

PERANCANGAN SISTEM PENGGERAK KROMATOGRAFI ANULAR

Setyo Atmojo

Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan-BATAN
Yogyakarta

ABSTRAK

ABSTRAK

PERANCANGAN SISTEM PENGGERAK KROMATOGRAFI ANULAR. Telah dilakukan Perancangan sistem penggerak kromatografi anular berdiameter tabung luar 195 mm dan tinggi 500 mm alat ini digunakan untuk proses pemisahan Hf (hafnium) dari Zr (zirkonium) untuk mendapatkan Zr nuclear grade. Pekerjaan perancangan ini untuk menentukan daya motor dan sistem transmisi daya yang digunakan untuk mendapatkan 8 tingkat kecepatan putar dari 20 rpm sampai dengan 300 rpm. Sistem Transmisi daya digunakan sabuk V dan roda gigi ulir cacing, poros transmisi ditumpu bantalan gelinding jenis bola. Hasil perancangan diperoleh data sebagai berikut : motor listik penggerak 1 Hp 1500 rpm, transmisi daya menggunakan sabuk V dengan 2 tingkat reduksi dan puli bertingkat, menggunakan transmisi roda ulir cacing dengan angka reduksi 15, diameter poros 40 mm, tumpuan poros menggunakan bantalan bola jenis 08ZZ dan 6006ZZ putaran kerja kromatografi 20, 30, 45, 75, 80, 120, 180, dan 298 rpm.

Kata kunci: Zirkonium, Hafnium, Kromatografi

ABSTRACT

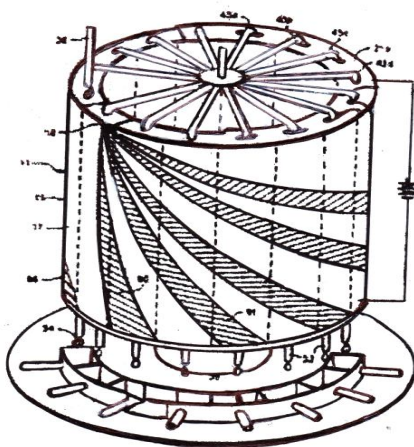
THE DESIGNING OF AN ANNULAR CHROMATOGRAPHY MOTOR SYSTEM. The design of an annular chromatography with 195 mm of outer diameter of tube and 500 mm of height has been done. This instrument will be used to separate the Hf (hafnium) from Zr (zirconium), so it will be got of Zr nuclear grade. The design consist of determination of motor and transmission power in order of 8 steps of angular speeds from 20 rpm until 300 rpm. For power transmission, it used a V belt, worm wheel, and transmission shaft supported by ball bearing. Its found that the data of driving system are 1 HP, 1500 rpm of motor, power transmission used V belt with 2 reduction steps and cascade pully, and also use worm wheel with 15 of a reduction number, and 40 mm of shaft diameter, transmission shaft used a ball bearing type 08ZZ and 6006 ZZ, the chromatography work rotation are 20, 30, 45, 75, 80, 120 and 298 rpm, respectively.

Key word: Zirconium, Hafnium, Chromatography

PENDAHULUAN

Zirkonium adalah bahan yang baik untuk dimanfaatkan dalam industri nuklir karena mempunyaiampang lintang absorpsi neutron yang rendah, juga mempunyai sifat ketahanan fisis dan kimia yang tinggi, sehingga berpotensi untuk menggantikan fungsi silikon dalam SiC dari partikel terlapis (coated particle) untuk bahan bakar Reaktor Gas Suhu Tinggi (RGST). Unsur zirkonium selalu bersamaan dengan unsur hafnium. Zirkonium dan hafnium mempunyai sifat kimia yang sama namun mempunyai sifat fisis yang berbeda yaitu padaampang lintang inti. Tapang lintang Zr adalah 0,10 barn sedangkan Hf 600 kali dari Zr dalam mengabsorpsi neutron termal. Di dalam teknologi nuklir, digunakan Zr yang mengandung Hf sekecil mungkin yaitu kurang dari 100 ppm, untuk menghindari absorpsi neutron termal Hf yang tinggi, sehingga Zr harus dipisahkan dari Hf. Telah banyak metode pemisahan Zr-Hf untuk menghasilkan Zr nuclear graded diantaranya : solvent extraction, ion-exchange, kromatografi dll.

Metode pemisahan dengan kromatografi anular sering disebut Continuous Annular Chromatography (CAC) adalah pemisahan molekul berdasarkan pada perbedaan afinitas kearah adsorben yang dipengaruhi oleh eluat, kecepatan alir umpan, kecepatan putar dan faktor retensi sehingga komponen dapat ditampung dan dimurnikan pada posisi yang berbeda pada hasil keluaran kolom



Gambar 1. Skema kromatografi anular^[1]

Konstruksi kromatografi anular dari sistem penggerakanya ada 2 macam, yaitu penggerak terletak di atas tabung dan sistem penggerak terletak di bawah tabung. Keuntungan penggerak di bawah tabung adalah mudah pemasangannya dan mudah perawatannya.

