

RANCANG BANGUN MESIN PEMOTONG SAMPEL TES *TUBE* PADA DEPARTEMEN LABORATORIUM PLANT A

Daniel Eric Natanael¹⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

daniel.eric400@gmail.com

Ilham Taufik Maulana²⁾

Teknik Mesin-Politeknik Gajah Tunggal

ilham.tmaulana@gmail.com

Keywords :

Laboratorium

Test Tube

Automation

Work Station

Abstract :

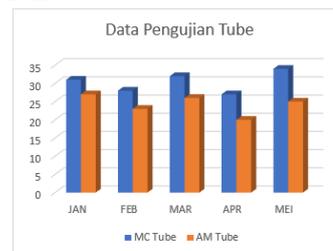
The Laboratory Department is a department whose function is to carry out tests on materials or ingredients used in product of manufacture and product testing (finished products). Tire Architecture is one of the sub-departments of the QA Laboratory which is tasked with supervising the quality of the final product. Based on this, this research will design and build a cutting machine to increase the efficiency and effectiveness of sample cutting. This design is useful for changing the previous manual cutting process and the absence of a work station, and replacing it by utilizing automation, namely a table with a work station adapted to the needs of workers who have a rotating diameter blade powered by a 3-phase motor. Through this design sample cutting work can be more efficient, effective and safer for workers

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Dewasa ini, persaingan dunia industri semakin ketat sehingga menuntut perusahaannya untuk menghasilkan produk yang berkualitas agar dapat bersaing dipasaran. Untuk menghasilkan produk yang berkualitas perusahaan harus menjamin produk yang diproduksi memiliki kualitas yang baik dan sesuai dengan standar yang telah ditentukan. Oleh karena itu, perusahaan selalu melakukan evaluasi demi meningkatkan kualitas dan produktivitas untuk memenuhi kebutuhan konsumen. Departemen laboratorium *Quality Assurance* PT XYZ Tbk merupakan suatu departemen yang memiliki fungsi untuk memberikan jaminan kualitas terhadap produk yang diproduksi baik produk dalam proses maupun produk barang jadi. Salah satu bagian yang menjamin kualitas produk barang jadi adalah bagian *tire architecture*. *Tire architecture* bertugas untuk melakukan pengetesan terhadap konstruksi produk barang jadi guna menjamin kualitas produk dan menginformasikan apabila terdapat ketidaksesuaian pada produk sebelum dikirim pada pihak konsumen. Produk yang dilakukan pengetesan yaitu *AM Tube*,

MC Tube, *MC Tire*, *AM Tire*, *Bladder*, *Rimband*, dan *Flap*. Pada Gambar 1 menunjukkan grafik jumlah item test *MC Tube* dan *AM Tube* yang dilakukan oleh *Tire Architecture* pada bulan Januari 2023 sampai dengan Mei 2023.



Gambar 1. Jumlah pengujian *tube*

Dalam proses pengujian *tube* terdapat beberapa bagian sampel tes yang diperlukan untuk dilakukan berbagai pengukuran dan pengujian seperti pengukuran dimensi, *thickness*, *adhesion test*, *tensile strenght*, dan *aging test*. Peralatan yang dibutuhkan pada saat memotong sampel tes *tube* yaitu gunting untuk size kecil atau *MC Tube*, pisau yang tajam untuk size besar atau *AM Tube*, sarung tangan, dan pensil kaca. Dalam proses menyiapkan *cut sample tes tube operator* harus memotong menggunakan gunting

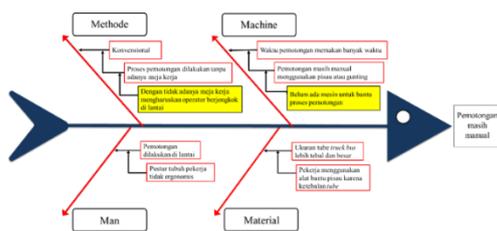
atau pisau secara manual. Pisau yang digunakan untuk memotong sampel tes dibuat secara khusus agar dapat memotong *tube*. Proses pembuatan pisau sendiri membutuhkan proses yang cukup rumit dan dibutuhkan kemampuan dalam proses pembuatannya

Pemotongan sampel tes *tube* dilakukan di lantai sehingga memiliki resiko cedera yang cukup tinggi karena pekerja melakukan pekerjaannya dengan posisi jongkok. Pekerjaan yang dilakukan dengan posisi jongkok akan meningkatkan resiko cedera karena beban kerja tidak terdistribusi secara merata, sehingga diperlukan analisis perbaikan terhadap stasiun kerja. Pemotongan secara manual ini tidak memenuhi standar dikarenakan kurangnya keamanan dan keselamatan pada pekerja. Pada Gambar 2 berikut ini merupakan dokumentasi pekerja saat melakukan pemotongan sampel tes *tube* secara manual.



Gambar 2. Pemotongan *tube* manual

Pemotongan sampel tes *tube* secara manual ini dapat menyebabkan permasalahan yang dapat dijabarkan melalui diagram *fishbone* pada Gambar 3 di bawah ini.



Gambar 3. Diagram *fishbone*

Berdasarkan diagram *fishbone* yang telah dibuat pada bagian man terdapat masalah yaitu pemotongan dilakukan di lantai sehingga postur tubuh pekerja tidak ergonomis, pada bagian *methode* yaitu pemotongan dilakukan konvensional sehingga pemotongan dilakukan tanpa adanya meja kerja oleh sebab itu mengharuskan *operator* berjongkok, pada bagian material yaitu terdapat ukuran *tube* AM yang memiliki ukuran serta ketebalan yang lebih besar sehingga pekerja menggunakan alat bantu pisau, dan

pada bagian machine yaitu waktu proses pemotongan memakan banyak waktu dikarenakan pemotongan masih dilakukan secara manual oleh karena itu dibutuhkan mesin untuk membantu proses pemotongan sampel test *tube*.

