

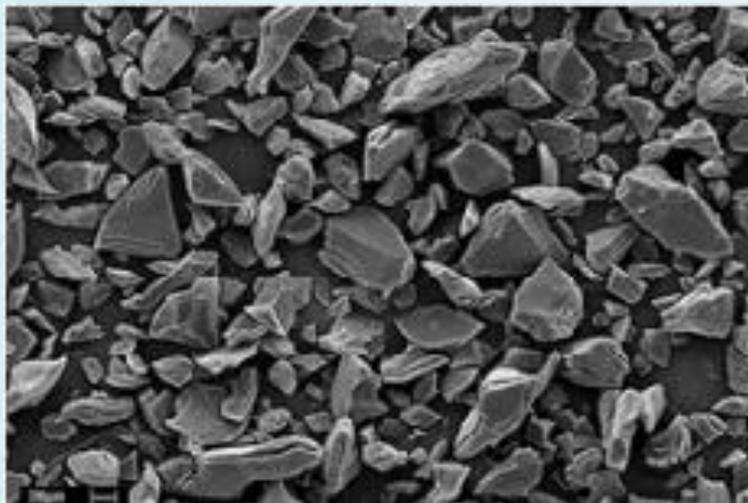


**Program Studi Teknik Kimia**

**Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret 2020**

1

# ***PARTICLE SIZE ANALYSIS***



**Tika Pararmitha, S.T., M.T.**

**Ukuran partikel menjadi parameter pada proses-proses berikut:**

*classification, agglomeration, mixing, crystallization, polymerization, solid transportation, drying, .....*

**Ukuran → bentuk → diameter, panjang, lebar, ... ???**

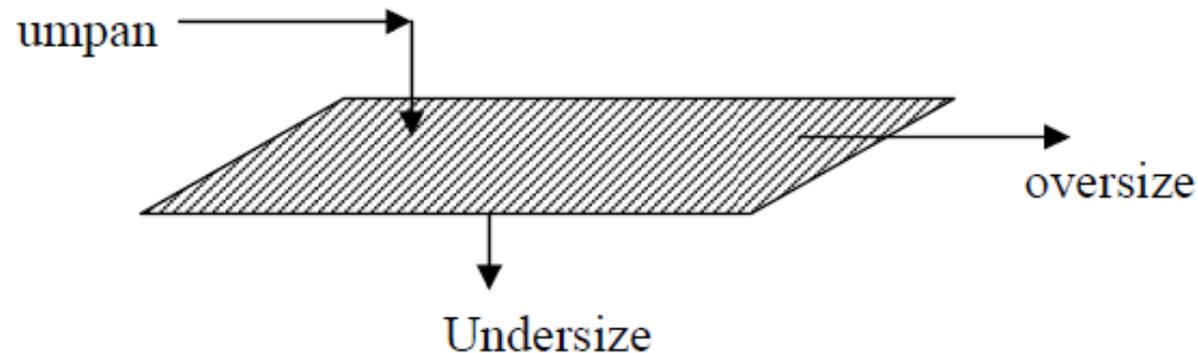
Ukuran sebuah partikel dapat disebutkan dengan beberapa istilah, contoh:

- a. Partikel berbentuk **bola**, dimensi ukuran yang penting antara lain: **diameter, volume, dan luas permukaan.**
- b. Partikel berbentuk **kubus**, dimensinya **panjang, volume, dan luas permukaan.**

Beberapa cara untuk menentukan ukuran partikel (yang dilakukan di laboratorium) disajikan di chapter 3 Brown dan chapter 20 Perry, 7<sup>th</sup> ed.

- a. **Mikroskop**, untuk partikel berukuran sekitar  $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$
- b. **Screening**, melewati bahan melalui ayakan seri (*sieve shaker*) yang mempunyai ukuran lubang ayakan semakin kecil. Setiap pemisahan padatan berdasarkan ukuran diperlukan pengayakan. Standar *screen* mampu mengukur partikel dari 76 mm sampai dengan 38  $\mu\text{m}$ .

Operasi *screening* dilakukan dengan jalan melewati material pada suatu permukaan yang banyak lubang atau *opening* dengan ukuran yang sesuai. Ditinjau sebuah ayakan :



# SCREEN ANALYSIS



## Ukuran mesh

adalah ukuran dari jumlah lubang suatu jaring atau kasa pada luasan 1 inch persegi jaring.

US Sieve Size	Tyler Equivalent	Opening	
		mm	in
-	2½ Mesh	8.00	0.312
-	3 Mesh	6.73	0.265
No. 3½	3½ Mesh	5.66	0.233
No. 4	4 Mesh	4.76	0.187
No. 5	5 Mesh	4.00	0.157
No. 6	6 Mesh	3.36	0.132
No. 7	7 Mesh	2.83	0.111
No. 8	8 Mesh	2.38	0.0937
No.10	9 Mesh	2.00	0.0787
No. 12	10 Mesh	1.68	0.0661
No. 14	12 Mesh	1.41	0.0555
No. 16	14 Mesh	1.19	0.0469
No. 18	16 Mesh	1.00	0.0394
No. 20	20 Mesh	0.841	0.0331
No. 25	24 Mesh	0.707	0.0278
No. 30	28 Mesh	0.595	0.0234
No. 35	32 Mesh	0.500	0.0197
No. 40	35 Mesh	0.420	0.0165
No. 45	42 Mesh	0.354	0.0139
No. 50	48 Mesh	0.297	0.0117
No. 60	60 Mesh	0.250	0.0098
No. 70	65 Mesh	0.210	0.0083
No. 80	80 Mesh	0.177	0.0070
No.100	100 Mesh	0.149	0.0059
No. 120	115 Mesh	0.125	0.0049
No. 140	150 Mesh	0.105	0.0041
No. 170	170 Mesh	0.088	0.0035
No. 200	200 Mesh	0.074	0.0029
No. 230	250 Mesh	0.063	0.0025
No. 270	270 Mesh	0.053	0.0021
No. 325	325 Mesh	0.044	0.0017
No. 400	400 Mesh	0.037	0.0015

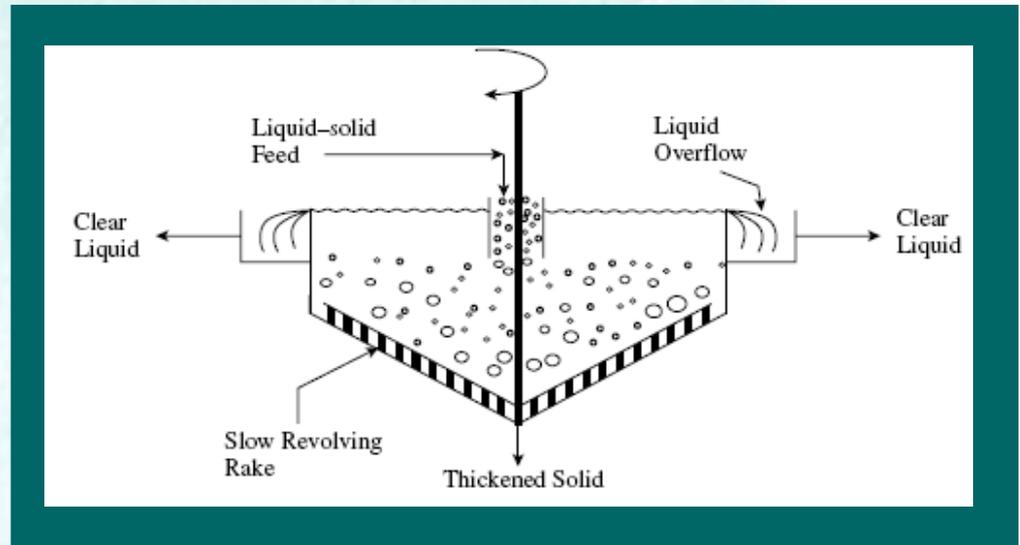
Table 1.1. Standard sieve sizes

British fine mesh (B.S.S. 410) <sup>(2)</sup>			I.M.M. <sup>(4)</sup>			U.S. Tyler <sup>(3)</sup>			U.S. A.S.T.M. <sup>(5)</sup>		
Sieve no.	Nominal aperture		Sieve no.	Nominal aperture		Sieve no.	Nominal aperture		Sieve no.	Nominal aperture	
	in.	µm		in.	µm		in.	µm		in.	µm
						325	0.0017	43	325	0.0017	44
						270	0.0021	53	270	0.0021	53
300	0.0021	53				250	0.0024	61	230	0.0024	61
240	0.0026	66	200	0.0025	63	200	0.0029	74	200	0.0029	74
200	0.0030	76							170	0.0034	88
170	0.0035	89	150	0.0033	84	170	0.0035	89			
150	0.0041	104				150	0.0041	104	140	0.0041	104
120	0.0049	124	120	0.0042	107	115	0.0049	125	120	0.0049	125
100	0.0060	152	100	0.0050	127	100	0.0058	147	100	0.0059	150
						90	0.0055	139	80	0.0070	177
						80	0.0062	157	70	0.0083	210
						70	0.0071	180	60	0.0098	250
						60	0.0083	211	50	0.0117	297
72	0.0083	211	60	0.0083	211	60	0.0097	246	45	0.0138	350
60	0.0099	251							40	0.0165	420
52	0.0116	295	50	0.0100	254	48	0.0116	295	35	0.0197	500
			40	0.0125	347	42	0.0133	351	30	0.0232	590
44	0.0139	353				35	0.0164	417			
36	0.0166	422	30	0.0166	422	32	0.0195	495			
30	0.0197	500				28	0.0232	589			
25	0.0236	600									
22	0.0275	699	20	0.0250	635	24	0.0276	701	25	0.0280	710
18	0.0336	853	16	0.0312	792	20	0.0328	833	20	0.0331	840
16	0.0395	1003				16	0.0390	991	18	0.0394	1000
14	0.0474	1204	12	0.0416	1056	14	0.0460	1168	16	0.0469	1190
12	0.0553	1405	10	0.0500	1270	12	0.0550	1397			
10	0.0660	1676	8	0.0620	1574	10	0.0650	1651	14	0.0555	1410
8	0.0810	2057				9	0.0780	1981	12	0.0661	1680
7	0.0949	2411				8	0.0930	2362	10	0.0787	2000
6	0.1107	2812	5	0.1000	2540	7	0.1100	2794	8	0.0937	2380
5	0.1320	3353				6	0.1310	3327			
						5	0.1560	3962	7	0.1110	2839
						4	0.1850	4699			
									6	0.1320	3360
									5	0.1570	4000
									4	0.1870	4760

**c. Sedimentasi,** (fluida diam, zat padat mengendap dengan gaya gravitasi).

Teori gerak partikel dalam fluida mengatakan bahwa partikel berukuran kecil yang jatuh dalam fluida, pada suatu kecepatan tertentu adalah setara dengan ukuran partikelnya.

- Sampel dalam *slurry* diendapkan
- Pada beberapa ketinggian tertentu diambil cuplikan (dengan pipet)
- Masing-masing dipanaskan agar kering, kemudian di timbang
- Selanjutnya dievaluasi konsentrasinya sebagai fungsi waktu



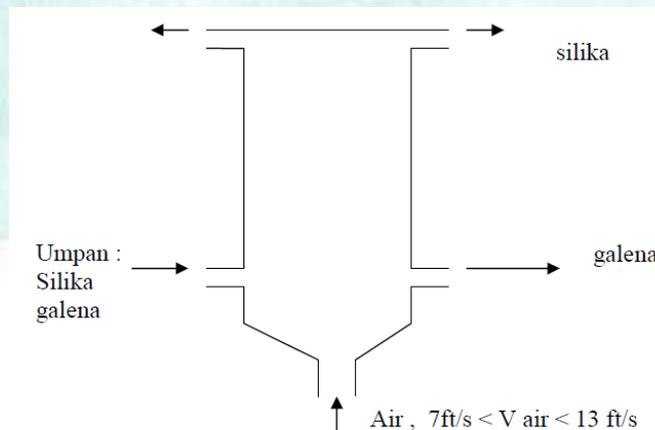
**d. Elutriasi**, aliran fluida ke atas dengan kecepatan tetap, sehingga butiran dengan ukuran tertentu terbawa ke atas, sedangkan ukuran yang lebih besar sebagai hasil bawah.

Contoh elutriasi : pemisahan campuran silika dan galena menggunakan air

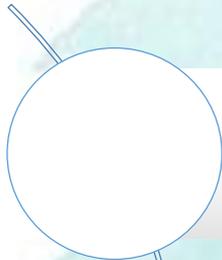
Campuran silika dan galena mempunyai ukuran yang sama yaitu 1 cm. Diketahui :

- Galena masih tetap mengendap dengan kecepatan air 13 ft/s
- Butir silika pada ukuran yang sama tetap mengendap pada kecepatan air 7 ft/s

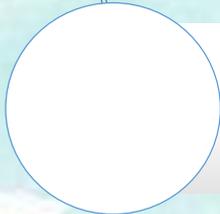
Jika operasi dilakukan pada kecepatan air lebih kecil 13 ft/s dan lebih besar dari 7 ft/s, maka semua silika sebagai hasil atas, dan galena sebagai hasil bawah.



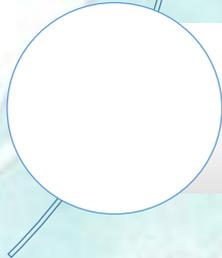
- e. **Sentrifugasi**, seperti sedimentasi, tetapi zat padat diendapkan dengan gaya sentrifugasi (memutar dan turun).



a. Diameter Partikel

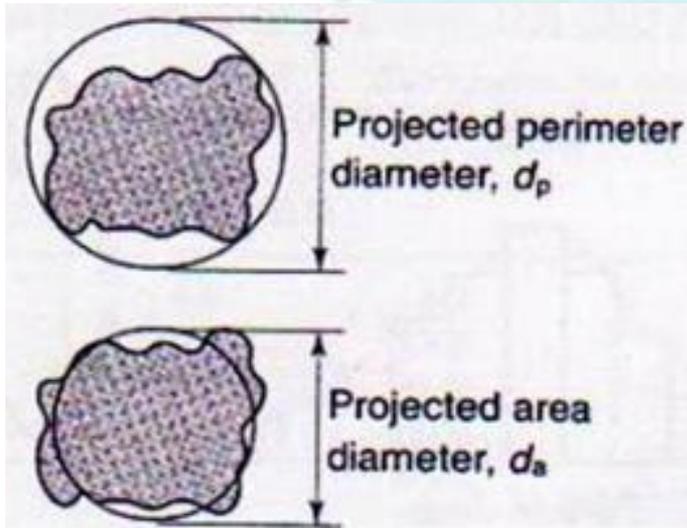


b. *Shape factor* (faktor bentuk)

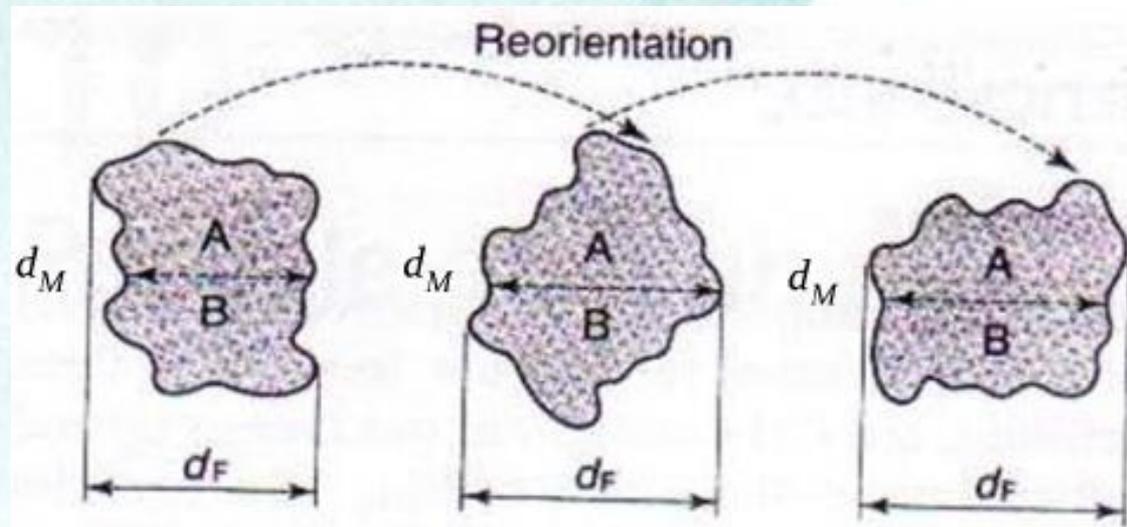


c. Ukuran dan bentuk partikel

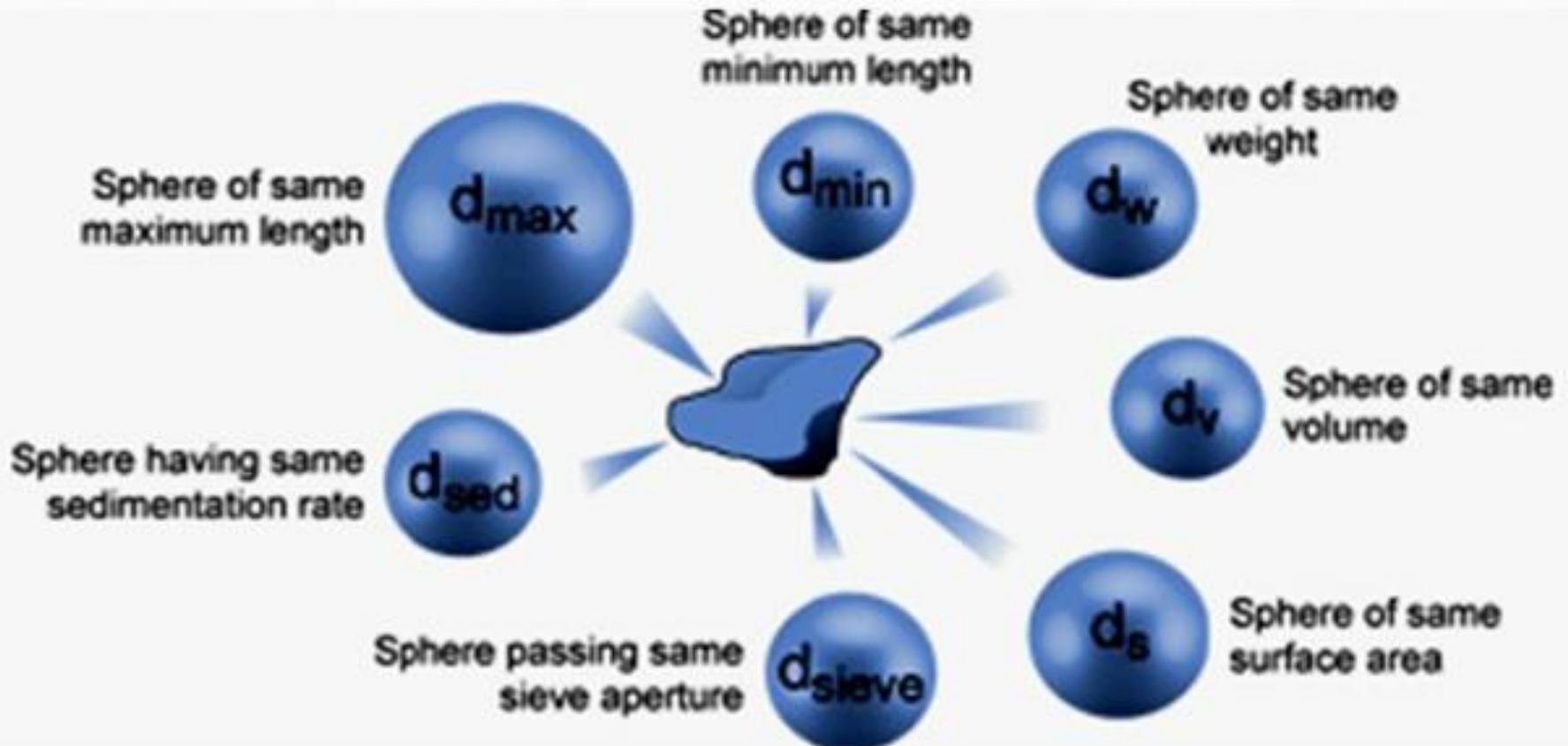
## a. Diameter Partikel



Diameter partikel **Feret** ( $d_F$ ) dan Diameter partikel **Martin** ( $d_M$ )



## a. Diameter Partikel



## a. Diameter Partikel

### *Equivalent surface diameter*

- Diameter permukaan setara - diameter bola dengan luas permukaan yang sama dengan partikel.

- $d_s = \sqrt{\frac{A}{\pi}}$

- A = luas permukaan partikel sesungguhnya

## a. Diameter Partikel

### *Equivalent volume/mass diameter*

- Diameter volume setara - diameter bola dengan volume yang sama dengan partikel.

- $$d_V = \sqrt[3]{\frac{6V}{\pi}}$$

- V = volume partikel sesungguhnya

## a. Diameter Partikel

### *Equivalent volume-surface diameter*

- Diameter volume-permukaan setara - diameter bola dengan rasio volume terhadap luas permukaan yang sama dengan partikel.
- $d_{sauter} = \frac{6V}{A}$
- V = volume partikel sesungguhnya
- A = luas permukaan partikel sesungguhnya

## a. Diameter Partikel

### Contoh :

Tentukan *equivalent diameter* ( $d_v$ ,  $d_s$ ,  $d_{sauter}$ ) untuk partikel dengan bentuk balok (20 mm x 30 mm x 40 mm) !

## a. Diameter Partikel

**Jawab :**

- *Equivalent diameter* untuk partikel dengan bentuk balok.

Dimensi (mm)	20 x 30 x 40
Luas permukaan (mm <sup>2</sup> )	5200
Volume (mm <sup>3</sup> )	24000
$d_v$ (mm)	35,8
$d_s$ (mm)	40,7
$d_{\text{Sauter}}$ (mm)	27,7

- Teknik yang berbeda menghasilkan nilai yang berbeda

## a. Diameter Partikel

### *Mean particles diameter*

Different diameters were calculated by using the formulas:

1. Arithmetic mean diameter:

$$= \frac{\sum (x_i / d_{pi}^2)}{\sum (x_i / d_{pi}^3)}$$

2. Specific surface diameter:

$$= \frac{\sum (x_i)}{\sum x_i / d_{pi}}$$

3. Mean surface diameter:

$$= \sqrt{\frac{\sum (x_i / d_{pi})}{\sum (x_i / d_{pi}^3)}}$$

4. Mean volume diameter:

$$\sqrt[3]{\frac{\sum x_i}{\sum (x_i / d_{pi})}}$$

## a. Diameter Partikel

Tentukan *arithmetic mean diameter*, *specific surface diameter*, *mean surface diameter* dan *mean volume diameter* !

Mesh	Screen Opening, (mm)	Mass Retained on Screen, (g)	% Mass Retained
14	1,410	0,000	0,00
16	1,190	9,12	1,86
18	1,000	32,12	6,54
20	0,841	39,82	8,11
30	0,595	235,42	47,95
40	0,420	89,14	18,15
50	0,297	54,42	11,08
70	0,210	22,02	4,48
100	0,149	7,22	1,47
140	0,105	1,22	0,25
Pan	-	0,50	0,11
<b>Total</b>		<b>491</b>	<b>100</b>

Mesh	Screen Opening, mm	dpi, mm	Mass, g	xi	xi/dpi	xi/dpi <sup>2</sup>	xi/dpi <sup>3</sup>
14	1.41		0	0	0	0	0
16	1.19	1.300	9.12	0.019	0.014	0.011	0.008
18	1	1.095	32.12	0.065	0.060	0.055	0.050
20	0.841	0.921	39.82	0.081	0.088	0.096	0.104
30	0.595	0.718	235.42	0.479	0.668	0.930	1.295
40	0.42	0.508	89.14	0.182	0.358	0.705	1.389
50	0.297	0.359	54.42	0.111	0.309	0.862	2.406
70	0.21	0.254	22.02	0.045	0.177	0.698	2.753
100	0.149	0.180	7.22	0.015	0.082	0.456	2.543
140	0.105	0.127	1.22	0.002	0.020	0.154	1.213
Pan	0.088	0.097	0.5	0.001	0.011	0.109	1.133
Total			491	1.000	1.786	4.076	12.894

*arithmetic mean diameter:* 0.316 mm

*specific surface diameter:* 0.560 mm

*mean surface diameter:* 0.372 mm

*mean volume diameter:* 0.748 mm

## b. Faktor Bentuk

- Faktor bentuk mengacu pada nilai yang dipengaruhi oleh bentuk objek tetapi tidak tergantung pada dimensinya.
- Faktor bentuk dihitung dari dimensi yang diukur, seperti diameter, luas, keliling (perimeter), dll.
- Faktor bentuk bernilai nol hingga satu.

## b. Faktor Bentuk

### *Aspect Ratio*

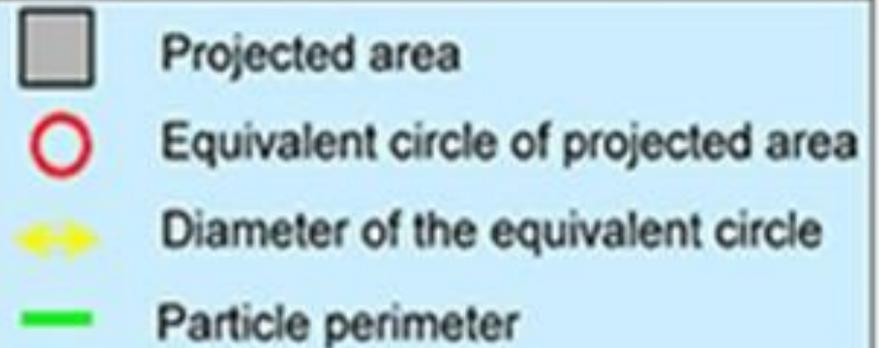
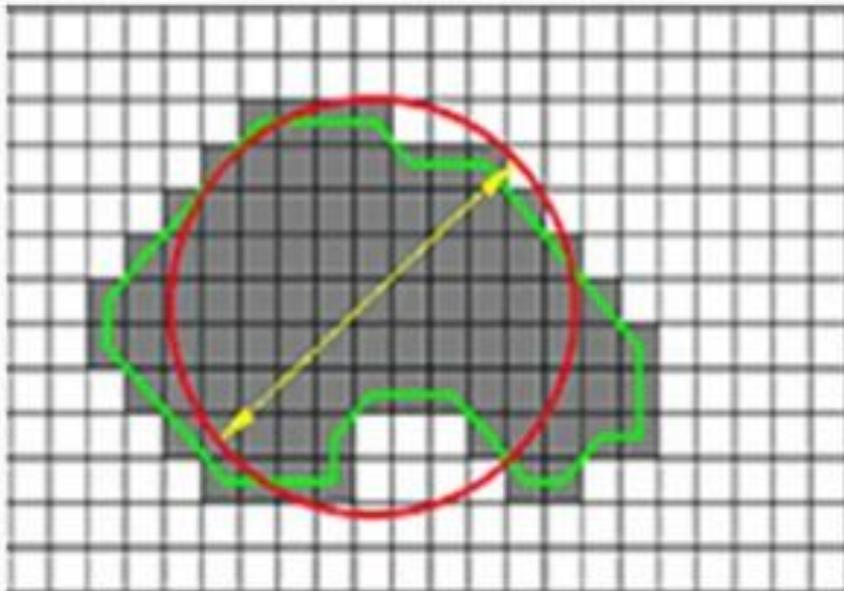
- **Aspect Ratio** adalah fungsi dari diameter terbesar dan diameter terkecil

$$A = \frac{d_{min}}{d_{maks}}$$

- **Aspect Ratio** bervariasi dari mendekati nol untuk partikel yang sangat panjang

## b. Faktor Bentuk

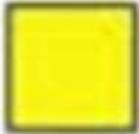
### *Circularity*



$$\text{Circularity} = \frac{\text{Equivalent circle circumference}}{\text{Particle perimeter}}$$

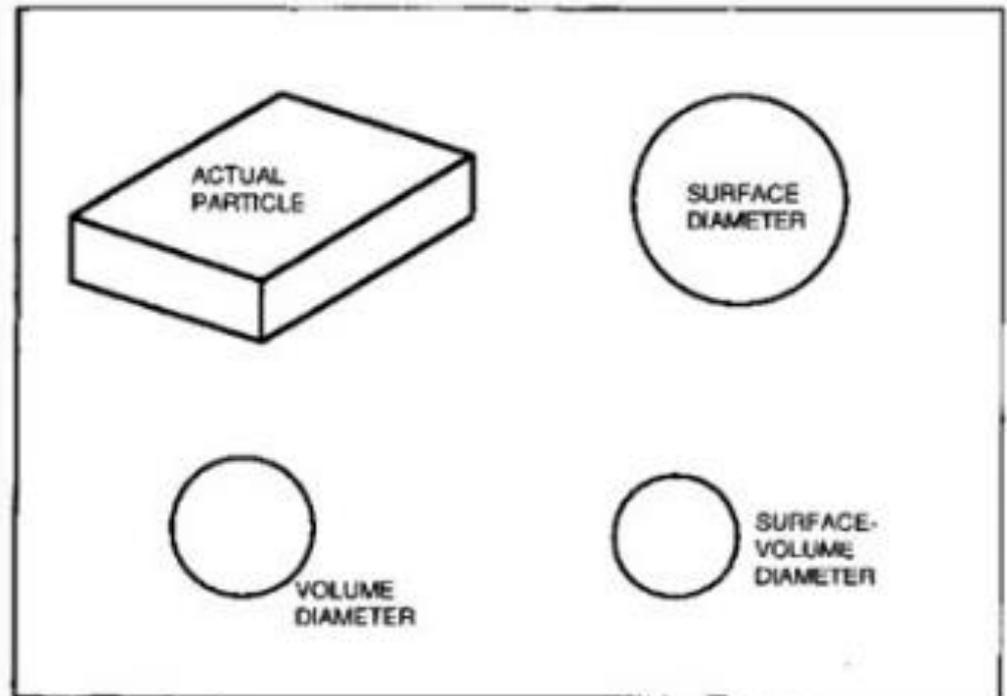
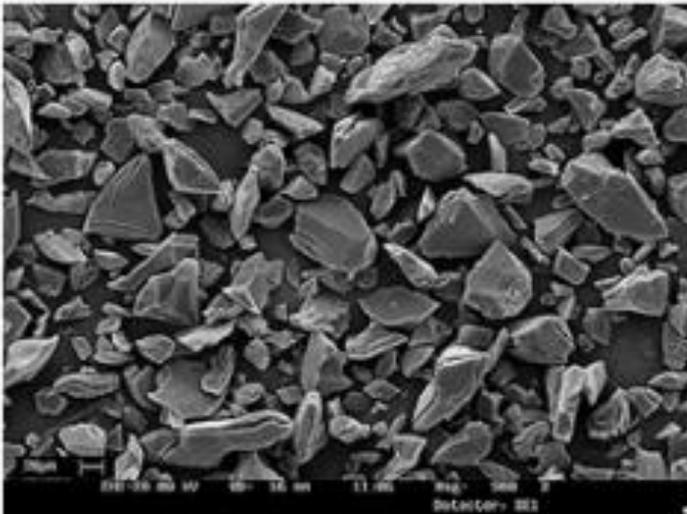
## b. Faktor Bentuk

### *Circularity*

<i>Shapes</i>						
<i>Circularity</i>	1	0.886	0.777	0.660	0.509	0.4
<i>Aspect Ratio</i>				1 in 4	1 in 10	1 in 20

## c. Ukuran dan Bentuk Partikel

Ukuran partikel yang tepat sulit diperoleh untuk bentuk partikel yang tidak beraturan



## c. Ukuran dan Bentuk Partikel

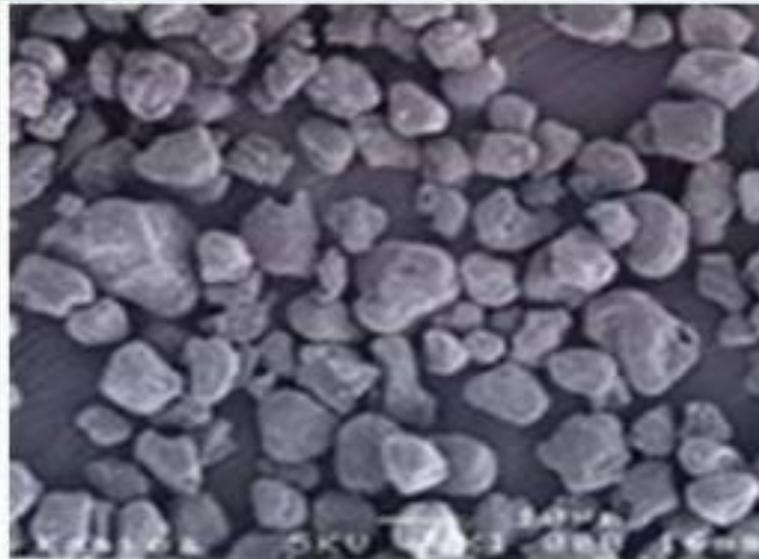
### ***Non-spherical shape***

- Untuk partikel berbentuk bola, ukuran partikel dapat ditentukan dengan mudah
- Untuk partikel berbentuk non-bola, istilah 'diameter' benar-benar tidak dapat diterapkan, misalnya diameter serat

## c. Ukuran dan Bentuk Partikel

### *Sphericity*

- ***Sphericity*** adalah ukuran seberapa bulat (*round*) suatu benda.



## c. Ukuran dan Bentuk Partikel

### *Sphericity*

- **Sphericity** suatu partikel adalah perbandingan luas permukaan bola (volume yang sama dengan partikel) dengan luas permukaan partikel.

$$\varphi = \frac{\pi^{\frac{1}{3}}(6V_p)^{\frac{2}{3}}}{A_p}$$

- $V_p$  : Volume partikel
- $A_p$  : Luas permukaan partikel

## c. Ukuran dan Bentuk Partikel

### *Sphericity*

- Representasi skematis perbedaan bentuk.
- Dua parameter yang ditampilkan : *sphericity* (vertikal) dan *rounding* (horizontal).

High sphericity



Low sphericity



Angular

Rounded