Untuk kegiatan penelitian Zirkonium, Pusat Teknologi Akselerator dan Proses Bahan PTAPB-BATAN merencanakan membuat alat kromatografi anular dengan ukuran diameter tabung luar 190 mm dan tinggi 500 mm, menggunakan sistem penggerak di bawah tabung.

Untuk pembuatan alat tersebut terlebih dahulu dilakukan kegiatan perancangan, pada kegiatan penelitian ini dilakukan perancangan pada sistem penggerak dengan 8 tingkat kecepatan, terendah 20 rpm dan tertinggi 300 rpm.

TEORI ATAU METODE

1. Transmisi daya

Untuk menggerakkan suatu peralatan diperlukan alat penggerak salah satunya adalah motor listrik. Untuk mentransmisikan daya dan untuk mengatur kecepatan putaran sesuai yang diharapkan dapat digunakan peralatan antara lain: transmisi roda gigi, transmisi sabuk V, poros transmisi, transmisi kopling, dan transmisi roda cacing.^[2]

2. Poros transmisi

Poros merupakan bagian yang penting dari setiap mesin yang bergerak, poros daya diklasifikasikan menurut bebannya sebagai berikut : poros transmisi, spindel, dan gandar.

Poros transmisi meneruskan daya dengan beban murni ataupun torsi dan lentur. Kekuatan poros yang menerima beban lentur murni dapat dihitung dengan persamaan berikut^[2]:

$$M \leq 0,1 d^3 \bar{\sigma}_{bi} \dots \dots \dots$$

Keterangan ; M : momen (kg mm), d : diameter poros (mm), $\bar{\sigma}_{bi}$: tegangan lentur ijin (kg/mm²)

Besarnya momen yang bekerja dapat dihitung dengan persamaan berikut^[3]:

$$M = P \times L \dots \dots \dots$$

Keterangan : M : momen (kg mm), P : beban (kg), L : jarak gaya (mm)

Kekuatan lentur yang diijinkan untuk berbagai jenis baja disajikan pada Tabel 1^[2]:

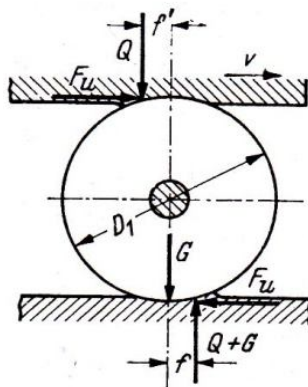
Tabel 1. Tegangan lentur ijin^[2]

Bahan	$\bar{\sigma}_{bi}$ dalam kg/cm^2
Baja St 60 s/d St 70	600 s/d 800
Baja St 50	500 s/d 600
Baja St 41	400 d 500

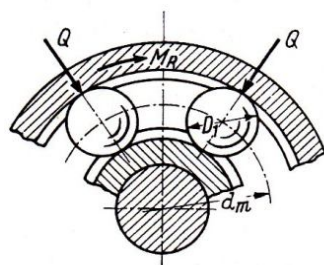
3. Bantalan Gelinding

Bantalan adalah elemen mesin yang menumpu poros berbeban sehingga putaran atau gerak bolak-balik berlangsung secara halus, aman, dan panjang umur pemakaiannya. Bantalan dapat diklasifikasikan menjadi dua yaitu bantalan gelinding dan bantalan luncur, bantalan gelinding gesekan sangat kecil dan sistem pelumasan sangat sederhana.

Pada bantalan gelinding saat bekerja terjadi kerugian daya akibat gesekan rol seperti disajikan pada Gambar 2



a)



b)

Gambar 2. Gesekan rol, a) diantara dua jalur, b) untuk bantalan cincin

Besarnya momen gesekan rol untuk bantalan gelinding dapat ditentukan dengan persamaan^[3]:

$$MR = (\sum Q) \cdot f \cdot dm / D_1 \dots\dots\dots$$

dengan : MR : momen gesekan rol (kg mm), $\sum Q$: jumlah beban yang bekerja (kg) F : lengan tuas (mm) dm : diameter jarak elemen gelinding (mm) D_1 : diameter elemen gelinding (mm)

Besarnya daya gesekan adalah dapat dihitung dengan persamaan^[4]:

$$N_R = M_R \cdot \omega \dots\dots\dots (4)$$

dengan : N_R : daya gesekan rol (kg m/det)

ω : kecepatan sudut tiap detik (rad)

Untuk mencegah kerusakan akibat kenaikan temperatur oleh faktor kecepatan yang tinggi, bantalan bola dibatasi oleh harga d.n yaitu perkalian diameter dalam d dengan putaran tiap menit n (rpm).

