

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Size Reduction**

Pengecilan ukuran (size reduction) artinya membagi bagi suatu bahan padat menjadi bagian-bagian yang lebih kecil dengan menggunakan gaya mekanis atau menekan. Size reduction merupakan salah satu operasi dalam dunia industri dimana komoditi pertanian dikecilkan ukurannya untuk menghasilkan suatu produk yang memiliki nilai mutu dan nilai tambah yang tinggi. Operasi pengecilan ukuran terbagi menjadi dua kategori yaitu untuk bahan padatan dan untuk cairan (Smith, 1955).

Faktor-faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan alat size reduction:

- Ukuran umpan
- Size reduction ratio
- Distribusi ukuran partikel dii arus produk
- Kapasitas
- Sifat bahan : seperti hardness, abrasiveness, stickiness, densitas, flammability.
- Kondisi basah atau kering.

Berdasarkan cara kerja dan ukuran produk yang diperoleh, maka peralatan size reduction dapat dibedakan menjadi empat kelompok yaitu :

- Crusher (mesin pemecah)
- Grinder (mesin giling)
- Ultrafine Grinder (mesin giling ultra halus)
- Cutting machine (mesin pemotong)

### 1. Crusher

Mesin crusher (pemecah) bertugas sebagai pemecah bongkahan besar menjadi kepingan kecil. Crusher terbagi menjadi dua yaitu Primary crusher dan Secondary crusher. Primary crusher digunakan untuk mengerjakan bahan mentah hasil tambang dan dapat menampung segala macam yang keluar dari mulut tambang dan memecahkannya menjadi kepingan – kepingan berukuran 6-10 inci. Sedangkan secondary crusher bertugas memecah lagi kepingan – kepingan dari pemecah primer menjadi partikel yang berukuran menjadi sekecil  $\frac{1}{4}$  inci.

### 2. Grinder

Mesin pemecah sekunder mesin giling (Grinder) bertugas memperkecil umpan yang berasal dari mesin pemecah hingga menjadi serbuk. Hasil pemecahan intermediate grinder dapat lolos dari ayakan 40 mesh. Kebanyakan hasil penggilingan halus (fine grinder) akan lolos ayakan 200 mesh.

### 3. Ultrafine Grinder

Mesin giling ultra halus (ultrafine grinder) menampung partikel umpan yang lebih besar dari  $\frac{1}{4}$  inci dan hasilnya biasanya berukuran tertentu yaitu 1- 50  $\mu\text{m}$ .

### 4. Cutting machine

Mesin potong (cutting machine) menghasilkan partikel atau material yang mempunyai ukuran dan bentuk tertentu dengan panjang 2 hingga 10  $\mu\text{m}$ .

Pada proses pembuatan tepung ubi jalar, tipe mesin size reduction yang digunakan yaitu disk mill, dimana disk mill ini merupakan mesin pengecil ukuran yang mempunyai kemampuan menghasilkan bahan yang halus. Disk mill memiliki dua piringan yang dipasangkan pada sebuah shaft. Kedua piringan tersebut akan

berputar secara bersamaan dengan arah berlawanan sehingga akan dapat menghancurkan bahan yang digiling. Pada bagian piringan ini terdapat tonjolan-tonjolan yang berfungsi untuk menjepit bahan. Mesin ini merupakan mesin yang memiliki tipe gaya dengan penekanan. Selama proses, bahan akan mengalami gesekan diantara kedua piringan sehingga ukurannya menjadi lebih kecil dan halus sampai dapat keluar melalui mesh (AEL, 1976).



