

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 *Finite element analysis (FEA)*

Analisis tegangan (*stress analysis*) dan analisis elemen hingga *finite Element Analysis* (FEA) adalah istilah yang sering kita dengar, terutama dalam konteks penggunaan perangkat lunak seperti *Autodesk Inventor Professional 2024*. Analisis elemen hingga merupakan metode numerik yang digunakan untuk menghitung kekuatan serta perilaku struktur teknik. Prinsipnya adalah memecah objek kompleks menjadi elemen-elemen kecil dalam bentuk jala (*mesh*), sehingga perhitungan dapat dilakukan secara terstruktur (Pratama & Agusman, 2023). *Inventor* memanfaatkan metode ini untuk membantu pengguna menganalisis desain sesuai kebutuhan, sekaligus mengidentifikasi tren dasar berdasarkan spesifikasi desain. Simulasi di *Autodesk Inventor* memungkinkan analisis awal untuk memvalidasi desain dengan lebih efisien dan menghemat waktu sebelum pembuatan prototipe dibuat. Selain itu, simulasi ini berguna untuk menilai apakah *material* yang digunakan dalam komponen atau rakitan sudah sesuai dengan beban atau getaran tertentu. *Tool* analisis tegangan ini sangat membantu dalam menentukan bagaimana ukuran dan posisi fitur memengaruhi kekuatan serta integritas suatu komponen.

Finite Element Analysis (FEA) awalnya dikembangkan untuk menyelesaikan masalah mekanika *material* padat, namun kini diterapkan di berbagai bidang teknik seperti mekanika *fluida*, perpindahan panas, elektromagnetik, dan analisis getaran. Prinsip dasarnya adalah memecah masalah kompleks menjadi elemen-elemen kecil untuk dianalisis lalu menggabungkan hasilnya untuk memperoleh solusi menyeluruh. FEA memungkinkan analisis struktur yang rumit, memprediksi performa produk, mengidentifikasi titik lemah, dan mengevaluasi pengaruh faktor fisik seperti tekanan, getaran, dan aliran *fluida*.

Sebagai metode numerik yang efisien, FEA telah menjadi standar dalam validasi desain karena lebih hemat biaya dan akurat dibandingkan pengujian fisik. Aplikasi utamanya adalah analisis struktural untuk memahami respons suatu struktur terhadap beban, seperti gaya dan suhu. Dengan FEA, desain produk dapat dioptimalkan, biaya produksi ditekan, dan keamanan serta keandalan produk meningkat.

Tabel 2.1 Pengertian Dari Istilah *Finite Element Analysis*

<i>Finite</i>	<i>Element</i>	<i>Analysis</i>
Mengacu pada jumlah elemen yang dapat dihitung yang digunakan untuk mewakili struktur. Elemen – elemennya memiliki ukuran yang terbatas dan dapat diukur	Mengacu pada setiap bagian kecil dari bagian yang dianalisis. Suatu elemen bekerja pada elemen tetangganya. Persamaan yang mengatur dapat diturunkan dengan mempertimbangkan bagian kecil dan menulis persamaan untuk apa yang terjadi di bagian itu. Kemudian, ukuran bagian secara matematis diperbolehkan menjadi sangat kecil.	Bagian tersebut dianalisis dalam kondisi tertentu (statis, dinamis, modal, tekuk, linier, nonlinier) <i>Finite element analysis</i> merakit persamaan dari semua elemen menjadi satu persamaan matriks besar. Solusi numerik dari persamaan matriks besar ini ditentukan oleh komputer

Penelitian ini menggunakan analisis elemen hingga untuk mengkaji kekuatan struktur karena mampu memberikan perhitungan yang lebih rinci. Metode ini membagi *material* menjadi elemen kecil yang saling terhubung pada titik nodal, di mana gaya eksternal dan internal dianalisis. Semakin halus pembagian elemen, hasil perhitungan semakin mendekati kondisi nyata.

2.1.1 Keunggulan *Finite Element Analysis*

Metode FEA ini telah diterapkan pada banyak permasalahan, baik itu struktural maupun non struktural. Metode ini memiliki beberapa keunggulan yang membuat metode ini banyak diminati diantaranya:

1. Dapat menyelesaikan model yang memiliki bentuk tidak beraturan dengan mudah.
2. Dapat menyelesaikan kondisi beban umum tanpa kesulitan.
3. Dapat menangani *unlimited* number dan jenis kondisi batas.
4. Dapat memvariasikan ukuran elemen.
5. Dapat mengubah model FEA dengan relatif mudah dan murah.
6. Dapat menyelesaikan efek dinamis.

