni 2025.

Biodata



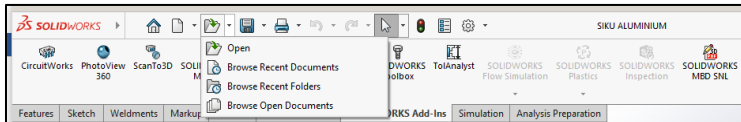
Nama : Muhammad Syarifuddin Al Islami
TTL : Batam, 24 Januari 2000
Agama : Islam
Alamat : Kav. Bukit Ayu Widuri Blok A7 No.9
E-mail : msyarifuddinalislami@gmail.com
Pendidikan : MI Raudlatul Qur'an
SD : SMP Negeri 16 Batam
SMP : SMK Negeri 1 Batam
SMA

LAMPIRAN

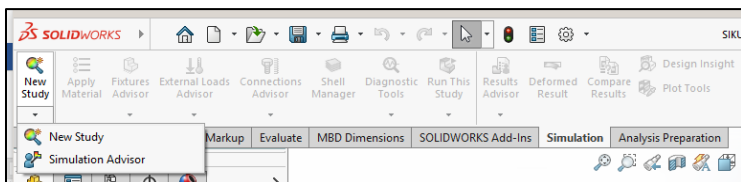
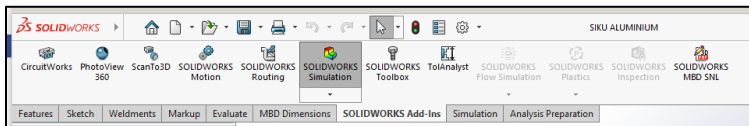
Mechanical Design of Pick and Place for Connector Dummy Assembly Machine

Tahapan dalam melakukan Analisis *Stress VonMises* dan *Factor of Safety* menggunakan *Software Solidworks 2023*.

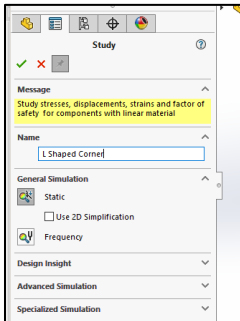
1. Buatlah desain *part/model* 3D atau jika *part/model* sudah ada, klik open pada menu bar bagian atas.



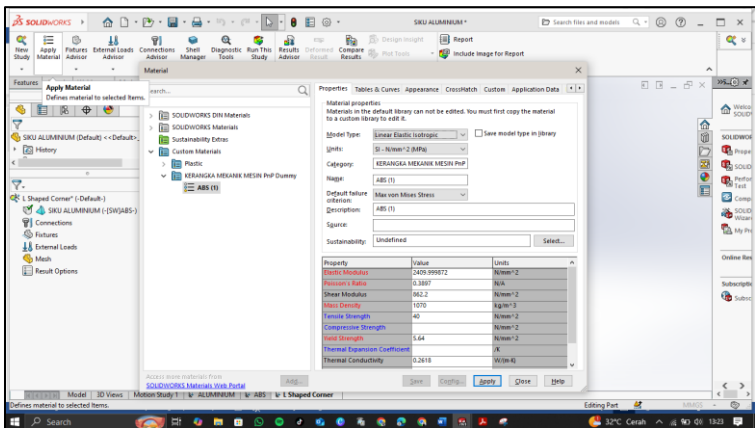
2. Jika *part/model* selesai dibuat, klik "*SOLIDWORKS Add-Ins*" pada menubar bagian bawah dan akan muncul menu "*Simulation*" lalu pilih "*New Study*" untuk melakukan simulasi analisis.