Gambar 1. Mesin Disk Mill

Bagian-bagian dari disk mill yaitu corong pemasukkan, dinding penutup dan cakram, corong pengeluaran, ruang sirkulasi udara, dinding penutup dan cakram, serta poros penggerak.

a. Corong pemasukan

Corong pemasukan merupakan bagian yang berfungsi sebagai tempat masuknya bahan yang akan digiling. Pada bagian ini dilengkapi dengan katup pemasukkan untuk mengatur banyaknya bahan yang akan digiling, sehingga pergerakan cakram lancar dan proses penggilingan juga dapat berjalan lancar.

b. Dinding penutup dan cakram

Dinding penutup dan cakram berfungsi sebagai pengupas dan penghancur biji karena adanya gerak putar dari cakram terhadap dinding penutup yang diam. Biji yang terkupas dan hancur itu merupakan akibat dari efek atrisi dan kompresi dari cakram.

c. Corong pengeluaran

Corong ini berfungsi untuk mempermudah dalam mewedahi bahan keluaran. Hal ini dikarenakan bahan yang keluar merupakan bahan dengan ukuran yang kecil.

d. Ruang sirkulasi udara

Ruang sirkulasi pada disk mill berfungsi untuk mempermudah pemasukkan bahan dan pengeluaran bahan dari cakram penggiling.

e. Poros penggerak

Poros penggerak dalam hal ini berfungsi untuk menggerakkan atau memutar cakram pada disk mill. Poros penggerak juga berfungsi untuk memutar silinder pengupas yang digerakkan oleh motor listrik dengan menggunakan puli dan belt sebagai penyalur daya. Pada poros penggerak terdapat pengunci untuk mengatur jarak antar cakram. Semakin kecil jarak antar cakram maka ukuran hasil pengolahan akan semakin halus (Smith, H.P. 1955)

## 2.2 Pengayakan (Screening)

Menurut (Fellows, 1990) pengayakan adalah suatu unit operasi dimana suatu campuran dari berbagai jenis ukuran partikel padat dipisahkan kedalam dua atau lebih bagian-bagian kecil dengan cara melewatkannya di atas screen (ayakan). Atau dengan kata lain pengayakan adalah suatu proses pemisahan bahan berdasarkan ukuran lubang kawat yang terdapat pada ayakan, bahan yang lebih kecil dari ukuran mesh/lubang akan masuk, sedangkan yang berukuran besar akan tertahan pada permukaan kawat ayakan. Setiap fraksi tersebut menjadi lebih seragam dalam ukurannya dibandingkan campuran aslinya. Screen adalah suatu permukaan yang terdiri dari sejumlah lubang-lubang yang berukuran sama. Permukaan tersebut dapat berbentuk bidang datar (horizontal atau miring), atau dapat juga berbentuk silinder. Screen yang berbentuk datar yang mempunyai kapasitas kecil disebut juga ayakan/pengayak (sieve).

Screening atau pengayakan secara umum merupakan suatu pemisahan ukuran berdasarkan kelas-kelasnya pada alat sortasi. Prinsip percobaan dari proses pengayakan pada bahan pangan adalah berdasarkan ukuran partikel bahan yang mempunyai ukuran lebih kecil dari diameter mesh agar lolos dan bahan yang mempunyai ukuran lebih besar dari diameter mesh akan tertahan pada permukaan kawat ayakan.

Produk dari proses pengayakan / penyaringan ada 2 yaitu:

- Ukuran lebih besar daripada ukuran lubang-lubang ayakan (oversize).
- Ukuran yang lebih kecil daripada ukuran lubang-lubang ayakan (undersize).

Tujuan dari proses pengayakan menurut (Taggart,1927) adalah:

- Mempersiapkan produk umpan (feed) yang ukurannya sesuai untuk beberapa proses berikutnya.
- Mencegah masuknya mineral yang tidak sempurna dalam peremukan (primary crushing) atau oversize ke dalam proses pengolahan berikutnya, sehingga dapat dilakukan kembali proses peremukan tahap berikutnya (secondary crushing).
- Untuk meningkatkan spesifikasi suatu material sebagai produk akhir.
- Mencegah masuknya undersize ke permukaan. Pengayakan biasanya dilakukan dalam keadaan kering untuk material kasar, dapat optimal sampai dengan ukuran 10 in (10 mesh). Sedangkan pengayakan dalam keadaan basah biasanya untuk material yang halus mulai dari ukuran 20 in sampai dengan ukuran 35 in.

Faktor yang harus diperhatikan dalam pemilihan screen:

- Kapasitas, kecepatan hasil yang diinginkan
- Kisaran ukuran ( size range)
- Sifat bahan : densitas, kemudahan mengalir (flowability)
- Unsur bahaya bahan : mudah terbakar, berbahaya, debu yang ditimbulkan.
- Ayakan kering atau basah.