2.1.2 *Finite Element Analysis*

Tegangan pada rangka alat fermentasi biji kakao dapat dianalisis dengan simulasi berbasis FEA untuk memprediksi titik lemah struktur, sehingga mengurangi *trial* dan *error* selama produksi. Pemodelan ini lebih ekonomis dibandingkan pengujian fisik langsung, meskipun eksperimen tetap diperlukan dalam jumlah minimal. FEA juga mengurangi kebutuhan prototipe dengan

memungkinkan perubahan desain yang efisien melalui simulasi sehingga menghemat biaya dan waktu perancangan.

2.2 Autodesk Inventor 2024

Autodesk Inventor 2024 adalah salah satu *Autodesk Corp* yang diperuntukan untuk *engineering desain and drawing*. *Autodesk Inventor* merupakan pengembangan dari produk-produk CAD setelah *Autocad* dan *Autodesk Mechanical Desktop* (Wibawa dkk., 2018). *Autodesk Inventor* memiliki beberapa kelebihan yang memudahkan dalam desain serta tampilan yang lebih menarik dan riil, karena fasilitas *material* yang disediakan. Sebagai perangkat lunak yang disiapkan untuk proses perancangan suatu produk (Efendi dkk., 2020).



Gambar 2.1 Autodesk Inventor 2024
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Software Autodesk Inventor merupakan sebuah program CAD (*Computer Aided Design*) dengan kemampuan pemodelan tiga dimensi *solid* untuk proses pembuatan 5 objek prototipe 3D secara visual, simulasi dan *drafting* beserta dokumentasi data-datanya.

Autodesk Inventor dirancang berdasarkan metode elemen hingga dengan parameter yang menentukan bentuk model, baik numerik seperti panjang atau diameter, maupun geometris seperti tangen atau konsentris. Hubungan antar parameter memungkinkan penyesuaian desain secara fleksibel. *Software* ini menyediakan solusi terpadu untuk desain dan analisis struktur, menghilangkan kebutuhan transfer data antar perangkat lunak sehingga mencegah hilangnya data dan mempercepat proses analisis. *Autodesk Inventor* juga menawarkan berbagai keunggulan yang mendukung efisiensi desain.

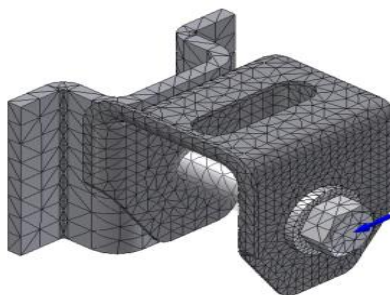
1. *Autodesk Inventor* memiliki fitur *solid parametric* yang memungkinkan desainer mengedit dan mengembangkan model tanpa mengulang dari awal. Data desain tersimpan secara internal, memudahkan revisi tanpa membuat model baru.
2. Memiliki kemampuan *animation* yaitu kemampuan untuk membuat *animation* di suatu *file assembly* mengenai jalannya suatu alat yang telah di *assembly* dan dapat disimpan dalam *file AVI*.

3. *Inventor Professional* dilengkapi dengan alat untuk simulasi dinamika gerak, analisis tegangan, dan analisis beban, yang membantu dalam menguji kinerja dan kekuatan desain sebelum diproduksi.
4. Memiliki kemampuan *automatic create technical 2D drawing* serta *bill of material* dan tampilan shading dan rendering pada *layout*.
5. *Adaptive* yaitu kemampuan untuk menganalisis gesekan dari animasi suatu alat serta dapat menyesuaikan dengan sendirinya.
6. *Material* atau bahan yang memberikan tampilan suatu *part* tampak lebih nyata.
7. Kapasitas *file* lebih kecil

Dengan berbagai keunggulan ini *Autodesk Inventor* sangat menguntungkan dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas waktu, sehingga dapat membantu meningkatkan produktivitas dalam berbagai pekerjaan desain.

