

2. SCREENING:

MENENTUKAN UKURAN PARTIKEL

Materi:

- ✓ Cara-cara menentukan ukuran partikel.
- ✓ Analisis data ukuran partikel menggunakan screen shaker.
- ✓ Evaluasi Hasil Analisis Ayakan

1. Cara-cara menentukan ukuran partikel.

Ukuran sebuah partikel dapat disebutkan dengan beberapa istilah. Contoh :

- a. partikel berbentuk bola, dimensi ukuran yang penting antara lain: D, Volum, luas permukaan.
- b. Partikel berbentuk kubus, dimensinya panjang, volum, luas permukaan.

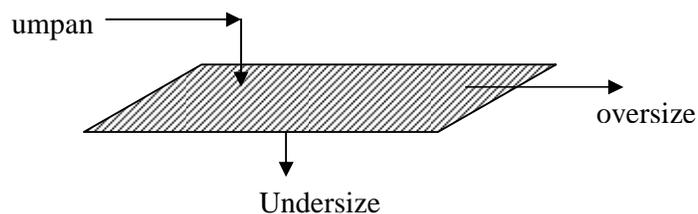
Beberapa cara untuk menentukan ukuran partikel (yang dilakukan di laboratorium) disajikan di chapter 3 Brown, dan chapter 20 Perry, 7th ed.

Cara-cara itu antara lain:

- A. mikroskop, untuk partikel berukuran sekitar $1 \mu\text{m} = 0,001 \text{ mm}$.
- B. screening: melewatkan 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 μm .

Operasi screening dilakukan dengan jalan melewatkan material pada suatu permukaan yang banyak lubang atau openings dengan ukuran yang sesuai.

Ditinjau sebuah ayakan :



Fraksi oversize = fraksi padatan yang tertahan ayakan.

Fraksi undersize = fraksi padatan yang lolos ayakan.

Jika ayakan lebih dari 2 ayakan yang berbeda ukuran lubangnya, maka akan diperoleh fraksi-fraksi padatan dengan ukuran padatan sesuai dengan ukuran lubang ayakan.

- C. Sedimentasi (fluida diam, zat padat mengendap dengan gaya gravitasi).

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

⇒ Sampel dalam slurry idendapkan,

- ⇒ Pada beberapa ketinggian tertentu diambil cuplikan (dengan pipet),
- ⇒ Masing-masing dipanaskan agar kering, kemudian ditimbang,
- ⇒ Selanjutnya dievaluasi konsentrasinya sebagai fungsi waktu.

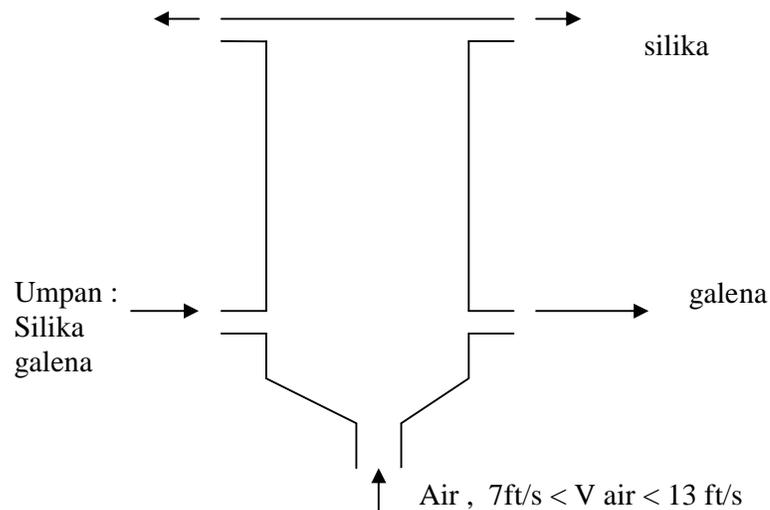
D. Elutriasi : aliran fluida ke atas dengan kecepatan tetap, sehingga butiran dengan ukuran tertentu terbawa ke atas, sedangkan ukuran yang lebih besar sebagai hasil bawah.

Contoh elutriasi : pemisahan campuran silika dan galena menggunakan air.

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

- a. galena masih tetap mengendap pada kecepatan air 13 ft/s.
- b. 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 sentrifugal (memutar dan turun).

Tugas: Tentukan cara-cara menentukan ukuran partikel. Tulis sumber pustakanya.

