

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Fletcher's Trolley

(Nubli 2018) menyatakan bahwa *Fletcher's Trolley* merupakan sebuah alat pembelajaran praktikum fisika yang sering digunakan untuk mengukur percepatan konstan. Alat ini memungkinkan pengamatan dua gaya yang bekerja pada kereta dan bandul, sehingga memungkinkan eksperimen untuk mengamati prinsip-prinsip hukum kedua Newton tentang gerak.

(Hidayah 2012) Prinsipnya akan ditunjukkan melalui perbedaan massa yang akan diletakkan pada gerobak dan massa gantung karena dengan bertambahnya massa gantung, percepatan benda yang ditarik juga harus meningkat. Prinsip kerja fletcher trolley terjadi ketika pemberat dijatuhkan kelantai dari atas meja maka terjadi energi potensial, karena pemberat dihubungkan kemobil dinamika melalui media tali, maka mobil yang sebelumnya diam menjadi bergerak terbentuklah energi kinetik. Dengan kata lain prinsip kerja alat ini yaitu karena terbentuk energi Potensial pada saat pemberat dijatuhkan maka mempengaruhi perubahan energi pada mobil dinamika yang semula energinya 0 menjadi energi kinetik.

2.2 Mikrokontroler

Menurut (Arief 2011) Mikrokontroler Mikrokontroler merupakan salah satu elemen fundamental dalam suatu sistem komputer. Meskipun bentuknya jauh lebih kecil daripada komputer pribadi dan komputer mainframe, mikrokontroler tetap dibangun dari elemen dasar yang sama. Dengan sederhananya, komputer menghasilkan output tertentu berdasarkan input yang diterima dan program yang dijalankan. Seperti halnya komputer pada umumnya, mikrokontroler berperan sebagai alat pelaksana perintah-perintah yang diberikan kepadanya.. Artinya, program yang dibuat oleh seorang programmer menjadi bagian terpenting dan utama dari suatu sistem komputerisasi. Program ini memberi instruksi pada mikrokontroler untuk menjalankan serangkaian tindakan sederhana guna mengeksekusi tugas-tugas yang lebih kompleks sesuai keinginan programmer.

Biasanya, sistem yang menggunakan mikrokontroler menggunakan piranti input yang lebih kecil seperti saklar atau keypad kecil. Mayoritas input pada mikrokontroler hanya dapat memproses sinyal input digital dengan tegangan yang sejajar dengan tegangan logika sumbernya, dimana tegangan positif umumnya adalah 5 volt. Hal ini, walaupun pada dunia nyata, terdapat banyak sinyal analog atau sinyal dengan level tegangan yang berbeda.

2.3 Komponen *Fletcher's Trolley*

Komponen yang digunakan dalam rancang bangun alat praktek uji kecepatan konstan *fletcher's trolley* berbasis mikrokontroller adalah sebagai berikut:

2.3.1 Rangka

Menurut (Adriana, B.P, and Masrianor 2017) Rangka merupakan suatu struktur yang memiliki ujung-ujungnya disambung secara kaku. Setiap batang yang dihubungkan dengan sambungan kaku harus memiliki kemampuan untuk menahan gaya aksial, gaya normal, dan momen. Untuk alasan ini, diperlukan penggunaan material yang memiliki kekuatan yang memenuhi spesifikasi tersebut.



Gambar 2. 1Rangka Meja Besi *Hollow*
(Monarcla, 2023)

2.3.2 Papan Kayu

Kayu memegang peranan penting dalam industri konstruksi. Meskipun baja ringan semakin banyak digunakan sebagai pengganti, namun kayu telah terbukti sejak lama mampu memberikan fondasi yang kuat dan estetika yang indah pada bangunan.

Kayu Papan adalah kayu yang banyak digunakan untuk pembuatan produk furniture, lemari, meja, kursi, dan daun pintu. Kayu papan banyak dicari oleh produsen kusen pintu kayu. Banyak produsen olahan kayu mencari kayu papan untuk kebutuhan produksinya.



Gambar 2. 2 Papan Kayu
(Panca, 2022)

2.3.3 Rel Presisi Aluminium

a. Rel Presisi

(Budi Setia Nugroho 2022) Rel presisi berperan sebagai meja, sementara penggaris berfungsi sebagai alat pengukur panjang yang digunakan untuk menentukan jarak benda saat praktikum.



Gambar 2. 3 Rel Presisi
(Hermajulia, dkk., 2023)

b. Aluminium

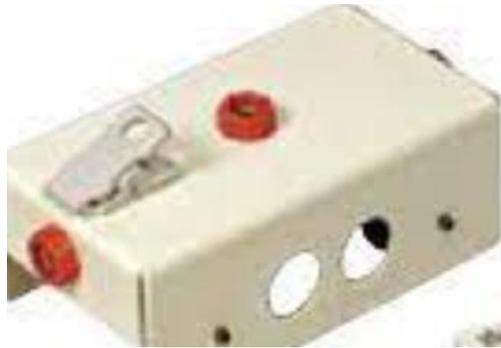
Aluminium adalah salah satu logam ringan yang memiliki berat hanya sekitar 34% dari besi dengan volume yang sama, dan sekitar 30% dari tembaga dengan volume yang sama. Meskipun demikian, aluminium memiliki berat 1,5 kali lebih berat daripada magnesium. Selain itu, aluminium memiliki sifat tidak beracun, tidak merubah warna makanan, dan tidak memberikan rasa apapun. Sebagai akibatnya, aluminium sering digunakan sebagai bahan kemasan makanan. (Fellers, 1990).

