

2. TEORI DASAR

2.1. Bahan Campuran dan Alat Pengaduk Beton

Beton sebagai bahan yang berasal dari pengadukan bahan-bahan susun agregat kasar dan halus kemudian diikat dengan semen yang bereaksi dengan air sebagai bahan perekat, harus dicampur dan diaduk dengan benar dan merata agar dapat dicapai mutu beton baik. Pada umumnya pengadukan bahan beton dilakukan dengan menggunakan mesin, kecuali jika hanya untuk mendapatkan beton mutu rendah pengadukan dapat dilakukan tanpa menggunakan mesin pengaduk. Kekentalan adukan beton harus diawasi dan dikendalikan dengan cara memeriksa *slump* pada setiap adukan beton baru. Nilai *slump* digunakan sebagai petunjuk ketepatan jumlah pemakaian air dalam hubungannya dengan faktor air semen yang ingin dicapai. Waktu pengadukan yang lamanya tergantung pada kapasitas isi mesin pengaduk, jumlah adukan, jenis serta susunan butir bahan susun, dan *slump* beton, pada umumnya pada umumnya tidak kurang dari 1,50 menit semenjak dimulainya pengadukan, dan hasil adukannya menunjukkan susunan dan warna yang merata.

Sesuai dengan tingkat mutu beton yang hendak dicapai, perbandingan campuran bahan susun harus ditentukan agar beton yang dihasilkan memberikan:(1) Kelecekan dan konsistensi yang memungkinkan pengerjaan beton (penuangan, perataan, pemadatan) dengan mudah ke dalam acuan dan sekitar tulangan baja tanpa menimbulkan kemungkinan terjadinya segregasi atau pemisahan agregat dan bleeding air; (2) Ketahanan terhadap kondisi lingkungan khusus (kedap air, korosif dan lain-lain); (3) Memenuhi uji kuat yang hendak dicapai.

Pada pelaksanaan produksi biasa menggunakan teknik penakaran volume, dimana volume tersebut adalah hasil konversi takaran berat sewaktu membuat rencana campuran. Perbandingan volume yang biasa digunakan adalah 1(semen) : 2(pasir) : 3(agregat). Apabila hendak menentukan perbandingan antarfraksi bahan beton dengan mutu yang lebih tinggi harus dilakukan percobaan campuran rencana guna dapat menjamin tercapainya kuat tekan karakteristik yang diinginkan dengan menggunakan bahana-bahan susun yang ditentukan.

Prinsip umum penggunaan alat campur beton yang biasanya dapat digunakan:

- a. Pemasukan semen, pasir dan agregat kasar ke dalam alat campur secara simultan adalah menguntungkan dan dengan cara demikian sehingga curahan dari tiap-tiap bahan berlangsung pada periode yang sama. Beton yang dihasilkan lebih seragam daripada yang diperoleh bilamana bahan dimasukkan satu setelah lainnya, atau pada kuantitas yang tidak sebanding.
- b. Air harus diisikan kedalam alat campur pada waktu yang bersamaan. Hal ini tidak mungkin bila alat campurnya banyak karena aliran air terbatas, dan waktu yang diperlukan untuk mengisi pada jumlah yang dibutuhkan suatu alat campur, mungkin sampai $\frac{1}{2}$ menit. Pada keadaan semacam ini disarankan untuk mulai mengalirkan air sedikit lebih dahulu pada bahan lainnya. Bila semua air ditambahkan sebelum atau sesudah bahan lainnya, maka takaran beton tidak disangsikan lagi akan bervariasi dari suatu bagian basah pada suatu bagian kering. Arah aliran air juga mempengaruhi keseragaman dan mungkin perlu diatur.
- c. Pencampuran harus berlangsung terus sampai beton seragam konsistensi dan warnanya. Pada alat campur yang menggunakan semacam wadah silinder, keadaannya bisa menguntungkan bila pengemudi alat campur ini dapat melihat ke dalam wadah itu pada kedua ujungnya, sedemikian sehingga dia dapat memperhatikan konsistensinya, serta mengadakan pembetulan kecil pada air yang ditambahkan.
- d. Alat campur tidak boleh diisi melebihi kapasitasnya. Kelebihan bahan menyebabkan tumpahnya bahan, dan campuran tidak memuaskan, disamping juga menambah tegangan yang tidak diharapkan pada bagian-bagian mekanis.
- e. Alat campur harus disetel dengan teliti agar sumbu putar wadah mencampur ada dalam kondisi horizontal. Kecuali pada kasus jenis alat campur yang miring. Setelan yang tidak teliti menyebabkan campuran yang kurang baik.

- f. Untuk mendapatkan penampilan yang memuaskan, alat campur harus dapat menghasilkan beton yang seragam pada seluruh takaran, sedemikian hingga jumlah agregat ukuran terbesar pada akhir curahan tidak berbeda, lebih dari 20 persen pada agregat yang diperoleh pada curahan awal. Untuk memperkecil resiko terjadinya “kantong batu”, yang disebabkan kelebihan batu pada bagian takaran yang mana pun maka disarankan untuk mencurahkan takaran ke dalam suatu wadah yang cocok, daripada mencurahkan pada kuantitas kecil dan terpisah pada gerobak beroda. Bilamana wadahnya direncanakan dengan baik, batu akan menyebar pada seluruh bagian takaran.
- g. Beberapa adukan semen dari takaran yang pertama dari beton yang dicampur tertinggal pada pisau pencampur dan di sekitar wadah campur. Untuk menghindari kesukaran di dalam mencetak yang disebabkan oleh kekurangan butiran halus, suatu tambahan sebesar 10 persen dari masing-masing semen dan pasir harus ditambahkan untuk takaran pertama.
- h. Beton yang melekat pada pusai putar atau permukaan dalam wadah putar dalam jumlah yang besar, mengurangi efisiensi pencampuran. Pembersihan teratur pada setiap akhir dari siklus pencampuran diperlukan untuk mencegah agar beton yang lekat dan mengeras, terutama bila digunakan campuran yang kaku atau kering.
- i. Pisau campur yang telah aus atau bengkok akan mengurangi efisiensi sehingga harus diganti. Aus pada bagian pemasukan dan pencurahan keluar yang curam, dengan sendirinya menyebabkan kehilangan bahan, dan harus dibetulkan dengan perbaikan yang sesuai.
- j. Lekatnya semen dikurangi dengan memoleskan semir atau minyak pada permukaan alat campur setelah pembersihan. Lapisan semen boleh jadi lekat dan keras pada bagian “hidung” dari hopper pengisi dan harus sering disusup.