2. Analisis data ukuran partikel menggunakan screen shaker.

- ⇒ Penyajian data distribusi ukuran suatu campuran (particle size distribution),
- ⇒ Average particle size.

Screen aperture (lubang ayakan)

Lubang pada ayakan dapat dibuat dari rangkaian anyaman kawat atau dari plat yang dilubangi.

Ditinjau sebuah lubang:

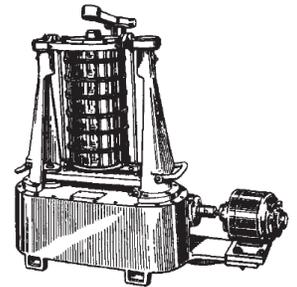
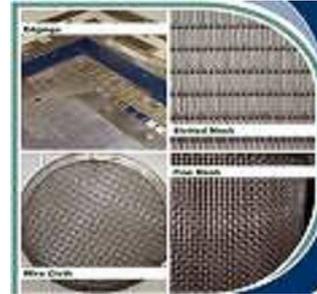
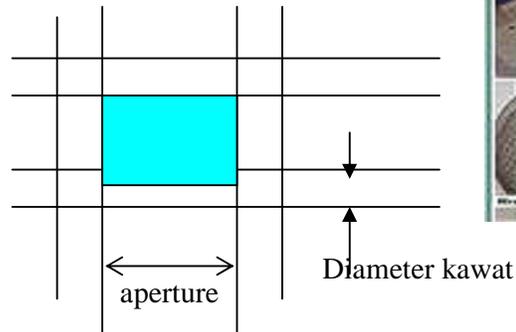


FIG. 19-15 Ro-Tap testing sieve shaker. (W. S. Tyler, Inc.)

Untuk ukuran lubang yang berbeda, digunakan diameter kawat yang berbeda pula.

Mesh : jumlah lubang dalam 1 inci linear.

Contoh : ayakan 10 mesh, artinya sepanjang 1 inch terdapat 10 lubang dan kawatnya.

Maka:

Jarak antar pusat kawat yang satu dengan kawat berikutnya = $1/10 = 0,1$ in.

Aperture = $0,1 - (\text{diameter kawat})$ in.

Dari table Tyler screen, untuk 10 mesh ternyata diameter kawat = $0,035$ in, maka

Aperture = $0,1 - 0,035 = 0,065$ in.

Interval ayakan.

Jika interval ayakan yang dipilih sbb.: 1, 2, 3, ..., 8, 9, 10 in, maka interval ini mempunyai kelemahan :

- antara 1 dan 2 in : perbedaan ukurannya terlalu besar.
- Antara 9 dan 10 in : secara praktek, ukuran dengan kisaran ini hampir sama
- Untuk partikel berukuran di bawah 1 in sampai 1 mikron akan terdapat dalam satu fraksi.

Saat ini, telah ada *standard screen* yang digunakan untuk menganalisis distribusi ukuran partikel dari suatu campuran, yaitu mempunyai kisaran 3 in sampai dengan $0,0015$ in (atau 76 mm s/d 38 mikron).

Dasar dari interval standard screen ini adalah :

Rasio luas lubang yang berurutan adalah 2.

$$\frac{\text{luas lubang ayakan A}}{\text{luas lubang ayakan B}} = 2$$

Dengan, ayakan A dan B berurutan.

Maka,

Luas lubang ayakan A = 2 (luas lubang ayakan B)

$$\frac{\pi}{4} D_A^2 = 2 \frac{\pi}{4} D_B^2$$

$$D_A^2 = 2 D_B^2$$

$$\frac{D_A}{D_B} = \sqrt{2} = 1,41$$

Standar ayakan yang digunakan di USA menggunakan interval $\sqrt{2}$ (TYLER STANDARD SCREEN).

Standar ayakan yang lain : SIEVE SERIES.

Tabel standar ayakan dapat dilihat di table 5 (Brown) dan table 19-6 (Perry, 7th ed.).

