

## SPRAY DRYER

Gatot Trilaksono\*

Peralatan spray driver belum begitu luas penggunaannya di dalam industri keramik. Hanya ada dua contoh yang ingin dikemukakan, itupun hanya berkaitan dengan bahan baku pembuatan keramik, yaitu alumina dan pewarnaan keramik (ceramics colors). Makalah ini ingin menyajikan sedikit teori, karakteristik operasi dan contoh rancangan alat sederhana serta perkembangan pemakainya pada industri di Indonesia.

Spray Drying adalah pengeringan larutan dan bubuk (slurries) dengan cara mendispersikan larutan, dalam bentuk tetesan ( $\sim 10\mu m$ ) ke dalam aliran panas. Ada tiga proses dasar yang akan menentukan sukses tidaknya pengeringan, yakni atomisasi cairan, pencampuran antara gas dengan tetesan cairan, dan pengeringan cairan. Selain itu, dalam metoda perancangan ketiga peristiwa di atas, tergantung pada:

1. Bentuk dan ukuran partikel yang diinginkan.
2. Sifat fisik umpan.
3. Temperatur maksimum yang bisa dicapai oleh gas-masukan (inlet-gas) dan temperatur produk.

Sampai saat ini peralatan pengering jenis ini masih banyak diimpor. Problema utama untuk menguasai ilmu dan rekayasa terletak pada teknologi atomisasi (pendispersian) larutan sesuai dengan diameter partikel produk yang diinginkan dan pendistribusian gas-masukannya.

### 1. PENDAHULUAN

Jenis operasi yang digunakan untuk mengurangi air dari bahan basah bergantung pada kadar air bahan basah tersebut. Umpamanya, operasi evaporasi digunakan untuk mengambil air dari bahan yang mempunyai kadar air lebih besar jika dibandingkan dengan operasi pengeringan. Di dalam makalah ini akan disajikan salah satu operasi pengeringan, yaitu spray dryer. Alat ini, di negara-negara maju sudah banyak digunakan, terutama untuk mempersiapkan bahan baku industri keramik. Di bawah ini akan didaftarkan beberapa bahan keramik dalam bentuk powder (fasa granular) yang

bisa dihasilkan dari alat ini:

1. Alumina.
2. Ceramic colors.
3. Kaolin
4. Refractory clays
5. Porcelain

Di Indonesia, yang diketahui penulis, ada sebuah pabrik ubin keramik berglasir yang menggunakan peralatan ini untuk mengubah split menjadi bentuk powder sehingga mudah ditangani pada saat dilakukan pencetakan (die).

### 2. SPRAY DRYER

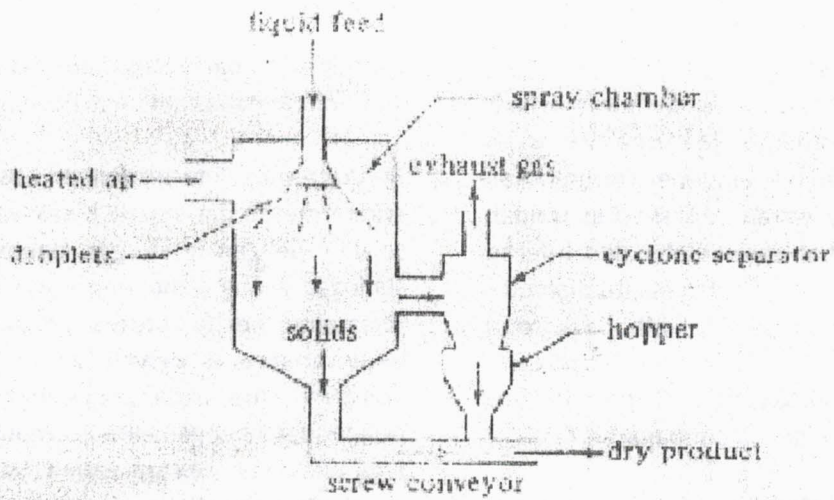
Spray dryer adalah pengeringan larutan atau bubuk (slurries) dengan cara mendispersikannya, dalam bentuk tetesan, ke dalam aliran gas panas. Rangkaian peralatan dari operasi pengeringan jenis ini diperlihatkan pada gambar 1. Ada tiga bagian penting dari rangkaian peralatan di atas yaitu nozzle atau spray wheel, ruang pengering (ruang pengering), dan conveyor. Bahan yang akan dikeringkan, diatomisasikan terlebih dahulu melalui nozzle atau spray wheel. Selanjutnya dikontakkan dengan udara panas atau gas bakar di ruang pengering dan kemudian dikeluarkan hasil pengeringannya dengan conveyor.