Pemilihan screen berdasarkan ukuran disajikan di fig. 19 – 14 (Perry, 7th ed.)

Beberapa jenis ayakan yang sering digunakan antara lain:

1. Grizzly : merupakan jenis ayakan statis, dimana material yang akan diayak mengikuti aliran pada posisi kemiringan tertentu.



Gambar 2. Ayakan Grizzly

2. Vibrating screen : yaitu ayakan dinamis dengan permukaan horizontal dan miring digerakkan pada frekuensi 1000 sampai 7000 Hz. Ayakan jenis ini mempunyai kapasitas tinggi, dengan efisiensi pemisahan yang baik, yang digunakan untuk range yang luas dari ukuran partikel.



Gambar 3. Vibrating Screen

3. Reciprocating screen yaitu ayakan dinamis dengan gerakan menggoyang, pukulan yang panjang (20-200 Hz). Digunakan untuk pemindahan dengan pemisahan ukuran.

4. Oscillating screen: yaitu ayakan dinamis pada frekuensi yang lebih rendah dari vibrating screen (100-400 Hz) dengan waktu yang lebih lama.



Gambar 4. Oscillating Screen

5. Shifting screen yaitu ayakan dinamis yang dioperasikan dengan gerakan memutar dalam bidang permukaan ayakan. Gerakan actual dapat berupa putaran, atau getaran memutar. Digunakan untuk pengayakan material basah atau kering.
6. Revolving screen, ayakan dinamis dengan posisi miring, berotasi pada kecepatan rendah (10-20 rpm). Digunakan untuk pengayakan basah dari material-material yang relatif kasar, tetapi memiliki pemindahan yang besar dengan vibrating screen



Gambar 5. Revolving Screen



### 2.3 Shaker Screen

Shaker Screen adalah alat pemisahan mekanis dengan pola pengayakan dan penyaringan yang ukuran bahan disesuaikan dengan saringan (screen) yang digunakan dengan memanfaatkan tenaga listrik sebagai media penggerakannya. Jenis ayakan inibiasanya digunakan untuk memisahkan suatu produk yang dipilah berdasarkan ukuran partikelnya.

Saringan yang digunakan memiliki nilai mesh yang menyatakan jumlah lubang per 1 mm<sup>2</sup>. Saringan yang digunakan pada alat shaker screen memiliki nilai mesh 50, 70 dan 100. Saringan bertingkat dengan nilai mesh sama akan memperbaiki kualitas dan keseragaman hasil, sedangkan saringan bertingkat dengan nilai mesh berbeda akan menghasilkan beberapa produk dengan keseragaman berbeda.

Shaker screen ini akan menghasilkan 2 output yaitu over size, dan under size. Untuk over size merupakan ukuran yang lebih besar dari lubang ayakan yang berada diatas lubang ayakan dan under size adalah ukuran lebih kecil dari lubang ayakan sehingga produk dapat lolos melalui lubang-lubang kecil ayakan yang berada dibawah dari ayakan tersebut.

Pada dasarnya prinsip kerja dari alat shaker screen adalah proses pengayakan dengan cara menggoyangkan atau mengayunkan. Screen yang sering kita sebut pengayakan dan shaker yaitu goyangan. Bahan yang diayak akan bergerak-gerak diatas ayakan, berdesakan melalui lubang kemudian terbagi menjadi fraksi-fraksi yang berbeda. Hal ini dapat terjadi sebagai akibat dari perubahan posisi permukaan ayakan atau melalui pergeseran bahan yang diayak.



Gambar 6. Shaker screen

Kelebihan dari alat shaker screen sendiri adalah sangat cocok untuk proses pengayakan yang menghendaki hasil ayakan berukuran halus / kecil dengan hasil lebih banyak dibandingkan dengan pengayak lain. Karena modifikasi shaker screen lebih baik dalam proses pengoperasian, sehingga massa tepung ubi jalar tidak banyak yang terbang ke lingkungan. Sedangkan kekurangan dari alat ini adalah kurang cocok untuk operasi pengayakan dengan material berukuran besar.

