

# CONTOH DISAIN IMPELLER POMPA: ①

Siatu pompa Centrifugal dengan head total 150 ft, mengalirkan 2500 g.p.m air. Pompa ini dikopel langsung dg motor listrik yang beroperasi pada putaran 1760 r.p.m. 1 galon air beratnya = 8,33 lb. Pompa isapan ganda.

Berat air yang mengalir :

$$W = \frac{\text{g.p.m.} \cdot 8,33}{60} = \frac{2500 \cdot 8,33}{60} = 347 \text{ lb/s.}$$

Satu galon air volumenya = 0,134 ft<sup>3</sup>.

$$Q = \text{g.p.m.} \cdot 0,134 = 2500 \cdot 0,134 = 335 \text{ ft}^3/\text{m} = 5,58 \text{ ft}^3/\text{s}$$

Masing<sup>2</sup> isapan mengalirkan air  $\frac{2500}{2} = 1250 \text{ g.p.m.}$

$$N_s = \frac{n \sqrt{Q}}{H^{3/4}} = \frac{1760 \sqrt{1250}}{150^{3/4}} = 1450.$$

Daya kuda air :

$$P = \frac{W \cdot H}{550} = \frac{347 \cdot 150}{550} = 94,6 \text{ HP.}$$

Daya kuda rem :

$$P_{rem} = \frac{P}{\eta} = \frac{94,6}{0,81} = 117 \text{ HP.}$$

Torsi pada poros :

$$T = \frac{63000 \cdot P_{rem}}{n} = \frac{63000 \cdot 117}{1760} = 4190 \text{ lb.in.}$$

Dengan mengambill  $\bar{T}_g$  poros = 4000 psi, maka diameter poros :

$$D_s = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T}{\pi \bar{T}_g}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 4190}{\pi \cdot 4000}} = 1,745 \text{ inci}$$

Mutuk menanggulangi momen lengkung, maka diameter poros diperbesar dan menjadi  $2\frac{1}{8}$  inci dan  $D_H = 2,5$  "

Kecepatan air pada sisi lisap dianggap 10 ft/s, diameter flens lisap :

$$D_{su} = \sqrt{\frac{4 \cdot 144 \cdot Q}{\pi \cdot V_{su}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 144 \cdot 5,58}{\pi \cdot 10}} = 10,12 \text{ inci (dipakai } D_{su} = 10 \text{ ")}$$



Kecepatan pada sisi hisap :

$$V_{su} = \frac{Q}{A} = \frac{5,58}{\frac{\pi}{4} \frac{10^2}{144}} = 10,22 \text{ ft/s.}$$

Kecepatan pada mata impeller  $V_0$  harus diperbesar supaya 11 ft/s, kebocoran dianggap 2%.

Diameter mata impeller :

$$D_0 = \sqrt{\frac{4}{\pi} \cdot \frac{1,02 \cdot Q \cdot 144}{2 V_0} + D_H^2} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,02 \cdot 5,58 \cdot 144}{\pi \cdot 2 \cdot 11} + 2,5^2} = 7,33'' \text{ atau } 7 \frac{5}{16}''$$

Jumlah sudu pada sisi masuk :

Kecepatan tangensial pada sisi masuk :

$$u_1 = \frac{\pi D_1 n}{12 \cdot 60} = \frac{\pi \cdot 7 \frac{5}{16} \cdot 1760}{720} = 56,2 \text{ ft/s.}$$

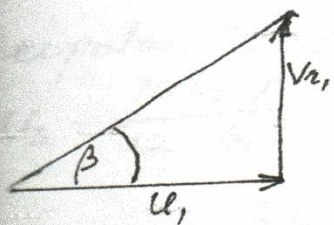
Kecepatan radial sisi masuk  $V_{r1}$  sedikit > dari  $V_0$ .  
Ambil 12 ft/s. Pertambahan kecepatan  $\frac{12}{11} = 1,09$ .

Faktor kontraksi sisi masuk  $C_1 = 0,85$ .

Lebar sisi masuk :

$$b_1 = \frac{144 \cdot Q \cdot 1,02}{\pi D_1 \cdot V_{r1} \cdot C_1} = \frac{144 \cdot 5,58 \cdot 1,02}{\pi \cdot 7 \frac{5}{16} \cdot 12 \cdot 0,85} = 1,748'' \text{ per sisi hisap}$$

Sudut sudu sisi masuk :



$$\tan \beta_1 = \frac{V_{r1}}{u_1} = \frac{12}{56,2} = 0,2137$$

$$\beta_1 = 12,06^\circ \text{ dibuat } > \text{ jadi } = \underline{\underline{13^\circ}}$$

Jumlah sudu pada sisi keluar :

Koefisien ( $\phi$ ) untuk  $H = 150$  ft, aliran = 1250 gpm, maka  $\phi = 1,05$ . → Dari Austin 96.6.4.

Diameter luar impeller :

$$D_2 = \frac{1840 \phi \sqrt{H}}{n} = \frac{1840 \cdot 1,05 \sqrt{150}}{1760} = 13,5''$$

Sudut sudu sisi keluar ( $\beta_2$ ) dibuat > dari  $\beta_1$  dan diambil  $\beta_2 = 20^\circ$ .

