

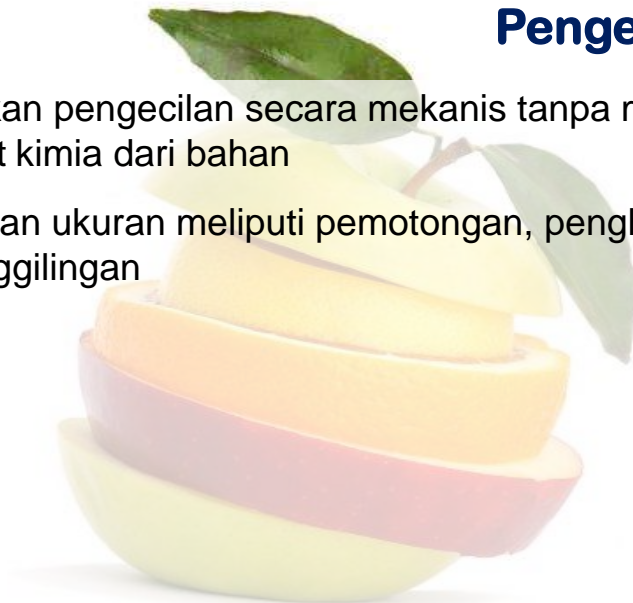
SIZE REDUCTION



RYN

Pengecilan ukuran

- Merupakan pengecilan secara mekanis tanpa mengubah sifat-sifat kimia dari bahan
- Pengecilan ukuran meliputi pemotongan, penghancuran, dan penggilingan



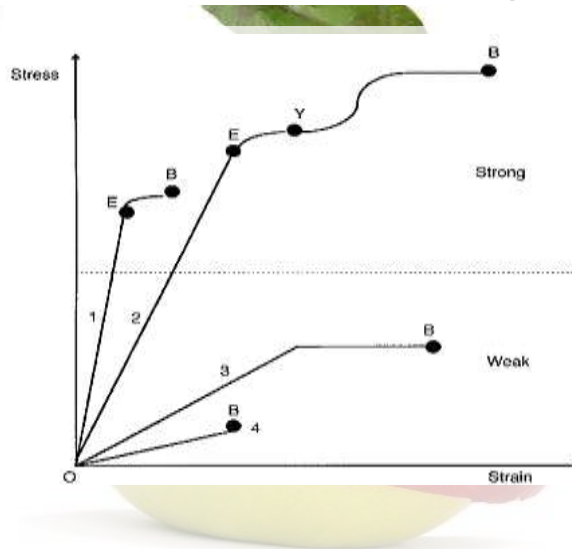
Tujuan pengecilan ukuran :

- Mendukung ekstraksi bahan
- Memperoleh produk dengan bentuk dan ukuran seragam sesuai dengan spesifikasi yang telah ditentukan
- Mempertinggi reaktivitas bahan sehingga proses pengolahan berjalan dengan baik
- Memberikan bentuk dan ukuran yang bersifat estetik sehingga memberikan kenampakan yang lebih menarik

Gaya untuk mengecilkan ukuran

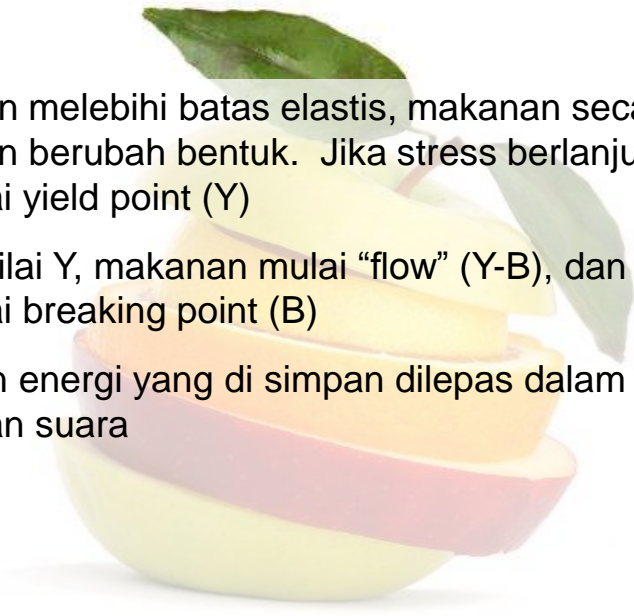
- Compression forces
- Impact forces
- Shearing(or attrition) forces