Tabel 2. Batas d.n.^[2]

Bantalan	d.n
Bantalan dengan sarangan baja	300.000
Bantalan dengan sarangan perunggu	500.000

Kapasitas bantalan gelinding ada dua macam yaitu kapasitas nominal dinamis spesifik C dan kapasitas statis spesifik C_o . Untuk bantalan yang bekerja dengan berputar diperhitungkan terhadap harga C , sedangkan untuk bantalan yang bekerja relatif diam diperhitungkan terhadap harga C_o .

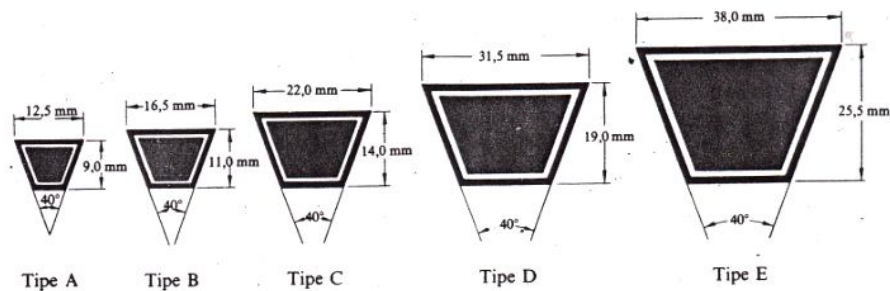
Tabel 3. Kapasitas Bantalan Gelinding^[5]

Nomor bantalan dua sekat	Ukuran luar				Kapasitas nominal dinamis spesifik C (kg)	Kapasitas nominal statis spesifik Co (kg)
	d	D	B	π		
6006 ZZ	30	55	13	1,5	1030	740
07 ZZ	35	62	14	1,5	1250	915
08 ZZ	40	68	15	1,5	1310	1010
6009 ZZ	45	75	16	1,5	1640	1320

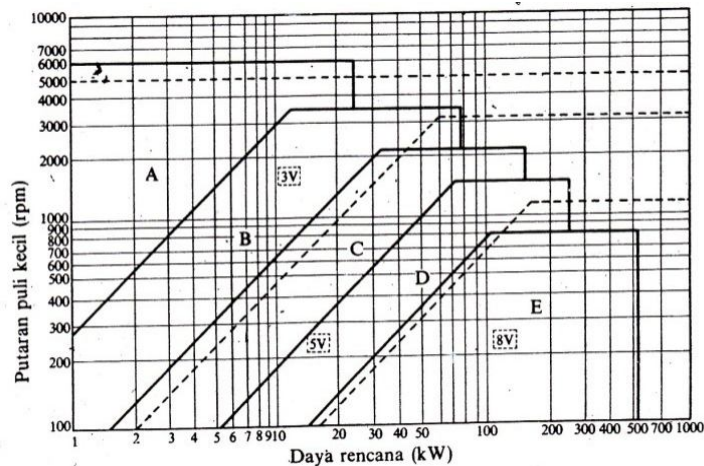
4. Transmisi Sabuk V

Transmisi sabuk V adalah transmisi daya meneruskan momen antara dua poros yang jaraknya relatif jauh dengan

perbandingan putaran 1/1 sampai 7/1. Jenis dan ukuran sabuk seperti tersaji pada Gambar 3, dan diagram pemilihan sabuk tersaji pada Gambar 4.



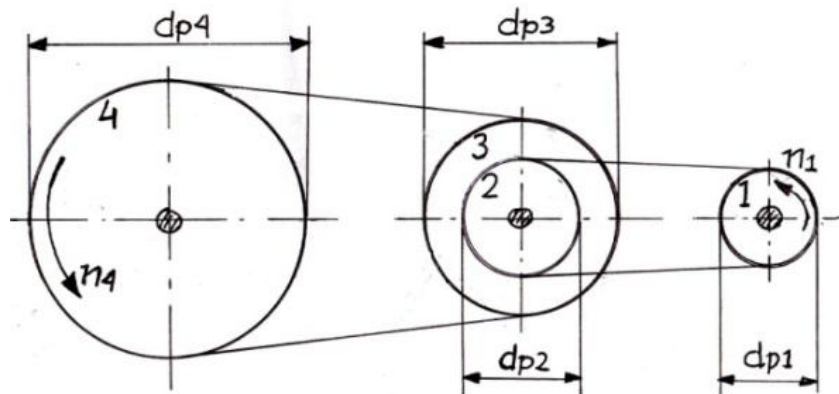
Gambar 3. Jenis ukuran penampang sabuk V^[5]



Gambar 4. Diagram pemilihan sabuk V^[5]

Pengaturan transmisi daya sabuk V dilakukan dengan menggunakan pasangan puli bertingkat seperti disajikan pada Gambar 5,

puli 2 menyatu dengan puli 3, puli 1 menggerakkan puli 2, puli 3 menggerakkan puli 4.