Kecepatan radial sisi keluar  $V_{r2} =$  atau sedikit < dari kecepatan radial sisi masuk ( $V_{r1}$ )

$V_{r1} = 12 \text{ ft/s}$  shg  $V_{r2}$  diambil  $11 \text{ ft/s}$ .

Luasan sisi keluar ( $A_2$ ):

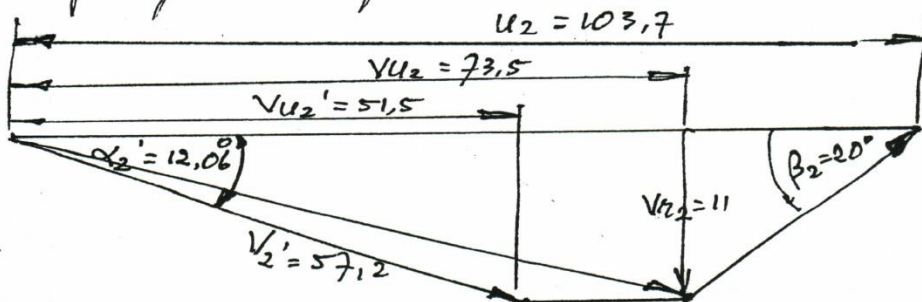
$$A_2 = \frac{144 \cdot Q \cdot 1,02}{V_{r2}} = \frac{144 \cdot 5,58 \cdot 1,02}{11} = 74,6 \text{ inci}^2$$

$E_2$  diambil  $0,925$ .

Lebar sisi keluar:

$$b_2 = \frac{144 \cdot Q \cdot 1,02}{V_{r2} \cdot \pi \cdot D_2 \cdot E_2} = \frac{144 \cdot 5,58 \cdot 1,02}{11 \cdot \pi \cdot 13,5 \cdot 0,925} = 1,895 \text{ inci}$$

Segitiga kecepatan sisi keluar:



Kecepatan tangensial:

$$u_2 = \frac{\pi D_2 \cdot n}{12 \cdot 60} = \frac{\pi \cdot 13,5 \cdot 1760}{720} = 103,7 \text{ ft/s}$$

$$Vu_2 = u_2 - \frac{V_{r2}}{\tan \beta_2} = 103,7 - \frac{11}{\tan 20^\circ} = 103,7 - 30,2 = 73,5 \text{ ft/s}$$

Koefisien aliran sirkular ( $\zeta_{cs}$ ) diambil  $0,7$ :

$$Vu_2' = Vu_2 \cdot \zeta_{cs} = 73,5 \cdot 0,7 = 51,5 \text{ ft/s}$$

$$\tan \alpha_2' = \frac{V_{r2}}{Vu_2'} = 0,2137 \rightarrow \alpha_2' = 12,06^\circ$$

$$V_2' = \sqrt{V_{r2}^2 + Vu_2'^2} = \sqrt{11^2 + 51,5^2} = 52,7 \text{ ft/s}$$



Rugi-rugi kebocoran:

$$s = 0,010 + (D - 6) 0,001 = 0,010 + \overset{\text{diambil}}{(8,5 - 6) 0,001} = 0,013 \text{ in}$$

Luas ruang bebas:

$$A = \frac{1}{2} \pi D \cdot s = \frac{1}{2} \pi \cdot 8,5 \cdot 0,013 = 0,174 \text{ in}^2 = 0,00121 \text{ ft}^2$$

Head diantara sisi<sup>2</sup> cincin:

$$H_L = \frac{3}{4} \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} = \frac{3}{4} \frac{(103,7^2 - 56,2^2)}{2 \cdot 32,2} = 88,6 \text{ ft}$$

Untuk  $n = 1750 \text{ rpm}$ , ruang bebas  $= 0,013$  maka koef. aliran  $C_d = 0,410$

Kebocoran melalui ruang bebas:

$$Q_L = C_d A \sqrt{2g H_L} = 0,410 \cdot 0,00121 \sqrt{2 \cdot 32,2 \cdot 88,6} = 0,0375 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}} \text{ per sisi hisap}$$

Kebocoran pd kedua sisi hisap  $= 2 \cdot 0,0375 = 0,075 \frac{\text{ft}^3}{\text{s}}$   
 atau  $\frac{0,075}{5,58} \cdot 100\% = 1,35\%$  mendekati  
 perkiraan semula yaitu  $2\%$ .