Diagram Stress Strain untuk berbagai jenis makanan




Hubungan antara stress – strain dlm pengecilan ukuran

- Ketika stress (gaya) diaplikasikan pada makanan akan menghasilkan strain internal, yang pada awalnya di absorpsi, dan menyebabkan deformasi pada jaringan
- Jika strain tidak melebihi batas tegangan elastis ϵ , maka jaringan akan kembali ke bentuk semula ketika tegangan di lepas, dan energi yang simpan dilepas dalam bentuk panas (Daerah OE)

- 
- Jika strain melebihi batas elastis, makanan secara permanen berubah bentuk. Jika stress berlanjut, strain mencapai yield point (Y)
 - Di atas nilai Y, makanan mulai “flow” (Y-B), dan akhirnya mencapai breaking point (B)
 - Sebagian energi yang di simpan dilepas dalam bentuk panas dan suara

Gaya untuk pengecilan ukuran untuk makanan

- 
- Makanan gembur atau kristal
 - Compression force
 - Makanan berserat
 - Impact force
 - Shearing force

Faktor lain

Faktor lain yang mempengaruhi energi input;

Kadar air makanan

- Kadar air optimum memudahkan pemecahan, ex. Penggilingan basah
- Kelebihan kadar air dapat menyebabkan penggumpalan partikel yang bisa menyumbat gilingan

Sensivitas makanan terhadap panas

- Kecepatan penggilingan tinggi akan meningkatkan suhu → terkadang butuh pendingin

- Ukuran yang digunakan dinyatakan dengan mesh maupun mm.
- Mesh adalah jumlah lubang yang terdapat dalam satu inchi persegi (square inch),
- jika dinyatakan dalam mm maka angka yang ditunjukkan merupakan besar material yang diayak.

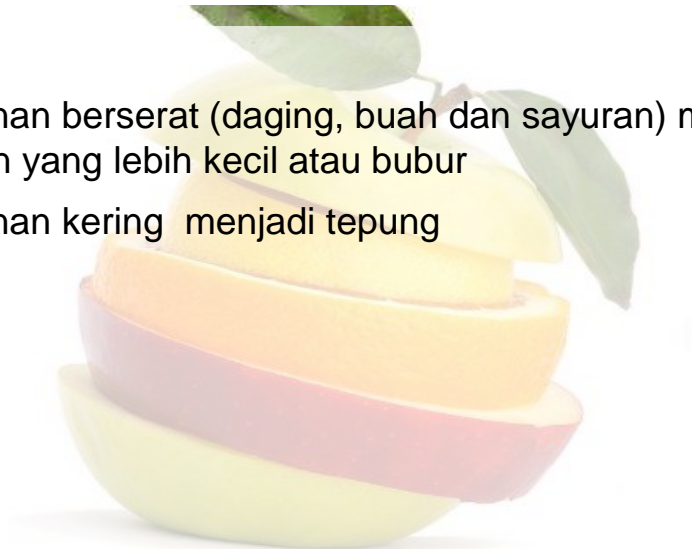
Size-reduction Equipment



RYN

Peralatan pengecilan ukuran

- Makanan berserat (daging, buah dan sayuran) menjadi ukuran yang lebih kecil atau bubur
- Makanan kering menjadi tepung