## **2.4 Hukum – Hukum**

### **2.4.1 Hukum Bond**

Persamaan yang bisa digunakan adalah persamaan bond. Bond beranggapan bahwa energi yang dibutuhkan untuk membuat partikel dengan ukuran  $D_p$  dari feed dengan ukuran sangat besar adalah berbanding lurus dengan volume produk.

Dengan memecahkan faktor sphericity :

$$C_p / V_p = G / (v) \cdot (D_p)$$

Dimana :  $C_p$  = luasan partikel produk

$V_p$  = volume partikel produk

$v$  = Sphericity

Tenaga sphericity untuk berbagai macam produk dapat dilihat dari bermacam buku, misalnya Mc Cabe table 26-1 halaman 80.

Besar energi yang dibutuhkan :

$$p/m = k_b / (D_p)^{0.5}$$

Dimana  $k_b$  adalah suatu konstanta yang besarnya sama, tergantung pada tipe mesin dan material yang akan direduksi. Hubungan antara  $k_b$  dan  $W$  sebagai berikut :

$$k_b = W_i = 0,316W_i$$

Dimana,  $W_i$  adalah energi dalam Kwh tiap ton feed yang dibutuhkan untuk mereduksi feed dengan ukuran yang sangat besar sampai menghasilkan produk yang 90% mampu melewati saringan 100 mikro.

Dimana :

$P$  : dalam satuan kwh       $D_p$  : dalam satuan mm

$M$  : dalam satuan ton/jam

Bila 80% feed mampu melewati screen dengan ukuran  $D_{pa}$  dan 80% produk mampu melewati screen dengan ukuran  $D_{pb}$ , maka gabungan persamaan sebagai berikut :

$$D = 0,3162W_i \left( \frac{1}{D_{pb}^{\frac{1}{2}} - D_{pa}^{1/2}} \right)$$

(Brown, G.G. 1979)

### 2.4.2 Hukum Kick

Kick beranggapan bahwa energi yang dibutuhkan untuk memecahkan partikel zat padat adalah berbanding lurus dengan ratio dari feed dengan produk.

Secara sistematis dinyatakan :

$$HP = k \log D/d$$

Dimana :

HP = Tenaga yang dibutuhkan untuk memecahkan partikel zat padat

k = Konstanta Kick

D = Diameter rata – rata feed

(Brown, G.G. 1979)

### 2.4.3 Hukum Rittigen

Rittigen beranggapan bahwa besarnya energi yang diperlukan pada size reduction berbanding lurus dengan luasan partikel yang baru atau perbandingan luas permukaan partikel. Setelah dibuat model kubik hubungan dengan volume  $R \times F \times P$  inch. Bila  $F = F$ ,  $n = 1$ , maka luasan baru yang ditimbulkan pada operasi reduksi  $(3(n-1)F_2)$ . Dimisalkan energi yang dibutuhkan untuk pertambahan luas line BHFE. Energy yang diperlukan untuk pemecahan kubus :

$$E = 3BF^2(F-1) \longrightarrow 3BF^2 = (n-1)$$

$$F^3 = 3B (n-1) D$$

(Brown, G.G. 1979)

## 2.5 Perhitungan Efektifitas Screen

Efektifitas ayakan adalah ukuran keberhasilan ayakan dalam memisahkan bahan A dan B secara teliti (tergantung pada sifat pengoperasiannya). Efektivitas ayakan dihitung berdasarkan rekovery desired material dalam produk dan rekovery undesired material di arus reject. Kinerja alat ayakan ini dengan mekanisme goyangan sehingga memiliki efektifitas yang lebih baik dari alat lain. Karena kemampuan kinerjanya tidak menimbulkan bahan untuk terbuang ke lingkungan, sehingga didapatkan hasil yang konstan sesuai dengan input bahan.

