

# AIR DISTRIBUTION SYSTEM



- Udara daripada sistem perlu diagihkan kepada sesuatu ruang bagi memberikan keselesaan kepada pengguna atau manusia yang menerima udara tersebut.
- Bagi tujuan ini halaju, suhu, dan bentuk peredaran udara tersebut hendaklah dilaraskan pada nilai tertentu.



# FUNGSI PENGAGIHAN UDARA

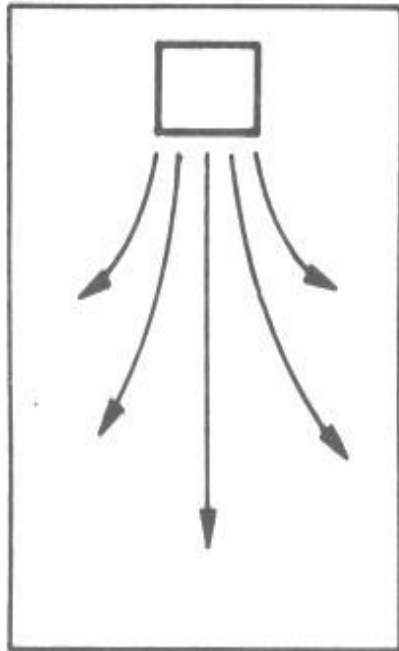
1. Untuk membawa udara ke ruang dengan kadar kehilangan haba, kebocoran dan kebisingan yang minimum.
2. Untuk mengagihkan udara ke ruang bagi tujuan untuk mengimbangi kehilangan haba & memberikan gerakan udara serta suhu yang sekata pada ruang.



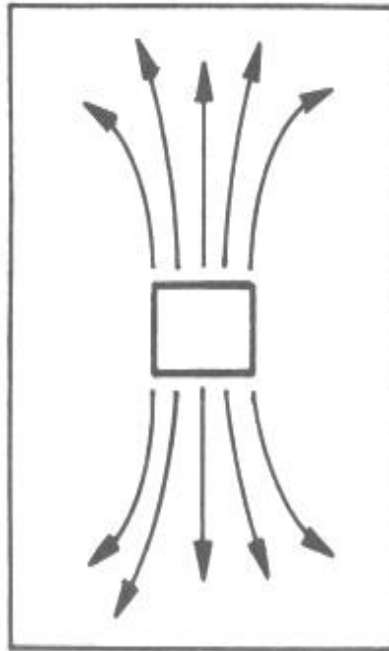
3. Untuk mengawal suhu ruang secara seimbang, sama ada kehilangan atau gandaan haba melalui dinding atau permukaan tingkap, lampu, cahaya matahari dan beban penghuni/manusia.
4. Untuk memberikan keseimbangan sistem bagi menetapkan pengaliran udara dan suhu atau untuk melaraskan sistem agar bersesuaian dengan beban haba.



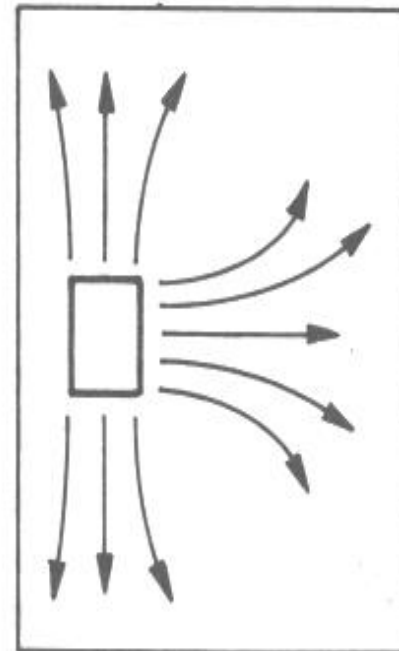
# CARA PENGAGIHAN UDARA



(a) Sehala



(b) Dua hala



(c) Tiga hala



# KOMPONEN PENGAGIHAN UDARA

1. Salur udara (*ducting*)
2. Kipas (*fan*)
3. Peresap udara (*diffuser*)
4. Perendam/penghala udara (*damper*)
5. Kekisi udara



# SALUR UDARA

Terdapat 3 jenis salur udara yang digunakan untuk mengalirkan udara dingin dari unit penyaman udara ke bilik yang hendak dinyamankan.

- a) Salur udara bekal
- b) Salur udara balik
- c) Salur udara bersih



# SALUR UDARA





## Salur Udara Bekal (*Supply Duct*)

Salur utama yang membekalkan udara dingin dari penyejat ke bilik.

## Salur Udara Balik (*Return Duct*)

Salur yang membawa udara yang sudah diedarkan ke bilik untuk kembali ke penyejat bagi proses penyejukan semula.



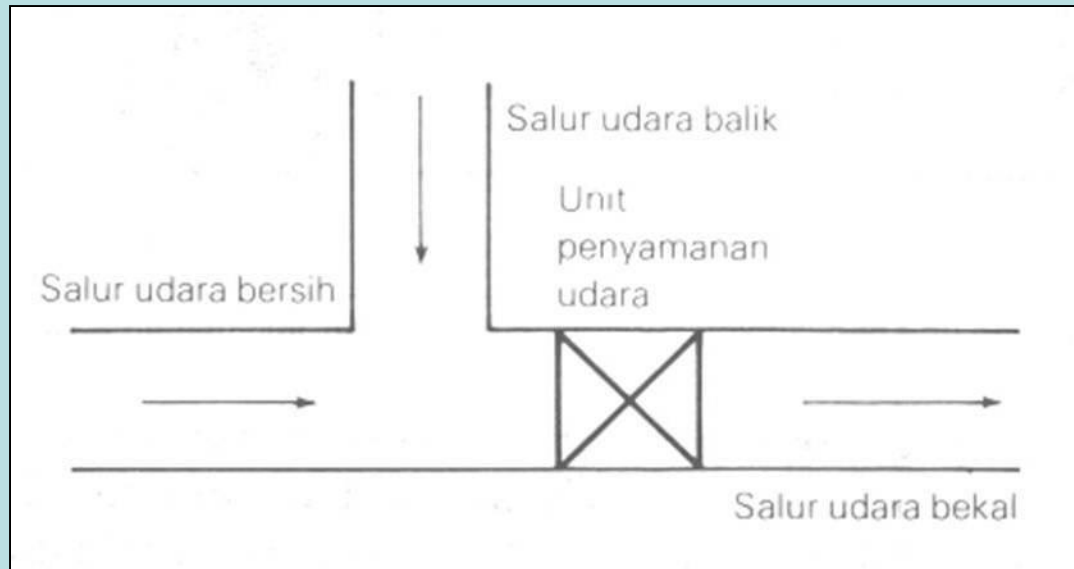
## Salur Udara Bersih (*Fresh Air Duct*)

Udara luar yang bersih untuk disejukkan di dalam penyejat.

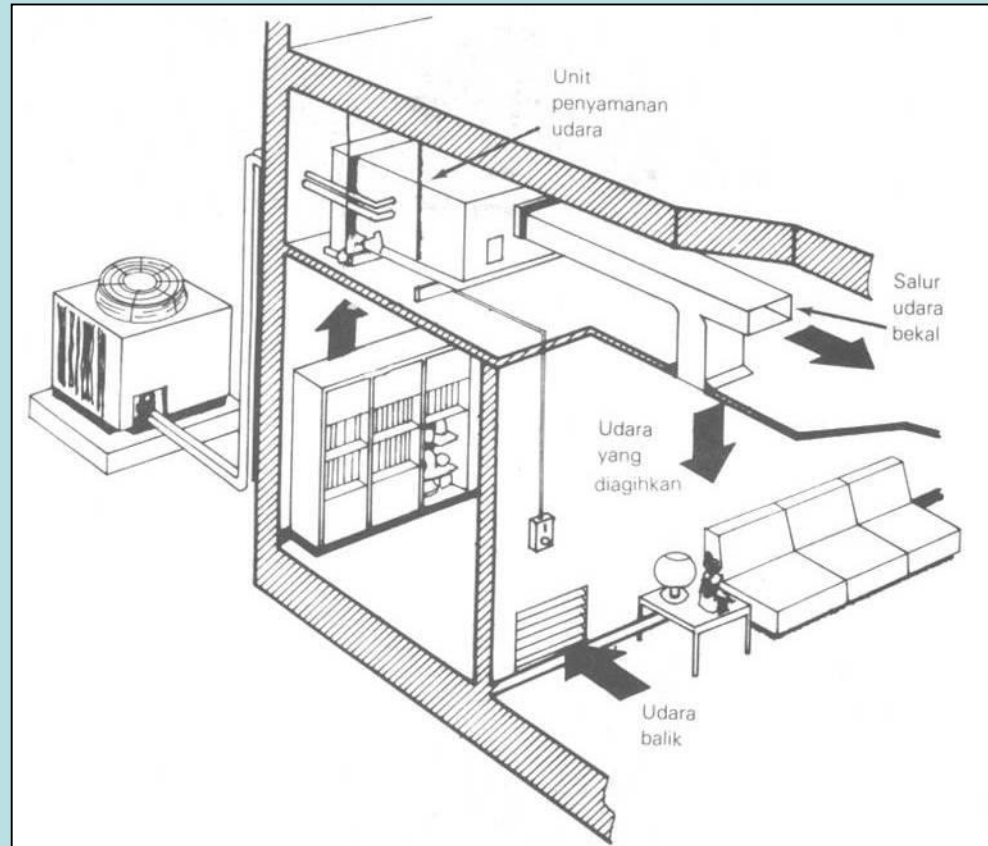
Tujuannya untuk pengalihudaraan dan penambahan oksigen.



# SALUR UDARA ASAS



# PEMASANGAN SISTEM SALUR UDARA

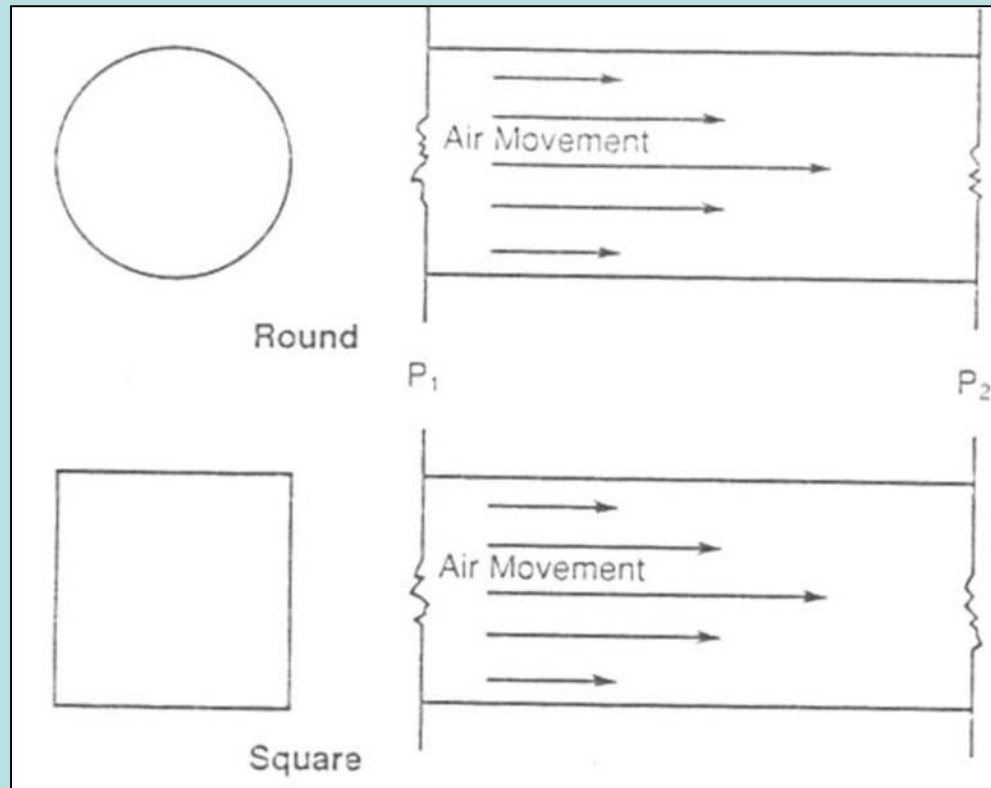


# REKABENTUK SALUR UDARA

- Terdapat 2 jenis rekabentuk salur udara iaitu:
  - a) Bulat
    - kesan kejatuhan tekanan pada udara yg dibawa adalah rendah
    - pemasangannya rumit
  - b) Segiempat
    - kesan kejatuhan tekanan pada udara yg dibawa adalah tinggi
    - pemasangannya mudah



# REKABENTUK SALUR UDARA



- Material/bahan yang digunakan untuk membuat salur udara :
  1. Kepingan besi bergalvani
  2. GI sheet
  3. Aluminium
  4. Fabrik



# PENEBAT SALUR UDARA

- **TUJUAN:**
- Udara dingin yang bersuhu rendah di dalam salur udara tidak dapat menyerap haba yang tidak dikehendaki di dalam ruang yang didinginkan.
- Penebat yang baik-suhu dalam salur udara dapat dikekalkan & tidak menjejaskan suhu bilik yang dirancang.



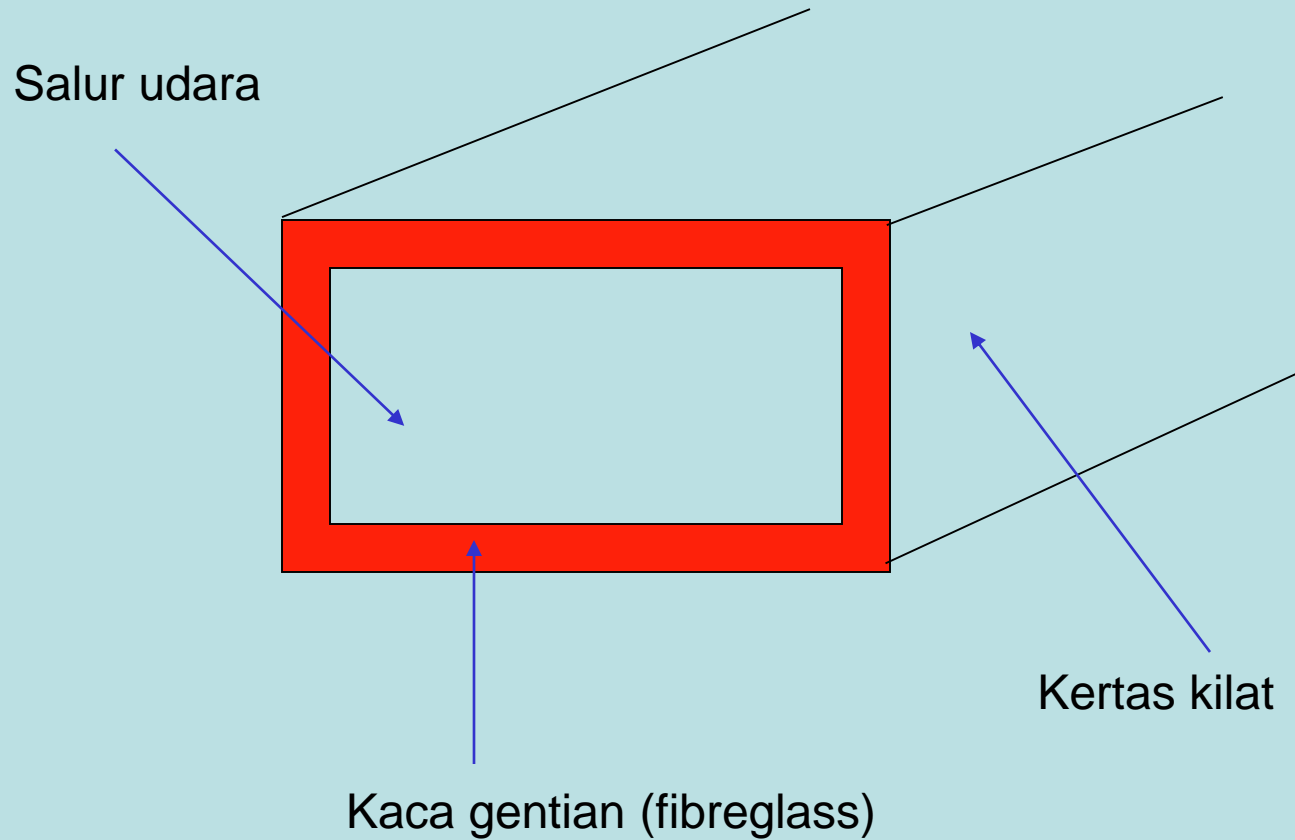


# BAHAN PENEBAT

- KERTAS KILAT
  - digunakan untuk balut kaca gentian & dapat membalikkan cahaya yang ada disekitar salur udara.
- KACA GENTIAN (*fibreglass*)
  - digunakan untuk mengurangi pekali memindahkan haba didinding salur udara.
- KEPINGAN GABUS
- ASBESTOS



# PENEBAT SALUR UDARA



# CIRI-CIRI SALUR UDARA

## 1. Kedap udara

- untuk menghalang berlakunya kebocoran udara.

## 2. Tegar

- bertujuan utk ketahanan akibat drp tekanan udara dari kipas, sama ada tekanan rendah atau tinggi.

## 3. Lurus, pendek dan licin permukaannya

- permukaan yg kasar dan terdapat terlalu banyak perubahan arah atau saiz pada salur udara akan meninggikan rintangan dan kuasa kipas utk mengedarkan udara tersebut.



## 4. Bertebat

- bagi menghalang haba mengalir dari luar ke dalam salur udara.

## 5. Keupayaan

- berkeupayaan utk membawa semua udara dengan tidak menghasilkan bunyi yg bising.