Tabel 2. 1 Kekuatan Tarik Aluminium
(Saputera, 2011)

Logam	Kekuatan luluh (MPa)	Kekuatan tarik (MPa)	Keuletan %El.
Au	-	130	45
Al	28	69	45
Cu	69	200	45
Fe	130	262	45
Ni	138	480	40
Ti	240	330	30
Mo	565	655	35

2.3.4 Kereta Dinamika (*Trolley*)

(Kartika, 2022) menyatakan bahwa *trolley* adalah sejenis alat angkut yang digunakan dengan cara di dorong atau di *handling* oleh operator secara manual di dalam pabrik industri maupun instansi sejenisnya. Menurut KBBI, arti dinamika adalah cabang dari ilmu fisika yang bergerak dan mengeluarkan tenaga sebagai pendorong suatu benda. Selain itu, dinamika juga diartikan sebagai prinsip biomekanika dan erat hubungannya dengan gerakan sistem tubuh. Gerak ini cenderung dilakukan dengan semangat.



Gambar 2. 4 Kereta Dinamika
(Hermajulia, dkk., 2023)

2.3.5 *Clamp (Klem)*

(Fastindo 2021) Menyatakan bahwa, Klem adalah alat yang berfungsi sebagai pengencang atau penjepit yang digunakan untuk mengamankan posisi dua material sehingga tidak bergerak selama digunakan. Clamp umumnya terbuat dari besi atau bahan plastik yang kuat. Bagian penjepitnya dapat disesuaikan untuk mengakomodasi berbagai ukuran kayu atau material lainnya. Dengan demikian, klem ini dapat digunakan secara fleksibel untuk berbagai macam ukuran bahan.



Gambar 2. 5 Klem Meja
(Yoga, 2022)

2.3.6 *Pulley (Katrol)*

(Press 2023) *Pulley* merupakan bagian dari mesin yang berbentuk lingkaran. Alat ini digunakan guna meringankan kerja pengangkatan beban. Misalnya pada penggunaannya sebagai derek (*crane*). *Pulley* sendiri adalah roda yang dikaitkan dengan sebuah tali fleksibel, kabel, rantai, kawat, atau sabuk di pinggirannya untuk

menghantarkan energi dan gerakan. *Pulley* atau katrol adalah sebuah alat/ mesin yang sederhana dimana ia bisa digunakan untuk memindahkan benda.



Gambar 2. 6 *Pulley*
(Yoga, 2022)

2.3.7 Bandul (Pemberat)

(Anam, 2022), Bandul merupakan sebuah perangkat yang digunakan dalam bidang fisika untuk mengukur waktu, akurasi, dan kecepatan. Bandul terdiri dari sebuah benda yang tergantung pada tali atau kawat. Definisi menurut KBBI menggambarkan bandul sebagai objek yang dijadikan pemberat, dengan batang tegar atau tali yang satu ujungnya dihubungkan dengan bola atau silinder pembobot berbobot tertentu, dan ujung lainnya diikatkan pada suatu titik tetap. Sehingga, ujung yang memiliki pembobot dapat bergerak bebas dan berayun dengan periode tertentu.



Gambar 2. 7 Pemberat
(Yoga, 2022)

2.3.8 Tali Senar (Atom)

(Sindonesia 2021) menyatakan, Tali merupakan sebuah objek yang memiliki bentuk berulir panjang, terbuat dari berbagai macam bahan seperti sabut kelapa, ijuk, plastik, dan lain sebagainya, ada yang dipintal dan ada yang tidak. Fungsinya adalah untuk mengikat, menarik, menghela, dan digunakan dalam berbagai cara lainnya. Definisi alternatif menyebutkan tali sebagai serangkaian linier, benang, atau helai yang membentuk struktur melengkung yang dijalin bersama untuk membentuk bentuk yang lebih besar dan lebih kuat. Senar adalah tali yang terbuat dari bahan khusus, digunakan untuk memancing dan menempatkan kail (*hooks*), pelampung (*float*), timah (*sinker*) & *accessories* lainnya. Ada 2 bagian lain dari senar yaitu *main line* dan *hook line*. Pemakaian senar bisa disesuaikan dengan tujuannya.



