BAB II
LANDASAN TEORI

2.1. METALURGI SERBUK.

Metalurgi serbuk merupakan proses pembuatan produk dengan *raw material* berupa serbuk logam atau serbuk *non* logam yang ditekan *(compacting)* di dalam cetakan *(dies)* dan kemudian dipanaskan *(sintering)* sehingga dihasilkan sebuah produk yang solid dengan bentuk seperti cetakannya.

2.2. KARAKTERISTIK SERBUK.

Partikel didefinisikan sebagai unit terkecil dari serbuk yang tidak dapat dibagi lagi. Dalam metalurgi serbuk, partikel mempunyai ukuran lebih besar dari asap (0,01 – 1 μm) namun lebih kecil dari pasir (0,1 – 3 mm). Karakteristik yang penting dari partikel adalah: distribusi serbuk dan ukuran partikel, bentuk dan struktur internal partikel, luas permukaan, gesekan antar partikel, karakteristik alir (*flow characteristic*) dan mampu-mampat (*compressibility*), mampu isi (*packing*), serta komposisi, homogenitas, dan kontaminasi.

Beberapa keuntungan dari metalurgi serbuk yaitu :

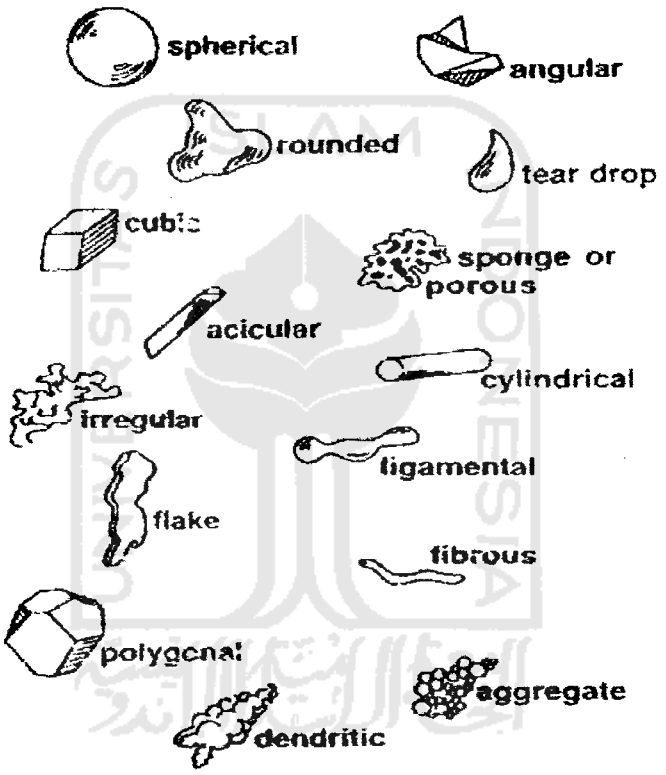
- menghilangkan atau meminimasi proses permesinan.
- tidak ada material yang terbuang.
- ketelitian dan kehalusan permukaan produk lebih tinggi.
- kekuatan dan ketahanan aus meningkat.
- bentuk produk yang kompleks.

Sedangkan kelemahan dari metalurgi serbuk yaitu :

- membutuhkan alat dan biaya produksi relatif mahal.
- bahan baku serbuk cukup mahal.
- membutuhkan proses pembuatan serbuk terlebih dahulu.
- untuk bentuk geometri yang kompleks, kerapatan produk metalurgi serbuk dapat bervariasi.