Sudu Sudu:

$$V_{r1} = 12 \text{ ft/s}$$

$$V_{r2} = 11 \text{ ft/s}$$

$$R_1 = 3 \frac{21}{32} \text{ in}$$

$$R_2 = 6 \frac{3}{4} \text{ in}$$

$$\beta_1 = 13^\circ$$

$$\beta_2 = 20^\circ$$

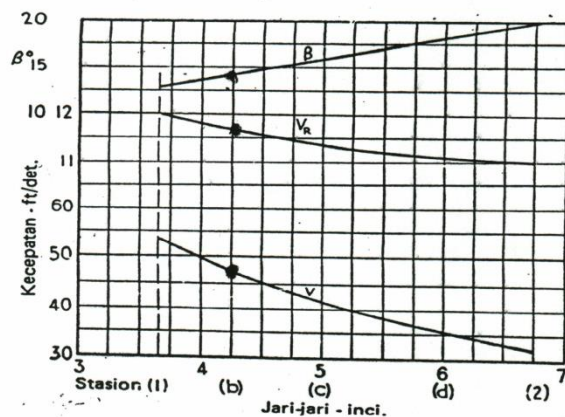
Kecepatan relatif ( $v$ ):

$$v = \frac{V_r}{\sin \beta}$$

$$v_1 = \frac{12}{\sin 13^\circ} = 53,3 \text{ ft/s}$$

$$v_2 = \frac{11}{\sin 20^\circ} = 32,2 \text{ ft/s}$$

Harga<sup>2</sup> disamping dapat dilihat  
 spt. pd. gb. dibawah ini:



Gambar 6.10. Kecepatan-kecepatan dan sudut sudu dilukiskan pada jari-jari impeler.

a. Dengan menggunakan Arkus Tangen:

$p$ : jari<sup>2</sup> busur yang menggambarkan bentuk sudu antara jari<sup>2</sup>  $R_a$  dan  $R_b$ . Jarak antara  $R$  tidak harus sama

$$p = \frac{R_b^2 - R_a^2}{2(R_b \cos \beta_b - R_a \cos \beta_a)}$$

Nilai  $p$  dapat dihitung spt. tabel dibawah ini: dari gb. 6.10 hal (4)

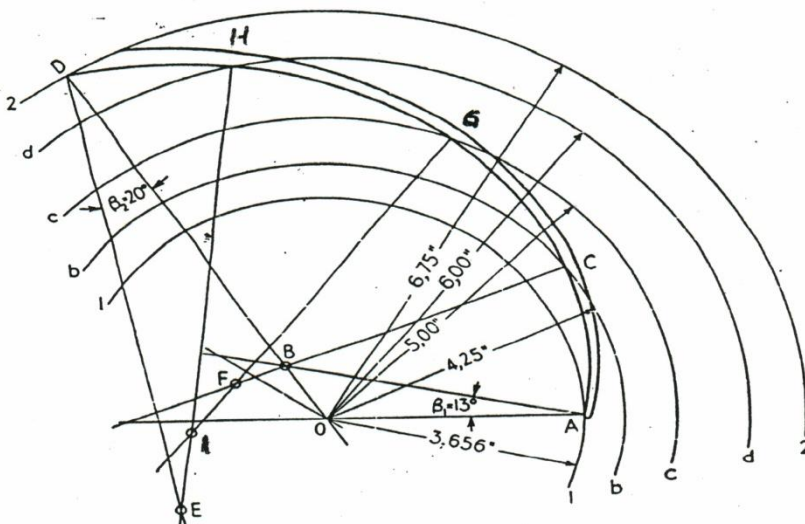
$$\sin \beta = \frac{1/2}{5} = \frac{11,7}{47,5} = 0,246$$

$$= 14,25 \text{ der}$$

| Lingkaran | R    | R <sup>2</sup> | $\beta$ | $\cos \beta$ | R cos $\beta$ | $R_b \cos \beta_b - R_a \cos \beta_a$ | $R_b^2 - R_a^2$ | p    |
|-----------|------|----------------|---------|--------------|---------------|---------------------------------------|-----------------|------|
| 1         | 3,66 | 13,39          | 13°     | 0,9744       | 3,56          | 0,56                                  | 4,67            | 4,17 |
| b         | 4,25 | 18,06          | 14,25°  | 0,9692       | 4,12          | 0,69                                  | 6,94            | 5,03 |
| c         | 5,00 | 25,00          | 15,92°  | 0,9617       | 4,81          | 0,89                                  | 11,00           | 6,18 |
| d         | 6,00 | 36,00          | 18,33°  | 0,9492       | 5,70          | 0,64                                  | 9,53            | 7,46 |
| 2         | 6,75 | 45,55          | 20°     | 0,9397       | 6,34          |                                       |                 |      |

Cara melukis:

- Buat lingkaran dg jari<sup>2</sup> spt. pd. tabel.
- Tarik  $\angle OAB = 13^\circ$ .
- Buat  $AB = BC = 4,17$ .
- Buat  $FC = FG = 5,03$
- Buat  $IG = IH = 6,18$
- Buat  $EH = ED = 7,46$



Gambar 6.11. Disain sudu yang memakai metoda arkus tangen.