Berdasarkan dari kedua recovery yaitu produk dan bahan yang digunakan diumpankan dan penolakan dari produk yang tidak diinginkan diumpankan jika :

$X_p$  = Fraksi berat dari bahan yang diinginkan produk

$X_f$  = Fraksi berat dari bahan yang diinginkan di umpan

$X_R$  = Fraksi berat dari bahan yang diinginkan untuk ditolak

P = Total berat produk

F = Total berat umpan

R = Total berat bahan yang ditolak

Penimbangan seluruh produk dan umpan itu tidak efisien dan itu diinginkan untuk menyatakan efektifitas sampel sendiri suatu keseimbangan bahan operasi screening.

$$X_f \cdot F = X_p \cdot P + X_R \cdot R$$

$$F = P + R$$

Substitusi untuk R

$$X_f \cdot F = X_p \cdot P + X_R \cdot F - X_R \cdot P$$

Substitusi untuk P/F

$$\text{Recovery} : \frac{xp(xf-xR)}{xf(xp-xR)}$$

$$\text{Penolakan} : 1 - \frac{(1-xp)(xf-xR)}{(1-xf)(xp-xR)}$$

Efektifitas = recovery x penolakan

$$\frac{xp(xf-xR)}{xf(xp-xR)} \left[ 1 - \frac{(1-xp)(xf-xR)}{(1-xf)(xp-xR)} \right]$$

(Mc. Cabe, 1993 : hal 1020)

## 2.6 Ubi Jalar

Salah satu komoditi pangan yang terhitung sangat besar di Indonesia adalah umbi-umbian. Selain jumlah produksinya yang banyak, jenis umbi-umbian mempunyai kandungan gizi yang cukup baik untuk menggantikan beras sebagai bahan makanan pokok. Ubi kaya akan kandungan prebiotik, serat dan antioksidan. Salah satu jenis umbi-umbian yang paling terkenal adalah ubi jalar.

Ubi jalar atau ketela rambat (*Ipomoea batatas L*) adalah sejenis tanaman budidaya. Bagian yang dimanfaatkan adalah akarnya yang membentuk umbi dengan kadar gizi (karbohidrat) yang tinggi. Ubi jalar merupakan komoditi pangan penting di Indonesia yang dapat diolah menjadi aneka makanan dan diusahakan penduduk mulai dari daerah dataran rendah sampai dataran tinggi. Tanaman ini mampu beradaptasi di daerah yang kurang subur dan kering. Dengan demikian tanaman ini dapat diusahakan sepanjang tahun. Dalam hal ini sasaran yang ingin dicapai adalah meningkatkan nilai tambah, mengembangkan usaha-usaha pengolahan hasil pertanian, mengurangi kehilangan pasca panen dan berkembangnya industri-industri penunjang pertanian (Hanani : 2003).

Ubi jalar atau ketela rambat atau “sweet potato” diduga berasal dari benua Amerika. Para ahli botani dan pertanian memperkirakan daerah asal tanaman ubi jalar adalah Selandia Baru, Polinesia dan Amerika bagian tengah. Ubi jalar mulai menyebar ke seluruh dunia, terutama negara-negara beriklim tropika pada abad ke-16. Orang-orang Spanyol menyebarkan ubi jalar ke kawasan Asia, terutama Filipina, Jepang dan Indonesia. Di beberapa daerah tertentu, ubi jalar merupakan salah satu komoditi bahan makanan pokok. Ubi jalar dapat diolah menjadi berbagai bentuk atau berbagai macam produk olahan. Salah satu hasil proses pengolahan ubi yang mudah dan bisa berguna bagi masyarakat adalah dibuat tepung ubi.



Gambar 7. Ubi Jalar (*Ipomoea batatas* L)

**Klasifikasi Ilmiah Ubi jalar:**

Kerajaan: Plantae

Filum: Magnoliophyta

Kelas: Magnoliopsida

Ordo: Solanales

Famili: Convolvulaceae

Genus: Ipomoea

Spesies: **I. batatas**

([www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com))

**Tabel 1: Nilai kandungan gizi Ubi Jalar per 100 g**

Energi	360 kJ (86 kcal)
Karbohidrat	20.1 g
Pati	12,7 g
Gula	4.2 g
Lemak	0,1 g
Protein	1,6 g
Vitamin A	709 mg (79%)
Thiamine (Vit. B1)	0,1 mg (8%)
Riboflavin (Vit. B2)	0,1 mg (7%)
Niacin (Vit. B3)	0,61 mg (4%)
Asam pantotenat (B5)	0,8 mg (16%)
Vitamin (B6)	0,2 mg (15%)
Folat (Vit. B9)	11 mg (3%)
Vitamin C	2.4 mg (4%)
Kalsium	30,0 mg (3%)
Besi	0,6 mg (5%)
Magnesium	25,0 mg (7%)
Fosfor	47,0 mg (7%)
Kalium	337 mg (7%)
Sodium	55 mg (2%)
Seng	0,3 mg (3%)