2.2.1. Bentuk Partikel (*Particle Shape*).

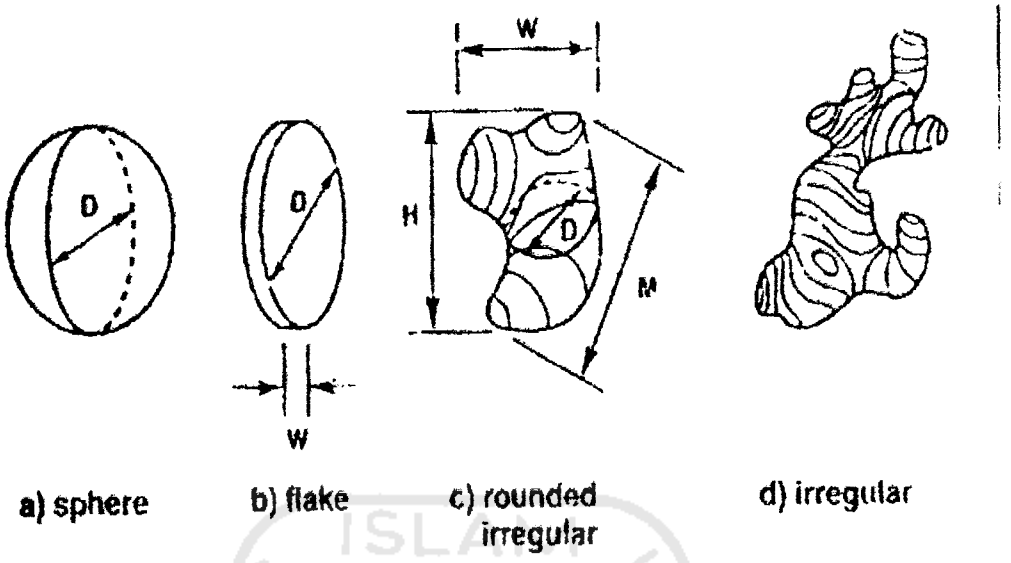
Bentuk partikel serbuk tergantung pada bagaimana proses pembuatan serbuk dilakukan. Bentuk partikel ini mempengaruhi sifat ketermampu-mampatan (*compressibility*), karakteristik alir (*flow characteristic*), dan ketermampu-isian (*packing*) dari serbuk. Berbagai bentuk partikel serbuk dapat dilihat pada Gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1. Bentuk-Bentuk Partikel Serbuk (*German, 1984*).

2.2.2. Ukuran Partikel (*Particle Size*).

Ukuran partikel merupakan salah satu karakteristik penting dalam metalurgi serbuk. Ada dua cara penentuan ukuran partikel, yaitu : *Possible Size Measure* dan *Equivalent Sphere Diameter*.

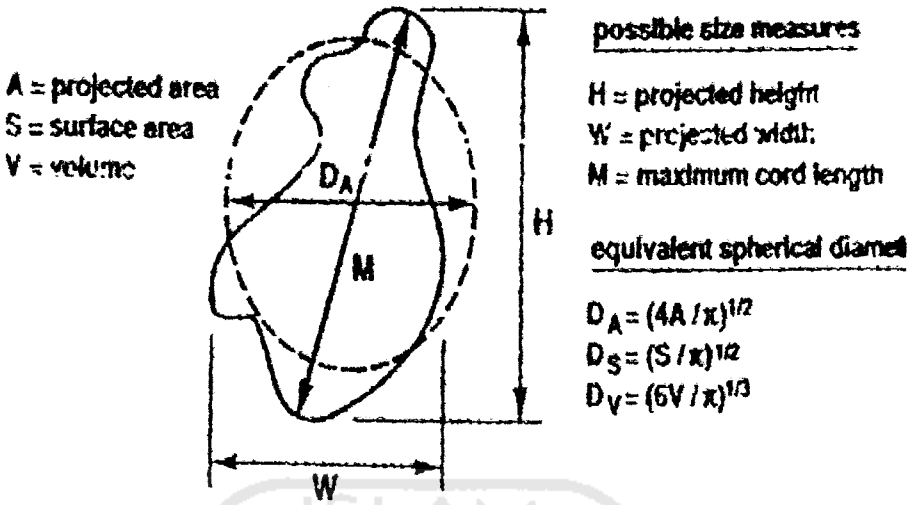


Gambar 2.2. *Posible Size Measure* (*German, 1984*).