Hal 7:

$$R_1 = \frac{D_2}{2} = \frac{7 \frac{5}{16}}{2}$$

$$= \frac{7,3125}{2} = 3,656$$

$$b = \frac{8 \frac{1}{2}}{2} = \frac{8,5}{2} = 4,25$$

c = idem

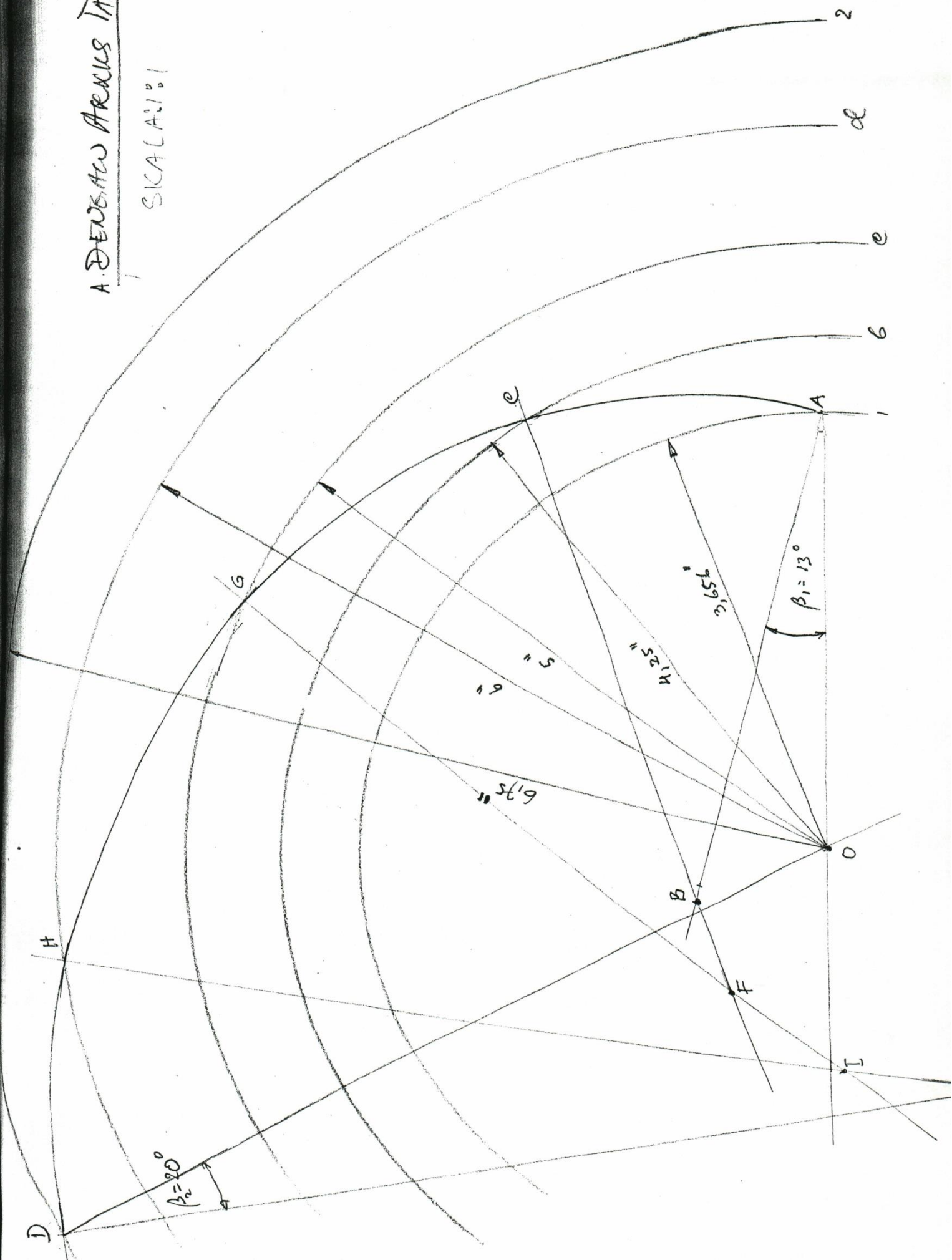
d = - - -

2 = - - -



A. DENGAS ARKUS TABLO.

SKALA 1:100



Dengan menggunakan Koordinat Polar:

$$\theta^\circ = \frac{180}{\pi} \int_{R_1}^R \frac{dR}{R \tan \beta} = \frac{180}{\pi} \sum \frac{R}{R_1} \frac{\Delta R}{R \tan \beta}$$

Hasilnya seperti pada tabel berikut ini:

| urutan | R    | $\beta$ | $\tan \beta$ | $\frac{1}{R \tan \beta}$ | $\frac{1}{R \tan \beta}$ | $\Delta R$ | $\frac{\Delta R}{R \tan \beta}$ | $\Delta \theta^\circ$ | $\theta^\circ$ |
|--------|------|---------|--------------|--------------------------|--------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------|----------------|
| 1      | 3,66 | 13°     | 0,2309       | 1,1837                   | 1,055                    | 0,59       | 0,627                           | 35,9                  | 0              |
| b      | 4,25 | 14,25°  | 0,2540       | 0,926                    |                          |            |                                 |                       | 35,9           |
| c      | 5    | 15,92°  | 0,2852       | 0,702                    | 0,814                    | 0,75       | 0,610                           | 34,9                  | 70,8           |
| d      | 6    | 18,33°  | 0,3314       | 0,503                    | 0,603                    | 1,00       | 0,603                           | 34,5                  | 105,3          |
| 2      | 6,75 | 20°     | 0,3640       | 0,407                    | 0,455                    | 0,75       | 0,341                           | 19,5                  | 124,8          |

$$\Delta \theta^\circ = \frac{180}{\pi} \cdot \frac{\Delta R}{R \tan \beta}$$

$\theta^\circ$  pd kolom 10 = jumlah  $\Delta \theta^\circ$ .