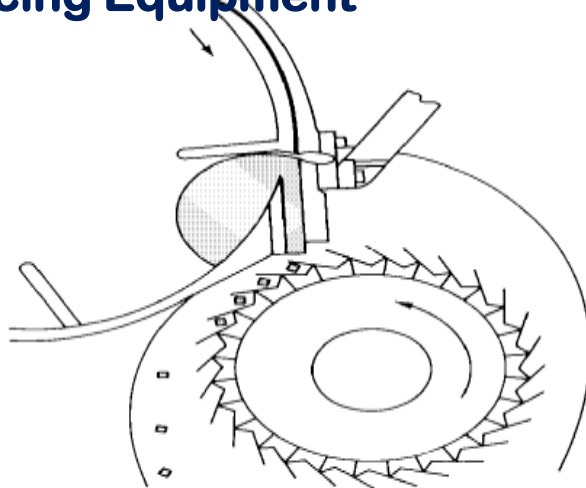


Pengecilan ukuran untuk makanan berserat

- Peralatan *slicing* dan *flaking*
- Peralatan *dicing*
- *shredding*
- *pulping*



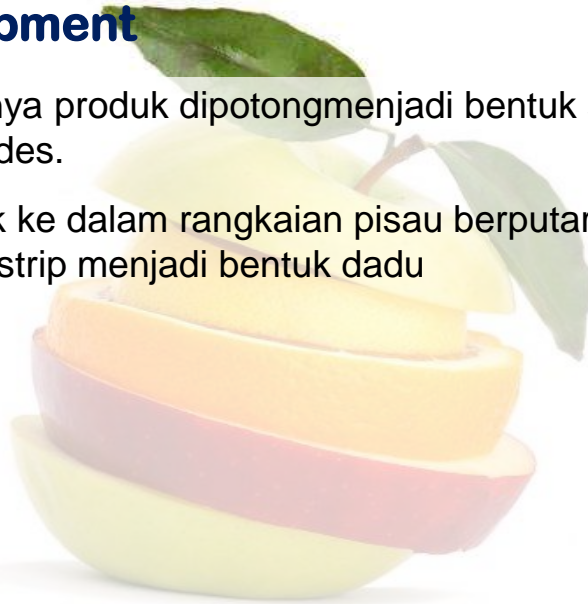
Slicing Equipment



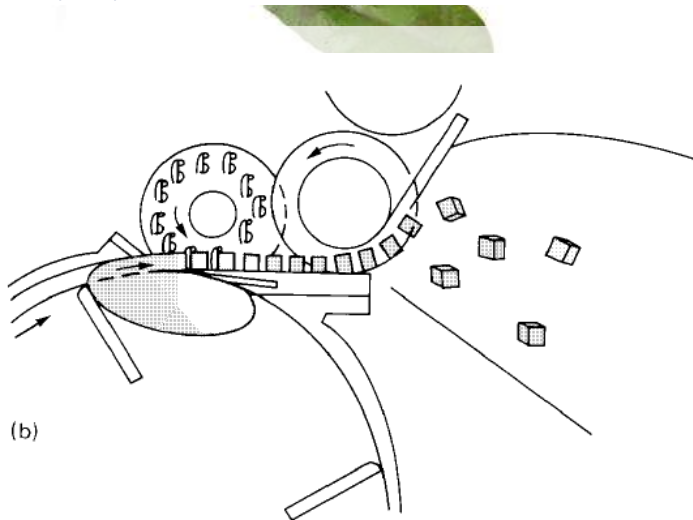
(a)