Ada dua karakteristik utama dari pengeringan jenis ini yakni waktu pengeringan yang pendek dan ukuran produk yang diinginkan, dalam arti porositas dan besar kecilnya ukuran. Singkatnya waktu pengeringan dicapai oleh bahan yang sensitif terhadap panas, sedangkan porositas dan ukuran kecil partikel diperoleh bila bahan tersebut akan dilarutkan kembali.

Ada tiga Fenomena Dasar yang Terjadi Di dalam Spray Dryer agar peralatan ini berjalan sesuai dengan fungsinya.

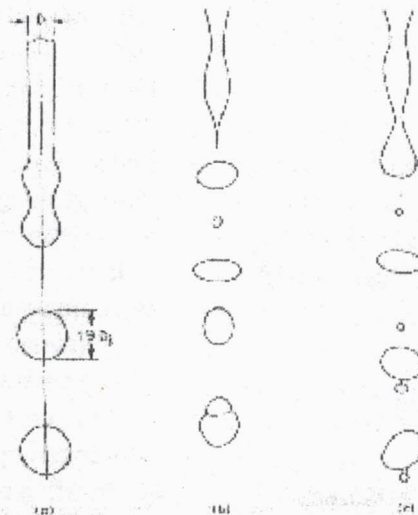
Atomisasi

Bahan yang diatomisasi akan menentukan bentuk dan ukuran tetesan. Secara fisik, kombinasi proses terjadi untuk suatu bahan yang berbentuk cairan dalam kolom (liquid column), lembaran(sheet), dan tetesan (drops).

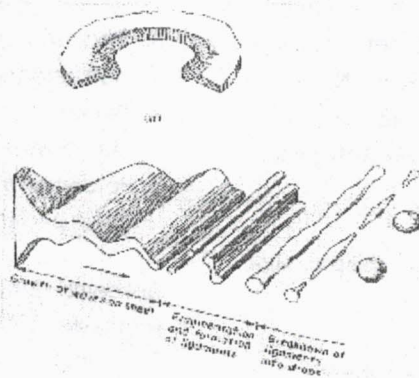


Gambar 1. Rangkaian peralatan spray dryer

where  $D$  = diameter of droplet  
 $D_j$  = diameter of jet  
 $\eta_l$  = viscosity of liquid



Gambar 2. Pengamatan bentuk tetesan yang keluar dari jet



Gambar 3. Urutan break-up dari cairan berbentuk lembaran

### Liquid-Column Break-up

Secara ideal cairan yang melewati kolom dan kemudian dinaikkan tekannya akan meniatuhkan sederetan tetesan seperti ditunjukkan oleh gambar 2. Untuk cairan berviskositas rendah Rayleigh mengamati bahwa diameter dari tetesan 1,89 dari diameter jetnya, oleh karena itu diameter tetesan yang dihasilkan selalu lebih besar dari diameter jet.

