

BAB II

TINJAUAN LITERATUR

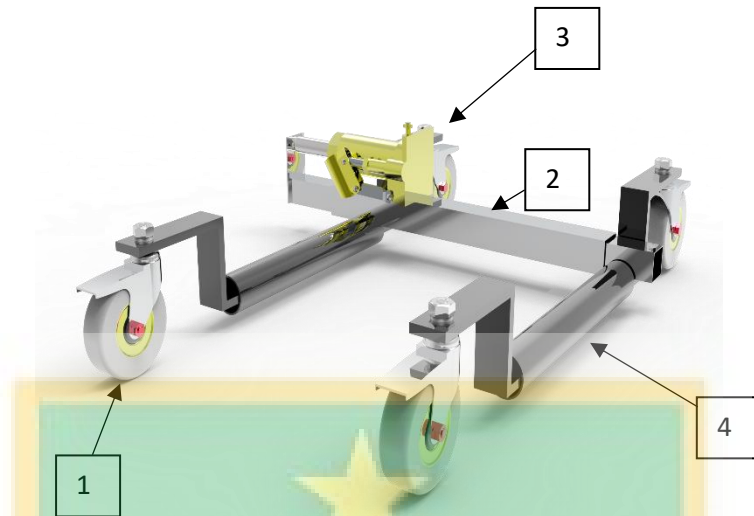
2.1 Alat Pemindah Kendaraan

Alat pemindah kendaraan merupakan suatu jenis alat yang berfungsi untuk memindahkan atau mengeser kendaraan dari satu tempat ke tempat lain, serta jarak tertentu dengan arah yang diinginkan, alat pemindah kendaraan dalam penggunaannya biasanya digunakan di area parkir, mekanisme alat pemindah kendaraan menggunakan dongkrak hidrolik untuk menekan kedua sisi ban kendaraan agar ban tersebut terangkat karena suatu dorongan dari pompa hidrolik.

2.2 Komponen dan material utama alat pemindah kendaraan

Material adalah sesuatu yang darinya dapat dibuat menjadi suatu benda yang lebih berguna. Proses meningkatkan nilai guna bahan berjalan seiring kemajuan pengetahuan manusia, dimulai dengan cara-cara sederhana berdasarkan intuisi atau naluri, kemudian berkembang melalui proses yang lebih logis dan akhirnya melalui penelitian-penelitian ilmiah, serta teknologi pengolahan yang semakin tinggi dan selalu berkembang maju seiring perkembangan zaman.^[3]

Berikut merupakan komponen dan material yang di gunakan:*



Gambar 2. 1 Alat Pemindah Kendaraan

1. Roda

Roda adalah objek berbentuk lingkaran, yang bersama dengan sumbu dapat menghasilkan suatu gerakan dengan gesekan kecil dengan cara bergulir Roda pada umumnya digunakan pada kendaraan ringan, pada manusia diumpamakan sebagai kaki, Roda berputar sepanjang jalan sambil memikul baban berat kendaraan, karet pada roda tersebut berfungsi untuk meredam benturan atau kejutan yang disebabkan oleh permukaan jalan yang tidak rata.



Gambar 2. 2 Roda

2. Rangka

Rangka adalah dasar atau pondasi yang nantinya akan disatukan dengan komponen yang lain untuk menjadi kesatuan dan sebagai penopang berat komponen atau berat kendaraan. Dengan menggunakan material galvanis Besi galvanis ialah jenis besi yang dirancang dengan bentuk yang memiliki rongga. Dengan begitu, ia akan mudah diaplikasikan pada berbagai jenis proyek konstruksi. Besi galvanis berbentuk panjang berongga layaknya pipa hanya saja bentuknya berupa persegi.