## 6. Tahan api

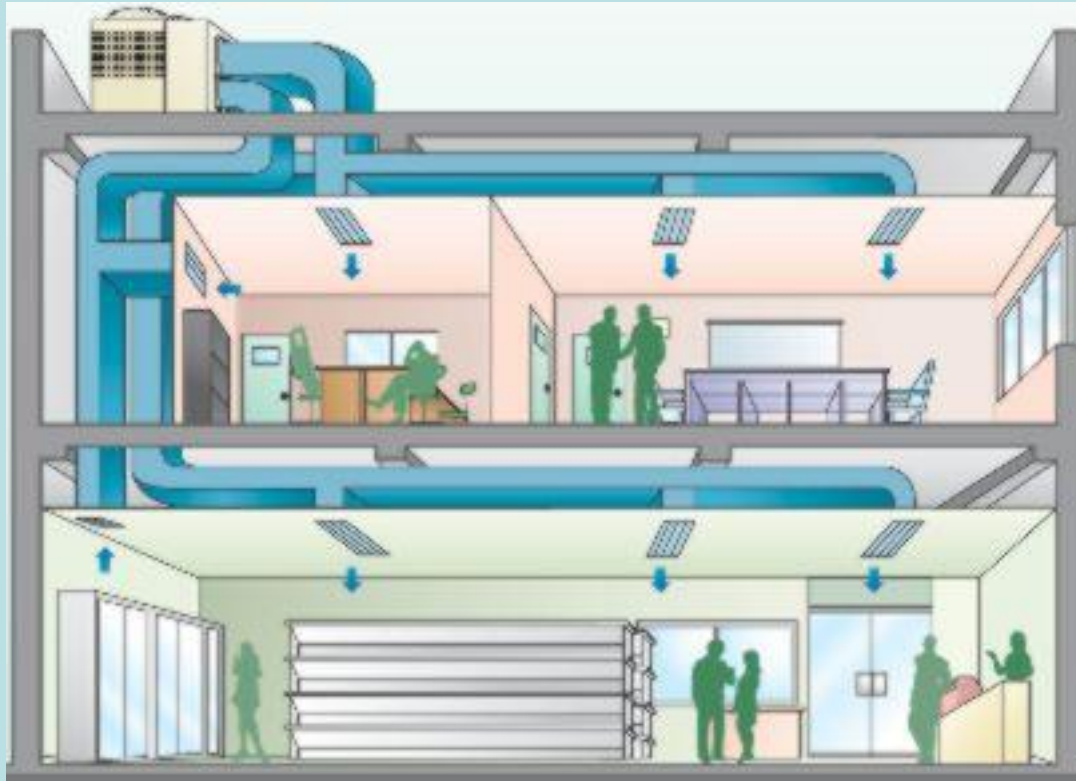
- dilengkapi dengan sesekat api.
- sesekat api perlu utk menutup salur udara secara automatik apabila asap atau api terdapat di dalam sesuatu ruang.



Di dalam sistem pengagihan udara :

- perubahan suhu tidak melebihi  $2^{\circ}$  C bagi zon ruang yang sesak.
- halaju udara disekeliling hendaklah 5 m/min.
- halaju maksimum ialah 15 m/min bagi manusia dalam keadaan rehat.
- 20 m/min jika terdapat pergerakan seperti berjalan atau pergerakan anggota badan.





Rajah 2.1-1 : Penggunaan saluran agihan udara dan *diffuser* pada tempat kediaman dan kompleks





Rajah 2.1-2 : Contoh gambaran photo salur udara dan udara yang keluar



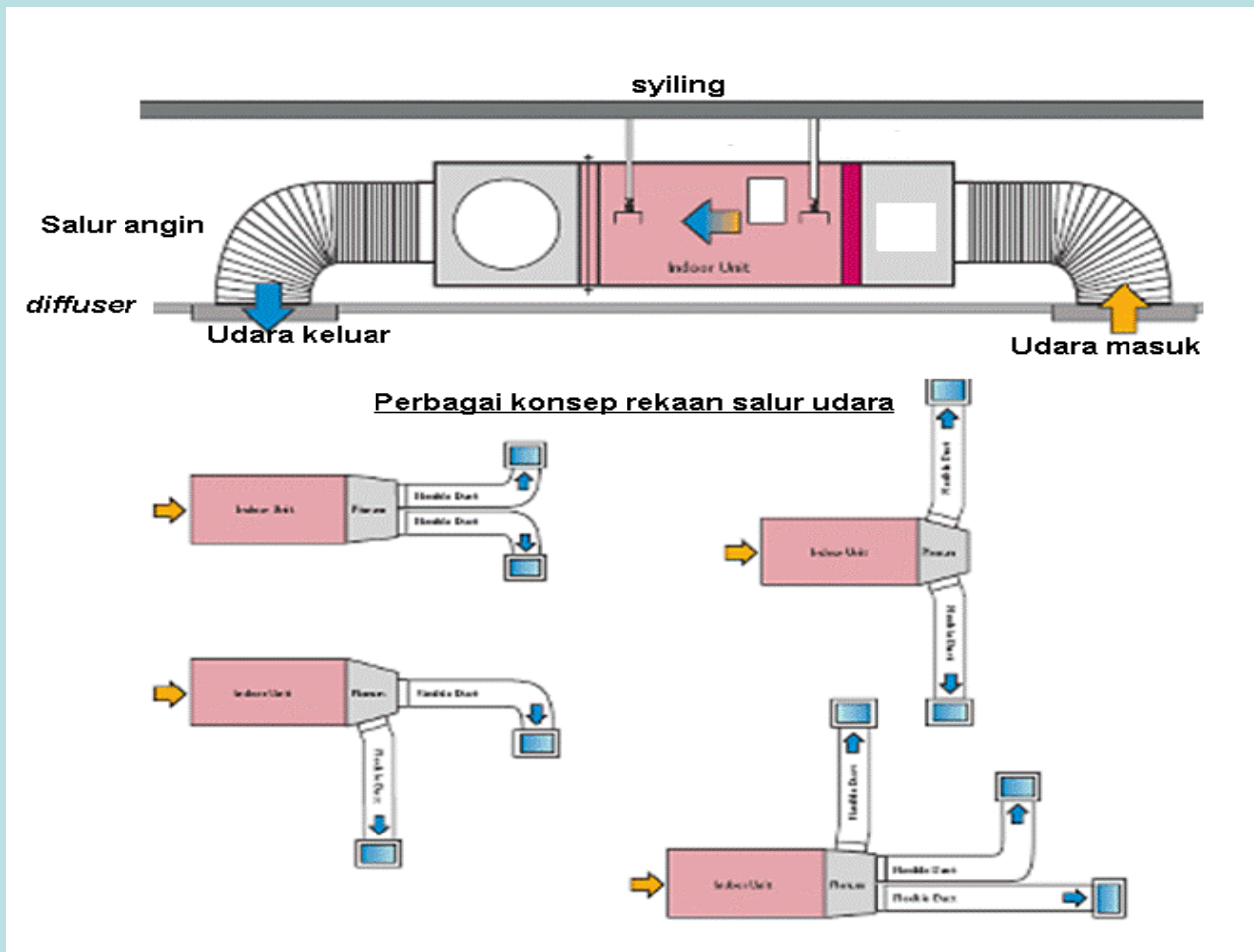
- Sistem salur udara ialah cabang rangkaian daripada salur jenis bulat dan jenis segiempat
- umumnya diperbuat daripada kepingan zink, fiberglass atau plastik boleh lentur yang dipasang antara syiling, lantai dan dinding.





- Biasanya, pengguna hanya dapat melihat *diffuser* sahaja yang mengeluarkan udara sejuk dan diagihkan ke sekitar bilik.
- Tetapi salur udara (*ducting*) tidak dapat dilihat kerana berada di atas syiling.
- Sistem ini juga dilengkapi dengan kipas yang menyedut udara daripada Unit pengagihan udara (AHU) dan menolak udara melalui salur yang dipasang ke bilik yang hendak didinginkan.





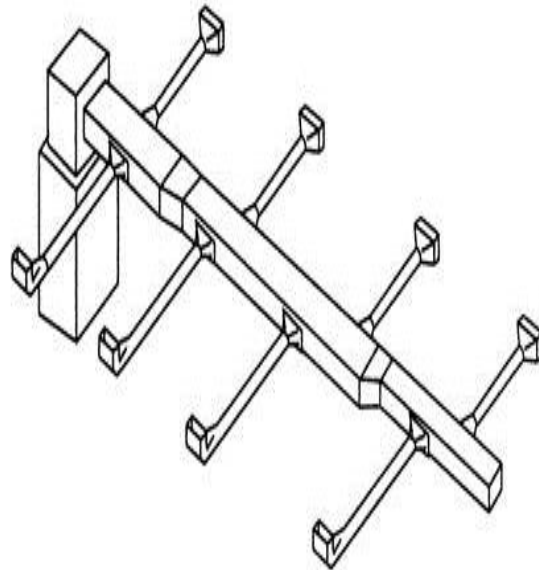
Rajah 2.1-3 : Konsep rekaan salur udara dan arah udara keluar dan udara masuk



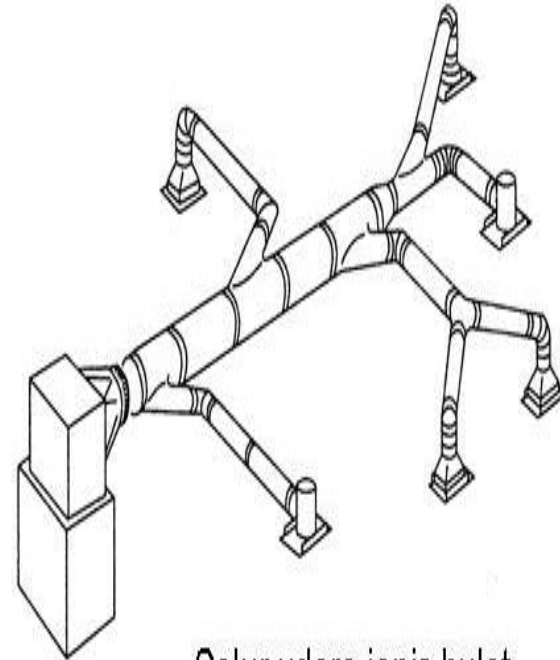
Terdapat 3 faktor mempengaruhi pengagihan udara yang berkesan iaitu :

1. Kedudukan *grille outlet* [grill saluran keluar]
2. Jenis *grille outlet* [grill saluran keluar]
3. Saiz *grille outlet* [grill saluran keluar]





Salur udara jenis segiempat

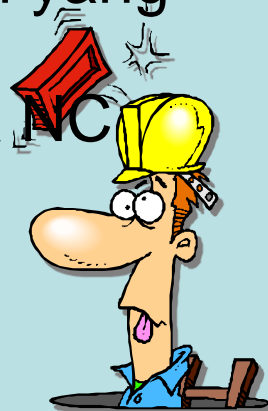


Salur udara jenis bulat

Rajah 2.1-4 : Perbezaan jenis salur udara segiempat dan salur udara jenis bulat.

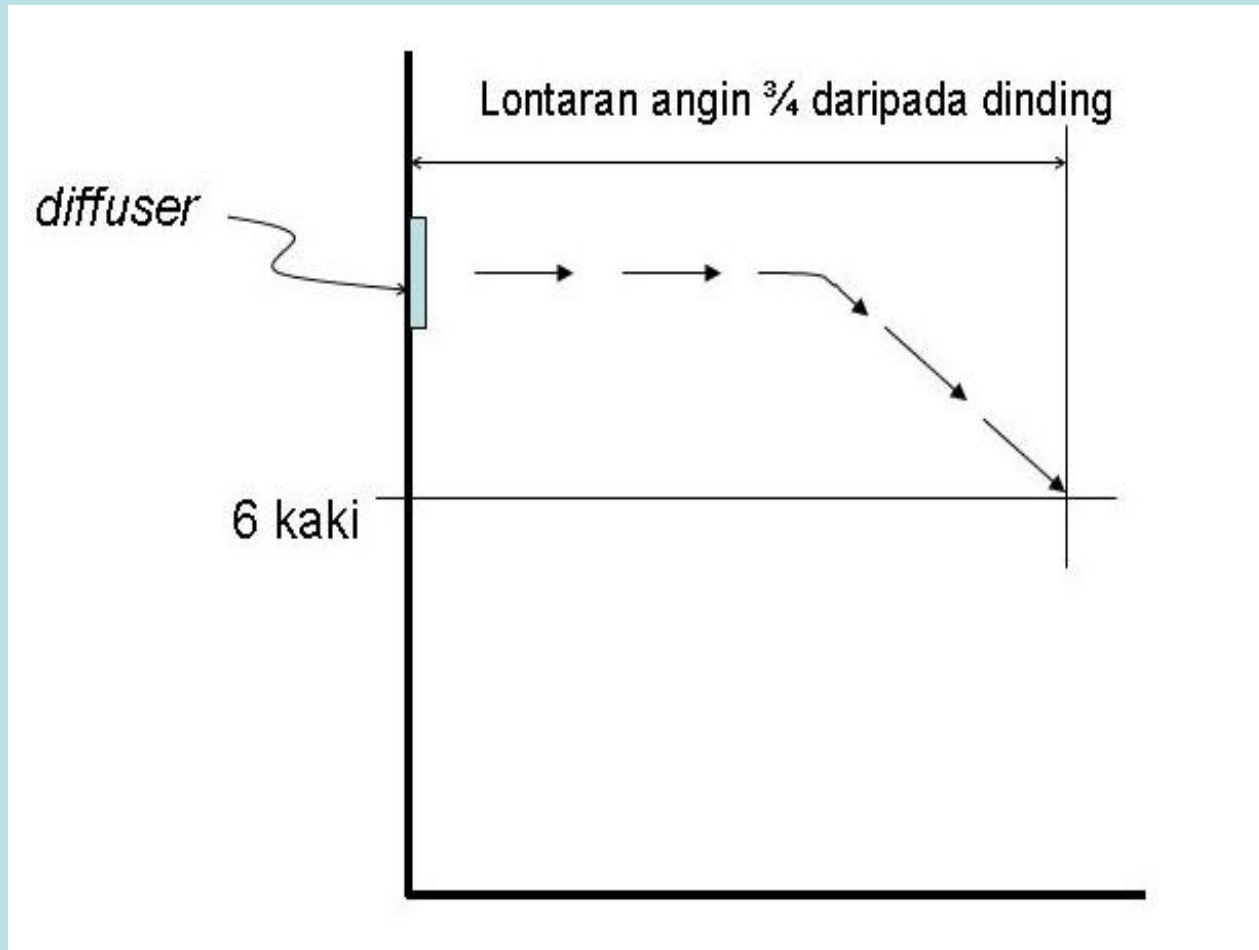


- Ukuran kelajuan udara yang keluar daripada *grille outlet* adalah CFM [*cubic feet per minute*].
- *Grille outlet* ini biasanya dikenali juga sebagai *diffuser*, rekabentuk seperti kipas yang mengagihkan udara mengikut kelajuan yang dikehendaki.
- Kebiasaannya pengilang telah membuat spesifikasi yang bersesuaian terhadap *diffuser* bagi menyesuaikan dengan saluran agihan dan kelajuan udara beserta NC (*Noise Criteria*) setiap *diffuser*.



- Oleh itu, *diffuser* yang bersesuaian dengan bilik yang hendak didinginkan mestilah dipilih dengan betul.
- Jarak lontaran udara hendaklah mencecah  $\frac{3}{4}$  daripada *diffuser* kepada dinding bersebelahan.
- Jatuhan udara pula mestilah tidak mencecah lebih kedalam zon yang diduduki/didiami. Kelaziman Zon yang didiami ialah 6 kaki diatas paras lantai.





Rajah 2.1-5: Jarak lontaran angin oleh *diffuser*



- Bagi *diffuser*, tahap kelajuan udara yang keluar adalah seperti di Rajah 2.1-6.
- Sebagai contoh, jika pemilihan CFM udara yang keluar daripada *diffuser* ialah 20 CFM, maka NC ialah <10 dB dengan jarak lontaran T50 ialah 10 inci dan bukaan jejari R50 ialah 7 inci.
- Manakala kelajuan keselesaan udara didalam bilik ialah 50 FPM [*feet per minute*].





<b>Airflow Rate (CFM)</b>	<b>Pressure Loss (in.w.g.)</b>	<b>Outlet NC <sup>2</sup></b>	<b>T<sub>50</sub> (in.)</b>	<b>R<sub>50</sub> (in.)</b>
20	0.003	<10	10	7
30	0.007	<10	14	9
40	0.013	<10	19	10
50	0.020	<10	24	11
60	0.029	<10	29	12
70	0.040	<10	33	13
80	0.052	12	38	14
90	0.066	15	43	15
100	0.082	18	48	16
110	0.099	21	52	17
120	0.118	24	55	19
130	0.138	27	58	21
140	0.160	30	60	23
150	0.184	33	62	24

Rajah 2.1-6.