Untuk cairan berviskositas tinggi Weber merumuskan diameter rata-rata sebagai berikut

$$D = 1,89 D_j \left[ 1 + \frac{3\mu_e}{(\sigma \rho_e D_j g_c)^{1/2}} \right]$$

Dimana : D – diameter tetesan  
D<sub>j</sub> – diameter jet  
μ<sub>e</sub> : viskositas cairan

### Liquid-sheet Break-up

Urutan pemecahan cairan yang berbentuk lembaran tipis ditampilkan pada gambar 3. Mayer mempelajari bahwa tetesan yang dibentuk dari cairan-lembaran bisa dirumuskan sebagai berikut :

$$D = 21,4 \left[ \frac{\mu_e (\sigma g_c / \rho_e)^{1/2}}{\rho g U g^2} \right]$$

Dimana : U<sub>g</sub> – kecepatan relatif gas terhadap cairan.

### Droplet Break-Up

Tetesan dipecah lagi menjadi tetesan halus. Banyak kajian dalam masalah ini biasanya difokuskan pada mencari kondisi agar tetesan yang akan dipecah stabil. Dan bilangan Weber (N<sub>we</sub>) yang menyatakan nisbah antara gaya aerodinamik gas terhadap gaya tegangan permukaan tetesan, dipakai untuk mengukur kestabilan.

### Peralatan Atomisasi

Sarana yang dipakai untuk atomisasi meliputi tiga kategori

1. Pressure nozzle
2. Two-fluid nozzle
3. Rotary device

Bentuk irisan dari ketiga kategori peralatan di atas ditampilkan pada gambar di bawah.

### Kontak Antara Tetesan dengan Gas Panas

Aliran tetesan dari nozzle biasanya turun ke bawah sejalan dengan arah gas panas (parallel flow) sehingga ruang pengering perlu tinggi dan lebar. Walaupun begitu proses pengaliran gas panas berlawanan arah dengan aliran tetesan (counter flow) misalnya pada pengeringan detergen, dan pengeringan dengan aliran campuran (mixwd flow) juga dilakukan. Secara termal counter flow lebih menguntungkan, tetapi untuk produk yang sangat sensitif terhadap panas akan mudah rusak karena produk perlu kontak dengan temperatur tinggi untuk meninggalkan pengering.

### Pengeringan Tetesan

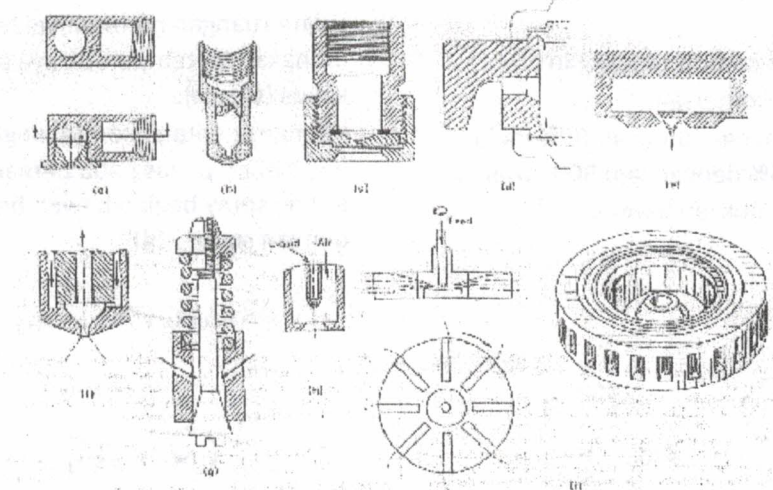
T. Miura et al (4), telah menyusun model matematik untuk memperkirakan perpindahan panas dari tetesan pada saat menuruni pengering spray. Perumusan model menghasilkan lima persamaan pokok dan telah pula dilakukan pencocokan (Fitting) dengan data-data percobaan untuk cairan air, larutan NaCl serta larutan susu, dan hasil yang didapat memadai. Kelima persamaan penting tersebut adalah :

1. Persamaan gerak  
Persamaan ini menggambarkan gerakan radikal dan vertikal dari tetesan di dalam ruang pengering.
2. Persamaan laju tetesan  
Persamaan ini mengungkapkan laju penguapan cairan dan bagian ini adalah bagian penting dari pemahaman proses dan teknik rekayasa pengering spray.
3. Persamaan untuk memperkirakan temperatur dan kelembaban gas panas.
4. Persamaan yang menyatakan distribusi ukuran dan temperatur tetesan.
5. Persamaan yang menggambarkan pembentukan pasa padat dari tetesan.