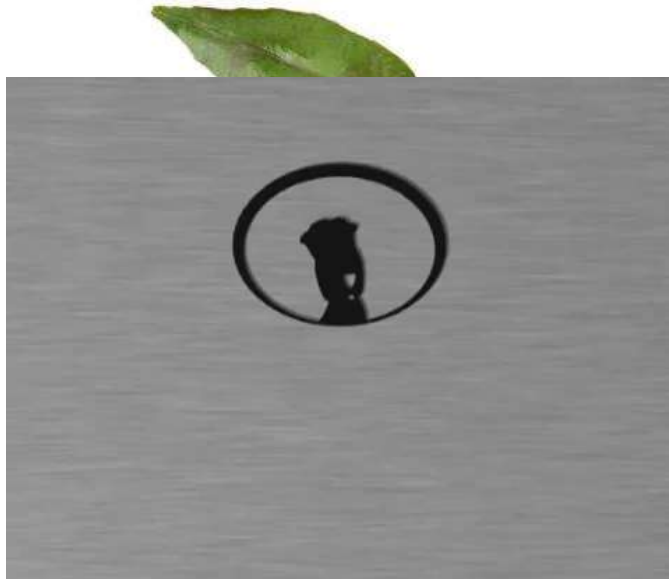
Dicing equipment

- Pada awalnya produk dipotong menjadi bentuk strip oleh rotating blades.
- Strip masuk ke dalam rangkaian pisau berputar yang akan memotong strip menjadi bentuk dadu



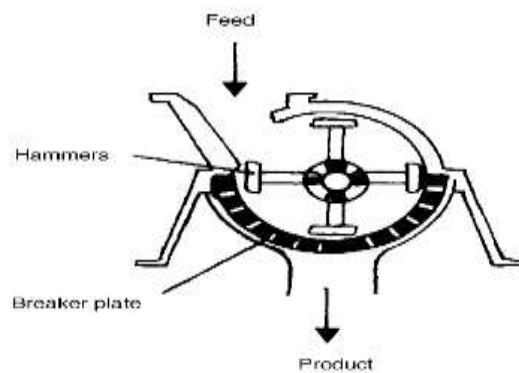
Dicing equipment





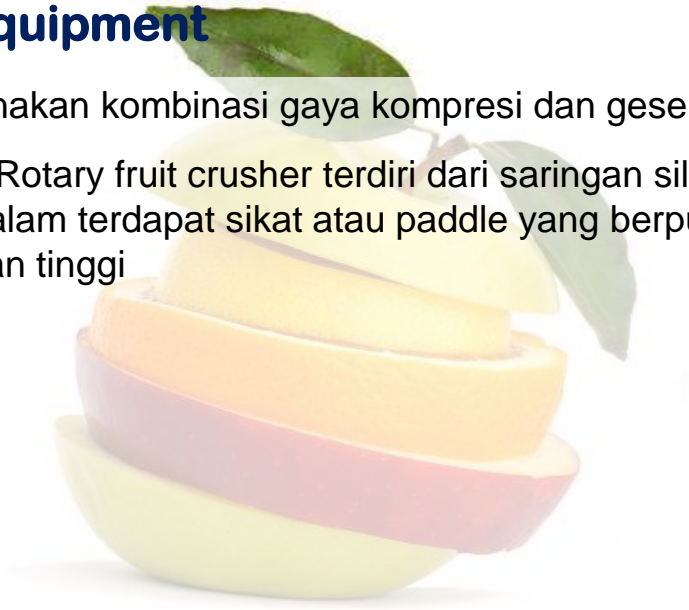
Shredding equipment

- Dimodifikasi dari hammer mill dimana pisau digunakan untuk memberikan gaya memotong



Pulping equipment

- Menggunakan kombinasi gaya kompresi dan geseran.
- Contoh: Rotary fruit crusher terdiri dari saringan silinder dan di dalam terdapat sikat atau paddle yang berputar pada kecepatan tinggi