Jumlah sudu:  $Z = 6,5 \frac{D_2 + D_1}{D_2 - D_1} \sin \left( \frac{\beta_1 + \beta_2}{2} \right) = 6,5 \frac{13,5 + 7,312}{13,5 - 7,312} \sin \frac{13 + 20}{2}$

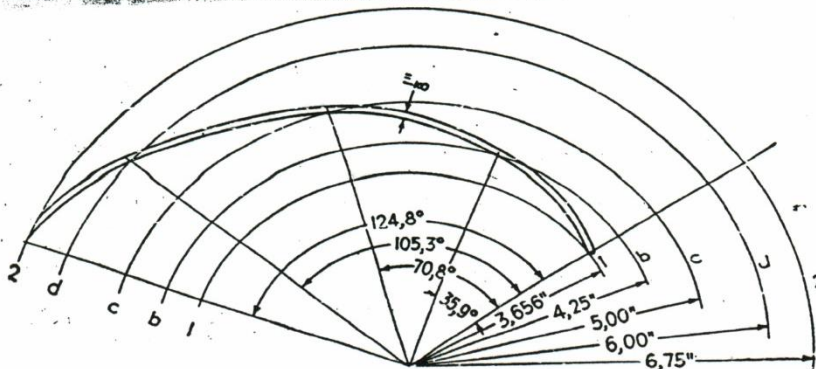
$= 6,5 \frac{13,5 + 7,312}{13,5 - 7,312} \sin 16,5 = 6,21$  dibulatkan 6 buah

Lebar saluran (b): terlebih dahulu harus ditentukan besarnya faktor kontraksi (E).

$$b = \frac{144 \cdot Q}{\pi \cdot D \cdot E \cdot V_r}$$

$$E = \frac{\pi D - \frac{Zt}{\sin \beta}}{\pi D} \quad \left\{ \begin{array}{l} t: \text{tebal sudu} \\ V_r: \text{diambil dr gb. 6.10} \end{array} \right.$$

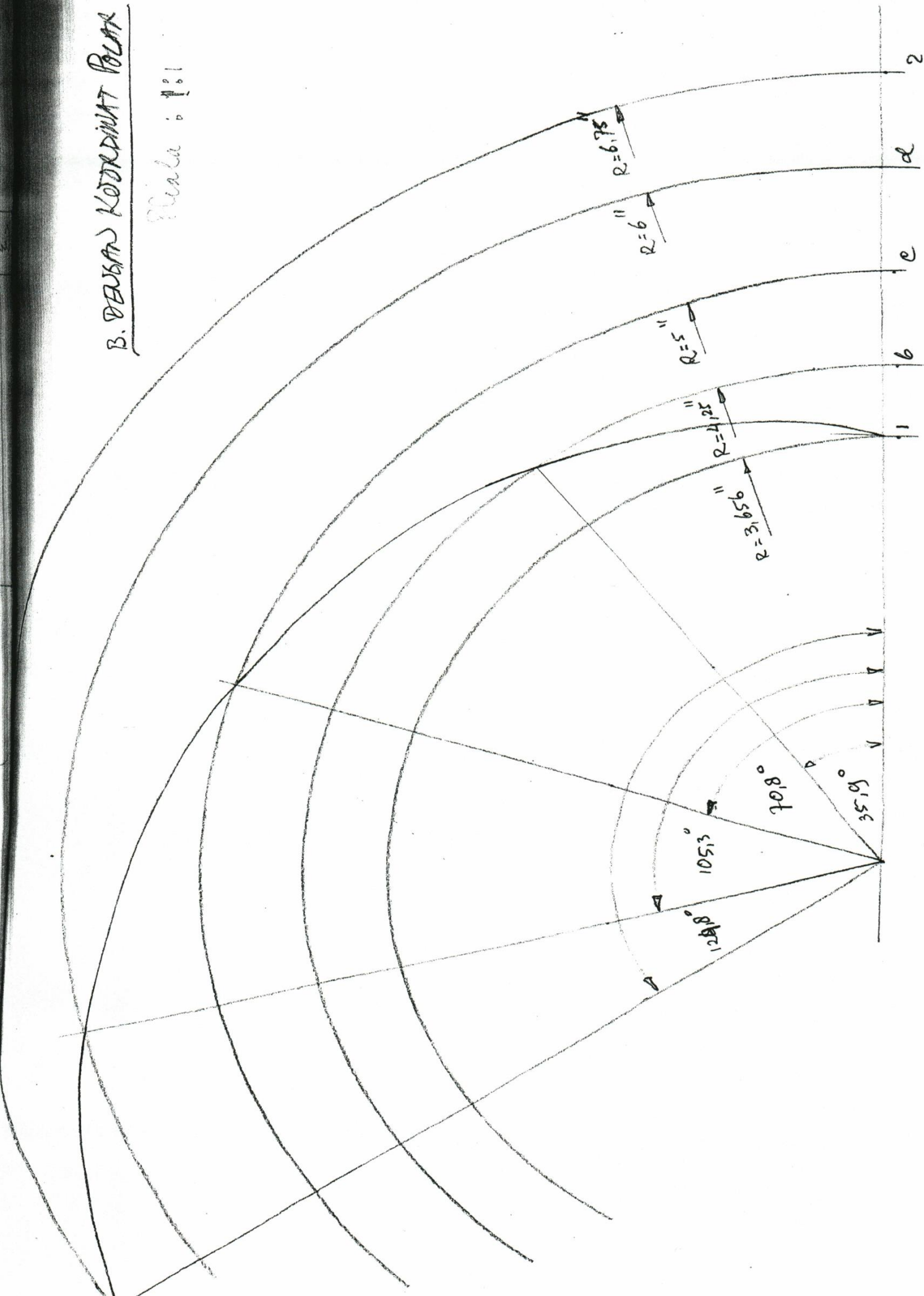
| R    | D     | $\pi D$ | $\sin \beta$ | $\frac{Zt}{\sin \beta}$ | $\pi D - \frac{Zt}{\sin \beta}$ | E     | $V_r$ | b/2   | b    |
|------|-------|---------|--------------|-------------------------|---------------------------------|-------|-------|-------|------|
| 3,66 | 7,31  | 22,95   | 0,125        | 0,225                   | 3,34                            | 19,61 | 0,855 | 12,00 | 1,75 |
| 4,25 | 8,50  | 26,69   | 0,150        | 0,246                   | 3,66                            | 23,03 | 0,854 | 11,68 | 1,52 |
| 5,00 | 10,00 | 31,42   | 0,195        | 0,274                   | 4,27                            | 27,15 | 0,863 | 11,41 | 1,32 |
| 6,00 | 12,00 | 37,68   | 0,250        | 0,314                   | 4,78                            | 32,90 | 0,875 | 11,09 | 1,12 |
| 6,75 | 13,50 | 42,39   | 0,275        | 0,342                   | 4,82                            | 37,57 | 0,886 | 11,00 | 0,99 |