3. Pompa Hidrolik

Pompa hidrolik menggunakan kinetik energi dari cairan yang dipompakan pada suatu kolom dan energi tersebut diberikan pukulan yang tiba-tiba menjadi energi yang berbentuk lain (energi tekan). Pompa ini berfungsi untuk mentransfer energi mekanik menjadi energi hidrolik. Pompa hidrolik bekerja dengan cara menghisap oli dari tangki hidrolik dan mendorongnya ke dalam sistem hidrolik dalam bentuk aliran (*flow*). Aliran ini yang dimanfaatkan dengan cara merubahnya menjadi tekanan. Tekanan dihasilkan dengan cara menghambat aliran oli dalam sistem hidrolik. Hambatan ini dapat disebabkan oleh orifice, silinder, motor hidrolik, dan aktuator. Pompa hidrolik yang biasa digunakan ada dua macam yaitu *positive* dan *nonpositive displacement pump*. Ada dua macam peralatan yang biasanya digunakan dalam merubah energi hidrolik menjadi energi mekanik yaitu motor hidrolik dan aktuator. Motor hidrolik mentransfer energi hidrolik menjadi energi mekanik dengan cara memanfaatkan aliran oli dalam sistem merubahnya menjadi energi putaran yang dimanfaatkan untuk menggerakkan roda [2].



Gambar 2. 3 Dongkrak Hidrolis

4. Pipa

Pipa merupakan selongsong bundar yang berbentuk silinder berongga, biasa digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. Pipa biasanya disamakan dengan istilah tube, pipa juga terbuat dari macam macam bahan sesuai kebutuhannya^[7]. Pipa yang digunakan pada pembuatan alat pemindah kendaraan adalah pipa galvanis, pipa ini berguna untuk berputarnya roda pada rangka unp.



Gambar 2. 4 Pipa Besi

2.3 Produksi dan operasi

Pengertian produksi dan operasi secara umum adalah suatu kegiatan atau proses yang mentransformasikan masukan input menjadi hasil keluaran output. Sesuai dengan pengertian produksi tersebut, tercakup semua aktivitas atau kegiatan yang menghasilkan barang atau jasa, serta kegiatan-kegiatan lain yang mendukung atau menunjang usaha untuk menghasilkan produk tersebut. ^[4]

Dalam pengertian yang bersifat umum ini penggunaanya cukup luas, sehingga mencakup keluaran yang berupa barang atau jasa. Jadi dalam pengertian produksi dan operasi mencakup setiap proses yang mengubah masukan-masukan yang, yang menggunakan sumber-sumber daya untuk menghasilkan keluaran-keluaran berupa barang dan jasa^[5]. Dalam arti sempit, pengertian produksi hanya dimaksud sebagai kegiatan yang menghasilkan barang jadi maupun barang setengah jadi ^[6]. Dalam ilmu ekonomi, faktor-faktor produksi terdiri dari tanah, alam, modal, teknologi, tenaga kerja dan skills.

2.3.1 Perencanaan proses produksi

Spesifikasi pada perencanaan proses produksi harus diterjemahkan ke berbagai sistem pemrosesan yang menciptakan produk. Proses produksi harus dibuat tentang type proses, macam mesin yang akan digunakan. Desain proses merupakan masalah teknik tetapi juga menyangkut pertimbangan sosial, ekonomi dan lingkungan. Desain proses fisik untuk produksi menyangkut serangkaian tentang seleksi proses, pemilihan teknologi dan perencanaan proses.

2.3.2 Seleksi proses

Seleksi proses merupakan serangkaian keputusan mengenai tipe atau jenis proses produksi dan peralatan tertentu yang akan digunakan. Proses produksi dapat dibedakan atas dasar karakteristik aliran proses produksinya.

2.3.3 Pemilihan teknologi

Teknologi telah menjadi faktor dominan dalam kehidupan manusia. Kemajuan teknologi mempunyai pengaruh terhadap proses produksi. Teknologi adalah aplikasi ilmu pengetahuan untuk memecahkan masalah, sangat luas dan mencakup hampir semua kegiatan teknologi yang lebih sempit dan digunakan dalam pembahasan selanjutnya adalah teknologi yang merupakan sekumpulan proses, metode dan perkakas yang digunakan untuk memproduksi barang.

2.4 Proses manufaktur

Proses manufaktur adalah suatu proses dalam industri yang mengaplikasikan peralatan dan media proses untuk mengubah bahan mentah menjadi barang jadi baik untuk dipakai maupun dijual. Dalam pembuatan suatu produk mencakup perencanaan proses diantaranya, pemilihan bahan, peralatan, dan perakitan komponen dari material mentah menjadi produk yang diinginkan.