Gambar 5. Rangkaian transmisi sabuk V

Untuk rangkaian puli seperti Gambar 5 besarnya reduksi i dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$\frac{n_1}{n_4} = i = i_1 \times i_2 = \frac{d_{p2}}{d_{p1}} \times \frac{d_{p4}}{d_{p3}} = \frac{1}{U}; \quad U = \frac{1}{i} \dots (5)$$

dengan : n_1 = putaran puli penggerak

d_{p2} = diameter puli 2

n_2 = putaran puli 4

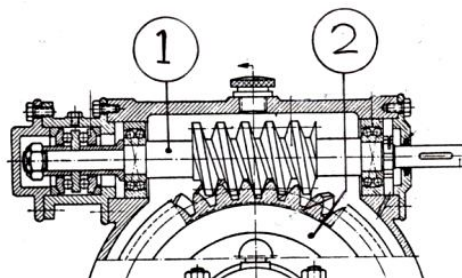
d_{p3} = diameter puli 3

d_{p1} = diameter puli 1

d_{p4} = diameter puli 4

Keterangan :

1. Poros berulir
2. Roda berulir



Gambar 6. Transmisi roda cacing^[2]

HASIL ANALISIS DAN PEMBAHASAN

1. Data Perhitungan

Sistem Kromatografi Anular yang dirancang terdiri dari : tabung, poros transmisi, bantalan, transmisi sabuk V, *gear boxes*, kopling, dan motor listrik; bahan

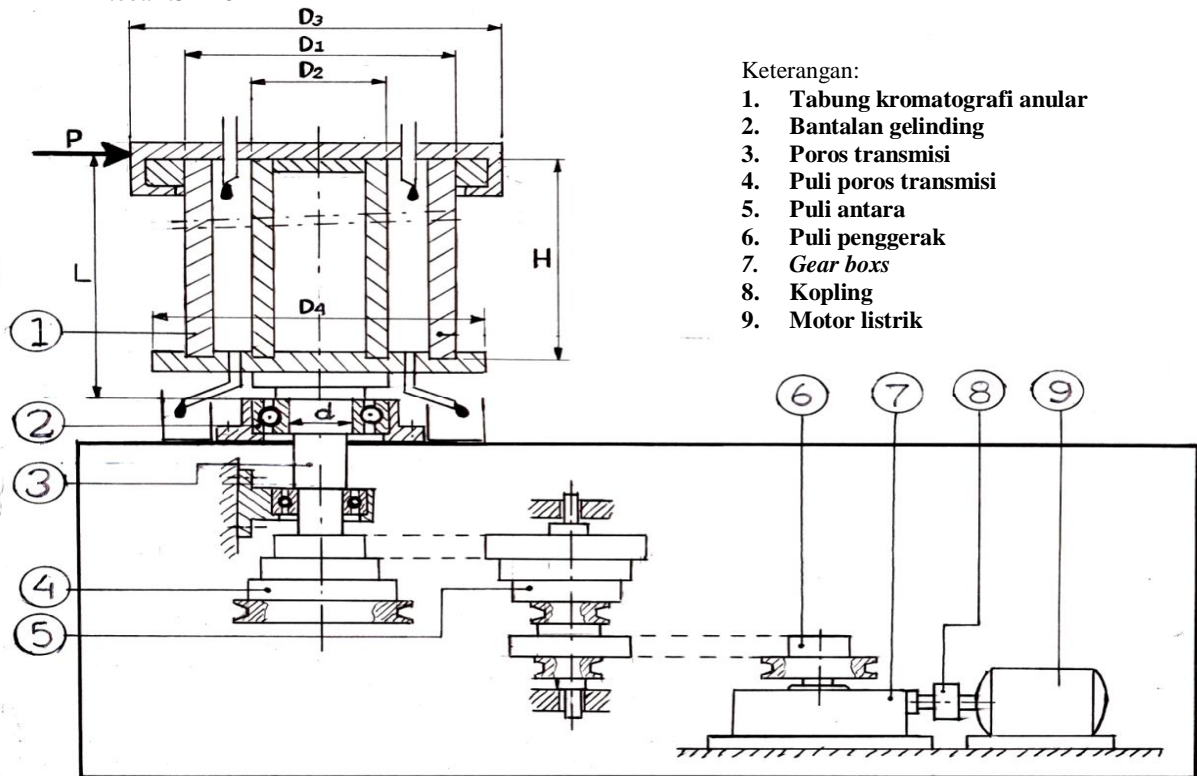
tabung, stainless steel 304, berat jenis $\rho = 7,6 \text{ kg/dm}^3$

Ukuran tabung :

- ❖ Diameter tabung luar $D_1 = 190 \text{ mm}$, tebal $t_1 = 8 \text{ mm}$
- ❖ Diameter tabung dalam $D_2 = 140 \text{ mm}$, tebal $t_2 = 6 \text{ mm}$
- ❖ Diameter flendies atas $D_3 = 250 \text{ mm}$, tebal $t_3 = 28 \text{ mm}$

❖ Diameter flendes bawah $D_4 = 220$ mm,
tebal $t_3 = 28$ mm

❖ Tinggi tabung $H = 500$ mm



Keterangan:

1. Tabung kromatografi anular
2. Bantalan gelinding
3. Poros transmisi
4. Puli poros transmisi
5. Puli antara
6. Puli penggerak
7. Gear box
8. Kopling
9. Motor listrik

Gambar 7. Rangkaian transmisi daya pada kromatografi anular

1. Perhitungan berat tabung dan isi

a. Berat tabung luar

Luas tabung

$$A_1 = \pi \cdot D_1 \cdot H = 3,14 \times 1,9 \times 5 = 29,9 \text{ dm}^2$$

Volume dinding tabung

$$V_1 = A_1 \times t_1 = 29,9 \times 0,08 = 2,4 \text{ dm}^3$$

Berat tabung luar

$$Q_1 = V_1 \times \gamma = 2,4 \times 7,6 = 18,5 \text{ kg}$$

b. Berat tabung dalam

Luas tabung

$$A_2 = \pi \cdot D_2 \cdot H = 3,14 \times 1,4 \times 5 = 22 \text{ dm}^2$$

Volume dinding tabung

$$V_2 = A_2 \times t_2 = 22 \times 0,06 = 1,32 \text{ dm}^3$$

Berat tabung dalam

$$Q_2 = V_2 \times \gamma = 1,32 \times 7,6 = 10,1 \text{ kg}$$

c. Berat tabung luar

Luas cincin flendes

$$A_3 = \pi/4 (D_3^2 - D_1^2) = 0,785 (2,5^2 - 1,9^2) = 2,1 \text{ dm}^2$$

$$\text{Volume } V_3 = A_3 \times t_3 = 2,1 \times 0,28 = 0,6 \text{ dm}^3$$

$$\text{Berat } Q_3 = V_3 \times \gamma = 0,6 \times 7,6 = 4,6 \text{ kg}$$

d. Berat tutup flendes

$$Q_4 = Q_3 = 4,6 \text{ kg}$$

e. Berat isi kolom anulus

Volume kolom

$$V = \pi/4 (D_1^2 - D_2^2) H = 0,785 (1,9^2 - 1,4^2) 6 = 9,7 \text{ dm}^3$$

$$\text{Bearat isi (air + rezim)} Q_5 = \gamma V = 1,5 \times 9,7 = 12,6 \text{ kg}$$

$$\text{f. Berat peralatan } Q_6 = \pm 7 \text{ kg}$$

$$\text{g. Berat kolom anulus dan isi } Q$$

$$= Q_1 \times Q_2 \times Q_3 \times Q_4 \times Q_5 \times Q_6 = 18,5 + 10,1 + 4,6 + 4,6 + 12,6 + 10 = 57,5 \text{ kg}$$

2. Perhitungan poros transmisi

Untuk perancangan poros transmisi dipertimbangkan terhadap kemungkinan adanya gayaluar yang bekerja pada sisi atas tabung $P = 20$ kg, bekerja dengan jarak $L = 65$ cm dari bantalan (Gambar 7)

Momen bengkok yang terjadi dihitung dengan persamaan (2) :

$$M = P \times L = 20 \times 650 = 13000 \text{ kg mm.}$$

Poros transmisi dibuat dari St 41 dengan $\bar{\sigma}_{bi} = 400 \text{ kg/cm}^2 = 4 \text{ kg/mm}^2$, diameter poros d dihitung dengan persamaan (1):

$$M = 0,1^3 \cdot \bar{\sigma}_{bi}$$

$$d = \left[\frac{10}{\bar{\sigma}_{bi}} M \right]^{\frac{1}{3}} = \left[\frac{10}{4,0} 13000 \right]^{\frac{1}{3}} = 32 \text{ mm}$$

diambil diameter poros $d = 40$ mm

3. Perhitungan daya motor penggerak

Untuk memutar tabung kromatografi anular diperlukan daya penggerak yang lebih besar dari daya gesek pada bantalan. Poros transmisi diameter $d = 40$ mm ditumpu bantalan gelinding jenis bola, sesuai tabel 2, digunakan bantalan bolaseri 08ZZ dengan spesifikasi : diameter dalam $d = 40$ mm, diameter luar $D = 68$ mm, lebar $B = 15$ mm, diameter $D_m = (D + d)/2 = 54$ mm, kapasitas nominal dinamis spesifik $C = 1310$ kg, diameter bola $D_b = 9$ mm, untuk beban $Q = 57,5$ kg, lengan tuas $l_f = 0,5$ mm besarnya momen gesekan rol dihitung dengan persamaan (3),

$$M_R = (\Sigma Q) \cdot f \cdot D_m / D_b \\ = 2 \times 57,5 \times 0,5 \times 54 / 9 = 345 \text{ kg mm} = 0,345 \text{ kgm.}$$

Daya gesek pada putaran 300 rpm dihitung dengan persamaan (4):

$$N_R = M_R \times W = 0,345 \times (2 \pi \times 300 / 60) \\ = 11 \text{ kg m/dt} = 0,15 \text{ Hp} = 110 \text{ watt.}$$