Gambar 2. 8 Tali Senar
(Hermajulia, dkk., 2023)

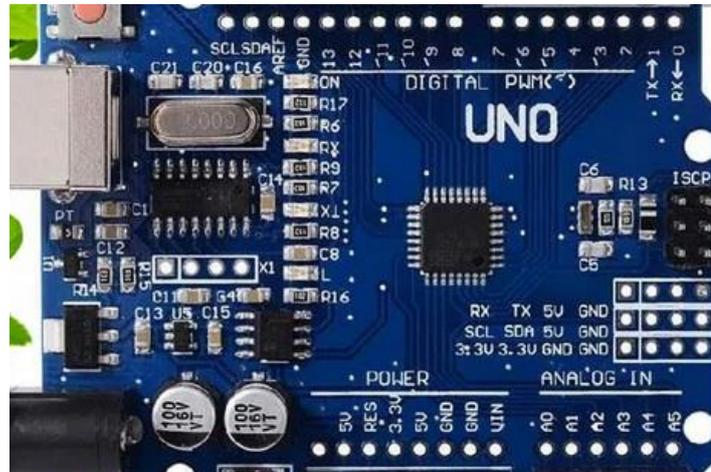
Tabel 2. 2 Tali Senar
(Wartapancing, 2020)

4 Weaves PE Line TestLB								
NO.	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	2.0	2.5
Diameter	0.1mm	0.12mm	0.14mm	0.16mm	0.18mm	0.2mm	0.23mm	0.25mm
LB	12LB	14LB	16LB	18LB	20LB	23LB	27LB	31LB
KG	5.5KG	6.4KG	7.3KG	8.2KG	9.1KG	10.5KG	12.3KG	14.1KG
4 Weaves PE Line TestLB								
NO.	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	6.0	7.0	8.0
Diameter	0.28mm	0.3mm	0.32mm	0.35mm	0.37mm	0.4mm	0.45mm	0.5mm
LB	37LB	40LB	42LB	45LB	47LB	50LB	65LB	80LB
KG	16.8KG	18.2KG	18.9KG	20.5KG	21.1KG	22.7KG	29.6KG	36.4KG

2.3.9 Arduino Uno

(Andriansyah and Hidyatama 1996) menyatakan bahwa Arduino UNO merupakan sebuah *board* mikrokontroler yang pada *ATmega328*. Arduino UNO mempunyai 14 pin digital input/output (6 di antaranya dapat digunakan sebagai output *PWM*), 6 input analog, sebuah osilator Kristal 16 MHz, sebuah koneksi USB, sebuah power jack, sebuah *ICSP header*, dan sebuah tombol reset. Arduino UNO memuat semua yang dibutuhkan untuk menunjang mikrokontroler, sangat mudah menghubungkannya, hanya dengan kabel USB ke computer.

Selain itu, (Lubis et al. 2019) dalam jurnalnya mengatakan bahwa Arduino Uno adalah board mikrokontroler berbasis *ATmega328* (*datasheet*). Memiliki 14 pin input dari output digital dimana 6 pin input tersebut dapat digunakan sebagai output *PWM* dan 6 pin input analog, 16 MHz osilator kristal, koneksi USB, *jack power*, *ICSP header*, dan tombol *reset*. Untuk mendukung mikrokontroler agar dapat digunakan, cukup hanya menghubungkan Board Arduino Uno ke komputer dengan menggunakan kabel USB atau listrik dengan AC yang-ke adaptor-DC atau baterai untuk menjalankannya.



Gambar 2. 9 Arduino Uno
(Risyan, 2023)

2.3.10 Sensor Ultrasonik

(Boimau, Irmawanto, and Taneo 2019) Sensor ultrasonik bekerja berdasarkan prinsip daripada pantulan gelombang bunyi dan berfungsi guna mendeteksi keberadaan objek yang ada di depannya. Sensor ini mengirimkan gelombang bunyi dengan frekuensi antara 40 kHz hingga 400 kHz. Gelombang bunyi yang dihasilkan oleh sensor ini mempunyai kecepatan di atas jangkauan pendengaran manusia, sehingga disebut sebagai gelombang ultrasonik. Saat objek terdeteksi, sensor ultrasonik akan mengeluarkan pulsa sesuai dengan waktu yang dibutuhkan gelombang untuk kembali ke sensor.



Gambar 2. 10 Sensor Ultrasonik
(Aldy, 2023)

2.4 Besi *Hollow*

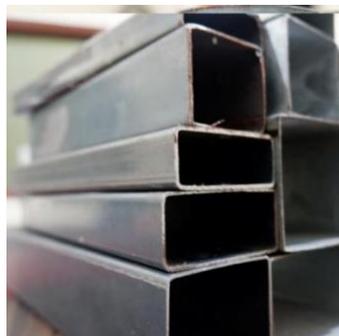
(Jordan 2021) Menyatakan bahwa Besi *hollow* sebenarnya memiliki nama Besi HSS (*Hollow Structural Section*). Terkadang, material ini juga dikenal sebagai "besi holo" oleh beberapa orang. Material ini terdiri dari batangan besi dengan rongga di bagian tengahnya. Rangka besi ini memiliki beberapa bentuk, seperti besi hollow bulat dan besi hollow kotak. Besi HSS yang berbentuk kotak, atau sering disebut pipa kotak, biasanya lebih umum digunakan. Penggunaan besi hollow ini meliputi rangka plafon, railing tangga, pagar, kanopi, dinding partisi, dan furnitur

Menurut (Minto, Mayasari, and Basuki 2021), Besi *hollow* adalah satu besi yang berbentuk pipa kotak. . Besi *Hollow* ini dapat dikatakan baik digunakan dalam pemasangan rangka besi plafon serta dinding partisi rumah, gedung, dan lain sebagainya.