2.4.1 Pemilihan material

Pemilihan bahan yang tepat adalah bagian yang sangat penting dalam desain teknik (*engineering design*). Oleh karena itu dalam pemilihan bahan harus diketahui faktor-faktor dalam pembuatan alat pemindah kendaraan roda 4

dengan kapasitas beban maksimum 1,2 Ton. Faktor yang harus diperhatikan sebelum melakukan pemilihan bahan, diantaranya: kekuatan (*strength*), kekakuan (*stiffness*), ketahanan (*durability*), ketahanan terhadap korosi (*corrosion resistance*). harga (*cost*), kemampuan bentuk (*formability*). Alat pemindah kendaraan menggunakan besi hollow 4x4 sebagai rangka dan besi unip sebagai penopang beban roda kendaraan.

2.5. Biaya Manufaktur

Biaya manufaktur merupakan rancangan estimasi biaya yang dilakukan untuk menetapkan nilai jual dari suatu produk. Ada dua istilah yang umum dikenal yaitu :

1. Biaya (*cost*), adalah suatu pengorbanan yang dibutuhkan dalam rangka mencapai suatu tujuan yang diukur dengan nilai uang.
2. Pengeluaran (*expenditure*), biasanya berkaitan dengan sejumlah uang yang dikeluarkan atau dibayarkan dalam rangka mendapatkan sesuatu hasil yang diharapkan

2.6 Proses Produksi

Proses produksi adalah proses pengerjaan bahan baku menjadi komponen-komponen, dan perkaitan komponen sehingga dapat terbentuknya alat pemindah kendaraan yang siap dioperasikan dengan optimal. Proses produksi merupakan tahap awal dalam pembuatan suatu produk atau alat guna mendapatkan hasil produksi yang berkualitas. Di dalam proses produksi terdapat beberapa bagian untuk mendukung pengerjaan produksi, antara lain penyediaan alat dan bahan, perancangan produk, proses pengerjaan dan rincian biaya.

2.7 Proses Pemesinan

Proses pemesinan adalah proses pengerjaan terhadap bahan baku komponen yang dimulai dari pemotongan secara kasar menjadi bentuk yang sesuai dengan gambar dan ukuran yang telah ditentukan. Proses pemesinan melibatkan beberapa mesin diantaranya gerinda potong, mesin bor, mesin las dan mesin bubut.

2.7.1 Tahap Persiapan

Tahap persiapan dalam pembuatan alat pemindah kendaraan sebagai berikut :

1. Tinjauan pustaka, berfungsi untuk melakukan studi terhadap buku-buku yang ada di perpustakaan dan internet yang terkait dengan alat pemindah kendaraan. Hasil tinjauan pustaka digunakan untuk memperoleh informasi teoritis yang merupakan pedoman dalam melakukan studi perhitungan biaya produksi alat pemindah kendaraan
2. Desain dan perhitungan komponen yaitu melakukan perhitungan guna mendapatkan dimensi, pemilihan bahan dan proses pembuatan komponen akan digunakan pada alat pemindah kendaraan
3. Persiapan gambar, didalam mendesain gambar alat pemindah kendaraan harus memperhitungkan faktor-faktor utama, yaitu proses produksi, bahan, fungsi, harga dan penampilannya. Ide-ide rancangan disesuaikan dengan material yang akan digunakan

4. Pengadaan material, yaitu pencarian dan pembelian komponen atau bahan di toko material dengan memperhatikan harga termurah dan berkualitas dengan tujuan memperkecil biaya produksi.
 5. Persiapan bahan dan alat dilakukan untuk memastikan kesiapan bahan dan peralatan yang akan digunakan untuk membuat alat pemindah kendaraan
- alat- alat yang digunakan dalam pembuatan alat pemindah kendaraan

adalah :

- a. Mesin bubut
- b. Mesin gerinda
- c. Mesin las listrik
- d. Mesin bor

Peralatan-peralatan pendukung kerja yang digunakan dalam proses pembuatan alat pemindah kendaraan roda 4 dengan kapasitas beban maksimum 1,2 Ton adalah :

- a. Penitik
- b. Spidol
- c. Palu karet
- d. Palu besi
- e. Mistar
- f. Sarung tangan
- g. Kacamata las