Dari gambar di atas dapat dilihat ukuran partikel. Gambar 2 (a) merupakan partikel berbentuk bola, hanya memiliki satu parameter ukuran yaitu diameter (D). Namun untuk partikel dengan bentuk yang lebih kompleks, ukuran partikel lebih sulit ditentukan secara langsung, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2 (b), yaitu partikel berbentuk keping (*flake*), mempunyai dua parameter ukuran, yaitu diameter (D) dan lebar (W). Gambar 2 (c) adalah ukuran partikel berbentuk bulat tak beraturan (*rounded irregular*) dimana ukuran partikel ditentukan dengan tinggi proyeksi (H), panjang maksimum (M), lebar (W), dan diameter (D).

Equivalent Sphere Diameter.

Diameter Bola Ekuivalen (*Equivalent Sphere Diameter)* dapat ditentukan dari luas permukaan, volume, dan luas proyeksi dari partikel, seperti pada Gambar 2.3 berikut ini :



Gambar 2.3. Diameter Bola Ekuivalen (*German, 1984*)

Diameter Bola Ekuivalen Berdasarkan Luas Proyeksi Partikel (D_A) dirumuskan sebagai berikut :

$$A = \frac{\pi . D_A^{\,2}}{4}, \longrightarrow D_A = \sqrt{\frac{4.A}{\pi}} \qquad (1)$$

A = Luas Proyeksi Partikel (mm²).

Diameter bola ekuivalaen berdasarkan Volume Bola Partikel (Dv) dirumuskan

Diameter Bola Ekuivalen Berdasarkan Volume Partikel (D_V) :

$$V = \frac{\pi . D_V^{\,3}}{6}, \longrightarrow D_V = \sqrt[3]{\frac{6.V}{\pi}} \qquad (2)$$

V = volume bola partikel (mm^3).

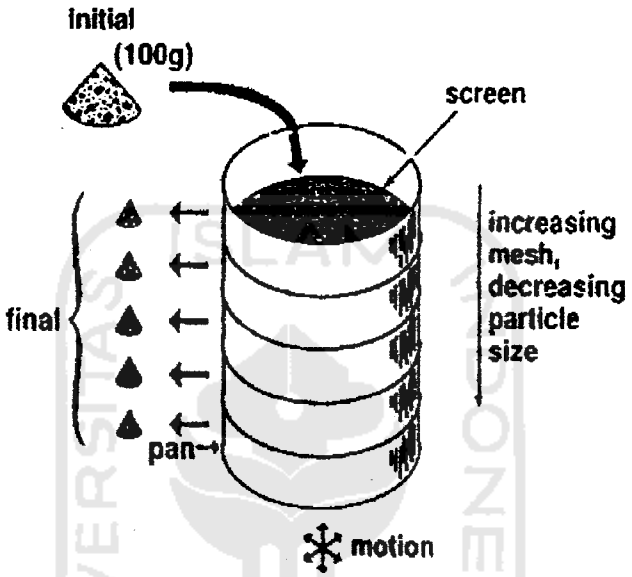
Bola Ekuivalen Berdasarkan Luas Permukaan Partikel (D_S) :

$$S = \pi . Ds^2 \longrightarrow D_S = \sqrt{\frac{S}{\pi}} \qquad (3)$$

S = luas permukaan partikel (mm^2)

2.2.3. Distribusi Ukuran Partikel (*Particle Size Distribution*)

Metoda yang umum dan dapat digunakan dengan cepat untuk menentukan ukuran partikel secara kolektif adalah menggunakan metoda ayakan (*screening*), seperti yang terlihat pada Gambar 2.4 di bawah ini.



