

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kepala Silinder (*Cylinder Head*)

Cylinder Head atau lebih sering disebut *Head*, berposisi di atas *cylinder block* yang bila keduanya digabungkan akan menjadikan ruang bakar. Pada kebanyakan tipe mesin, *cylinder head* adalah rumah dari beberapa komponen mesin diantaranya, *injector*, *valve*, *valve spring*, *camshaft*, *rocker arm* (bila menggunakan). *Head* juga memungkinkan masuknya udara ke mesin dari *intake manifold* lalu mencampurnya dengan bahan bakar dan saluran buang yang berakhir lewat *exhaust system*. (Perhatikan Gambar 2.1)



Gambar 2.1 *Head Cylinder*

(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2018)

Kepala silinder atau cylinder head memiliki beberapa fungsi, diantaranya sebagai berikut :

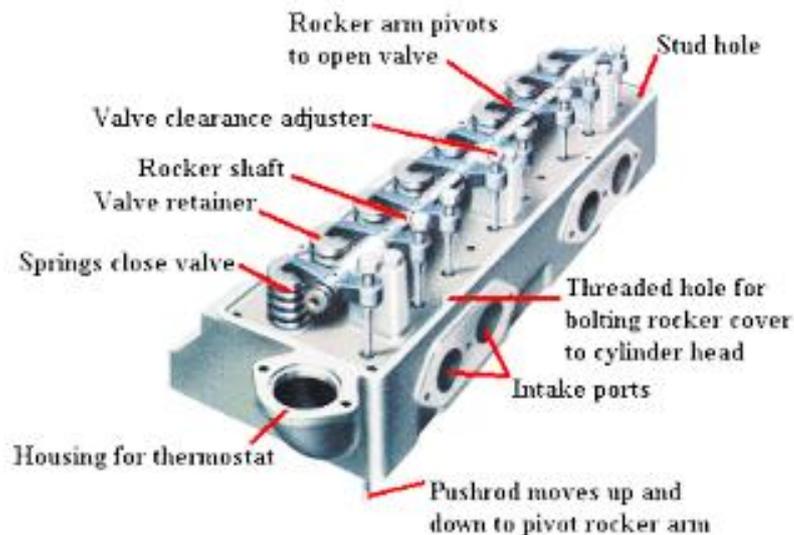
1. Sebagai ruang pembakaran
2. Untuk menempatkan mekanisme katup
3. Tempat pemasangan busi
4. Tempat pemasangan saluran masuk dan saluran buang
5. Tempat mantel pendingin (*water jacket*)

Ketika mesin mengalami *over heating* (panas yang berlebihan) entah itu disebabkan karena pendinginan yang kurang maksimal atau yang lainnya, biasanya kepala silinder ini melengkung, akibatnya terjadi kebocoran diantara kepala

silinder dan *block* silinder. Biasanya akan mengakibatkan air akan bercampur dengan oli, yang tentunya akan membahayakan mesin itu sendiri. Kepala silinder ini dipasangkan pada blok silinder, yang diikat dengan baut-baut yang terbuat dari besi tuang atau paduan alumunium. Dalam melepas baut ini ada urutan-urutan tertentu dan dilakukan secara bertahap tetapi pada umumnya untuk melepas baut baut kepala silinder adalah dari luar ke dalam secara urut dan bertahap. Kemudian sebaliknya untuk memasang baut kepala silinder adalah dari dalam ke arah luar. Bahan umum yang digunakan dalam pembuatan *cylinder head* adalah, *cast iron* alias pengecoran besi cair kepada cetakan yang nantinya setelah melewati proses pendinginan dan *finishing* jadilah *cylinder head*. Bahan lainya yaitu Alumunium, prosesnya sama dengan *cast iron*, namun memiliki keunggulan dikarenakan bahan alumunium jauh lebih ringan dibandingkan *cast iron*, hal ini dimanfaatkan para *performance enthusiast* untuk mengurangi beban.

2.1.1 Komponen *Cylinder Head*

Untuk komponen yang ada pada *cylinder head* perhatikan gambar 2.2 berikut



Gambar 2.2 Bagian-Bagian Head Cylinder

(Sumber: <https://myblogsiteskanda.wordpress.com/2012/11/21/komponen-komponen-mesin-4-tak/>)

1. *Intake ports*

Kita mengenail intake manifold sebagai penyalur udara dari luar mesin. Sementara intake port merupakan saluran yang sudah dibentuk saat pengecoran kepala silinder yang dipakai untuk menghubungkan/ menempelkan intake. Nantinya ada saluran yang mengarah kedalam combustion chamber melewati sebuah katup. Berfungsi sebagai saluran khusus yang ditujukan untuk mengalirkan udara dalam mesin.



Gambar 2.3 *Intake Port*

(Sumber : <https://ls1tech.com/forums/conversions-hybrids/1662561-improve-appearance-intake-manifold.html>)

2. *Push rod*

Batang penekan (*push rod*) berbentuk batang yang kecil masing-masing dihubungkan pada pengangkat katup (*valve lifter*) dan *rocker arm* pada mesin. Batang katup ini meneruskan gerakan dari pengangkat katup ke *rocker arm*.



Gambar 2.4 *Push Rod*

(Sumber : <https://ls1tech.com/forums/conversions-hybrids/1662561-improve-appearance-push-rod.html>)

3. *Cam shaft*

pengertian camshaft sendiri adalah sebuah poros yang memiliki sejumlah nok atau cam yang dibuat dengan sudut tertentu, fungsi utama poros nok adalah untuk membuka katup pada mesin, meski demikian ada beberapa fungsi lagi pada katup antara lain

- a. Sebagai alat untuk menekan katup
- b. Untuk memutar pompa oli
- c. Untuk memutar distributor
- d. Untuk memutar pompa injeksi (diesel comonrail)

Secara umum, memang fungsi utama *camshaft* yakni untuk membuka katup melalui tonjolan atau cam. Namun, agar mesin lebih efisien poros nok pun dihubungkan dengan beberapa komponen agar lebih hemat ruang juga.



Gambar 2.5 *Cam Shaft*

(Sumber : <https://www.wikifungsi.com/2017/08/fungsi-poros-nok.html>)

4. *Rocker arm*

Salah satu dari komponen-komponen mekanisme katup adalah *rocker arm*. *Rocker arm* atau yang sering juga disebut dengan pelatuk klep atau juga *templar roller*.

Rocker arm ini berfungsi untuk membuka dan menutup katup (klep), baik katup hisap dan katup buang. Ketika katup hisap tertekan oleh *rocker arm* maka campuran udara dan bahan bakar dapat masuk ke dalam ruang bakar, sedangkan ketika katup buang tertekan oleh *rocker arm* maka gas hasil pembakaran dapat keluar melalui katup buang.



Gambar 2.6 *Rocker Arm*

(Sumber : <https://www.teknik-otomotif.com/2018/02/fungsi-rocker-arm-pelatuk-katup-templar.html>)

5. *Cotter valve*

Berfungsi menahan dan menghubungkan penahan pegas dan katup



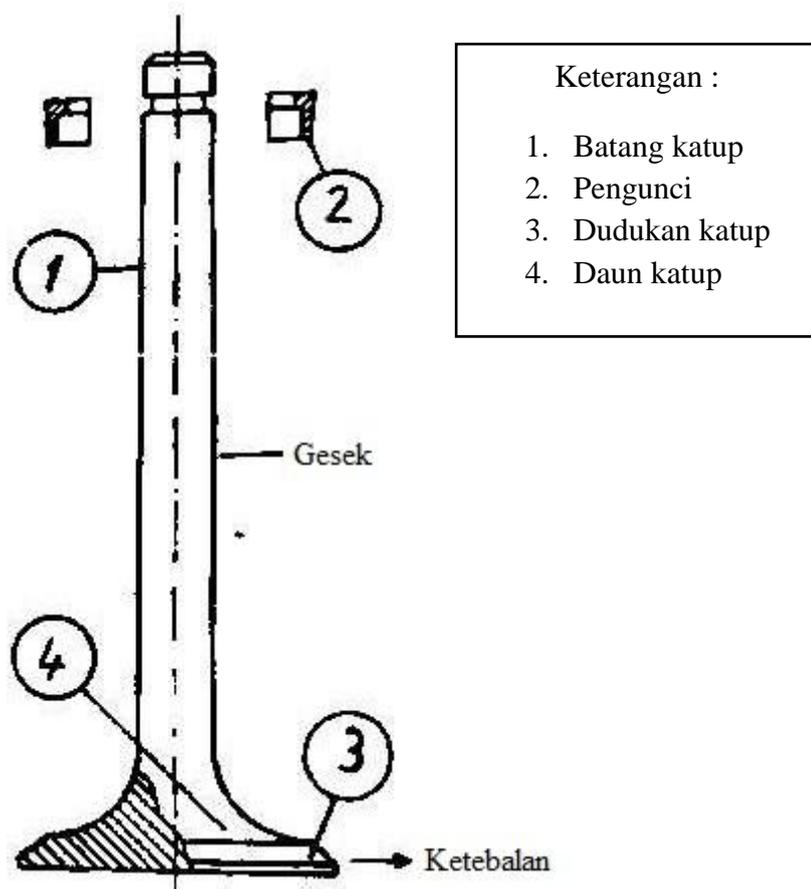
Gambar 2.7 *Cotter Valve*

(Sumber : <https://www.teknik-otomotif.com/2018/02/fungsi-cotter-vaalve.html>)

6. Valve

Valve atau sering disebut dengan katup atau klep merupakan suatu komponen pada mesin yang terpasang pada bagian kepala silinder yang bergerak sesuai langkah piston.

Katup merupakan bagian utama dari mekanisme katup yang menjadi saluran masuk campuran udara dan bahan bakar serta saluran buang untuk gas sisa pembakaran, katup juga diharuskan mampu menutup rapat saat langkah kompresi. (Ricky, 2014)



Gambar 2.8 Bagian *Valve*

(Sumber : Ricky, 2014)

Kenapa harus kuat menerima pembebanan pada ujung batang katup dari pelatuk atau dari cam, dan harus kuat pada batang katup karena menerima keausan saat bekerja. Daun katup harus kuat dari tumbukan dan

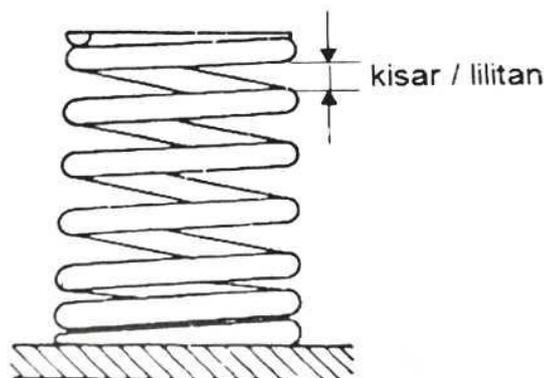
harus dapat menahan panas dengan suhu ± 800 °C.

Konstruksi dari katup hisap adalah daun katup hisap dibuat lebih besar dengan tujuan untuk memperbaiki sistem pengisian campuran bahan bakar dan udara sedangkan katup buang dibuat lebih kecil dengan tujuan untuk mempercepat laju pembuangan dari gas sisa pembakaran, katup tersebut terbuat dari baja krom dan silikon, pada bagian ujung batang dan daun katup diperkakas untuk mengurangi atau memperkecil keausan.

7. *Spring valve*

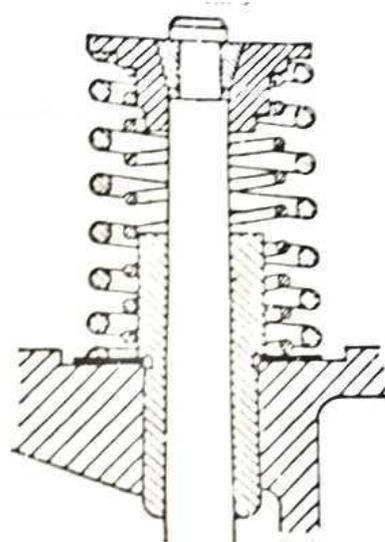
Pegas katup berfungsi sebagai gaya untuk mendorong katup menutup saat katup terbuka akibat tertekan poros nok dan menjaga agar katup dapat menutup dengan rapat. Kecepatan katup menutup katup tergantung dari gaya pegas dan massa dari bagian yang digerakan.

Ada dua tipe *spring valve* yang digunakan yaitu tunggal dan ganda. Pegas katup tunggal mempunyai jarak kisar yang berbeda yang berfungsi untuk mengurangi getaran. Pegas katup ganda mempunyai keunggulan saat pegas katup patah maka katup tidak akan masuk ke ruang bakar karena masih mempunyai pegas cadangan dan pegas katup ganda juga mempunyai frekuensi radam yang berbeda antara pegas sehingga dapat meredap getaran katup.



Gambar 2.9 Pegas Katup Tunggal

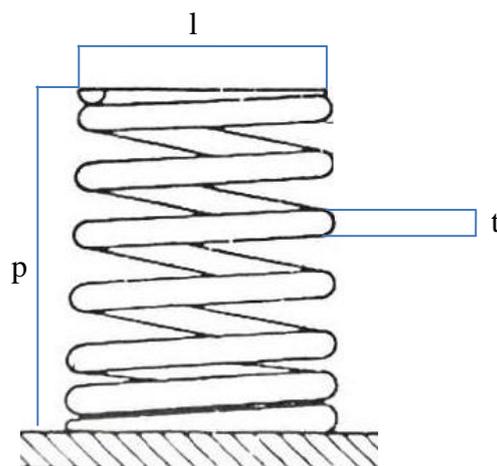
(Sumber : Ricky, 2014)



Gambar 2.10 Pegas Katup Ganda
(Sumber : Ricky, 2014)

Pegas katup yang lemah akan berakibat katup tidak akan menutup rapat dan pada putaran tinggi katup meloncat loncat sehingga tenaga mesin akan berkurang dan juga akibat yang fatal adalah rusaknya komponen seperti katup atau torak karena bertabrakan.

Untuk mengetahui gaya pada *spring valve* maka dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut



Gambar : 2.11 Pegas
(Kiyokatsu Suga, 1997)

$$F_{pp} = P \cdot l \cdot t \cdot \gamma \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- p : Panjang pegas
 l : Lebar pegas / diameter pegas
 t : Tebal pegas

2.1.2 Struktur *Cylinder Head*

Struktur dari *cylinder head* bermacam-macam, tergantung dari langkah pembakarannya (*combustion cycle*), bentuk dari ruang bakar, posisi dari *cam shaft* dan mekanisme *valve*.

Menurut konstruksinya, *cylinder head* dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu: *cylinder head* dengan tipe *devided* atau *sectional* dan tipe *unit* atau *solid*, sedangkan jika satu silinder head digunakan untuk satu atau lebih silinder, maka disebut dengan tipe *devided* atau *section*.

2.2 Alat Bantu Pelepas *Cotter Valve* yang Sudah Ada

Untuk melepas katup kita perlu melepas pengunci katup (*cotter valve*) terlebih dahulu. Ada beberapa cara untuk melepas *cotter valve* yaitu secara tradisional atau menggunakan alat bantu tertentu.

Secara tradisional yaitu dengan cara menggunakan bantuan kunci busi yang diletakkan pada bagian pelat penahan pegas dan dipukul menggunakan palu. Cara seperti ini kurang baik untuk dilakukan karena kurang dalam factor keamanan dan kemungkinan terjadi kerusakan komponen besar terjadi.



Gambar 2.12 Proses pelepasan *valve* secara tradisional
 (Sumber: http://mekanik_online/-cara-melepas-klep-katup-mesin/)

Sedangkan dengan menggunakan alat bantu *tracker valve* seperti pada gambar 2.13 kurang efisien penggunaannya, karena tenaga yang dibutuhkan mekanik untuk penekanan saat membuka *cotter valve* relatif besar dan proses pelepasan dan pemasangan dilakukan secara satu-persatu sehingga cukup memakan waktu yang lama.



Gambar 2.13 *Tracker valve*

(Sumber: http://mekanik_online/-cara-melepas-klep-katup-mesin/)

2.3 Kriteria dalam Pemilihan Komponen

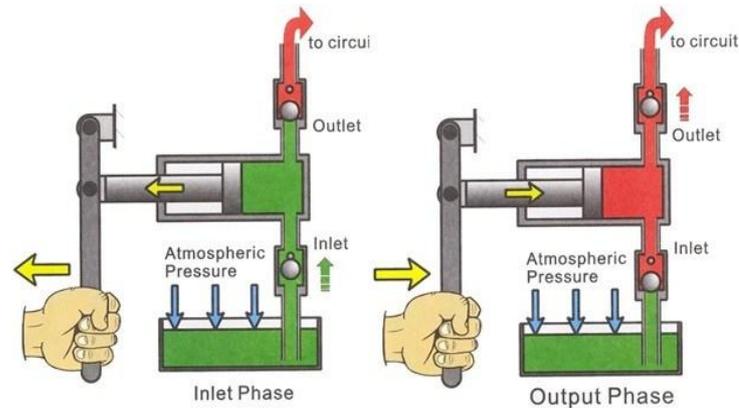
Adapun kriteria-kriteria pemilihan bahan atau material didalam Rancang Bangun Alat Bantu Pelepas *Cotter Valve* pada *Cylinder Head* dengan Penggerak *Hydraulic Jack Hand Pump* adalah sebagai berikut:

2.3.1 Pompa Hidraulik (*Hydraulic Pump*)

Pompa hidrolik berfungsi untuk mengubah energi mekanik menjadi energi potensial di dalam oli. Pompa berfungsi untuk menyediakan aliran. Pompa tidak menghasilkan tekanan. Tekanan timbul karena adanya hambatan-hambatan yang ditemui aliran di dalam sistem.

Secaras garis besar pompa dibagi menjadi dua jenis, yaitu *positifve displacement* dan *non-positive displacement*. *Displacement* pompa adalah berapa volume oli yang dihasilkan perlangkah atau perputaran pompa. Semakin besar nilainya maka semakin besar pompa tersebut.

Pompa *positive displacement* adalah pompa yang menghasilkan *displacement* yang tetap tidak peduli berapa tekanan yang terjadi pada sisi *outlet* pompa.



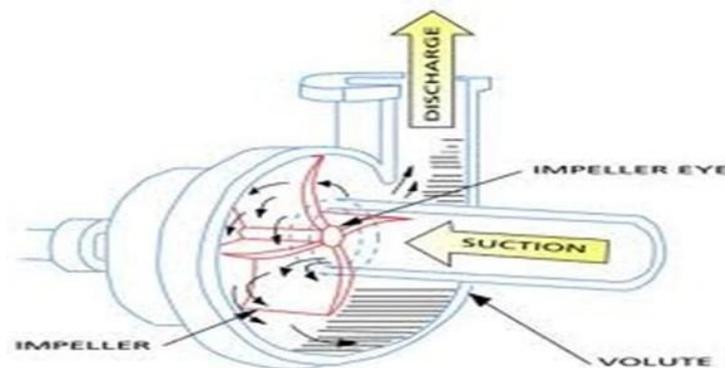
Gambar 2.14 Contoh Pompa *Positive Displacement*

(Sumber : <https://blandong.com/hydraulic-pump/>)

Pada langkah *inlet* yang sebelah kiri, piston pada tabung pompa digerakkan ke kiri. Ruangan didalam pompa semakin besar dan tekanannya turun lebih kecil dari tekanan udara. Akibat perbedaaan ini, udara menekan oli masuk ke dalam pompa melalui *check valve* (berfungsi untuk mengatur aliran hanya pada satu arah). *Check valve* ditekan oli sehingga membuka saluran ke pompa. Pada langkah *output* yang di sebelah kanan, piston menekan oli. Oli mencari jalan keluar. Oli mencoba turun melalui *check valve* yang ada di *inlet* (saluran masuk), namun bola *check valve* tertahan oleh dinding saluran sehingga menutup saluran ke bawah, oli tidak dapat keluar dari *check valve* ini. Oli juga mencoba membuka *check valve* pada bagian atas. Oli harus melawan tekanan yang besar untuk mendorong bola *check valve* ini. Bola *check valve* bergerak dan membuka saluran bagian atas, oli keluar melauai saluran ini.

Apabila tekanan oli pada sisi *outlet* (saluran keluar pompa) relatif kecil maka setiap *stroke* (langkah piston) akan mendorong oli secara relatif mudah. Jika tekanan meningkat, *stroke* yang dibutuhkan lebih berat. Setiap

stroke akan memindahkan volume (*displacement*) oli yang sama walaupun tekanan pada sisi *outlet* tinggi. Inilah arti dari *positive displacement*. Yaitu *displacement* oli selalu tetap tidak bergantung pada tekanan *outlet*. Tekanan ini bisa sedemikian tingginya sehingga pada sistem hidrolik yang menggunakan pompa *positive displacement* harus disediakan mekanisme pembuangan oli jika terjadi kenaikan tekanan yang terlalu besar.



Gambar 2.15 Contoh Pompa *Non-Positive Displacement*

(Sumber : <https://blandong.com/hydraulic-pump/>)

Pompa *non-positive displacement* salah satunya seperti yang ditunjukkan pada gambar di atas. Cara kerjanya adalah sebagai berikut. Impeller berputar dengan kecepatan tinggi membuat tekanan di dalam saluran hisap (*suction*) turun lebih rendah dari tekanan udara. Fluida ditekan udara dan masuk ke dalam pompa. Impeller akan menekan fluida sehingga fluida bergerak dengan kecepatan tinggi. Fluida diarahkan oleh bentuk dari housing pompa menuju saluran keluar (*discharge*). Fluida akan menghasilkan *displacement* yang sama setiap putaran impeller. Namun jika tekanan pada saluran *discharged* naik, banyak oli yang terhambat untuk melewati saluran ini. Oli akan kembali masuk ke pompa yang artinya *displacement* menjadi berkurang. Inilah arti dari *non-positive displacement*. Yaitu volume yang dihasilkan (*displacement*) bergantung pada besar kecilnya tekanan pada sisi *outlet*. Jika tekanan pada sisi *outlet* tinggi maka *displacement* menjadi lebih kecil. Jika sistem hidrolik menggunakan pompa jenis ini, tidak perlu dipasang mekanisme buang

yang khusus, karena kenaikan tekanan sistem tidak bisa menjadi terlalu tinggi yang dibatasi oleh konstruksi pompa. Berbeda dengan *positive displacement* dimana volume oli yang sama selalu dihasilkan sehingga tekanan dapat naik tinggi sekali dan membahayakan sistem. Contoh pompa jenis *non-positive* adalah *water pump*.

Pada alat bantu pembuka *valve* yang kami rancang menggunakan pompa hidrolis tangan (*hydraulic hand pump*). *Hydraulic hand pump* akan menciptakan tekanan dengan menarik dan mendorong pegangan manual. Seng plat di permukaan mencegah karat di lingkungan kerja lembab dan kursi mengeras bola mengurangi tingkat keausan di ulang guncangan minyak hidrolis.



Gambar 2.16 *Hydraulic Jack Connected With Hand Pump*
(Sumber:http://www.mydome.jp/ibo_exporters/detail.cgi?cmpid=cmp003457)

Untuk menghitung besar gaya yang dihasilkan pada *hydraulic jack hand pump* dapat menggunakan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{F}{A}$$

$$F = P \cdot A$$

$$F = P \cdot \frac{\pi}{4} (d)^2 \dots\dots\dots (2.2)$$

Keterangan:

F : Gaya (N)

- A : Luas penampang
d : Diameter dalam hydraulic

2.3.2 Pilar

Pilar adalah tiang yang digunakan sebagai penguat untuk menopang suatu bangunan atau alat.

Pilar merupakan bagian yang penting dalam sebuah bangunan atau alat, karena pilar juga menentukan kokoh tidaknya suatu alat. Bentuk pilar berupa silinder pejal atau memiliki rongga.



Gambar 2.17 Pilar silinder pejal

<http://teknikpemesinan.blogspot.com/2014/03/>

2.3.3 Kerangka

Kerangka berfungsi untuk menahan berat keseluruhan dari komponen-komponen yang terdapat pada alat, untuk itu agar mampu menahan beban yang ditumpukan banyak jenis profil rangka yang sering digunakan seperti persegi panjang, bulat, berbentuk U, berbentuk L, dan lain-lain.

Dimana pada profil L adalah profil yang sangat cocok untuk digunakan sebagai kerangka pada alat bantu yang penulis rancang. Profil L ini terbuat dari bahan baja yang merupakan bahan campuran besi (Fe), 1,7% zat arang atau carbon (C), 1,65% mangan (Mn), 0,6% silicon (Si), dan 0,6% tembaga (Cu).

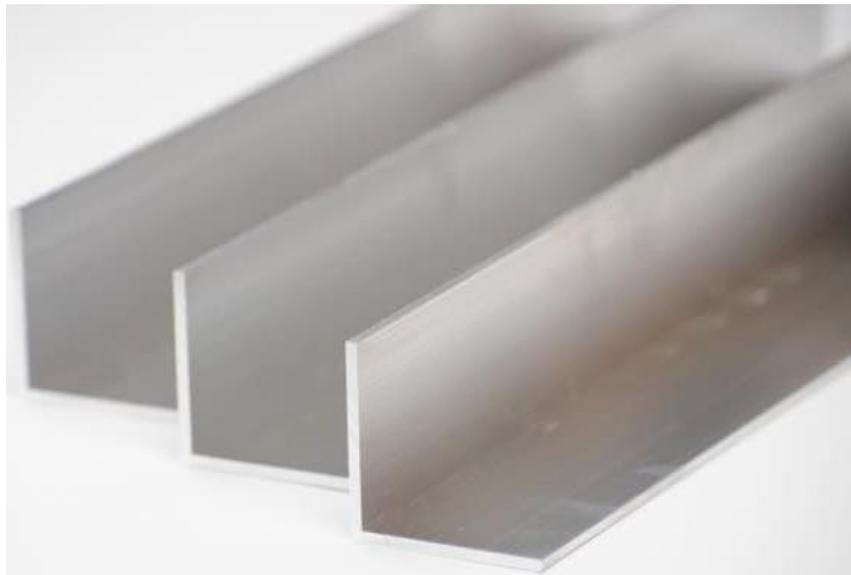
Suatu struktur menerima bahan dinamis, struktur ini dapat berkedudukan mendatar, miring maupun tegak. Untuk struktur yang tegak (*vertical*) dinamakan kolom. Jika sebuah kolom menerima beban tekan maka pada batang akan terjadi tegangan tekan yang sama besarnya.

$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.3)$$

Dimana :

- σ : Tegangan tekan (N/mm^2)
- F : Gaya tekan (N)
- A : Luas penampang batang (mm^2)

Pada kolom pendek apabila gaya yang diberikan ditambah sedikit demi sedikit kolom akan hancur dan bila kolomnya panjang batang tidak akan hancur melainkan akan menekuk (*buckling*).



Gambar 2.18 Kerangka Profil L

(Sumber: <http://www.joandidion.info/pipa-profil-logam/>)

Untuk mencari bahan kerangka yang sesuai, tentu kita harus mengetahui terlebih dahulu beban yang akan diterima oleh kerangka tersebut dan dapat mengetahui berapa beban yang diterima setiap kaki, sehingga nantinya dapat menopang benda dengan aman.

a. Menghitung berat kerangka

Fungsi dari kerangka adalah sebagai dudukan dari rangkaian alat yang akan digunakan. Berat rangka dalam keadaan normal tanpa beban adalah:

$$W = V \cdot \rho$$

$$V = p \cdot l \cdot t \dots\dots\dots (2.4)$$

Dimana:

- W = Berat kerangka (Kg)
- V = Volume kerangka (cm³)
- p = Panjang kerangka (cm)
- l = Lebar kerangka (cm)
- t = Tinggi kerangka (cm)

b. Menghitung titik berat benda

Titik berat benda merupakan pusat massa benda dimana dimana benda akan berada dalam keseimbangan rotasi.

Rumus titik berat benda dengan f_i = gaya yang terjadi dititik I, x_i = jarak sumbu x dititik i, dan y_i = jarak sumbu y dititik i:

- Untuk sumbu x:

$$x = \frac{\sum f_i \cdot x_i}{\sum f_i} \dots\dots\dots (2.5)$$

- Untuk sumbu y:

$$y = \frac{\sum f_i \cdot y_i}{\sum f_i} \dots\dots\dots (2.6)$$

2.3.4 Baut dan Mur

Baut dan Mur berfungsi untuk mengikat antar rangka. Untuk menentukan jenis dan ukuran baut dan mur harus memperhatikan berbagai faktor seperti sifat gaya yang bekerja pada baut, cara kerja mesin, kekuatan bahan, dan lain sebagainya.



Gambar 2.19 Baut dan Mur

(Sumber: <http://inihradzhkhan.blogspot.com/2014/01/materi-dasar-kejuruan-mur-dan-baut.html>)

Untuk macam-macam baut dan mur perhatikan gambar 2.8



Gambar 2.20 Macam-macam baut dan mur

(Sumber: <http://inihradzhkhan.blogspot.com/2014/01/materi-dasar-kejuruan-mur-dan-baut.html>)

Adapun gaya-gaya yang bekerja pada baut dapat berupa :

- Beban statis aksial murni.
- Beban aksial bersama dengan beban puntir.
- Beban geser.
- Beban tumbukan aksial.

Tegangan geser yang terjadi pada baut pengikat:

$$\sigma_g = 4 \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana:

- σ_g = Tegangan geser (N/mm²)
 F = Beban (N)
 A = Luas penampang baut (cm)

2.4 Analisa Tegangan

Pada beberapa perancangan statika sering kita jumpai 3 istilah penting, normal *stress*, *bending stress*, dan *shear stress*. Untuk mampu menguasai perhitungan dan analisis beban statik, maka memahami ketiga jenis besaran tersebut menjadi hal yang mutlak untuk dikuasai.

2.4.1 Tegangan Bending

Bending (Lentur) adalah keadaan gaya kompleks yang berkaitan dengan melenturnya elemen. Biasanya lentur terjadi pada elemen balok sebagai akibat dari adanya beban transversal. Aksi lentur menyebabkan serat-serat pada satu muka elemen memanjang, mengalami tarik dan serat pada muka lainnya mengalami tekan. Jadi, baik tarik maupun tekan terjadi pada satu penampang yang sama. Keadaan gaya yang kompleks ini tidak dapat hanya dinyatakan dengan tegangan yang besarnya sama dengan gaya dibagi luas penampang.

Tegangan *Bending* merupakan tegangan yang diakibatkan oleh bekerjanya momen lentur pada benda. Sehingga pelenturan benda disepanjang sumbunya menyebabkan sisi bagian atas tertarik, karena bertambah panjang dan sisi bagian bawah tertekan, karena memendek. Dengan demikian struktur material benda di atas sumbu akan mengalami tegangan tarik, sebaliknya dibagian bawah sumbu akan menderita tegangan tekan. Sedangkan daerah diantara permukaan atas dan bawah, yaitu yang sejajar dengan sumbu benda tetap, tidak mengalami perubahan, ini disebut sebagai bidang netral.

Persamaan umum tegangan lentur, adalah :

$$M_L / I = \sigma_L / y = E / R \dots \dots \dots (2.8)$$

Dimana : I = inersia pada sumbu benda (I_{xx} atau I_{yy}).

y = jarak dari bidang netral ke permukaan luar benda.

E = modulus elastisitas

R = radius kelengkungan benda.

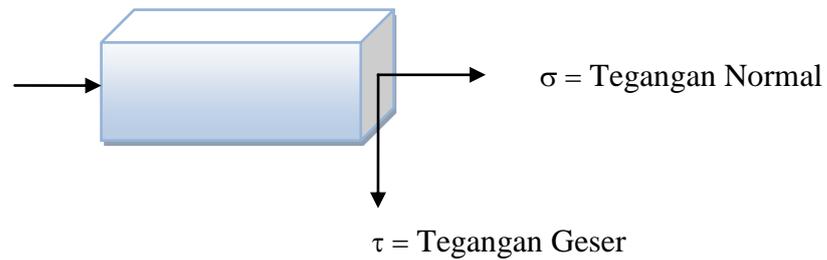
2.4.2 Tegangan Geser

Geser (*shear*) adalah keadaan gaya yang berkaitan dengan aksi gaya-gaya berlawanan arah, yang menyebabkan satu bagian struktur tergelincir terhadap bagian di dekatnya. Tegangan yang timbul disebut sebagai tegangan geser (*shear stress*) yang bekerja dalam arah tangensial permukaan gelincir. Tegangan geser umum terjadi pada balok. Torsi (torsion) adalah puntir. Baik tegangan tarik maupun tekan terjadi pada elemen yang mengalami torsi.

Tegangan geser merupakan tegangan yang bekerja sejajar atau menyinggung permukaan. Tegangan geser yang bekerja pada permukaan positif suatu elemen adalah positif apabila bekerja dalam arah positif dari salah satu sumbu-sumbu positif dan negative apabila bekerja dalam arah negatif dari sumbu-sumbu. Tegangan geser yang bekerja pada permukaan negatif suatu elemen adalah positif apabila bekerja dalam arah negatif sumbu dan negatif apabila bekerja dalam arah positif.

Prinsip tegangan geser

Sifat-sifat suatu bahan dalam keadaan geser dapat ditentukan secara eksperimental dari uji-uji geser langsung (direct shear) atau puntiran (torsion). Uji yang kemudian dilakukan dengan memuntir pipa-pipa berongga, sehingga menghasilkan suatu keadaan geser murni.



Gambar 2.21 Diagram Tegangan Geser

(Sumber: Muhammad Iqbal, Skripsi Teknik Mesin Tridinanti 2016)

Sebagai suatu contoh dapat dilihat pada sambungan baut. Tegangan geser pada baut diciptakan oleh aksi langsung dari gaya-gaya yang mencoba mengiris bahan. Tegangan geser dapat diperoleh dengan membagi gaya geser terhadap luas.

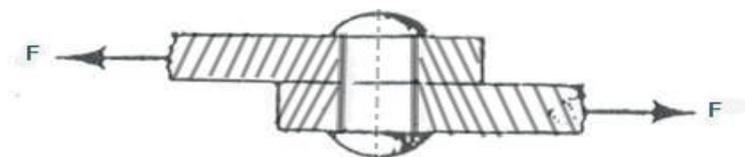
$$\sigma = \frac{F}{A} \dots\dots\dots(2.9)$$

dimana,

F = Gaya geser

A = luas bidang geser

Bagian awal dari diagram tegangan-regangan geser sebuah garis lurus, seperti dalam keadaan tarik. Untuk daerah elastis linier, tegangan geser berbanding lurus dengan regangan geser, jadi diperoleh persamaan berikut bagi hukum Hooke untuk keadaan geser.



Gambar 2.22 Tegangan Geser pada Baut

(Sumber: Buku ajar perancangan mesin, Drs. Soeparjo M.T.)

Bagian awal dari diagram tegangan-regangan geser sebuah garis lurus, seperti dalam keadaan tarik. Untuk daerah elastis linier, tegangan

geser berbanding lurus dengan regangan geser, jadi diperoleh persamaan berikut bagi hukum Hooke untuk keadaan geser.

$$\tau = G\gamma \dots\dots\dots (2.10)$$

dimana,

τ = Tegangan geser (MPa)

G = Modulus geser (N/m²)

γ = Regangan geser (rad)

Tegangan geser pada permukaan-permukaan yang berhadapan besarnya sama tapi arahnya berlawanan. Tegangan geser pada permukaan-permukaan yang saling tegak lurus besarnya sama tetapi memiliki arah-arah yang sedemikian rupa sehingga kedua tegangan mengarah ke, atau menjauhi garis perpotongan kedua.

2.4.3 Tegangan Normal

Tegangan normal adalah intensitas gaya yang bekerja normal (tegak lurus) terhadap irisan yang mengalami tegangan. Bila gaya-gaya yang luar yang bekerja pada suatu batang yang sejajar terhadap sumbu utamanya dan potongan batang penampang tersebut konstan, tegangan internal yang dihasilkan adalah sejajar terhadap sumbu tersebut. Gaya-gaya seperti itu disebut gaya aksial, dan tegangan yang timbul disebut tegangan aksial. Konsep dasar dari tegangan dan regangan dapat diilustrasikan dengan meninjau sebuah batang prisma yang dibebani gaya-gaya aksial pada ujung-ujungnya. Sebuah batang prisma adalah sebuah batang lurus yang memiliki penampang yang sama pada keseluruhan panjangnya. Untuk menyelidiki tegangan-tegangan internal yang ditimbulkan gaya-gaya aksial pada batang dibuat suatu pemotongan garis khayal pada irisan mn. Irisan ini diambil tegak lurus sumbu longitudinal batang. Karena itu irisan ini disebut penampang batang. Tegangan Normal terbagi menjadi 2 yaitu :

1. Tegangan Tarik / *Tensile stress* Apabila sepasang gaya tarik aksial menarik suatu batang, dan akibatnya batang ini cenderung menjadi

tertegang atau bertambah panjang. Maka gaya tarik aksial tersebut menghasilkan tegangan tarik pada batang disuatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

2. Tegangan Tekan / *Compressive stress* Apabila sepasang gaya tekan aksial mendorong suatu batang, akibatnya batang ini cenderung untuk mempendek atau menekan batang tersebut. Maka gaya tekan aksial tersebut menghasilkan tegangan tekan pada batang disuatu bidang yang terletak tegak lurus atau normal terhadap sumbunya.

2.4.4 Momen Lentur

Balok melentur adalah suatu batang yang dikenakan oleh beban-beban yang bekerja secara transversal terhadap sumbu pemanjangannya. Beban-beban ini menciptakan aksi internal, atau resultan tegangan dalam bentuk tegangan normal, tegangan geser dan momen lentur

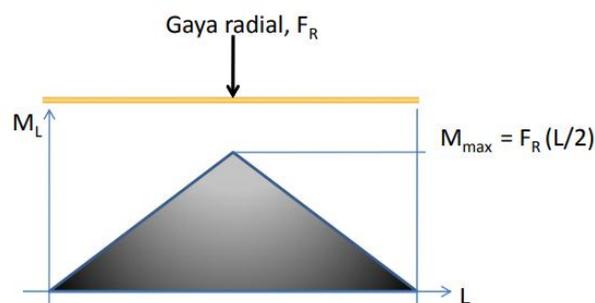
Adanya lendutan disebabkan karena momen lentur. Momen lentur muncul karena adanya gaya radial yang bekerja pada elemen poros dengan jarak yang tegak lurus terhadap titik tumpuan.

Secara matematis :

Momen lentur = gaya radial x Jarak tegak lurus

$$ML = FR \times L \dots\dots\dots(2.11)$$

Besar momen lentur pada setiap bagian sepanjang poros berbeda-beda.



Gambar 2.23 Distribusi Momen Lentur
(Sumber: Materi-4-Poros-Beban-LENTUR-201444.pdf)

Tegangan normal dalam kasus ini berbeda dengan tegangan normal akibat gaya aksial. Besaran tegangan normal akibat momen lentur adalah :

$$\sigma = \frac{M_l \cdot c}{I} \dots\dots\dots(2.12)$$

I = momen inersia penampang, Sedang M_l dan c (atau y) tidak tetap.

Momen inersia penampang (I) :

Untuk penampang lingkaran

$$I = \frac{\pi \cdot d^4}{64} \dots\dots\dots(2.13)$$

Tegangan normal terbesar terjadi pada titik momen lentur terbesar. Tegangan normal akan mencapai harga maksimum di bagian permukaan ($c = \text{maks}$) dan besarnya :

$$I = \frac{M_l \times \frac{d}{2}}{\frac{\pi d^4}{64}} = \frac{32 \times M_l}{\pi d^3} \dots\dots\dots(2.14)$$

Untuk mencari diameter poros/as dapat dilakukan dengan memodifikasi persamaan :

$$d^3 = \frac{32 \times M_l}{\pi \cdot \sigma_{\text{bahan}}}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \times M_l}{\pi \cdot \sigma_{\text{bahan}}}} \dots\dots\dots(2.15)$$

Untuk kondisi as yang lebih aman maka perlu memasukkan faktor keamanan (FS). Dari persamaan diatas, data atau variabel yang perlu diketahui untuk menghitung diameter as adalah :

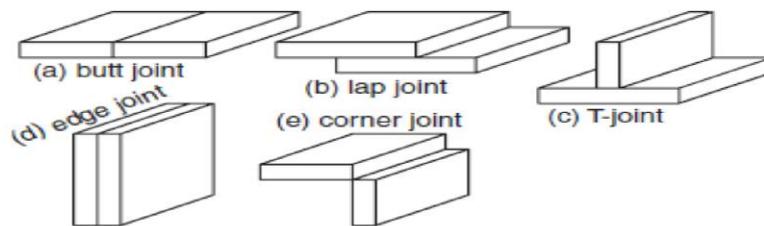
1. Faktor keamanan (FS).
2. Momen Lentur (M_l)
3. Kekuatan Mulur/YIELD STRESS (σ_y) material bahan

2.5 Proses Pengerjaan yang Dilakukan

Ada beberapa pengerjaan yang digunakan untuk membuat mesin alat sangrai pasir ini baik dengan menggunakan alat atau mesin.

2.5.1 Pengelasan

Pengertian pengelasan menurut Widharto (1996) adalah salah satu cara menyambung benda padat dengan jalan mencairkannya melalui pemanasan. Berdasarkan definisi dari Deutsche Industrie Normen (DIN) las adalah ikatan metalurgi pada sambungan logam paduan yang dilaksanakan dalam keadaan lumer atau cair. Sambungan las mempunyai beberapa jenis sambungan diantaranya sebagai berikut :



Gambar 2.24 Jenis sambungan pengelasan
(Sumber: Modul Elemen Mesin 1, Ir. H. Sailon, M.T.)

Sambungan las dalam hal ini untuk mengikat antar rangka satu dengan lainnya, maka bahan las yang digunakan adalah elektroda.

Rumus terkait pengelasan:

Luas penampang bahan yang akan di las :

$$A = t \cdot \sqrt{2} \cdot L \dots\dots\dots (2.16)$$

Keterangan :

- l = Lebar Pelat (mm)
- t = Tebal Pelat (mm)

Tegangan geser yang terjadi

$$\tau_g = \frac{F}{A} \dots\dots\dots (2.17)$$

Keterangan :

- F = gaya (N)
- A = Luas Penampang (mm)

Tegangan geser yang diizinkan pada lasan:

$$\tau_{gi} = \frac{\tau_g}{v} \dots\dots\dots (2.18)$$

Keterangan :

τ_{gi} = Tegangan geser izin pelat pada lasan

τ_g = Tegangan geser beban, beban lasan disamakan dengan bahan yang digunakan

v = Faktor Kosentrasi tegangan lasan

2.5.2 Pengerindaan

Pengerindaan dilakukan untuk memotong rangka, plat dan benda yang tidak mungkin dilakukan tanpa menggunakan mesin. Selain itu pengerindaan juga bisa dilakukan untuk penghalusan bagian-bagian yang tajam pada proses jadi akhir (*finishing*) tetapi disesuaikan dengan mata gerinda yang kita pakai, karena untuk mata gerinda sendiri ada beberapa jenis dan fungsinya.

Parameter pemotongan pada mesin gerinda datar diantaranya: kecepatan keliling roda gerinda (*peripheral operating speed - POS*), kecepatan putar mesin (*Revolution Permenit - Rpm*), dan waktu proses pemesinannya.

Kecepatan Keliling Roda Gerinda (*Peripheral operating speed - POS*). Kecepatan keliling roda gerinda disesuaikan dengan tingkat kekerasan atau jenis perekat. Kecepatan keliling terlalu rendah membuat butiran mudah lepas, dan sebaliknya jika kecepatan keliling terlalu tinggi akan terlihat proses pengerindaan keras sehingga akan berakibat roda gerinda mudah pecah. Kecepatan keliling roda (POS) roda gerinda dapat dihitung dengan rumus:

$$POS = \frac{n \times \pi}{1000 \cdot 60} \dots\dots\dots (2.19)$$

Keterangan:

- POS = Peripheral operating speed atau kecepatan keliling roda gerinda dalam (meter/detik)
- n = Kecepatan putar roda gerinda/menit (Rpm)
- d = Diameter roda gerinda dalam (mm)
- 60 = Konversi satuan menit ke detik
- 1000 = Konversi satuan meter ke millimeter

2.5.3 Pembubutan

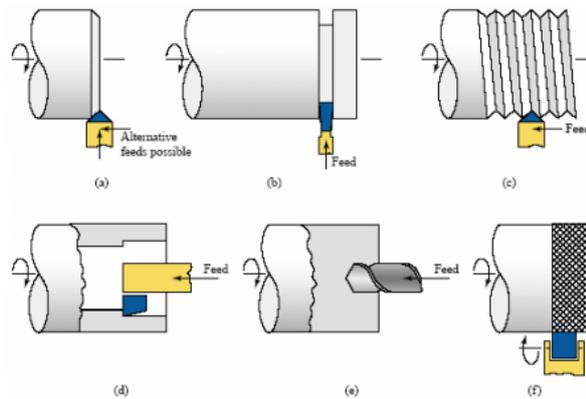
Proses bubut merupakan salah satu dari berbagai macam proses permesinan dimana proses permesinan sendiri adalah proses pemotongan logam yang bertujuan untuk mengubah bentuk suatu benda kerja dengan pahat potong yang dipasang pada mesin perkakas. Jadi proses bubut dapat didefinisikan sebagai proses permesinan yang biasa dilakukan pada mesin bubut dimana pahat bermata potong tunggal pada mesin bubut bergerak memakan benda kerja yang berputar, dalam hal ini pahat bermata potong tunggal adalah gerak potong dan gerak translasi pahat adalah gerak makan (Rochim, 1993).



Gambar 2.25 Mesin Bubut

(Sumber : <http://didinlubis.blogspot.com/2012/12/pengertian-mesin-bubut-prinsip-kerja.html>)

secara umum mesin bubut dapat melakukan beberapa proses permesinan, yaitu bubut dalam (internal turning), 5 proses pembuatan lubang dengan mata bor (drilling), proses memperbesar lubang (boring), pembuatan ulir (thread cutting), dan pembuatan alur (grooving/partingoff). Proses tersebut dilakukan di Mesin Bubut dengan bantuan/tambahan peralatan lain agar proses pemesinan bisa dilakukan.



(Gambar 2.26 proses permesinan yang dapat dilakukan pada mesin bubut)

(Sumber : Widarto,dkk., 2008).

Rumus perhitungan putaran mesin

$$n = \frac{1000.v_c}{\pi.d} \dots\dots\dots (2.20)$$

Dimana:

- n = Banyak putaran (rpm)
- d = Diameter benda kerja (mm)
- V_c = Kecepatan potong (m/menit)

Rumus pemakanan memanjang

$$T_m = \frac{L}{sr \times n} \dots\dots\dots (2.21)$$

Rumus pemakanan melintang

$$T_m = \frac{r}{sr \times n} \dots\dots\dots (2.22)$$

Dimana:

- T_m = Waktu pengerjaan (menit)

- L = Panjang benda kerja yang dibubut (mm)
 Sr = Kedalaman pemakanan (mm/putaran)
 n = Kecepatan putaran mesin (rpm)
 r = Jari-jari benda kerja (cm)

2.5.4 Pengeboran

Mesin bor adalah suatu jenis mesin gerakanya memutar alat pemotong yang arah pemakanan mata bor hanya pada sumbu mesin tersebut (pengerjaan pelubangan). Sedangkan Pengeboran adalah operasi menghasilkan lubang berbentuk bulat dalam lembaran-kerja dengan menggunakan pemotong berputar yang disebut bor dan memiliki fungsi untuk Membuat lubang, Membuat lobang bertingkat, Membesarkan lobang, *Chamfer*. (Doddy_y, 2010)



Gambar 2.27 Mesin Bor

(Sumber : doddi_y.staff.gunadarma.ac.id/Downloads/files/27224/Mesin+Bor.pdf)

Rumus perhitungan putaran mesin

$$n = \frac{1000 \cdot v_c}{\pi \cdot d} \dots\dots\dots (2.23)$$

Dimana:

- n = Banyak putaran (rpm)
 d = Diameter benda kerja (mm)

V_c = Kecepatan potong (m/menit)

Rumus perhitungan waktu pengerjaan

$$T_m = \frac{L}{n} \dots\dots\dots (2.24)$$

Dimana:

T_m = Waktu pengerjaan (menit)

L = Kedalaman pengeboran $1 + (0,3d)$ (mm)

n = Kecepatan putran mesin (rpm)

Kemudian hitung total waktu pengerjaan yang dibutuhkan untuk dapat menyelesaikan alat/ benda kerja dengan rumus:

$$T_{Total} = \sum T_{m_{Bubut}} + \sum T_{m_{Bor}} + Waktu\ assembly$$