Daya untuk memutar poros transmisi N harus lebih besar dari daya gesek, diambil faktor koreksi daya $f_c = 2$

$$N = 2 N_R = 2 \times 110 = 220 \text{ watt.}$$

Daya penggerak $N = 220$ watt harus disediakan untuk memutar poros transmisi, jika daya guna

sistem transmisi sabuk V adalah $\eta_3 = 80\%$, daya guna transmisi *gear boxes* $\eta_2 = 65\%$, dan daya guna pada sistem sambungan kopling $\eta_1 = 90\%$, maka daya motor penggerak P_{dl} dapat ditentukan sebagai berikut^[4]:

$$P_{dl} = \frac{N}{\eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3} = \frac{220}{0,9 \times 0,65 \times 0,8} \\ = 470 \text{ watt} = 0,47 \text{ kw} = 0,64 \text{ Hp}$$

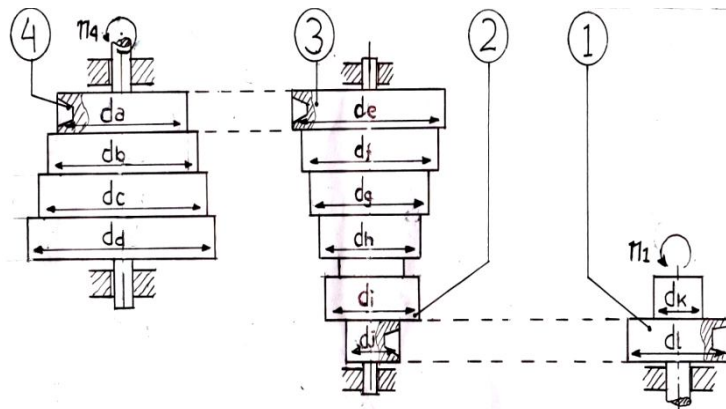
Karena dipasaran tidak tersedia motor dengan daya 0,6 Hp untuk penggerak kromatografi anular dipilih motor listrik daya $P = 1$ Hp atau $P = 0,73$ Kw.

4. Perhitungan transmisi sabuk V

Tabung kromatografi anular dirancang dengan putaran antara 20 rpm s/d 300 Rpm, dari hasil perhitungan daya motor yang digunakan adalah 1 Hp atau 0,7 kw. Jenis ukuran V belt dapat ditentukan berdasar daya rencana dan putaran kerja seperti yang disajikan pada Gambar 4. Untuk daya 0,7 kW putaran 20 rpm s/d 300 rpm menggunakan sabuk V jenis B.

Keterangan :

1. Puli penggerak roda cacing
2. Puli perantara I
3. Puli perantara II
4. Puli penggerak



Gambar 8. Skema sistem transmisi sabuk V

Pada umumnya motor listrik dengan putaran 1500 rpm, untuk membuat putaran kerja dengan delapan tingkat kecepatan, terendah 20 rpm dan tertinggi 300 rpm, putaran motor terlebih dahulu direduksi dengan *gear boxes* dengan angka reduksi $i = 15$, sesuai persamaan (5) putaran $n_1 = n_{motor} / i = 1500 / 15 = 100$ rpm

Untuk menentukan ukuran puli menggunakan persamaan (5).

1. Putaran paling rendah $n_4 = 20$ rpm

$$\frac{n_1}{n_4} = i = i_2 \times i_1 = \frac{d_d}{d_h} \times \frac{d_i}{d_k} \\ \frac{100}{20} = 5 = 2,5 \times 2 = \frac{2,5}{1} \times \frac{2}{1} = \frac{d_d}{d_h} \times \frac{d_i}{d_k}$$

Untuk diameter $d_h = 96$ mm,
diameter $d_d = 2,5 \times 96 = 240$ mm
Untuk diameter $d_k = 80$ mm,
diameter $d_i = 2 \times 80 = 160$ mm

Untuk diameter $d_a = 95$ mm,
diameter $d_e = 1,5 \times 95 = 143$ mm
Untuk diameter $d_j = 80$ mm,
diameter $d_l = 2 \times 80 = 160$ mm

2. Putaran paling tinggi $n_4 = 300$ rpm

$$\frac{n_1}{n_4} = i = i_2 \times i_1 = \frac{d_a}{d_e} \times \frac{d_j}{d_l}$$

$$\frac{100}{300} = \frac{1}{3} = \frac{1}{1,5} \times \frac{1}{2} = \frac{d_a}{d_e} \times \frac{d_j}{d_l}$$

3. Susunan diameter puli

Untuk puli bertingkat selisih diameter antar puli harus mempunyai keteraturan yang sama, dari hasil perhitungan didapat ukuran puli sebagai disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Diameter puli