2.7.2 Tahap Pengerjaan

Proses produksi merupakan tahap pengerjaan dalam pembuatan alat pemindah kendaraan hingga alat dapat beroperasi dengan optimal, sebelum masuk ke tahap proses produksi, semua bahan yang telah dipersiapkan harus diberi tanda sesuai dengan gambar desain terlebih dahulu, penandaan ini bertujuan untuk mengetahui dimana titik potong atau bor dengan ukuran yang sesuai dengan menggunakan sepidol dan penitik. Dengan tahap pengerjaan sebagai berikut :

tahapan pengerjaan dalam proses pembuatan alat pemindah kendaraan roda 4 dengan kapasitas beban maksimum 1,2 Ton, tahapan ini terdiri dari beberapa pengerjaan yaitu :

a. Pengukuran

Pengukuran adalah batasan pengerjaan dari benda kerja yang akan dikerjakan, sehingga mendapatkan bentuk dan ukuran benda kerja yang sesuai dengan perancangan. Sebelum dilakukan penandaan dan pemotongan stainless dan besi pejal terlebih dahulu diukur sesuai dengan ukuran pada gambar yang telah dibuat.



Gambar 2. 5 Mistar & Jangka

b. Penandaan

Sebelum dipotong bahan-bahan yang telah disiapkan diberi tanda sesuai ukuran dari perancangan yang telah dibuat. Penandaan bahan ini menggunakan spidol dan penitik pada benda kerja.



Gambar 2. 6 Penitik & Sepidol

c. Pemotongan

Pemotongan adalah proses untuk menghasilkan produk dengan cara memotong bagian tertentu suatu produk, pemotongan dilakukan dengan menggunakan suatu jenis gerinda potong. Pemotongan harus memperhatikan prosedur atau desain agar hasil pemotongan menjadi lebih baik (tidak miring).

Tujuan pokok dari proses pemotongan adalah untuk memperoleh bentuk-bentuk tertentu, toleransi, ataupun derajat kehalusan permukaan (surfaced) dari benda kerja. Proses pemotongan bisa dilakukan dengan menggunakan berbagai macam alat pemotong. Pada proses pembuatan alat pemindah kendaraan roda 4 dengan kapasitas beban maksimum 1,2 Ton, alat pemotong yang digunakan adalah : Gerinda potong



Gambar 2. 7 Gerinda duduk

Rumus pemotongan dengan menggunakan mesin gerinda potong adalah :

$$t_h = \frac{l}{v} \dots\dots\dots(2.1)$$

Untuk persamaan kecepatan potong digunakan rumus :

$$v = \frac{\pi \cdot d \cdot n}{1000} \dots\dots\dots(2.2)$$

Dimana :

t_h : waktu pemotongan (menit)

l : panjang pemotongan (mm)

v : kecepatan potong (m/s)

d : diameter mata potong (mm)

n : putaran (rpm)

untuk mencari panjang permesinan digunakan rumus :

$$l_t = l_v + l_w + l_n$$

dimana:

l_t : panjang permesinan (mm)

l_v : langkah pengawalan (mm)

lw : panjang pemotongan pada benda kerja (mm)

ln : langkah pengakhiran (mm)

maka waktu pemotongan benda kerja dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$tc = \frac{lt}{vf} = \frac{lt}{n.f} \dots\dots\dots(2.3)$$

d. Pengeboran

Pengeboran adalah membuat lubang atau memperbesar diameter lubang pada benda kerja dengan mesin bor sebagai pisau penyayatnya. Mesin bor adalah mesin perkakas pembuat lubang dengan cara menekan sebuah gurdi atau mata bor dengan cara menekan sebuah gurdi atau mata bor yang berputar pada benda kerja. Sedangkan gurdi atau mata bor adalah suatu pahat pembuat lubang yang berbentuk bulat, dengan ujungnya berputar dan memiliki satu atau beberapa tepi potong dan galur yang berhubungan. disamping badan mata bor ini berfungsi untuk memungkinkan lewatnya serpihan atau gram yang telah terkikis dengan matabor.pada umumnya mata bor memiliki dua galur dan mata bor dikenal sebagai penggerak inti, Disamping itu, mesin bor juga digunakan untuk meluaskan lubang benda kerja, atau memperluas suatu bidang.