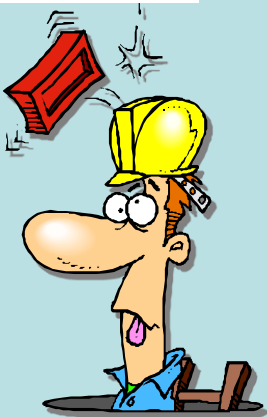
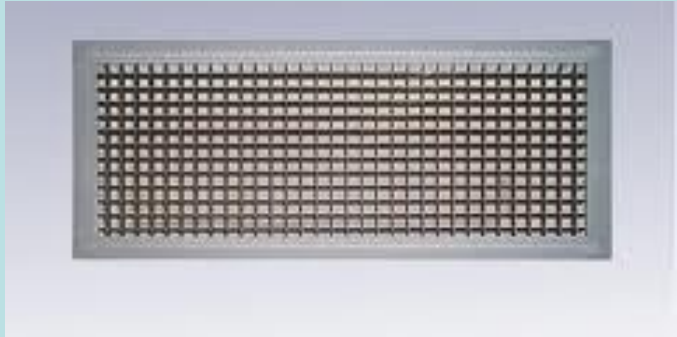


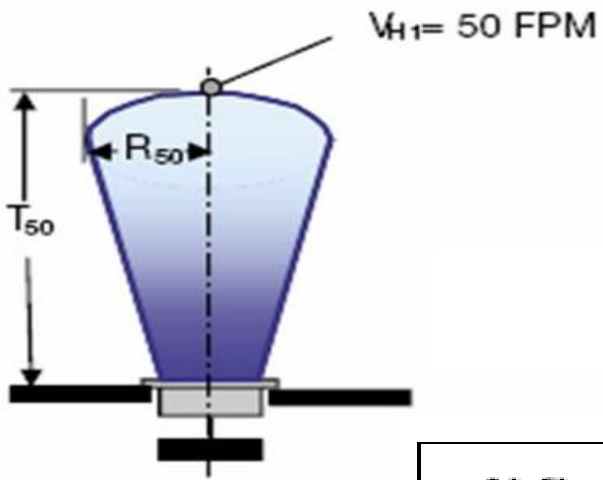
# DIFFUSER

- Merupakan sejenis alat alir keluar yang berfungsi untuk mengagihkan udara dingin ke dalam bilik yang dinyamankan.
- Biasanya dipasang kekal di dalam bilik yang dinyamankan, cthnya pd siling.
- 3 jenis peresap udara yang biasa digunakan:
  - a) [Jenis anemo](#)
  - b) [Jenis bulat](#)
  - c) [Jenis universal](#)



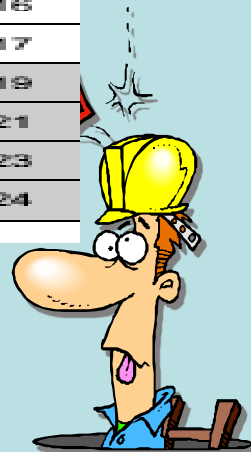
# JENIS-JENIS DIFFUSER





Airflow Rate (CFM)	Pressure Loss (in.w.g.)	Outlet NC **	$T_{50}$ (in.)	$R_{50}$ (in.)
20	0.003	<10	10	7
30	0.007	<10	14	9
40	0.013	<10	19	10
50	0.020	<10	24	11
60	0.029	<10	29	12
70	0.040	<10	33	13
80	0.052	12	38	14
90	0.066	15	43	15
100	0.082	18	48	16
110	0.099	21	52	17
120	0.118	24	55	19
130	0.138	27	58	21
140	0.160	30	60	23
150	0.184	33	62	24

Rajah 2.1-6 : Data prestasi kelajuan udara serta tahap kebisingan (NC) bagi *diffuser*

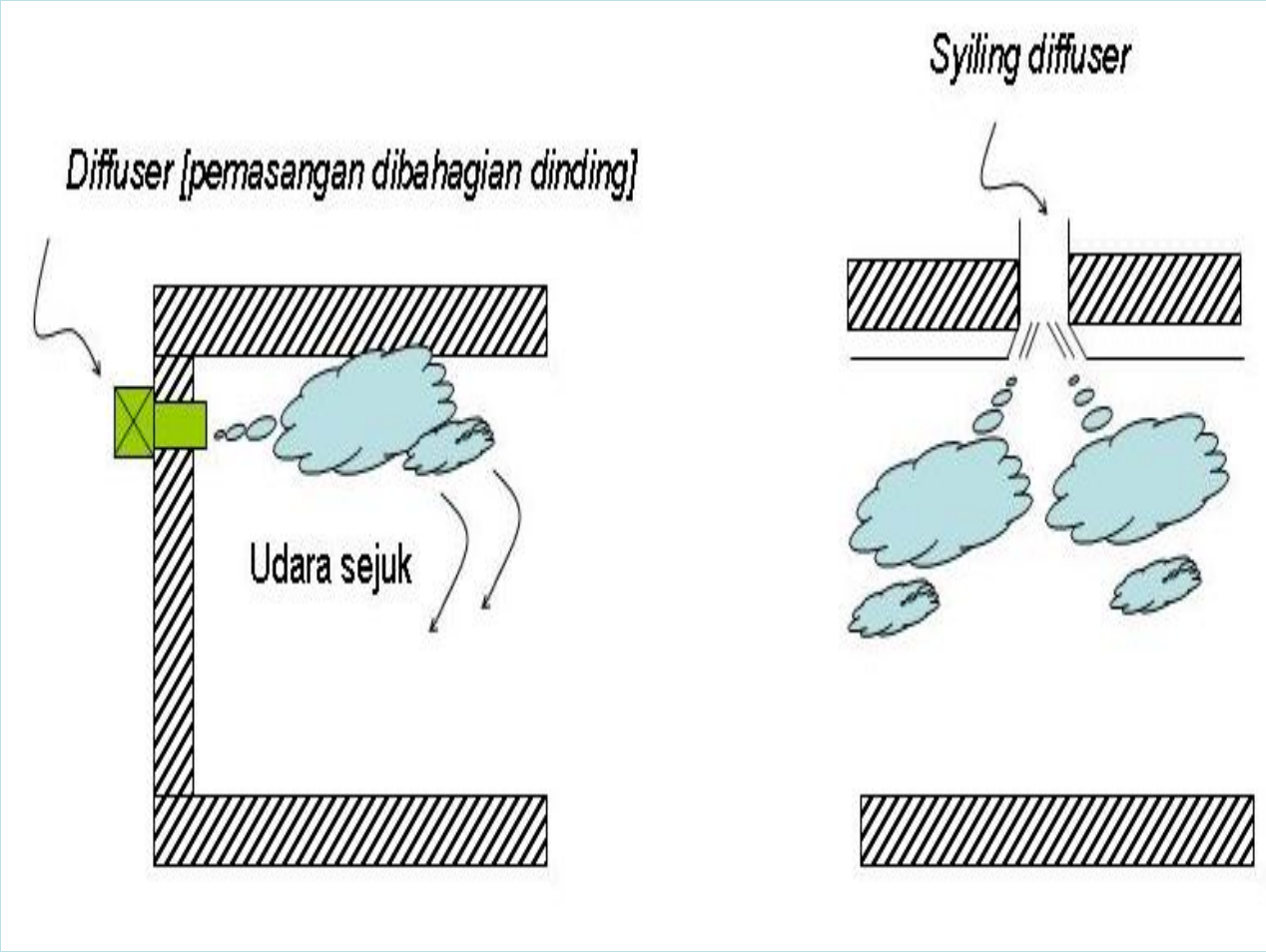


- Arah pergerakan udara ke arah hadapan muka manusia adalah lebih baik daripada arah belakang atau tepi.
- Manakala pergerakan udara kebawah adalah lebih baik daripada pergerakan udara ke arah atas.
- Oleh itu adalah bersesuaian jika pemasangan dan pemilihan *diffuser* terletak dibahagian atas seperti syiling atau dinding.



- Udara sejuk yang dilontarkan adalah lebih berat daripada udara panas sedia ada didalam bilik yang menyebabkan selepas dibekalkan akan jatuh kebahagian bawah (Rajah 2.1-7).
- Sekiranya pemasangan tidak mengambil kira faktor sekitaran, menyebabkan udara yang dibekalkan mungkin tidak dapat disebarikan ke seluruh ruang bilik





Rajah 2.1-7 : Contoh keadaan udara yang dibekalkan melalui *diffuser*



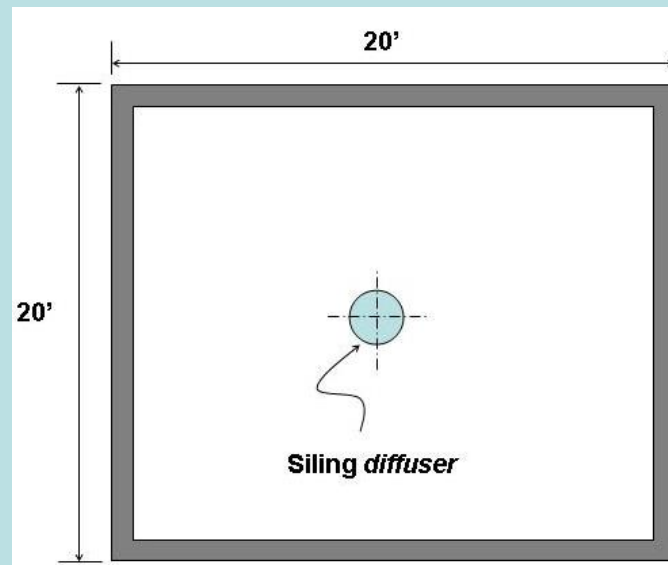
- $CFM = \frac{\text{Room sensible heat gain (RSHG)}}{1.1 \times (\text{perubahan suhu udara dibekal dengan suhu bilik})}$
- **Contoh 1** :- Diberi sensible load RSHG untuk sebuah bilik ialah 7,000 Btu / hr dan perbezaan suhu udara bekal dengan suhu udara bilik ialah 50° F. Berapakah jumlah CFM?

$$CFM = \frac{7,000}{1.1 \times 50} = 127 \text{ CFM}$$





- **Contoh 2** :- Buat pemilihan syiling diffuser jenis bulat yang akan dipasang di Butik Noraisah jika sensible load RSHG bagi bilik bersaiz 20 kaki x 20 kaki ( Rajah 2.1-8 ) ialah sebanyak 18000 Btu/hr. Perbezaan suhu udara yang dibekalkan ialah 25 ° F.



Rajah 2.1-8 : Contoh pelan dan kedudukan *diffuser*



- **Penyelesaian** :-
- Membuat pengiraan jumlah CFM yang diperlukan  
$$\text{CFM} = \frac{18,000}{1.1 \times 25} = 650 \text{ CFM}$$
- Membuat anggaran kedudukan diffuser di dalam bilik
- Kedudukan diffuser ialah ditengah-tengah bilik [10 kaki] –Rajah 2.1-8



- Membuat cadangan tahap kebisingan (NC) berdasar Jadual 2.1-1
- Aplikasi bilik adalah *STORE, RETAIL* → Small retail [NC = 40-50]
- Membuat pemilihan diffuser berdasar Jadual 2.1-2
- Saiz 10" diffuser telah di pilih dengan 655 CFM,
- 7-16 kaki jejari sebaran udara dan NC ialah 39 dB.



# Jadual 2.1-1 : Kawalan bunyi bagi aplikasi di ruangan pelbagai

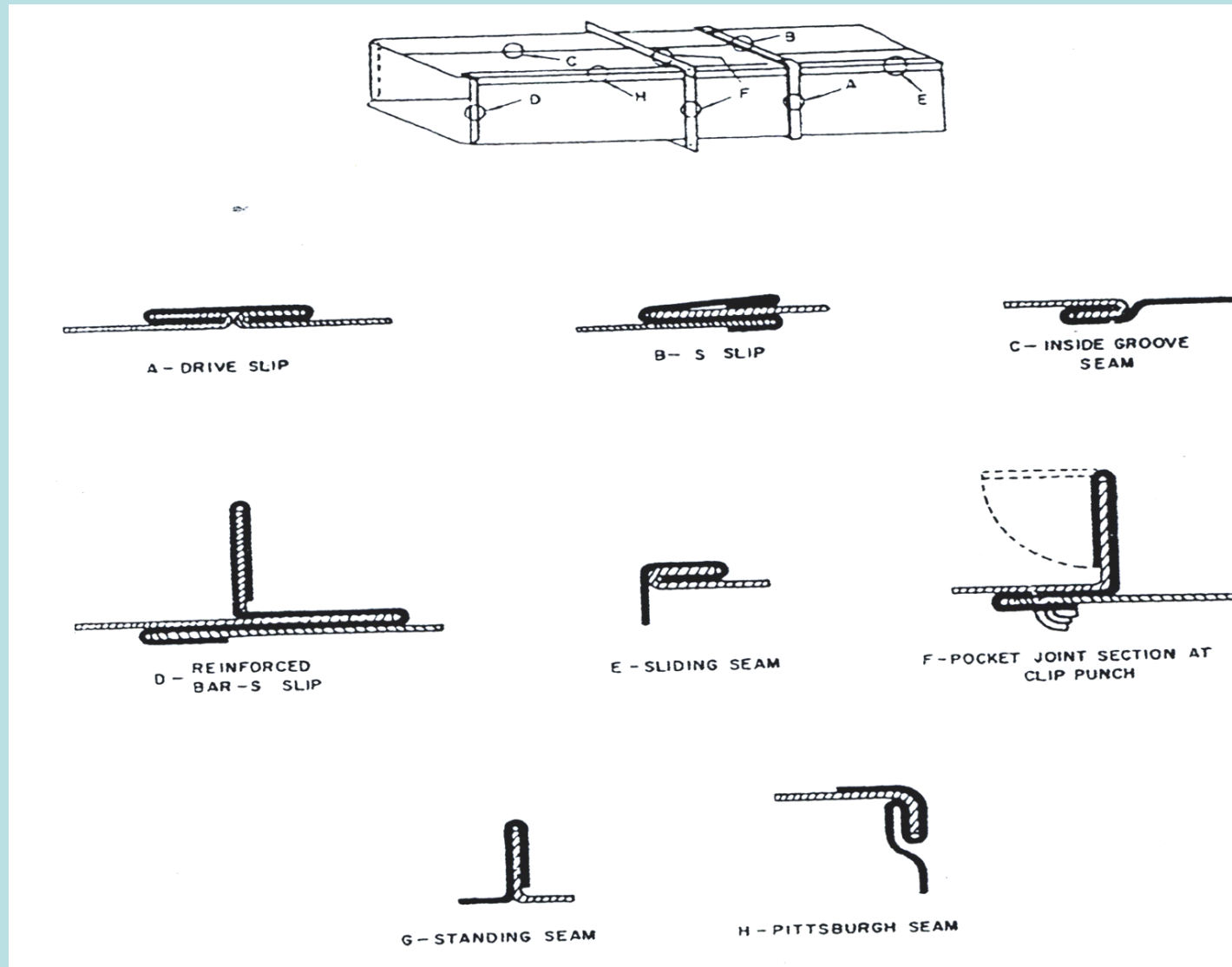
Type of Area	Range of A-Sound Levels, Decibels	Range of NC Criteria Curves	Type of Area	Range of A-Sound Levels, Decibels	Range of NC Criteria Curves
<b>RESIDENCES</b>			<b>CHURCHES AND SCHOOLS (Con't.)</b>		
Private homes (rural and suburban)	25-35	20-30	Laboratories	40-50	35-45
Private homes (urban)	30-40	25-35	Recreation halls	40-55	35-50
Apartment houses, 2- and 3-family units	35-45	30-40	Corridors and halls	40-55	35-50
			Kitchens	45-55	40-50
<b>HOTELS</b>			<b>PUBLIC BUILDINGS</b>		
Individual rooms or suites	35-45	30-40	Public libraries, museums, courtrooms	35-45	30-40
Ballrooms, banquet rooms	35-45	30-40	Post offices, general banking areas, lobbies	40-50	35-45
Halls and corridors, lobbies	40-50	35-45	Washrooms and toilets	45-55	40-50
Garages	45-55	40-50			
Kitchens and laundries	45-55	40-50	<b>RESTAURANTS, CAFETERIAS, LOUNGES</b>		
<b>HOSPITALS AND CLINICS</b>			Restaurants	40-50	35-45
Private rooms	30-40	25-35	Cocktail lounges	40-55	35-50
Operating rooms, wards	35-45	30-40	Nightclubs	40-50	35-45
Laboratories, halls and corridors			Cafeterias	45-55	40-50
Lobbies and waiting rooms	40-50	35-45			
Washrooms and toilets	45-55	40-50	<b>STORES, RETAIL</b>		
<b>OFFICES</b>			Clothing stores		
Boardroom	25-35	20-30	Department stores (upper floors)	40-50	35-45
Conference rooms	30-40	25-35	Department stores (main floor)		
Executive office	35-45	30-40	Small retail stores	45-55	40-50
Supervisor office, reception room	35-50	30-45	Supermarkets	45-55	40-50
General open offices, drafting rooms	40-50	35-45			
Halls and corridors	40-55	35-50	<b>SPORTS ACTIVITIES, INDOOR</b>		
Tabulation and computation	45-65	40-60	Coliseums	35-45	30-40
			Bowling alleys, gymnasiums	40-50	35-45
<b>AUDITORIUMS AND MUSIC HALLS</b>			Swimming pools	45-60	40-55
Concert and opera halls			<b>TRANSPORTATION (RAIL, BUS, PLANE)</b>		
Studios for sound reproduction	20-30	15-25	Ticket sales offices	35-45	30-40
Legitimate theaters, multipurpose halls	30-35	25-30	Lounges and waiting rooms	40-55	35-50
Movie theaters, TV audience studios					
Semi-outdoor amphitheaters	35-45	30-35	<b>EQUIPMENT ROOMS</b>		
Lecture halls, planetarium			8 hr/day exposure	<90	
Lobbies	40-50	35-45	3 hr/day exposure	<97	
			(or per OSHA requirement)		
<b>CHURCHES AND SCHOOLS</b>					
Sanctuaries	25-35	20-30			
Libraries	35-45	30-40			
Schools and classrooms	35-45	30-40			



Jadual 2.1-2 : Data prestasi bagi siling diffuser jenis bulat

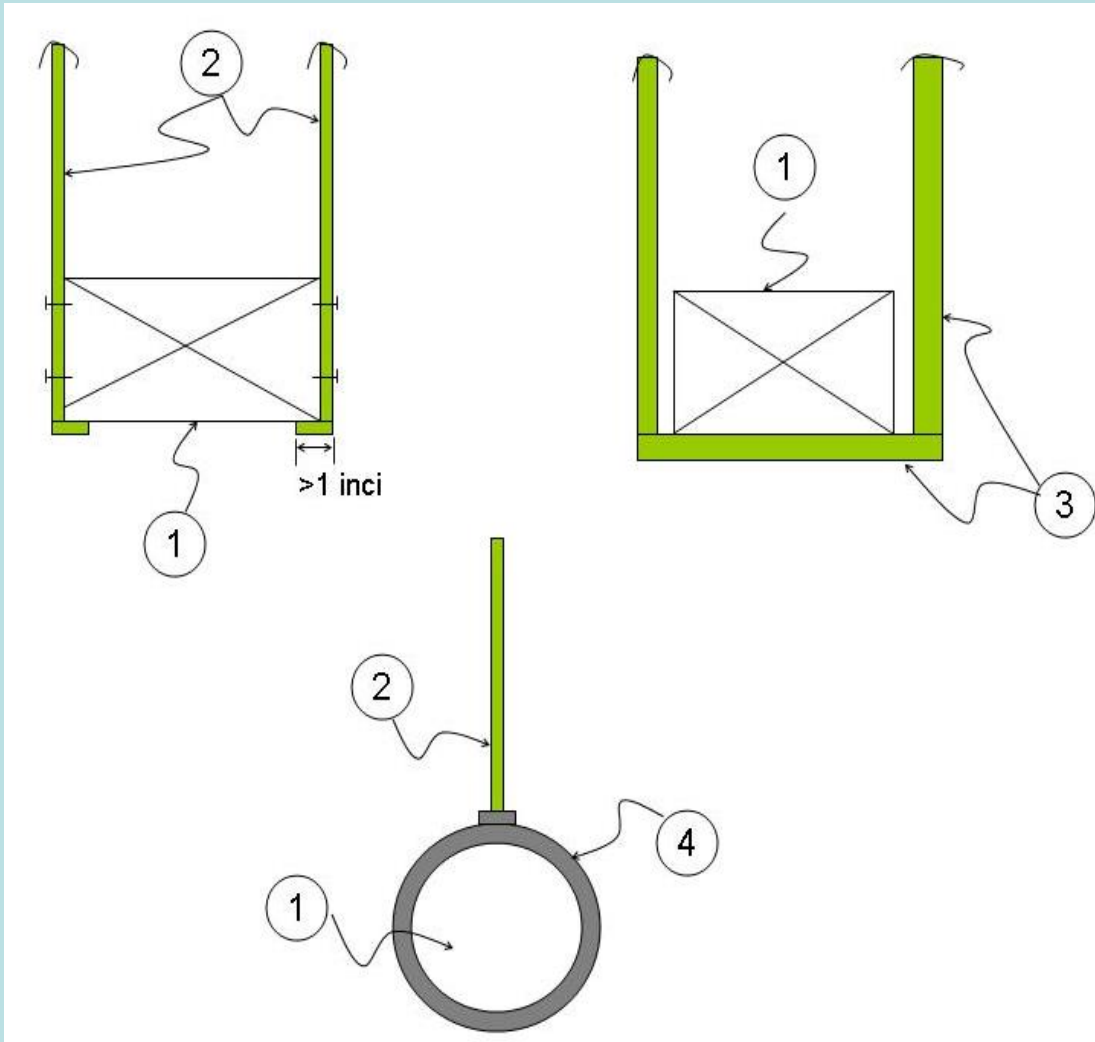
Size	NC      20      30      40										
	Neck Velocity, fpm	400	500	600	700	800	900	1000	1200	1400	1600
	Vel. Press. in W.G.	.010	.016	.023	.031	.040	.051	.063	.090	.122	.160
	Total Press										
	Horizontal	.021	.034	.048	.065	.084	.107	.132	.189	.256	.346
	Vertical	.027	.044	.063	.085	.109	.139	.172	.246	.333	.437
6"	Flow Rate, cfm	80	100	120	140	160	180	200	235	275	315
	Radius of Diff., ft.	1-2-3	2-3-4	2-3-5	2-4-6	3-4-7	3-5-7	4-5-8	4-6-10	5-7-11	6-8-11
	NC	-	-	15	20	24	27	31	36	41	45
8"	Flow Rate, cfm	140	175	210	245	280	315	350	420	490	560
	Radius of Diff., ft.	2-3-4	2-3-5	3-4-7	3-5-8	4-5-9	4-6-10	5-7-11	5-8-13	6-9-15	7-11-17
	NC	-	-	16	21	26	29	32	38	43	47
10"	Flow Rate, cfm	220	270	330	380	435	490	545	655	765	870
	Radius of Diff., ft.	2-3-5	3-4-7	3-5-8	4-6-9	4-7-11	5-8-12	6-8-14	7-10-16	8-12-19	9-13-22
	NC	-	-	17	22	27	30	33	39	44	48
12"	Flow Rate, cfm	315	390	470	550	630	705	785	940	1100	1255
	Radius of Diff., ft.	3-4-7	3-5-8	4-6-10	5-7-11	5-8-13	6-9-15	7-10-16	8-12-19	9-14-23	11-16-26
	NC	-	-	18	23	27	31	34	40	45	50
14"	Flow Rate, cfm	425	530	635	745	850	955	1060	1270	1490	1695
	Radius of Diff., ft.	3-5-8	4-6-9	5-7-11	5-8-13	6-9-15	7-11-17	8-12-19	9-14-22	11-16-26	13-19-30
	NC	-	13	19	24	28	32	35	41	46	60
16"	Flow Rate, cfm	560	700	840	980	1120	1260	1400	1680	1960	2240
	Radius of Diff., ft.	4-5-9	5-7-11	5-8-13	6-9-15	7-11-17	8-12-20	9-14-22	11-16-26	13-19-30	14-22-35
	NC	-	14	19	25	29	32	36	41	46	51
18"	Flow Rate, cfm	710	885	1060	1240	1420	1590	1770	2120	2480	2830
	Radius of Diff., ft.	4-6-10	5-8-12	6-9-15	7-11-17	8-12-20	9-14-22	10-15-24	12-18-29	14-21-34	16-24-39
	NC	-	15	20	26	30	33	36	42	47	52
20"	Flow Rate, cfm	875	1100	1310	1530	1750	1970	2190	2610	3060	3500
	Radius of Diff., ft.	4-7-11	6-9-14	7-10-16	8-12-19	9-14-22	10-15-24	11-17-27	13-19-32	16-24-38	18-27-43
	NC	-	15	21	26	30	34	37	43	48	52
24"	Flow Rate, cfm	1260	1570	1880	2200	2510	2820	3140	3770	4400	5020
	Radius of Diff., ft.	5-8-13	7-10-16	8-12-19	9-14-23	11-16-26	12-18-29	14-20-32	16-24-39	19-28-45	22-32-52
	NC	-	16	22	27	31	35	38	44	49	53
30"	Flow Rate, cfm	1960	2450	2940	3430	3920	4410	4900	5880	6860	7840
	Radius of Diff., ft.	7-10-16	8-13-20	10-15-24	12-18-28	13-20-32	15-23-36	17-25-41	20-30-49	24-35-57	27-40-65
	NC	-	17	23	27	32	36	39	45	50	54
36"	Flow Rate, cfm	2820	3520	4230	4930	5630	6340	7040	8450	9850	11,260
	Radius of Diff., ft.	8-12-20	10-15-24	12-18-29	14-21-34	16-24-39	18-27-44	20-30-49	24-36-58	28-42-68	32-48-78
	NC	-	18	24	28	33	37	40	46	51	55





Rajah 2.3-8 : Penyambungan dan kelim antara seksyen duct





Rajah 2.3-10 : Penyangkut yang digunakan untuk menggantung sistem *ducting*

**NOTA :**

1. Ducting.
2. Kepingan besi saiz 1 inci diikat mengikut lebar ducting secara gantung di siling.
3. Besi sudut (angle iron), saiz mengikut berat yang boleh menampung ducting.
4. Kepingan besi yang di bengkok dan diikat mengikut saiz ducting.



# KIPAS (*FAN*)

- Mempercepatkan pengagihan udara dingin atau mempercepatkan proses penyingkiran haba dari pemeluwap.
- 2 jenis kipas dalam sistem penyaman udara:
  - a) Kipas alir paksi
  - b) Kipas empar



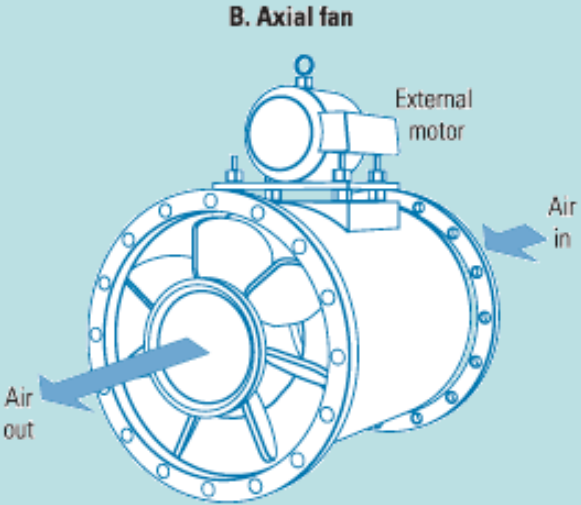


# KIPAS ALIR PAKSI (*AXIAL FAN*)

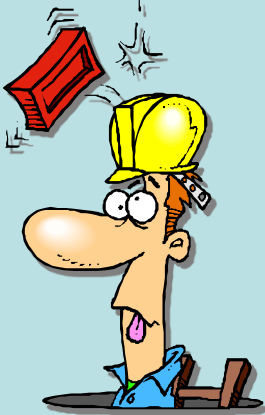
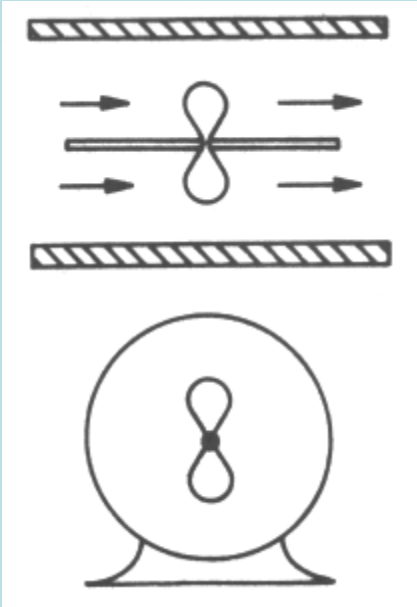
- Mempunyai 3-6 bilah yang berpusing pada satu pusat.
- Digunakan untuk penggunaan rintangan yang rendah atau memerlukan tekanan udara yang rendah.
- Aliran udara kipas ini menghala ke arah satu sahaja.
- Kipas ini boleh menghasilkan keupayaan yg tinggi pada tekanan kekal & udara yg banyak pada kadar aliran isipadu.



# KIPAS ALIR PAKSI (AXIAL FAN)



Courtesy: E SOURCE



# KIPAS EMPAR (*CENTRIFUGAL FAN*)

- Banyak digunakan pada sistem pengelolaan udara.
- Dapat menggerakkan jumlah isipadu udara yang besar menentang rintangan yang tinggi dengan paras bunyi yang rendah.
- Udara yang masuk ke dalam kipas ini adalah secara selari & keluar secara jejarian.
- Kecekapan kipas bergantung kepada jenis bilah, garis putaran pendesak & sudut bilah.



# BILAH KIPAS EMPAR

3 jenis bilah kipas empar:

1. JEJARIAN (*Radial Blade*)
2. LENGKUNG HADAPAN (*Forward curved blade*)
3. LENGKUNG BELAKANG (*Backward curved blade*)



# JEJARIAN (*RADIAL BALDE*)

- Mempunyai kecekapan, kelajuan keupayaan dipertengahan antara bentuk lengkung hadapan dan bentuk lengkung belakang.
- Tekanannya adalah berkadaran pada semua kapasiti.
- Kuasanya akan meningkat dengan meningkatnya kuantiti udara.
- ***Kebaikan*** – dapat membersihkan dengan sendiri dan direkabentuk bagi keperluan kekuatan struktur/binaan yang tinggi seperti mencapai tekanan dan kelajuan yang tinggi.

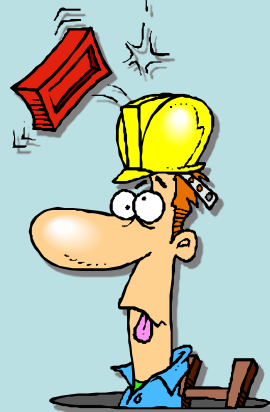


# LENGKUNG HADAPAN (*FORWARD CURVED BLADE*)

- Mempunyai kuasa yang berkadaran dengan kuantiti udara.
- Digunakan untuk penyaman udara & pengalihudaraan yang rendah dan sederhana tekanan udaranya.



- ***Keburukan*** – memerlukan motor kipas yang besar dengan kecekapannya 50-60% sahaja.
- ***Kebaikan*** – dapat berputar dengan kelajuan yang rendah jika dibandingkan dengan jenis-jenis yang lain bg keupayaan yang sama.
  - menggunakan motor kipas yang lebih kecil dan sesuai untuk unit gegelung.



# LENGKUNG BELAKANG (*BACKWARD CURVED BLADE*)

- Biasanya digunakan pada sistem yang besar yang mempunyai salur udara.
- Mempunyai kecekapan yang baik antara 70-75%, tapi menghasilkan bunyi yang agak bising.
- Bilah ada 2 bentuk berlainan iaitu bentuk belakang condong dan bentuk kerejang udara/aerofoil.

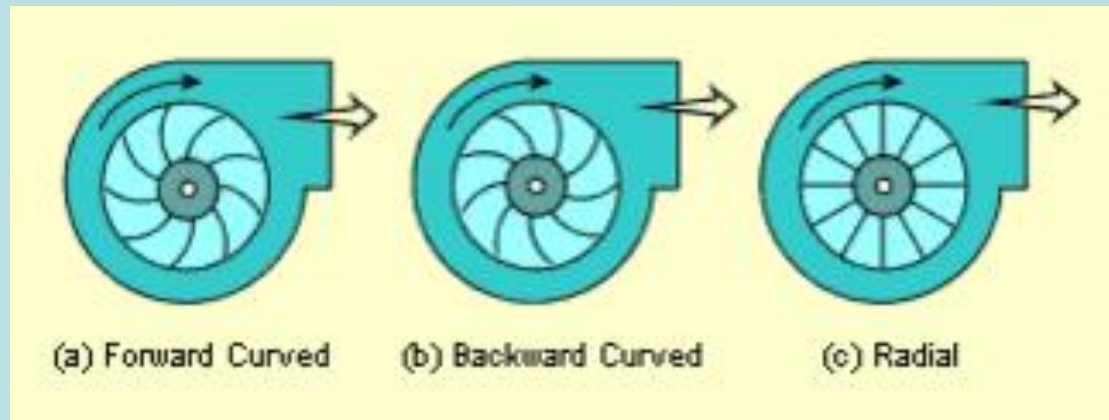
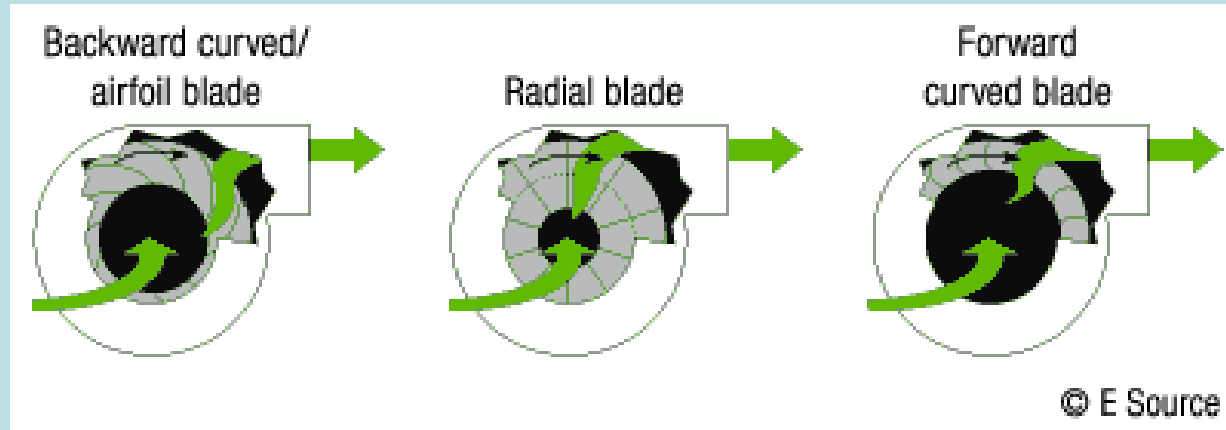




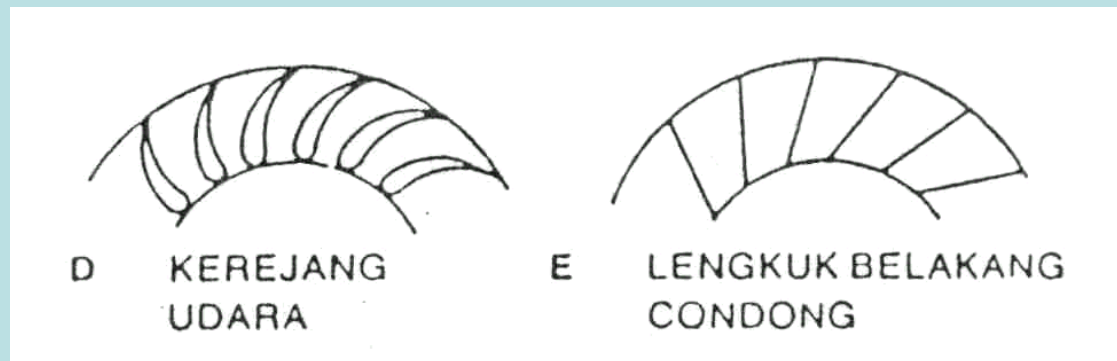
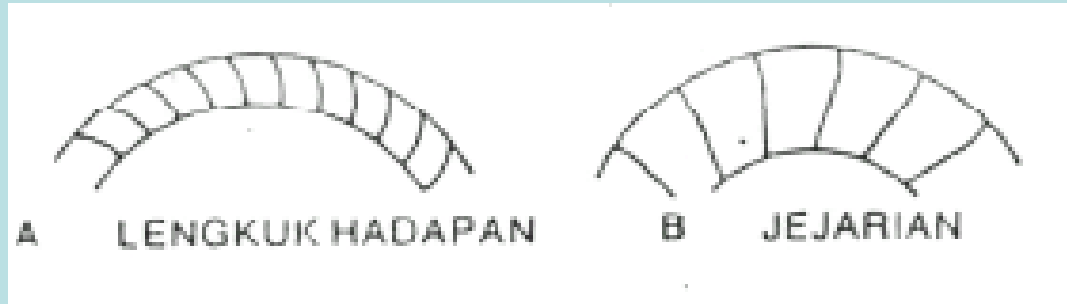
- Bilah bentuk keranjang udara adalah kipas yang berkecekan tinggi kerana bentuk bilahnya aerodinamik. Bentuk ini membenarkan udara mengalir dengan licin melalui roda.
- Bentuk kipas ini digunakan untuk sistem yang mempunyai keupayaan yang tinggi dan menggunakan tekanan tinggi dimana penjimatan kuasa diperlukan.



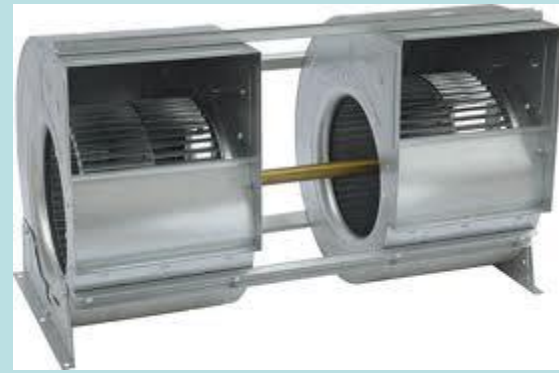
# BILAH KIPAS EMPAR



# BILAH KIPAS EMPAR



# KIPAS EMPAR (*CENTRIFUGAL FAN*)



# KEKISI UDARA

- Pembaur adalah kekisi yang dipasang dengan sesekat untuk mengawal penambahan atau pengurangan isipadu udara yang mengalir.
- Kekisi adalah alir keluar bagi pengagihan udara yang mempunyai bilah-bilah yang tetap pada satu arah sahaja.
- Diletakkan di lantai, dinding, siling dan tempat yang difikirkan sesuai dipasang.



# KEKISI UDARA

- Kekisi udara terbahagi kepada 2 jenis:

## 1) Kekisi udara boleh laras

Arah udara dalam kekisi udara boleh laras boleh di ubah-ubah seperti yg dinyatakan di atas. Kekisi ini dipasangkan pada salur udara bekal.

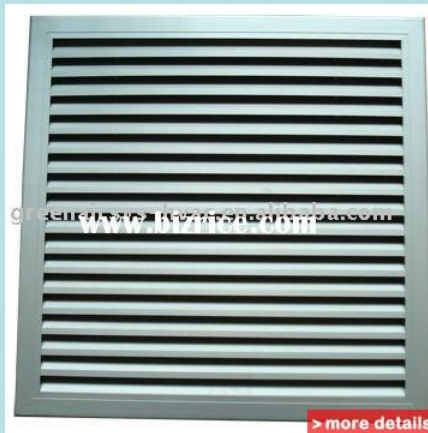
## 2) Kekisi udara kekal

Arah udara kekisi ini tidak boleh diubah.

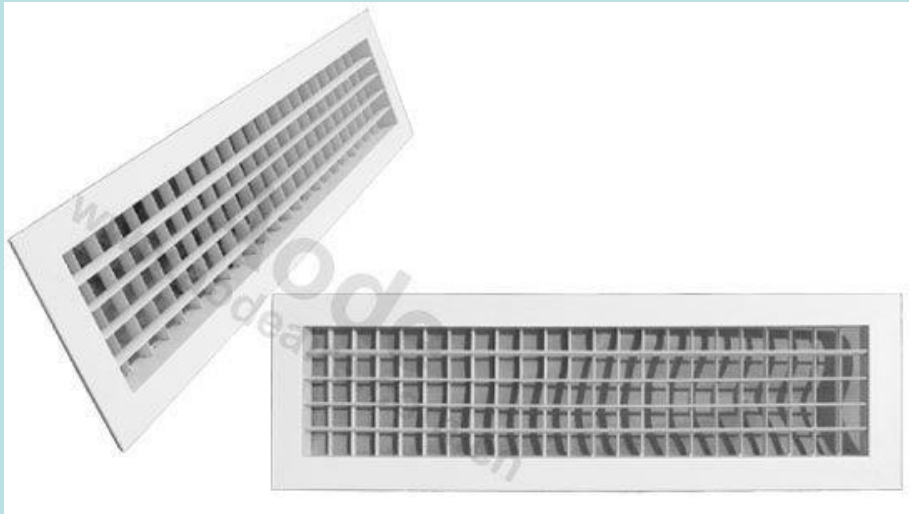
Kebanyakannya dipasang pada salur udara balik dan dibahagian dalamnya diletakkan penyaring udara.



# KEKISI UDARA BOLEH LARAS



# KEKISI UDARA KEKAL





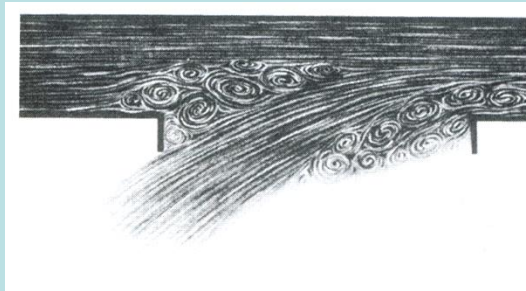
# AKSESORI SALUR UDARA

- Terdapat beberapa aksesoris yang digunakan didalam sistem salur udara bagi memperbaiki penyebaran udara yang melaluinya. Antaranya termasuklah :
  1. *Equalizer grid*
  2. *Splitter damper*
  3. *Control damper*

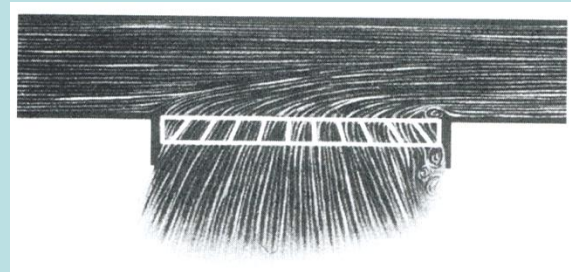


# EQUALIZER GRID

- Apabila *diffuser* disambungkan ke salur udara [duct], boleh menyebabkan berlakunya penyebaran udara tidak sekata (Rajah 2.3-1).
- Dengan menggunakan equalizer grid ini, secara tidak langsung dapat memberikan penyebaran udara yang baik ke seluruh bilik.



(a)



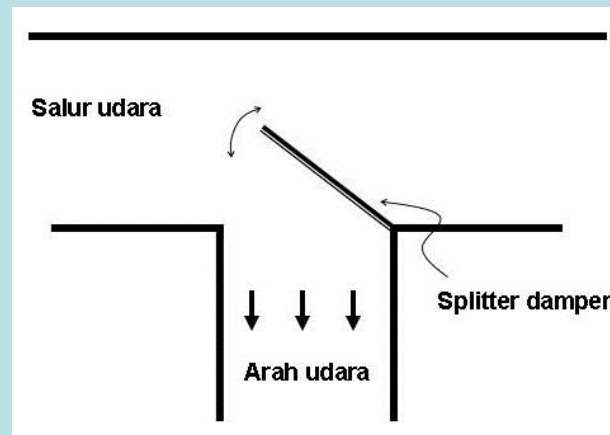
(b)

Rajah 2.3-1 : Contoh penyebaran udara yang tidak berkesan (a) dan selepas menggunakan equalizer grid (b)



# ***SPLITTER DAMPER***

- Alat ini (Rajah 2.3-2) digunakan penyekat untuk membawa udara secara langsung kepada *diffuser*



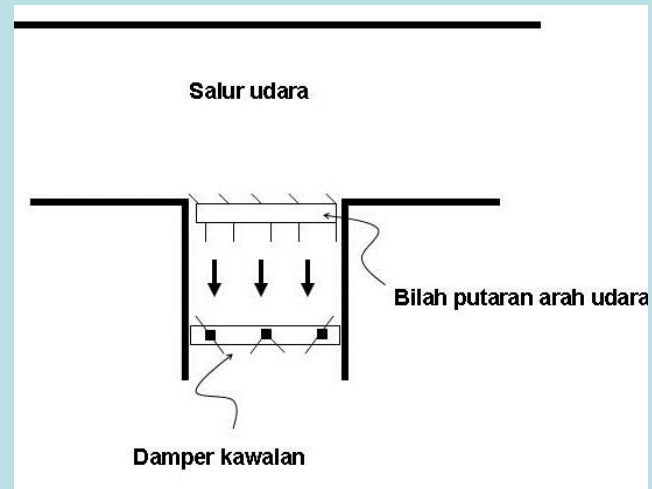
Rajah 2.3-2 : Contoh penggunaan splitter damper



# ***CONTROL DAMPER***

- Alat ini digunakan untuk membuat penyelarasan kepada kadar jumlah udara yang diperlukan sahaja untuk disebarkan ke ruangan bilik (Rajah 2.3-3).
- Ia boleh dilaras secara manual ataupun automatik dengan membuka damper mengikut kadar 100% [buka sepenuhnya], 50% [bukaan separuh] atau 0% [tutup sepenuhnya].





Contoh penggunaan damper kawalan



# PENYAMBUNGAN SALUR UDARA

- Penyambungan juga memainkan peranan yang penting didalam pembinaan sistem salur udara (*Ducting system*).
- Jika penyambungan tidak kemas atau tidak betul boleh menyebabkan berlakunya pelbagai masalah seperti kebocoran udara, bunyi bising dan sebagainya.
- Secara umumnya, saiz *duct* yang besar memerlukan bahan yang tebal bagi memastikan ketegaran.



- Jika sebaliknya, boleh menyebabkan *duct* bergoncang dan mengeluarkan bunyi bising apabila kipas mula beroperasi.
- Walau bagaimanapun, bahan yang nipis boleh digunakan bergantung kepada operasi sesuatu sistem penyamanan udara.
- Sebagai panduan umum, Jadual 2.3-1 menunjukkan ketebalan piawaian bahan, besi *galvanized* yang digunakan untuk membuat pemasangan *duct*.



<b>Ukuran duct</b>	<b>No. bahan</b>	<b>inci</b>	<b>mm</b>
Sehingga 24 in	24	0.028	0.71
24-20 in	24	0.028	0.71
31-60 in	22	0.034	0.86
61-72 in	20	0.040	1.02

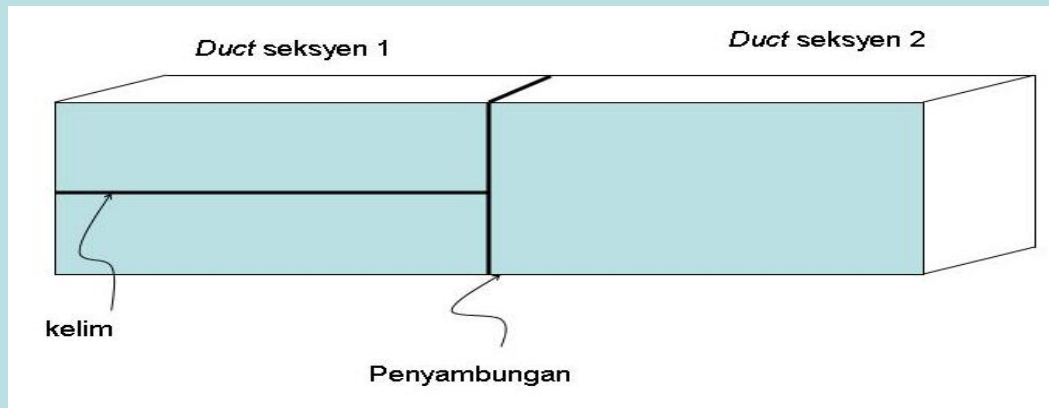
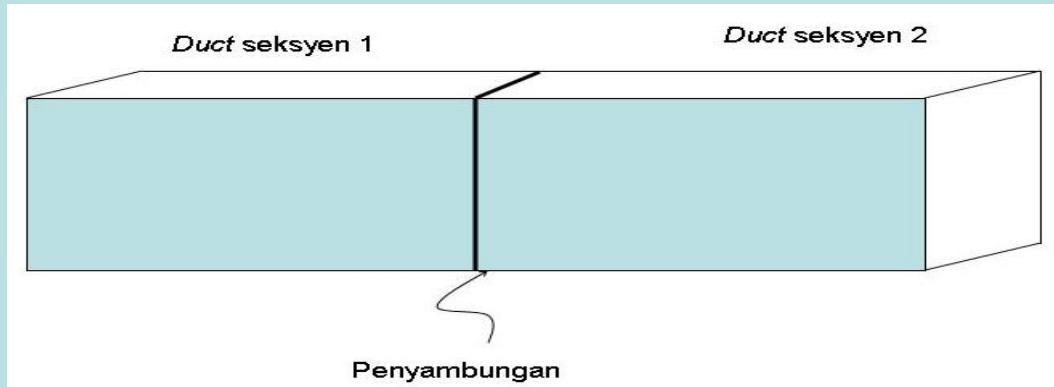
Jadual 2.3-1 Ketebalan piawaian bahan, besi bergalvani





- Kebiasaannya, *duct* diperbuat didalam seksyen-seksyen yang kecil dan kemudian akan disambungkan bagi mendapatkan satu sistem salur udara [*ducting system*] yang lengkap.
- Bagi sistem penyamanan udara yang besar dan memerlukan penggunaan ducting yang besar, 2 hingga lebih bahan *sheet metal* di tindih bagi mendapatkan bentuk yang besar dan seterusnya digunakan untuk membentuk duct, juga didalam bentuk seksyen-seksyen (Rajah 2.3-4).





Rajah 2.3-4 : Penyambungan *duct* mengikut seksyen

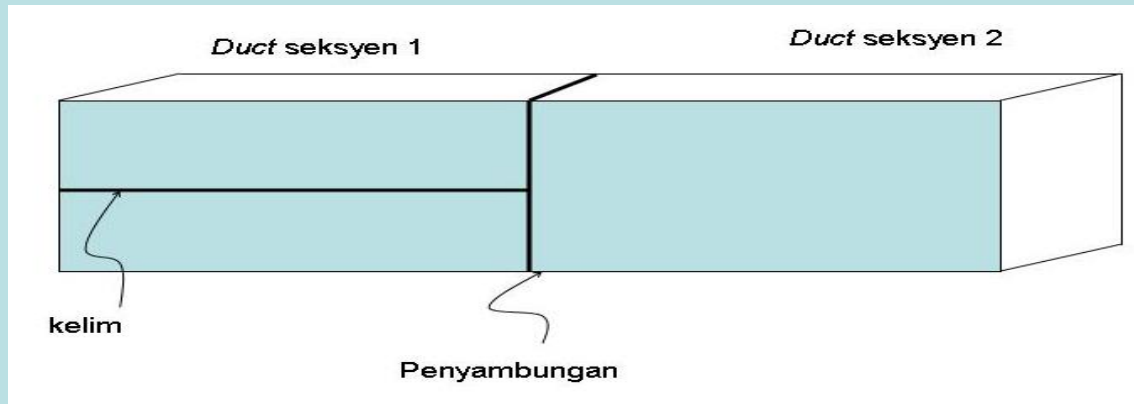


- Bagi pemasangan duct yang besar, adalah menjadi keperluan untuk menambah besi sokongan bagi mengelakkan bergoyang dan gegaran.
- Antaranya termasuklah menambah besi bengkok (*band iron*) dicantum diatas *duct* (Rajah 2.3-5), menambah besi bengkok (*band iron*) di pepenjuru (Rajah 2.3-6) dan membentuk tetulang di rusuk *duct* (Rajah 2.3-7).

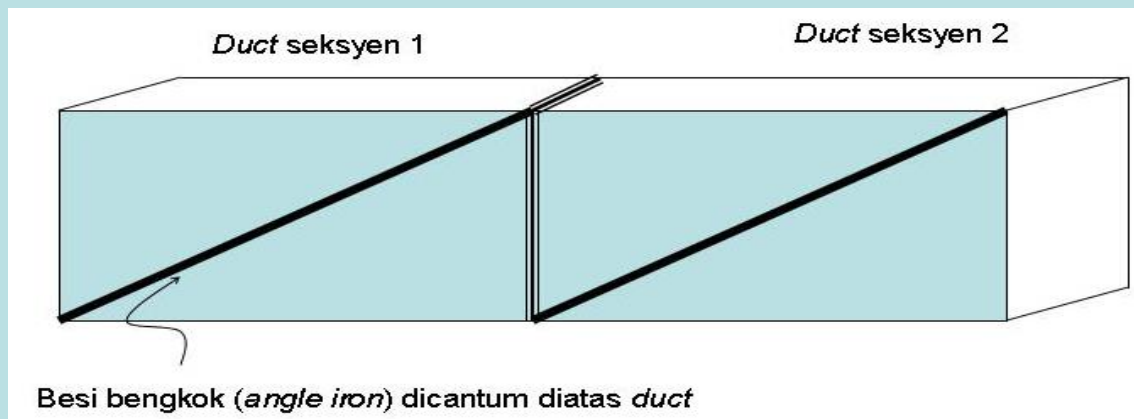


- Penambahan bahan sokongan ini secara tidak langsung akan memberikan kekuatan kepada pembinaan ducting yang dapat mengelakkan masalah bergoyang, gegaran dan bunyi bising.
- Manakala Rajah 2.3-8 menunjukkan jenis-jenis penyambungan dan kelim bagi sistem tekanan rendah.



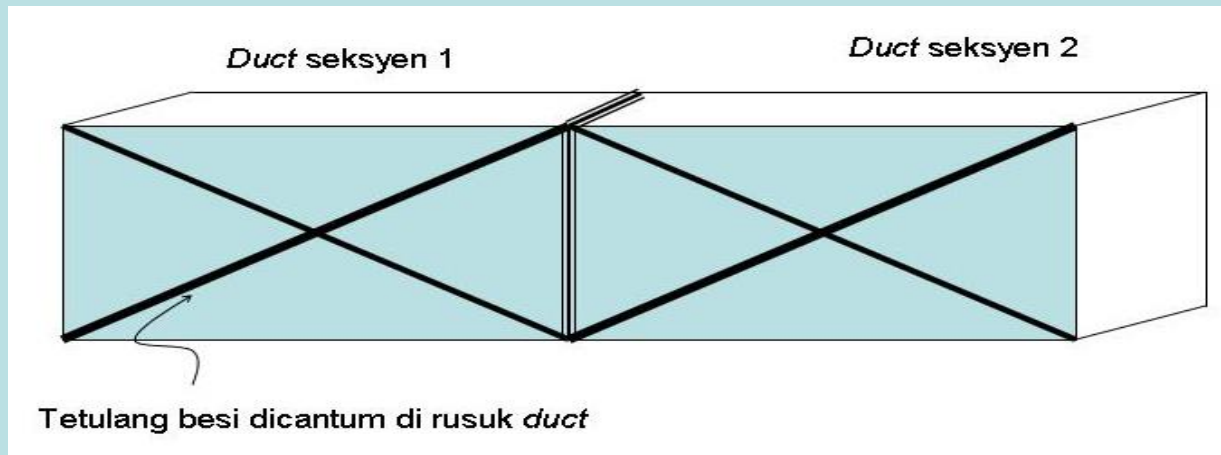


Rajah 2.3-5 : Penyambungan *duct* dengan menambah besi bengkok



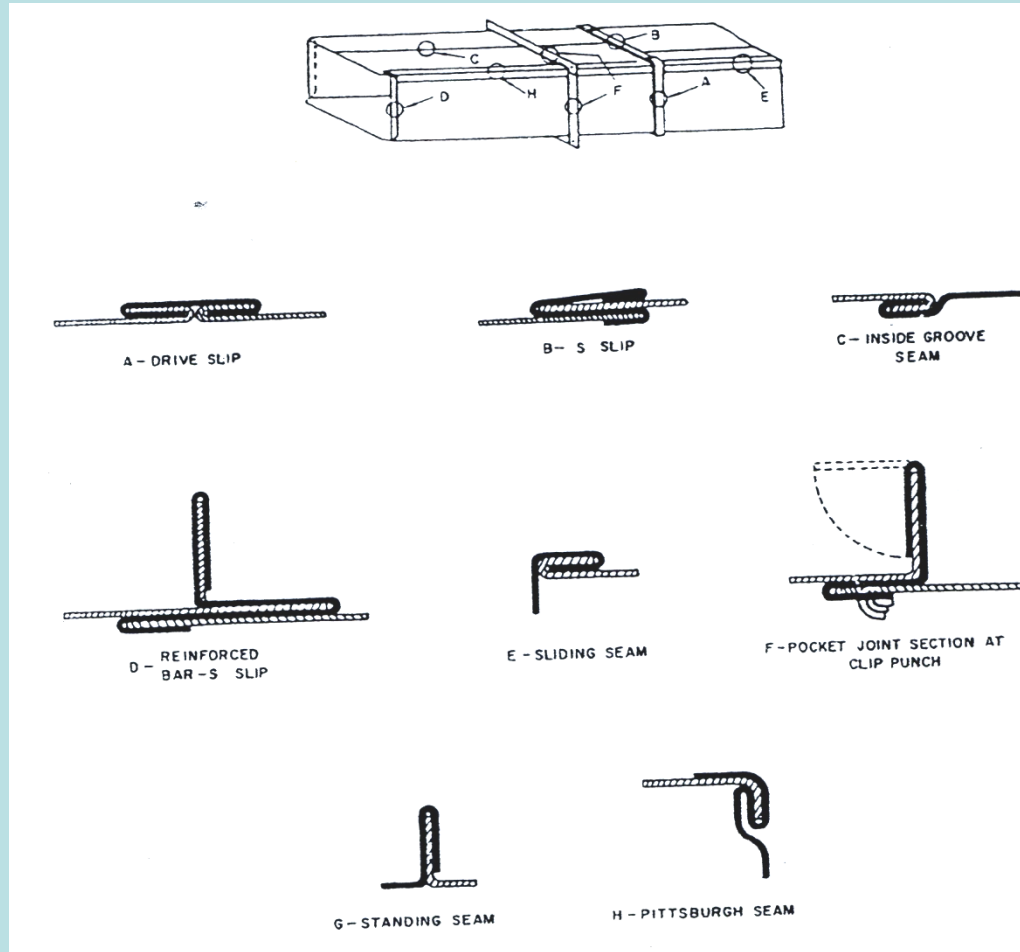
Rajah 2.3-6 : Penyambungan *duct* dengan menambah besi sokongan di pepenjuru





Rajah 2.3-7 : Penyambungan *duct* dengan membentuk tetulang di rusuk





Rajah 2.3-8 : Penyambungan dan kelim antara seksyen *duct*



- Terdapat juga penyambungan yang biasa digunakan bagi menyambung antara setiap komponen seksyen *ducting* (Rajah 2.3-9a, Rajah 2.3-9b dan Rajah 2.3-9c).
- Antara fungsi utama bahan penyambungan *ducting* ini ialah untuk :
  - i. Menyambungkan *ducting* segiempat kepada ducting jenis bulat ataupun sebaliknya.
  - ii. Menyambungkan *ducting* kepada bentuk lain (sambungan kepada kecil atau besar)



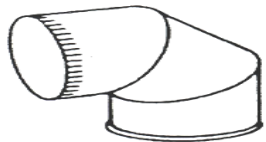


- Sungguhpun bahan penyambungan ini penting semasa pemasangan, penggunaannya perlu dikawal dan di hadkan kerana masalah seperti berikut:
  - i. Setiap penyambungan boleh menyebabkan tekanan udara jatuh didalam *ducting*.
  - ii. Lebih banyak digunakan akan menyebabkan lebih banyak geseran (*friction loss*).

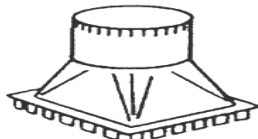


- iii. Akan mengurangkan prestasi *blower fan*.
- iv. Menyebabkan *amphere* tinggi kerana kipas terpaksa berputar lebih.
- v. Kos pembuatan adalah tinggi dan mahal menyebabkan kesan terhadap kos pemasangan.

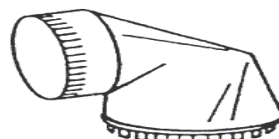




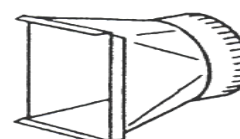
ROUND ELBOW



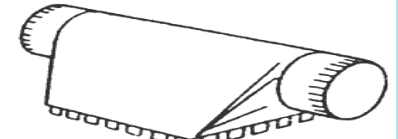
TAKE OFF



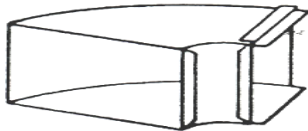
90° TAKE OFF



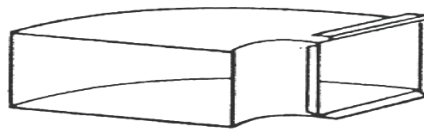
TAKE OFF



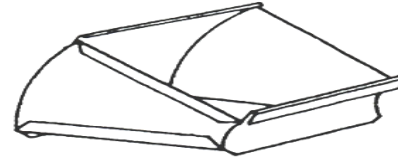
TAKE OFF



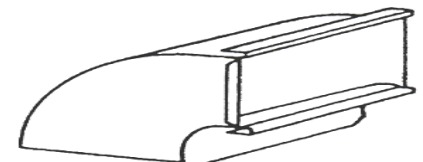
RECTANGULAR  
45° ELBOW



90° ELBOW



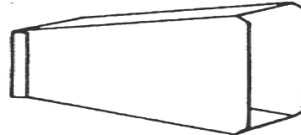
45° ELBOW



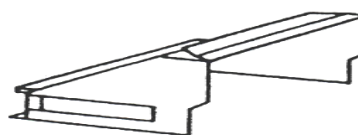
90° ELBOW



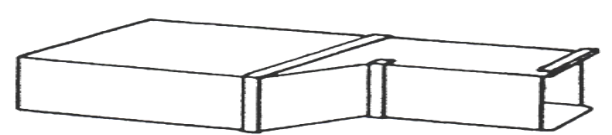
TRANSITION



TRANSITION



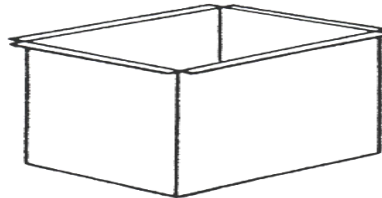
ADAPTER



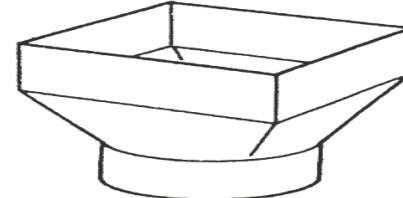
TRANSITION



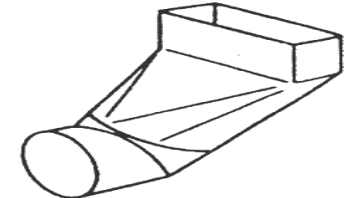
FLOOR PAN



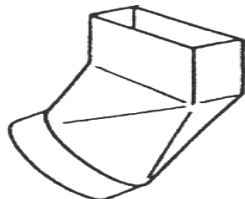
FLOOR PAN



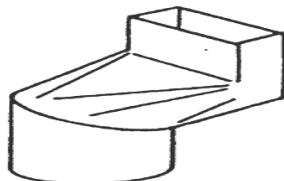
SQUARE TO ROUND  
TRANSITION



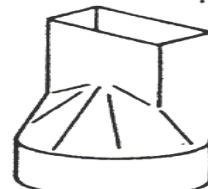
ROUND TO RECTANGULAR  
ADAPTER, OFF SET



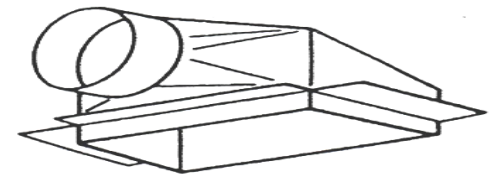
45° OFF SET



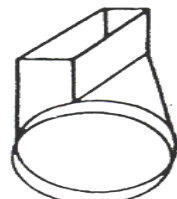
180° OFF SET



ADAPTER



BOOT



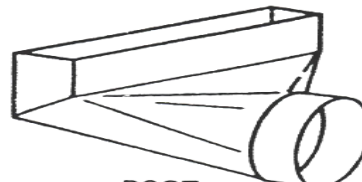
BOOT



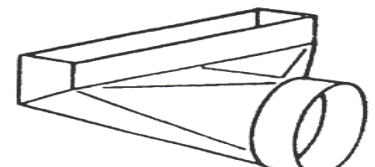
BOOT



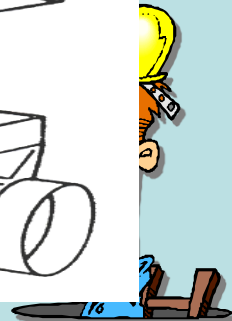
BOOT

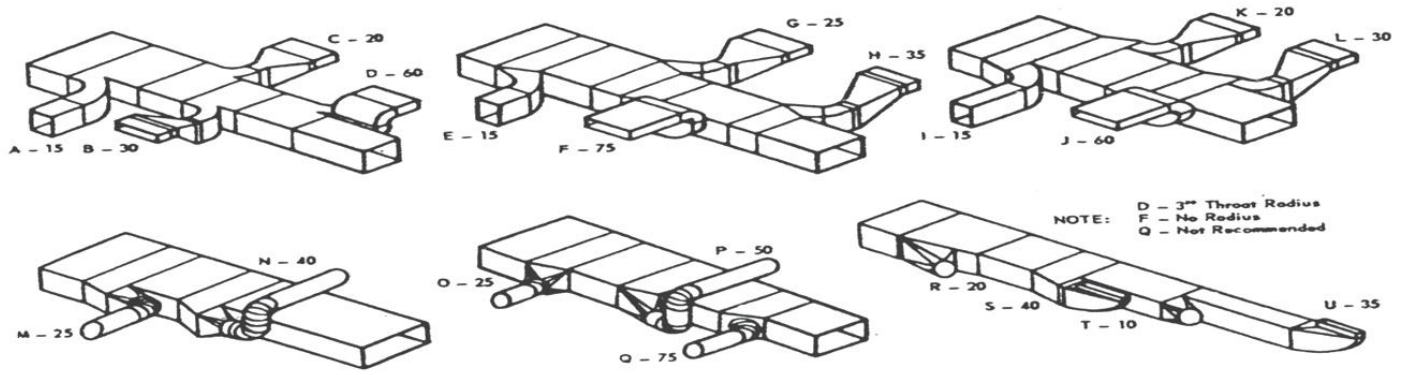


BOOT



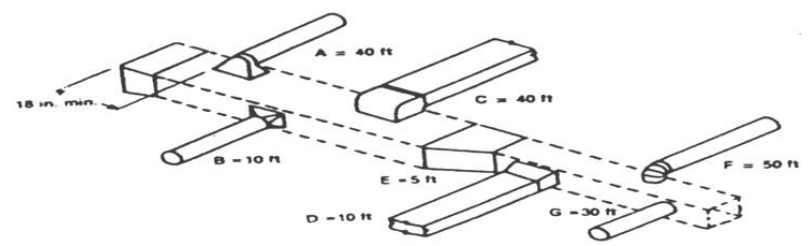
BOOT



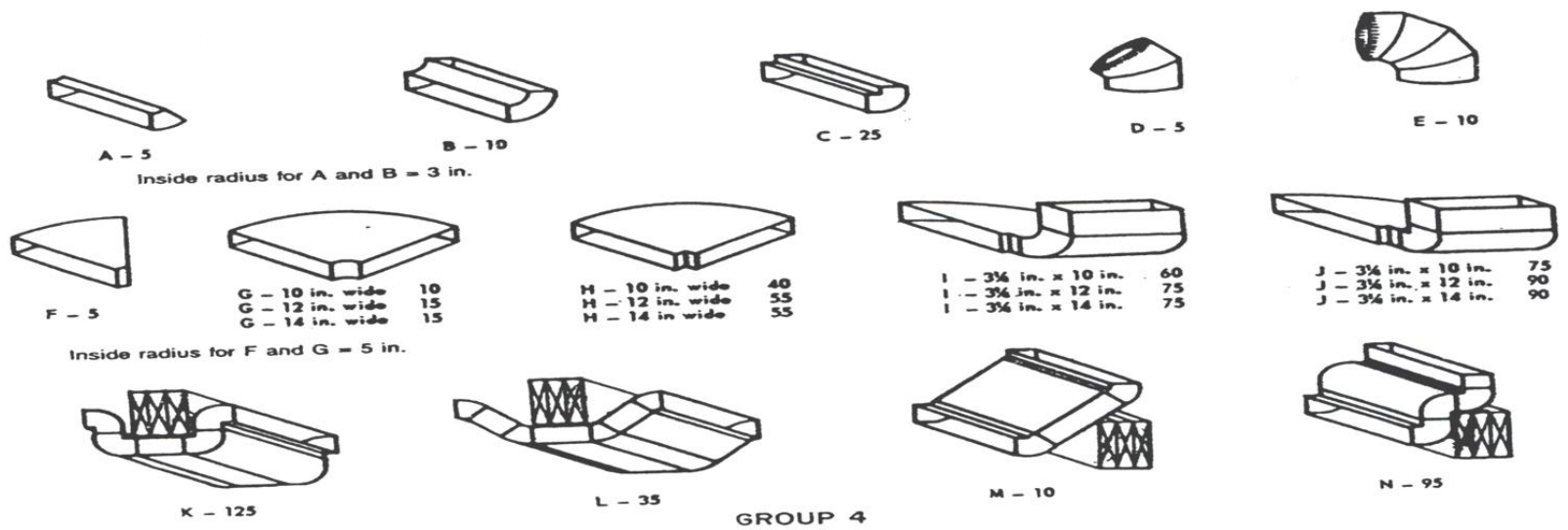


NOTE:  
 D - 3" Throat Radius  
 F - No Radius  
 Q - Not Recommended

GROUP 2

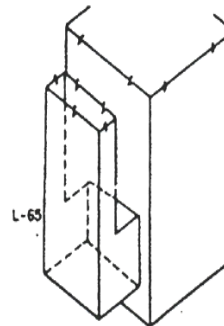
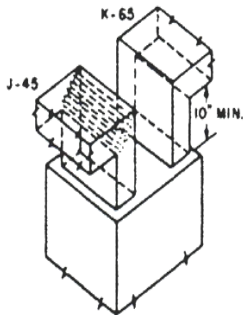
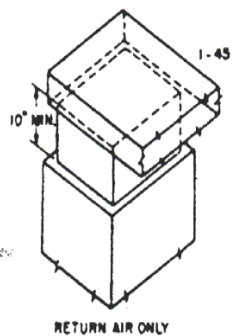
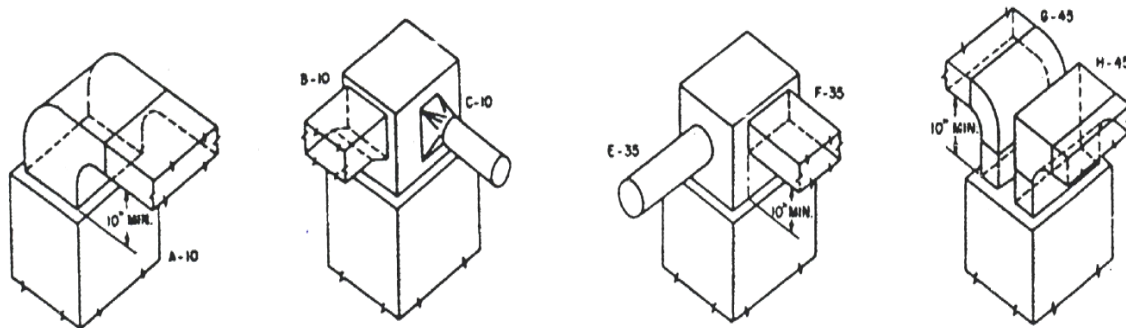


GROUP 3



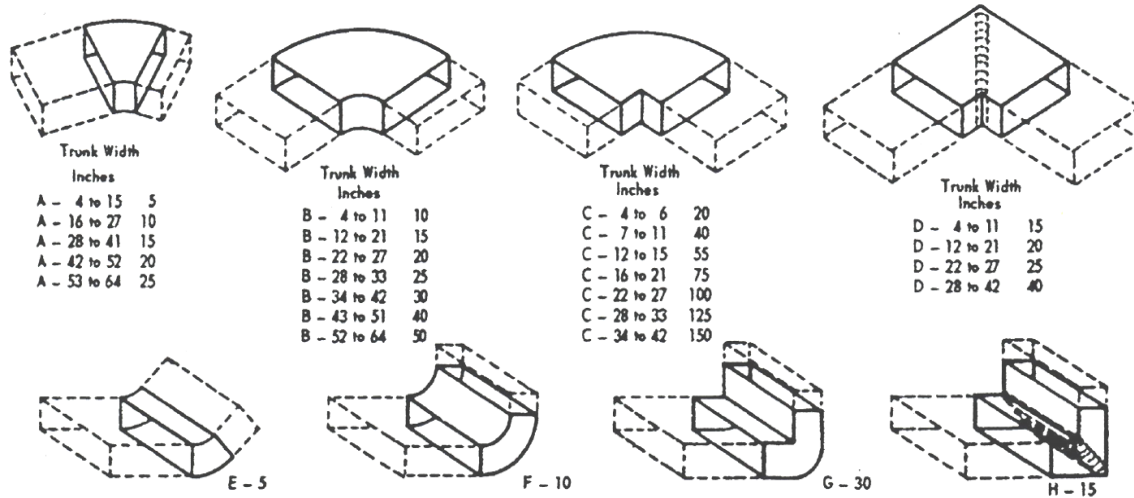
GROUP 4



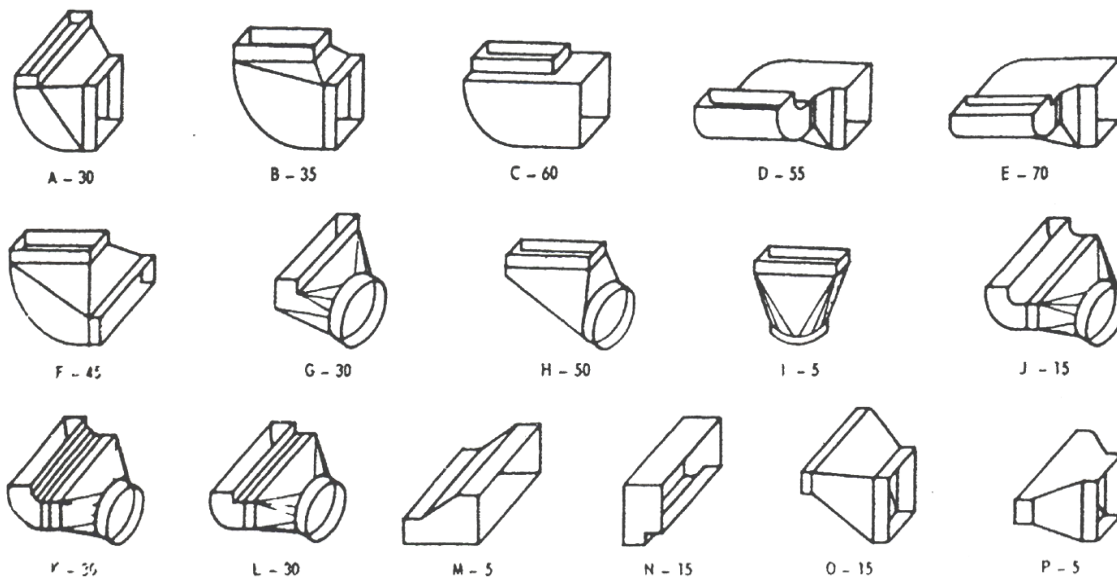


GROUP 1





GROUP 5



GROUP 6



# PEMERIKSAAN KEBOCORAN SALUR UDARA

- Penggunaan sistem *ducting* sering mendatangkan masalah terutamanya kebocoran udara sejuk daripada dalam saluran *ducting* sebelum sempat tiba di tempat pendinginan.
- Ini menyebabkan bilik yang cuba didinginkan tidak berjaya dilakukan kerana kebanyakan udara sejuk telah keluar melalui tempat-tempat yang bocor.



# PEMERIKSAAN KEBOCORAN SALUR UDARA

- Ada sesetengah kawasan terutamanya di penghujung *ducting*, dimana *diffuser* langsung tidak mengeluarkan udara kerana telah berlaku kebocoran.
- Antara kawasan-kawasan yang sering berlaku kebocoran udara ialah di tempat-tempat penyambungan dan aksesori antara sistem *ducting* (Rajah 2.5-1).







Rajah 2.5-1 : Kawasan kebocoran udara didalam *ducting*



# PEMERIKSAAN KEBOCORAN SALUR UDARA

- Terdapat kaedah yang lebih berkesan untuk memeriksa kebocoran udara didalam *ducting* iaitu dengan mengukur tekanan udara [*pressure*] didalam *ducting* dan tahap kelajuan udara yang keluar di bahagian-bahagian *diffuser* yang telah dikenalpasti.



# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Masalah kebisingan dan gegaran sering berlaku pada sistem penyamanan udara yang menggunakan *ducting* sistem.
- Ia berlaku disebabkan oleh udara didalam *ducting* dan juga kipas yang membantu pergerakan udara didalam *ducting* ke *diffuser* dan *grille* untuk mengagihkan udara.
- Oleh itu, semasa proses pemasangan atau baikpulih dilakukan, faktor bunyi dan gegaran perlu diambil kira.



# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Antaranya termasuklah pemilihan *diffuser* atau *grille* yang perlu disesuaikan dengan kriteria kebisingan (*Noise criteria-NC*) bagi setaip aplikasi penggunaan.
- Sebagai contoh Jadual 2.7-1 menyenaraikan NC yang bersesuaian yang dicadangkan kepada setiap persekitaran pekerjaan.



NC Curve	Communication Environment	Typical Occupancy
Below NC 25	Extremely quiet environment, suppressed speech is quite audible, suitable for acute pickup of all sounds.	Broadcasting studios, concert halls, music rooms.
NC 30	Very quiet office, suitable for large conferences; telephone use satisfactory.	Residences, theatres, libraries, executive offices, directors' rooms.
NC 35	Quiet office; satisfactory for conference at a 15 ft table; normal voice 10 to 30 ft telephone use satisfactory.	Private offices, schools, hotel rooms, courtrooms, churches, hospital rooms.
NC 40	Satisfactory for conferences at a 6 to 8 ft table; normal voice 6 to 12 ft; telephone use satisfactory.	General offices, labs, dining rooms.
NC 45	Satisfactory for conferences at a 4 to 5 ft table; normal voice 3 to 6 ft; raised voice 6 to 12 ft; telephone use occasionally difficult.	Retail stores, cafeterias, lobby areas large drafting and engineering offices, reception areas.
Above NC 50	Unsatisfactory for conferences of more than two or three persons; normal voice 1 to 2 ft; raised voice 3 to 6 ft; telephone use slightly difficult.	Photocopy rooms, stenographic pools, print machine rooms, process areas.

Jadual 2.7-1 : *Noise criteria* (NC) bagi setiap persekitaran pekerjaan



# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Faktor seperti kebisingan udara (*Air noise*) sering terjadi didalam ducting kerana disebabkan oleh kelajuan udara yang maksima.
- Secara umumnya faktor kebisingan yang dihasilkan melalui pengaliran udara didalam ducting bergantung kepada keadaan seperti berikut:
  1. Faktor saiz dan bentuk ducting yang dipasang
  2. Kadar pengaliran udara
  3. Tekanan jatuh diantara tempat sambungan ducting dengan aksesori



# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Rajah 2.7-1 menunjukkan *air noise* terjadi. Bunyi yang bising akan dapat didengari diruang udara keluar dibahagian *diffuser*.
- Bagi mengatasi masalah kebisingan udara, prosedur berikut boleh dilakukan:



# Cara mengatasi masalah kebisingan :

1. Menghadkan kelajuan udara di cabang *ducting* sehingga 1200 FPM
2. Merekabentuk takat kebisingan *standard* di bilik semimum (NC 35-NC 40)
3. Menggunakan *diffuser* kecil dan dalam kuantiti banyak berbanding satu atau dua *grille* yang mempunyai kadar kebisingan melampau/tinggi.

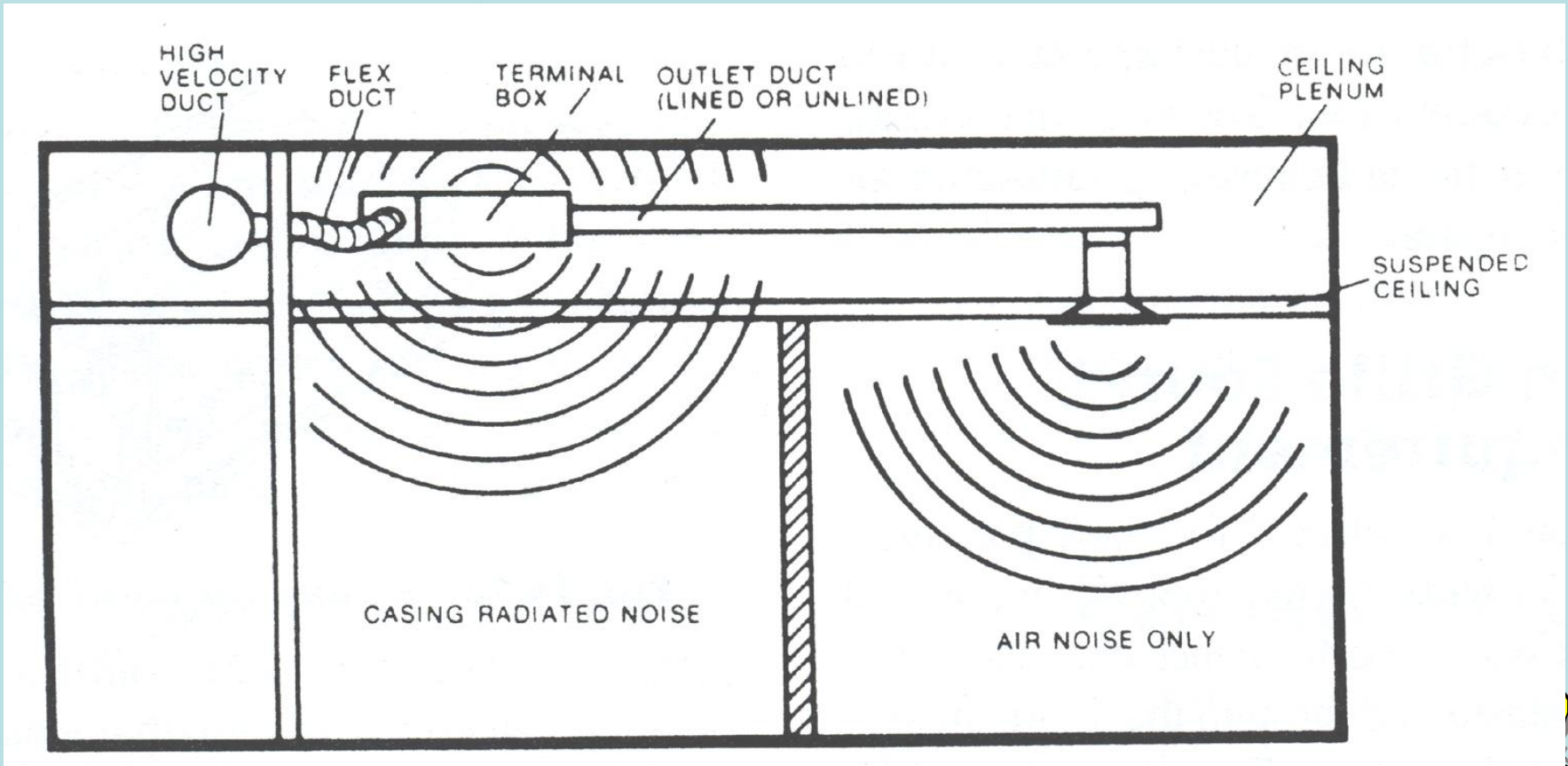




# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Faktor lain seperti kebisingan bingkai (*casing noise*) juga sering berlaku didalam sistem ducting.
- Ia terjadi disebabkan oleh gegaran (*vibration*) bingkai di kotak pengkalan sambungan antara *ducting* (*terminal box*) seperti didalam Rajah 2.7-1 dibawah.
- Gegaran ini menghasilkan bunyi dan gelombang gegaran dan bunyi akan dihantar keseluruh ducting. Kebisingan udara akan keluar disetiap bahagian diffuser.





Rajah 2.7-1 : Punca gegaran dan kebisingan



# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Kebisingan boleh diukur dengan menggunakan alat khas yang dikenali sebagai '*Sound Level Meter*' seperti didalam Rajah 2.7-2 .
- *Sound level* meter ialah alat instrumentasi yang direka khusus untuk mengukur tahap kebisingan.
- Unit ukuran bagi bunyi ialah *decibel* (dB). Tahap kebisingan mempunyai frekuensi yang berlainan.



# KEBISINGAN DAN GEGARAN

- Biasanya, penggunaan skala kebisingan jenis dB-A digunapakai. Skala A ialah simbol bagi purata berat kebisingan yang terjadi dan diterjemahkan daripada pendengaran manusia pada faktor kebisingan sekeliling.



Rajah 2.7-2 : Contoh Sound level meter

# KEBISINGAN DAN GEGARAN

Peringkat perbezaan (dB)	0-1	2-4	5-9	>10
Penambahan dB bagi mendapatkan takat gabungan yang baru	3	2	1	0

Jadual 2.7-2 : Penambahan takat penghasilan bunyi, dB



## Contoh aplikasi 1:

- Apakah tahap kebisingan yang sesuai yang dicadangkan bagi dB-A dan NC jika penggunaan adalah untuk bilik Hotel?
- *Penyelesaian:*
- Daripada Jadual 2.1-1 : Kawalan bunyi bagi aplikasi di ruangan pelbagai, julat yang dicadangkan untuk kegunaan bilik hotel ialah **dB-A = 35-45 dan NC = 30-40.**



Type of Area	Range of A-Sound Levels, Decibels	Range of NC Criteria Curves	Type of Area	Range of A-Sound Levels, Decibels	Range of NC Criteria Curves
<b>RESIDENCES</b>			<b>CHURCHES AND SCHOOLS (Con't.)</b>		
Private homes (rural and suburban)	25-35	20-30	Laboratories	40-50	35-45
Private homes (urban)	30-40	25-35	Recreation halls	40-55	35-50
Apartment houses, 2- and 3-family units	35-45	30-40	Corridors and halls	40-55	35-50
<b>HOTELS</b>			Kitchens	45-55	40-50
Individual rooms or suites	35-45	30-40	<b>PUBLIC BUILDINGS</b>		
Ballrooms, banquet rooms	35-45	30-40	Public libraries, museums, courtrooms	35-45	30-40
Halls and corridors, lobbies	40-50	35-45	Post offices, general banking areas, lobbies	40-50	35-45
Garages	45-55	40-50	Washrooms and toilets	45-55	40-50
Kitchens and laundries	45-55	40-50	<b>RESTAURANTS, CAFETERIAS, LOUNGES</b>		
<b>HOSPITALS AND CLINICS</b>			Restaurants	40-50	35-45
Private rooms	30-40	25-35	Cocktail lounges	40-55	35-50
Operating rooms, wards	35-45	30-40	Nightclubs	40-50	35-45
Laboratories, halls and corridors			Cafeterias	45-55	40-50
Lobbies and waiting rooms	40-50	35-45	<b>STORES, RETAIL</b>		
Washrooms and toilets	45-55	40-50	Clothing stores		
<b>OFFICES</b>			Department stores (upper floors)	40-50	35-45
Boardroom	25-35	20-30	Department stores (main floor)		
Conference rooms	30-40	25-35	Small retail stores	45-55	40-50
Executive office	35-45	30-40	Supermarkets	45-55	40-50
Supervisor office, reception room	35-50	30-45	<b>SPORTS ACTIVITIES, INDOOR</b>		
General open offices, drafting rooms	40-50	35-45	Coliseums	35-45	30-40
Halls and corridors	40-55	35-50	Bowling alleys, gymnasiums	40-50	35-45
Tabulation and computation	45-65	40-60	Swimming pools	45-60	40-55
<b>AUDITORIUMS AND MUSIC HALLS</b>			<b>TRANSPORTATION (RAIL, BUS, PLANE)</b>		
Concert and opera halls			Ticket sales offices	35-45	30-40
Studios for sound reproduction	20-30	15-25	Lounges and waiting rooms	40-55	35-50
Legitimate theaters, multipurpose halls	30-35	25-30	<b>EQUIPMENT ROOMS</b>		
Movie theaters, TV audience studios			8 hr/day exposure	<90	
Semi-outdoor amphitheaters	35-45	30-35	3 hr/day exposure	<97	
Lecture halls, planetarium			(or per OSHA requirement)		
Lobbies	40-50	35-45	<b>CHURCHES AND SCHOOLS</b>		
<b>CHURCHES AND SCHOOLS</b>			Sanctuaries	25-35	20-30
Sanctuaries	25-35	20-30	Libraries	35-45	30-40
Libraries	35-45	30-40	Schools and classrooms	35-45	30-40
Schools and classrooms	35-45	30-40			



## Contoh aplikasi 2 :

- Takat kebisingan didalam ducting menghampiri diffuser ialah 52 dB dan takat kebisingan diffuser sedia ada ialah 49 dB.
- Berapakah kesan gabungan kebisingan yang dihasilkan didalam bilik tersebut?