Berdasarkan hal tersebut dapat disimpulkan bahwa terdapat akar masalah yaitu proses pemotongan sampel tes *tube* masih dilakukan manual menggunakan gunting atau pisau, hal ini disebabkan karena tidak adanya mesin pemotong untuk membantu *operator* dalam proses pemotongan sampel tes *tube*. Dengan adanya mesin ini, diharapkan akan menunjang otomatisasi pada proses pemotongan sampel tes *tube* dan menurunkan nilai REBA. Sehingga peneliti akan merancang bangun mesin pemotong sampel tes *tube*.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang sudah diuraikan, maka permasalahan dapat dirumuskan adalah perlu adanya rancang bangun mesin pemotong sampel tes *tube* dengan sistem otomatis untuk membuat pekerjaan lebih efektif dan efisien.

C. Batasan Masalah

Adapun batasan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mesin ini dibuat untuk *tube* yang di tes pada laboratorium A.
2. Penelitian ini tidak membahas lifetime dari komponen yang digunakan.
3. Penelitian ini hanya membahas sistem mekanis, tidak membahas bagian elektrik secara mendalam.
4. Penelitian ini menggunakan bahan baku yang tersedia di Plant A.

D. Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah Merancang bangun mesin pemotong sampel tes *tube* berbasis motor 3 fase agar pekerjaan efektif dan efisien.

E. Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mempermudah pekerja dalam proses memotong sampel tes *tube* di laboratorium.
2. Membantu pekerjaan menjadi lebih efektif dan efisien.

TINJAUAN PUSTAKA

A. Studi Pustaka

Tabel 1. Kajian Sebelumnya

Penulis/Tahun	Catatan
Faqih Rofii, dkk (2018)	Penggunaan besi siku sebagai rangka meja dan plat hitam sebagai alas meja. serta posisi peletakan motor dibagian bawah meja dan mata pisau dibagian bawah meja.
Muamar Zulpikar, dkk (2019)	Rumus menghitung gaya potong/gaya tangensial serta menghitung daya yang diperlukan untuk pemotongan optimal dan biaya energi yang diperlukan.
Yusuf Adi Sumariyanto, dkk, (2022)	Pemilihan motor AC 3 fase dan perhitungan motor seperti gaya, torsi, serta kecepatan pemotongan yang diperlukan untuk hasil pemotongan yang optimal.

B. Landasan Teori

1. Rancang Bangun

Rancang bangun adalah menggambar, merencanakan, dan mensketsakan atau menyusun beberapa elemen yang terpisah menjadi satu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Dengan demikian pengertian perancangan bangun adalah sebuah projek yang melibatkan analisa data dalam bentuk paket untuk perangkat lunak, kemudian membuat sistem baru atau menyempurnakan sistem yang sudah ada (Mulyati & Hisyam, 2018). Rancang bangun adalah suatu kegiatan menjalankan hasil analisa yang diubah ke dalam bentuk perangkat lunak untuk menciptakan suatu sistem baru atau untuk menambahkan fitur pada sistem sebelumnya (Kinaswara et al., 2019). Sehingga, rancang bangun dapat diartikan sebagai aktivitas menjalankan hasil analisa yang diubah ke dalam satu kesatuan yang berfungsi dengan baik.

2. Plat baja ASTM A36

Rancang bangun adalah menggambar, merencanakan, dan mensketsakan atau menyusun beberapa elemen yang terpisah menjadi satu kesatuan yang utuh dan berfungsi. Dengan demikian pengertian perancangan bangun adalah sebuah projek yang melibatkan analisa data dalam bentuk paket untuk perangkat lunak, kemudian membuat sistem baru atau menyempurnakan sistem yang sudah ada (Mulyati & Hisyam, 2018). Rancang bangun adalah suatu kegiatan menjalankan hasil analisa yang diubah ke dalam bentuk perangkat lunak untuk menciptakan suatu sistem baru atau untuk menambahkan fitur pada sistem sebelumnya (Kinaswara et al., 2019). Sehingga, rancang bangun dapat diartikan sebagai aktivitas menjalankan hasil analisa yang diubah ke dalam satu kesatuan yang berfungsi dengan baik.

3. Motor AC 3 Fasa

Sumber daya arus bolak balik (AC) adalah untuk menyuplai kebutuhan listrik dalam berbagai industri. Sumber daya AC dikelompokkan menjadi dua yaitu satu fasa dan tiga fasa. Sumber daya satu fasa yang disalurkan melalui dua kawat konduktor dan satu kawat tanah dengan bentuk gelombang daya yang terjadi seperti pada Gambar x. Sedangkan daya tiga fasa disuplai ke sistem tiga kawat dan tersusun dari tiga gelombang berbeda dengan amplitudo dan frekuensi yang sama dengan beda fasa 120° (Nur & Suyuti, 2017). Dalam penggunaan motor AC terdapat beberapa rumus perhitungan (Sutrisna et al., 2019):

a. Kecepatan motor (Ns)

$$N_s = \frac{f \times 120}{p} \dots\dots\dots(1)$$

b. Slip motor (%Slip)

$$\%Slip = \frac{N_s - N}{N_s} \dots\dots\dots(2)$$

c. Torsi motor (T)

$$T = \frac{5252 \times p}{n} \dots\dots\dots(3)$$

d. Daya motor (P)

$$P = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi \dots\dots\dots(4)$$

4. Gaya Pemotongan

Gaya pemotongan adalah gaya yang diperlukan untuk bisa memotong suatu bahan agar hasil pemotongannya dapat disesuaikan dengan yang diharapkan. Dalam perhitungan gaya pemotongan

terdapat beberapa rumus perhitungan (Sumariyanto & Budiono, 2019).