2.4.1 Jenis-jenis Besi *Hollow*

1 *Hollow Galvanise*

Jenis besi *Hollow Galvanise* terdapat lapisan finishing yang mengandung zinc coating 97% . Ada juga *zinc coating*, Besi ini memiliki kadar aluminium serta beberapa zat-zat lainnya yang jika di total ada sekitar 3%. Jenis ini biasanya banyak digunakan untuk pembuatan pagar, kanopi, dan beberapa hasil bangunan lainnya. Namun, jika ingin mendapatkan hasil yang lebih baik maka sebelum menggunakan jenis *hollow* satu ini terlebih dahulu lapisi dengan zat coating agar nantinya tidak mudah berkarat.



Gambar 2. 11 *Hollow Galvanise*
(Jordan, 2021)

2 *Hollow Galvalume*

Jenis besi *Hollow Galvalume* memiliki lapisan aluminium yang lebih besar dibandingkan jenis galvanise. Terdapat sekitar 55% kandungan aluminium, yang ditambah dengan kandungan unsur besi sebanyak 43.5%. Untuk lapisan sebesar 1.5% diisi oleh silicon agar besi ini tidak mudah berkarat jika terkena air biasa maupun air hujan. Kelebihan yang dimiliki *hollow* jenis galvalume ini memiliki ketebalan yang bermacam-macam bisa dipilih sesuai dengan kebutuhan.



Gambar 2. 12 *Hollow Galvalume*
(Jordan, 2021)

3 *Hollow Hitam*

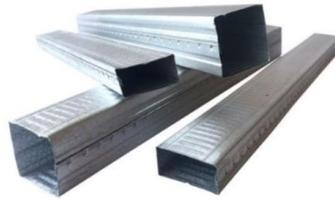
Besi *hollow* hitam adalah salah satu varian besi yang memiliki ukuran panjang yang sudah distandarisasi, terutama cocok digunakan dalam pembuatan pagar. Karena terbuat dari baja hitam, besi ini memiliki tekstur yang sangat padat dan kuat saat dipergunakan.



Gambar 2. 13 *Hollow Hitam*
(Jordan, 2021)

4 *Hollow Baja Ringan*

Hollow baja ringan merupakan *Hollow* yang paling tipis diantara semua *Hollow* dan hanya dapat digunakan untuk menopang benda benda ringan, namun *hollow* baja ringan tetap banyak diminati karena biayanya yang relatif murah.



Gambar 2. 14 *Hollow* Baja Ringan
(Jordan, 2021)

2.4.2 Fungsi Besi *Hollow*

1. Banyak orang sering memilih jenis besi hollow ini sebagai bahan utama untuk membuat plafon dan railing. Keputusan ini diambil karena bentuk penampang besi hollow sangat sesuai untuk diterapkan pada kedua rangka tersebut.
2. Demi keamanan dan keawetan, banyak yang menggunakan bahan besi, dan salah satu jenis yang paling cocok adalah *Hollow* ketimbang menggunakan kayu.
3. Warna dari besi ini yang hitam keabu-abuan ini sangat cocok dengan konsep furnitur industrial. Biasanya untuk produk ini dikombinasikan dengan besi siku agar mendapatkan produk yang memuaskan.

2.4.3 Ukuran Besi *Hollow*

Tabel 2. 3 Ukuran Besi *Hollow*
(Jordan, 2021)

Panjang (dalam m)	Ukuran (dalam mm)
6	20x20x1,5
6	30x30x1,5
6	40x20x1,5
6	40x40x0,8
6	40x40x1,7
6	40x40x2,0
6	50x50x2,7
6	50x50x1,7
6	60x30x1,7
6	60x40x1,7
6	60x30x1,5
6	75x75x2,7
6	100x50x2,7

2.5 Hukum Newton

(CNN 2022) Hukum Newton adalah fenomena perpindahan suatu objek yang bergantung pada hubungan antara nilai dan jarak dari gaya yang diberlakukan pada objek tersebut. Hukum gerak Newton merupakan salah satu dari tiga hukum fisika yang menjadi dasar dalam mekanika klasik. Hukum ini menggambarkan keterkaitan antara gaya yang bekerja pada benda dan gerakan yang dihasilkannya. Selama hampir 3 abad, hukum ini telah dicatat dalam berbagai pembahasan. (Purwanto 2014) dalam karyanya *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica* menyatakan tiga hukum tentang gerak benda.

1. Hukum Pertama Newton: Setiap objek akan mempertahankan kecepatan konstan kecuali jika terdapat gaya dengan hasil akhir yang tidak nol yang bekerja pada objek tersebut. Artinya, jika hasil akhir gaya adalah nol, maka pusat massa objek akan tetap diam atau bergerak dengan kecepatan konstan

tanpa mengalami percepatan. Ketentuan ini berlaku ketika dilihat dari kerangka acuan inersial.