3. Lalu klik “Static” dan beri nama pada simulasi.

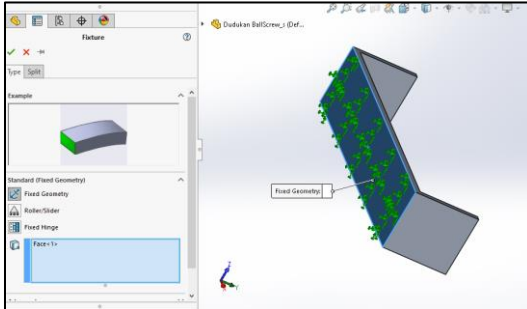
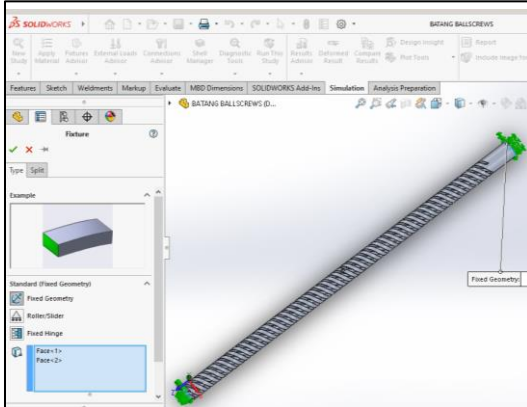
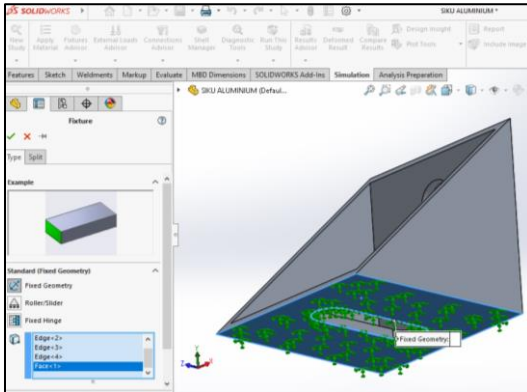


4. Untuk menentukan dan memilih material yang akan digunakan pada part/model, klik menu “Apply Material”.

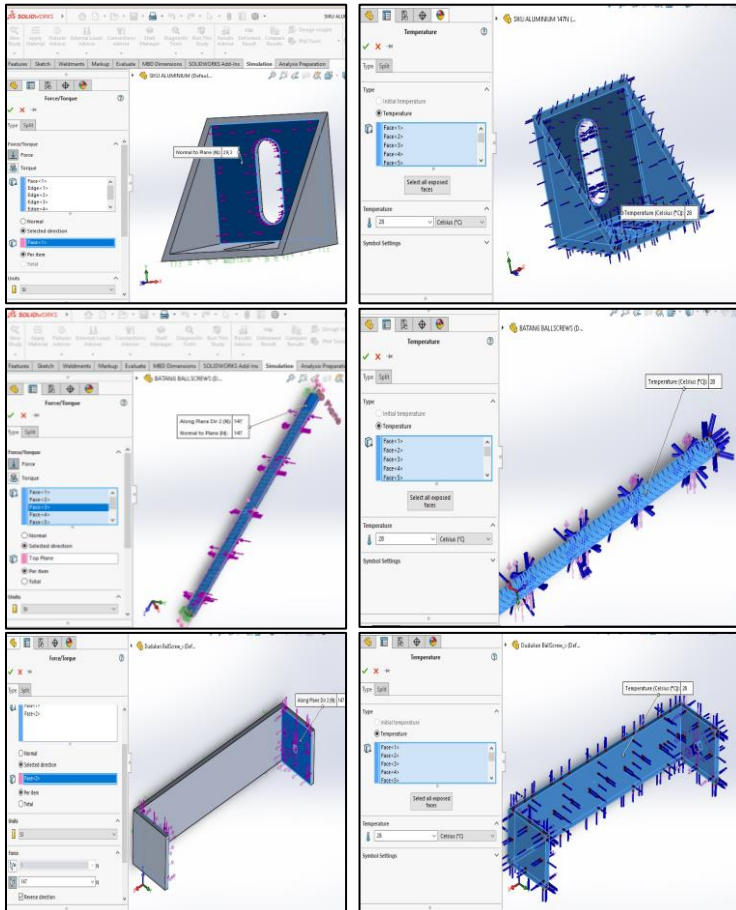


Pada penelitian ini *part*/model menggunakan material berjenis **Aluminium Alloys** dengan tipe **7075-T6(SN)** dan material **ALSI 4340 Steel**