Gambar 2.4. Metoda Ayakan (*screening*) (*German, 1984*)

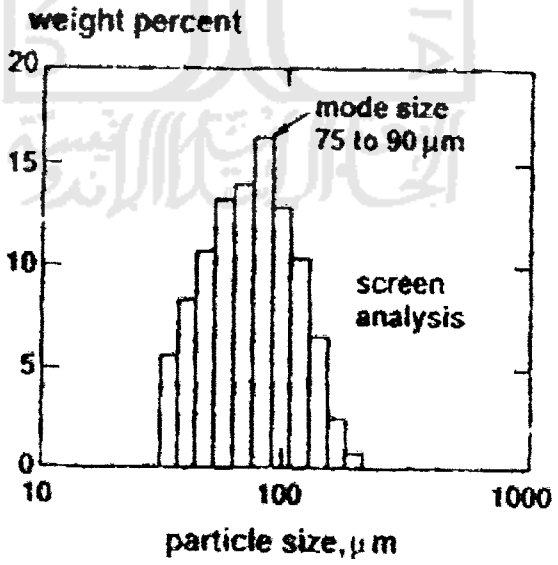
Ukuran ayakan (*mesh size*) ditentukan oleh jumlah kawat dalam satu satuan panjang.Sebagai contoh, ayakan mempunyai ukuran 200, maka dalam satu inchi^2 terdapat 200 kawat, sehingga jarak antar diameter kawat sebesar 127 μm. Jika setiap kawat mempunyai diameter 52 μm, maka ukuran lubang (*opening*) pada ayakan tersebut mempunyai ukuran 75 μm.

Semakin tinggi *mesh size* maka semakin kecil lubang-lubang dalam ayakan tersebut, artinya semakin halus partikel yang dihasilkan ayakan tersebut. Standard ukuran ayakan dapat dilihat pada Tabel 2.1 di bawah ini.

Tabel 2.1. Standard Ukuran Ayakan *(standart sieve size)*

Ukuran ayakan	Ukuran Lubang (μm)	Ukuran ayakan	Ukuran Lubang (μm)
18	1000	100	150
20	850	120	125
25	710	140	106
30	600	170	90
35	500	200	75
40	425	230	63
45	325	270	53
50	300	325	45
60	250	400	38
70	212	450	32
80	180	500	25

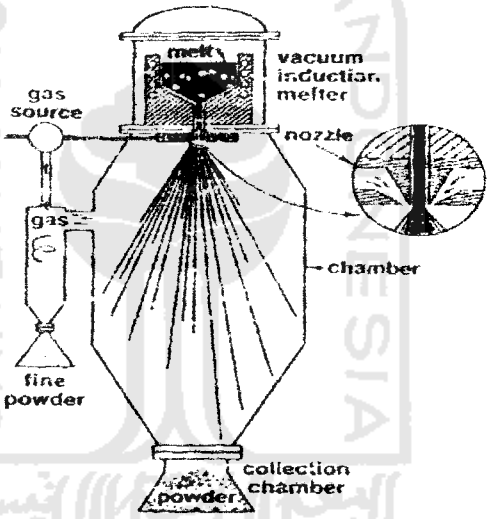
Ukuran partikel secara kolektif dinyatakan dalam analisis distribusi ukuran partikel yang berbentuk grafik histogram. Grafik ini menunjukkan jumlah serbuk yang berada dalam setiap inkremen ukuran partikel, seperti pada Gambar 2.5 berikut ini :



Gambar 2.5. Distribusi Ukuran Partikel.

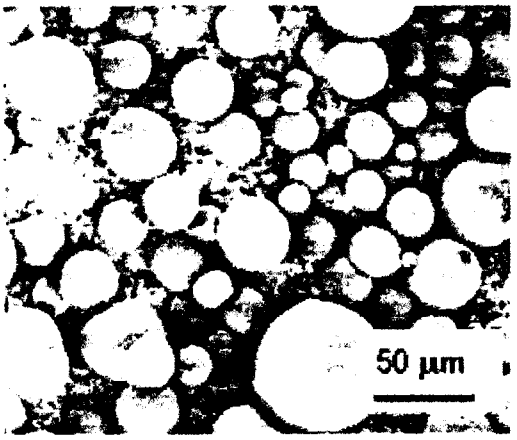
2.3.2. Metoda Atomisasi Gas.

