

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kajian Pustaka

Pengelasan busur listrik merupakan metode pengelasan yang paling banyak digunakan dalam industri manufaktur karena kemampuannya untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan tahan lama dengan efisiensi tinggi. (Nugroho, S. 2012). Proses pengelasan yang dilakukan akan menimbulkan asap dan percikan api. Paparan asap dari pengelasan dapat menyebabkan masalah kesehatan serius seperti gangguan pernapasan dan kerusakan paru-paru. Oleh karena itu, penggunaan alat pelindung diri dan sistem ventilasi yang efektif sangat diperlukan untuk melindungi pekerja (Suryanto, T. 2018).

Menurut penelitian oleh Wang et al. (2020), ventilasi yang baik sangat penting di ruang pengelasan untuk mengurangi paparan asap dan gas berbahaya yang dihasilkan selama proses pengelasan. Sistem ventilasi lokal seperti ventilasi pembuangan lokal (LEV) efektif dalam mengendalikan paparan ini. Dengan begitu, dibutuhkan partisi berupa bilik las sebagai penunjang pengelasan.

Bilik las merupakan tempat praktikum pengelasan bagi mahasiswa, sehingga bilik las dilengkapi dengan peralatan utama dan penunjang dasar di sekitar kampus yang ramah lingkungan. Bilik las portable ini memungkinkan pengelasan dilakukan di lokasi yang berbeda-beda sehingga sangat berguna selama proses pembelajaran dan praktek berlangsung. Tujuan utama dari bilik las adalah untuk melindungi pekerja dari bahaya yang terkait dengan pengelasan, seperti asap beracun, radiasi, dan percikan logam panas. Kajian pustaka ini mengulas desain, peralatan, dan prosedur keselamatan dalam bilik las berdasarkan penelitian terkini. Desain bilik las harus mempertimbangkan berbagai aspek keselamatan dan kesehatan kerja. Adapun beberapa jenis-jenis bilik las umum dan fitur-fiturnya adalah sebagai berikut:

1. Bilik las standar: adalah jenis yang paling dasar dan cocok untuk ruang terbatas atau jumlah yang lebih sedikit. Bilik ini menyediakan fitur

keselamatan yang diperlukan seperti ventilasi, bahan tahan api dan pencahayaan yang tepat.

2. Bilik las multi-stasiun: dirancang untuk menampung beberapa orang secara bersamaan. Bilik dilengkapi dengan peralatan langkah-langkah keselamatan.
3. Bilik pengelasan canggih: bilik ini mencakup fitur tambahan seperti system pembuangan terpadu, kontrol keselamatan canggih dan pemantauan terkomputerisasi.
4. Bilik pengelasan bergerak: bilik ini portable dan dapat dipindahkan ke berbagai lokasi yang diinginkan.

Menurut Bangun Wilson (2012:377) keselamatan kerja adalah perlindungan atas keamanan kerja yang dialami pekerja baik fisik maupun mental dalam lingkungan pekerjaan. Keselamatan adalah prioritas utama dalam pengelasan, dan bilik las harus dirancang untuk meminimalkan risiko kecelakaan. Pemantauan udara tidak baik untuk lingkungan harus dilakukan agar dapat memantau kadar zat di udara masih dalam batas aman. Sistem local exhaust ventilation digunakan agar menekankan lingkungan kerja yang aman.

Bilik las adalah elemen penting dalam pengelasan yang berfungsi untuk memastikan keselamatan dan kualitas hasil lasan. Dengan desain yang baik, peralatan yang tepat, dan prosedur keselamatan yang ketat, bilik las dapat menciptakan lingkungan yang aman dan efisien. Kajian pustaka ini menyoroti pentingnya ventilasi, peralatan, dan prosedur keselamatan dalam operasi bilik las.

2.2 Macam-Macam Pengelasan

2.2.1 Las listrik

Las listrik adalah proses pengelasan yang memanfaatkan panas yang berasal dari energi listrik. Energi panas didapatkan pada saat elektroda bersentuhan dengan logam induk sehingga menghasilkan busur listrik. Adanya arus tersebut menimbulkan terjadinya sebuah arus pendek yang selanjutnya diterima mesin las dan diubah menjadi energi panas, dimana energi panas tersebut melelehkan elektroda dan logam induk sehingga akan melebur menjadi satu dan akhirnya tersambung. Elektroda adalah suatu material yang digunakan untuk melakukan

pengelasan listrik yang berfungsi sebagai pembakar yang akan menimbulkan busur nyala atau busur listrik. Adapun jenis las listrik yang digunakan di Politeknik Negeri Sriwijaya adalah *shield metal arc welding* (SMAW). SMAW adalah salah satu metode pengelasan yang paling serbaguna dan digunakan secara luas dalam berbagai aplikasi industri, terutama karena kemampuannya untuk menghasilkan sambungan yang kuat dan tahan lama (Nugroho, 2012).



Gambar 2.1 Las listrik
(Mesin industri, 2023)

2.2.2 Las gas

Pengelasan oksigen-bahan bakar, juga dikenal sebagai pengelasan gas, adalah salah satu proses pengelasan tertua, namun tetap menjadi andalan di industri karena keefektifannya dalam berbagai aplikasi (Lembar Fakta Keselamatan dan Kesehatan 2015).



Gambar 2.2 Las gas
(Mesin industri, 2023)

2.3 Dasar-Dasar Pemilihan Bahan

Setiap perencanaan rancang bangun memerlukan pertimbangan-pertimbangan bahan agar bahan yang digunakan sesuai dengan yang direncanakan. Hal-hal penting serta mendasar harus diperhatikan dalam pemilihan bahan (Sularso, 2004).

Dalam membuat dan merencanakan rancang bangun suatu alata tau mesin perlu sekali memperhitungkan pemilihan material yang akan digunakan. Pemilihan material yang sesuai akan menunjang keberhasilan pembuatan rancang bangun dan perencanaan alat tersebut . Material akan sangat menentukan proses pembentukan. Berdasarkan pemilihan bahan yang sesuai akan sangat menunjang keberhasilan dalam perencanaan tersebut, Adapun hal-hal yang perlu diperhatikan dalam pemilihan bahan yaitu :

2.3.1 Fungsi dari komponen

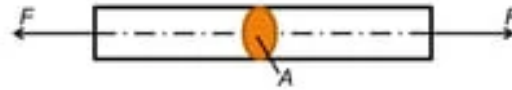
Dalam perencanaan ini komponen-komponen yang direncanakan mempunyai fungsi yang berbeda-beda. Yang dimaksud dengan fungsinya adalah bagian-bagian utama dari perencanaan atau bahan yang akan dibuat dan dibeli harus sesuai dengan fungsi dan kegunaan dari bagian-bagian bahan masing-masing. Namun pada bagian-bagian tertentu atau bagian bahan yang dapat beban yang lebih besar bahan yang dipakai tentunya lebih keras. Oleh karena itu penulis memeperhatikan jenis bahan yang digunakan sangat perlu untk diperhatikan.

2.3.2 Sifat mekanis bahan

Dalam perencanaan bahan perlu diketahui sifat mekanis dari bahan, hal ini bertujuan untuk meningkatkan efisiensi dalam penggunaan bahan. Dengan diketahuinya sifat mekanis dari suatu bahan maka akan diketahui pula kekuatan dari bahan tersebut. Dengan demikian akan mempermudah dalam perhitungan kekuatan atau kemampuan bahan yang akan diguakan pada setiap komponen. Tentu saja hal ini akan berhubungan dengan beban yang akan diberikan pada komponen tersebut. Sifat-sifat mekanis bahan yang dimaksud berupa kekuatan tarik, tegangan geser, modulus elastisitas dan sebagainya.

a. Tegangan tarik

Tegangan tarik adalah tegangan maksimum suatu benda ketika ditarik atau diregangkan hingga benda tersebut patah.



Gambar 2.3 Tegangan tarik
(Dwi, 2014)

$$\sigma_t = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.1)$$

Di mana, σ_t = Tegangan (N/m²)

F = gaya (N)

A = luas penampang (m²)

b. Tegangan izin

Tegangan izin adalah tegangan karakteristik yang dimiliki bahan, dimana pada tegangan izin ini faktor keamanan bahan masih berlaku. Tegangan izin merupakan batas tegangan yang masih berlaku yang memiliki faktor keamanan mengenai sebuah bahan.

$$\sigma_{izin} = \frac{\sigma_{maks}}{S_f} \dots\dots\dots(2.2)$$

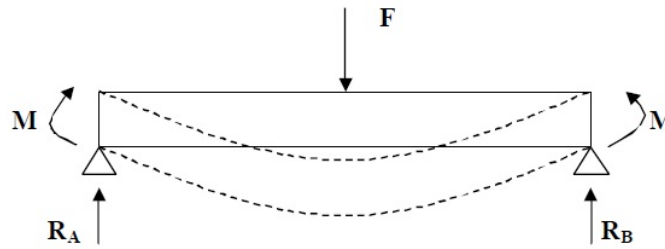
Di mana, σ_{izin} = Tegangan izin (N/m²)

σ_{maks} = gaya (N)

S_f = *Safety factor*

c. Tegangan bengkok (*bending*)

Tegangan bending adalah tegangan yang diberikan karena adanya gaya yang menumpu pada titik beban sehingga mengakibatkan benda tersebut seakan-akan melengkung. Akibat adanya tegangan bengkok maka serat pada salah satu sisi akan tertarik dan serat pada sisi yang lain akan tertekan. Jadi sebenarnya tegangan bengkok tidak lain adalah tegangan tarik atau tegangan tekan yang terjadi pada serat yang berlawanan pada satu penampang.



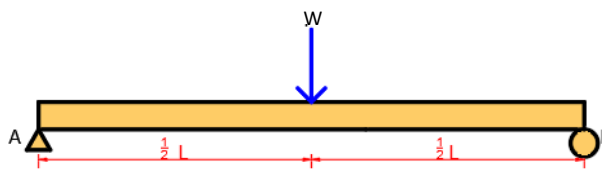
Gambar 2.4 Tegangan bending
(Henry, 2023)

$$\sigma_b = \frac{M_b}{W_b} \dots\dots\dots(2.3)$$

Di mana, σ_b = Tegangan bending (N/m²)

M_b = Momen bending (Nm)

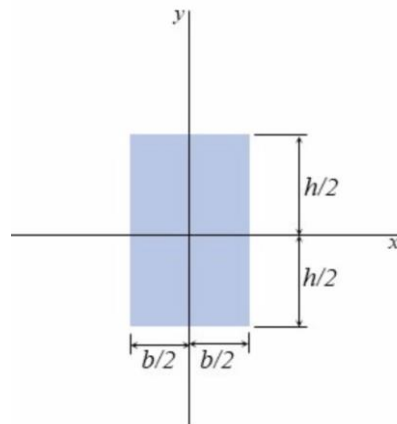
W_b = Momen tahanan bending (m³)



Gambar 2.5 Momen bending
(Mekanikateknik, 2020)

Momen bending adalah suatu gaya yang terjadi pada suatu batang atau balok ketika terjadi beban yang tidak simetris di atas dan di bawahnya.

$$M_b = \frac{W}{2} \times \frac{1}{2} \dots\dots\dots(2.4)$$



Gambar 2.6 Momen tahanan bending
(Arif, 2023)

Momen tahanan bending (W_b) adalah momen inersia (I) berbanding lurus dengan jarak terjauh terhadap sumbu yang melalui titik beratnya.

$$I_x = \frac{1}{2}bh^3 \rightarrow W_{bx} = \frac{I_x}{1/2h} = \frac{\frac{1}{2}bh^3}{1/2h} = \frac{1}{6}bh^2 \dots\dots\dots(2.5)$$

$$I_y = \frac{1}{2}b^3h \rightarrow W_{by} = \frac{I_y}{1/2b} = \frac{\frac{1}{2}b^3h}{1/2b} = \frac{1}{6}b^2h \dots\dots\dots(2.6)$$

Biasanya W_{bx} dan W_{by} pada penerapannya dinyatakan dengan W_b

Jika beban/gaya bekerja tegak lurus sumbu x : $W_b = \frac{1}{6}bh^2$

Jika beban/gaya bekerja tegak lurus sumbu y : $W_b = \frac{1}{6}b^2h$

Dimana, I_x = Momen inersia (m^4)

I_y = Momen inersia (m^4)

d. *Safety factor*

Faktor keamanan adalah faktor yang digunakan untuk mengevaluasi supaya perencanaan elemen mesin terjamin keamanannya dengan dimensi yang minimum (Joseph P Vidosvic, 2013).

Faktor keamanan berdasarkan jenis beban adalah:

- Beban statis : 1,25 – 2
- Beban dinamis : 2 – 3
- Beban kejut : 3 – 5

e. Modulus elastisitas

Modulus elastisitas adalah ukuran kuantitatif yang menunjukkan tingkat ketahanan suatu bahan untuk berdeformasi saat mendapatkan gaya dari luar.

2.3.3 Sifat fisis bahan

Sifat fisik bahan juga perlu diketahui untuk menentukan bahan apa yang akan dipakai. Sifat fisis yang dimaksud disini seperti kekerasan, kekakuan, ketahanan terhadap korosi, tahan terhadap gesekan dan lain sebagainya.

- a. Kekerasan (*hardness*) merupakan ketahanan material terhadap penekanan atau indentasi / penetrasi. Sifat ini berkaitan dengan sifat tahan aus

(*wear resistance*) yaitu ketahanan material terhadap penggoresan atau pengikisan.

- b. kekuatan (*strength*) merupakan kemampuan suatu material untuk menerima tegangan tanpa menyebabkan material menjadi patah. Berdasarkan pada jenis beban yang bekerja, kekuatan dibagi dalam beberapa macam yaitu kekuatan tarik, kekuatan geser, kekuatan tekan, kekuatan torsi, dan kekuatan lengkung.

2.3.3 Bahan mudah didapat

Bahan-bahan yang akan dipergunakan untuk komponen suatu mesin yang akan direncanakan hendaknya di usahakan agar mudah didapat di pasaran, karena apabila nanti terjadi kerusakan akan mudah dalam penggantinyaannya. Meskipun bahan yang akan direncanakan telah diperhitungkan dengan baik, akan tetapi jika tidak di dukung oleh persediaan bahan yang ada di pasaran, maka pembuatan suatu alat tidaklah terlaksana dengan baik, karena terhambat oleh pengadaan bahan yang sulit. Oleh karena itu perencana harus mengetahui bahan-bahan yang ada dan banyak di pasaran.

2.3.4 Harga relatif murah

Untuk membuat komponen-komponen yang direncanakan maka di usahakan bahan-bahan yang akan digunakan harganya harus semurah mungkin dengan tanpa mengurangi karakteristik dan kualitas bahan tersebut dengan demikian akan mengurangi biaya produksi dari komponen yang direncanakan.

2.4 Komponen Bilik Las

Dalam proses pembuatan bilik las ini diperlukan komponen yang sesuai, Adapun komponen-komponen dalam pembuatan bilik las yaitu sebagai berikut:

2.4.1 Pipa *stables* (besi *hollow*)

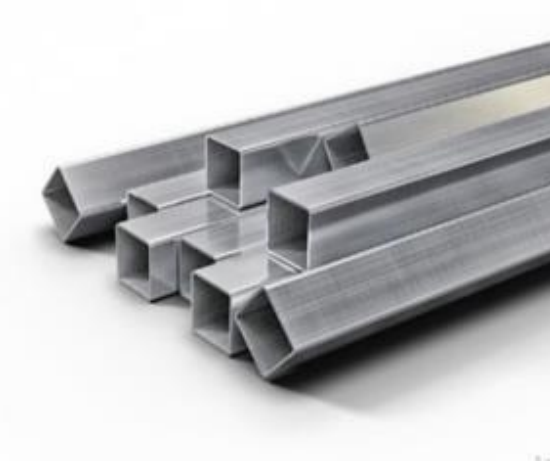
Besi *hollow* adalah besi yang berbentuk kotak berlubang (persegi atau persegi panjang). Besi berongga disebut juga besi berongga persegi, besi berongga kotak, dan besi berongga. Besi *hollow* biasanya terbuat dari besi *galvanis*, *stainless steel*, atau baja (Dekoruma, 2018).

Besi *hollow* memiliki sifat-sifat mekanik yang baik seperti kekuatan, kekakuan dan ketahanan terhadap korosi sehingga sering digunakan sebagai elemen struktural dalam konstruksi bangunan, penopang, rangka dan lain sebagainya. Selain itu, besi *hollow* juga dapat digunakan sebagai bahan baku dalam pembuatan berbagai pokok manufaktur, seperti peralatan olahraga, kendaraan dan mesin. Kelebihan besi *hollow* adalah sifatnya yang ringan dan kuat, sehingga mudah dalam proses instalasi dan dapat mengurangi beban struktur keseluruhan. Selain itu, besi *hollow* juga memiliki tampilan yang rapi dan dapat meningkatkan nilai estetika pada sebuah konstruksi.

Besi *hollow* sering digunakan sebagai rangka dalam konstruksi dan pembuatan furnitur karena memiliki beberapa keunggulan yang menjadikannya pilihan yang baik. Berikut adalah faktor-faktor utama yang membuat besi *hollow* menjadi material pilihan untuk rangka:

- a. Kekuatan dan daya tahan tegangan tinggi: Besi *hollow* memiliki tegangan tarik dan tekan yang tinggi, sehingga dapat menahan beban yang besar tanpa mengalami deformasi. Ketahanan terhadap
- b. Ringan tetapi kuat rasio kekuatan terhadap berat: Besi *hollow* memiliki rasio kekuatan terhadap berat yang baik, membuatnya cukup kuat untuk digunakan sebagai rangka tanpa menambah beban yang berlebihan pada struktur keseluruhan.
- c. Kemudahan dalam pembentukan dan konstruksi mudah dibentuk: Besi *hollow* dapat dipotong, dibor, dan dibentuk dengan mudah menggunakan alat-alat konstruksi standar.
- d. Kemudahan sambungan: Dapat dengan mudah disambung menggunakan pengelasan, baut, atau rivet, memberikan fleksibilitas dalam desain dan konstruksi.
- e. Kestabilan dimensional kestabilan bentuk: Besi *hollow* tidak berubah bentuk seiring waktu dan lingkungan seperti kayu yang bisa melengkung atau memuai karena kelembaban.
- f. Keamanan dan kestabilan struktur yang Stabil: Besi *hollow* memberikan struktur yang stabil dan aman, mengurangi risiko kegagalan struktural.

- g. Tahan api: Tidak mudah terbakar seperti material kayu, memberikan keunggulan tambahan dalam hal keamanan kebakaran.



Gambar 2.7 Pipa stables
(Alia, 2023)

Berikut perhitungan dasar untuk mencari volume, massa dan gaya gravitasi pada besi *hollow*:

- a. Volume rangka besi *hollow* (Modul Bangun Datar dan Bangun Ruang)

$$V = (D_l^2 - D_d^2) \times L \dots\dots\dots(2.7)$$

Di mana, $V = \text{Volume (m}^3\text{)}$

$D_l^2 = \text{Diameter luar (m)}$

$D_d^2 = \text{Diameter dalam (m)}$

$L = \text{Panjang (m)}$

- b. Massa kerangka besi *Hollow*

$$M = \rho \times V \dots\dots\dots(2.8)$$

Di mana, $M = \text{Massa (Kg)}$

$V = \text{Volume (m}^3\text{)}$

$\rho = \text{Massa Jenis (kg/m}^3\text{)}$

- c. Gaya gravitasi kerangka besi *hollow*

$$F_g = m \times g \dots\dots\dots(2.9)$$

Dimana, $F = \text{Gaya gravitasi (N)}$

$M = \text{Massa besi (Kg)}$

g = Kecepatan gravitasi (9,8 m/s)

2.4.2 Plywood

Secara bahasa kayu lapis berarti kayu lapis. Menurut terminologi wikipedia bahasa Indonesia, kayu lapis, sering disebut tripleks atau multipleks, adalah sejenis papan produksi yang terdiri dari lapisan-lapisan kayu (veneer) yang direkatkan dengan perekat (Firman, 2017). Adapun tebal *plywood* yang digunakan dalam pembuatan bilik las ini adalah 4mm.



Gambar 2.8 Plywood
(Kania Dokoruma, 2024)

Berikut perhitungan dasar untuk mencari volume, massa dan berat beban pada *plywood*:

1. Volume *plywood* (Hidayat, 2021)

$$V = p \times l \times t \dots\dots\dots(2.10)$$

Di mana, V = Volume (m^3)

P = Panjang (m)

L = Lebar (m)

T =Tinggi (m)

2. Massa *plywood* (Ramses, 2010)

$$m = V \times \rho \dots\dots\dots(2.11)$$

Di mana, m = Massa (Kg)

V = Volume (m^3)

ρ = Massa Jenis (kg/m^3)

3. Berat beban kerangka *plywood* (Rachmawati, 2018)

$$M = m \times g \dots\dots\dots(2.12)$$

Di mana, M = Berat Beban (N)

m = Massa Plafon (Kg)

g = Kecepatan Gravitasi ($9,8 = m/s$)

2.4.3 Blower *inline*

Menurut Slamet Nugroho (2012). Blower adalah mesin atau alat yang dirancang untuk menaikkan atau meningkatkan tekanan udara atau gas yang mengalir melalui ruang tertentu, atau untuk menarik atau membuang udara atau gas tertentu. Biasanya, kipas angin digunakan untuk mengedarkan gas-gas tertentu didalam ruangan. Selain itu, blower adalah mesin yang memampatkan udara atau gas dengan gaya sentrifugal hingga tekanan akhir 40 psig atau lebih.



Gambar 2.9 Blower inline
(Danda, 2024)

Kecepatan aliran udara pada blower :

$$Q = A \times V \dots\dots\dots(2.13)$$

Di mana , Q = kecepatan aliran udara (CFM atau m^3/s)

A = luas penampang saluran udara (ft^2 atau m^2)

V = kecepatan aliran udara (ft/min atau m/s)

Input power pada blower:

$$P_{input} = \frac{Q \times \Delta P}{\eta} \dots\dots\dots(2.14)$$

Di mana, P_{input} = daya input (Watt)
 Q = laju aliran volumetrik (m^3/s)
 ΔP = perbedaan tekanan pada blower (Pa)
 η = efisiensi blower

2.4.4 Pipa *exhaust*

Pipa *exhaust* adalah Pipa *exhaust* umumnya terbuat dari material yang tahan terhadap panas dan korosi, seperti baja tahan karat atau logam aluminized. Fungsi utamanya adalah untuk mengarahkan gas buang ke tempat pembuangan yang dihasilkan oleh mesin.

Pipa adalah sebuah selongsongan bundar (silinder berongga) yang digunakan untuk mengalirkan fluida cairan atau gas. Pipa biasanya disamakan dengan istilah tube, pipa tersebut biasanya terbuat dari bermacam-macam bahan sesuai dengan kebutuhannya, seperti: besi, tembaga, kuningan, plastic, pvc, alumunium, *stainless*. (Mukti Wibowo. 1974).



Gambar 2.10 Pipa *exhaust*
(Alif, 2022)

2.4.5 Klem selang

Klem selang adalah material yang umumnya dipakai untuk mengencangkan selang ke suatu material lainnya. Klem selang mempunyai beberapa ukuran dipasaran. Umumnya bahan pembuatan klem selang ini terbuat dari *stainless steel*.



Gambar 2.11 Klem selang
(Alif, 2022)

2.4.6 Karet kaki

Karet kaki besi *hollow* adalah jenis perlengkapan yang digunakan untuk melapisi atau menutup ujung kaki besi *hollow*. Karet kaki ini memiliki kegunaan yakni dapat mengurangi kebisingan saat memindahkan atau menggerakkan komponen, membuat stabilitas agar tidak mudah bergeser dan dapat melindungi lantai dari goresan.



Gambar 2.12 Karet kaki
(Rifki, 2023)

Adapun beberapa spesifikasi umum yang sering diperhatikan pada karet kaki yaitu:

1. Ukuran

Diameter dan ketebalan karet kaki harus sesuai dengan dimensi besi *hollow*. Pastikan mengukur besi *hollow* dengan tepat untuk mendapatkan ukuran karet yang pas.

2. Bahan

Karet kaki biasanya terbuat dari bahan karet yang tahan lama dan elastis, seperti karet alam atau karet sintetis (misalnya, EPDM, NBR). Bahan ini dipilih untuk daya tahan terhadap tekanan dan abrasi.

3. Kekerasan

Kekerasan karet diukur dengan skala *Shore A*. Karet kaki untuk besi hollow umumnya antara 40-70 *Shore A*, tergantung pada kebutuhan penggunaan.

4. Desain

Desain karet kaki bisa bervariasi, termasuk model dengan paku atau pengikat tambahan untuk memastikan karet tidak mudah lepas dari besi hollow.

5. Tahan cuaca

Karet harus tahan terhadap berbagai kondisi cuaca, termasuk panas, hujan, dan sinar UV, agar tidak mudah retak atau aus.

6. Warna

Warna karet kaki bisa disesuaikan dengan preferensi atau estetika, meskipun umumnya warna hitam lebih umum digunakan karena lebih tahan lama dan tidak mudah kotor.

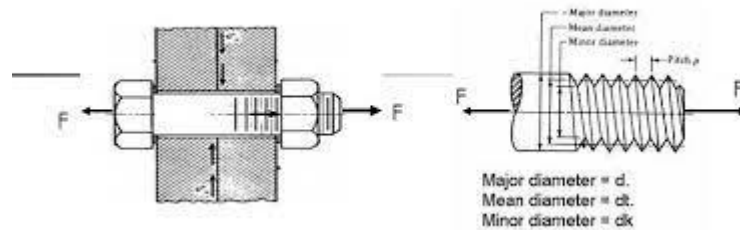
2.4.7 Baut dan mur

(Kumpanan, 2016) Baut dan mur berfungsi untuk mengikat antar rangka. Pemilihan baut dan mur sebagai alat pengikat harus dilakukan dengan seksama untuk mendapatkan ukuran yang sesuai. Untuk menentukan ukuran baut dan mur, terdapat berbagai faktor yang harus diperhatikan seperti sifat gaya yang akan bekerja pada baut, syarat kerja, kekuatan bahan, kelas ketelitian dll. Adapaun gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa:

- a) Beban statis aksial murni
- b) Beban aksial bersama dengan beban puntir

- c) Beban geser
- d) Beban tumpuan aksial

Untuk menghindari kesalahan didalam pemilihan mur dan baut perhatikan gambar dibawah ini:

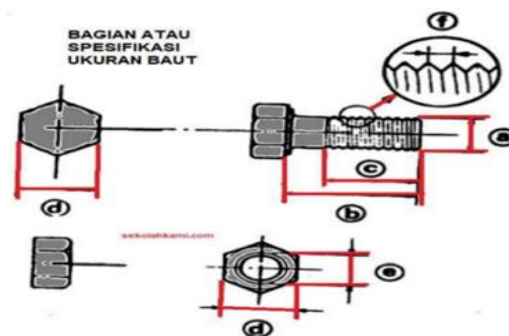


Gambar 2.13 Perhitungan sambungan baut dan mur
(Andika Pratama, 2018)

Dalam baut terdiri beberapa bagian. Bagian tersebut terdiri dari diameter ulir, panjang baut, panjang ulir, jarak ulir dan lain sebagainya. Lalu bagaimana membedakan beberapa bagian diatas. Berikut merupakan spesifikasi ukuran baut.

Tabel 2.1 Tabel standar ulir ISO Metrik

Diameter nominal $d = D$	Gang P	Diameter Tengah $d_2 = D_2$	Baut		Mur	
			Diameter terkecil d_3	Luas tegangan tarik $A_s^{1/(mm^2)}$	Diameter terkecil D_1	Diameter mata bor
M 1	0,25	0,838	0,69	0,46	0,73	0,75
M 1,2	0,25	1,038	0,89	0,73	0,93	0,95
M 1,6	0,35	1,373	1,71	1,27	1,22	1,25
M 2	0,4	1,740	1,51	2,07	1,57	1,6
M 2,5	0,45	2,208	1,95	3,39	2,01	2
M 3	0,5	2,675	2,39	5,03	2,46	2,5
M 4	0,7	3,545	3,14	8,78	3,24	3,3
M 5	0,8	4,480	4,02	14,2	4,13	4,2
M 6	1	5,350	4,77	20,1	4,91	5
M 8	1,25	7,188	6,47	36,6	6,65	6,8
M 10	1,5	9,026	8,16	58,0	8,37	8,5
M 12	1,75	10,863	9,85	84,3	10,10	10,2
(M 14)	2	12,700	11,55	115	11,83	12
M 16	2	14,701	13,55	157	13,83	14
(M 18)	2,5	16,376	14,93	192	15,29	15,5
M 20	2,5	18,376	16,93	245	17,29	17,5
(M 22)	2,5	20,376	18,93	303	19,29	19,5
M 24	3	22,051	20,32	353	20,75	21
(M 27)	3	25,051	23,32	459	23,75	24
M 30	3,5	27,727	25,71	561	26,21	26,5
(M 33)	3,5	30,726	28,71	693	29,21	29,5
M 36	4	33,402	31,09	817	31,67	32
(M 39)	4	36,401	34,09	975	34,67	35
M 42	4,5	39,077	36,48	1120	37,13	37,5
(M 45)	4,5	42,077	39,48	1306	40,13	40,5
M 48	5	44,752	41,87	1470	42,59	43
(M 52)	5	48,752	45,87	1758	46,59	47
M 56	5,5	52,427	49,25	2030	50,04	50,5
(M 60)	5,5	56,427	53,25	2362	54,04	54,5
M 64	6	60,102	56,64	2676	57,50	58
(M 68)	6	64,102	60,64	3055	61,50	62

**Gambar 2.14** Bagian atau Spesifikasi Ukuran Baut dan Mur (Arif Putra, 2022)

Keterangan :

A = Merupakan diameter baut

B = Merupakan panjang baut

C = Merupakan panjang ulir atau daerah dekat efektif

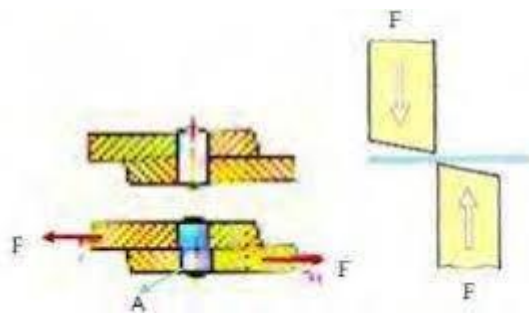
D = Merupakan bagian yang sejajar dengan diameter baut yang berfungsi untuk menentukan besar kunci yang digunakan untuk memasang dan melepas baut tersebut

E = Merupakan diameter mur

F = Merupakan jarak ulir baut

a. Tegangan geser

Tegangan geser terjadi jika suatu benda bekerja dengan dua gaya yang berlawanan arah, tegak lurus sumbu batang. tidak segaris gaya namun pada penampangnya tidak terjadi momen. Tegangan ini banyak terjadi pada konstruksi. Misalnya: sambungan keling, gunting. dan sambungan baut.



Gambar 2.15 Tegangan geser
(Funny, 2010)

Pada gambar diatas, dua gaya F sama besar berlawanan arah. Gaya F bekerja merata pada penampang A. pada material akan timbul tegangan gesernya sebesar:

$$\tau_{geser} = \frac{F_{total}}{A} \dots\dots\dots(2.15)$$

- Di mana,
- τ_{geser} = Tegangan geser (N/mm²)
 - F = Beban (N)
 - A = Luas penampang baut (mm²)

Mencari tegangan izin dan tegangan geser izin pada sambungan baut:

$$\sigma_{t\ izin} = \frac{\sigma_t}{S_f} \dots\dots\dots(2.16)$$

$$\tau_{g\ izin} = 0,5 \times \sigma_{t\ izin} \dots\dots\dots(2.17)$$

- Di mana,
- $\sigma_{t\ izin}$ = Tegangan izin (N/m²)

$\tau_{g \text{ izin}}$ = Tegangan geser izin (N/m^2)

σ_t = Tegangan geser (N/m^2)

S_f = Faktor keamanan

b. Baut

Baut adalah suatu batang atau poros dengan ulir pada permukaan porosnya. Baut berfungsi untuk mengikat dua benda yang akan dihubungkan ke rangka mesin agar benda tersebut tidak bergeser sewaktu mesin dioperasikan. Untuk mengurangi efek gesekan antara kepala baut dengan benda tersebut dapat ditambahkan ring/washer diantara kepala baut dan permukaan benda kerja.

Tabel 2.2 Spesifikasi baut

Metric	Diameter	Lebar Kepala / Ukuran Kunci
M4	4 mm	7mm
M5	5mm	8mm
M6	6mm	10mm
M8	8mm	13mm
M10	10mm	17mm
M12	12mm	19mm
M14	14mm	14mm
M16	16mm	16mm
M18	18mm	18mm
M20	20mm	20mm
M22	22mm	22mm

Baut digolongkan menurut bentuk kepalanya yaitu dari segienam, socket, dan kepala mur persegi. Contoh baut penjepit dapat dibagi menjadi beberapa bagian, yaitu:

- a) Baut tembus, untuk menjepit dua bagian melalui lubang tembus, imana jepitan diketatkan dengan sebuah mur.
- b) Baut tap, untuk menjepit dua bagian dimana jepitan diketatkan dengan ulir yang di tap pada salah satu bagian.
- c) Baut tanam, merupakan baut tanpa kepala dan diberi ulir pada kedua ujungnya. Untuk dapat menjepit dua bagian, baut ditanam pada salah satu bagian yang mempunyai lubang berulir dan jepitan diketatkan pad sebuah mur.

c. Mur

Umumnya mur mempunyai bentuk segienam, tetapi pemakaian khusus dapat dipakai mur dengan bentuk bermacam-macam, seperti mur bulat, mur flange, mur tutup, mur mahkota dan mur kuping.



Gambar 2.16 Macam-macam mur
(Chan, 2013)

2.5 Dasar Perhitungan Pemesinan

Dalam proses perencanaan atau rancang bangun suatu mesin dibutuhkan dasar-dasar perhitungan yang menggunakan rumus-rumus sebagai berikut:

2.5.1 Mesin gerinda

Mesin gerinda adalah salah satu mesin perkakas dengan mata potong jamak, dimana potongannya berjumlah banyak yang digunakan untuk mengasah/memotong benda kerja dengan tujuan tertentu. Prinsip kerja mesin gerinda adalah batu gerinda berputar bersentuhan dengan benda kerja sehingga terjadi pengikisan, pengasahan, dan pemotongan.

Untuk menghitung waktu pengerjaan pada mesin gerinda tangan maka dapat menggunakan rumus:

Putaran pada mesin

$$n = \frac{1000 \times V_c}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.18)$$

Di mana, n = Putaran Mesin (Rpm)

V_c = kecepatan potong = (meter/menit)

1000 = konversi satuan meter ke milimeter (mm)

Menghitung waktu penggerindaan

$$T_m = \frac{t_g \times L \times t_b}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.19)$$

- Di mana,
- T_m = waktu pengerjaan (menit)
 - T_g = tebal mata gerinda (mm)
 - L = panjang bidang pemotongan (mm)
 - t_b = ketebalan benda kerja (mm)
 - S_r = kedalaman pemakanan (mm)

2.5.2 Mesin las listrik

- a. Menghitung kecepatan pengelasan

$$v = \frac{d}{t} \dots\dots\dots(2.20)$$

- b. Menghitung waktu pengelasan

$$T_m = \frac{l}{v} \dots\dots\dots(2.21)$$

- Di mana, v = kecepatan pengelasan (mm/detik)
- d = ukuran kawat elektroda (mm)
 - t = waktu pengelasan (detik)
 - T_m = waktu permesinan (Jam)
 - L = Panjang Pengelasan (mm)

Table 2.3 Hubungan diameter elektroda dengan arus listrik pengelasan (Nugroho dan Setiawan, 2018)

Diamter Kawat Las (mm)	Arus Las (Ampere)
1.6	25 – 45
2.0	50 – 75
2.5	70 – 95
3.2	95 – 130
4.0	135 – 180
5.0	155 – 240

2.5.3 Mesin bor

Bor adalah mesin yang digunakan untuk pengeboran lubang pada sebuah material. Pengeboran juga dapat digunakan untuk menyeleksi lubang sampai ukuran yang tepat. Mesin bor merupakan alat yang di gunakan untuk bermacam-macam penggunaan seperti reaming (perluasan lubang), counterboring, boring, dan pekerjaan bulat lainnya. Mesin bor atau sering juga disebut mesin gurdi adalah salah satu jenis perkakas dengan gerakan utama berputar. Dilengkapi sebuah pahat pemotong yang berputar dan memiliki beberapa sisi potong dan alur yang berhubungan disepanjang badan pahat, alur ini dapat berbentuk spiral/heliks yang berfungsi untuk lewatnya serpihan hasil pemotongan dan cairan pendingin. Proses permesinan yang paling sederhana diantara proses permesinan yang lain adalah proses pengeboran atau proses pembuatan lubang bulat dengan menggunakan mata bor (twist drill). Mesin bor dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Mesin bor tangan (mekanik dan elektrik)

- Kecepatan pemotongan
- Mesin bor bangku
- Mesin bor tiang (*couloum*)
- Mesin bor radial
- Mesin bor jig

Berikut rumus perhitungan permesinan pada mesin bor:

Kecepatan putaran mesin

$$n = \frac{V_c \times 1000}{\pi \times d} \dots\dots\dots(2.22)$$

Di mana, n = Putaran benda kerja (Rpm)

V_c = Kecepatan pemotongan (m/mnt)

d = Diameter mata bor (mm)

Waktu permesinan

$$T_m = \frac{L}{S_r \times n} \dots\dots\dots(2.23)$$

$$L = l + 0,3 \times d \dots\dots\dots(2.24)$$

Di mana, T_m = Waktu pengerjaan (menit)
 L = Kedalaman pengeboran (mm)
 l = Jarak awal pelat (mm)
 S_r = ketebalan pemakanan (mm/menit)

Tabel 2.4 Ketetapan Vc (Dadang dkk, 2013)

Nama Bahan	Kecepatan Potong (m/menit)
Alumunium dan Paduan	61,00 – 91,50
Baja Karbon Tinggi – Baja Karbon Rendah	15,25 – 33,55
Besi Tuang Keras – Lunak	21,35 – 45,75
Kuningan, <i>Bronze</i>	61,00 – 91,50
<i>Stainless Steel</i>	09,16 – 24,40
Tembaga	61,00 – 91,50

Tabel 2.5 Besar pemakanan berdasarkan diameter bor (Dede, 2013)

Diameter Mata Bor (mm)	Kecepatan Potong (m/menit)
< 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

2.7 Perhitungan Biaya Produksi

Menurut Soeharno (2009) biaya produksi adalah semua pengeluaran yang digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan barang dan jasa. Meningkatnya biaya produksi berarti bertambahnya jumlah barang/jasa yang diproduksi sehingga meningkatkan pendapatan secara langsung akan tetapi peningkatan biaya produksi tanpa disertai peningkatan permintaan akan barang/jasa yang diproduksi dan tanpa disesuaikan dengan permintaan maka akan mempengaruhi modal. Perhitungan biaya produksi bertujuan untuk mengetahui

besar biaya yang dikeluarkan selama proses pembuatan dan juga dapat menentukan besarnya harga jual dari suatu produk atau alat yang di produksi, adapun biaya produksi meliputi antara lain :

2.7.1 Biaya material

Biaya material adalah biaya yang digunakan dalam pembelian bahan baku alat yang akan diproduksi atau proses pembuatan. Material yang digunakan dalam proses pembuatan ini bermacam-macam, harga material ditentukan dari berat, ukuran, dan jumlah satuan dari material tersebut.

$$V_b = l b h \text{ (mm}^3\text{)} \dots\dots\dots(2.25)$$

$$M = V\rho \text{ (kg)} \dots\dots\dots(2.26)$$

$$T_H = H_s M \dots\dots\dots(2.27)$$

Di mana, V_b = Volume balok (mm³)

L = Panjang (mm)

b = Lebar (mm)

h = Tinggi (mm)

V_s = Volume Silinder (mm³)

d = Diameter (mm)

W = Berat bahan (kg)

ρ = Massa jenis bahan (kg/mm³)

T_H = Total harga per material (Rp)

H_s = Harga satuan (Rp)

2.7.2 Biaya sewa mesin

Untuk menentukan biaya pemakaian mesin dapat digunakan rumus sebagai berikut:

$$BSM = T_m \times B \dots\dots\dots(2.28)$$

Di mana, BSM = Biaya sewa mesin (Rp)

T_m = Waktu pengerjaan (Jam)

B = Harga sewa perjam (Rp)

$$\text{BSM per jam} = \frac{\text{Harga sewa per hari}}{\text{jam kerja}} \dots\dots\dots(2.29)$$

Di mana, BSM per jam = biaya sewa mesin perjam

2.7.3 Biaya listrik

Dalam pemakaian listrik dapat diketahui besarnya pemakaian dengan menggunakan rumus:

$$B_L = T_M B_{PL} P \text{ (Rp)} \dots\dots\dots(2.30)$$

Di mana, B_L = Biaya listrik (Rp)

T_M = Waktu permesinan (jam)

B_{PL} = Biaya pemakaian listrik (Rp 1.44,70/kWh)

P = Daya mesin (Kw)

2.7.4 Biaya operator

Biaya operator merupakan biaya yang dikeluarkan untuk membayar penggunaan tenaga kerja (Mita dan Widyastuti, 2018). Untuk biaya operator, diambil biaya sebesar Rp.3.456.874,-/bulan sesuai dengan data yang diambil dari upah minimum Provinsi Sumatera Selatan tahun 2023 (Databoks.katadata.co.id).

Maka biaya operator per jam dapat menggunakan rumus berikut :

$$BO = S \times T \dots\dots\dots(2.31)$$

$$S = \frac{UMP}{JK} \dots\dots\dots(2.32)$$

Di mana , BO = Bayaran operator per jam (Rp./jam)

S = Upah /jam (Rp)

T = Lama waktu operator bekerja (jam)

UMP = Upah Minimum Provinsi Sumatera Selatan

JK = Jam Kerja

2.7.5 Biaya tak terduga

Dalam proses pembuatan alat, diambil 15% dari biaya material dan biaya sewa mesin untuk biaya tak terduga. Maka biaya tak terduga antara lain:

$$B_T = 15\% (H_M + B_{SM}) \dots\dots\dots(2.33)$$

Di mana, B_T = Biaya tak terduga (Rp)

H_M = Harga total material (Rp)

B_{SM} = Biaya sewa mesin (Rp)

2.7.5 Biaya produksi

Biaya produksi adalah biaya yang dikeluarkan untuk membuat barang atau jasa. Biaya produksi terdiri dari biaya material, biaya listrik, operator, sewa mesin dan biaya tak terduga. Maka perhitungan biaya produksi yaitu :

$$T_{BP} = H_M + B_{SM} + B_L + B_O + B_T \dots\dots\dots(2.34)$$

Di mana, T_{BP} = Total Biaya Produksi (Rp)

B_{SM} = Biaya sewa mesin

H_m = Harga material

B_L = Biaya listrik

B_O = Biaya operator

B_t = Biaya tak terduga

2.7.7 Keuntungan

Dari Syaikh Muhammad bin Sholeh Al'Utsaimin berkata, "Keuntungan itu tidak dibatasi, diperbolehkan mengambil keuntungan 10%, 20%, atau lebih, asalkan tidak ada pengelabuan dalam jual belinya. Adapun keuntungan yang direncanakan dalam penjualan produk alat ini sebesar 25% dari biaya produksi. Maka keuntungan adalah:

$$K = 25\% \times T_{BP} \dots\dots\dots(2.35)$$

Di mana, K = Keuntungan (Rp)

T_{BP} = Total Biaya Produksi (Rp)

2.7.8 Harga jual

Harga jual adalah besaran harga yang dapat menutupi besarnya harga produksi dan ditambah dengan laba / keuntungan yang wajar (Mita dan Widyastuti, 2018). Maka harga jual adalah:

$$HJ = T_{BP} + K \dots\dots\dots(2.36)$$

Di mana, HJ = Harga Jual (Rp)

TBP = Total biaya produksi

K = Keuntungan

2.8 Perawatan (*Maintenance*)

2.8.1 Pengertian perawatan (*maintenance*)

Menurut Nasution *et al.* (2021), dalam industri manufaktur, fungsi perawatan atau perawatan sama pentingnya dengan fungsi lain, seperti produksi. Ini disebabkan fakta bahwa ketika memiliki mesin atau peralatan, kita biasanya berusaha untuk tetap dapat menggunakannya dengan demikian, proses produksi dapat berlangsung dengan tanpa hambatan.

2.8.2 Tujuan perawatan (*maintenance*)

Perawatan (*maintenance*) adalah kegiatan pendukung bagi kegiatan komersil, maka seperti kegiatan lainnya, *maintenance* harus efektif, efisien dan berbiaya rendah. Dengan adanya kegiatan *maintenance* ini, maka mesin/peralatan produksi dapat digunakan sesuai dengan rencana dan tidak mengalami kerusakan selama jangka waktu tertentu yang telah direncanakan tercapai (Nasution, Bakhori & Novarika, 2021).

Beberapa tujuan dari perawatan (*maintenance*) adalah sebagai berikut:

- a. Kemampuan berproduksi dapat memenuhi kebutuhan sesuai dengan rencana produksi.
- b. Menjaga kualitas pada tingkat yang tepat untuk memenuhi apa yang dibutuhkan oleh produk itu sendiri dan kegiatan produksi yang tidak terganggu.
- c. Untuk membantu mengurangi pemakaian dana penyimpanan yang di luar batas dan menjaga modal yang diinvestasikan dalam perusahaan selama waktu yang ditentukan sesuai dengan kebijakan perusahaan mengenai investasi tersebut.
- d. Untuk mencapai tingkat biaya perawatan secara efektif dan efisien keseluruhannya.
- e. Untuk menjamin keselamatan orang yang menggunakan sarana tersebut.
- f. Memaksimalkan ketersediaan semua peralatan sistem produksi (mengurangi *downtime*).
- g. Untuk memperpanjang umur masa pakai dari mesin peralatan.

2.8.3 Jenis-jenis perawatan (*maintenance*)

Berdasarkan kebijakan dalam melakukan perawatan, terdapat jenis-jenis perawatan adalah sebagai berikut:

a. Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*)

Pemeliharaan terencana (*planned maintenance*) adalah pemeliharaan terencana yang telah diatur jadwal yang telah disesuaikan dengan keadaan alat dalam jangka waktu tertentu. Maka dari itu, program pemeliharaan harus bersifat dinamis dan mengharuskan pemantauan serta pengendalian yang aktif oleh bagian pemeliharaan melalui data yang tercatat dalam sejarah penggunaan mesin dan peralatan. Pendekatan pemeliharaan terencana bertujuan untuk mengatasi tantangan yang muncul selama pelaksanaan aktivitas pemeliharaan. Informasi ini berperan dalam memfasilitasi komunikasi serta menyediakan data yang komprehensif untuk mendukung proses pengambilan keputusan. Laporan permintaan pemeliharaan, laporan pemeriksaan, dan laporan perbaikan adalah beberapa contoh data penting dalam kegiatan pemeliharaan. Terdapat tiga jenis pelaksanaan pemeliharaan terencana, yaitu:

1) Pemeliharaan pencegahan (*preventive maintenance*)

Preventive maintenance adalah kegiatan yang dilakukan untuk mencegah kerusakan, baik itu yang terduga maupun yang tidak terduga dan menemukan kondisi atau keadaan yang dapat menyebabkan kerusakan alat produksi saat digunakan dalam proses pembuatan. Dengan demikian, semua alat produksi yang diberikan *preventive maintenance* akan tetap berjalan lancar dan selalu dijaga dalam kondisi atau keadaan yang siap digunakan untuk operasi.

2) Pemeliharaan perbaikan (*corrective maintenance*)

Corrective maintenance adalah kegiatan perawatan yang dilakukan ketika terjadi suatu kerusakan pada mesin atau keadaan ketika mesin tidak beroperasi secara maksimal dan optimal.

3) *Predictive maintenance*

Predictive maintenance adalah pemeliharaan terjadwal dengan memperhatikan keadaan mesin dan dievaluasi hasilnya. Untuk menjalankan *predictive maintenance*, data-data seperti getaran, suhu, vibrasi, laju aliran, dan lainnya dapat diambil sebagai acuan. Rencana perawatan prediktif dapat disusun berdasarkan informasi yang diberikan oleh operator lapangan melalui pesanan kerja yang diteruskan kepada departemen pemeliharaan. Tujuannya adalah untuk mengambil Tindakan yang sesuai dan mencegah dampak buruk bagi perusahaan.

b. Pemeliharaan tak terencana (*unplanned maintenance*)

Pemeliharaan tak terencana adalah Tindakan pemeliharaan yang diterapkan setelah mesin atau peralatan tidak lagi dapat beroperasi, berbeda dengan pemeliharaan yang seharusnya dilakukan saat mesin atau peralatan masih dapat berfungsi. Melalui pendekatan pemeliharaan tak terencana ini, diharapkan penerapan Tindakan perawatan ini dapat memperpanjang masa pakai mesin atau peralatan serta mengurangi frekuensi terjadinya kerusakan.

c. Pemeliharaan mandiri (*autonomous maintenance*)

Pemeliharaan mandiri adalah pendekatan yang bertujuan untuk meningkatkan produktivitas dan efisiensi mesin atau peralatan dengan melibatkan operator dalam kegiatan pemeliharaan yang dilakukan secara mandiri terhadap mesin atau peralatan yang mereka tangani. Prinsip-prinsip yang terdapat pada 5S, merupakan prinsip yang mendasari *autonomous maintenance*, yaitu:

- 1) Seiri (*clearing up*) yaitu menyingkirkan benda-benda yang tidak diperlukan.
- 2) Seiton (*organizing*) yaitu menempatkan benda-benda yang diperlukan dengan rapi.
- 3) Seiso (*cleaning*) yaitu membersihkan peralatan dan tempat kerja.
- 4) Seikatsu (*standarizing*) yaitu membuat standar kebersihan, pelumasan dan inspeksi.
- 5) Shitsuke (*training and discipline*) yaitu meningkatkan skill dan moral.

2.8.4 Konsep kaizen

Secara umum kaizen merupakan upaya untuk terus memperbaiki kondisi ada dengan tujuan memperbaiki secara keseluruhan Konsep 5W+1H yang merupakan salah satu konsep yang bisa digunakan dalam melakukan perbaikan dengan kaizen. Pertanyaan what untuk mengetahui jenis masalah yang terjadi, who untuk mengetahui siapa yang bertanggung jawab atas masalah, why untuk mengetahui penyebab masalah terjadi, where untuk mengetahui di mana masalah terjadi, when untuk mengetahui pada saat mana masalah terjadi, dan how untuk mengetahui cara mengatasi masalah agar tidak terulang kembali.

2.8.5 Hasil perawatan

Hasil yang diharapkan dari kegiatan pemeliharaan mesin/peralatan (*equipment maintenance*) merupakan berdasarkan dua hal sebagai berikut:

- a. *Condition maintenance*, yaitu menjaga keadaan mesin agar selalu dalam kondisi yang optimal dan membuat umur pemakaian mesin menjadi lebih lama.
- b. *Replacement maintenance*, yaitu mempertahankan Tindakan perbaikan dan penggantian komponen mesin tepat pada waktunya sesuai dengan jadwal yang telah direncanakan.