Berbagai jenis pengontakan tetesan dengan gas panas diperlihatkan pada gambar 5.

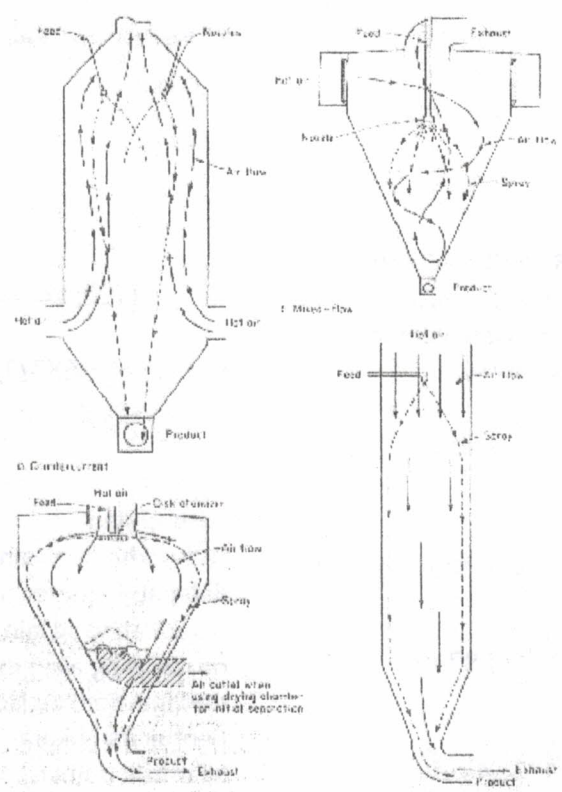
### Rancangan Alat Pengering Spray

Rancangan alat pengering spray biasanya



(a) Whirl-chamber hollow cone, (b) Solid cone, (c) Spray-nozzle fan, (d) Deflector jet, (e) Impinging jet, (f) By pass jet, (g) Fanjet, (h) Two fluid, (i) Vortex rotating disk, (ii) (a) (f) (g) and (i) from Deshpande and Aravind, *Indonesian J. Eng. Sci.*, 1988, (d) and (g) *Indonesian J. Eng. Sci.*, 1988, (e) Schmitz and Kuehling (c) Schmitz and Kuehling (a).

Gambar 4. Karakteristik nozzle



Gambar 5. Berbaai jenis penantakan umpan dengan gas panas

didasarkan pada pengalaman dan penetapan data-data waktu tinggal (Residence Time), laju air dan kondisi udara; yang didapat pada percobaan skala pilot.

Di bawah ini diberikan contoh rancangan alat pengering spray skala komersial.

Padatan basah yang mengandung air 80% ingin dikeringkan menjadi 5% dengan laju 500 lb/jam.

Data pilot plant menunjukkan bahwa :

Waktu tinggal = 6 det

Kondisi udara masuk : Temperatur =  $230^{\circ}F$

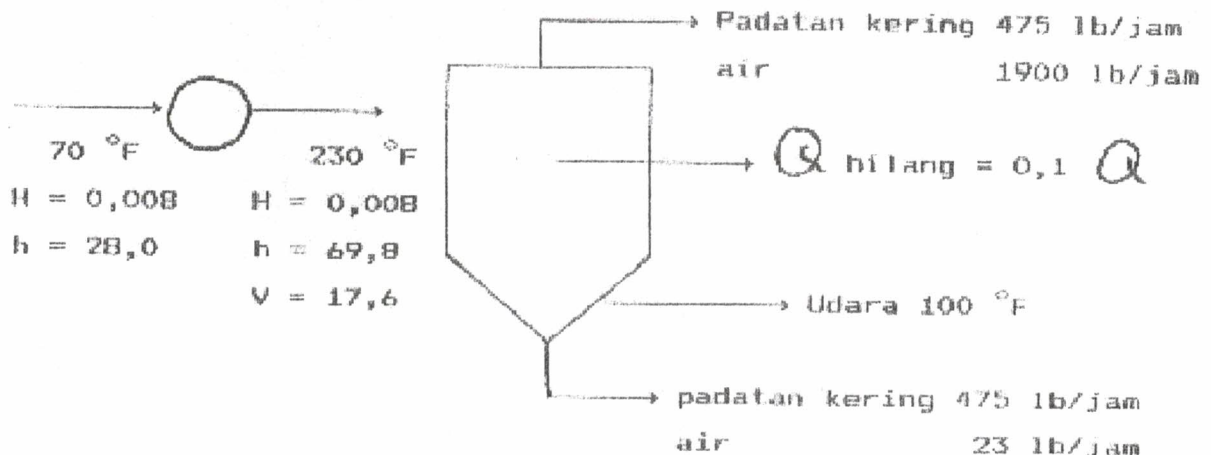
Kelembaban = 0,008 lb/lb (H)

Kondisi udara keluar : Temperatur =  $100^{\circ}F$

Udara ruangan mempunyai temperatur  $70^{\circ}F$  dan ditingkatkan temperaturnya dengan menggunakan kukus (steam).

Hilangnya entalpi ke lingkungan diperkirakan 10 % dari beban panas pada pemanas kukus.

Ruang spray bagian bawah berbentuk kerucut dengan sudut  $60^{\circ}$



Entalpi yang hilang =  $0,1 (69,8-28,0) = 4,2$  Btu/lb

Entalpi keluar (h) =  $69,8 - 4,2 = 65,6$  Btu/lb

Pada  $100^{\circ}F$  dan entalpi di atas akan didapat data kondisi udara yang keluar ruang spray

$H = 0,0375$  lb/lb

$V = 14,9$  cuft/lb

Laju alir udara

$$A = \frac{1900 - 25}{0,0375 - 0,008} = 63559 \text{ lb/jam}$$

$$= \frac{63559}{3600} \left[ \frac{17,6 + 14,9}{2} \right] = 287 \text{ cfs}$$

Volume pengering =  $287(6) = 1721,4$  cuft

Dengan membuat tinggi vertikal ruang pengering spray 4 kali diameter serta kerucut bawah bersudut  $60^{\circ}$  akan didapat diameter ruang spray.

$$1721,4 = 4D \left[ \frac{\pi}{4} D^2 \right] + \frac{0,866\pi D^3}{12}$$

$$= 3.3683 D^3$$

$$= 8 \text{ ft}$$

#### Kesimpulan

Pada akhir bahasan tentang rancangan alat didapat diameter ruang pengering. Untuk peralatan yang lain seperti ukuran serta bentuk nozzle yang akan digunakan atomisasi masih perlu mempertimbangkan berbagai hal, seperti :  
Bentuk dan ukuran partikel yang diinginkan  
Sifat fisik umpan

Temperatur maksimum yang bisa dicapai oleh gas panas serta temperatur produk.

Akhir kata perlu disebutkan bahwa teknik atau rekayasa dari peralatan atomisasi masih langka dalam arti teknologinya belum dikuasai.

## Daftar Pustaka

- Mc. Cabe, et al; "Unit Operation of Chemical Engineering"; Mc Graw Hill, fifth edition, New York, 1992.
- Perry & Chilton; "Chemical Engineer's Handbook"; Mc Graw Hill,