Ada beberapa jenis alat pencampur beton yang sering digunakan dimana cara operasinya bervariasi, yaitu :

1. Wadah campur yang dapat dimiringkan.

Alat campur ini paling banyak ditemukan dipasaran karena kapasitasnya kecil dan dapat dioperasikan dengan mudah. Pada umumnya tersedia kapasitas 100, 150, 175, dan 200 liter, sebagai kapasitas takarannya.

Sampai pada kapasitas 150 liter campuran beton sering diisi dengan sekop langsung ke dalam wadah campur, tetapi cara ini tidak memuaskan untuk mendapatkan beton kualitas tinggi.

Alat campur ini memiliki wadah silinder yang dipasang pada rol-rol dan diputar oleh gerakan roda gigi atau oleh suatu rantai yang melingkari wadah silinder dan suatu roda gigi yang digerakkan oleh motor. Pisau-pisau di dalam wadah putar diatur agak berbeda oleh pembuat mesin campur yang berlainan orangnya, tetapi pada umumnya pisau campur cenderung untuk mengerjakan beton ke arah ujung curah dari alat campur, agar menghasilkan campuran yang tinggi kecepatannya.

Alat campur ini merupakan jenis yang paling sesuai untuk beton yang ukuran agregatnya besar dan karena curahannya besar, alat ini cocok untuk beton yang rendah workabilitasnya.



Gambar 2.1. Wadah campur yang dapat dimiringkan.

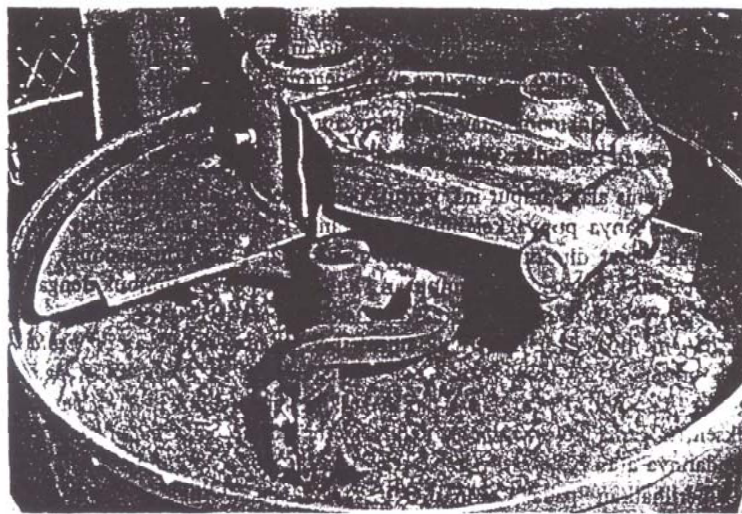
2. Alat campur dengan pengaduk yang digerakkan oleh suatu kekuatan.

Beberapa jenis alat campur ini, yaitu *pan mixer* adalah suatu alat campur yang dapat dibuat. Salah satu jenis umum dari *pan mixer*, dan pengaduk disambungkan dengan sebuah pengaduk baja tuang berbentuk bintang, serta dipasang secara eksentris terhadap wadahnya. Pengaduk berputar, baik dalam arah yang sama seperti wadahnya atau pada arah yang berlawanan, tetapi kecepatannya lebih besar. Biasanya pada *pan mixer* yang paling modern dan besar mempunyai wadah yang stasioner (tetap).

Pan mixer bukan alat campur yang mudah diangkut, dan pemakaiannya agak berat, sedemikian sehingga penggunaannya ditekankan pada pabrik beton pra-cetak dan untuk pekerjaan sipil yang besar.

Sebuah versi kecil dari jenis alat ukur ini yang mempunyai kapasitas 40 liter campuran beton telah terbukti kegunaannya untuk campuran uji coba dalam laboratorium, dan untuk mempersiapkan sejumlah kecil warna bidang muka batu cetak yang arsitektoris. Bagaimana pun juga, alat ini masih menimbulkan segregasi, pemisahan agregat berukuran besar, dan untuk campuran uji coba, akhirnya diperlukan juga untuk membalikkan beton dengan tangan untuk menjamin keseragaman pada seluruh takaran.

Alat campur ini tersedia dalam ukuran takaran yang berkapasitas nominal 200 liter sampai 2 m³.



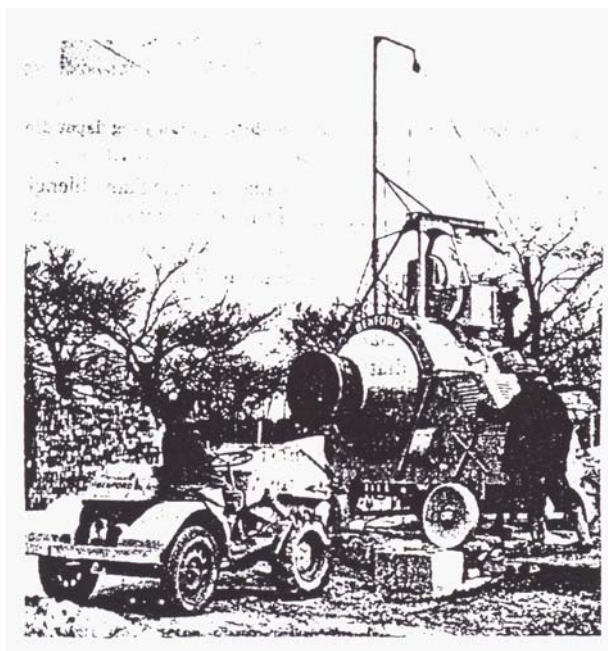
Gambar 2.2. Alat campur dengan pengaduk yang digerakkan oleh suatu kekuatan.

3. Wadah drum yang dapat dibalik arah putarannya.

Alat campur pada kategori ini berputar pada satu arah untuk mencampur dan arah sebaliknya untuk mencurahkan. Wadah campurnya mempunyai dua pasang pisau campur, yang satu untuk mencampur, yang lain untuk mencurahkan. Bilamana wadah campur dibalik arah putarannya setelah selesai mencampur, beton dicurahkan dengan cepat dan bersih.

Wadah campur yang putarannya dapat dibalik memberikan pencampuran yang efisien dan beton yang lekat serta keras didalamnya sangat sedikit dan begitu juga beton yang mengalami *balling* (seperti bola dalam wadah campur). Alat ini terutama cocok untuk campuran beton yang relatip kering.

Sambungan dengan kerucut karet atau baja umumnya dipasang pada sisi untuk mencurahkan dari wadah campur untuk memungkinkan beton dicurahkan dengan bebas tanpa tumpukan pada bagian tengah dari suatu penambung maupun timbunan.



Gambar 2.3. Wadah drum yang dapat dibalik arah putarannya.

2.2. Alat Pengangkut Beton

Pengangkutan beton dari instalasi pencampuran ke tempat pencetakan harus memenuhi ketiga syarat ini:

- a. Pengangkutan harus sedemikian cepat, sehingga beton tidak kering atau kehilangan workabilitas atau plastilitas selama waktu yang digunakan antara mencampur dan mencetak.
- b. Segregasi harus dikurangi seminimal mungkin agar terhindar dari beton yang tidak seragam. Dengan alasan yang sama kehilangan bahan halus atau semen dan air harus dicegah.
- c. Pengangkutan harus diorganisir sedemikian sehingga selama pencetakan pada bagian atau angkutan tertentu, tidak terjadi keterlambatan pada bidang cor, sambungan dinding atau sambungan konstruksi.

Beton kering terbukti sulit diangkut, karena dapat memadat sedemikian keras sehingga beton harus dikeruk dari wadahnya. Ini tampaknya juga lekat pada kotak, *skips* dan hopper pengangkut. Satu-satunya jalan untuk mengatasi hal ini ialah mengadakan wadah yang direncanakan dengan baik sehingga menjadikan beton lebih besar workabilitasnya.

Beberapa bagian adukan yang pertama atau dari takaran kedua dari beton yang diangkut, hampir selalu lekat pada wadahnya. Sebelumnya telah disarankan bahwa tambahan 10 persen semen dan pasir harus diadakan terhadap takaran pertama yang dibuat untuk menggantikan kehilangan adukan selama pengangkutan atau sewaktu dalam alat campur.

Terdapat bermacam cara untuk mengangkut beton dimana yang tersebut dibawah ini merupakan alat yang terpenting:

- a. Gerobak roda satu, kereta dorong dan truk ringan.

Gerobak roda satu dan kereta dorong mungkin digunakan untuk jarak pendek. Meskipun demikian, disarankan agar mencurahkan seluruh isi alat campur kedalam hopper perantara, dari sini beton dapat diambil dengan cara gravitasi ke dalam gerobak roda satu, agar dapat mengatasi variasi konsistensi beton ketika dicurahkan dari alat campur, serta menghindari segregasi

(pemisahan butir) pada saluran cetak yang panjang dari alat campur dan memperkecil penundaan waktu.

Truk ringan atau skips (alat pembawa dengan bukaan di bawah) pada rel mungkin digunakan untuk pengiriman ke tempat yang jauh, kemudian dituang ke dalam gerobak roda satu atau kereta dorong yang mengangkatnya sampai ketinggian tempat cor. Gerobak roda satu cocok sekali untuk dijalankan sepanjang perancah (*scaffolding*) pada tempat bangunan.

Di dalam menerapkan cara-cara tersebut di atas, harus dicegah sedapat mungkin agar jangan terbanting-banting dan bergetar, misalnya jalan gerobak roda satu harus dipelihara sehalus mungkin. Untuk mengirimnya ke tempat yang jauh, terutama dalam atmosfer yang kering dan panas, disarankan agar menambahkan sedikit air atau menyelimuti beton dengan karung basah atau terpal. Kecepatan penguapan yang tinggi dari tumpukan beton harus selalu dicegah.

b. Pompa beton dan perpipaannya.

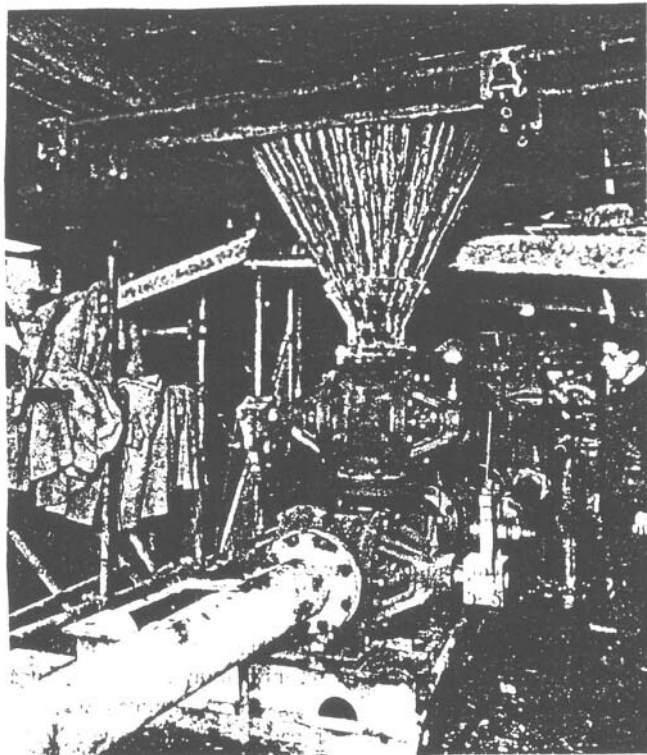
Memompa melalui perpipaan baja adalah salah satu cara yang paling memuaskan di dalam pengangkutan beton, terutama di daerah yang tidak bebas. Beton mungkin dipompa melalui pipa yang lurus dan datar sampai suatu jarak 500 meter atau lebih, tetapi lengkungan-lengkungan, tanjakan, dan bahan beton yang kasar mengurangi jarak pemompaan maksimal. Suatu angka lebih 12 meter harus dikurangi dari jarak pemompaan maksimal pada setiap belokan siku, dan 2,5 meter pada setiap 0,3 meter tinggi tenaga vertical. Beton yang baik workabilitasnya dapat dinaikkan sampai setinggi 40 meter atau lebih dalam jarak pemompaan yang pendek.

Pada jenis pengangkut ini, campuran beton dimasukkan kedalam hopper kerucut diatas pompa. Dari sini melewati keran pemasukan ke dalam pompa silinder selama mundurnya bagian isap dari gerakan pistonnya. Ketika piston bergerak maju, keran pemasukan tertutup dan keran pengeluaran bahan terbuka sehingga memungkinkan beton melewati perpipaan.

Pada saat menjalankan pompa, sejumlah adukan ekuivalen dengan beton tanpa agregat kasar, dimasukkan kedalam hopper. Adukan ini perlu untuk

melincirkan perpipaannya, dan sekitar 1 m³ cukup untuk pipa sepanjang 300 meter.

Pembersihan pompa dan pipa pada akhir operasi pengerjaan beton sangatlah penting, dan untuk tujuan ini sebuah sumbat disisipkan pada ujung pompa, dan diberi gaya melalui pipa dengan udara yang tertekan. Satu ikat bungkus atau *hessian* (sejenis sumbat) membentuk sumbat yang memuaskan. Karena sumbat dapat dilepas dari ujung perpipaannya dengan tekanan yang besar, operator pompa harus yakin bahwa orang-orang berada dibalik ujung pipa selama operasi pembersihan berlangsung.



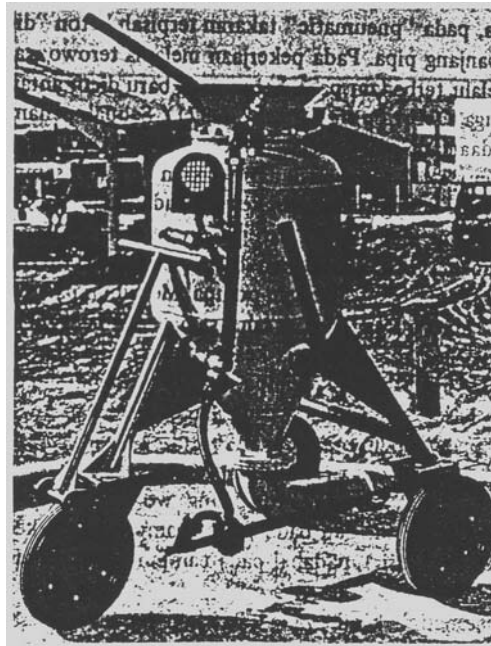
Gambar 2.4. Pompa beton dan perpipaannya.

c. Alat pengecor *pneumatic* (tiup)

Alat lain untuk mengirim beton melewati pipa baja adalah dengan udara bertekanan, menggunakan pengecor tiup (*pneumatic*). Perbedaan penting antara pompa dan pengecoran tiup adalah, pada pompa terdapat sumbat menerus beton bergerak dengan perlahan sepanjang pipa, pada *pneumatic* takaran terpisah beton “ditembakkan” dengan kecepatan tinggi sepanjang pipa.

Pengecor *pneumatic* bervariasi dari ukuran 0,1 m³ sampai sekitar 1,25 m³, ukuran yang lebih besar jarang digunakan kecuali pada pekerjaan terowongan. Pengecor ini melibatkan modal yang lebih sedikit daripada pompa, tetapi membutuhkan sejumlah besar udara bertekanan, yang merupakan barang mahal, terutama bila bekerja pada batasan alat ini, yang sama hal dengan pompa. Meskipun pada beberapa keadaan pengecor *pneumatic* atau pompa beton sama-sama baik penggunaannya, karakteristik mereka yang berbeda, menyebabkan ada keadaan yang berbeda-beda dan paling cocok dengan salah satu alat ini. Misalnya, pompa tampaknya lebih cocok dimana kuantitas beton dalam jumlah besar perlu dikirim pada kecepatan tetap ke dalam salah satu areal proyek. Pengecor *pneumatic* memuaskan untuk pengangkutan yang berkala pada jumlah sedang.

Pengecor *pneumatic* kecil, yang dipasang keran yang cocok, dapat digunakan untuk penyemprotan secara *pneumatic* dari adukan atau beton dengan agregat kecil, suatu proses yang sering digunakan pada perbaikan beton lama, dan seringkali juga konstruksi baru. Hasilnya agak bervariasi.



Gambar 2.5. Alat pengecor *pneumatic*.

Dari beberapa jenis alat pengaduk dan pengangkut beton di atas, dipilih pengaduk dengan wadah yang dapat dibalik arah putarannya dan pengangkut dengan system *pneumatic*, dimana komponen-komponen yang diperlukan akan dibahas di bawah ini.

2.3. Poros

Poros merupakan salah satu bagian yang terpenting dari setiap mesin. Hampir semua mesin meneruskan tenaga bersama-sama dengan putaran. Peranan utama dalam transmisi seperti itu dipegang oleh poros. Poros untuk meneruskan daya diklasifikasikan menurut pembebanannya dibagi menjadi:

- a. Poros transmisi yaitu poros yang mendapat beban puntir murni atau puntir lentur. Daya ditransmisikan kepada poros ini melalui kopling, roda gigi, *pulley*, sabuk atau sproket rantai, dan lain-lain.
- b. *Spindel* adalah poros transmisi yang relatif pendek, seperti poros utama mesin perkakas, dimana beban utamanya berupa puntiran atau *spindle*.

Syarat yang harus dipenuhi poros ini adalah deformasinya harus kecil dan bentuk serta ukurannya harus teliti.

- c. Gandar adalah poros yang dipasang di antara roda-roda barang, dimana poros tidak mendapat beban puntir, bahkan kadang-kadang tidak boleh berputar. Gandar ini hanya mendapatkan beban lentur, kecuali jika digerakkan oleh penggerak mula dimana akan mengalami beban puntir saja.

Untuk merencanakan poros ada hal-hal penting yang harus diperhatikan, yaitu:

- Kekuatan poros

Suatu poros transmisi dapat mengalami beban puntir, beban geser dan beban normal (tarik atau tekan), atau gabungan. Kelelahan, tumbukan atau pengaruh konsentrasi tegangan harus diperhatikan bila poros berbentuk tirus dan atau mempunyai alur pasak.

- Kekakuan poros

Meskipun sebuah poros mempunyai kekakuan yang cukup tetapi jika lenturan atau defleksi puntirnya terlalu besar akan mengakibatkan ketidakteletitian atau timbulnya getaran yang merugikan dan suara yang berisik. Karena itu, disamping kekuatan poros kekakuannya juga harus diperhatikan dan disesuaikan dengan mesin yang akan memakai poros tersebut.

- Putaran kritis

Bila putaran suatu mesin dinaikkan maka pada suatu harga putaran tertentu dapat terjadi getaran yang luar biasa besarnya. Putaran ini disebut putaran kritis. Hal ini dapat terjadi pada turbin, motor torak, motor listrik, dll., dan dapat mengakibatkan kerusakan pada poros dan bagian-bagian lainnya. Jika mungkin, poros harus direncanakan sedemikian rupa hingga putaran kerjanya lebih rendah dari putaran kritisnya.

- Korosi

Bahan-bahan tahan korosi harus dipilih untuk poros *propeller* dan pompa bila terjadi kontak dengan fluida yang korosif. Demikian pula untuk poros yang terancam kavitasi, dan poros-poros mesin yang sering berhenti lama.

Sampai batas-batas tertentu dapat pula diperlakukan perlindungan terhadap korosi.

➤ Bahan poros

Poros untuk mesin pada umumnya dibuat dari baja batang yang diuji dengan cara ditarik pada perlakuan dingin kemudian di-*finish*. Baja karbon pada konstruksi mesin (disebut bahan S-C) dihasilkan dari *ingot* yang di-*“kill”* (baja yang dideoksidasikan dengan ferrosilicon dan dicor; kadar karbonnya terjamin). Meskipun demikian, bahan ini kelurusannya agak kurang tetap dan dapat mengalami deformasi karena tegangan yang kurang seimbang, misalnya bila diberi alur pasak, karena tegangan sisa di dalam terasnya. Tetapi penarikan dingin membuat poros menjadi keras dan kekuatannya bertambah besar. Poros-poros yang dipakai untuk meneruskan putaran tinggi dan berat beban umumnya dibuat dari baja paduan dengan pengerasan permukaan yang sangat tahan keausan. Beberapa di antaranya adalah baja khrom nikel, baja khrom nikel molebdenum, baja khrom, baja khrom molebdenum, dll. Sekalipun demikian, pemakaian baja paduan tidak selalu dianjurkan jika alasannya hanya karena putaran tinggi dan beban berat. Dalam hal ini perlu dipertimbangkan penggunaan baja karbon yang diberikan perlakuan panas secara tepat untuk memperoleh kekuatan yang diperlukan.

2.3.1 Poros Dengan Beban Puntir

Pada saat menyalurkan daya melalui putaran suatu poros mengalami beban puntir. Hal ini diakibatkan torsi dari daya yang ditransmisikan. Parameter-parameter yang mempengaruhi tegangan akibat beban puntir:

- a. Diameter poros
- b. Bentuk poros (misalnya: berlubang atau tidak), hal ini berpengaruh pada inersia.
- c. Torsi yang dialami

$$T_t = \frac{T \times C}{I} \dots\dots\dots (2.1)$$

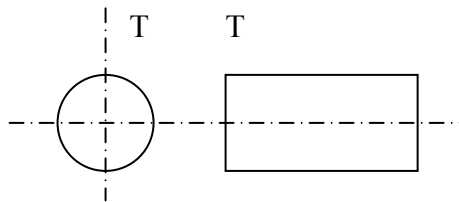
dimana:

T_t = tegangan geser

C = jari-jari poros

T = torsi

I = inersia



Gambar 2.6. Poros dengan beban puntir

2.3.2 Poros Dengan Beban Geser Dan Normal

Selain mengalami beban puntir dalam menyalurkan daya biasanya poros juga mengalami beban normal atau geser. Parameter-parameter yang mempengaruhi:

- Luas penampang
- Gaya geser atau gaya normal

$$\tau = \frac{F_{geser}}{A} \dots\dots\dots (2.2)$$

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

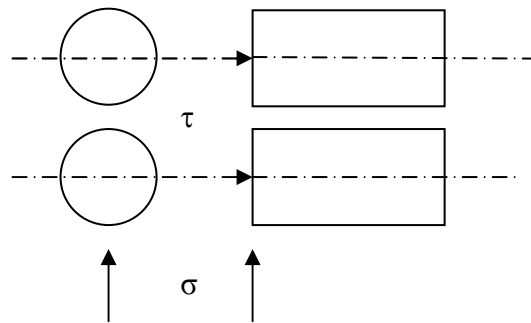
dimana:

τ = tegangan geser

σ = tegangan normal

F = gaya normal/geser

A = luas penampang



Gambar 2.7. Poros dengan beban normal

2.3.3 Poros Dengan Beban Gabungan

Apabila pada sebuah elemen bekerja beberapa macam tegangan yang berbeda-beda, maka perlu dicari lebih dahulu suatu tegangan persamaan sebagai pengganti tegangan-tegangan tersebut. Biasanya tegangan persamaan dilambangkan dengan σ_v .

Rumus-rumus yang dapat digunakan adalah sebagai berikut:

- a. Apabila elemen memiliki ciri-ciri dengan kerusakan putus:

$$c_v = \frac{\sigma_b}{2} + \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau \times N} \dots\dots\dots (2.4)$$

dimana:

N = angka keamanan

σ_v = tegangan persamaan

σ_b = tegangan *bending*

τ = tegangan puntir

$$\sigma_b = \frac{32 \times M_{\max}}{\pi \times D^3} \dots\dots\dots (2.4) \text{ (ref.1 hal 338)}$$

$$\tau = \frac{16 \times Mp}{\pi \times D^3} \dots\dots\dots (2.5) \text{ (ref.1 hal}$$

338)

- b. Apabila elemen dengan batas kerusakan perubahan bentuk:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma b^2 + 4\tau^2 N} \dots\dots\dots (2.6)$$

- c. Apabila elemen dengan batas kerusakan perubahan bentuk disertai dengan adanya getaran:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma b^2 + 3\tau^2 N} \dots\dots\dots (2.7)$$

Kemudian untuk mengetahui seberapa besar diameter poros yang diijinkan berdasarkan beban yang diterimanya dapat dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$dp \geq \sqrt[3]{\frac{16}{\pi * \frac{Ssymp}{Ak}} \sqrt{\frac{Syp}{Se} * (M^2 + T^2)}} \dots\dots\dots (2.8) \text{ (ref.1 hal 338)}$$

dimana : dp = diameter poros (in)

Syp = tegangan izin tarik bahan (psi)

M = momen terbesar yang bekerja disepanjang poros (lb.in)

T = torsi yang bekerja pada poros (lb.in)

Ak = angka keamanan

Ssymp = 0,58*Syp (lb/in²)

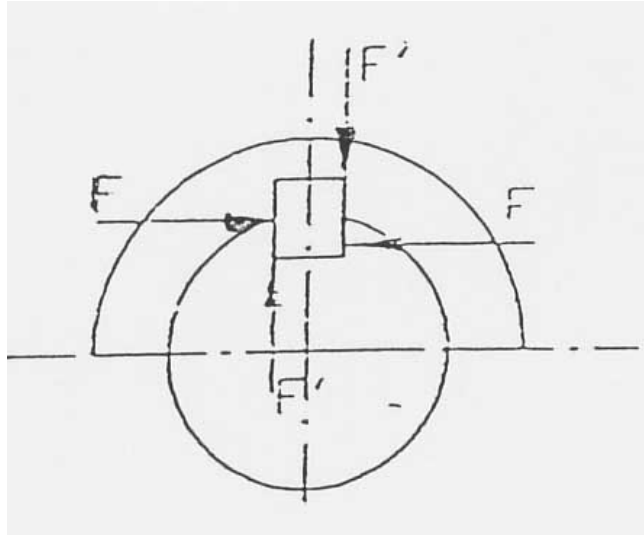
2.4. Pasak

Pasak yang digunakan disini berfungsi untuk mencegah pergerakan relatif antara sebuah shaft dengan pulley. Pasak yang diproduksi suatu perusahaan umumnya mengikuti standarisasi yang telah ditetapkan.

Pada umumnya bahan yang digunakan untuk pasak memiliki kekuatan yang lebih rendah dibanding dengan kekuatan porosnya. Hal ini dimaksudkan

agar pasak bila telah dioperasikan akan lebih dahulu rusak daripada porosnya, karena harga pasak jauh lebih murah dan lebih mudah dalam pemasangannya dibandingkan poros.

Perhitungan pasak didasarkan pada tegangan geser dan gaya tekan yang terjadi pada pasak.



Gambar 2.8. Pasak

- Pasak yang mengalami tegangan geser

$$\frac{F_t}{A} \leq \frac{S_{syp}}{N} \dots\dots\dots (2.9)$$

$$\frac{T}{r \times W \times L} \leq \frac{S_{syp}}{N} \dots\dots\dots (2.10)$$

$$L \geq \frac{TN}{r \times W \times S_{syp}} \dots\dots\dots (2.11)$$

dimana:

F_t = gaya tangensial (lbf)(N)

T = torsi yang bekerja pada poros (lbfm)(Nm)

A = luas permukaan geser

$$= W \times L \text{ (in}^2\text{)(m}^2\text{)}$$

$$r = \text{jari-jari poros (in)(m)}$$

$$S_{syp} = 0,58 \text{ Syp}$$

- Pasak yang mengalami gaya tekan

$$\frac{2 \times F_t}{H \times L} \leq \frac{S_{syp}}{N} \dots\dots\dots (2.12)$$

$$\frac{2 \times T}{r \times H \times L} \leq \frac{S_{syp}}{N} \dots\dots\dots (2.13)$$

$$L \geq \frac{2TN}{r \times H \times L \times S_{syp}} \dots\dots\dots (2.14)$$

dimana:

$$F_t = \text{gaya tangensial (lbf)(N)}$$

$$T = \text{torsi yang bekerja pada poros (lbin)(Nm)}$$

$$A = \text{luas pasak yang mengalami tegangan tekan}$$

$$= (H/2) \times L \text{ (in}^2\text{)(m}^2\text{)}$$

$$r = \text{jari-jari poros (m)(in)}$$

2.5. Sabuk-V dan Pulley

Sabuk-V terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium. Tenunan tetoron atau semacamnya dipergunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Sabuk-V dibelitkan di keliling alur pulley yang berbentuk V pula. Bagian sabuk yang sedang membelit pada pulley ini mengalami lengkungan sehingga lebar bagian dalamnya akan bertambah besar. Gaya gesekan juga akan bertambah karena pengaruh bentuk baji, yang akan menghasilkan

transmisi daya yang besar pada tegangan yang relatif rendah. Hal ini merupakan salah satu keunggulan sabuk-V dibandingkan sabuk rata.

Transmisi sabuk-V hanya dapat menghubungkan poros-poros yang sejajar dengan arah putaran yang sama. Dibandingkan dengan transmisi roda gigi atau rantai, sabuk-V bekerja lebih halus dan tak bersuara. Untuk mempertinggi daya yang ditransmisikan, dapat dipakai beberapa sabuk-V yang dipasang sebelah menyebelah. Jarak sumbu poros harus sebesar 1,5 sampai 2 kali diameter pulley besar. Di dalam perdagangan terdapat berbagai panjang sabuk-V. Nomor nominal sabuk-V dinyatakan dalam panjang kelilingnya dalam *inch*. Bila sabuk-V dalam keadaan diam atau tidak meneruskan momen, maka tegangan diseluruh panjang sabuk adalah sama. Tegangan ini disebut tegangan awal. Bila sabuk mulai bekerja meneruskan momen, tegangan akan bertambah pada sisi tarik dan berkurang pada sisi kendur. Prinsip pemindahan daya disini adalah dengan mengandalkan gesekan antara belt dan pulleynya. Pada perencanaan elemen mesin ini yang dipakai adalah sabuk-V dengan posisi *Open Belt Drive* untuk poros yang terletak paralel dan berputar dengan arah putaran yang sama. Dipilihnya sabuk-V karena sabuk ini mudah penanganannya dan harganya relatif murah.

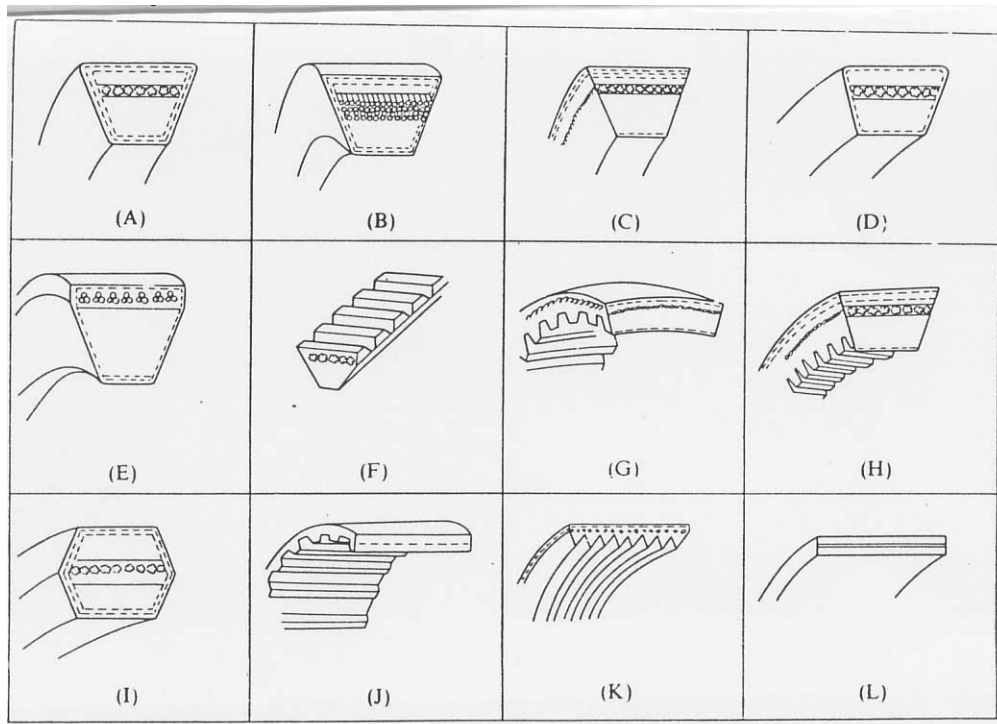
2.5.1. Menghitung panjang sabuk yang digunakan

$$L = 2C + \frac{\pi}{2}(D_1 + D_2) + \left(\frac{(D_2 - D_1)^2}{4C} \right) \dots\dots\dots(2.15)$$

Dimana : C = jarak poros (in)

D_1 = diameter pulley kecil (in)

D_2 = diameter pulley besar (in)



Gambar 2.9 Macam Penggerak Belt

2.5.2 Menghitung jarak poros

$$b = 2L - 3,14(D_1 + D_2) \dots\dots\dots(2.16)$$

$$C = \frac{b + \sqrt{b^2 - 8(D_2 - D_1)^2}}{8} \dots\dots\dots(2.17)$$

2.5.3. Menghitung putaran motor

$$\frac{D_2}{D_1} = \frac{n_1}{n_2} \dots\dots\dots(2.18)$$

Dimana : D_2 = diameter pulley besar (in)

D_1 = diameter pulley kecil (in)

n_2 = kecepatan pulley besar (rpm)

n_1 = kecepatan pulley kecil = putaran motor (rpm)

2.5.4. Menghitung torsi pulley terkecil

Dengan menggunakan persamaan berikut akan didapatkan torsi pada pulley terkecil sebagai fungsi revolusi permenitnya- n_1 .

$$T = \frac{63000H}{n_1} \text{ lb.in} \dots\dots\dots(2.19)$$

Dimana : T = torsi

H = daya motor (HP)

2.5.5. Menghitung tarikan pada sabuk

Analisa sabuk didasarkan atas hubungan matematis antara fleksibilitas sabuk terhadap tarikan dari bagian sabuk yang melingkar pada silinder sebagai berikut:

Jika kita ingin memperkirakan tegangan pada sabuk-V, dapat digunakan rasio antara 1:3 dan 1:5, dipilih 5 :

$$F_1/F_2 = 5 \dots\dots\dots(2.20)$$

Maka didapat :

$$F_1 = 1,25 T / R \dots\dots\dots(2.21)$$

$$F_2 = 0,25 T / R \dots\dots\dots(2.22)$$

Dimana : F_1, F_2 = gaya tarik pada belt

R = radius pulley terkecil

2.6. Bantalan

2.6.1. Klasifikasi Bantalan

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

1. Berdasarkan gerakan bantalan terhadap poros:

a. Bantalan Luncur

Pada bantalan ini, terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantara lapisan pelumas.

b. Bantalan Gelinding

Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan yang diam melalui elemen gelinding seperti bola, rol atau rol jarum.

2. Berdasarkan arah beban terhadap poros:

a. Bantalan Radial

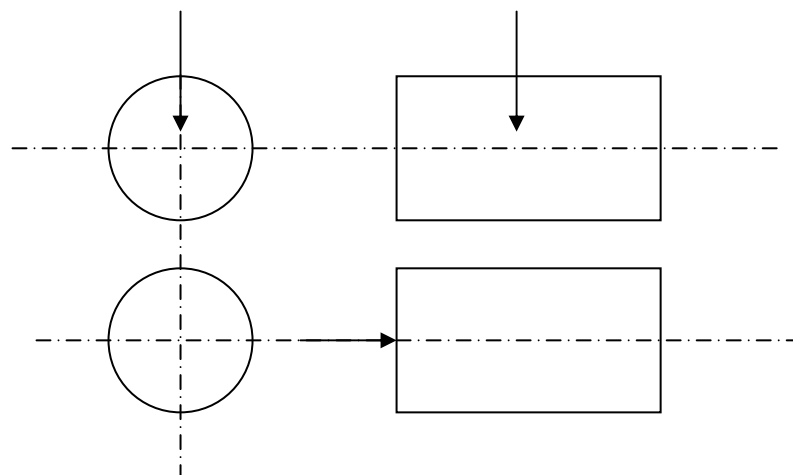
Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros.

b. Bantalan Aksial

Arah beban bantalan ini sejajar sumbu poros.

c. Bantalan Gelinding Khusus

Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.



Gambar 2.10. Gaya pada Bantalan

2.6.2 Bantalan Gelinding

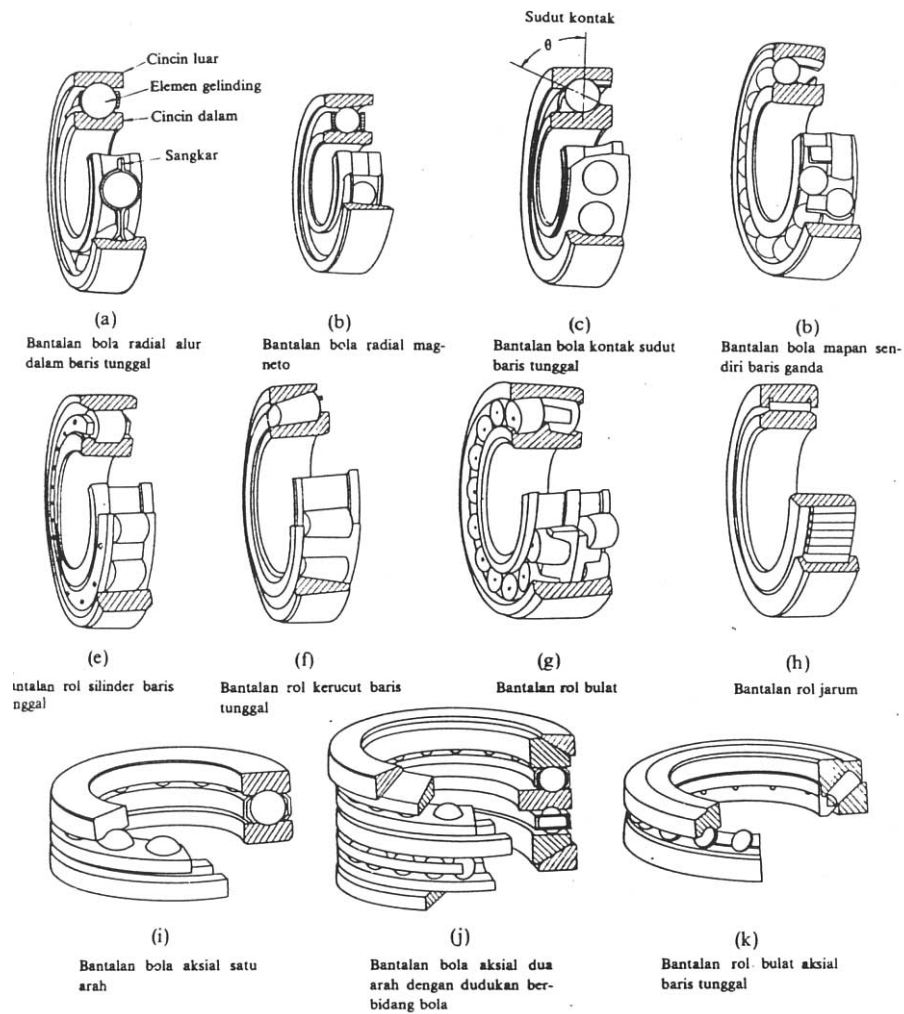
Bantalan yang digunakan adalah bantalan gelinding atau sering disebut bantalan anti gesek. Pada bantalan gelinding, digunakan elemen gelinding yang berupa bola atau silinder. Keunggulan bantalan gelinding dibandingkan dengan bantalan luncur adalah terletak pada sistem pelumasan, dimana pada bantalan gelinding dapat diberikan hanya sekali pada saat pembuatan yang dapat berupa *grease*, sedangkan pada bantalan luncur pelumasannya diberikan secara berkala.

Jenis dari bantalan gelinding adalah sebagai berikut:

1. Bantalan gelinding dengan bola (*ball bearing*)
 - a. Bantalan gelinding bola radial (*radial ball bearing*)
 - b. Bantalan gelinding bola menyudut (*angular contact ball bearing*)
 - c. Bantalan gelinding bola aksial (*thrust bearing*)
2. Bantalan gelinding dengan roll (*roll bearing*)
 - a. Bantalan gelinding roll silinder (*cylindrical roller bearing*)
 - b. Bantalan gelinding roll jarum (*needle roller bearing*)
 - c. Bantalan gelinding roll tirus (*tapered roller bearing*)
 - d. Bantalan gelinding roll lengkung (*spherical roller bearing*)

2.6.3 *Tapered roller bearing*

Bearing ini memiliki fungsi khusus selain sebagai pemegang, juga berfungsi sebagai penahan. Penahan disini berarti untuk menahan poros agar tidak jatuh kebawah dan dapat berputar simetris. Lihat gambar:



Gambar 2.11. Macam-macam bantalan gelinding

2.6.4 Beban Pada Bantalan

Pada perencanaan bantalan atau bearing ditinjau berdasarkan beban ekuivalennya:

➤ Beban ekuivalen statis

$$P = X_o \times F_r + (Y_o \times F_a) \dots\dots\dots (2.23)$$

dimana:

F_r = beban radial (kg)

F_a = beban aksial (kg)

X_o = faktor beban ke arah radial

Y_o = factor beban ke arah aksial

➤ Beban ekuivalen dinamis

$$P = X \times V \times Fr + (Y \times Fa) \dots\dots\dots (2.24)$$

dimana:

Fr = beban radial (kg)

Fa = beban aksial (kg)

X = faktor beban ke arah radial = 0,56

Y = faktor beban ke arah aksial

V = beban puntir pada ring dalam = 1

2.6.5 Perhitungan beban *real* (P_w)

Untuk menentukan beban *real* maka beban yang diperoleh perlu dikalikan dengan suatu faktor sebagai berikut:

➤ Untuk putaran tanpa tumbukan seperti pada elektromotor dikalikan dengan faktor $f_w = 1,0 - 1,1$

➤ Pada penggunaan yang normal pada sebuah roda dikalikan dengan faktor $f_w = 1,1 - 1,3$

Rumus untuk menghitung beban *real* adalah sebagai berikut:

$$P_w = f_w \times P \dots\dots\dots (2.25)$$

dimana:

P_w = beban real (kg)

f_w = faktor keamanan

P = beban (kg)

2.6.6 Perhitungan umur *bearing*

Umur nominal *bearing* adalah 90 % jumlah sampel, setelah berputar 1 juta putaran tidak memperlihatkan kerusakan karena kelelahan gelinding, dapat ditentukan sbb:

$$LH = \frac{10^6}{60 \times n} \left(\frac{C}{P} \right)^b \text{ jam} \dots\dots\dots (2.26) \text{ (ref.1 hal 485)}$$

dimana:

P = beban ekuivalen (lbf)(N)

C = kapasitas dinamis bantalan

b = 3, untuk *ball bearing*

b = 10/3, untuk *roll bearing*

n = putaran poros (rpm)

2.7. Tabung pengaduk

Tabung pengaduk beton yang digunakan adalah tabung silinder yang dapat dibalik arah putarannya. Didalam dinding tabung terdapat pisau pengaduk yang berbentuk *screw* dimana kegunaannya untuk mengaduk dan mengeluarkan campuran beton. Kelebihan tabung pengaduk ini adalah dapat memperoleh hasil campuran yang lebih baik dibandingkan dengan mencampur dengan tangan. Campuran yang tersisa didalamnya sangat sedikit karena campuran dengan mudah keluar dari tabung melalui alur *screw*. Pada sisi tabung untuk mencurahkan campuran dipasang corong yang memungkinkan campuran dicurahkan dengan bebas pada penampung campuran.

2.7.1. Tegangan *bending* dan tegangan geser pada tabung

Untuk menghitung tegangan *bending* dan tegangan geser pada tabung di gunakan persamaan sebagai berikut:

- Tegangan *bending*:

$$\sigma_b = \frac{32M}{\pi D_o^3 [1 - (\frac{D_i}{D_o})^4]} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.27) \text{ (ref.1 hal 338)}$$

- Tegangan geser:

$$\tau = \frac{16T}{\pi D_o^3 [1 - (\frac{D_i}{D_o})^4]} \text{ (N/m}^2\text{)} \dots\dots\dots (2.28) \text{ (ref.1 hal 338)}$$

- Tegangan geser maksimum:

$$\tau_{\max} = \sqrt{\left(\frac{\sigma_b}{2}\right)^2 + \tau^2} \quad (\text{N/m}^2) \quad \dots\dots\dots (2.29) \text{ (ref.1 hal 338)}$$

dimana:

σ_b = tegangan *bending* (N/m²)

M = momen bending maksimum pada tabung (N)

D_o = diameter tabung bagian luar (m)

D_i = diameter tabung bagian dalam (m)

T = torsi maksimum (N)

τ = tegangan geser (N/m²)

τ_{\max} = tegangan geser maksimum (N/m²)