



Exhaust System Design



Disusun oleh:
Hendri Amirudin Anwar ST, MKKK

AGENDA PEMBAHASAN



Pendahuluan

Prinsip & Prosedur Desain

Desain Method

7.1. PENGANTAR

Pertimbangan desain ventilasi sangat tergantung pada bentuk dan lay out proses operasi, ruang kerja dan bentuk konstruksi bangunan

Banyak faktor yang berperan dalam menentukan bentuk desain ventilasi.

Dan sebelum mengambil keputusan dalam suatu proses desain, terlebih dahulu perlu dibuat ;

- (1) Sketsa sistem saluran pipa / duct guna mengidentifikasi kontaminan.
- (2) Menentukan ukuran / dimensi .

PEMILIHAN PERANCANGAN SISTIM VENTILASI INDUSTRI

Sebelum suatu sistim ventilasi lokal diproduksi maka ada beberapa kriteria yang harus diperhatikan, yaitu :

- Apakah perancangan sistim ventilasi industri tersebut diperlukan untuk meminimalkan kontaminan di lingkungan tempat kerja ?
- Dapatkah perancangan sistim ventilasi industri tersebut menguntungkan secara ekonomis bagi perusahaan?
- Apakah ada efek yang akan ditimbulkan oleh sitem ventilasi terhadap fasilitas lain yang sudah ada sebelumnya?
- Apakah perancangan sistim ventilasi industri tersebut akan mampu meningkatkan kinerja perusahaan dalam melaksanakan program-program keselamatan dan kesehatan kerja ?

7.2 DESIGN PROCEDURE

Referensi :

- American Conference of Governmental Industrial Hygienis (ACGIH) Industrial Ventilation: A Manual of Recommended Practice for Operation and Maintenance
- ASHRAE-2012, Ashrae Handbook: Heating, Ventilating, and Air-Conditioning Systems and Equipment: Inch-Pound Edition

Pedoman dalam mengatur persyaratan perancangan sistim ventilasi industri, yaitu : Standar American Conference of Governmental Industrial Hygienis (ACGIH), dengan menggunakan ***“VELOCITY PRESSURE METHOD CALCULATION SHEET ”***

7.3 PRINSIP DESAIN

Langkah pertama ;

Aliran udara / Volumetric Flowrate; Pada persamaan, dalam cfm (kaki kubik per menit),

$$Q = V.A$$

dimana ;

Q = volume metrik flow rate, cfm --- atau aliran udara dalam satuan cfm (kaki kubik per menit)

V = Average velocity, fpm ---atau kecepatan linier dalam satuan kaki per menit

A = Cross-sectional area, ft²,--- atau luas penampang sistem (duct, hood, dll)

$$Q = \frac{\text{volume ruang} \times \text{generation rate} \times K}{\text{NAB}}$$

Contoh bila di ketahui,

- Volume ruang (8 x 7 x 3 = 168 m³)
- Volume ruang = 5.880 ft³
- TLV = 2 fiber/cc
- Generation rate = 200 fiber/cc/60 menit
- Faktor K = 2
- Maka, Volumetric flow rate, ----- Q = 19.600 cfm

Langkah kedua ; adalah menentukan diameter duct = d_c

Contoh , misalnya ditentukan diameter duct ----- $d_c = 26$ in (diketahui)

Langkah ketiga ; adalah menghitung luas bukaan *hood* yang di desain= A , ft^2

$$\text{Duct Area, } A = D^2 \frac{\pi}{4}$$

$$\begin{aligned} A &= 1/4\pi (d_c/12)^2 \\ &= 3,14/4 (26/12)^2 \\ &= 3,6870 \text{ sq.ft} \end{aligned}$$