No	Diameter	Ukuran (mm)	No	Diameter	Ukuran (mm)
1	d_k	80	7	d_f	128
2	d_l	160	8	d_e	143
3	d_j	80	9	d_d	240
4	d_i	160	10	d_c	190
5	d_h	96	11	d_b	142
6	d_g	114	12	d_a	95

- d. Perhitungan kecepatan putar

Kecepatan kerja tabung kromatografi anular putar dihitung dengan persamaan (7):

$$n_I = \frac{d_k}{d_i} \times \frac{d_a}{d_d} \times n_1 = \frac{80}{160} \times \frac{96}{240} \times 100 = 20 \text{ rpm}$$

$$n_{II} = \frac{d_k}{d_i} \times \frac{d_g}{d_c} \times n_1 = \frac{80}{160} \times \frac{114}{190} \times 100 = 30 \text{ rpm}$$

$$n_{III} = \frac{d_k}{d_i} \times \frac{d_f}{d_b} \times n_1 = \frac{80}{160} \times \frac{128}{143} \times 100 = 45 \text{ rpm}$$

$$n_{IV} = \frac{d_k}{d_i} \times \frac{d_e}{d_a} \times n_1 = \frac{80}{160} \times \frac{143}{96} \times 100 = 75 \text{ rpm}$$

$$n_V = \frac{d_j}{d_l} \times \frac{d_h}{d_d} \times n_1 = \frac{160}{80} \times \frac{96}{240} \times 100 = 80 \text{ rpm}$$

$$n_{VI} = \frac{d_j}{d_l} \times \frac{d_g}{d_c} \times n_1 = \frac{160}{80} \times \frac{114}{190} \times 100 = 120 \text{ rpm}$$

$$n_{VII} = \frac{d_j}{d_l} \times \frac{d_f}{d_b} \times n_1 = \frac{160}{80} \times \frac{128}{143} \times 100 = 180 \text{ rpm}$$

$$n_{VIII} = \frac{d_j}{d_l} \times \frac{d_e}{d_a} \times n_1 = \frac{160}{80} \times \frac{143}{96} \times 100 = 298 \text{ rpm}$$

Tabel 5. Kecepatan putar

Kecepatan	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
Putaran (rpm)	20	30	45	75	80	120	180	298

Pembahasan

Penggerak kromatografi anular digunakan motor listrik AC jenis induksi dengan putaran 1500 rpm, motor jenis tersebut banyak tersedia di pasaran dan mudah perawatannya, putaran kromatografi anular dirancang dengan 8 tingkat kecepatan, putaran terendah 20 rpm dan tertinggi 298 rpm, dengan susunan tingkat kecepatan 20, 30, 45, 75, 80, 120 dan 298 rpm, dengan tujuan memberi banyak pilihan agar dapat diperoleh hasil proses yang maksimal.

Untuk mendapatkan putaran kerja tertinggi 300 rpm motor perlu direduksi dengan $i=1500/300$ atau $i=5$, dan untuk mendapatkan putaran kerja terendah 20 rpm perlu reduksi $i=150/20$ atau $i=7.5$. Untuk mendapatkan angka reduksi yang bervariasi antara 5 s/d 7.5 dilakukan dengan menggunakan sistem transmisi sabuk V dan transmisi roda gigi cacing, reduksi sistem transmisi sabuk V maksimal $i=7$, maka untuk reduksi $i=7.5$, dilakukan dengan menggunakan 3 tingkat reduksi, pada transmisi sabuk V tiap tingkat reduksi memerlukan 2 buah puli dengan jarak sumbu yang relatif jauh, maka dengan 3 tingkat reduksi akan memakan tempat yang besar hal ini perlu dihindari, transmisi roda gigi cacing dapat memberikan reduksi yang besar yaitu i = antara 10 s/d 200 sehingga dapat menghemat tempat, kekurangan jenis transmisi tersebut hanya dapat digunakan untuk satu tingkat reduksi. Maka dengan mengkombinasikan transmisi sabuk V dan roda gigi ulir cacing dengan reduksi $i = 15$, didapat sistem reduksi yang mudah divariasi dan hemat tempat.

Poros transmisi bekerja dengan kecepatan maksimal 298 rpm adalah putaran sedang, sehingga tidak memerlukan material kekuatan tinggi dan cukup menggunakan baja kekuatan sedang yaitu St 41 ukuran poros dirancang berdasarkan kemungkinan adanya gaya luar P yang bekerja pada flanges atas. Gaya tersebut dapat berupa gaya dorong atau gaya pukul yang tidak dikehendaki. Dengan prediksi gaya $P = 20$ kg bekerja dari bantalan berjarak $L = 65$ cm (Gambar 7), maka ukuran poros $d_s = 30$ mm, dengan mempertimbangkan kekuatan bantalan yang

digunakan dan kemudahan dalam proses pembuatan diambil ukuran diameter poros $d = 40$ mm.