2.2.1 Meshing Pada Autodesk Inventor

Meshing pada *Autodesk Inventor* adalah proses membagi model 3D menjadi elemen-elemen kecil untuk analisis elemen hingga (FEA). Proses ini mempermudah perhitungan distribusi tegangan, deformasi, atau sifat mekanik lainnya. (Attorik dkk., 2022) *Mesh* dapat disesuaikan untuk meningkatkan akurasi dengan elemen yang lebih halus atau mengurangi waktu komputasi dengan elemen yang lebih besar. Kualitas *mesh* sangatlah penting, karena *mesh* yang kasar kurang akurat, sementara yang terlalu halus meningkatkan beban komputasi. 2.2 Pembagian model 3D menjadi elemen-elemen kecil yang di sebut dengan *mesh*.



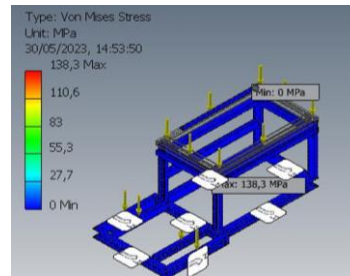
Gambar 2.2 Contoh Meshing

(Sumber *Inventor 2023 Help Adjust mesh settings and controls* | Autodesk)

2.2.2 Von Mises Stress

Von Mises Stress adalah tegangan teoritis yang digunakan untuk menentukan apakah *material* akan mengalami deformasi plastis di bawah kondisi pembebanan tertentu. Ini merupakan kriteria kegagalan yang mempertimbangkan kombinasi tegangan di berbagai arah. Penelitian (Ari dkk., 2019) menyatakan tegangan *Von Mises Stress* tidak diukur secara langsung melainkan dihitung dari tegangan yang terjadi dalam tiga arah (normal dan geser) pada suatu *material*. Tegangan ini menghasilkan nilai tunggal yang dapat digunakan untuk membandingkan dengan kekuatan luluh *material* (*yield strength*), sehingga dapat menentukan apakah *material* akan tetap berada dalam kondisi elastis atau

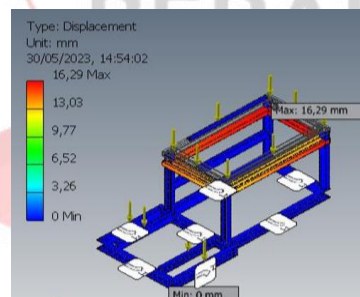
memasuki fase plastisitas. Contoh *Von Mises Stress* bisa dilihat pada gambar 2.3 (Fathur Rohman dkk., 2023)



Gambar 2.3 Contoh Analisis *Von Mises Stress*

2.2.3 Displacement

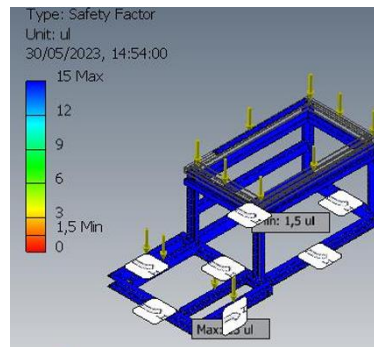
Displacement adalah perubahan posisi atau deformasi *material* akibat beban. Dalam analisis struktur, digunakan untuk memastikan deformasi tidak melebihi toleransi desain. Ini penting untuk memprediksi pergeseran atau deformasi rangka agar tetap aman dan mencegah kegagalan struktural selama operasional (Ari dkk., 2019). Dengan menghitung *displacement*, kita dapat memastikan bahwa deformasi yang terjadi pada rangka tetap berada dalam batas yang diizinkan, sehingga komponen mesin tidak mengalami kegagalan struktural selama proses kerja. Contoh *displacement* bisa dilihat pada gambar 2.4 (Fathur Rohman dkk., 2023)



Gambar 2.4 Contoh Analisis *Displacement*

2.2.4 Safety factor

Safety factor atau disebut faktor keamanan adalah parameter dalam desain teknik yang digunakan untuk memastikan bahwa suatu struktur atau komponen mampu menahan beban atau kondisi operasional yang melebihi beban yang diperkirakan. Secara sederhana, faktor keamanan merupakan rasio antara kapasitas maksimum *material* atau struktur dengan beban maksimum yang mungkin terjadi dalam kondisi penggunaan normal (Ari dkk., 2019). Contoh *displacement* bisa dilihat pada gambar 2.5 (Fathur Rohman dkk., 2023)



Gambar 2.5 Contoh Analisis *Safety Faktor*

Penggunaan faktor keamanan memberikan margin perlindungan tambahan terhadap berbagai ketidakpastian, seperti variasi sifat *material*, kesalahan dalam proses manufaktur, pengaruh lingkungan, maupun perubahan beban yang tidak terduga. *Safety factor* dapat ditentukan melalui rumus berikut ini:

$$safety\ factor = \frac{\text{kekuatan maksimum material}}{\text{beban kerja aktual}} \dots\dots\dots(1)$$

Dengan analisis dari tegangan *Von Mises Stress*, *displacement*, dan faktor keamanan, desain rangka mesin dapat dioptimalkan untuk menjamin kekuatan, ketahanan, dan keandalan komponen mesin selama masa operasinya.