TABLE 19-6 U.S. Sieve Series and Tyler Equivalents
(ASTM—E-11-61)

Sieve designation		Sieve opening		Nominal wire diam.		Tyler equivalent designation
Standard	Alternate	mm	in (approx. equivalents)	mm	in (approx. equivalents)	
107.6 mm	4.24 in	107.6	4.24	6.40	0.2520	
101.6 mm	4 in†	101.6	4.00	6.30	.2480	
90.5 mm	3½ in	90.5	3.50	6.08	.2394	
76.1 mm	3 in	76.1	3.00	5.80	.2283	
64.0 mm	2½ in	64.0	2.50	5.50	.2165	
53.8 mm	2.12 in	53.8	2.12	5.15	.2028	
50.8 mm	2 in†	50.8	2.00	5.05	.1988	
45.3 mm	1¾ in	45.3	1.75	4.85	.1909	
38.1 mm	1½ in	38.1	1.50	4.59	.1807	
32.0 mm	1¼ in	32.0	1.25	4.23	.1665	
26.9 mm	1.06 in	26.9	1.06	3.90	.1535	1.050 in
25.4 mm	1 in†	25.4	1.00	3.80	.1496	
22.6 mm*	¾ in	22.6	0.875	3.50	.1378	0.883 in
19.0 mm	¾ in	19.0	.750	3.30	.1299	.742 in
16.0 mm*	⅝ in	16.0	.625	3.00	.1181	.624 in
13.5 mm	0.530 in	13.5	.530	2.75	.1083	.525 in
12.7 mm	½ in†	12.7	.500	2.67	.1051	
11.2 mm*	⅞ in	11.2	.438	2.45	.0965	.441 in
9.51 mm	⅜ in	9.51	.375	2.27	.0894	.371 in
8.00 mm*	⅝ in	8.00	.312	2.07	.0815	2½ mesh
6.73 mm	0.265 in	6.73	.265	1.87	.0736	3 mesh
6.35 mm	¼ in†	6.35	.250	1.82	.0717	
5.66 mm*	No. 3½	5.66	.223	1.68	.0661	3½ mesh
4.76 mm	No. 4	4.76	.187	1.54	.0606	4 mesh
4.00 mm*	No. 5	4.00	.157	1.37	.0539	5 mesh
3.36 mm	No. 6	3.36	.132	1.23	.0484	6 mesh
2.83 mm*	No. 7	2.83	.111	1.10	.0430	7 mesh
2.38 mm	No. 8	2.38	.0937	1.00	.0394	8 mesh
2.00 mm*	No. 10	2.00	.0787	0.900	.0354	9 mesh
1.68 mm	No. 12	1.68	.0661	.810	.0319	10 mesh
1.41 mm*	No. 14	1.41	.0555	.725	.0285	12 mesh
1.19 mm	No. 16	1.19	.0469	.650	.0256	14 mesh
1.00 mm*	No. 18	1.00	.0394	.580	.0228	16 mesh
841 micron	No. 20	0.841	.0331	.510	.0201	20 mesh
707 micron*	No. 25	.707	.0278	.450	.0177	24 mesh
595 micron	No. 30	.595	.0234	.390	.0154	28 mesh
500 micron*	No. 35	.500	.0197	.340	.0134	32 mesh
420 micron	No. 40	.420	.0165	.290	.0114	35 mesh
354 micron*	No. 45	.354	.0139	.247	.0097	42 mesh
297 micron	No. 50	.297	.0117	.215	.0085	48 mesh
250 micron*	No. 60	.250	.0098	.180	.0071	60 mesh
210 micron	No. 70	.210	.0083	.152	.0060	65 mesh
177 micron*	No. 80	.177	.0070	.131	.0052	80 mesh
149 micron	No. 100	.149	.0059	.110	.0043	100 mesh
125 micron*	No. 120	.125	.0049	.091	.0036	115 mesh
105 micron	No. 140	.105	.0041	.076	.0030	150 mesh
88 micron*	No. 170	.088	.0035	.064	.0025	170 mesh
74 micron	No. 200	.074	.0029	.053	.0021	200 mesh
63 micron*	No. 230	.063	.0025	.044	.0017	250 mesh
53 micron	No. 270	.053	.0021	.037	.0015	270 mesh
44 micron*	No. 325	.044	.0017	.030	.0012	325 mesh
37 micron	No. 400	.037	.0015	.025	.0010	400 mesh

*These sieves correspond to those proposed as an international (I.S.O.) standard. It is recommended that wherever possible these sieves be included in all sieve analysis data or reports intended for international publication.

†These sieves are not in the fourth-root-of-2 series, but they have been included because they are in common usage.