Langkah keempat;

adalah menghitung kecepatan duct actual/Actual Duct Velocity= v ,
dari persamaan :

$$Q = v * A,$$

$$v = Q / A,$$

$$v = (19600 / 3,6870) \\ = 5.316 \text{ fpm}$$

Dimana,

$$Q = 19.600 \text{ cfm}$$

$$A = 3,6870 \text{ sq.ft}$$

Langkah kelima;

yaitu menghitung kecepatan tekan pada duct VP_d , dalam in WG

Kecepatan tekanan pada pipa (VP_d), dalam persamaan sebagai berikut :

$$VP_d = \left(\frac{V}{4005} \right)^2 = 1,7618 \text{ in WG}$$

Dimana,

$$v = 5.316 \text{ fpm}$$

Maka, Kecepatan tekanan duct— $VP_d = 1.7618 \text{ in WG}$ (dihitung)

Langkah keenam;

adalah menentukan kecepatan aliran dalam slot /Slot Velocity V_s

kecepatan Slot----- misalnya diketahui $V_s = 400 \text{ fpm}$

Langkah ketujuh;

Persamaan mengitung Tekanan kecepatan Slot VP_s , dalam in WG, dengan menggunakan rumus :

$$VP_s = (V_s/4005)^2$$

$$VP_s = (400/4005)^2$$

$$= 0,0100 \text{ in WG}$$

Dimana $V_s = 400 \text{ fpm}$

Langkah kedelapan;

yaitu menentukan Slot loss coefficient

Slot loss coefficient-> dalam tulisan ini pada gambar 6.21, (slide berikutnya), Koefisien kehilangan pada Slot sebesar 1,78 (diambil dalam tabel)

Langkah kesembilan;

adalah menghitung kehilangan yang di slot dalam rancangan dipakai istilah Slot loss per VP, sedangkan acceleration factor atau faktor percepatan diambil dalam perancangan sistem ventilasi lokal diambil bilangan 0 atau 1

Slot loss per VP, dihitung dengan menggunakan rumus ,

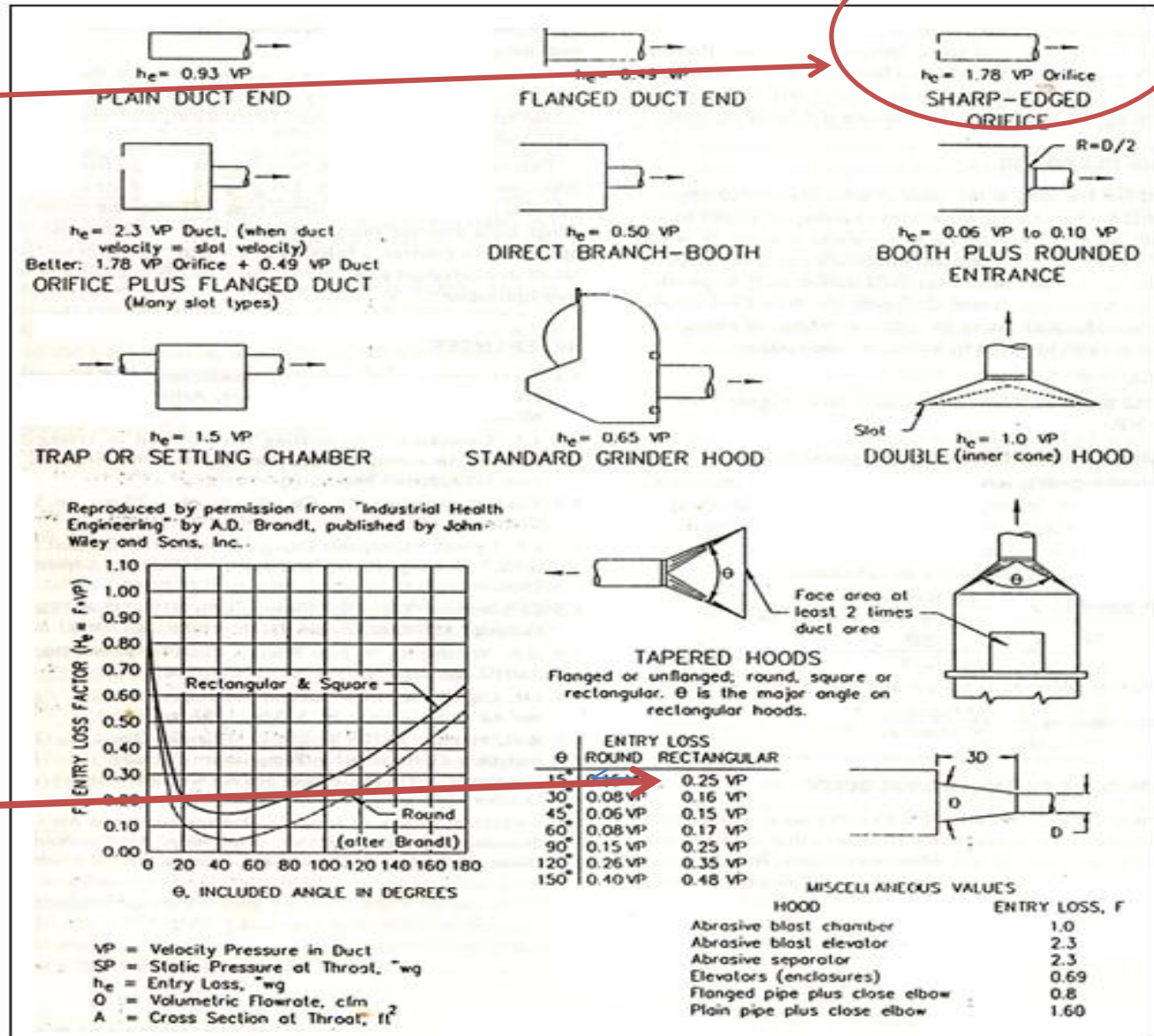
$$\begin{aligned}\text{Slot loss per VP} &= \text{Slot Loss koefisien} + \text{Acceleration Factor} \\ &= 1,78 + 0 \\ &= 1,78\end{aligned}$$

