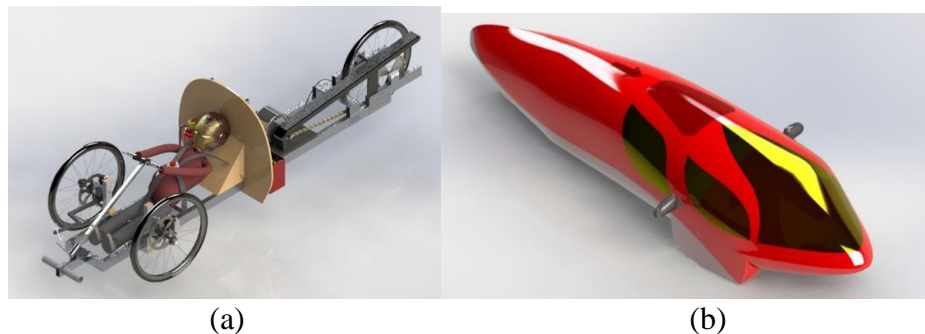


BAB II

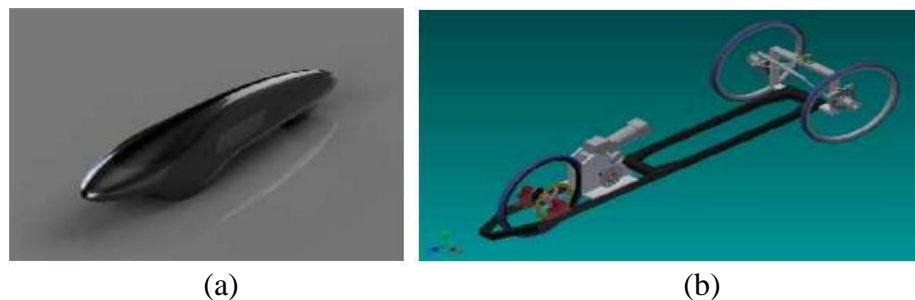
KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1. Kajian Pustaka

Dwinanto dan Muhammad (2015) melakukan analisa karakteristik bodi dan *chassis* pada *prototype* kendaraan listrik. Perancangan dan produksi rangka mobil listrik Aristo evo 3 dengan desain rangka tipe *ladder frame*. Jenis material yang digunakan untuk rangka mobil listrik Aristo Evo 3 ini menggunakan alumunium *hollow* 6061 sedangkan material bodi menggunakan *fiberglass* memiliki bobot 54 kg. Berbeda dengan mobil Keris R-VII yang menggunakan tipe rangka *monocoque* dengan material *foam core* sedangkan untuk material bodi menggunakan *carbon fibers* memiliki bobot 42 kg. Kelebihan dan kekurangan kedua tipe *chassis* dan bodi dapat dilihat pada Tabel 2.1 dan Tabel 2.2. Hasil rancangan kendaraan ini dapat dilihat pada Gambar 2.1 dan 2.2.



Gambar 2.1. Rancangan (a) *chassis* dan (b) bodi mobil Aristo Evo 3 (Dwinanto dan Muhammad, 2015)



Gambar 2.2. Rancangan (a) bodi dan (b) *chassis* Mobil keris R-VII (Dwinanto dan Muhammad, 2015)

Tabel 2.1. Perbandingan struktur *chassis* (Dwinanto dan Muhammad, 2015)

Jenis Struktur <i>Chassis</i>	Kelebihan	Kekurangan
<i>Ladder</i> Struktur	Mudah didesain, dibangun, dan dimodifikasi	Lebih berat dibandingkan <i>chassis</i> lainnya
	Lebih cocok untuk kendaraan berat yang suka <i>off-road</i> dan lebih tahan lama	Performanya lebih rendah
		Efisiensi lebih rendah
	Mudah direparasi jika terjadi tumbukan	Torsi rendah saat melewati tikungan
Mudah terguling		
<i>Monocoque</i> struktur	Bobot paling ringan	Sangat sulit diperbaiki
	<i>Handling</i> lebih lembut	Sulit dilakukan perombakan
	<i>Ground clearance</i> lebih rendah	

Tabel 2.2. Kelebihan dan kekurangan material bodi (Dwinanto dan Muhammad, 2015)

Kelebihan	Jenis Material Bodi	
	<i>Fiber Glass</i>	<i>Carbon Fibers</i>
Biaya Murah	√	-
Tahan Korosi	√	√

Kelebihan	Jenis Material Bodi	
	<i>Fiber Glass</i>	<i>Carbon Fibers</i>
Biaya lebih efisien dibandingkan dari komposit lainnya	√	-
Karakteristik ringan, kekuatan yang sangat tinggi, kekakuan (modulus elastisitas) tinggi.	√	√√√
Dapat dibuat dari bahan turunan : grafit yang kekuatannya dibawah serat carbon	-	√
Densitas	√	√√√

Skala Penilaian :

√ = Cukup

√√ = Baik

√√√ = Sangat Baik

Sutami (2010) melakukan proses manufaktur bodi kendaraan mobil listrik dengan material komposit. Bahan baku yang digunakan untuk membuat bodi menggunakan material komposit *fiberglass* karena memiliki sifat yang ringan, tahan korosi, dan biaya produksi yang murah. Dalam proses manufaktur bodi ini menggunakan sistematika yang diawali dengan pembuatan desain, pembuatan master, pembuatan cetakan kemudian pembuatan produk dan *finishing*.

Andewi (2016) melakukan penelitian tentang pengaruh variasi arus pada hasil pengelasan TIG (*Tungsten Inert Gas*) terhadap sifat fisis dan mekanis pada alumunium 6061. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen menggunakan material

aluminium 6061 dengan bahan pengisi/*filler* ER5356 dengan kampuh V tunggal 60°, variable penelitian menggunakan variasi arus 80 ampere, 120 ampere, dan 160 ampere. Setelah dilakukan penelitian terdapat struktur mikro, struktur mikro pada logam las terdapat butir *columar dan equaxial*. Hasil terbaik dalam penelitian ini pada penggunaan arus 120 ampere karena membuat bentuk butir *aquaxial* yang baik sehingga mengakibatkan tingkat kekerasan yang tinggi pada logam las dan HAZ. Nilai yang diperoleh dari uji kekuatan tarik nilai tegangan tertinggi rata-rata pada arus 120 A yaitu 142, 50 MPa sedangkan nilai terendah rata-rata dengan arus 80 A yaitu 40.44 MPa.