2.2.5 Konvergensi

Menurut (Asroni, 2015) konvergensi dalam *Autodesk Inventor* merujuk pada stabilitas hasil simulasi saat analisis elemen hingga dilakukan dengan perbaikan *mesh* atau iterasi solusi numerik. Konvergensi memastikan hasil simulasi akurat dan dapat diandalkan, di mana solusi iteratif mendekati nilai sebenarnya seiring perbaikan model. Hal ini tercapai ketika perubahan antar iterasi semakin kecil, menjamin solusi mencerminkan kondisi fisik yang sebenarnya tanpa terpengaruh oleh faktor numerik (Faveryan dkk., 2024).

2.3 Konsep Faktor Keamanan

Dalam rekayasa teknik, faktor keamanan (*fact of safety*, *FoS* atau *safety factor*, *SF*) adalah ukuran yang menunjukkan sejauh mana suatu sistem dirancang untuk memiliki kekuatan yang lebih tinggi dibandingkan kebutuhan sebenarnya dalam menahan beban yang direncanakan. Perhitungan faktor keamanan biasanya dilakukan melalui analisis mendetail, karena pengujian secara menyeluruh pada proyek berskala besar seperti jembatan dan gedung sering kali tidak praktis. Oleh karena itu, kekuatan struktur harus ditentukan dengan tingkat akurasi yang memadai.

Sebagian besar sistem dirancang dengan faktor keamanan untuk menghadapi beban tak terduga, kesalahan penggunaan, atau penurunan kualitas *material*. Faktor keamanan (*FoS*) terdiri dari dua definisi:

1. Rasio antara kekuatan maksimum struktur dan beban yang diterapkan, yang disebut "faktor keamanan terealisasi"
2. Nilai konstan dalam peraturan atau standar yang harus dipenuhi, dikenal sebagai faktor desain atau faktor keamanan desain.

Menurut (Sonawan, 2014), elemen mesin dikatakan gagal jika tegangan melebihi kekuatan *material* pernyataan itu:

Elemen Mesin akan GAGAL, jika:
Tegangan yang terjadi > kekuatan *material*
 Elemen mesin akan AMAN, jika:
Kekuatana *material* > tegangan yang terjadi

Pernyataan diatas menunjukkan suatu hubungan yang sangat jelas diantara kesuanya. Secara sistematis, hubungan keduanya dinyatakan sebagai berikut:

$$FS = \frac{\text{kekuatan } material}{\text{tegangan yang terjadi}} \dots\dots\dots(2)$$

Kekuatan *material* dan tegangan yang terjadi di hubungkan oleh sebuah variabel yang kita kenal sebagai faktor keamanan (*factor of safety*, FS), Menurut persamaan di atas, untuk kondisi elemen mesin yang aman maka kekuatan *material* harus selalu lebih besar dari tegangan yang terjadi artinya faktor keamanan juga harus selalu lebih besar dari 1.

Elemen mesin akan aman apabila
FS > 1

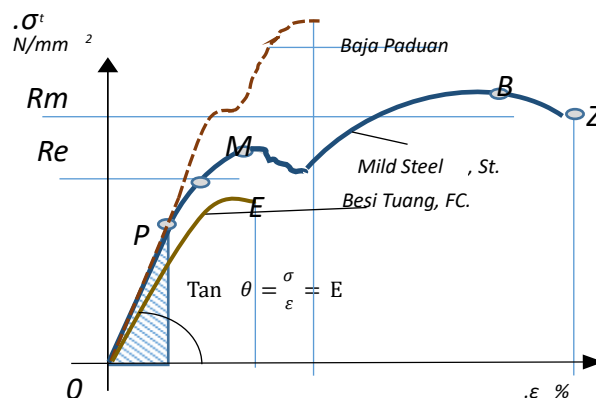
Jikan faktor keamanan sama dengan 1 maka berarti tegangan yang terjadi mendekati kekuatan *material*.