a. Kecepatan sudut (ω)

$$\omega = \frac{2\pi \times n}{60} \dots\dots\dots(5)$$

b. Kecepatan pemotongan (V)

$$V = \omega \times r \dots\dots\dots(6)$$

c. Gaya pisau (F_{ps})

$$F_{ps} = m \times \omega^2 \times r \dots\dots\dots(7)$$

d. Gaya pemotongan (T_{potong})

$$F_n = \frac{m}{\tan 30^\circ} \dots\dots\dots(8)$$

$$F_{tan} = \frac{F_n}{\cos 60^\circ} \dots\dots\dots(9)$$

$$T_{potong} = F_{tan} \times r \dots\dots\dots(10)$$

5. Massa Jenis

Massa jenis adalah nilai yang menunjukkan besar perbandingan antara massa benda dengan volume dari benda, massa jenis bersifat tetap yakni jika ukuran benda diubah maka massa jenisnya tidak berubah, contohnya ukuran diperbesar sehingga massa benda maupun volume benda makin besar.

$$\rho = \frac{m}{v} \dots\dots\dots(11)$$

6. Massa Kerangka

Massa kerangka memiliki tujuan sebagai acuan daya tahan sistem kontruksi yang nantinya akan dipengaruhi oleh faktor luar seperti pembebanan yang diberikan. (Bahan & Dan, 2020).

a. Menghitung luas penampang

$$L = s \times s \dots\dots\dots(12)$$

b. Menghitung volume

$$V = L \times l \dots\dots\dots(13)$$

c. Menghitung massa

$$\omega = n \times \rho \times V \dots\dots\dots(14)$$

7. Tegangan Izin

Tegangan izin merupakan tegangan yang terjadi akibat pembebanan yang berlangsung tak terbatas waktunya pada sebuah sistem, tanpa mengakibatkan terjadinya kepatahan menuju kerusakan. Tegangan ini tidak boleh dilampaui oleh sebuah sistem dimanapun letaknya karena faktor keamanan (Sukoco et al., 2018).

$$\sigma_i = \frac{\sigma_t}{FS} \dots\dots\dots(15)$$

8. Sambungan Pengelasan

Sambungan las adalah sebuah sambungan permanen yang diperoleh dengan peleburan sisi dua bagian yang disambung bersamaan, dengan atau tanpa tekanan dan bahan pengisi (Nur & Suyuti, 2017).

a. Perhitungan pengelasan

$$L_2 = \sqrt{s^2 + s^2} \dots\dots\dots(16)$$

b. Luas area 1

$$A_1 = \sin(L_1) \times s \times L_1 \dots\dots\dots(17)$$

c. Luas area 2

$$A_2 = \sin(L_2) \times s \times L_2 \dots\dots\dots(18)$$

d. Kekuatan las

$$P = (\sin(L_1) \times s \times L_1 \times \sigma_t) + (\sin(L_2) \times s \times L_2 \times \tau) \dots\dots\dots(19)$$

9. Sambungan Baut

Baut merupakan salah satu tipe sambungan dimana baut biasanya digunakan dalam bidang mekanik untuk menghubungkan dua komponen terpisah. Sambungan baut memiliki peran dalam memperkuat sambungan dan meminimalisir rusaknya kolom. Penggunaan baut umumnya bertujuan untuk efektivitas yang tinggi saat melakukan perbaikan atau penggantian part (Sulistiyo dkk., 2019).

a. Gaya yang diterima baut

$$F = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \tau \times n \dots\dots\dots(20)$$

b. Tegangan izin baut

$$\sigma_i = \sigma_g \times F_s \dots\dots\dots(21)$$

10. Sambungan Ulir

Sebuah ulir (*screwed*) dibuat dengan melakukan pemotongan secara kontinyu alur melingkar pada permukaan silinder. Sambungan ulir sebagian besar terdiri dari dua elemen yaitu baut (*bolt*) dan mur (*nut*). Sambungan ulir banyak digunakan dimana bagian mesin dibutuhkan dengan mudah

disambung dan dilepas kembali tanpa merusak mesin (Nur & Suyuti, 2017).

11. Factor of safety

Faktor kemanan adalah rasio antara tegangan maksimum (maximum stress) dengan tegangan kerja (working stress) secara matematis ditulis (Nur & Suyuti, 2017):

a. Faktor keamanan

$$FoS = \frac{\text{Maximum Stress}}{\text{Working stress}} \dots\dots\dots(22)$$

b. Faktor keamanan (material ulet)

$$FoS = \frac{\text{Yield point strenght}}{\text{Working stress}} \dots\dots\dots(23)$$

c. Faktor keamanan (material getas)

$$FoS = \frac{\text{Ultimate stress}}{\text{Working stress}} \dots\dots\dots(24)$$

12. Energi Listrik

Berikut merupakan persamaan yang dapat digunakan untuk menghitung energi listrik yang dikeluarkan pada saat menggunakan motor.