2. Hukum Kedua Newton: Sebuah objek dengan massa m akan mengalami percepatan a yang arahnya sejalan dengan arah gaya resultan F yang diberikan padanya. Percepatan ini berbanding lurus dengan besar gaya F dan berbanding terbalik dengan massa m . Dalam kata lain, resultan gaya yang bekerja pada objek sama dengan turunan momentum linier objek tersebut terhadap waktu.
3. Hukum Ketiga Newton: gaya aksi-reaksi dari dua benda memiliki besar yang sama, dengan arah terbalik, dan segaris. Artinya jika ada benda A yang memberi gaya sebesar F pada benda B, maka benda B akan memberi gaya sebesar F kepada benda A. F dan $-F$ memiliki besar yang sama namun arahnya berbeda. Hukum ini juga terkenal sebagai hukum aksi-reaksi, dengan F disebut sebagai aksi dan $-F$ adalah reaksinya.

2.6 Gerak

(Hadari Nawawi 2017) Suatu objek dianggap bergerak apabila posisinya berubah relatif terhadap titik acuan dalam interval waktu tertentu. Apabila jalur yang dilalui oleh objek membentuk garis lurus, maka pergerakannya disebut sebagai gerak lurus. Beberapa parameter yang terkait dengan gerak lurus meliputi jarak dan perpindahan; kecepatan dan kelajuan; serta percepatan. Berdasarkan kecepatannya, gerak lurus dibedakan menjadi dua jenis, yaitu gerak lurus beraturan dan gerak lurus berubah beraturan. Jarak dihitung menggunakan rumus berikut ini

$$\Delta s = s_2 - s_1 \quad (2.1)$$

Keterangan:

Δs = Jarak (m)

s_2 = Posisi sesudah (m)

s_1 = Posisi sebelum (m)

2.7 Gerak Lurus Berubah Beraturan

Gerak lurus berubah beraturan (GLBB) merujuk pada pergerakan suatu objek pada lintasan lurus, di mana kecepatan objek berubah secara teratur setiap detiknya (Kurniawan 2015). (Hadari Nawawi 2017) Gerak lurus berubah beraturan adalah gerak lurus yang menempuh lintasan lurus yang kecepatannya mengalami perubahan yang sama setiap detiknya. Kecepatan benda pada gerak lurus berubah beraturan dapat bertambah atau berkurang sehingga dikenal pula gerak lurus berubah beraturan dipercepat dan diperlambat. Suatu benda dikatakan melakukan GLBB jika percepatannya selalu konstan. Percepatan merupakan besaran vektor (besaran yang mempunyai besar dan arah). Percepatan konstan berarti besar dan arah percepatan selalu konstan setiap saat. Berdasarkan penjelasan sebelumnya, telah disebutkan bahwa dalam GLBB, percepatan benda tetap atau konstan alias tidak berubah. Ketika percepatan benda tetap sejak awal benda tersebut bergerak, maka dapat dikatakan bahwa percepatan sesaat dan percepatan rata – rata sama. Terdapat beberapa persamaan yang menghubungkan posisi, kecepatan, percepatan dan waktu, jika percepatan (a) konstan, antara lain:

$$V_t = V_0 + at \quad (2.2)$$

$$s = s_0 + v_0t + \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.3)$$

$$s = \frac{1}{2} a t^2 \quad (2.4)$$

$$a = \frac{2s}{t^2} \quad (2.5)$$

Keterangan:

s = Jarak (m)

s_0 = Jarak awal (m)

vt = Kecepatan akhir (m/s^2)

v_0 = Kecepatan awal (m/s^2)

a = Percepatan (m/s)

t = Waktu (s)

2.8 Energi Kinetik

(Munasir 2004) Energi kinetik dapat dijelaskan sebagai bentuk energi yang dimiliki oleh suatu benda karena adanya gerakan, atau dengan kata lain, karena benda tersebut memiliki kecepatan. Apabila kita mengamati sebuah benda dengan massa m yang bergerak dengan kecepatan v , maka kecepatan benda tersebut dapat dinyatakan sebagai::

$$EK = \frac{1}{2} mv^2 \quad (2. 6)$$

Keterangan:

EK = Energi Kinetik (J/Joule)

m = massa (m)

v = kecepatan (m/s^2)

Energi kinetik memiliki hubungan langsung dengan massa benda m dan berkorelasi dengan kuadrat dari kecepatannya. Jika massa benda tersebut diperbesar dua kali, maka energi kinetiknya juga akan mengalami peningkatan dua kali. Selain itu, jika kecepatannya ditingkatkan menjadi dua kali lipat, maka energi kinetiknya akan meningkatkan sebanyak empat kali lipat.

2.9 Energi Potensial

(Munasir 2004) Energi potensial dari sebuah benda merupakan energi yang berasal dari posisi atau kedudukan benda tersebut. Energi ini disimpan dalam benda dan dapat digunakan sesuai kebutuhan. Formula untuk menghitung energi potensial adalah sebagai berikut

$$EP = mgh \quad (2. 7)$$

Keterangan:

Ep = Energi Potensial (J/Joule)

m = Massa (kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

h = Ketinggian (m)

2.10 Dasar-dasar Perhitungan Perencanaan

Dalam perencanaan rancang bangun fletcher trolley ini dibutuhkan dasar-dasar perhitungan yang menggunakan rumus-rumus sebagai berikut :

2.10.1 Perhitungan Gaya Yang Diterima Rangka

Dalam fisika, pengertian dari gaya adalah salah satu besaran fisika yang berhubungan dengan kesetimbangan dan gerak benda. Gaya adalah vektor, bisa dilambangkan dengan simbol F atau *force*. Satuan SI yang dipakai untuk mengukurnya yakni Newton atau N. Berikut adalah rumus dari gaya:

$$F = m \cdot g \quad 2.8$$

Keterangan:

F = Gaya (Newton/N)

m = Massa (Kg)

g = Gravitasi (m/s^2)

2.10.2 Perhitungan Kekuatn Tali

Tali berfungsi sebagai penopang beban pemberat dari pengujian sehingga tali diwajibkan untuk mampu menahan beban yang akan ditanggungnya, maka perlu dihitung kekuatan tali bila digunakan. Berikut ini adalah syarat untuk menentukan kekuatan tali:

$$F_b = m g \quad 2.9$$

$$F_b \leq F_s \quad 2.10$$

Keterangan:

F_b = Gaya Beban (N)

F_s = Gaya Tali (N)

m = Massa (Kg)

g = Gaya gravitasi (m/s^2)

2.13.1 Perhitungan Kekuatan Pin Katrol

Katrol berfungsi sebagai penghubung antara pemberat dan mobil melalui media tali. Sehingga katrol harus mampu menjadi penghubung antara kedua beban,

maka perlu dihitung kekuatan pin katrol yang digunakan. Berikut adalah rumus yang dibutuhkan untuk menghitung kekuatan pin katrol:

$$\tau t = \frac{F}{A} \leq \sigma t \quad 2.11$$

$$F = m g \quad 2.12$$

$$A = \frac{\pi}{4} d^2 \quad 2.13$$

Keterangan:

τt = Tegangan Tarik (MPa)

F = Gaya Beban (N)

A = Luas Penampang (mm²)

σt = Tegangan tarik izin (MPa)

m = Massa (Kg)

g = Gaya gravitasi (m/s²)

d = Diameter luar pin (mm)

2.11 Proses Pengerjaan

2.11.1 Proses Permesinan Gerinda

Mesin gerinda merupakan jenis mesin perkakas yang digunakan untuk mengasah maupun memotong benda kerja sesuai dengan apa yang ingin dituju. Prinsip kerja dari Mesin Gerinda akan melibatkan putaran batu gerinda yang berkontak dengan benda kerja, sehingga terjadi proses pengikisan, penajaman, pengasahan, atau pemotongan. (Widarto dkk., 2008).

Mesin gerinda tangan adalah sebuah perangkat yang digunakan untuk mengasah benda kerja. Tujuan penggunaan mesin gerinda tangan adalah untuk mengasah benda kerja seperti pisau dan pahat, dan juga untuk melakukan pemotongan dan membentuk benda kerja, seperti merapikan hasil pemotongan, menghasilkan hasil pengelasan yang rapi, membentuk lengkungan pada benda kerja yang memiliki sudut, menyiapkan permukaan benda kerja sebelum proses pengelasan, serta berbagai keperluan lainnya.

Perhitungan Waktu Pada Mesin Gerinda

A. Menghitung kecepatan putaran:

$$n = \frac{1000 \times vc}{\pi \times D} \quad 2.14$$

B. Menghitung waktu proses penggerindaan

$$Tm = \frac{tg \times l \times tb}{Sr \times n} \quad 2.15$$

Dimana:

Tm = waktu pengerjaan (menit)

tg = tebal mata gerinda (mm)

l = panjang bidang pemotongan (mm)

Tb = ketebalan benda kerja(mm)

Sr = ketebalan pemakanan(mm/putaran)

n = putaran mesin (Rpm)

2.11.2 Proses Permesinan Bor

A. Pengertian Proses Bor/*Gurdi*

Proses gurdi digunakan dalam pembuatan lubang berbentuk silindris. Proses ini melibatkan penggunaan bor spiral untuk mengikis benda kerja yang padat, menghasilkan daya penyerpihan yang signifikan.

B. Perhitungan Mesin Bor

Kecepatan Putar:

$$n = \frac{v \cdot 1000}{\pi \cdot d.} \quad (2.16)$$

Tabel 2. 4 Putaran dan Gerak Makan Mesin Bor
(Yusnadi,2022)

MATERIAL AND CUTTING SPEED (FT PER MINUTE)											
Diameter of drill (in.)	Aluminum	Brass & Bronze	Cast iron	Mild steel 0.2-0.3 carbon (LOW)	Steel 0.4-0.5 carbon (MED)	Tool steel 1.2 carbon and drop forgings	Conn. rod molybdenum steel	3.5 nickel steel	Stainless steel and monel metal	Malleable iron	Feed per revolution (in.)
	300	200	100	110	80	80	55	80	50	85	
	Revolutions per minute										
1/16.....	18,336	12,224	6,112	6,724	4,883	3,668	3,404	3,976	3,056	5,192	0.0015
1/8.....	9,168	6,112	3,056	3,362	2,444	1,834	1,702	1,988	1,528	2,596	0.002-0.003
3/16.....	6,108	4,072	2,036	2,242	1,630	1,222	1,120	1,324	1,018	1,734	0.004
1/4.....	4,584	3,056	1,528	1,681	1,222	917	851	994	784	1,288	0.006
5/16.....	3,668	2,444	1,222	1,344	978	733	672	794	611	1,039	0.006
3/8.....	3,054	2,036	1,018	1,121	815	611	560	662	509	867	0.006
7/16.....	2,622	1,748	874	921	699	524	481	568	437	742	0.007
1/2.....	2,292	1,528	784	840	611	459	420	497	382	649	0.008
9/16.....	2,037	1,358	679	747	543	407	373	441	340	577	0.008
5/8.....	1,836	1,224	612	673	489	367	337	398	306	520	0.009
11/16.....	1,665	1,110	555	611	444	333	300	360	273	472	0.009
3/4.....	1,524	1,016	508	559	408	306	279	330	254	433	0.010
13/16.....	1,422	948	474	521	379	285	261	308	237	403	0.010
7/8.....	1,314	876	438	482	349	262	241	288	219	371	0.011
15/16.....	1,221	814	407	448	326	244	224	265	204	346	0.012
1.....	1,146	764	382	420	306	229	210	258	191	325	0.013
1 1/16.....	1,077	718	369	395	287	216	197	233	180	305	0.013
1 1/8.....	1,020	680	340	374	272	204	187	221	170	288	0.014
1 3/16.....	968	644	322	354	258	193	177	209	161	274	0.014
1 1/4.....	918	612	306	337	245	183	168	199	153	260	0.015
1 5/16.....	873	582	291	320	233	175	160	189	148	248	0.015
1 3/8.....	834	556	278	306	222	167	153	180	139	236	0.015
1 7/16.....	795	530	265	292	212	159	146	172	133	225	0.015
1 1/2.....	762	508	254	279	204	153	140	165	127	216	0.015
1 9/16.....	732	488	244	268	195	146	134	159	122	207	0.016
1 5/8.....	702	468	234	257	188	141	129	152	117	201	0.016
1 11/16.....	678	452	226	249	181	136	124	147	113	192	0.016
1 3/4.....	654	436	218	240	175	131	120	142	109	186	0.016
1 13/16.....	630	420	210	231	168	126	116	137	105	179	0.016
1 7/8.....	612	408	204	224	163	122	112	133	102	173	0.016
1 15/16.....	591	394	197	216	158	118	108	128	99	168	0.016
2.....	573	382	191	210	153	115	105	124	96	162	0.016

1. Rotational speed value for carbide twist drills are 200 to 300 percent higher than H.S.S.

Untuk dapat menghitung waktu pengeboran, maka harus diketahui lebih dulu kecepatan potong mata bor dan nilai feedingbor, yang dapat dilihat pada tabel:

Tabel 2. 5 Kecepatan Potong Bahan
(Yusnadi, 2022)

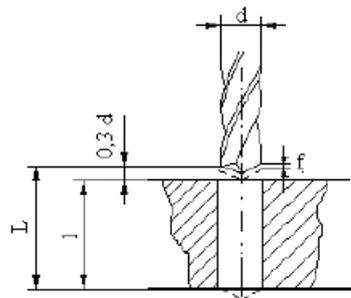
Bahan	Kecepatan Potong (m/menit)
Baja <i>Carbon</i> Rendah	30 - 50
Baja <i>Carbon</i> Sedang	20 - 30
Baja <i>Carbon</i> Tinggi	15 - 20
Baja Perkakas	10 - 30
Baja Campuran	15 - 25

Tabel 2. 6 Nilai Feeding Bor
(Yusnadi, 2022)

Diameter Mata Bor (mm)	Besarnya Pemakanan dalam Satu Kali Putaran (mm)
0 - 3	0.025 - 0.050
3 - 6	0.050 - 0.100
6 - 12	0.100 - 0.175
12 - 25	0.175 - 0.375
25 dan seterusnya	0.375 - 0.675

Jarak Pemakanan Bor:

$$L = l + 0,3d \quad (2.17)$$



Gambar 2. 15 Jarak Pemakanan
(Arsip Teknik, 2019)

Waktu Pemoangan:

$$T_m = \frac{L}{f \times n} \quad (2.18)$$

Keterangan:

v = kecepatan potong (mm/s)

n = kecepatan putaran (rpm)

d = diameter mata bor (mm)

f = gerak makan (mm/menit)

L = jarak pemakanan mata bor (mm)

T_m = waktu pemotongan (s)

2.11.3 Proses Pengelasan

A. Pengertian Proses Pengelasan

Pengelasan merupakan proses menggabungkan dua atau lebih bahan berdasarkan prinsip difusi, sehingga terjadi penyatuan antara bagian-bagian yang disambung. Keuntungan dari sambungan las adalah konstruksi yang ringan, kemampuan untuk menahan kekuatan yang tinggi, kemudahan dalam pelaksanaannya, dan juga relatif ekonomis. Namun, kekurangan utamanya adalah perubahan struktur mikro pada bahan yang dilas, yang mengakibatkan perubahan pada sifat fisik dan mekanis dari bahan yang bersangkutan. (Yunianto dkk., 2021)

Dalam proses penyambung besi akan digunakan las listrik menggunakan elektroda 2.0 mm, elektroda 6013 dan arus listrik yang digunakan yakni sebesar 90 Ampere dengan menggunakan mesin las arus bolak-balik (AC). Untuk spesifikasi elektroda dan arus yang digunakan dapat dilihat pada table berikut.

Tabel 2. 7 Ukuran Besar Arus dalam Ampere dan Diameter (mm)
(Soetarjo, 1997)

Diameter elektroda (mm)	Tipe elektroda dan besarnya arus dalam Ampere					
	E 6010	E 6014	E 7018	E 7024	E 7027	E 7028
2,5		80 - 125	70 - 100	100 - 145		
3,2	80 - 120	110 - 160	115 - 165	140 - 190	125 - 285	140 - 190
4	120 - 160	150 - 210	160 - 220	180 - 260	180 - 240	180 - 250
5	160 - 200	200 - 275	200 - 275	230 - 305	210 - 300	230 - 305
5,5		260 - 340	260 - 340	275 - 285	250 - 350	275 - 365
6,3		330 - 415	315 - 400	335 - 430	300 - 420	335 - 430
8		390 - 500	375 - 470			

B. Perhitungan Proses Pengelasan

Tegangan tarik yang diijinkan elektroda

$$\bar{\sigma}t = \frac{\sigma t}{sf} \quad (2.19)$$

Keterangan:

$\bar{\sigma}t$ = Tegangan tarik yang diijinkan (kg/mm²)

σt = Tegangan tarik bahan

Sf = Faktor keamanan

Tegangan yang bekerja sambungan benda kerja:

$$\sigma_{sambungan} \leq \frac{f}{h \times l} \quad (2.20)$$

Keterangan:

F = Gaya normal

h = tebal bahan (mm)

l = panjang lintasan pengelasan (mm)

Tinjauan keamanan:

$$\sigma_{sambungan} \leq \bar{\sigma}t \quad (2.21)$$

Tegangan geser pada sambungan:

$$\tau_L = \frac{F}{a.l} \quad (2.22)$$

Tebal kampuh las:

$$a = \frac{s}{\sqrt{2}} \quad (2.23)$$

Keterangan:

F = Beban pada sambungan las

a = Tebal kampuh las

l = Panjang kampuh las

s = Tebal plat

2.12 Perhitungan Biaya Produksi

2.12.1 Biaya Material

$$T_H = H_S \cdot W \quad (2.24)$$

Keterangan:

T_H = Total harga per material

H_S = Harga satuan

W = Berat bahan (kg)

2.12.2 Biaya Listrik

$$B_L = T_M \cdot B_{PL} \cdot P \quad (2.25)$$

Keterangan:

B_L = Biaya listrik (rupiah)

T_M = Waktu permesinan (jam)

B_{PL} = Biaya pemakaian listrik (Rp1.444,70/kWh)

P = Daya mesin (kW)

2.12.3 Biaya Operator

$$S = \frac{UMP}{J_K} \quad (2.26)$$

$$B_O = S \cdot T \quad (2.27)$$

Keterangan:

S = Upah (jam)

UMP = Upah minimum Kota Palembang (Rp3.565.409)

J_K = Jam kerja dalam sebulan (terhitung senin - sabtu (8 jam))

B_O = Biaya operator (rupiah)

T = Total pengerjaan (jam)

2.12.4 Biaya Sewa Mesin

$$B_M = T_M \cdot B \quad (2.28)$$

Keterangan:

B_M = Biaya sewa mesin (rupiah)

B = Harga sewa mesin/jam (rupiah)

2.12.5 Biaya Tak Terduga

$$B_T = 15 \% (H_M + B_M) \quad (2.29)$$

Keterangan:

B_T = Biaya tak terduga (rupiah)

H_M = Harga material (rupiah)

2.12.6 Total Biaya Produksi

$$T_{BP} = H_M + B_M + B_T \quad (2.30)$$

Keterangan:

T_{BP} = Biaya produksi total (rupiah)

2.12.7 Keuntungan

$$K = 15 \% T_{BP} \quad (2.31)$$

Keterangan:

K = Keuntungan (rupiah)

2.12.8 Harga Jual

$$H_J = T_{BP} + B_T + K \quad (2.32)$$

Keterangan

H_J = Harga jual (rupiah)