2.3.1 Diagram Tegangan Regangan

Kekuatan suatu *material* sangat dipengaruhi oleh jenis *material* nya, yang dapat bersifat keras atau rapuh, lunak, atau ulet/*ductile*, bergantung pada komposisi unsur dan struktur *material* tersebut. Informasi ini dapat diperoleh melalui diagram tegangan-regangan, yang dihasilkan dari pengujian tarik *material*.

Diagram tegangan-regangan menggambarkan karakteristik kekuatan *material* berdasarkan hasil uji tarik. Dalam pengujian ini, spesimen diuji dengan menariknya menggunakan gaya bertahap hingga mengalami perpanjangan, deformasi, dan akhirnya patah.

Berdasarkan Hukum *Hooke*, hubungan antara tegangan (σ) dan regangan (ϵ) dalam zona elastis *material* dinyatakan dengan persamaan $\sigma = \epsilon E$, di mana E adalah modulus elastisitas. Dalam tahap ini, *material* tidak mengalami perubahan bentuk permanen karena tegangan dan regangan memiliki hubungan *linier* yang direpresentasikan pada grafik sebagai segitiga berarsir.



Gambar 2.6 Diagram-Tegangan-Regangan

Diagram tegangan-regangan menggambarkan karakteristik *material* melalui beberapa batas penting. Pada batas proporsional (P), tegangan sebanding dengan regangan. Di batas elastis (E), *material* masih dapat kembali ke bentuk semula setelah gaya dilepaskan. Setelah itu, *material* memasuki fase plastis dan pada batas mulur (M) terjadi deformasi signifikan tanpa patah. Pada titik kritis (B), *material* mendekati patah dan pada titik patah (Z), *material* pecah tanpa beban tambahan.

2.4 Material Rangka

Rangka atau *frame* adalah struktur dasar yang terdiri dari sejumlah batang-batang yang disambung menjadi satu dengan yang lain pada ujungnya, sehingga membentuk suatu rangka. Rangka berguna sebagai penyangga utama menjadi tempat berpusatnya semua resultan gaya dari semua komponen. Konstruksi rangka bertugas mendukung beban atau gaya yang bekerja pada sebuah sistem tersebut. Beban tersebut harus ditumpu dan diletakkan pada peletakan tertentu agar dapat memenuhi tugasnya.

2.4.1 Baja Profil L

Baja profil L, atau baja siku, adalah baja struktural dengan penampang berbentuk huruf "L" yang digunakan dalam konstruksi. Tersedia dalam dua varian: siku sama kaki dan tidak sama kaki, dengan panjang standar 6 meter per batang. Baja ini sering digunakan untuk bracing, truss, balok, dan kuda-kuda. Keunggulannya meliputi fleksibilitas desain, kemudahan fabrikasi, dan ketahanan terhadap beban tarik, tekan, dan lentur. Kekurangannya adalah kerentanan terhadap korosi dan kekakuan terbatas jika digunakan sendiri. Meski demikian, baja ini tetap ekonomis dan serbaguna untuk konstruksi.



Gambar 2.7 Baja Profil L
(Sumber. Dokumentasi Pribadi)

2.4.2 Baja Profil U

Baja profil U atau *channel steel* adalah baja struktural dengan penampang berbentuk huruf "U", biasanya dengan panjang standar 6 meter per batang. Profil ini efektif dalam mendistribusikan beban dan digunakan dalam balok, rangka bangunan, penopang mesin, dan elemen penguat. Keunggulannya meliputi kemampuan menahan beban tekan dan lentur yang tinggi, kemudahan fabrikasi, dan fleksibilitas penggunaan. Kekurangannya adalah kerentanannya terhadap korosi tanpa pelapisan pelindung. Baja profil U populer dalam proyek konstruksi dan manufaktur karena sifatnya yang serbaguna dan efisien.