---

(Source: USDA Nutrient database)



**Tabel 2. Komposisi Kandungan Gizi Macam-Macam Ubi jalar**

No	Kandungan Gizi	Ubi Jalar	Ubi Jalar	Ubi Jalar	Daun
		Putih	merah	kuning	
1	Kalori (kal)	123,00	123,00	136,00	47,00
2	Protein (g)	1,80	1,80	1,10	280
3	Lemak (g)	0,70	0,70	0,40	0,40
4	Karbohidrat (g)	27,90	27,90	32,30	10,40
5	Air (g)	68,50	68,50	-	84,70
6	Serat kasar	0,90	1,20	1,40	-
7	Kadar gula	0,40	0,40	0,30	-
8	Beta karoten	31,20	174,20	-	-

(Direktorat Gizi Depkes RI, 1981, Suismono, 1995)

Berdasarkan hasil yang diperoleh pada Tabel 2, kadar air ubi jalar putih dan putih sebesar 68,50 gram, sedangkan ubi jalar kuning menunjukkan kadar air yang lebih rendah yaitu 0 gram. Kadar air yang lebih rendah ini dalam proses pembuatan tepung ubi jalar hanya dilakukan dengan menggunakan panas matahari sehingga ada perbedaan suhu dan waktu pemanasan.

## 2.7 Tepung Ubi Jalar

Pengolahan ubi jalar menjadi bahan setengah jadi seperti tepung ubi jalar, dapat memperpanjang masa simpan dan meningkatkan nilai ekonomi. Tepung ubi jalar dapat digunakan sebagai cadangan makanan pokok penduduk di daerah tertentu seperti di propinsi Papua dan Papua Barat, hal ini sangat mendukung program diversifikasi pangan non beras.

Berdasarkan hasil penelitian, tepung komposit terigu plus tepung ubi jalar dengan komposisi 80:20 layak digunakan sebagai bahan baku produk panggang (roti, biscuit) dan pembuatan mie dan lain-lain. Dari hasil penelitian ini dapat disimpulkan bahwa tepung ubi jalar berpotensi sebagai pengganti tepung terigu terutama karena bahan bakunya banyak terdapat di Indonesia dan ditambah lagi rasanya yang manis sehingga dapat mengurangi penggunaan gula pada pengolahannya. Hal ini menunjukkan bahwa pengolahan ubi jalar menjadi tepung dapat mempercepat tercapainya diversifikasi pangan non beras, disamping itu juga dapat mengurangi impor gandum sebagai bahan pembuat tepung terigu.

Dalam pembuatan tepung ubi jalar ada tahapan – tahapan yang harus diperhatikan yaitu pemilihan bahan, pengupasan dan penyawutan, perendaman dalam larutan Sodium Bisulfit, pengepresan, peremahan, pengeringan, penyimpanan, penepungan. Apabila dalam proses pembuatan tepung ubi jalar tidak memenuhi persyaratan kualitas maka akan menghasilkan tepung ubi jalar yang berwarna gelap kecoklatan atau kehitaman.

Tepung ubi jalar tidak mengandung gluten sehingga dapat dicampur dengan tepung lain seperti tepung terigu, tepung beras, tepung maizena atau tepung ketan. Pemilihan tepung tergantung jenis olahan pangan yang akan dibuat. Tepung ubi jalar dapat dimanfaatkan untuk aneka kue basah seperti puthu ayu, risoles, kue cucur, nagasari dan aneka makanan seperti cake ubi jalar, chips, kerupuk ubi jalar dan bakso. Dengan memanfaatkan tepung ubi jalar sebagai sumber karbohidrat lokal, penggunaan tepung terigu dapat dikurangi hingga 75 %.

(Suyanti, Sri Widowati, Suismono)