Peluas yang dipakai biasanya disebut dengan “reamer”. Mesin bor juga termasuk perkakas dengan gerak utama berputar. Fungsi pokok mesin ini yaitu melubangi benda kerja dengan menggunakan bor sebagai alatnya. Pada mesin bor,

gerak utamanya adalah putaran gurdi atau mata bor, sedangkan gerak hantarnya adalah naik turunnya mata bor itu sendiri, sedangkan benda kerja diam dan dikunci dengan ragam secara kuat agar benda kerja tidak ada getaran saat pengeboran. Mesin bor terdiri dari berabagai jenis antara lain mesin bor meja, mesin bor tangan dan mesin bor tiang, mesin bor radial, mesin bor lemari dan mesin bor tangan.



Gambar 2. 8 Bor duduk

Waktu pengerjaan untuk menghasilkan produk dengan pengeboran bagian tertentu produk menggunakan mesin bor, merupakan variabel yang penting dalam penentuan waktu permesinan. Waktu yang dibutuhkan untuk pengeboran benda kerja dapat dihitung dengan rumus:

$$th = \frac{L}{a \cdot n}$$

$$L = L_a + L_s + L_w + L_u$$

Dimana :

Th = total waktu pengeboran (menit)

L = kedalaman pengeboran (mm)
n = kecepatan putar (putaran/menit)
a = insutuan pemakanan (mm/putaran)
La = panjang Langkah awal
Ls = Panjang point drill)

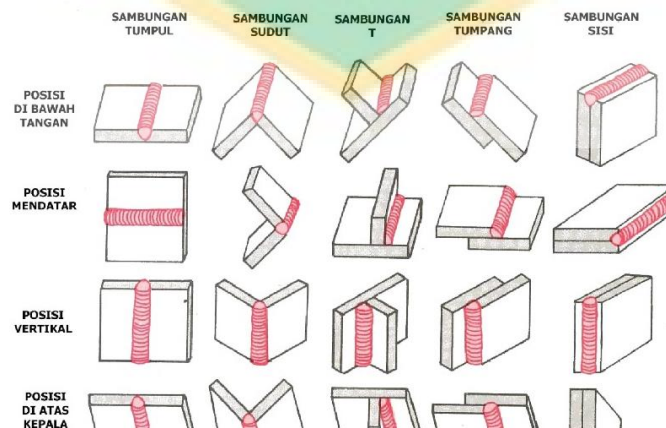
e. **Pengelasan**

Pengelasan adalah proses penyambungan antara dua bagian logam atau lebih yang terpisah, dengan cara dipanaskan pada suhu tinggi dibagian yang akan disambung menyebabkan pencairan. Oleh karena itu bagian di sekitar sambungan mengalami siklus termal yang menyebabkan terjadinya perubahan metalurgi yang rumit, deformasi, dan tegangan-tegangan termal. Hal ini sangat erat hubungannya dengan ketangguhan, cacat las, retak dan lainnya yang umumnya berpengaruh fatal terhadap keamanan dari konstruksi lasan. Dalam konstruksi baja, pada umumnya menggunakan las busur listrik dengan elektroda terbungkus, las busur dengan pelindung CO₂ dan las busur listrik terpendam. Las busur listrik dengan elektroda terbungkus umum dipakai, tetapi kecepatan dan daya tembusan lebih rendah bila dibandingkan dengan las busur listrik dengan pelindung gas CO₂ dan las busur listrik terpendam.

Las elektroda adalah cara pengelasan yang banyak digunakan pada masa ini. Metoda las elektroda menggunakan kawat elektroda logam yang dibungkus dengan flaks. Busur listrik terbentuk diantara logam induk dan ujung elektroda. Oleh karena panas dari busur listrik, maka logam induk dan ujung elektroda mencair dan kemudian membeku bersama. Selama proses pengelasan, bahan fluks yang digunakan untuk membungkus elektroda mencair dan membentuk terak yang kemudian menutupi logam cair yang terkumpul di tempat sambungan dan berfungsi sebagai penghalang oksidasi. Penyambungan dua buah benda kerja menggunakan pengelasan dipakai untuk penyambungan tetap (tidak perlu dibuka kembali).