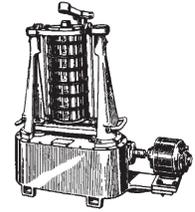
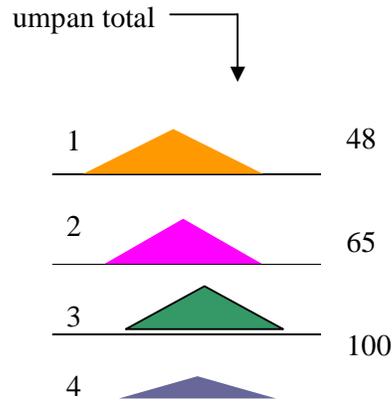


FIG. 19-15 Ro-Top testing sieve shaker. (W. S. Tyler, Inc.)

⇒ Penyajian data distribusi ukuran suatu campuran (particle size distribution)

Ditinjau : sejumlah campuran partikel diayak dalam suatu susunan ayakan, di laboratorium (menggunakan sieve shaker):



- ⇒ masing-masing padatan yang diperoleh ditimbang dan dijumlahkan,
- ⇒ setiap ayakan ukuran tertentu dihitung fraksi massa partikel yang lolos atau fraksi massa yang tertahan dan diameter reratanya,
- ⇒ data fraksi massa dan diameter ditabulasikan,
- ⇒ data di atas disajikan dalam grafik.

Keterangan :

$$\text{fraksi massa partikel yang tertinggal} = \frac{\text{berat partikel yang tertinggal}}{\text{berat total campuran}}$$

$$\text{fraksi massa partikel yang tertahan} = \frac{\text{berat partikel yang tertahan}}{\text{berat total campuran}}$$

Beberapa cara menyebutkan fraksi ukuran :

No.	Cara I	Cara II	Cara III
1	Oversize 48 mesh	+ 48	+ 48
2	Through 48 on 65	- 48 +65	48 / 65
3	Through 65 on 100 in	-65 in +100	65 / 100
4	Undersize 100 in	-100	100 / 0

Contoh : menentukan ukuran partikel pada ayakan antara -48 + 65 mesh :

G_i = berat partikel pada -48+65 mesh.

G_t = berat total = berat umpan total.

Maka:

$$\text{fraksi massa partikel - 48 + 65mesh} = \frac{G_i}{G_t}$$

$$\text{Diameter rerata} = D_{avg} = \frac{D_{48 \text{ mesh}} + D_{65 \text{ mesh}}}{2} = \dots\dots\dots \text{in.}$$

Penyajian data :

1. Tabulasikan :

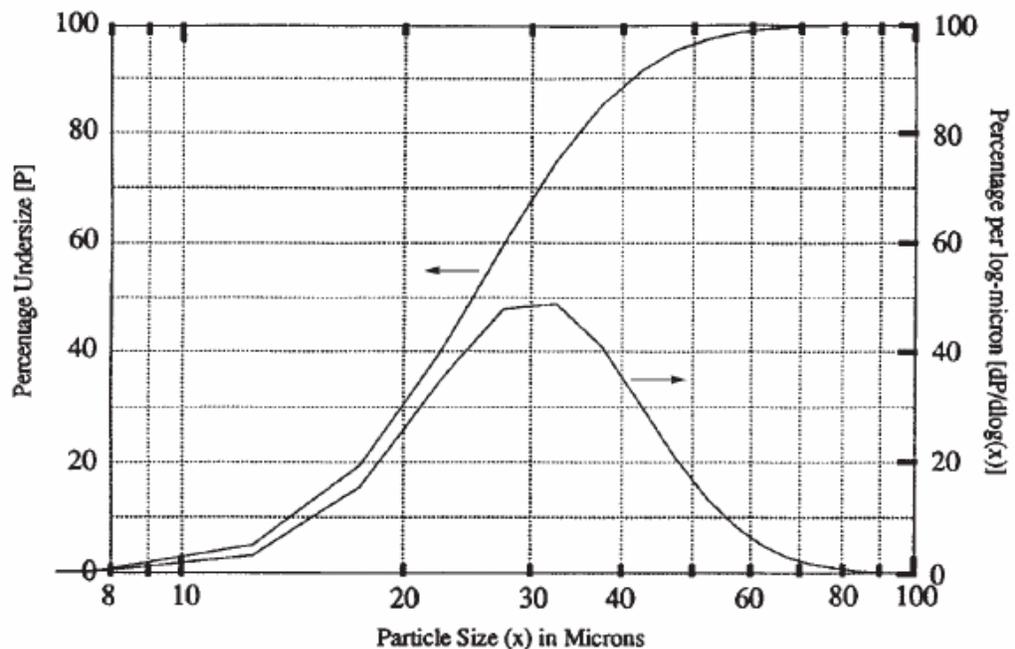
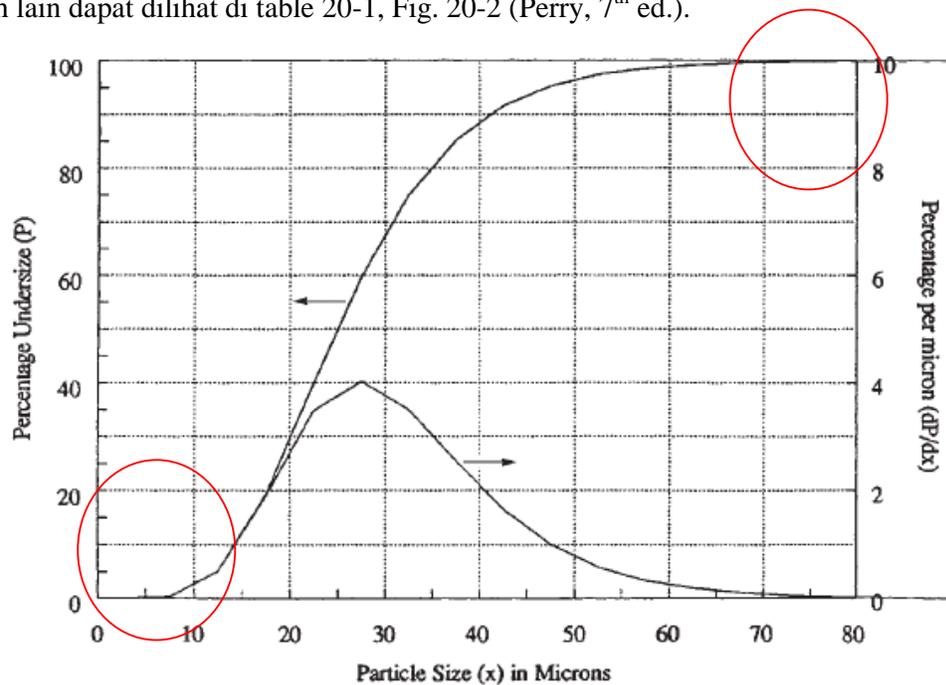
Davg., satuan	Berat, satuan	Fraksi massa

2. grafik fraksi massa vs diameter.

Contoh tabulasi fraksi massa vs diameter dapat dilihat di table 5 (Brown) dan grafik di Fig. 11, 13 dan 15 (Brown).

Grafik fig 15 menggunakan skala log, sehingga rentang ukuran terkecil sampai terbesar dapat disajikan dalam sebuah grafik.

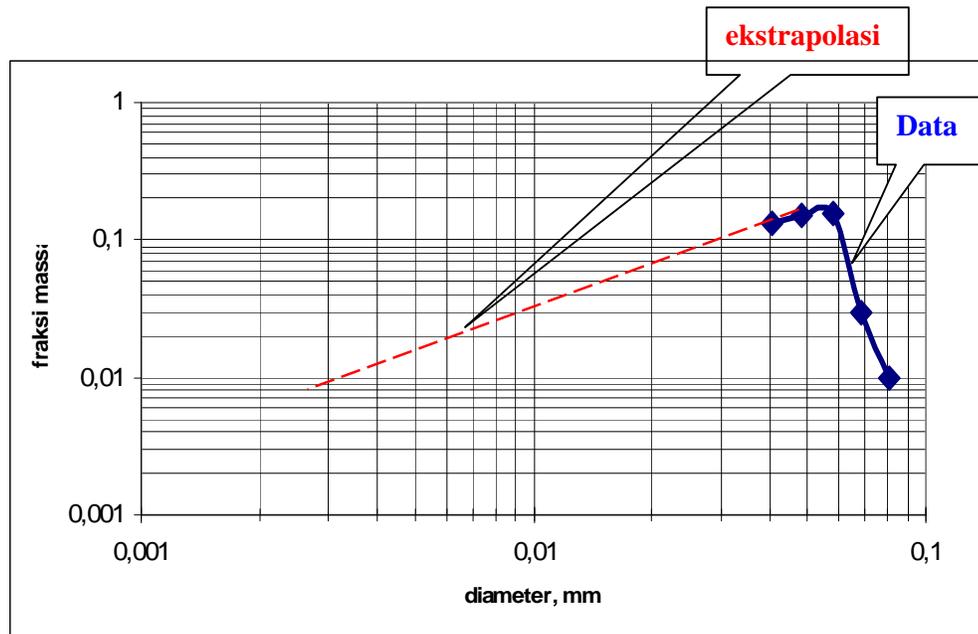
Contoh lain dapat dilihat di table 20-1, Fig. 20-2 (Perry, 7th ed.).



Grafik skala log digunakan untuk memprediksi distribusi ukuran partikel kecil yang lolos ayakan terkecil.

Misalnya di laboratorium hanya tersedia ayakan terkecil 200 mesh, dan ternyata ada partikel yang lolos 200 mesh dengan total fraksi 0,2. Tentu saja, ukuran partikel yang lolos 200 mesh ini tidak seragam. Bagaimanakah distribusi ukuran yang lolos 200 mesh ini?

Distribusi ukuran partikel yang lolos 200 mesh ini diprediksi dengan cara ekstrapolasi grafik yang disusun berdasarkan data yang diperoleh sebelumnya. Contoh seperti gambar sbb.:



Distribusi ukuran sangat penting diketahui, hal ini dapat digunakan untuk mengetahui efisiensi alat size reduction. Di alat size reduction harus terjadi pengecilan ukuran, maka perlu dianalisis distribusi ukuran umpan dan produk alat itu.

TUGAS: buatlah grafik hubungan % massa lolos screen vs diameter partikel suatu campuran di bawah ini. Gunakan grafik ini untuk menentukan distribusi ukuran partikel yang lolos 200 mesh.

mesh	% massa
-35 + 48	0
-48 + 65	24,6
-65 + 100	18,3
-100 + 150	14,1
-150 + 200	10,5
-200	32,5
	100

⇒ Average particle size.

Evaluasi Hasil Analisis Ayakan

Beberapa karakter padatan yang dapat dianalisis dari data hasil ayakan:

1. average diameter
Diameter yang jika dikalikan dengan jumlah partikel akan memberikan jumlah total diameter dalam campuran itu.
 $D_{avg} \times (\text{jumlah partikel}) = D \text{ total campuran.}$
2. Average surface
Surface average \times (jumlah partikel) = surface total
3. Average volume
Volume avg \times (jumlah partikel) = surface total
4. Average mass
Mass avg \times (jumlah partikel) = massa total

Beberapa dimensi atau ukuran yang digunakan untuk menyatakan ukuran suatu campuran antara lain:

1. True Arithmetic Average Diameter (TAAD)

$$TAAD = \frac{\text{diameter total}}{\text{jumlah partikel total}}$$

Misal : Hasil analisis ayakan suatu campuran adalah sbb.:

Mesh	Davg.	Fraksi massa	Jumlah partikel
	D1	X1	N1
	D2	X2	N2

	dst		

$$\text{Diameter total} = N1.D1 + N2.D2 + N3.D3 + \dots + \dots = \sum (Ni \cdot Di)$$

$$\text{Jumlah partikel total} = N1 + N2 + N3 + \dots = \sum (Ni)$$

Dalam prakteknya, menghitung jumlah partikel sangatlah sulit, lebih menentukan massa dari masing-masing ukuran. Oleh karena itu, dicari hubungan antara jumlah partikel dengan massa pada masing-masing ukuran tersebut. Pendekatan yang diambil sbb.:

ditinjau untuk partikel berukuran D_i :

$$[\text{massa total partikel}] = [\text{jumlah partikel}] \times [\text{massa sebuah partikel}]$$

dengan,

$$[\text{massa sebuah partikel}] = \rho_{\text{partikel}} \times [\text{volum sebuah partikel}]$$

$$\text{volum sebuah partikel} = c \times D_i^2$$

dengan $c = \frac{\pi}{6}$ untuk partikel berbentuk bola

$c = 1$ untuk partikel berbentuk kubus

Jika M = massa total campuran, maka ;