# B. DEKARAN KOORDINAT POLAR

Skala : 1:1



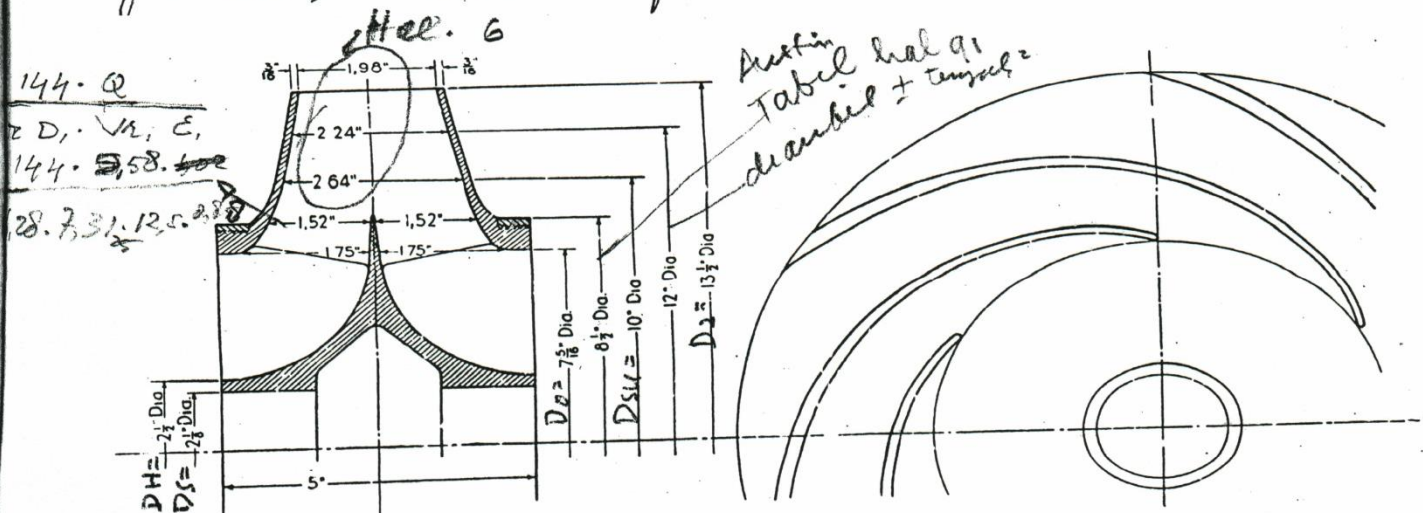


# RINGKASAN :

(7)