Gambar 2.8 Baja Profil U
(Sumber. Dokumentasi Pribadi)

2.4.3 *Material ASTM A36 Steel*

ASTM A36 adalah *plate* baja struktural karbon yang memiliki kekuatan baik, mudah dibentuk, dan dapat dilas. *Plate* baja ini sering diberi pelapisan galvanisasi untuk meningkatkan ketahanan terhadap korosi. Penggunaannya bervariasi tergantung pada ketebalan dan tingkat ketahanan korosinya. ASTM singkatan dari *American Society for Testing and Materials* adalah organisasi internasional yang mengembangkan standar teknis untuk *material* dan jasa. Organisasi ini bertujuan mengatasi masalah teknis khususnya pada rel kereta api dan berfokus pada pengujian *material* (Suprayogi, A., & Tjahjanti, P. H. 2017).

ASTM A36 mengikuti standar AISI (*American Iron and Steel Institute*) dan SAE (*Society of Automotive Engineers*) yang diakui secara luas. Penamaan dalam standar ASTM biasanya diikuti oleh nomor, seperti ASTM A36/A36M. Sedangkan

ANSI (*American National Standards Institute*) mengelola standarisasi *material*, memastikan produk memiliki karakteristik dan kinerja yang konsisten agar dapat digunakan dengan definisi yang seragam dalam pemasaran. Dalam hal ini:

1. Huruf "A" merujuk pada *ferrous metal* (logam yang mengandung besi), meskipun tidak secara spesifik menunjukkan jenisnya, seperti *cast iron*, *carbon steel*, *alloy steel*, *tool steel*, atau *stainless steel*.
2. Angka "36" menunjukkan nomor urut yang terkait dengan struktur karbon.
3. Huruf "M" menunjukkan penggunaan sistem satuan metrik, yang mengacu pada standar SI (*International System of Units*).

Langkah awal yang dapat dilakukan dalam melakukan pengujian rangka yaitu menentukan spesifikasi *material* rangka. *Material* yang digunakan dalam pembuatan rangka ini yaitu ASTM A36 (profil L) dengan spesifikasi disajikan dalam Tabel 2.2

Tabel 2.2 Characteristics Material ASTM A36 Rangka Fermentasi Biji Kakao.

No	Parameter	Nilai
1	<i>Material</i>	ASTM A36
2	<i>Mass Density</i>	7,850 g/cm ³
3	<i>Yield Strength</i>	207,000 Mpa
4	<i>Ultimate Tensile Strength</i>	345,000 Mpa
5	<i>Young's Modulus</i>	220,000 Gpa
6	<i>Posision's rasio</i>	0,3 ul
7	<i>Tensile Strength</i>	400,000 Mpa

2.5 Kotak Fermentasi Tradisional

Fermentasi merupakan salah satu tahapan penting dalam pengolahan biji kakao untuk meningkatkan kualitas dan menciptakan karakteristik rasa khas yang diinginkan. Di Kabupaten Berau, Kalimantan Timur, proses fermentasi kakao sebagian besar masih dilakukan secara tradisional menggunakan kotak fermentasi berbahan kayu. Kotak fermentasi tradisional ini biasanya disusun dan disambungkan menggunakan *material* paku. Penggunaan bahan kayu dan paku memiliki kelemahan utama yaitu terjadi risiko kontaminasi akibat korosi dari paku atau degradasi bahan kayu yang digunakan. Hal ini dapat berdampak negatif pada kualitas biji kakao termasuk perubahan cita rasa, penurunan mutu, hingga potensi bahaya bagi kesehatan konsumen (Gunawan & Fadhil, 2021).



Gambar 2.9 Kotak Fermentasi Biji Kakao Tradisional
(Sumber. Dokumentasi Pribadi)

Selain risiko kontaminasi, metode tradisional ini memiliki kelemahan lain berupa kurangnya efisiensi dalam pengendalian faktor-faktor penting seperti suhu, kelembapan, dan aerasi selama proses fermentasi. Ketidakmampuan menjaga kondisi ideal ini seringkali menyebabkan fermentasi tidak berjalan optimal, sehingga kualitas hasil fermentasi tidak dapat memenuhi standar pasar internasional (Suryadi, 2019). Oleh karena itu, diperlukan inovasi teknologi untuk menggantikan metode tradisional ini dengan alat yang lebih modern dan aman.