Pada dasarnya sambungan las terbagi menjadi beberapa sambungan :

1. Sambungan tumpul
2. Sambungan sudut
3. Sambungan T
4. Sambungan berhimpit
5. Sambungan plat rata



Gambar 2. 9 Sambungan Las



Gambar 2. 10 Las Listrik

$$L_{1tot} = \text{Banyaknya titik las} \times$$

$$L_1 \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

L_{1tot} = Total panjang pengelasan

L_1 = Panjang insutan

a = Ingsutan

n = kecepatan (menit)

$$T_w \text{ Pengelasan} = n \text{ elektroda} \times t \text{ elektroda}$$

$$\dots \dots \dots (2.6)$$

Dimana :

T_w Pengelasan = Waktu pengelasan

n Elektroda = Banyak elektroda

t Elektroda = Waktu penggunaan Elektroda

f. Pembubutan

Mesin bubut mempunyai gerak utama berputar dan berfungsi untuk mengerjakan bidang-bidang silinder dari suatu benda kerja dengan jalan menyayat benda tersebut menggunakan suatu pahat panyayat. Posisi benda kerja berputar sesuai dengan sumbu mesin bubut. Pahat diam bergerak ke kanan atau ke kiri dan maju mundur terhadap sumbu benda kerja. Pada proses produksi alat pemindah kendaraan ini pekerjaan dilakukan dengan mesin bubut yaitu membubut sisi untuk membentuk permukaan yang rata.



Gambar 2. 11 Mesin bubut

Rumus dalam menghitung waktu pembubutan dengan menggunakan mesin bubut adalah

$$L = \frac{L_a}{v} + \frac{L}{v} \quad (2.7)$$

Dimana :

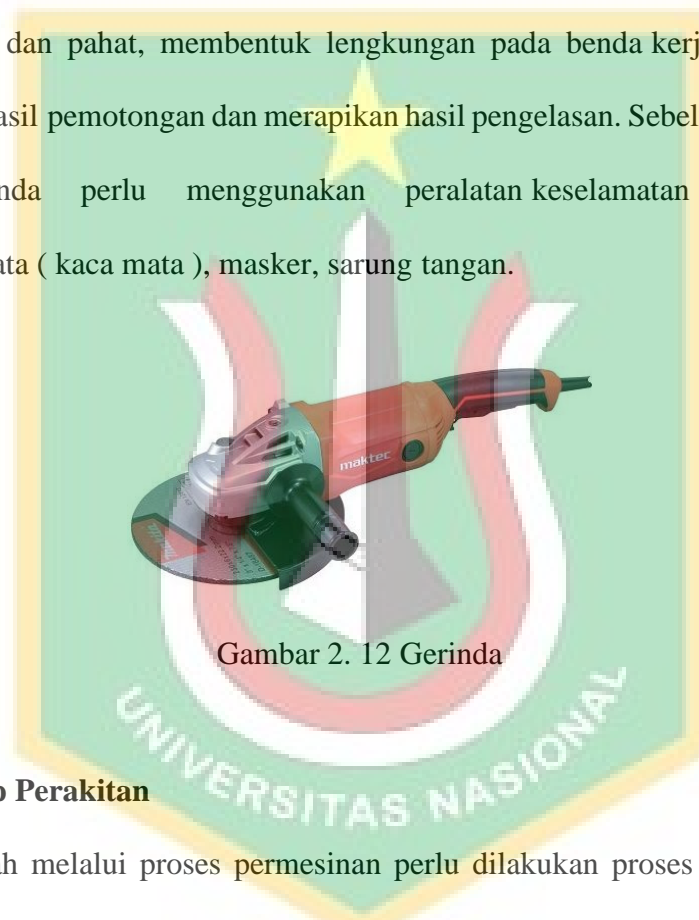
L_a = panjang langkah

L = panjang pembubutan

g. Penggerindaan

Proses penggerindaan dilakukan untuk menghaluskan atau meratakan permukaan benda kerja yang tidak rata, setelah proses penggerindaan adalah metode yang umum dari pemotongan bahan seperti baja, tembaga, dan dirancang untuk menyelesaikan permukaan dalam. Untuk menghaluskan permukaan yang tidak rata juga dapat digunakan proses penggerindaan terhadap bahan logam

Selain itu menggerinda juga bertujuan untuk mengasah benda kerja, seperti pisau dan pahat, membentuk lengkungan pada benda kerja yang bersudut, merupakan hasil pemotongan dan merapikan hasil pengelasan. Sebelum menggunakan mesin gerinda perlu menggunakan peralatan keselamatan kerja, seperti pelindung mata (kaca mata), masker, sarung tangan.