Dewangga dkk (2017) melakukan penelitian pengaruh variasi kecepatan putaran mesin bubut terhadap keausan pada alat potong pahat HSS tipe Bohler MO 1/2 X4. Jenis penelitian ini yaitu penelitian eksperimen bahan uji besi, aluminium, dan kayu dengan variasi putaran disetiap spesimen 330 Rpm, 650 Rpm, dan 950 Rpm. Hasil dari penelitian menunjukkan keausan pahat relative kecil. Pada putaran mesin bubut tertinggi 950 Rpm mengalami keausan pahat tertinggi dengan nilai besi 0,19 mm; aluminium 0,04; kayu 0,01.

Manik dan Hadi (2008) melakukan penelitian analisa teknis dan ekonomis penggunaan *coremat* untuk konstruksi FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) Sandwich badan kapal. Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen dengan cara pembuatan komposit menggunakan metode *hand lay up* dengan tiga variasi ketebalan kulit ada : t, t/2, dan t/4. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa optimasi ketebalan kulit konstruksi *sandwich* berlaku *coremat* yang kekuatan tariknya setara dengan *sigle skin* pada 2/3t dan penggunaan *sandwich* konstruksinya lebih ringan.

Nugraha (2016) melakukan penelitian tentang karakteristik komposit *fiberglass* dengan variasi jumlah lapisan serat. Penelitian ini berupa eksperimen dengan variasi jumlah lapisan tanpa serat (matrik), 2 lapis, 3 lapis, 4 lapis, dan 5 lapis menggunakan material *fiberglass* susunan acak. Berdasarkan hasil penelitian didapat kekuatan Tarik matrik tanpa serat 44, 56 Mpa, kekuatan tarik paling besar terjadi pada serat 4 lapis

dengan nilai 56,42 MPa. Semakin banyak lapisan serat semakin kecil regangan yang didapat, regangan pada matrik tanpa serat 2,15%, regangan serat 2 lapis 1,02%, serat 3 lapis 0,89%, serat 4 lapis 1,4 %, serat 5 lapis 1,21%. Kerusakan yang dapat terjadi pada komposit termasuk dalam kerusakan patah getas.

Azissyukhron dan Hidayat (2018) melakukan penelitian tentang perbandingan kekuatan material hasil metode *hand lay up* dan *vacuum bag* pada material *sandwich* komposit. Eksperimen ini menggunakan material komposit dengan metode *hand lay up* dan *vacuum bag* terhadap 5 spesimen dengan dimensi yang mengacu pada standarisasi ASTM D3039 dari masing-masing metode tersebut. Berdasarkan hasil pengujian metode *hand lay up* dengan nilai modulus elastisitas sebesar 170,848 MPa lebih elastis dibandingkan material hasil *vacuum bag* dengan nilai 463,810 MPa. Kekuatan Tarik metode *vacuum bag* terdapat nilai rata-rata sebesar 1075,490 N, hasil ini lebih besar dibandingkan dengan metode *hand lay up* yang mempunyai nilai 491,309 N. Dari segi bobot metode *vacuum bag* lebih ringan karena pada metode *vacuum bag* resin yang berlebih dapat dikeluarkan dari laminasi.

Berdasarkan tinjauan pustaka di atas dapat disimpulkan bahwa dalam proses produksi sebuah kendaraan hemat energi memiliki beberapa faktor diantaranya yaitu pemilihan komponen, bahan material yang harus diperhatikan, pemilihan metode proses produksi dan hambatan gelinding. Hambatan gelinding yaitu tahanan terhadap roda yang akan dan telah menggelinding akibat adanya gaya gesek antara roda dengan permukaan jalan. Faktor yang dapat mempengaruhi adalah tekanan udara, sudut slip, dan ukuran lebar ban. Tipe rangka/*chassis* yang paling ideal untuk kendaraan *prototype* hemat energi yaitu seperti mobil Keris R-VII yang menggunakan tipe *chassis monocoque*. Hal ini dikarenakan *chassis* yang menyatu dengan bodi dan bahan yang digunakan memiliki sifat ringan, rigid, dan kuat untuk menopang seluruh komponen kendaraan beserta *driver* sehingga sangat cocok digunakan pada kendaraan yang hemat dalam penggunaan energi. Namun, *chassis* tipe *monocoque* harganya kurang ekonomis dan SDM-nya kurang memungkinkan untuk digunakan pada produksi mobil Lingsar

Proto 3. Guna mencapai mobil yang ramah lingkungan dan hemat energi maka mobil Lingsar Proto 3 menggunakan tipe *chassis ladder frame*.

2.2. Dasar Teori

2.2.1. Kendaraan

Kendaraan merupakan alat transportasi yang digerakkan oleh seperangkat mekanisme dengan sumber daya bahan bakar dan listrik guna menunjang mobilitas manusia dalam sehari-hari. Pada kendaraan umumnya mempunyai roda penggerak dua atau lebih sesuai dengan kebutuhannya. Dalam kendaraan tersusun beberapa komponen mulai dari berbahan metal, non metal, komposit, hingga material *hybrid*. Komponen utama penyusun kendaraan yaitu sebagai berikut :

1. Rangka

Rangka atau *chassis* merupakan bagian dari kendaraan yang berfungsi sebagai pondasi atau penyangga komponen-komponen kendaraan serta penguat bodi kendaraan agar mampu menahan baban kedaraan dan beban dampak saat terjadi tumbukan sehingga dapat melindungi penumpang. Jenis *chassis* yaitu sebagai berikut :

a. Rangka *Ladder Frame*



Gambar 2.3. Rangka *ladder frame* (Fadila & syam, 2013)