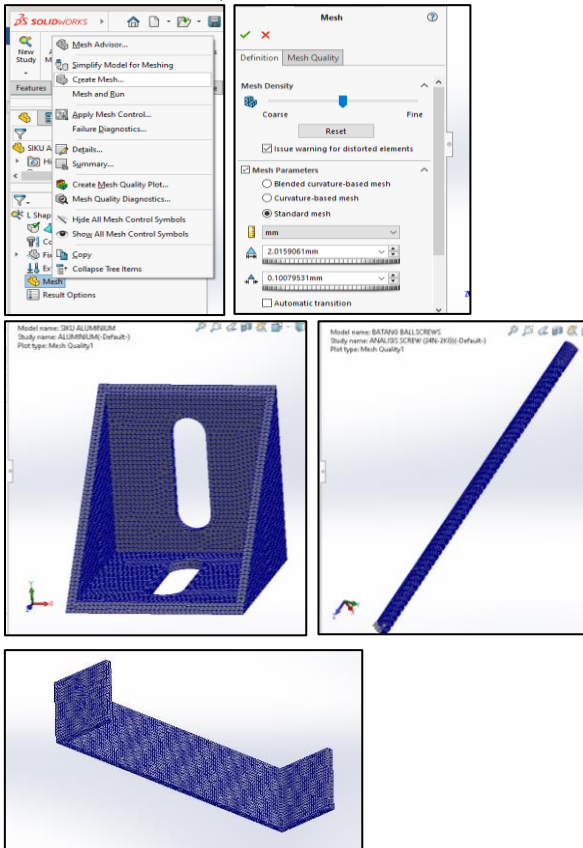
5. Setelah penentuan material, dilanjutkan dengan memilih titik tetap pada *part*/model yang tidak terkena gaya dan beban dengan memilih menu “Fixture Advisor – Fixture Geometry”.



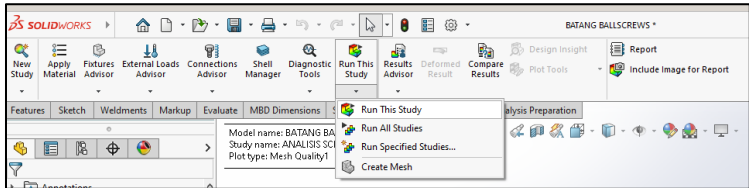
- Setelah menentukan titik tetap, dilanjutkan dengan menentukan titik dan arah beba dan suhu yang akan diterima oleh *part*/model dengan memilih menu “*External Loads Advisor – Force, Temperatur*”.



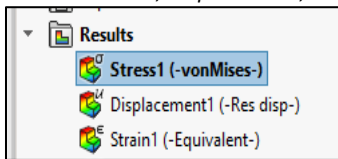
7. Selanjutnya melakukan proses *mesh* pada *part/model* yang berguna membentuk elemen untuk mengetahui sifat bahan dan kekuatan pada material. Klik kanan pada "*Mesh – Create Mesh – Mesh and Run*".



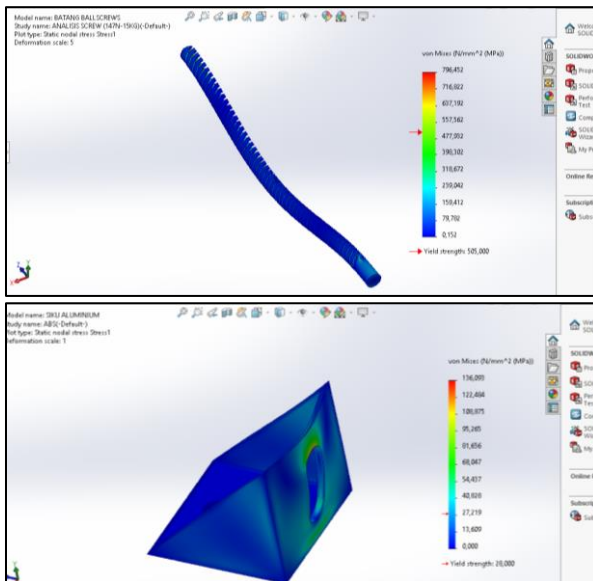
8. Setelah menentukan titik tetap (*Fixture*), titik dan arah beban (*Eksternal Loads*), serta *Mesh*, dilanjutkan menjalankan simulasi dengan klik "*Run This Study*" pada menu bar untuk memunculkan hasil analisis.

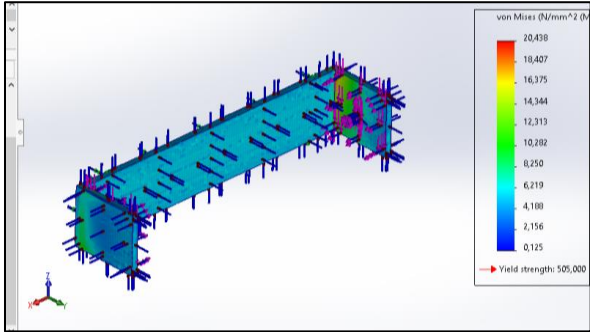


9. Setelah melakukan *Run Study*, akan muncul hasil *result* yang berisikan *vonMises Stress*, *Displacement*, dan *Strain*.