Dimana

Slot Loss koefisien = 1,78 --- ditentukan dalam perancangan

Acceleration Factor = 0

SLOTS FACTOR



Duct Entry Loss Factor-

Gambar.6.21, Hood Entry Loss Factors

Langkah kesepuluh ;

Untuk menghitung tekanan statis slot atau Slot Statik Presure SP_s dalam in WG, digunakan rumus sebagai berikut :

$$\underline{\text{Slot Statik Presure } SP_s = \text{Slot Velocity Pressure} * \text{Slot loss}}$$

$$\begin{aligned} SP_s &= VP_s * \text{Slot loss} \\ &= 0,0100 * 1,78 \\ &= 0,0178 \end{aligned}$$

Dimana,

$$\text{Slot loss} = 1,78$$

$$VP_s = 0,0100 \text{ in WG}$$

Langkah kesebelas;

Duct Entry Loss Factor fig.5-15 or Chap.10

Duct Entry Loss Factor----- *Gambar.6.21* atau dalam tulisan ini pada gambar (slide sebelumnya), Faktor kehilangan pada Duct sebesar 0,250 (diambil dalam tabel)

Langkah kedua belas;

Duct Entry Loss per VP

Duct entry loss per VP, dihitung dengan menggunakan rumus ,

Duct entry loss per VP = Duct entry loss factor + Acceleration factor

$$\begin{aligned} \text{Duct entry loss per VP} &= 0,250 + 1 \\ &= 1,250 \end{aligned}$$

Dimana ,

Acceleration factor = 1 (Acceleration factor diambil bilangan 0 atau 1)

Langkah ketiga belas;

adalah menghitung kehilangan di duct atau Duct Entry Loss, Duct Entry Loss, dihitung dengan menggunakan rumus

Duct Entry Loss = Duct Velocity Pressure * Duct Entry Loss per VP

$$\begin{aligned}\text{Duct Entry Loss} &= \text{VP} * \text{Duct entry loss per VP} \\ &= 1,7618 * 1,250 \\ &= 2,202 \text{ in WG}\end{aligned}$$

Maka kehilangan pada duct sebesar 2,202 in WG

Langkah keempat belas:

adalah menghitung tekan statis hood atau Hood Static Pressure, SP_h
Maka untuk menghitung tekanan statis hood (SP_h) adalah diambil dari persamaan (6.12)

$$SP_h = h_{es} + h_{ed} + VP_d$$

Dimana :

VP_d = Tekanan kecepatan dari duct = 1,7618 in Wg

H_{ed} = Entri loss, diambil pada gambar.6.21 (ACGIH fig, 5-15, p.5-30) ,

$$= F_h * VP_d = 0,250 * 1,7618 = 0,44045$$

h_{es} = kehilangan pada slot, Slot Loss koefisien = 1,78 gbar.6.21(ACGIH fig 5-15, p.5-30)

$$h_{es} = 1,78 VP_s \text{ dihitung } VP_s = 0,0100 \text{ in WG}$$

$$h_{es} = 1,78 VP_s = 1,78 * 0.0100 = 0,0178$$

$$\begin{aligned} SP_h &= h_{es} + h_{ed} + VP_d \\ &= 0,0178 + 0.44045 + 1,7618 \\ &= 2.220 \end{aligned}$$

Maka, Tekanan Statis Hood, $SP_h = 2,220$ in WG

Langkah ke limah belas;

Menentukan panjang lurus duct atau Straight Duct Length, dalam ft

Diketahui panjang lurus duct = 7 ft

Langkah ke enam belas;

Friction Factor (H_f) Untuk mendapatkan besarnya bilangan Friction Factor (H_f), didapatkan persamaan (3.20) dibawah ini ;

$$H_f = 0,0307 \frac{V^{0.533}}{Q^{0.612}}$$

$$\begin{aligned} H_f &= 0,0307 \{ (5.316^{0.533} / 19.600^{0.612}) \} \\ &= 0,0070 \end{aligned}$$

Dimana,

kecepatan duct actual, ---- $V = 5.316$ fpm

Aliran udara ----- $Q = 19.600$ cfm

Langkah ke tujuh belas;

Friction Los per VP,

Friction Los per VP, dihitung dengan rumus

$$\begin{aligned}\text{Friction Los per VP} &= \text{Straight Duct Length} * \text{Friction Factor (H}_f\text{)} \\ &= 7 * 0.0070 \\ &= 0,0491\end{aligned}$$

Dimana,

panjang lurus duct = 7 ft

Friction Factor (H_f) = 0,0070

Langkah ke delapan belas;

Menghitung Elbow Loss per VP, dengan rumus

$$\begin{aligned}\text{Elbow Loss per VP} &= \text{No.of } 90^0 \text{ Elbow} * \text{loss Factor} \\ &= 1 * 0,24 \\ &= 0,2400\end{aligned}$$

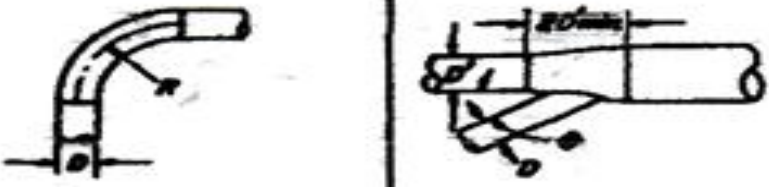
Contoh dalam perancangan,

Elbow Elbow 1-90⁰ = 1,00 (ACGIH, figure 5-17)

60⁰ Elbow = 0,6666 (ACGIH, figure 5-20, gbr.5.12)

45⁰ Elbow = 0,50 (ACGIH, figure 5-20, gbr.5.12)

30⁰ Elbow = 0,333 (ACGIH, figure 5-20, gbr.5.12)



| Pipe D | 90° Elbow ^a Centerline Radius | | | Angle of Entry | |
|-----------|---|-----|-----|-------------------|-----|
| | 15D | 20D | 25D | 30° | 45° |
| 3" | 5 | 3 | 3 | 2 | 3 |
| 4" | 6 | 4 | 4 | 3 | 5 |
| 5" | 9 | 6 | 5 | 4 | 6 |
| 6" | 12 | 7 | 6 | 5 | 7 |
| 7" | 13 | 9 | 7 | 6 | 9 |
| 8" | 15 | 10 | 8 | 7 | 11 |
| 10" | 20 | 14 | 11 | 9 | 14 |
| 12" | 25 | 17 | 14 | 11 | 17 |
| 14" | 30 | 21 | 17 | 13 | 21 |
| 16" | 36 | 24 | 20 | 16 | 25 |
| 18" | 41 | 28 | 23 | 18 | 28 |
| 20" | 46 | 32 | 26 | 20 | 32 |
| 24" | 57 | 40 | 32 | | |
| 30" | 74 | 51 | 41 | | |
| 36" | 93 | 64 | 52 | | |
| 40" | 105 | 72 | 59 | | |
| 48" | 130 | 89 | 73 | | |

^a For 60° elbows — 0.67 x loss for 90°
 45° elbows — 0.5 x loss for 90°
 30° elbows — 0.33 x loss for 90°

Gambar.5.12 data duct, perancangan, sumber ACGIH, data 1-88, fig.5-20

Langkah ke sembilan belas;

Entry loss per VP

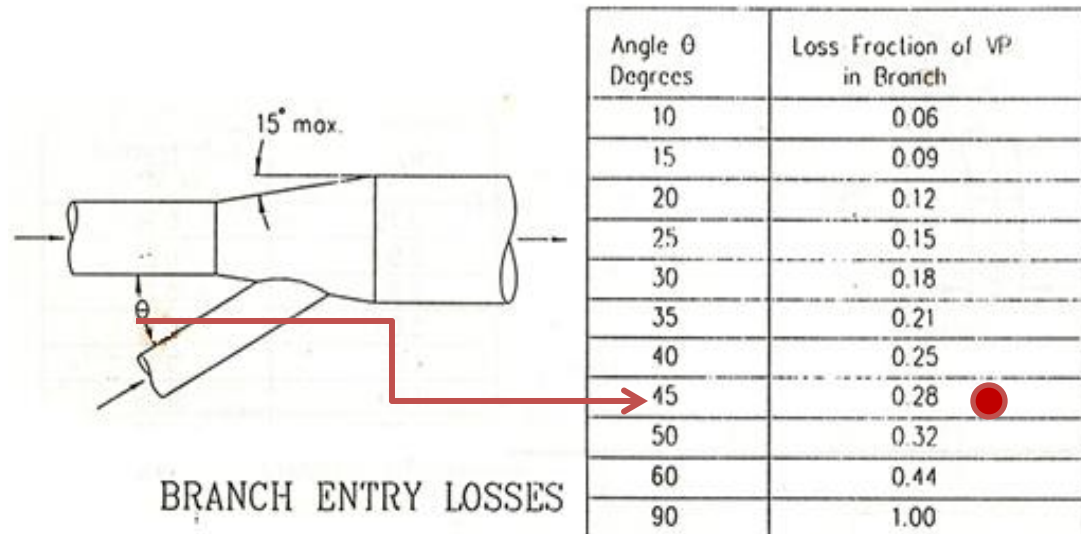
Entry loss per VP= No. of Branch Entries * loss factor

$$\begin{aligned} \text{Entry loss per VP} &= 1 * 0,28 \\ &= 0,28 \end{aligned}$$

Contoh dalam perancangan,

Branch Entri = 1 (bilangan 0 atau 1)

Entry Loss coefisien = 0,28 (ACGIH, figure 5-17)



Gambar.5.5 Bentuk percabangan pada duct sumber, ACGIH fig.5.17 date 1-88

Langkah ke dua puluh;

Duct Loss per VP,

Dihitung dengan rumus ,

Duct Loss per VP = Friction Los per VP + Elbow Loss per VP + Special Fitting Loss Factor

$$\begin{aligned}\text{Duct Loss per VP} &= 0,0491 + 0,280 \\ &= 0,5691\end{aligned}$$

Dimana ,

Friction Los per VP = 0,0491

Elbow Loss per VP = 0,280

Maka Duct Loss per VP = 0,5961

Langkah ke dua puluh satu;

Duct Loss

Duct Loss = Duct Velocity Pressure * Duct Loss per VP

$$= 1,7618 * 0,5961$$

$$= 1,0027$$

Dimana,

Tekanan kecepatan duct – $VP_d = 1,7618$

Duct Loss per VP--- 0,5961

Maka kehilangan pada pipa sebesar 1,0027

Langkah ke dua puluh dua;

Duct SP Loss,

Duct SP Loss = Hood Static Pressure + Duct Loss

$$\begin{aligned} \text{Duct SP Loss} &= 2.220 + 1,0027 \\ &= 3,223 \text{ in WG} \end{aligned}$$

Dimana ,

Tekanan statis Hood/ Hood Static Pressure-----2.220 in WG

Duct Loss/ kehilangan pada pipa -----1,0027

Kumulatif Tekanan Statis = 3, 223 in WG

Dan dilanjutkan dengan detail lainnya

7.4. DESIGN METHODS

7.4.1. VELOCITY PRESURE METHODE

Plant Name : ----- Evaluation :-----Data: -----
 Location : ----- Temperature;-----Drawing No;-----
 Departement ; ----- Factor ; -----Designer; -----

| | | | | | |
|-----|--|---|--|--------|--|
| 1. | Duct Segment Identifications | | Satuan | | |
| 2. | Volumetric Flowrate -- $Q=V*A$ | | cfm | | |
| 3. | Minimum Transport Velocity | | fpm | | |
| 4. | Duct Diameter | | inches | | |
| 5. | Duct Area -- $A = 1/4\pi*(D)^2$ | | sq.ft | | |
| 6. | Actual Duct Velocity-- $V=Q/A$ item 2 : 5 | | fpm | | |
| 7. | Duct Velocity Pressure -- $VP = (V/4005)^2$ | | "wg | | |
| 8. | H O O D S U C T I O N S | S | Slot Area | sq.ft | |
| 9. | | L | Slot Velocity | fpm | |
| 10. | | O | Slot Velocity Pressure-- $VPs = (Vs/4005)^2$ | "wg | |
| 11. | | T | Slot Loss Factor fig.5-15 or Chap.10 | | |
| 12. | | S | Acceleration Factor | 0 or 1 | |
| 13. | | | Plenum loss per VP, item 11 + 12 | | |
| 14. | | | Plenum SP, item 10 * 13 | "wg | |
| 15. | | | Duct Entry Loss Factor fig.5-15 or Chap.10 | | |
| 16. | | | Acceleration Factor | 0 or 1 | |
| 17. | | | Duct Entry Loss per VP, item 15 + 16 | | |
| 18. | | Duct Entry Loss, item 7 * 17 | | | |
| 19. | | Other Loss | "wg | | |
| 20. | | Hood Static Pressure, item 14 + 18 + 19 | "wg | | |
| 21. | Straight Duct Length | | feet | | |
| 22. | Friction Factor (H_f) fig.5-18 or quation | | | | |
| 23. | Friction Los per VP, item 21*22 | | | | |
| 24. | No.of 90° Elbow | | | | |
| 25. | Elbow Loss per VP, item 24 x loss Factor | | | | |
| 26. | No. Entries | | | | |
| 27. | Entry Loss per VP, item 26 x loss Factor | | | | |
| 28. | Special Fitting Loss Factor | | | | |
| 29. | Duct Loss per VP, item 23 + 25 + 27 + 28 | | | | |
| 30. | Duct Loss, item 7 * 29 | | "wg | | |
| 31. | Duct SP Loss, item 20 + 30 | | "wg | | |
| 32. | Comulatif Static Pressure | | "wg | | |
| 33. | Governing Static Pressure | | "wg | | |
| 34. | Corrected Volumetric Flowrate | | cfm | | |
| 35. | Resultant Velocity Pressure | | "wg | | |

Terima kasih & Sampai Jumpa di Pertemuan Selanjutnya