a. Usaha/energi (W)

$$W = P \times t \dots\dots\dots(25)$$

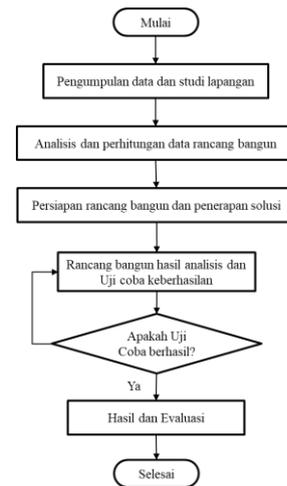
b. Biaya per hari

$$\text{Biaya per hari} = W \times \text{biaya/Kwh} \dots\dots(26)$$

METODOLOGI KAJIAN

A. Alur Penelitian

Pada penelitian ini terdapat alur penelitian yang akan menjelaskan mengenai langkah-langkah penelitian untuk melakukan perancangan mesin pemotong sampel test tube. Pada Gambar 4 adalah diagram alur penelitian yang akan dilaksanakan.



Gambar 4. Alur penelitian

B. Alat dan Bahan

Tabel 2 berikut ini adalah data dari alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian. Adapun perinciannya sebagai berikut:

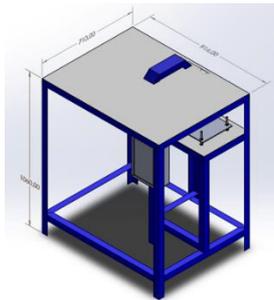
Tabel 2. Alat dan bahan rancang bangun

No	Alat/Bahan	Gambar
1.	Besi L40	
2.	Plat 5 mm	
3.	Plat 3 mm	
6.	Motor AC	
7.	Cutter	
8.	Nut M12	
9.	Mesin Las	

C. Desain Rancangan

Perancangan desain mesin didasari oleh pengukuran antropometri, dari pengukuran antropometri didapatkan hasil dimensi mesin yang dibutuhkan dan dapat memenuhi standar ergonomi. Pengujian mesin dilakukan menggunakan bantuan

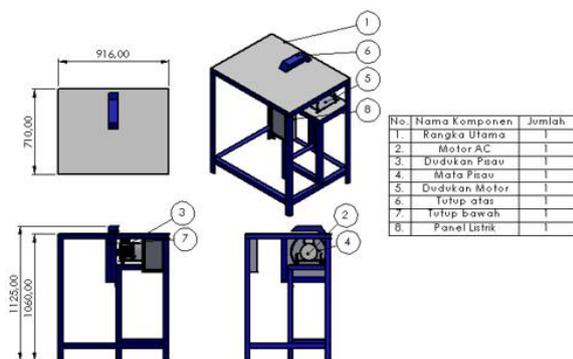
software Solidworks 2019 dengan metode *Finite element method*, desain dan dimensi mesin pemotong dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 1. Hasil perancangan mesin pemotong tube

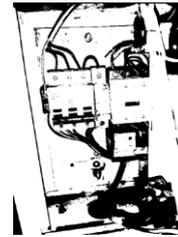
HASIL KAJIAN DAN PEMBAHASAN

A. Desain



Gambar 2. Desain alat penumbuk hitanol

Menghidupkan alat bantu pemotong tube dengan mencolokkan steker 3 fasa, kemudian menghidupkan alat dengan menekan MCB pada bagian dalam panel. Kemudian untuk memulai pemotongan tekan push button ON. Ketika push button ON ditekan motor akan memutar mata pisau searah jarum jam. Motor akan berputar dan pemotongan sampel tes tube dapat dilakukan. Kemudian jika pemotongan sudah selesai dilakukan, tekan push button OFF dan motor akan berhenti berputar. Alat bantu pemotong sampel tes tube ini juga dilengkapi dengan emergency push button dan emergency kick untuk menghindari kecelakaan yang tidak diharapkan. Kemudian setelah pemotongan selesai dilakukan, matikan mesin dengan menekan emergency push button lalu mematikan MCB pada panel seperti pada Gambar 7.



Gambar 3. MCB pada panel

B. Perhitungan Gaya pada Motor

Pada proses uji coba pemotongan digunakan motor 3 fasa dengan spesifikasi sebagai berikut:

- Daya motor : 0,5 HP /0,37 Kw
- Pole/kutub : 4
- Frekuensi : 50 Hz
- Arus : 2,4A – 1,4A
- Tegangan : 220V – 380V
- Kecepatan : 1370 rpm

Dengan spesifikasi motor diatas dapat diketahui beberapa hal sebagai berikut.

a. Kecepatan motor

Berdasarkan spesifikasi motor yang digunakan dalam rancang bangun, maka dapat diketahui kecepatan motor yang dihasilkan.

$$Ns = \frac{f \times 120}{p}$$

$$Ns = \frac{50Hz \times 120}{4}$$

$$Ns = 1500 rpm$$

b. Slip Motor

Setelah mendapatkan kecepatan motor dari perhitungan yaitu 1500 rpm, namun pada spesifikasi 1370 rpm. Maka dari itu, perbedaan tersebut dapat dihitung persentase slip pada motor.

$$\%Slip = \frac{ns - n}{ns} \times 100\%$$

$$\%Slip = \frac{1500 - 1370}{1500} \times 100\%$$

$$\%Slip = 8,67 \%$$

c. Torsi Motor

Untuk mengetahui torsi yang dihasilkan oleh motor yang digunakan pada rancang bangun.

$$T = \frac{5252 \times P}{n}$$

$$T = \frac{5252 \times 0,5HP}{1370}$$

$$T = 1,92 Nm$$

d. Daya Motor Listrik

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan oleh motor yang digunakan pada rancang bangun.

$$p = \sqrt{3} \times V \times I \times \cos\phi$$

$$p = 1,73 \times 380V \times 1,4A \times 0,85$$

$$p = 782,31 watt$$

C. Perhitungan Gaya Pemotongan

Gambar 8 di bawah ini menunjukkan mata pisau yang digunakan dalam rancang bangun.