Gambar 2. 12 Gerinda

2.8 Tahap Perakitan

Setelah melalui proses permesinan perlu dilakukan proses perakitan. Proses perakitan bertujuan untuk menyatukan komponen-komponen alat pemindah kendaraan roda 4 dengan sistem hidrolik kapasitas beban maximum 1.2 Ton menjadi satu, untuk menghasilkan sebuah alat yang siap digunakan. Pengelasan berfungsi sebagai pengikat dua komponen, pengelasan dilakukan untuk membuat rangka alat pemindah kendaraan untuk menyambungkan komponen-komponen.

2.9 Tahap Finishing

Pekerjaan penyelesaian atau proses finishing pada pembuatan alat pemindah kendaraan adalah :

1. Pengecatan masing-masing bagian, bertujuan untuk menghindari korosi atau karatan pada materian dan juga memperindah penampilan dari alat pemindah kendaraan.
 2. Perakitan dari masing-masing bagian seperti memasang roda penggerak
- Tahap terakhir adalah uji coba dari alat pemindah kendaraan tersebut.

2.10 Cara Kerja Alat Pemindah Kendaraan

Alat pemindah kendaraan berfungsi untuk memindahkan kendaraan pada saat kendaraan terparkir, ketika kendaraan terparkir alat pemindah dimasukan ke sisi roda kemudian tuas hidrolik ditekan untuk memberikan daya tekan sehingga menghasilkan gaya dorong untuk merapatkan kedua sisi rangka pada alat pemindah kendaraan ketika roda tertekan pipa besi berputar sehingga ban mobil terangkat.

2.11 Tekno Ekonomi

Analisis tekno ekonomi merupakan suatu jenis rekayasa yang meliputi desain proses, pemodelan serta analisis biaya untuk desain produk inovatif, dan produksi yang kompetitif. Selain itu, terdapat proses kelayakan finansial dimana untuk mengetahui nilai total investasi modal dan total biaya produksi, evaluasi sisi ekonomis, dan analisis kalayakan untuk kelangsungan suatu proses produksi. Biaya yang dibutuhkan diperkirakan dari jumlah biaya membeli peralatan dan biaya bahan baku yang dikalikan dengan faktor yang sesuai, yang dikenal sebagai metode faktorial (Sari, 2016)^[16]. Secara umum tekno ekonomi mencakup berbagai aspek yaitu potensi

pasar yang tersedia, pemilihan lokasi pabrik, skala kapasitas produksi, teknologi produksi dan analisis ekonomi (Nasution, 2018).^[15]

2.12 Studi Kelayakan Finansial

Studi kelayakan finansial merupakan penilaian yang menyeluruh untuk menilai keberhasilan suatu proyek atau usaha. Keberhasilan proyek memiliki pengertian yang berbeda antara pihak yang berorientasi laba dan pihak yang tidak berorientasi laba semata. Namun, semua ditujukan untuk mencapai keberhasilan dalam suatu proyek atau produksi alat.

Dengan demikian menurut Kasmir et al. (2010), dapat disimpulkan bahwa “Suatu kegiatan yang mempelajari secara mendalam tentang suatu usaha atau bisnis yang akan dijalankan, dalam rangka menentukan layak atau tidak usaha tersebut dijalankan”. Mempelajari secara mendalam artinya meneliti secara benar informasi serta data-data yang telah ada, kemudian diukur, dihitung, dan dianalisis hasil penelitian tersebut dengan menggunakan metode-metode yang dibutuhkan dalam menganalisis kelayakan proyek atau suatu usaha. Untuk menentukan layak atau tidaknya suatu usaha dapat dilihat dari berbagai aspek yang memiliki suatu standar nilai tertentu, dan memiliki aspek- aspek dalam studi kelayakan bisnis