## Contoh aplikasi 2 :

- *Penyelesaian:*

$$\begin{aligned}\text{Perbezaan} &= 52 \text{ dB} - 49 \text{ dB} \\ &= 3 \text{ dB}\end{aligned}$$

- Menggunakan Jadual 2.7-2: Penambahan takat penghasilan bunyi, pemilihan ialah 2 dB.
- Jadi, bagi kesan bunyi didalam bilik yang baru =  $52 \text{ dB} + 2 \text{ dB}$   
= 54 dB



# Latihan :

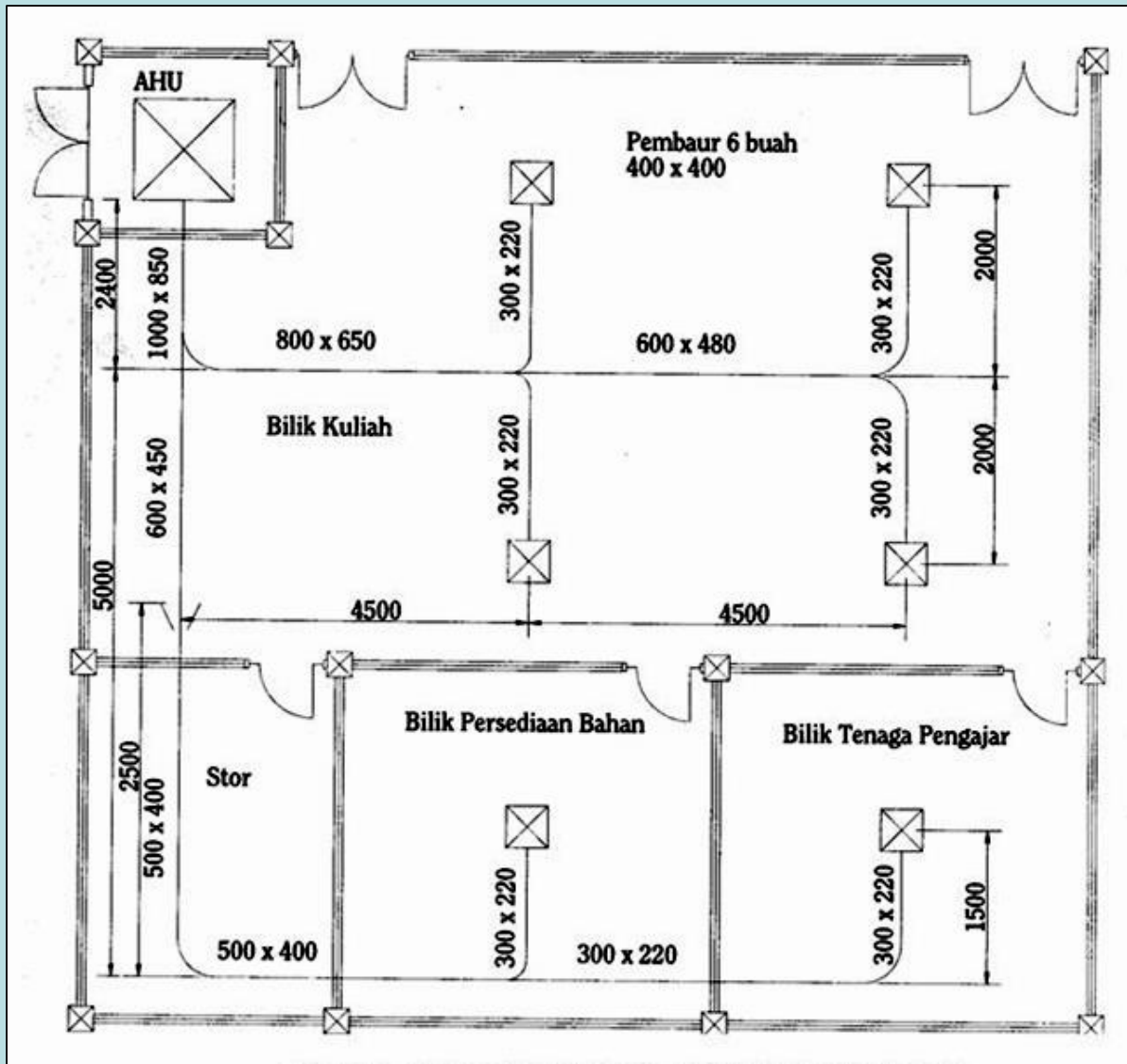
1.  $35\text{dB} + 38\text{dB} + 50\text{dB} + 23\text{dB} + 35\text{dB} + 38\text{dB} + 50\text{dB} + 33\text{dB} + 43\text{dB} + 35\text{dB} + 50\text{dB}$
2.  $43\text{ dB} + 27\text{dB} + 52\text{ dB}$
3.  $30\text{ dB} + 33\text{ dB} + 52\text{dB} + 30\text{ dB} + 33\text{ dB}$
4.  $45\text{ dB} + 35\text{ dB} + 28\text{ dB} + 34\text{ dB}$
5.  $25\text{ dB} + 33\text{ dB} + 26\text{ dB}$
6.  $88\text{ dB} + 56\text{ dB} + 55\text{ dB}$



# PELAN SUSUN ATUR SISTEM SALUR UDARA

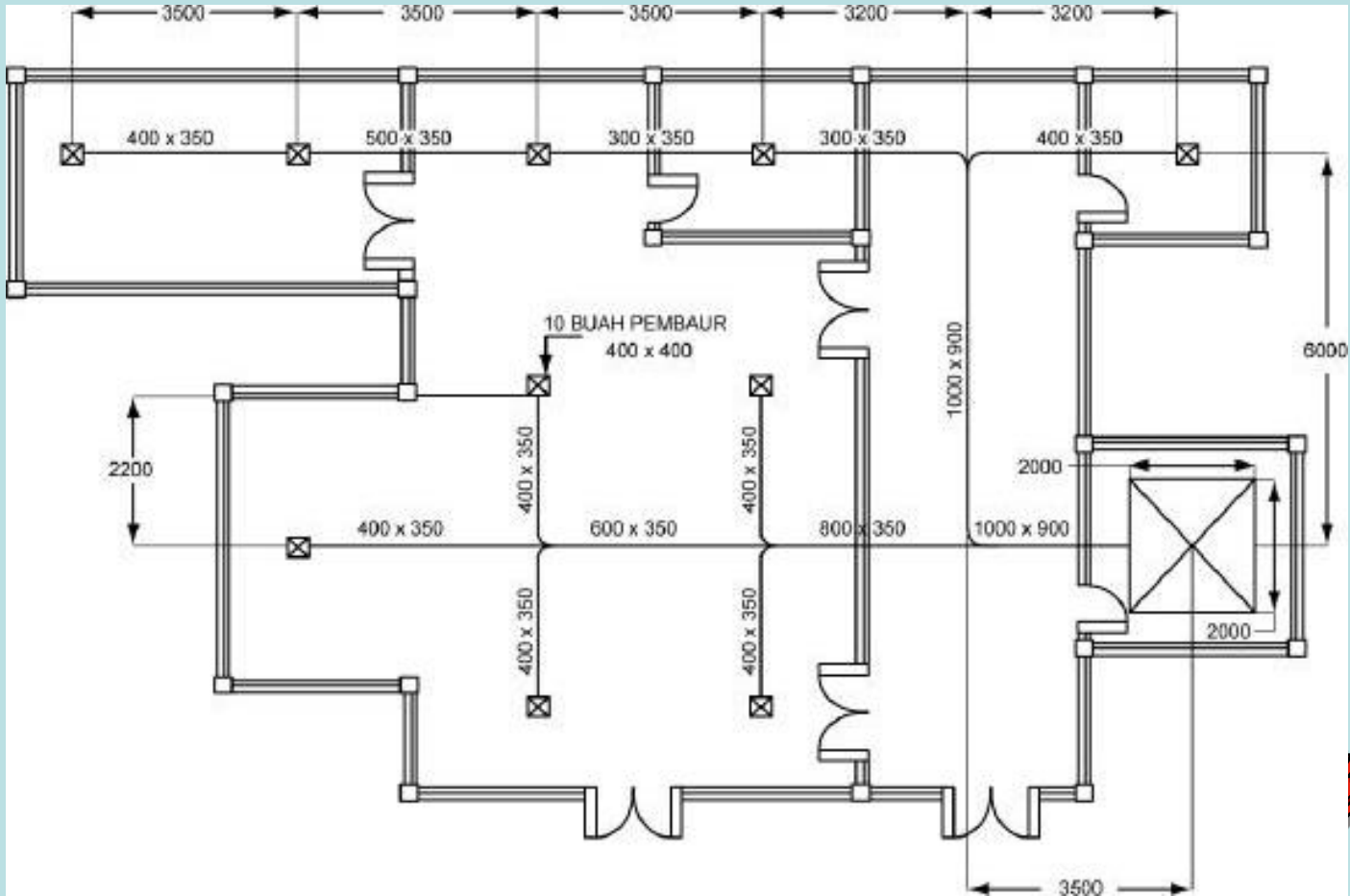
- Pelan susun atur salur udara (*Ducting system*) biasanya dilukis didalam bentuk lukisan segaris seperti dibawah (Rajah 2.6-1).
- Dimensi setiap salur udara adalah tidak sama bagi setiap ducting bermula daripada AHU sehingga ke penghujung *ducting*.





Rajah 2.6-1 : Pelan segaris susun atur salur udara





# PELAN SUSUN ATUR SALUR UDARA

- Ducting saiz 1000 x 850 bermula daripada AHU.
- Berpecah kepada 2 aliran menggunakan ducting saiz 800 x 650 dan 600 x 450
- Bagi ducting 800 x 650 disambung kepada dua outlet diffuser dengan saiz kedua-dua ducting 300 x 220.
- Selepas sambungan ke diffuser, ducting saiz mengecil kepada 600 x 480 dan disambung kepada outlet diffuser dengan kedua-dua saiz sama iaitu 300 x 220.



# TEKANAN DALAM SALUR UDARA

## Tekanan keseluruhan/*total pressure* (TP)

- Ia menentukan berapa banyak tenaga yang sedang dibawa pada mana-mana bahagian didalam sistem ducting.
- Tekanan keseluruhan adalah sentiasa menurun daripada kipas kepada terminal *diffuser*.



# TEKANAN DI DALAM SALUR UDARA

## Tekanan statik/static pressure (SP)

- Tekanan yang sama dikenakan pada semua arah di mana-mana tempat disepanjang ducting.
- Hasil bacaan yang diperolehi dalam bentuk positif atau negatif pada atmospheria.





## Tekanan halaju/velocity pressure ( $V_p$ )

- Tekanan halaju ( $V_p$ ) hanya terhasil pada arah aliran udara dan ukuran adalah hasil daripada tenaga kinetik.
- Tekanan halaju ( $V_p$ ) boleh diperolehi apabila bacaan tekanan keseluruhan (TP) dan bacaan tekanan statik (TP) telah dikenalpasti dengan menggunakan persamaan 1 diatas.

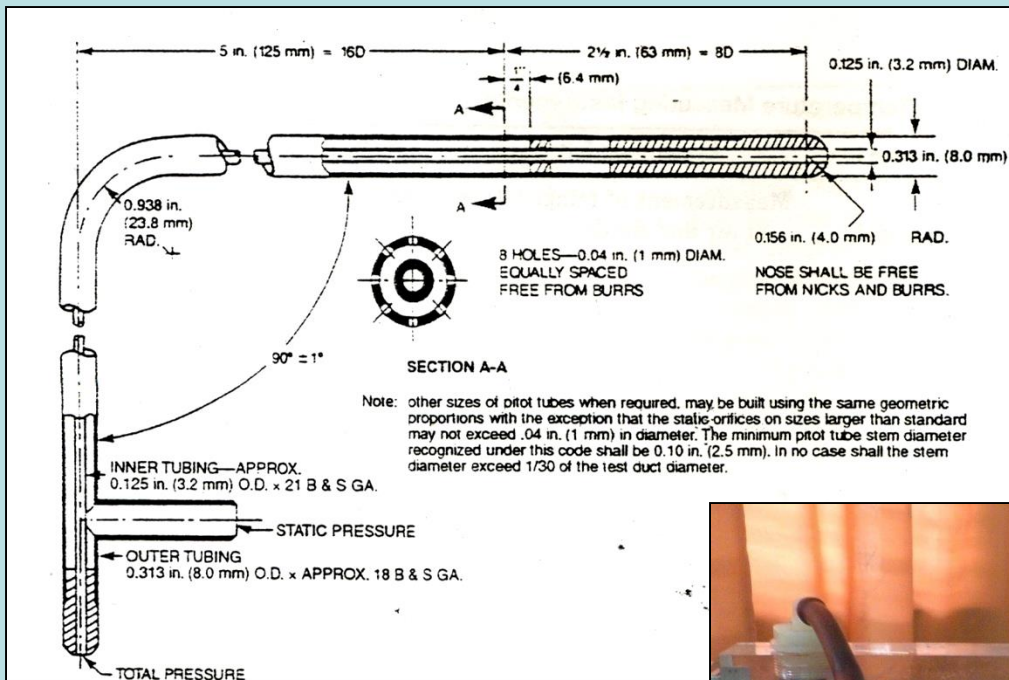


## Tekanan halaju/velocity pressure (Vp)

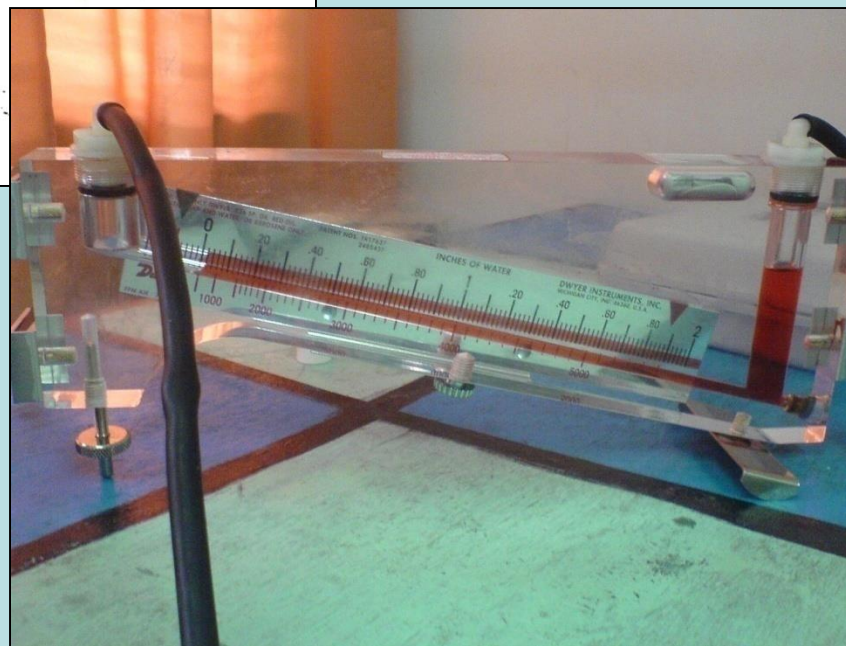
- Ia sentiasa didalam bentuk positif. Jika halaju udara telah diketahui, V boleh dikira dengan menggunakan rumus :

$$\text{Kelajuan (V)} = \sqrt{1.66 V_p}$$

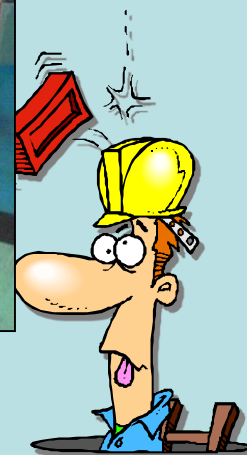




PITOT TUBE



INCLINED MANOMETER



# MENGENALPASTI KECACATAN/KEROSAKAN PADA SALUR UDARA

1. Aliran udara tidak mencukupi

## Sumber

- Ducting system

## Masalah/kemungkinan

- Sistem mempunyai rintangan yang lebih daripada jangkaan-pemasangan *elbow, joining* .
- Damper tertutup
- Kebocoran berlaku



2. Tekanan statik kurang, aliran udara tinggi

### Sumber

- Kipas impeller

### Masalah/kemungkinan

- Kelajuan kurang
- Impeller kotor atau berhabuk banyak
- Damper tidak dilaras dengan betul



### 3. Tekanan statik tinggi, aliran udara rendah

#### Sumber

- Sistem ducting

#### Masalah/kemungkinan

- Sistem mempunyai rintangan yang lebih daripada jangkaan-pemasangan elbow,joining



### 3. Tekanan statik tinggi, aliran udara rendah

#### Sumber

- Filter

#### Masalah/kemungkinan

- Berhabuk dan kotor

#### Sumber

- Cooling coil

#### Masalah/kemungkinan

- Berhabuk dan kotor



## 4. Kuasa kipas tinggi

### Sumber

- Kipas

### Masalah/kemungkinan

- Kelajuan tinggi
- Sudut bilah tidak betul





## 4. Kuasa kipas tinggi

### Sumber

- Sistem

### Masalah/kemungkinan

- Ducting terlebih saiz