Gambar 4. Mata pisau

Pada proses uji coba pemotongan sampel tes *tube* mata pisau dengan diameter 300 mm dengan tebal 3 mm, serta ketajaman 0,01 mm dengan panjang 10 mm dan sudut kemiringan 15°. Berdasarkan data tersebut dapat dicari gaya pemotongan yang dihasilkan maka gaya pemotongan mata pisau dapat dihitung.

a. Kecepatan Sudut

Berikut ini adalah perhitungan kecepatan sudut yang terjadi pada mata pisau.

$$\omega = \frac{2\pi \times n}{60}$$

$$\omega = \frac{2(3,14) \times 1370rpm}{60}$$

$$\omega = \frac{8603,6}{60}$$

$$\omega = 143,39 rad/sec$$

b. Kecepatan Pemotongan

Setelah didapatkan kecepatan pemotongan 143,39 rad/sec, dapat dihitung kecepatan pemotongan yang terjadi pada mata pisau.

$$V = \omega \times r$$

$$V = 143,393 \times 0,15 m$$

$$V = 21,5 m/s$$

c. Gaya Mata Pisau

Berikut ini adalah perhitungan gaya mata pisau yang terjadi.

$$F_{PS} = m \times \omega^2 \times r$$

$$F_{PS} = 1,57 \times (143,39)^2 \times 0,15$$

$$F_{PS} = 4.842,04 N$$

d. Gaya Pemotongan

Untuk mengetahui gaya pemotongan yang terjadi pada mata pisau. Dengan diketahui massa mata pisau sebesar 1,568 kg.

$$F_n = \frac{m}{\tan 30^\circ}$$

$$F_n = \frac{1,568}{\tan 30^\circ}$$

$$F_n = 2,72 kg$$

Setelah didapatkan nilai F_n sebesar 2,72 kg selanjutnya menghitung nilai F_{tan} .

$$F_{tan} = \frac{F_n}{\cos 60^\circ}$$

$$F_{tan} = \frac{2,715}{\cos 60^\circ}$$

$$F_{tan} = 5,43 kg$$

Setelah didapatkan nilai F_{tan} sebesar 5,43 kg selanjutnya menghitung nilai T_{potong} .

$$T_{potong} = F_{tan} \times r$$

$$T_{potong} = 5,43 kg \times 150 mm$$

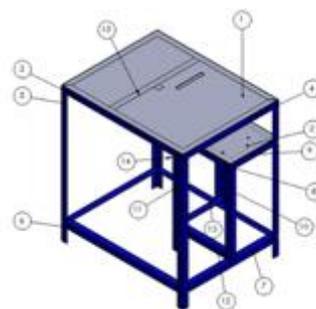
$$T_{potong} = 814,5 kgmm$$

$$T_{potong} = 7,99 Nm$$

Didapatkan hasil dari perhitungan gaya pemotongan sebesar 7,99 Nm.

D. Perhitungan Massa Pada Rangka Meja

Perhitungan massa untuk kerangka ditujukan untuk mengetahui massa dari keseluruhan rangka alat. Gambar 9 menunjukkan desain keseluruhan kerangka alat bantu.



Gambar 5. Bagian penyusun kerangka

Pemilihan material dari rangka disesuaikan dengan ketersediaan material yang ada di plant. Rangka menggunakan material plat besi dengan ketebalan 5 mm dan 3 mm.

a. Perhitungan Massa Aktual

Perhitungan berat benda atau komponen dapat dihitung berdasarkan volume dikali massa benda. Material yang digunakan pada rangka meja adalah besi plat dengan massa jenis 7.850 kg/m³ maka sebagai contoh perhitungan menggunakan Persamaan 12 untuk perhitungan luas, Persamaan 13 untuk perhitungan volume, dan Persamaan 14 untuk perhitungan massa rangka.

Besi yang digunakan : Besi Plat ASTM A36 950
 $mm \times 750 mm \times 3 mm$

Tebal (L) : 3 mm

Jumlah rangka (n) : 1 unit

Menentukan luas rangka dengan panjang 916 mm dan lebar 710 mm

$$S = p \times l$$

$$S = 916 \times 710$$

$$S = 650,36 \times 10^3 mm^2$$

Menentukan volume rangka dengan luas 650,36 x 10³ mm² dan tebal 3 mm.

$$V = S \times L$$

$$V = 650,36 \times 10^3 mm^2 \times 3 mm$$

$$V = 1.951,08 \times 10^3 mm^3$$

$$V = 1.951 \times 10^{-6} m^3$$

Menentukan massa rangka dengan massa jenis 7.850 kg/m³ dan volume 1.951 x 10⁻⁶ m³

$$w = n \times \rho \times V$$

$$w = 1 \times 7.850 kg/m^3 \times 1.951 \times 10^{-6} m^3$$

$$w = 15,31 kg$$

Massa komponen meja berdasarkan perhitungan aktual terdapat pada Tabel 3.

Tabel 1. Berat rangka 1

Komponen	Material	Luas (x 10 ³ m ²)	Volume (x 10 ⁻⁶ m ³)	Jumlah	Berat (kg)
Komponen 1 (Alas Meja)	Plat besi 3 mm	650,36	1.951	1	15,31
Komponen 2 (Alas Motor)	Plat Besi 5 mm	151,55	757,75	1	5,94
Total berat rangka 1					21,25

Sedangkan untuk menghitung luas besi L dengan panjang 40 mm dan tebal 3 mm.

$$S = (L1 - L2)$$

$$S = (40 \times 40) - (37 \times 37)$$

$$S = 1600 - 1369$$

$$S = 231 mm^2$$

Berdasarkan perhitugan luas besi L dengan panjang 40 mm dan tebal 3 mm didapatkan hasil sebesar 231 mm² untuk seluruh komponen rangka besi L. Massa komponen meja berdasarkan perhitungan aktual terdapat pada Tabel 4.

Tabel 4. Berat rangka 2

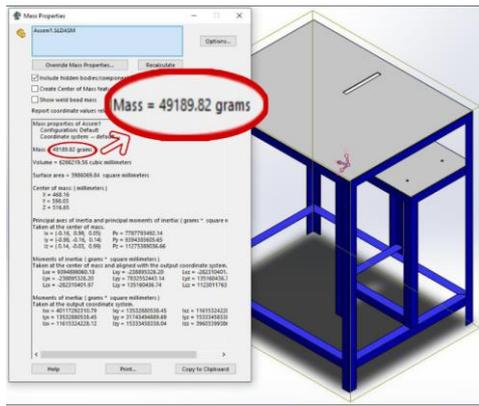
Komponen (Besi L)	Material	Volume (x 10 ⁻⁶ m ³)	Jumlah	Berat (kg)
Komponen n 3	Besi siku P = 916 mm	211,59	2	3,32
Komponen n 4	Besi siku P = 710 mm	164,01	2	2,57
Komponen n 5	Besi siku P = 1.017 mm	234,93	4	7,37
Komponen n 6	Besi siku P = 910 mm	210,21	4	3,30
Komponen n 7	Besi siku P = 704 mm	162,62	2	2,55
Komponen n 8	Besi siku P = 433 mm	100,02	2	1,57
Komponen n 9	Besi siku P = 350 mm	80,85	2	1,27
Komponen n 10	Besi siku P = 620 mm	143,22	2	2,25
Komponen n 11	Besi siku P = 760 mm	175,56	1	1,38
Komponen n 12	Besi siku P = 437 mm	100,95	1	0,79
Komponen n 13	Besi siku P = 344 mm	79,46	1	0,62
Komponen n 14	Besi siku P = 40 mm	9,24	4	0,29
Komponen n 15	Besi siku P = 670 mm	154,77	1	1,21
Total berat rangka 2				28,49

$$\text{Massa rangka total} = \text{Jumlah rangka 1 sampai 15}$$

$$= 21,25 kg + 28,49 kg$$

$$= 49,74 kg$$

Sehingga didapatkan hasil perhitungan massa rangka total sebesar 49,74 kg. Pada Gambar 10 berikut ini adalah Mass Properties kerangka.



Gambar 6. Massa Properties rangka

Hasil dari massa rangka secara keseluruhan adalah 49,74 kg, apabila dikalikan dengan gravitasi ($g = 9,81 \text{ m/s}$) sehingga menjadi 487,95 N.

b. Perhitungan Massa Komponen Total

Setelah dilakukan beberapa perhitungan massa rangka di atas pada Tabel 5 berikut ini merupakan jumlah massa keseluruhan pada mesin pemotong tes tube.

Tabel 2. Hasil perhitungan massa

Komponen	Massa (kg)	Beban (N)
Rangka Utama	49,82	487,95
Motor AC	13	127,53
Selongsong	0,40	3,93
Mata Pisau	1,57	15,40
Dudukan Motor	3,05	29,95
Tutup Atas	1,12	10,94
Tutup Bawah	7,40	72,54
Panel Listrik	2,04	19,98
Total	78,4	768,22

E. Perhitungan Kekuatan Sambungan Las

Sambungan antara tiap kerangka besi menggunakan sambungan las busur listrik, jenis yang digunakan yakni elektroda dengan nomor E6013 yang menurut spesifikasi pada Tabel 6 elektroda tersebut memiliki kekuatan tarik sebesar 62 Ksi yang bila dikonversikan menjadi 427,47 N/mm². Dengan ketentuan 1 Ksi bernilai 6,89 N/mm².

Tabel 6. Spesifikasi Elektroda

Elektroda number	Ultimate tensile	Yield strenght (Ksi)	Elongation (Percent)

	strenght (Ksi)		
E60XX	62	50	17 – 25
E70XX	70	57	22
E80XX	80	67	99
E90XX	90	77	14 – 17
E100XX	100	87	13 – 16
E120XX	120	107	14

Jenis pengelasan yang digunakan yaitu pengelasan combination of transverse and parallel fillet weld, berdasarkan beban bergerak *factor safety* yang tertera pada Tabel 8 dipilih sebesar 8, sehingga tegangan yang diizinkan adalah sebagai berikut.

Tabel 7. Tegangan izin material

Material	Beban statik	Beban bergerak	Beban kejut
Cost iron	5-6	8-12	16-20
Wrought iron	4	7	10-15
Steel	4	8	12-16
Soft material and alloys	6	9	15
Leather	9	12	15
Timber	7	10-15	20

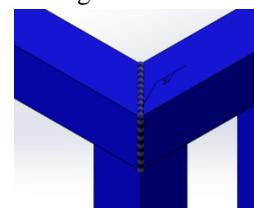
Sehingga perhitungan tegangan ijin adalah sebagai berikut.

$$\sigma_{ijin} = \frac{\sigma_t}{FS}$$

$$\sigma_{ijin} = \frac{427,47}{8}$$

$$\sigma_{ijin} = 53,43$$

Sebagai contoh perhitungan menggunakan persamaan tersebut yaitu besi siku 40 mm × 40 mm × 3 mm, akan dijabarkan sebagai berikut.



Gambar 7. Sambungan pengelasan

Pada Gambar 11 merupakan posisi pengelasan yang menggunakan tipe butt joint. Karena pada sambungan las tersebut terdapat sisi potong sebesar 45°, maka panjang untuk menghitung panjang sisi potong adalah sebagai berikut.

$$L2 = \sqrt{40^2 + 40^2}$$

$$L2 = \sqrt{1600 + 1600}$$

$$L2 = \sqrt{3200}$$

$$L2 = 56,56 \text{ mm dan } L1 = 40 \text{ mm}$$

Berdasarkan tabel rekomendasi minimum ukuran pengelasan didapatkan nilai tabel pengelasan (s) sebesar 3. Setelah mendapatkan nilai L1 dan L2 selanjutnya menghitung luas area 1 dan luas area 2 sebagai berikut.

$$A1 = \sin 45^\circ \times s \times L1 \quad A2 = \sin 45^\circ \times s \times L2$$

$$A1 = 0,707 \times 3 \times 40 \quad A2 = 0,707 \times 3 \times 56,5$$

$$A1 = 84,84 \text{ mm}^2 \quad A2 = 119,96 \text{ mm}^2$$

Setelah didapatkan hasil luas area 1 sebesar 84,84 mm² dan luas area 2 sebesar 119,96 mm². Kemudian menghitung kekuatan las dari luas area pengelasan yang sudah dihitung.

$$P = (0,707 \times s \times L1 \times \sigma_{ijin}) + (0,707 \times s \times L2 \times \sigma_{ijin})$$

$$P = (0,707 \times 3 \times 40 \times 53,43) + (0,707 \times 3 \times 56,56 \times 53,43)$$

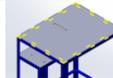
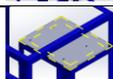
$$P = 4.533,00 + 6.409,66$$

$$P = 10.943,86 \text{ N}$$

Dari perhitungan diatas, telah didapatkan bahwa kekuatan las sebesar 10.943,86 N untuk besi siku 40 mm x 40 mm x 3 mm dengan pembebanan berdasarkan massa rangka dan komponen dari perhitungan sebelumnya yaitu 16,43 kg atau sebesar 161,17 N. Maka didapatkan kekuatan las lebih besar dari pembebanan eksternal yang akan terjadi. Pada Tabel 8 di bawah ini merupakan hasil perhitungan dari keseluruhan sambungan las pada mesin pemotong sampel tes *tube*.

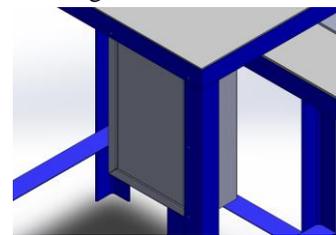
Tabel 8. Nilai sambungan las

L2 (mm)	L1 (mm)	A1 (mm ²)	A2 (mm ²)	P (N)	Posisi Pengelasan
40	40	84,84	84,84	9066	
40	40	84,84	84,84	9066	
40	40	84,84	84,84	9066	

L2 (mm)	L1 (mm)	A1 (mm ²)	A2 (mm ²)	P (N)	Posisi Pengelasan
40	-	84,84	-	4533	
40	40	84,84	84,84	9066	
40	56,56	84,84	84,84	10.943,86	
40	40	84,84	84,84	9066	
40	40	84,84	84,84	9066	
40	40	84,84	84,84	9066	
840	1080	1781,64	2.290,68	217.574,05	
600	840	1272,60	1781,64	163.178,04	
80	52,31	169,68	110,94	14.993,47	

F. Sambungan Baut

Dalam menghitung kekuatan sambungan baut ditujukan agar dapat mengetahui nilai kekuatan maksimal dari sambungan yang telah dilakukan. Sebagai contoh berikut ini adalah perhitungan sambungan baut pada panel, pada Gambar 12 berikut ini adalah sambungan baut pada panel menggunakan baut AISI 304 dengan kekuatan tarik 505 Mpa.



Gambar 8. Sambungan baut panel

Berdasarkan hasil perhitungan pembebanan yang diterima sebesar 19,98 N (Massa panel listrik) dan tegangan geser yang terjadi pada baut.

$$F = \frac{\pi}{4} \times d^2 \times \tau \times n$$

$$19,984 \text{ N} = 0,785 \times 5^2 \times \tau \times 4$$

$$\tau = \frac{19,984 N}{78,5}$$

$$\tau = 0,25 N/mm^2$$

Berdasarkan hasil perhitungan tegangan geser sebesar 0,25 N/mm² dan tegangan yang diijinkan terjadi pada baut.

$$FS = \frac{\sigma_{ijin}}{\sigma_{geser}}$$

$$8 = \frac{\sigma_{ijin}}{0,25 N/mm^2}$$

$$\sigma_{ijin} = 4 N/mm^2$$

Tabel 9. Hasil sambungan baut

Jenis baut	Kekuatan tarik (Mpa)	Eban (N)	Tegangan geser (N/mm ²)	Tegangan ijin (N/mm ²)	Posisi sambungan baut
ISI 304	505	9,98	,25	4	
STM F568 M	800	3,27	,47	3	
STM F568 M	800	76,78	,56	4	
STM F568 M	800	2,54	,23	1	

G. Energi Listrik

Berdasarkan perhitungan daya motor dan waktu penggunaan motor selama satu hari, dapat diketahui energi listrik yang digunakan dalam satuan waktu guna mengetahui biaya yang diperlukan untuk pemakaian energi listrik.

$$W = p \times t$$

$$W = 782,31 \times 30 \text{ menit}$$

$$W = 782,31 \times 0,5 \text{ jam}$$

$$W = 391,155 \text{ Wh}$$

$$W = 0,39 \text{ kWh}$$

Berdasarkan perhitungan energi listrik didapat penggunaan listrik sebesar 0,782 kWh/hari. Dengan

hasil perhitungan tersebut dapat dihitung biaya yang dikeluarkan per hari.

$$\text{kWh/Rupiah} = \text{Rp } 1.500$$

$$\text{Biaya per hari} = W \times \text{Biaya per kWh}$$

$$\text{Biaya per hari} = 0,39 \times \text{Rp } 1.500/\text{kWh}$$

$$\text{Biaya per hari} = \text{Rp } 585/\text{hari}$$

Didapatkan biaya per hari sebesar Rp 585/hari

maka dapat dihitung biaya per bulan.

Total biaya = biaya perhari

× jumlah hari pemakaian 1 bulan

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 585/\text{hari} \times 22 \text{ hari}$$

$$\text{Total biaya} = \text{Rp } 14.625$$

Berdasarkan perhitungan tersebut didapatkan total biaya yang dikeluarkan dalam jangka waktu satu bulan sebesar Rp 14.625.

KESIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dalam rancang bangun alat penumbuk hitanol, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan material dari kerangka mesin pemotong *tube* ini menggunakan plat besi 3 mm, plat besi 5 mm, dan besi siku dengan motor AC 3 phase yang memiliki kecepatan 1370 rpm.
2. Sistem pemotongan yang digunakan yaitu dengan mata pisau diameter berputar yang berhubungan langsung dengan shaft motor tanpa transmisi lainnya. Penggunaan mata pisau dengan hubungan langsung dikarenakan beban yang dipotong merupakan *tube* yang tidak memberikan beban tinggi, beban yang menghambat putaran motor dapat diabaikan. Pada saat pengujian mata pisau berputar ditempat dengan *tube* yang diuji bergerak ke arah mata pisau dan selama pengujian alat dapat bekerja sesuai dengan fungsinya.

DAFTAR PUSTAKA

Kinaswara, T. A., Hidayati, N. R., & Nugrahanti, F. (2019). Rancang Bangun Aplikasi Inventaris Berbasis Website Pada Kelurahan Bantengan | Kinaswara | Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi dan Komunikasi (SENATIK). Prosiding Seminar Nasional Teknologi Informasi Dan

- Komunikasi (SENATIK), 2(1), 71–75.
<http://prosiding.unipma.ac.id/index.php/SENATIK/article/view/1073>
- Mulyati, S., & Hisyam, M. (2018). Rancang Bangun Sistem Informasi Penyewaan Wedding Organizer Berbasis Web Dengan Php Dan Mysql Pada Kiki Rias. *Jurnal Teknik*, 7(2), 29–35. <https://doi.org/10.31000/jt.v7i2.1355>
- Nur, R., & Suyuti, M. A. (2017). *Mesin-Mesin Industri*. Grup CV BUDI UTAMA, 226.
- Saefuloh, I., Zakaria, Z., Rohmat, A., Lusiani, R., Jannah, M., Sunardi, S., & Setiawan, I. (2021). Pengaruh Variasi Kecepatan Pengadukan dengan Penambahan Perlakuan Panas Lapisan Electroless Ni-P terhadap Laju Korosi dan Kekerasan Permukaan Baja Karbon Rendah ASTM A36. *Jurnal Rekayasa Mesin*, 16(2), 241. <https://doi.org/10.32497/jrm.v16i2.2582>
- Sukoco, R. B. P., Putra, W. H. A., & Sujiatanti, S. H. (2018). Analisis Tegangan Pada Penegar Wrang Pelat Akibat Kemiringan Penegar Wrang Pelat. *Jurnal Teknik ITS*, 7(2). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v7i2.34475>
- Sulistiyo, M. B., Hayu, G. A., & Entin Hidayah. (2019). Analisis Sambungan Baut Balok Kolom Rangka Baja Struktural Dengan Profil IWF Menggunakan Program Bantu Elemen Hingga. *Rekayasa Sipil*, 13(3), 199–206. <https://doi.org/10.21776/ub.rekayasasipil.2019.013.03.7>
- Sumariyanto, Y. A., & Budiono, G. (2019). Kajian.pergantian.penggerak mesin bandsaw dari motor.konvensional ke motor.induksi.3.fasa di cv. wana indo raya. 1–7.
- Sutrisna, A., Syawaldi, Dedikarni, & Raharjo, J. (2019). Design of Dry Leaves Shredder Machine Using Five Blades. *Journal Renewable Energy & Mechanics (REM) E-ISSN*, 02(02), 2614–8315. [https://doi.org/10.25299/rem.2019.vol2\(02\).3532](https://doi.org/10.25299/rem.2019.vol2(02).3532)