2.6 Penelitian Terdahulu

Dengan judul "Analisa Penggunaan *Support Frame* Lama pada Desain Baru *Screw Conveyor Machine* Menggunakan Metode Elemen Hingga". Penulisnya adalah Timotius Anggit Kristiawan, Ahmad Dhimas Alisyafa'at, Padang Yanuar, dan Trio Setiyawan. Tahun terbitnya adalah 2023

Analisis Kekuatan Rangka Mesin Pengolah Limbah Tulang Ikan Menjadi Bahan Dasar Pakan Ternak Berkapasitas 500 kg/jam Menggunakan Penggerak Motor Bensin 5,5 HP penulisnya adalah Ali Sai'in, Bambang Sumiyarso, Ragil Tri Indrawati dan eko saputra pada tahun terbit 2022

"*Structural analysis of waste Separation machine frame using FEA method*"
Fathur Rohmana, Dani Mardiyana, Fabrobi Ridhac, Satish Kumar Damodard.
Tahun terbit 2023

Tabel 2.3 Perbandingan Kajian Pustaka

No	Judul penelitian/tahun	Pembahasan	Kerangka pemecahan	Hasil
1	Timotius Anggit Kristiawan, Ahmad Dhimas Alisyafa'at, Padang Yanuar, dan Trio Setiyawan	Penelitian ini bertujuan mengatasi masalah umur operasional mesin <i>screw conveyor</i> yang rendah dan proses penirisan cacahan plastik yang kurang efisien, sehingga kadar air sering melebihi 20%. Untuk itu, dilakukan redesign mesin <i>screw conveyor</i> untuk meningkatkan daya tahan dan mengoptimalkan proses penirisan agar lebih efisien dan mencapai target kadar air yang diinginkan.	Proses penelitian meliputi pengumpulan data komponen mesin, pembuatan model 3D desain baru dengan <i>Solid Works</i> , analisis struktural menggunakan FEA, evaluasi tegangan dan defleksi, perbandingan desain lama dan baru, serta perumusan rekomendasi untuk memastikan keamanan dan kelayakan <i>support frame</i> dalam industri.	Penelitian ini menunjukkan bahwa desain baru <i>support frame</i> mesin <i>screw conveyor</i> dapat menahan beban lebih besar dengan <i>stress</i> maksimum (65,2 MPa dan 24,7 MPa) serta deformasi (0,77 mm dan 0,4 mm) di bawah batas aman. Kapasitas beban meningkat dari 318,1 kg menjadi 412,7 kg, membuktikan efektivitas desain baru.
2	Ali Sai'in, Bambang Sumiyarso, Ragil Tri Indrawati dan eko saputra pada tahun terbit 2022	Penelitian ini mengolah limbah tulang ikan menjadi pakan ternak dengan mesin berkapasitas 500 kg/jam. Analisis kekuatan menggunakan <i>solid works</i> menunjukkan produk seragam dan bernilai ekonomis, mengurangi dampak lingkungan, serta membuka peluang usaha dan mendukung ekonomi lokal.	Penelitian ini bertujuan mengolah limbah ikan menjadi pakan ternak dengan mesin efisien berkapasitas tinggi dan rangka kuat. Evaluasi kehalusan produk dilakukan untuk memastikan kualitas, memberikan manfaat ekonomi, dan mengurangi	merancang mesin pengolah limbah tulang ikan berkapasitas 500 kg/jam yang kuat, aman, dan menghasilkan pakan ternak berkualitas. Mesin ini meningkatkan nilai ekonomis limbah dan mengurangi pencemaran lingkungan, dengan saran

			dampak lingkungan	pengembangan lebih lanjut untuk efisiensi.
3	Fathur Rohmana, Dani Mardiyana, Fabrobi Ridhac, Satish Kumar Damodard. Tahun terbit 2023	Penelitian ini menganalisis struktural rangka mesin pemisah limbah 1 ton/jam menggunakan FEA di <i>Autodesk Inventor</i> 2021. Hasil simulasi menunjukkan perpindahan lebih dari 13 mm, menyoroti pentingnya desain rangka yang efisien dan aman sesuai standar keselamatan.	Penelitian ini mencakup identifikasi kebutuhan desain, pembuatan model rangka, pemilihan <i>material</i> ASTM A36, simulasi stres dan faktor keselamatan, evaluasi hasil, dan revisi desain untuk memastikan rangka mesin pemisah limbah otomatis efisien dan aman.	Penelitian ini menunjukkan desain rangka mesin pemisah limbah otomatis efisien dan aman, dengan <i>stress</i> maksimum 138.285 MPa, perpindahan 16.28 mm, faktor keselamatan 1.4, dan nilai <i>Von Mises Stress</i> di bawah 200 MPa, sesuai standar ASTM A36.

POLITEKNIK SINAR MAS
BERAU COAL