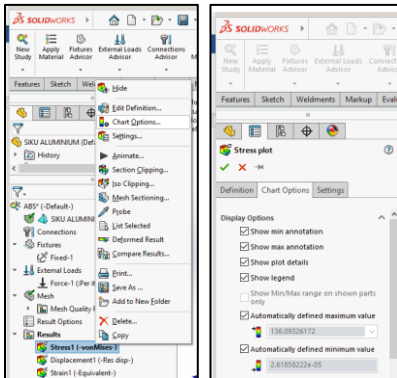


10. Pilih dan klik pada salah satu *result* untuk memunculkan hasil simulasi.

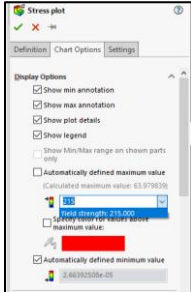




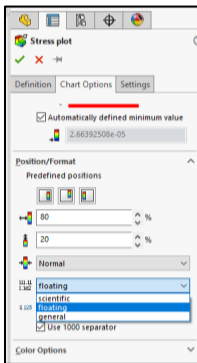
- Untuk menampilkan nilai Max/Min dengan mengklik kanan pada salah satu hasil *result* dan pilih “Chart Option – Display Option”, lalu ceklis “Show Min/Max Annotation”.



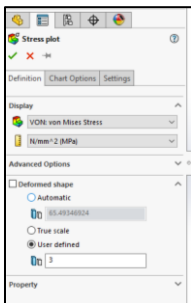
- Untuk memunculkan nilai *Yield Strength*, unchecklist pada “Display Option - Automatically Defined Maximum Value” dan pilih kotak *Yield Strength*.



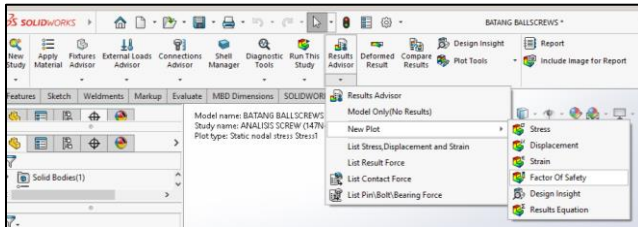
13. Kemudian untuk mengubah tampilan pembacaan nilai hasil simulasi dapat diubah pada *Position/Format*.



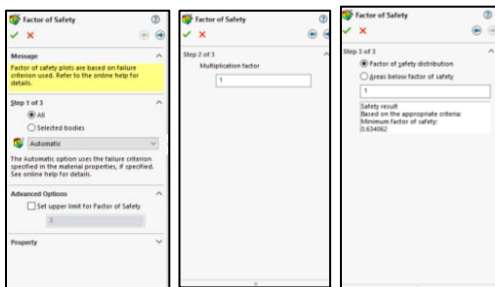
14. Lalu pada "*Definition – Display – Deformed Shape*" ubah dengan tampilan seperti dibawah ini agar lebih mudah saat pembacaan nilai dan tampilan.



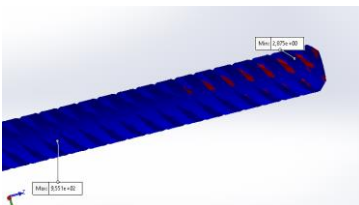
15. Lalu untuk memunculkan *Displacement* dan *Strain* sama seperti langkah-langkah sebelumnya.
16. Selanjutnya, untuk memunculkan *Factor of Safety* (FoS) dengan mengklik “*Results Advisor – New Plot*” lalu pilih “*Factor of Safety*”.



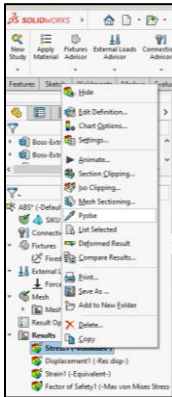
17. Lakukan beberapa langkah untuk menentukan *Factor of Safety*.



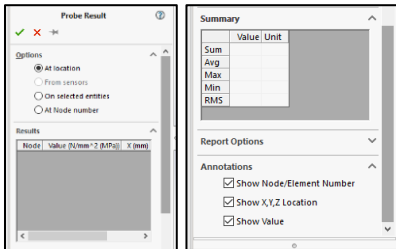
18. Setelah melakukan beberapa langkah-langkah untuk menentukan FoS, maka akan muncul hasil FoS yang dimana warna biru pada *part*/model menandakan bahwa bagian tersebut aman dan jika ada yang berwarna merah menandakan bahwa *part*/model tersebut tidak aman.



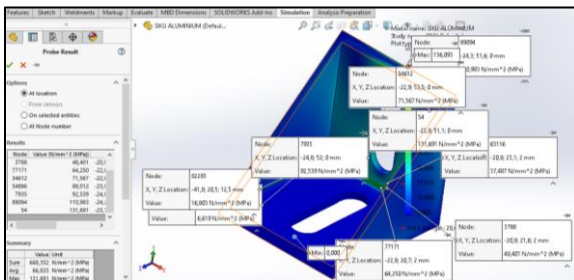
19. Untuk menampilkan grafik pada hasil simulasi dengan mengklik kanan pada *vonMises Stress* lalu klik “Probe”.



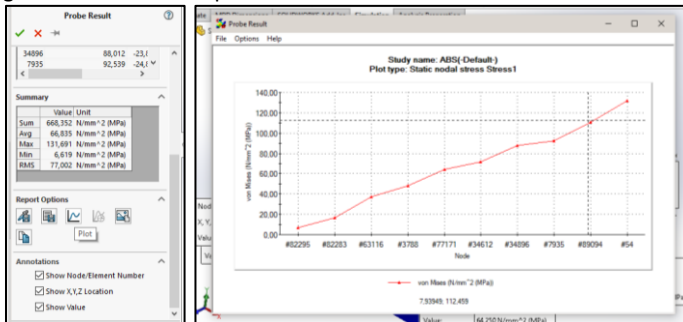
20. Ketika diklik, *Probe Result* akan muncul tampilan seperti dibawah ini.



21. Lalu pilih bagian – bagian pada *part/model* dari min sampai max untuk menampilkan grafik.

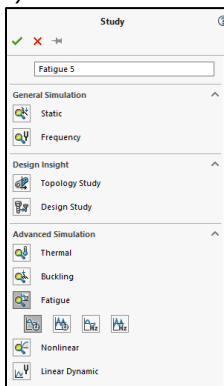


22. Kemudian untuk memunculkan grafik bisa pilih “*Report Options – Plot*”, maka grafik akan muncul seperti dibawah ini.

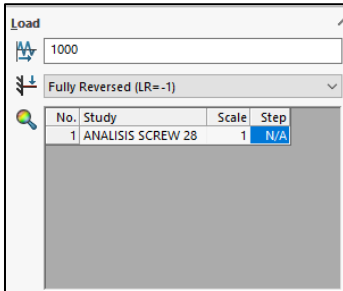


Lakukan langkah-langkah seperti diatas terhadap seluruh *part*/model untuk memunculkan seluruh hasil serta grafik simulasi.

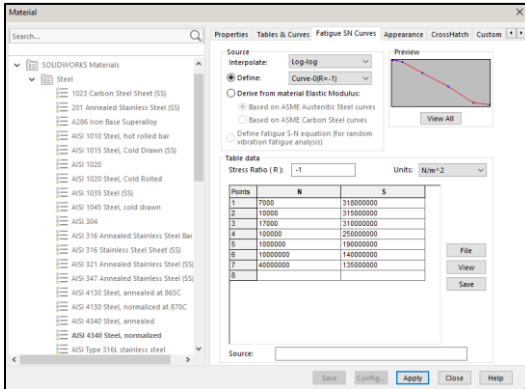
23. Dilanjutkan dengan analisis fatik (*Fatigue*) untuk mengetahui umur dari material ketika mengalami beban, suhu, dan lain-lainnya. Dimulai dengan mengklik “*New Study – pilih Fatigue – Constant Amplitude Events with Defined Cycles*”.



24. Klik kanan pada **Loading** lalu pilih *Add Event*. Pada kolom *cycle*, diisi sesuai kebutuhan, pada *loading type* diisi sesuai bentuk dan arah pembebanan.



25. Kemudian menentukan Kurva sesuai dengan material yang digunakan untuk memunculkan analisa. Kurva biasa sudah disediakan oleh sistem yang umum digunakan dan dapat mengisi secara manual sesuai dengan kebutuhan. Klik kanan pada material, lalu pilih **Apply/Edit Fatigue Data**.



26. Setelah semua sudah diisi sesuai kebutuhan, dapat dilanjutkan dengan melakukan **RUN**. Berikut adalah hasil simulasi fatik dari *part/model*.