Diameter fleksi lisap  $D_{su} = 10''$   
 Kecepatan pada fleksi lisap  $V_{su} = 10,22 \text{ ft/s}$   
 Diameter poros  $D_s = 2 \frac{1}{8}''$   
 Diameter hub impeller  $D_H = 2 \frac{1}{2}''$   
 Diameter mata impeller  $D_o = 7 \frac{5}{16}'' = 7,3125''$   
 Kecepatan melalui mata impeller  $V_o = 11 \text{ ft/s}$   
 Diameter pada ujung sudu sisi masuk  $D_1 = 7 \frac{5}{16}''$   
 Kecepatan pada ujung sudu sisi masuk  $V_1 = V_{r1} = 12 \text{ ft/s}$   
 Lebar saluran pada sisi masuk  $b_1 = 1,75''$  per sisi.  
 Kecepatan tangensial pada ujung sudu sisi masuk  $U_1 = 56,2 \text{ ft/s}$   
 Sudut sudu sisi masuk  $\beta_1 = 13^\circ$

Diameter sisi keluar impeller  $D_2 = 13,5''$   
 Kecepatan radial pd sisi keluar  $V_{r2} = 11 \text{ ft/s}$   
 Sudut sudu pd sisi keluar  $\beta_2 = 20^\circ$   
 Lebar saluran total pd sisi keluar  $b_2 = 1,98''$   
 Kecepatan tangensial pd ujung sudu sisi keluar  $U_2 = 103,7 \text{ ft/s}$   
 Kecepatan absolut meninggalkan impeller  $V_2' = 57,5 \text{ ft/s}$   
 Komponen tangensial  $V_{U_2}' = 51,5 \text{ ft/s}$   
 Sudut air meninggalkan impeller  $\alpha_2' = 13^\circ$   
 Jumlah sudu impeller  $Z = 6$



Gambar 6.13. Skets impeler yang didisain dalam Pasal 6.9.





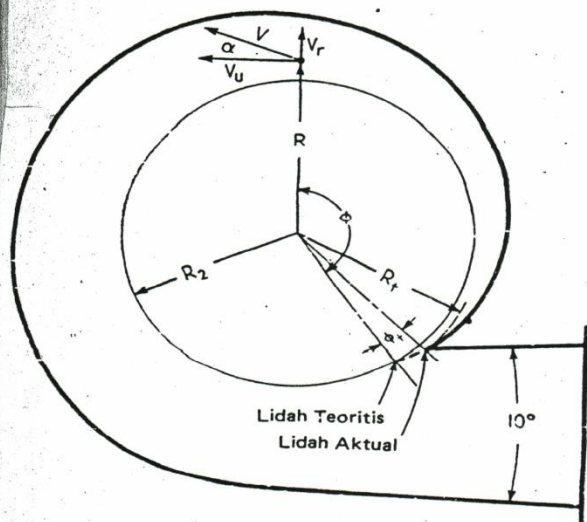


9

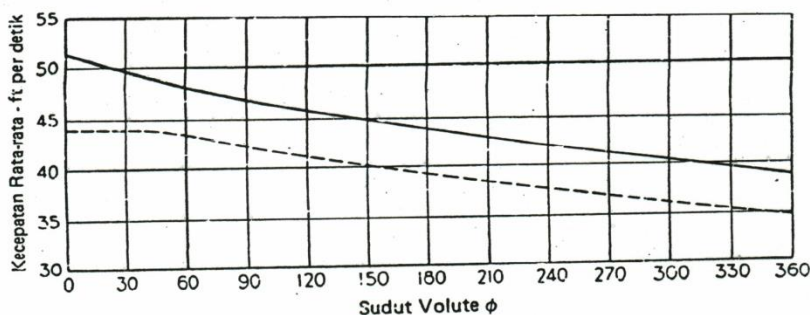
Kecepatan air meninggalkan impeller  $\pm 39 \text{ ft/s}$  yang paling baik  $\pm 28 \text{ ft/s}$  (B.6.3).

Flens dg diameter 6" luasnya penampangnya  $28,3 \text{ in}^2$ .

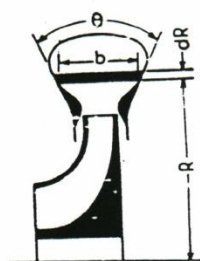
$V_{rata} = \frac{5,58 \cdot 144}{28,3} = 28,4 \text{ ft/s}$ , sehingga busian antara sisi keluar rumah keong dg pipa buang (wzel buang) dibuat membesar sampai 6 in.



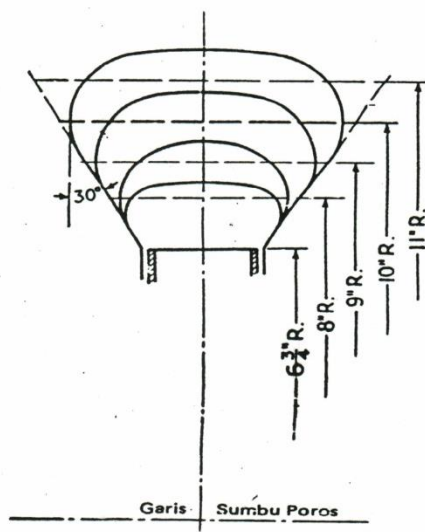
Gambar 6.14. Elevasi rumah keong.