Prinsip kerja dari metoda atomisasi gas adalah sejumlah logam dicairkan dengan tungku induksi yang berada di atas. Logam yang telah mencair dialirkan ke dalam *nozzle*. Gas bertekanan tinggi keluar dengan cepat dari beberapa lubang yang dipasang di sekeliling *nozzle* tersebut. Gas yang terekspansi dengan cepat ini memecah dan mengatomisasi aliran logam cair yang keluar dari *nozzle* menjadi butiran-butiran kecil. Semakin besar kecepatan gas yang keluar dari *nozzle* maka semakin halus partikel yang dihasilkan. Prinsip kerja metoda atomisasi gas dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6. Metoda Atomisasi Gas Vertikal (*German, 1984*).

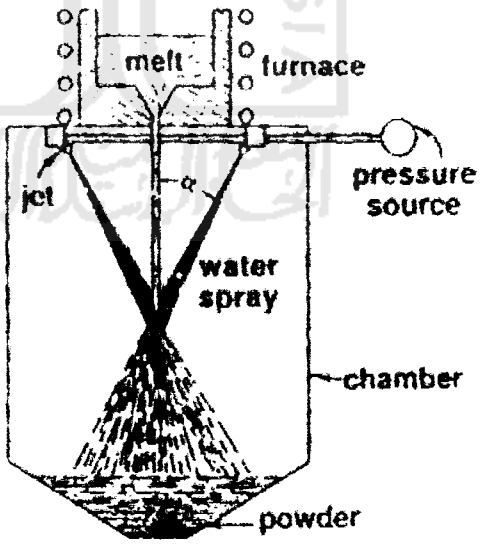
Gas yang biasa digunakan dalam metoda atomisasi ini adalah udara, nitrogen, argon, dan helium. Gas dalam metoda ini selain berfungsi untuk mengatomisasi logam cair, juga untuk melindungi butiran logam dari oksidasi. Pemilihan gas yang digunakan tergantung pada logam yang akan dibuat serbuk. Serbuk yang dihasilkan dari atomisasi gas mempunyai bentuk bulat (*spherical*), ukuran relatif kecil, dan homogen dapat dilihat pada Gambar 2.7.



Gambar 2.7. Serbuk Hasil Atomisasi Gas (*German, 1984*).

2.3.3. Metoda Atomisasi Air.

Metoda ini adalah metoda yang paling sering digunakan untuk membuat serbuk logam yang mempunyai titik cair sampai dengan 1600°C. Prinsip kerja pembuatan serbuk dengan metoda atomisasi air, seperti yang ditunjukkan oleh Gambar 2.8 adalah sebagai berikut :

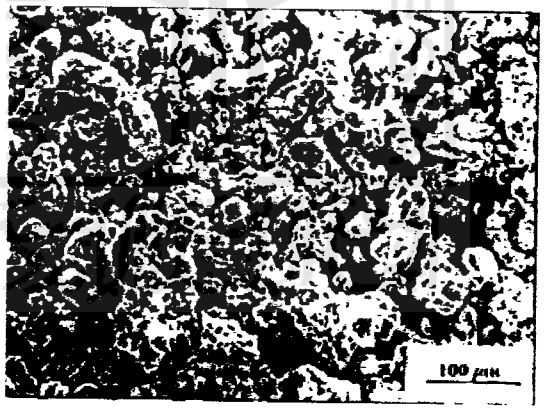


Gambar 2.8. Metoda Atomisasi Air (*German, 1984*).

Logam dicairkan dalam tungku, kemudian dialirkan ke bawah melalui lubang yang berada pada dasar tungku. Air bertekanan tinggi disemprotkan ke arah aliran logam cair yang sedang jatuh, sehingga terjadi pemecahan aliran logam cair yang disertai dengan proses pendinginan cepat. Logam cair terpecah menjadi butiran-butiran kecil dan mengalami pembekuan dengan cepat, terbawa oleh aliran air jatuh ke bawah dalam bentuk serbuk.