[massa total partikel berukuran D_i] = $M \times X_i$

Persamaan pendekatan menjadi :

$$(M \cdot X_i) = N_i \times (\rho \cdot c \cdot D_i^3)$$

$$N_i = \frac{M \cdot X_i}{\rho \cdot c \cdot D_i^3}$$

Maka jumlah partikel campuran total:

$$\begin{aligned} \sum N_i &= N_1 + N_2 + N_3 + \dots \\ &= \frac{M \cdot X_1}{\rho \cdot c \cdot D_1^3} + \frac{M \cdot X_2}{\rho \cdot c \cdot D_2^3} + \frac{M \cdot X_3}{\rho \cdot c \cdot D_3^3} + \dots \\ &= \frac{M}{\rho \cdot c} \sum \frac{X_i}{D_i^3} \end{aligned}$$

$$TAAD = \frac{\sum D_i}{\frac{M}{\rho \cdot c} \sum \frac{X_i}{D_i^3}}$$

2. Mean Surface Diameter (D_p)

Diameter yang dapat mewakili untuk menghitung luas permukaan total.

(luas permukaan dengan D_p)x(jumlah total partikel) = (luas permukaan total)

Jika bentuk bola, luas permukaan = πD^2

buktikan :

$$D_p = \sqrt{\frac{\sum \frac{X_i}{D_i}}{\sum \frac{X_i}{D_i^3}}}$$

3. Mean Volume Diameter (D_v)

Diameter yang dapat mewakili untuk menghitung volum total campuran.

[volum partikel dengan D_v]x[jumlah total partikel] = [volum partikel total]

dengan,

[volum partikel total] = [vol D_1 x N_1] + [vol D_2 x N_2] +

$$\begin{aligned} &= \sum [c \cdot D_i^3 \cdot N_i] \\ c \cdot D_v^3 \cdot \sum N_i &= \sum [c \cdot D_i^3 \cdot N_i] \end{aligned}$$

$$D_v = \sqrt[3]{\frac{\sum X_i}{c \cdot \sum \frac{X_i}{D_i^3}}}$$

4. Surface area

Dalam prakteknya, luas permukaan sejumlah partikel dalam campuran sulit diukur, maka perlu dicari cara lain, yaitu mengevaluasi luas permukaan padatan per satuan massa padatan.

$$\text{specific surface} = \frac{\text{surface area}}{\text{unit of mass}}$$

Specific surface dapat dihitung dengan mudah jika geometri partikel diketahui.

Contoh :

Untuk sebuah bola : luas permukaan =.....?

$$\text{Massa bola} = \dots?$$

Maka, specific surface =.....?

Pada alat screen, yang teranalisis adalah D_{avg} , jika $D \neq D_{avg}$ maka persamaan di atas perlu dikoreksi.

Biasanya menggunakan perbandingan specific surface atau ratio of specific surface = n.

$$n = \frac{\text{specific surface}}{\frac{6}{\rho \cdot D_{avg}}} = \frac{\text{actual surface area}}{\text{surface area of a sphere}}$$

Hubungan specific surface dengan D_{avg} untuk beberapa material disajikan di figure 16 Brown.

Hubungan n dengan D_{avg} disajikan dalam fig. 17.

Untuk campuran partikel :

$$\text{total specific surface} = \frac{\text{total surface area}}{\text{total mass}}$$

$$\begin{aligned} \text{total surface area} &= \sum_i (\text{specific surface fraksi } i \times \text{massa } i) \\ &= \frac{6 n_1}{\rho (D_{avg})_1} m_1 + \frac{6 n_2}{\rho (D_{avg})_2} m_2 + \dots \end{aligned}$$

Buktikan :

$$\text{Total specific surface} = \frac{6}{\rho} \sum_i \frac{n_i \cdot x_i}{D_{avg_i}}$$

Satuan total specific surface di atas bersatuan satuan area per satuan massa.

Jika dinyatakan dalam satuan area per satuan volum:

$$\text{total specific surface} = \frac{\text{total surface area}}{\text{total volum}}$$

$$\begin{aligned} \text{total surface area} &= \sum_i (\text{specific surface fraksi } i \times \text{massa } i) \\ &= \frac{6 n_1}{\rho (D_{avg})_1} m_1 \rho + \frac{6 n_2}{\rho (D_{avg})_2} m_2 \rho + \dots \end{aligned}$$

Buktikan :

$$\text{Total specific surface} = \frac{6}{\rho} \sum_i \frac{n_i \cdot x_i}{D_{avg_i}}$$

Tugas: Problem 1, 2, dan 3 (Brown, pp. 22-23).