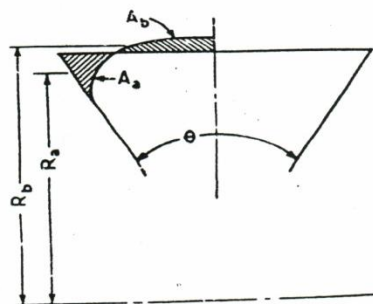
Gambar 6.17. Kecepatan rata-rata dalam rumah keong sekitar kelilingnya.



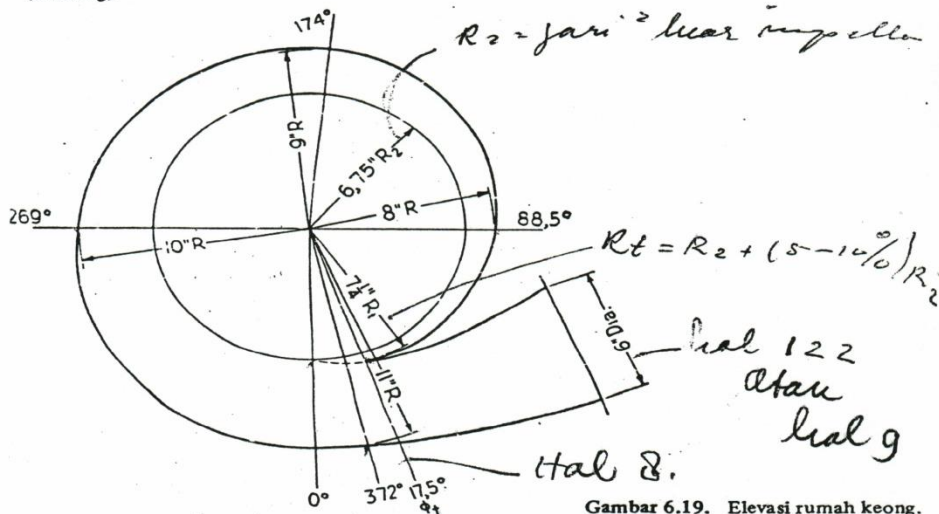
Gambar 6.15. Penampang rumah keong.



Gambar 6.18. Penampang-penampang laluan rumah keong pada sudut-sudut yang diperhatikan (dihitung).



Gambar 6.16. Penampang laluan rumah keong.



Gambar 6.19. Elevasi rumah keong.

$R = 8, 9, 10, 11$  tentukan sendiri, karena bergantung dlm tabel Hal 8.

DISTAN DIFUSER :

Karena head rendah maka tidak perlu adanya difuser. Akan tetapi untuk mengilustrasikan cara perencanaannya sbb :

Ruang bebas radial antara impeller dan ujung sudu dianggap  $\frac{1}{16}$ ".

Diameter leher mendekati  $\pm 14,5$ ".

Lebar difuser diambil  $2\frac{5}{8}$ " = yg dipakai untuk lebar kecepatan air pd leher difuser  $V_3 = V_2' (D_2/D_3)$

$$= 52,5 (13,5/14,5) = 48,9 \text{ ft/s}$$

$V_3$  dikurangi 15% untuk mengimbangi kerugian<sup>2</sup> dan perbandingan  $\frac{b_2}{b_3}$ , jadi  $V_3 = 0,85 \cdot 48,9 = 42 \text{ ft/s}$ .

$$\text{Luas leher total } A_3 = \frac{144 \cdot Q}{V_3} = \frac{144 \cdot 5,58}{42} = 19,1 \text{ in}^2$$

Jumlah sudu  $z'$  diambil 11.

$$A_3 = h_3 \cdot b_3 \cdot z' \rightarrow h_3 = \frac{A_3}{z' \cdot b_3} = \frac{19,1}{11 \cdot 2,625} = 0,661 \text{ in}$$

Kecepatan pd saluran buang yg berdiameter 6" =  $28,4 \text{ ft/s}$ , kecepatan air meninggalkan difuser dapat dibuat sedikit >, misalnya  $V_4 = 30 \text{ ft/s}$ .

$$\text{Luas total mulut difuser : } A_4 = \frac{144 \cdot Q}{V_4} = \frac{144 \cdot 5,58}{30} = 26,8 \text{ in}^2$$

$$h_4 = \frac{A_4}{z' \cdot b_4} = \frac{26,8}{11 \cdot 2,625} = 0,929 \text{ in}$$

Daya kuda untuk mengatasi gesekan dalam

Menurut PFLEIDERER :

$$P_F = 1,83 \left( \frac{U_2}{100} \right)^3 \left( \frac{D_2}{10} \right)^2 = 1,83 \left( \frac{103,7}{100} \right)^3 \left( \frac{13,5}{10} \right)^2 = 3,73 \text{ HP}$$

Menurut GIBSON :

$$P_F = \frac{\left( \frac{D_2}{12} \right)^{4,83} \cdot n^{2,83}}{8,75 \cdot (10)^8} = \frac{\left( \frac{13,5}{12} \right)^{4,83} \cdot (1760)^{2,83}}{8,75 \cdot (10)^8} = 3,09 \text{ HP}$$