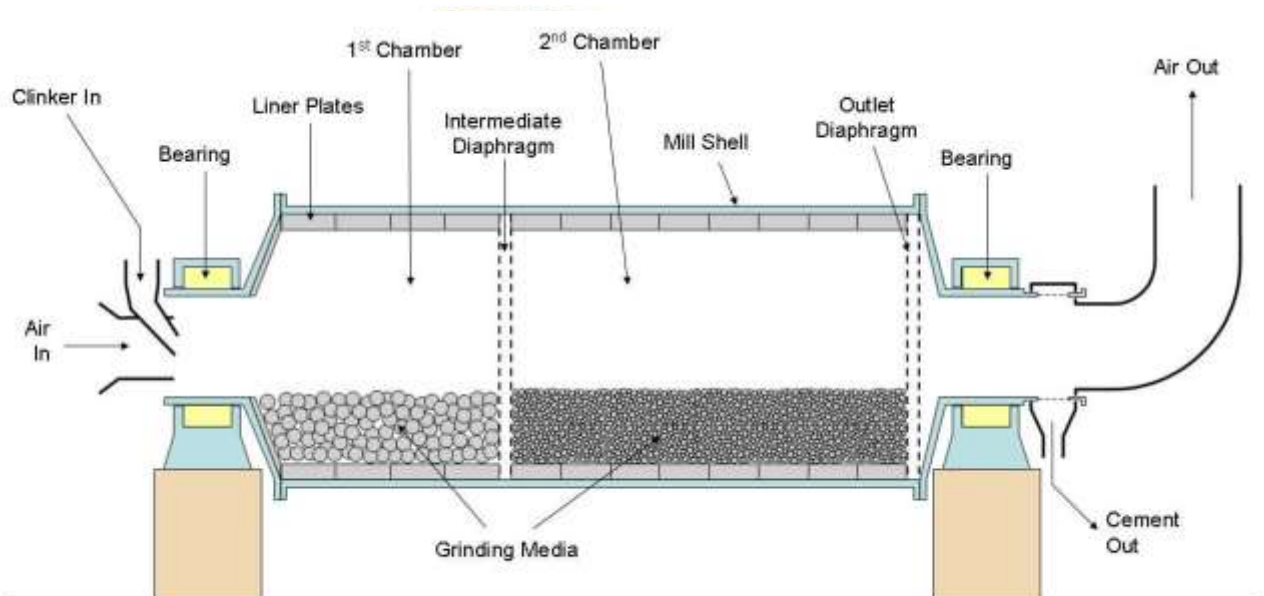
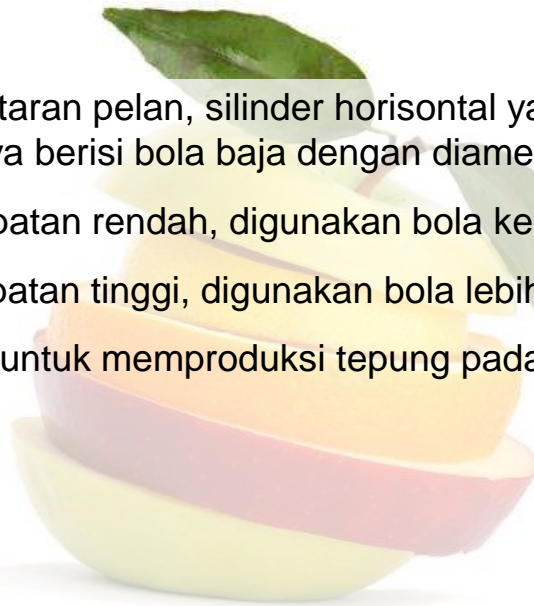
Size reduction untuk makanan kering

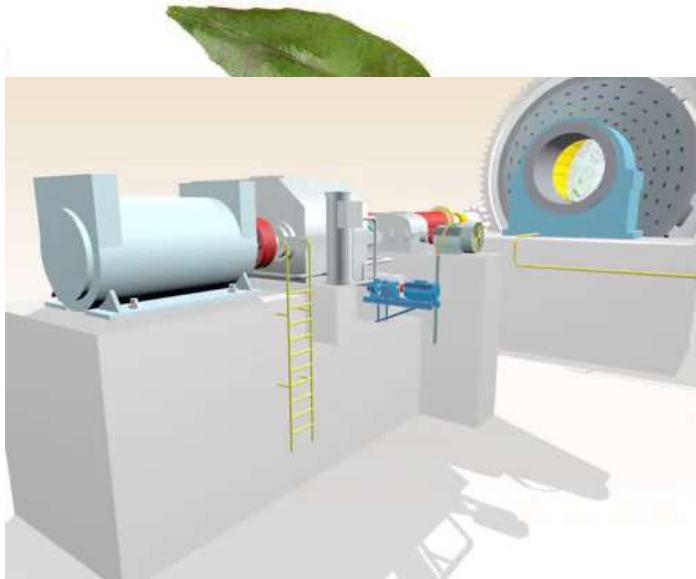
- Ball mills
- Disc mills
- Hammer mills
- Roller mills



Ball mills

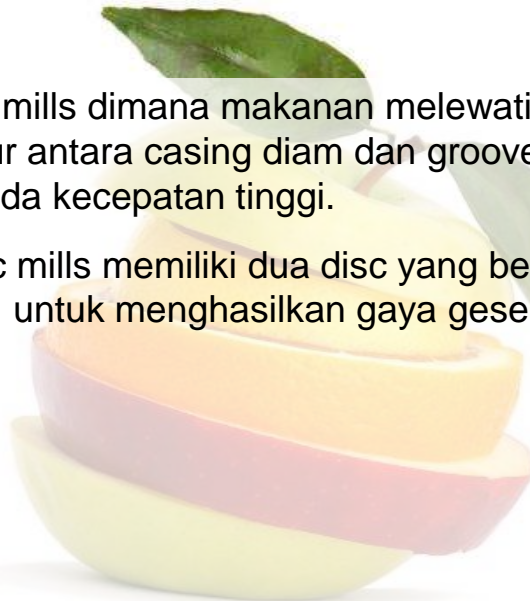
- Memiliki putaran pelan, silinder horisontal yang setengahnya berisi bola baja dengan diameter 2.5–15 cm
- Pada kecepatan rendah, digunakan bola kecil
- Pada kecepatan tinggi, digunakan bola lebih besar
- Digunakan untuk memproduksi tepung pada ukuran sangat halus



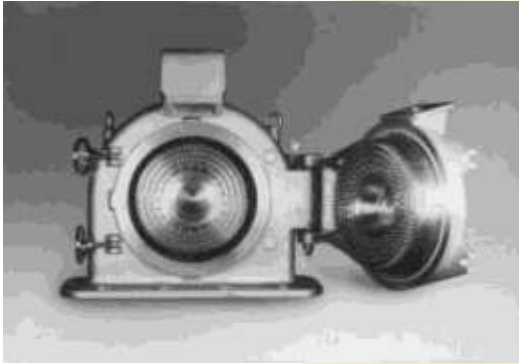


Disc mills

- Single-disc mills dimana makanan melewati celah yang dapat di atur antara casing diam dan grooved disc yang berputar pada kecepatan tinggi.
- Double-disc mills memiliki dua disc yang berputar pada arah berlawanan untuk menghasilkan gaya geser yang lebih



Pin and disc mill

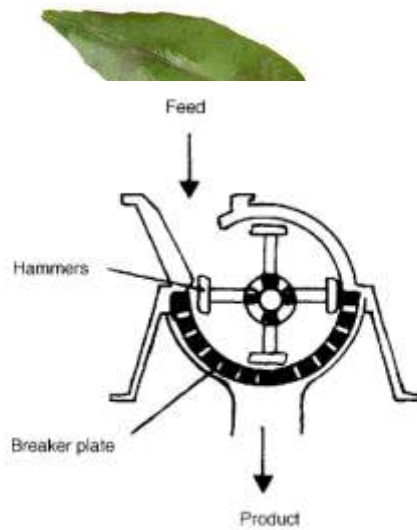


These improve the effectiveness of milling by creating additional impact and shearing forces.

Hammer mills

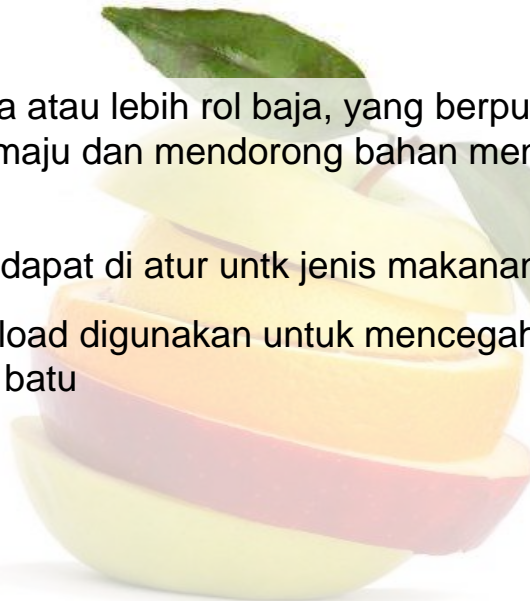
- Memiliki silinder horisontal, dan terdapat toughened steel breaker plate.
- Digunakan untuk bahan kristal dan berserat termasuk bumbu dan gula

Hammer mill



Roller mills

- Memiliki dua atau lebih rol baja, yang berputar berlawanan arah, arah maju dan mendorong bahan menuju nip (celah antar rol)
- Ukuran nip dapat di atur untk jenis makanan yang berbeda.
- Pegas overload digunakan untuk mencegah kerusakan dari logam atau batu





Applications of size reduction equipment

Equipment	Type of product ^a					Fineness ^b			
	1	2	3	4	5	a	b	c	d
Slicers			*	*	*	*			
Dicers			*	*	*	*			
Shredders				*	*	*	*		
Bowl choppers			*	*	*		*	*	
Pre-crushers	*			*	*		*		
Hammer mills	*	*		*	*		*	*	
Fine impact mills	*			*	*		*	*	*
Classifier mills	*				*				*
Air jets mills	*	*			*				*
Ball mills		*							*
Disc mills	*							*	*
Roller mills	*			*	*			*	*
Pulpers				*				*	*

^a 1 = soft brittle crystalline; 2 = hard abrasive; 3 = elastic tough cuttable; 4 = fibrous; 5 = heat sensitive greasy.

^b a = coarse lumps; b = coarse grits; c = medium to fine; d = fine to ultra-fine.

Properties and applications of selected size reduction equipment

Type of equipment	Type(s) of force	Peripheral velocity (m s^{-1})	Typical products
Pin-and-disc mill	Impact	80–160	Sugar, starch, cocoa powder, nutmeg, pepper, roasted nuts, cloves
Wing-beater mill	Impact and shear	50–70	Alginates, pepper, pectin, paprika, dried vegetables
Disc-beater mill	Impact and shear	70–90	Milk powder, lactose, cereals, dried whey
Vertical toothed disc mill	Shear	4–8 17	Frozen coffee extract, plastic materials Coarse grinding of rye, maize, wheat, fennel, pepper, juniper berry
Cutting granulator	Impact (and shear)	5–18	Fish meal, pectin, dry fruit and vegetables
Hammer mill	Impact	40–50	Sugar, tapioca, dry vegetables, extracted bones, dried milk, spices, pepper
Ball mill	Impact and shear	–	Food colours
Roller mills	Compression and shear	–	Sugar cane, wheat (fluted rollers) Chocolate refining (smooth rollers)

Energi untuk Pengecilan Ukuran



RYN

Kick's law

Energi yang dibutuhkan untuk mengecilkan ukuran partikel berbanding lurus dengan rasio ukuran awal dan ukuran akhir

$$E = K_K \ln\left(\frac{d_1}{d_2}\right)$$

$E(\text{J.kg}^{-1})$ = Energi yang dibutuhkan per massa makanan ($\text{W}/(\text{kg/s})$)

K_K = Konstanta Kick

d_1 (m) = Diameter awal rata-rata

d_2 (m) = Diameter akhir rata-rata.