Pada Gambar 2.3 menunjukkan Rangka *ladder frame*. *Ladder frame* adalah rangka yang berbentuk seperti tangga yang berada dibagian bawah bodi. Kerangka ini berkonstruksi solid dan kuat yang terpisah dari bodi. Kerangka dan bodi disatukan dengan sebuahudukan (*mounting*) yang dibaut. *Mounting* ini juga berfungsi membantu menyerap guncangan dari jalan sehingga tidak langsung disalurkan ke bodi karena pada *mounting* ini sudah ditambahkan karet peredam

kejut yang ditimbulkan oleh jalan yang tidak rata. Jenis rangka ini biasa digunakan pada kendaraan besar seperti bus, truk dan kendaraan lainnya.

b. Rangka *Monocoque*

Monocoque adalah jenis kerangka yang menyatu dengan bodi kendaraan. Konstruksi kerangka *monocoque* dapat membuat kendaraan lebih rendah ke tanah. Jenis kerangka ini biasanya digunakan pada kendaraan pada mobil sedan dan mobil perkotaan. Kelebihan kerangka ini efisiensi konsumsi BBM karena bobotnya yang lebih ringan. Namun, kelemahannya beban yang diangkut terbatas karena tidak adanya penopang yang kuat pada bagian bawah kendaraan. Kerangka *monocoque* dapat ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Kerangka *monocoque* ([Rahmadianto & widyanto, 2015](#))

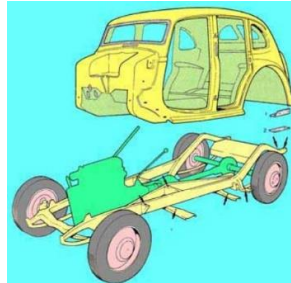
2. Bodi

Bodi merupakan komponen yang berfungsi untuk melindungi dan mengamankan penumpang dari gangguan yang diakibatkan dari luar dan melindungi penumpang dari beban impak yang terjadi akibat kecelakaan. Bodi kendaraan selain memberi nilai keindahan juga berpengaruh terhadap beban angin yang akan diterima oleh kendaraan sehingga bodi kendaraan dibuat se-aerodinamis mungkin. Bahan baku yang digunakan untuk pembuatan bodi seperti logam (*steel plate*), plastic, *fiber glass*, dan *carbon fiber*. Jenis konstruksi bodi dibagi menjadi dua yaitu sebagai berikut :

a. Konstruksi Terpisah (Komposit)

Konstruksi terpisah (*composite*) merupakan jenis bodi kendaraan dimana bodi terpisah dengan rangkanya. Penyambungan antara bodi dengan rangka menggunakan mur dan baut. Untuk meningkatkan kenyamanan saat digunakan,

maka diantara bodi dan rangka dipasang karet sebagai peredam getaran. Bodi terpisah dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. Bodi terpisah ([Gunadi, 2008](#))

b. Konstruksi Menyatu (*Monocoque*)

Konstruksi menyatu (*monocoque*) merupakan bodi dan kerangka kendaraan menjadi satu kesatuan. Konstruksi ini menggunakan seperti prinsip kulit telur, yaitu merupakan satu kesatuan yang utuh sehingga semua beban terbagi merata pada semua bagian kulit karena bodi dan rangka menyatu, maka dapat menjadi lebih rendah ketanah dibandingkan dengan tipe *composite* sehingga titik berat gravitasi lebih rendah menyebabkan kendaraan akan lebih stabil. Bodi *monocoque* dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Bodi *monocoque* ([Gunadi, 2008](#))

3. *Steering System* atau Sistem Kemudi

Sistem kemudi/*steering* berfungsi untuk mengarahkan gerakan kendaraan sesuai dengan keinginan pengemudi. Sistem kemudi pada kendaraan dibagi menjadi dua model yaitu :

- a. Sistem kemudi dua roda (*2 Wheel Steering-2WS*)
- b. Sistem kemudi empat roda (*4 Wheel Steering-4WS*)

Dalam sistem kemudi penggeraknya dibagi menjadi tiga yaitu :

a. Sistem manual

Sistem manual adalah sistem kemudi yang tenaga untuk membelokkan roda seluruhnya dari tenaga pengemudi dimana cara kerjanya mengandalkan mekanisme persambungan roda gigi.

b. *Power steering*

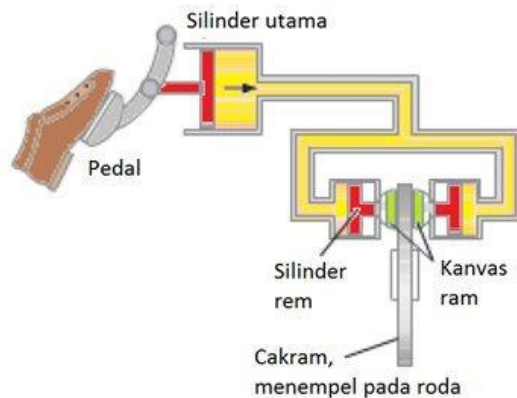
Power steering merupakan Sistem kemudi yang dikembangkan dengan bantuan tekanan fluida (hidrolik).

c. *Electronic power steering*

Electronic power steering adalah sistem kemudi untuk menggerakannya dibantu oleh sebuah motor listrik yang menempel pada *steering main shaft*.

4. Komponen Rem

Rem berfungsi untuk mengurangi kecepatan atau menghentikan laju kendaraan. Prinsip kerja rem disebabkan oleh penggabungan sistem penekan terhadap gerakan putar. Sistem rem dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Mekanisme rem (www.studiobelajar.com)

Dilihat dari sumber gaya yang digunakan untuk menimbulkan gaya rem pada roda, sistem rem dibagi menjadi tiga macam yaitu sebagai berikut :

- a. Sistem rem manual yaitu gaya rem yang terjadi pada setiap roda kendaraan seluruhnya bersumber pada gaya injakan pedal rem yang digunakan oleh pengemudi.
- b. Sistem rem dengan daya bantu yaitu daya untuk melakukan pengereman dari manual dan dibantu oleh sistem hidrolik, pneumatik.
- c. Sistem *power brake* yaitu sistem rem dimana gaya rem pada roda seluruhnya bersumber dari tenaga hidraulik dan pneumatik.

Secara umum sistem pengereman yang berkembang untuk kendaraan saat ini ada dua jenis yaitu sebagai berikut :

- a. Sistem pengereman jenis *lock*

Sistem pengereman jenis *lock* yaitu sistem untuk menghentikan kendaraan dilakukan dengan cara membuat roda berhenti berputar (*lock*).

- b. Sistem pengereman anti *lock* (*anti lock breaking sistem/ABS*)

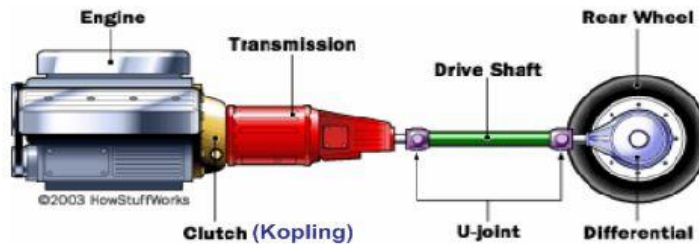
Sistem pengereman *ABS* yaitu sistem rem untuk menghentikan kendaraan dilakukan dengan cara mempertahankan roda tidak *lock* atau dalam keadaan slip tertentu dimana koefisien adhesi antara jalan dan ban paling besar sehingga jarak berhenti kendaraan lebih pendek dan kendaraan tetap stabil.

5. *Suspensi*

Suspensi adalah komponen kendaraan yang berfungsi meredam kejutan, getaran yang terjadi pada kendaraan akibat jalan yang bergelombang untuk menjamin kenyamanan pada pengemudi. Sistem *suspensi* berada pada antara bodi/rangka dengan roda kendaraan.

6. Sistem Penyalur Daya

Sistem penyalur daya adalah komponen-komponen kendaraan yang berfungsi untuk menyalurkan dan merubah daya dan torsi mekanis yang dihasilkan mesin menjadi gaya dorong pada bidang kontak roda penggerak dan jalan. Komponen-komponen sistem pemindah daya pada mobil yaitu kopling, transmisi, gardan, poros propeller, dan poros axle. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.8.



Gambar 2.8. Sistem pemindah daya (Sutantra dan Sampurno, 2010)

a. Kopling (*Clutch*)

Kopling adalah komponen untuk menghubungkan putaran mesin ke transmisi dan melepas putaran dari mesin.

b. *Transmisi*

Transmisi merupakan komponen mesin yang berfungsi untuk merubah kecepatan dan tenaga putar dari mesin pada roda untuk menggerakkan kendaraan.

c. Gardan (*Deferensial*)

Gardan merupakan komponen penting pada kendaraan yang berfungsi untuk meneruskan tenaga putar yang dihasilkan oleh mesin menuju roda penggerak yang sebelumnya dihubungkan ke sistem kopling-transmisi-batang propeller-gardan.

d. Poros propeller

Poros propeller berfungsi berfungsi untuk menghubungkan tenaga dari transmisi dengan gardan yang ada poros penggerak.

e. Poros Axle

Poros axle berfungsi untuk penghubung putaran dari gardan menuju masing-masing roda belakang.

7. Pengaman Kendaraan

Komponen pengaman kendaraan berfungsi untuk mengamankan penumpang dan menghindari terjadinya kecelakaan. Seiring kemajuan teknologi pengaman dikembangkan komponen pengaman kendaraan sebagai berikut :

- a. Sabuk pengaman
- b. Bantalan udara (*air bag*)
- c. Teknologi kondisi cerdas (*elektronik stability progam/ESP*)

8. Pembangkit Tenaga

Pembangkit tenaga adalah komponen kendaraan yang berfungsi untuk menghasilkan dan merubah tenaga kimia menjadi tenaga mekanis melalui pembakaran bahan bakar maupun energi listrik menjadi energi mekanis sebagai penggerakannya. Macam-macam pembangkit tenaga kendaraan berdasarkan sumber energi sebagai berikut :

- a. Energi listrik yaitu daya kendaraan yang dihasilkan dari sumber listrik yang disimpan pada baterai kemudian dialirkan ke motor untuk menggerakkan roda. Motor yang digunakan untuk kendaraan biasanya menggunakan motor 3 phase. Hal tersebut ditunjukkan pada gambar 2.9.



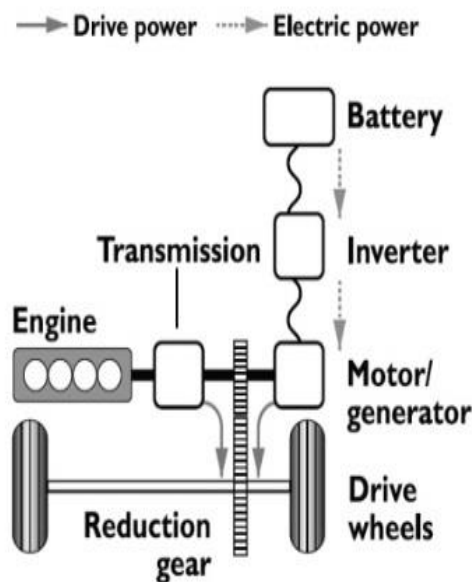
Gambar 2.9. Baterai

- b. Energi kimia yaitu kendaraan yang sumbernya dari energi kimia kemudian dirubah menjadi energi putar melalui sistem pembakaran dalam (*internal combustion engine*). Macam-macam mesin pembakaran dalam yaitu mesin torak dan mesin rotary. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 2.10.



Gambar 2.10. Mesin internal *combustion engine* (Gunadi, 2008)

- c. Energi hybrid yaitu kendaraan yang sumber penggeraknya gabungan dari dua energi yaitu listrik dan bahan bakar. Hal tersebut dapat ditunjukkan pada gambar 2.11.



Gambar 2.11. Skematik mobil tenaga *hybrid* (Nurhuda, 2012)

2.2.2. Proses Produksi

Proses produksi adalah suatu kegiatan atau rangkaian yang saling berkaitan untuk memberikan nilai atau menambah nilai kegunaan terhadap suatu barang.

Untuk menghasilkan suatu produk dapat dilakukan melalui beberapa cara dan teknik yang berbeda-beda. Proses produksi dapat dibagi menjadi dua jenis yaitu :

a. Proses produksi terus menerus (*Continuous process*)

Proses produksi terus menerus adalah proses produksi dimana terdapat pola urutan yang pasti dan tidak berubah-ubah dalam pelaksanaan produksi dari bahan baku sampai bahan jadi (Subagyo, 2000).

1. Sifat-sifat

- a. Produksi yang dihasilkan dalam jumlah yang besar
- b. Biasanya menggunakan sistem atau cara penyusunan peralatan sesuai urutan pengerjaan dari proses produksi.
- c. Mesin-mesin yang digunakan bersifat khusus
- d. Pekerja tidak harus memiliki keahlian yang tinggi karena mesin sudah khusus dan otomatis.
- e. Apabila terjadi kesalahan pada mesin yang rusak maka pekerjaan akan berhenti semua.
- f. Jumlah tenaga kerja tidak terlalu banyak.
- g. Persediaan bahan baku dalam proses lebih sedikit dibandingkan dengan proses produksi putus-putus.

2. Kelebihan proses produksi terus-menerus

- a. Dapat diperoleh tingkat biaya produksi yang rendah.
- b. Dapat menghasilkan produk dengan skala besar.
- c. Produk yang dihasilkan melalui standarisasi.
- d. Dapat dikurangi biaya tenaga kerja karena sudah menggunakan mesin otomatis atau khusus.
- e. Biaya pemindahan bahan baku lebih rendah karena jarak antara mesin lebih pendek dan pemindahan tersebut menggunakan mesin.

3. Kekurangan proses produksi terus-menerus

- a. Terdapat kesukaran dalam menghadapi perubahan produk yang diminta oleh konsumen.
- b. Proses produksi terhenti jika ada salah satu mesin yang rusak.

b. Proses produksi terputus-putus (*intermitten process*)

Proses produksi terputus-putus adalah proses produksi dimana terdapat beberapa pola atau urutan pelaksanaan produksi dari bahan baku sampai bahan jadi (Subagyo, 2000).

1. Sifat-sifat

- a. Produk yang dihasilkan dalam jumlah kecil karena tergantung pesanan.
- b. Mesinnya bersifat umum dan dapat digunakan mengolah bermacam-macam produk.
- c. Sistem penyusunan peralatan berdasarkan atas fungsi dalam proses produksi atau pada tempat yang sama.
- d. Pekerja mempunyai keahlian khusus.
- e. Proses produksi tidak mudah terhenti walau terjadi kerusakan pada salah satu alat.
- f. Persediaan bahan banyak.
- g. Bahan-bahan yang dipindahkan menggunakan tenaga manusia.

2. Kelebihan dalam proses produksi terputus-putus

- a. Mempunyai fleksibilitas tinggi dalam menghadapi perubahan produk dengan variasi yang cukup besar.
- b. Mesin-mesin yang digunakan bersifat umum maka dapat diperoleh penghematan dalam investasi mesin-mesin.
- c. Proses produksi tidak mudah terhenti akibat terjadinya kerusakan di salah satu proses.

3. Kekurangan proses produksi terputus-putus

- a. Penjadwalan untuk pengerjaan produk akan sukar karena kombinasi urutan pekerjaan yang berbeda-beda tergantung pada pemesanan.
- b. Karena penjadwalan pengerjaan yang sukar maka dalam pengawasan akan sangat sukar dilakukan.
- c. Dibutuhkan investasi bahan yang banyak karena proses yang terputus-putus dan pengerjaan tergantung pesanan.

- d. Biaya tenaga kerja yng tinggi karena hampir semua menggunakan tenaga manusia.

2.2.3. Komposit

Komposit adalah material yang dibentuk dari kombinasi dua atau lebih material sehingga dihasilkan material komposit yang mempunyai sifat mekanik dan karakteristik yang berbeda dari material pembentuknya. Komposit mempunyai kelebihan yaitu ringan, efisiensi biaya, kekuatan dan kekakuan yang lebih tinggi dibandingkan dengan material logam. Beberapa lamina komposit dapat ditumpuk dengan orientasi serat yang berbeda. Komposit dibentuk dari dua jenis material yang berbeda, yaitu :

- a. Penguat (*reinforcement*) mempunyai sifat kurang ductile tetapi lebih rigid dan kuat.
- b. Matriks mempunyai sifat lebih ductile tetapi kekuatan dan rigiditas yang rendah.

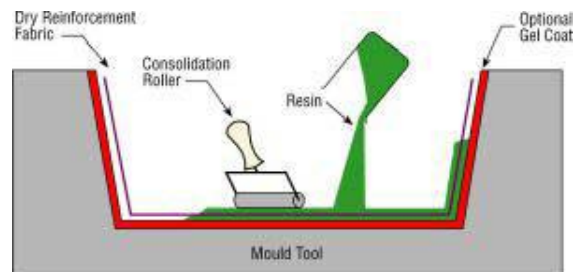
Secara umum ada 3 macam jenis komposit berdasarkan penguat yang digunakan, yaitu :

1. *Fibrous Composites* (komposit serat) merupakan jenis komposit yang hanya terdiri dari satu laminat atau satu lapisan yang menggunakan penguat berupa serat atau fiber. Fiber yang biasa digunakan berupa *glass fibers*, *carbon fibers*, *aramid fibers (poly aramid)*, dan sebagainya. Fiber ini bisa disusun secara acak maupun dengan orientasi tertentu bahkan bisa juga dalam bentuk yang lebih kompleks seperti anyaman.
2. *Laminated Composites* (komposit laminat) merupakan jenis komposit yang terdiri dari dua lapis atau lebih yang digabung menjadi satu yang setiap lapisannya memiliki karakteristik sifat sendiri.
3. *Particulate composites* (komposit partikel) merupakan jenis komposit yang menggunakan partikel/serbuk sebagai penguatnya dan terdistribusi secara merata dalam metriknya.

2.2.3.1. Metode Manufaktur Komposit

a. *Contact molding/ hand lay up*

Metode *hand lay up* merupakan proses dengan metode terbuka dari proses fabrikasi komposit. Proses dari pembuatan metode ini adalah dengan cara menuangkan resin kedalam serat berbentuk anyaman, rajutan atau kain kemudian memberi tekanan sekaligus meratakannya menggunakan rol atau kuas. Proses tersebut dilakukan secara berulang-ulang sampai ketebalan yang diinginkan tercapai. Pada proses ini biasanya langsung berkontak dengan udara dan dilakukan pada temperatur kamar. Metode ini memiliki kelebihan diantaranya yaitu mudah dilakukan, cocok digunakan pada komponen yang besar, dan volumenya rendah. Metode *hand lay up* ini biasanya digunakan untuk pembuatan bodi kapal, bodi kendaraan, bilah turbin angin, bak mandi, perahu, dan lain-lain. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.12.

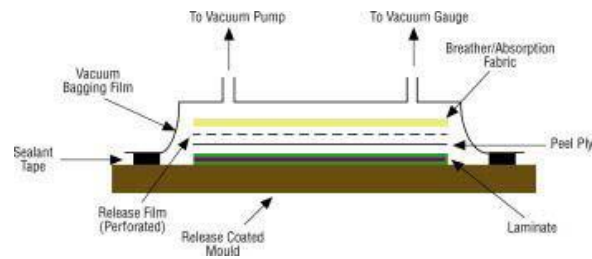


Gambar 2.12. Metode *hand lay up* (Anonim, 2002)

b. *Vacuum bag*

Metode *vacuum bag* merupakan penyempurnaan dari metode *hand lay up*, penggunaan dari proses *vacuum* ini untuk menghilangkan udara yang terperangkap dan kelebihan resin. Pada proses ini digunakan pompa *vacuum* untuk menghisap udara yang ada dalam cetakan. Dengan divakumkan udara yang berada pada cetakan maka udara yang ada diluar penutup plastik akan menekan kearah dalam. Hal ini akan menyebabkan udara yang terperangkap dalam spesimen komposit akan dapat diminimalkan.

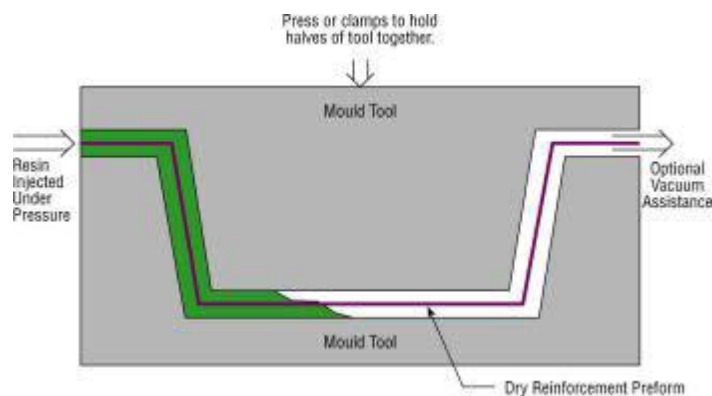
Dibandingkan dengan *hand lay up*, metode *vacuum* memberikan penguatan konsentrasi yang lebih tinggi, adhesi yang lebih baik antara lapisan, dan kontrol resin yang lebih baik. Metode *vacuum bag* ini digunakan untuk pembuatan kapal pesiar, komponen mobil balap, dan lain-lain. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.13.



Gambar 2.13. Metode *vacuum bag* (Anonim, 2002)

c. *Pressure Bag*

Metode *pressure bag* hampir memiliki kesamaan dengan metode *vacuum bag* tetapi cara ini tidak menggunakan pompa vakum namun menggunakan udara atau uap bertekanan yang dimasukkan melalui suatu cetakan elastis. Cetakan elastis ini yang akan berkontak langsung dengan komposit yang akan dilakukan pemrosesan. Tekanan yang diberikan biasanya sebesar 30 sampai 50 psi. Metode *pressure bag* ini digunakan pada pemrosesan pembuatan tangki, turbin angin, dan lain-lain. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.14.



Gambar 2.14. Metode *pressure bag* (Anonim,2002)

d. *Spray-up*

Metode *spray-up* merupakan metode cetakan terbuka yang dapat menghasilkan bagian-bagian yang lebih kompleks dan lebih ekonomis dibanding dengan *hand lay up*. Proses ini dilakukan dengan cara penyemprotan serat (*fiber*) yang sudah dipotong (*chopper*). Resin yang telah dicampur dengan katalis juga disemprotkan secara bersamaan ke cetakan tempat pencetakan *spray-up*. Proses selanjutnya dengan membiarkan mengeras pada kondisi atmosfer standar. Teknologi ini menghasilkan kekuatan yang rendah. Metode *Spray-up* digunakan untuk pemrosesan pembuatan bak mandi, bodi caravan, sampan, dan lain-lain.

2.2.4. Proses Manufaktur

2.2.4.1. Pengelasan

Menurut Djamiko (2008) Pengelasan adalah penyambungan dua logam atau lebih yang didasarkan pada prinsip-prinsip difusi, sehingga terjadi penyatuan bahan yang disambung. Kelebihan sambungan las yaitu konstruksi ringan, dapat menahan kekuatan tinggi, mudah prosesnya dan ekonomis. Namun, kelemahan dari pengelasan yaitu terjadinya struktur mikro sehingga terjadi perubahan fisik maupun mekanis yang terjadi pada bahan yang dilas.

Sambungan las adalah ikatan dua logam atau lebih yang terjadi karena adanya proses difusi logam. Proses difusi pada sambungan las dapat dilakukan dengan kondisi padat maupun cair. Kondisi padat disebut *solid state welding* (SSW) dan kondisi cair *liquid state welding* (LSW) atau *fusion welding*.

Proses SSW dilakukan dengan tekanan sehingga proses ini sering disebut *pressure welding*. Proses ini memiliki kelebihan yaitu dapat menyambung dua buah material atau lebih yang tidak sama, proses cepat, presisi dan hampir tidak mempunyai daerah terpengaruh panas (*heat affected zone / HAZ*) tetapi juga memiliki kelemahan yaitu persiapan dan prosesnya rumit sehingga dibutuhkan ketelitian yang tinggi.

Proses LSW merupakan sambungan las yang terjadi karena adanya pencairan pada ujung kedua material yang disambung. Energi panas yang

digunakan untuk mencairkan material berasal dari busur listrik, tahanan listrik, pembakaran gas, sinar laser, sinar elektron, dan busur plasma. Proses ini memiliki syarat yaitu material yang akan disambung harus sama karena untuk mendapatkan sambungan yang sempurna suhu material sama, jika tidak proses penyambungan tidak akan terjadi. Kelebihan metode ini yaitu proses dan persiapan tidak rumit, biaya murah, pelaksanaan mudah. Kelemahan metode ini yaitu memerlukan *welder* yang terampil, terjadinya *HAZ* yang menyebabkan perubahan sifat bahan, dan adanya potensi kecelakaan dan terganggunya kesehatan *welder*. Tabel 1 menunjukkan berbagai macam proses sambungan las yang ditinjau dari metode SSW, LSW dan dilihat dari sumber panas yang digunakan.

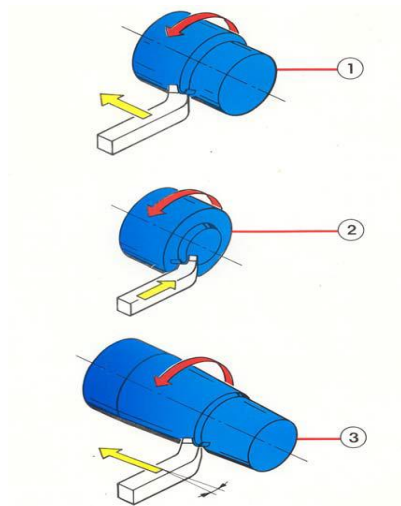
Tabel 2.3. Klasifikasi proses pengelasan logam (Djamiko, 2008)

No	Welding Processes		Jenis Proses Las
1	<i>Solid State Welding (SSW)</i>	<i>Friction Welding</i>	
		<i>Cold Welding</i>	<i>Explosive Welding</i>
			<i>Ultrasonic Welding</i>
		<i>Forge Welding</i>	
		<i>Diffusion Welding</i>	
2	<i>Liquid State Welding (LSW)</i>	<i>Electric Arc Welding</i>	<i>Flash Butt</i>
			<i>Stud Welding</i>
		<i>Consumable Electrode</i>	<i>Projection Welding</i>
			<i>Shielded Metal Arc Welding (SMAW)</i>
	<i>Metal Inert Gas Welding (MIG)</i>		

No	Welding Processes			Jenis Proses Las
				<i>Metal Active Gas Welding (MAG)</i>
				<i>Flux Cored Arc Welding (FCAW)</i>
			<i>Non Consumable Electrode</i>	<i>Tungsten Inert Gas (TIG)</i>
				<i>Plasma Arc Welding (PAW)</i>
			<i>Resistance Welding</i>	<i>Spot Welding</i>
				<i>Seam Welding</i>
			<i>Thermal Welding</i>	<i>Gas Welding</i>
				<i>Laser Welding</i>

1.2.4.2. Proses Bubut

Menurut Widarto (2008) Proses bubut merupakan proses pemesian untuk menghasilkan bagian-bagian mesin berbentuk silindris yang dikerjakan dengan menggunakan mesin bubut. Prinsip dasarnya dapat didefinisikan sebagai proses pemesian permukaan luar benda rata yaitu benda kerja yang berputar, satu pahat bermata potong tunggal (*with a single-point cutting tool*), gerakan pahat sejajar terhadap sumbu benda kerja pada jarak tertentu sehingga akan membuang permukaan luar benda kerja (Gambar 2.15 no. 1).



Gambar 2.15. (1) Proses bubut rata, (2) bubut permukaan, dan (3) bubut tirus.
(Widarto, 2008)

Proses bubut permukaan (*surface turning*) adalah proses bubut yang identik dengan proses bubut rata, tetapi arah gerakan pemakanan tegak lurus terhadap sumbu benda kerja. Proses bubut tirus (*taper turning*) yaitu proses bubut rata tetapi jalannya pahat membentuk sudut tertentu terhadap sumbu benda kerja. Demikian juga proses bubut konstur dilakukan dengan cara memvariasi kedalaman potong sehingga menghasilkan bentuk yang diinginkan.

Walaupun proses bubut secara khusus menggunakan pahat potong tunggal tetapi proses bubut bermata potong jamak tetap termasuk proses bubut juga karena pada dasarnya setiap pahat bekerja sendiri-sendiri. Selain itu proses *setting* pahatnya tetap dilakukan satu persatu. Skematis mesin bubut dapat dilihat pada Gambar 2.16.

Proses bubut memiliki tiga parameter utama yaitu kecepatan putar *spindle (speed)*, gerak makan (*feed*), dan kedalaman potong (*depth of cut*). Factor lain termasuk material benda kerja dan jenis pahat yang digunakan juga memiliki pengaruh tetapi tiga parameter utama tersebut adalah bagian yang bisa diatur langsung oleh operator pada mesin bubut. Kecepatan putar, n (*speed*) dinotasikan sebagai putaran per menit (*rotations per minute, rpm*) adapun yang diutamakan

dalam proses buut yaitu kecepatan potong (*cutting speed* atau v). secara sederhana kecepatan potong dapat digambarkan sebagai keliling benda kerja dikalikan dengan kecepatan putar :

$$V = \frac{\pi d n}{1000}$$

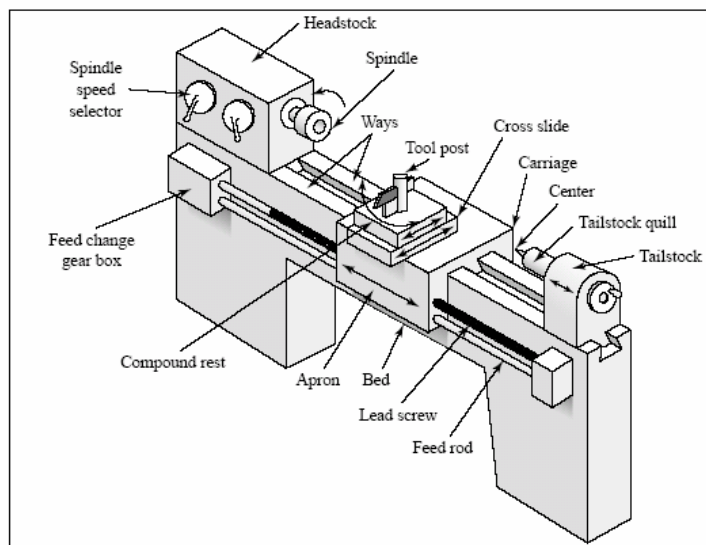
$$n = \frac{1000 \cdot v}{\pi \cdot d}$$

Keterangan :

V = kecepatan potong (m/menit)

d = diameter benda kerja (mm)

n = putaran benda kerja (rpm)

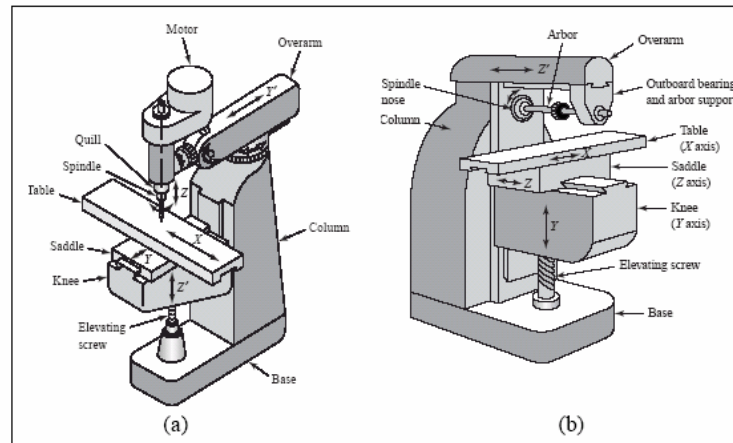


Gambar 2.16. Skematis mesin bubut dan nama bagian-bagiannya (Widarto, 2008)

1.2.4.3. Proses Frais (*Milling*)

Menurut Widarto (2008) proses pemesinan frais (*milling*) merupakan proses penyayatan benda kerja menggunakan alat potong dengan mata potong jamak yang berputar. Proses penyayatan dengan gigi potong yang banyak mengitari pada pisau bisa menghasilkan proses pemesinan lebih cepat. Permukaan yang disayat dapat berupa bidang datar, menyudut, dan melengkung. Mesin frais ada yang dikendalikan secara mekanis (konvensional manual) dan ada yang

dengan bantuan CNC. Mesin konvensional manual spindle-nya ada dua macam yaitu vertical dan horizontal, sedangkan dengan mesin kendaki CNC hampir semuanya adalah vertical. Mesin frais dapat ditunjukkan pada gambar 2.17.



Gambar 2.17. Skematik dari gerakan dan komponen dari (a) mesin frais *vertical* tipe *column and knee*, dan (b) mesin frais *horizontal* tipe *column and knee* (Widarto, 2008)

Klasifikasi proses frais

Proses frais dapat diklasifikasikan dalam tiga jenis. Klasifikasi ini berdasarkan jenis pisau, arah penyayatan, dan posisi relative pisau terhadap benda kerja. Hal tersebut dapat dilihat pada Gambar 2.18.

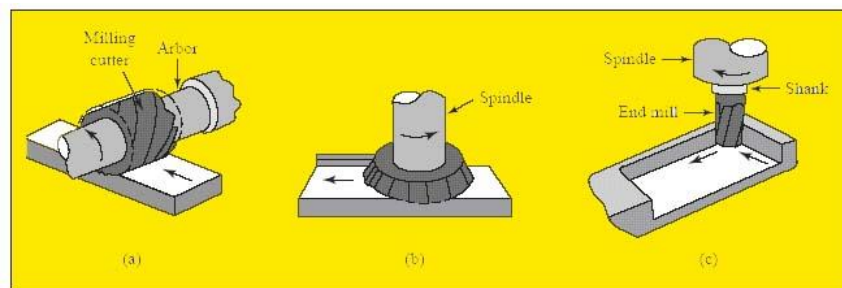


FIGURE 12.2: The three basic milling operations: (a) milling, (b) face milling, (c) end milling

Gambar 2.18. Klasifikasi proses frais (a) frais periperal (b) frais muka (c) frais jari (Widarto,2008)

1. Frais periperal (*Slab Milling*)

Proses ini permukaan yang difrais dihasilkan oleh gigi pisau yang terletak pada permukaan luar badan alat potongnya. Sumbu dari putaran pisau biasanya pada bidang yang sejajar dengan permukaan benda kerja yang disayat.

2. Frais muka (*Face Milling*)

Pada frais muka ini pisau dipasang pada spindel yang memiliki sumbu putar tegak lurus terhadap permukaan benda kerja. Permukaan hasil proses frais dihasilkan dari hasil penyayatan oleh ujung dan selubung pisau.

3. Frais Jari (*End Milling*)

Pisau pada proses frais jari biasanya berputar pada sumbu yang tegak lurus permukaan benda kerja. Pisau dapat digerakkan menyudut untuk menghasilkan permukaan menyudut. Gigi potong pada pisau terletak pada selubung pisau dan ujung badan pisau.