Poros transmisi yang berputar agar aman dan tahan lama pemakaiannya diberitumpukan bantalan bola radial jenis bola untuk poros dengan ukuran $d = 40$ mm digunakan bantalan bola seri 08 ZZ (Tabel 3) dengan kapasitas nominal dinamis spesifik $C = 1310$ kg. Untuk bantalan jenis radial hanya dapat menerima beban aksial yang kecil^[2] kurang lebih $1/16 C = 80$ kg, beban aksial diterima bantalan dari berat tabung kromatografi anular dan isi adalah $Q = 57,5$ kg, maka bantalan tersebut aman digunakan. Bantalan radial dipilih karena banyak tersedia dipasaran, mudah perawatannya dan tersedia unit rumah bantalan, sehingga mempermudah pemasangan, harga d.n adalah $40 \times 300 = 12000$ masih dibawah harga batas 300 000 (Tabel 2), jadi bantalan aman digunakan pada 300 rpm.

Daya gesek rol bantalan bola dengan beban aksial $Q = 57,5$ kg dengan putaran 300 rpm memberi daya gesek rol $N=110$ watt. Untuk memutar poros transmisi memerlukan daya $P_{d1} = f \times N$ dengan faktor koreksidaya^[5] $f_c = 2$, maka $P_{d1} = 2 \times 110 = 220$ watt. Motor listrik yang disediakan harus mampu mengatasi kerugian disebabkan oleh transmisi sabuk V, sistem transmisi roda gigi cacing, dan transmisi kopling. Dari perhitungan jumlah rendamen $\eta = 0,46$ maka daya yang diperlukan $P_{d2} = P_{d1}/\eta = 220/0,46 = 478$ watt atau 0,64 Hp, sesuai motor yang tersedia dipasaran digunakan motor listrik dengan daya $P_d = 1$ Hp atau 0,72 kW.

Ukuran sabuk V ditentukan berdasar daya rencana $P_d = 1$ Hp = 0,73 kW dengan putaran poros penggerak roda cacing 100 rpm, sesuai diagram pemilihan sabuk V (Gambar 5), sabuk tipe A tidak memenuhi syarat untuk digunakan karena sabuk tersebut bekerja pada putaran diatas 300 rpm, sabuk tipe B dapat dipergunakan karena dapat beroperasi pada putaran 100 rpm dengan daya 1 kW.

KESIMPULAN

Dari perancangan kromatografi anular dengan ukuran tabung luar berdiameter 195 mm dan tinggi 500 mm dengan 8 tingkat kecepatan putar, terendah 20 rpm dan tertinggi 298 rpm, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

Sistem penggerak menggunakan motor listrik dengan daya 1 Hp dan putaran 1500 rpm , tranmisi daya menggunakan sistem kombinasi antara tranmisi sabuk V dan tranmisi roda gigi cacing, untuk tranmisi sabuk V menggunakan 3 buah puli bertingkat, puli pada poros tranmisi terdapat 4 tingkat ukuran diameter berturut-turut : 95, 142, 190, dan 240 mm puli perantara dengan 6 tingkat berturut berdiameter: 143, 128, 144, 96, 160, dan 80 mm dan puli pada poros penggerak/poros roda cacing terdiri 2 tingkat berturut-turut berdiameter 80 dan 160 mm, roda gigi cacing dalam bentuk *gear boxes* dengan angka reduksi $i = 15$ dengan kapasitas daya 1 Hp.

Poros transmisi penggerak tabung kromatografi anular menggunakan bahan baja karbon St 41 dengan diameter 40 mm, bantalan gelinding yang digunakan untuk menumpu poros bagian atas 08 ZZ dan bagian bawah 6006 ZZ.

Sabuk V untuk transmisi daya dengan ukuran tipe B, lebar 16,5 mm dan tinggi 11,0 mm. Susunan kecepatan putaran kromatografianular berturut-turut adalah: 20, 30, 45, 75, 80, 120, 180, dan 198 rpm.

UCAPAN TERIMA KASIH

Dengan telah selesainya pembuatan makalah ini saya menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya, kepada Ibu Dra. Endang Susiantini, MT yang telah memberikan masukan sehingga mempermudah penyelesaian penulisan makalah ini, dan saudara Mulyadi atas segala bantuannya dalam membantu pembuatan gambar.

DAFTAR PUSTAKA

1. Endang Susiantini, Adsorpsi $[\text{Zr} (\text{SO}_4)_3]^{-2}$ dalam resin penukar anion (dowex-1x8) pada kromatografi anular, *Prosiding Pertemuan dan Presentasi Ilmiah PPI 2012*, PTAPB-BATAN, Yogyakarta, 2012
2. Asril, *Ilmu Bangunan Pesawat*, H Stam, Jakarta, 1952
3. Moh Taib Susan Sa'ti, *Polytechnic*, PT Bale Badung, Bandung 1986
4. B. Niemann, *Elemen Mesin*, Erlangga, Jakarta, 1982
5. Sularso, *Elemen Mesin*, Pradnya Paramita, Jakarta, 1978.