- a. Aspek teknis dan produksi
- b. Aspek pemasaran
- c. Aspek manajemen dan SDM
- d. Aspek Finansial

2.12.1. Kriteria Kelayakan Finansial

Kelayakan usaha industri dapat dianalisis dengan perhitungan *net present value* (NPV), *internal rate of return* (IRR), *B/C ratio*, *payback period* dan analisis sensitivitas, penjelasan dari keempatnya adalah sebagai berikut:

1. *Net present value* (NPV)

Analisis NPV dilakukan dengan menghitung jumlah arus tunai bersih berdiskonto (*discount net cash flow*) selama periode proyek. Nilai NPV merupakan gambaran jumlah keuntungan bersih investasi yang dinilai pada saat ini dengan memperhitungkan *opportunity cost investasi*. Suatu proyek dikatakan layak secara ekonomi, apabila $NPV \geq 0$ atau dengan kata lain tingkat keuntungan yang diperoleh minimal harus sama dengan *opportunity cost* dari modal yang diinvestasikan.

Persamaan perhitungan NPV sebagai berikut:

$$NPV = \sum_{t=0}^t \frac{R_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^t \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

R_t = pendapatan pada tahun ke t

C_t = biaya pada tahun ke t

i = suku bunga umum yang berlaku

t = waktu (tahun)

2. *Benefit Cost Ratio*

Analisis BCR dilakukan dengan menghitung perbandingan antara jumlah *present value* (nilai sekarang) dari arus tunai penerimaan (*benefit*) dengan nilai sekarang dari arus tunai biaya (*cost*). Untuk mencapai kelayakan ekonomi, suatu proyek harus mempunyai nilai $B/C \geq 1$. Persamaan perhitungan BCR:

$$BCR = \frac{PV_{benefit}}{PV_{Cost}}$$

$PV_{benefit}$ = nilai sekarang atas keuntungan

PV_{cost} = nilai sekarang atas biaya

3. IRR *Internal rate of returns*

Analisis IRR menunjukkan gambaran besarnya tingkat manfaat yang diperoleh dari suatu investasi dan pembiayaan proyek. Pada nilai NPV= 0, maka nilai IRR akan sama dengan nilai discount factor. engan demikian, suatu proyek dikatakan layak jika nilai IRR \geq nilai discount factor. Jika nilai NPV memberikan gambaran tentang keuntungan bersih absolut suatu investasi, maka IRR mencerminkan efisiensi suatu investasi dan pembiayaan proyek. Dalam analisis IRR, pendekatan yang dilakukan didasarkan pada *cash flow* manfaat langsung dan tidak langsung dari adanya suatu proyek dengan *cash flow* investasi beserta pembiayaannya, mulai dari pekerjaan perencanaan (detail desain), pelaksanaan konstruksi, supervisi, eskalasi harga (khusus untuk proyek tahun jamak), sampai dengan biaya operasi pemeliharaan. Nilai yang muncul dari hasil analisis IRR ini memproyeksikan kelayakan suatu proyek dan besaran manfaat proyek bagi masyarakat baik secara langsung maupun tidak langsung sebagai bagian dari penilaian aspek ekonomi nasional dan regional. Persamaan perhitungan IRR ditunjukkan sebagai berikut.

$$IRR = i_1 \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

i_1 = tingkat diskonto yang menghasilkan

NPV_{i_2} = tingkat diskonto yang menghasilkan

NPV-NPV1 = *Net Present Value* bernilai positif

NPV2 = *Net Present Value* bernilai negatif

4. *Payback period*

Payback period adalah masa pengembalian modal, artinya lama periode waktu untuk mengembalikan modal investasi. Cepat atau lambatnya sangat tergantung pada sifat aliran kas masuknya. Jika aliran kas masuknya besar atau lancar maka proses pengembalian modal akan lebih cepat dengan asumsi modal yang digunakan tetap atau tidak ada penambahan modal selama umur proyek. Rumus yang digunakan untuk PBP adalah sebagai berikut:

$$\text{PBP} = (\text{investasi awal/ arus kas}) \times 1 \text{ tahun}$$