d_1/d_2 = Rasio pengecilan ukuran (RR) dan digunakan untuk mengevaluasi performansi relatif pada tipe alat yang berbeda. Penggilingan kasar memiliki RR s di bawah 8:1, dan penggilingan halus rasio bisa lebih dari 100:1

Rittinger's law

Energi yang dibutuhkan proporsional dengan perubahan luas permukaan makanan

$$E = K_R \left(\frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right)$$

$E(\text{J.kg}^{-1})$ = the energy required per mass of feed ($\text{W}/(\text{kg/s})$)

K_R = Rittinger's constant,

d_1 (m) = the average initial size of pieces,

d_2 (m) = the average size of ground particles.

Bond's law

$$\frac{E}{W} = \sqrt{\frac{100}{d_2}} - \sqrt{\frac{100}{d_1}}$$

$E(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$ = the energy required per mass of feed ($W/(\text{kg}/\text{s})$)

$W(\text{J} \cdot \text{kg}^{-1})$ = the Bond Work Index (40,000–80,000 $\text{J} \cdot \text{kg}^{-1}$ for hard foods Such as sugar or grain)

$d_1(\text{m})$ = diameter of sieve aperture that allows 80% of the mass of the feed to pass

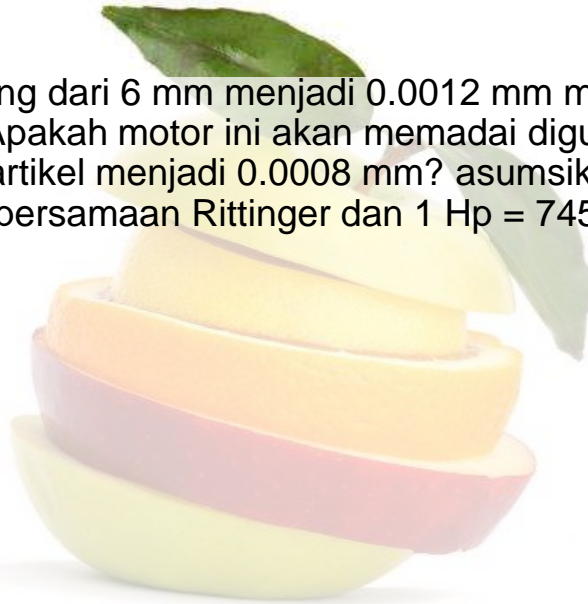
$d_2(\text{m})$ = diameter of sieve aperture that allows 80% of the mass of the ground material to pass.

- Kick's law memberikan hasil yang bagus untuk penggilingan kasar dimana terdapat sedikit peningkatan luas permukaan per satuan massa
- Rittinger's law memberikan hasil yang bagus untuk penggilingan halus dimana terdapat peningkatan luas permukaan
- Bond's law adalah tengah-tengah diantara keduanya

However, equations Rittinger's law and Bond's law were developed from studies of hard materials (coal and limestone) and deviation from predicted results is likely with many foods.

Contoh

Makanan di giling dari 6 mm menjadi 0.0012 mm menggunakan motor 10 Hp. Apakah motor ini akan memadai digunakan untuk menurunkan partikel menjadi 0.0008 mm? asumsikan dengan menggunakan persamaan Rittinger dan $1 \text{ Hp} = 745.7 \text{ watt}$

**Size Determination**

mesh	Ukuran bukaan	% bahan tertinggal	Dikalikan dengan
3/8	0.371	0.0	7 = 0.0
4	0.185	5.7	6 = 34.2
8	0.093	23.2	5 = 116.0
14	0.046	35.1	4 = 140.4
28	0.0232	18.4	3 = 55.2
48	0.0116	9.3	2 = 18.6
100	0.0058	5.8	1 = 5.8
pan		2.5	0 = 0.0
	Total	100	370.2

Modulus kehalusan = $370,2 / 100 = 3,7$

$D = 0.0041 (2)^{FM}$