Karakteristik serbuk yang dihasilkan dipengaruhi oleh kecepatan dan tekanan air yang memecah aliran logam cair, sudut pancar air terhadap *nozzle*, perbandingan antara debit air dengan debit logam cair, jumlah *nozzle* air yang digunakan, karakteristik dari logam yang dibuat serbuk, dan faktor-faktor lainnya.

Bentuk serbuk yang dihasilkan dari metoda atomisasi ini adalah tidak beraturan dan kasar yang disertai dengan oksidasi. Hal tersebut disebabkan karena proses pendinginan yang cepat.Seperti yang terlihat pada Gambar 2.9 di bawah ini :



Gambar 2.9. Hasil Serbuk Metoda Atomisasi Air

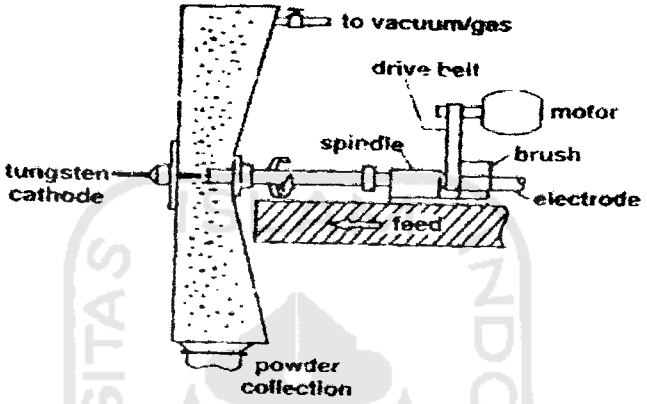
(*German, 1984*).

2.3.4. Metode Atomisasi Sentrifugal.

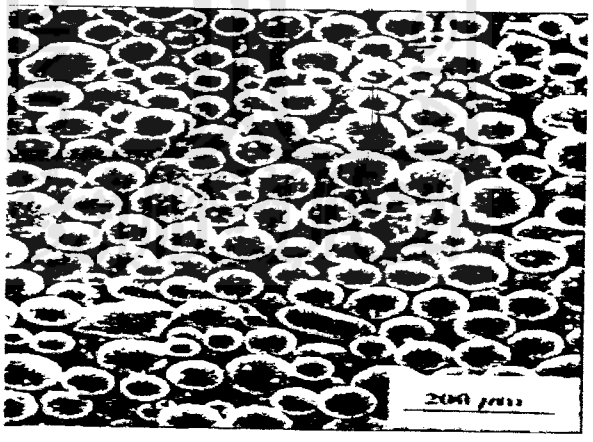
Metoda ini memanfaatkan gaya sentrifugal untuk memecah logam cair menjadi bentuk percikan-percikan logam cair, kemudian berubah menjadi bentuk serbuk yang padat karena adanya pendinginan yang cepat. Semakin

besar gaya sentrifugal akibat putaran semakin cepat, maka butiran serbuk yang dihasilkan juga semakin halus.

Salah satu contoh yang termasuk dalam metoda atomisasi sentrifugal ini adalah metoda elektroda berputar (*rotating electrode*), seperti yang terlihat pada Gambar 2.10 berikut ini :



Gambar 2.10. Metoda Atomisasi Elektroda Berputar (*German, 1984*).



Gambar 2.11 Serbuk Hasil Atomisasi Elektroda Berputar (*German, 1984*).

Prinsip kerja dari metoda ini adalah sebagai berikut : batang logam yang akan dibuat serbuk berperan sebagai anoda, dipasangkan ke spindel yang berputar. Batang ini dipanaskan oleh *stationary tungsten electrode* berperan sebagai katoda yaitu dengan pancaran busur listrik yang timbul di

antara keduanya. Logam yang telah mencair terlempar menjadi butiran-butiran akibat gaya sentrifugal dari batang yang berputar.

Keuntungan dari metoda sentrifugal ini adalah serbuk yang dihasilkan lebih bersih, mempunyai bentuk bulat, ukuran partikel relatif kecil dan seragam, dan sedikit kontaminasi, seperti terlihat pada contoh gambar di atas.

UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA