BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Proses Pengeringan

Pengeringan adalah proses perpindahan atau pengeluaran kandungan air bahan hingga mencapai kandungan air tertentu. Pengeringan makanan memiliki dua tujuan utama yaitu sebagai sarana memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air makanan untuk mencegah pertumbuhan mikroorganisme pembusuk dan meminimalkan biaa distribusi bahan makanan karena berat dan ukuran makanan menjadi lebih rendah (Natipulu, dkk.2012; Wicaksono, 2012). Geometri (bentuk dan ukuran) irisan singkong, beban tiap unit area pengering, kandungan air singkong awal, kecepatan udara, temperature dan kelembaban berpengaruh terhadap waktu pengeringan (Eko, 2003; Bentil, 2011).

Pengaturan suhu dan lamanya waktu pengeringan dilakukan dengan memperhatikan kontak antara alat pengering dengan alat pemanas baik itu berupa udara panas yang dialirkan maupun alat pemanas lainnya. Tujuan pengeringan antara lain :

1. Agar produk dapat disimpan lebih lama.
2. Mempertahankan daya fisiologik bahan
3. Mendapatkan kualitas yang lebih baik,
4. Menghemat biaya pengangkutan.

(Mc. Cabe . 2002)

2.1.1 Pengeringan dengan cara alami

Pengeringan bertujuan untuk memperpanjang umur simpan dengan cara mengurangi kadar air untuk mencegah tidak ditumbuhi oleh mikroorganisme pembusuk. Dalam proses pengeringan dilakukan pengaturan terhadap suhu, kelembaban (*humidity*) dan aliran udara. Perubahan kadar air dalam bahan pangan disebabkan oleh perubahan energy dalam sistem [1]. Untuk itu, dilakukan perhitungan terhadap neraca massa dan neraca energi untuk mencapai keseimbangan.

Pada metode Cadburry, jika cuaca tidak memungkinkan dapat diganti dengan hembusan udara pada pengeringan buatan. Pada tahap dengan suhu udara 45˚C - 60˚C sampai ubi kayu kering. Lama pengeringan ini 7- 8 jam sehari. Selama penjemuran dilakukan pembalikkan hamparan ubi kayu 1-2 jam sekali. Lama penjemuran dapat lebih dari 10 hari, tergantung dengan cuaca dan lingkungan.

2.1.2. Pengeringan dengan Udara Panas

Secara buatan proses pengeringan dapat dilakukan dengan alat pengering untuk menghemat tenaga manusia, terutama pada musim hujan. Terdapat berbagai cara pengeringan buatan, tetapi prinsipnya sama yaitu untuk mengurangi kadar air di dalam ubi kayu dengan panas pengeringan sekitar 40˚C – 60˚C, sehingga kadar air turun menjadi 13% - 15 %. Alat pengering dapat digunakan setiap saat dan dapat dilakukan pengaturan suhu sesuai dengan kadar air ubi kayu yang diinginkan. Cara ini lebih baik karena tidak tergantung cuaca dan bahan bakar lebih sedikit.

Pengeringan ini dengan menggunakan *Barico dryer*. Namun, bisa digunakan dengan alat pengering lain, misalnya *cabinet dryer*. Lama pengeringan tergantung dari jenis alat pengeringnya. Prinsip pengeringannya menggunakan udara pengering sebagai medium panas dalam menurunkan kadar air ubi kayu hingga 9% - 11%

2.2 Mekanisme Pengeringan

Udara yang terdapat dalam proses pengeringan mempunyai fungsi sebagai pemberi panas pada bahan hasil pertanian, sehingga menyebabkan terjadinya penguapan air. Fungsi lain dari udara adalah untuk mengangkut uap air yang dikeluarkan oleh bahan yang dikeringkan. Kecepatan pengeringan akan naik apabila kecepatan udara ditingkatkan. Kadar air akhir apabila mulai mencapai kesetimbangannya, maka akan membuat waktu pengeringan juga ikut naik atau dengan kata lain lebih cepat (Muarif, 2013).

Faktor yang dapat mempengaruhi pengeringan suatu bahan pangan adalah (Buckle et al, 1987):

1) Sifat fisik dan kimia dari bahan pangan.
2) Pengaturan susunan bahan pangan.
3) Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering.
4) Proses pemindahan dari media pemanas ke bahan yang dikeringkan melalui dua tahapan proses selama pengeringan yaitu:

a. Proses perpindahan panas terjadinya penguapan air dari bahan yang dikeringkan,

b. Proses perubahan air yang terkandung dalam media yang dikeringkan menguapkan air menjadi gas.

Prinsip pengeringan biasanya akan melibatkan dua kejadian, yaitu panas harus diberikan pada bahan yang akan dikeringkan, dan air harus dikeluarkan dari dalam bahan. Dua fenomena ini menyangkut perpindahan panas ke dalam dan perpindahan massa keluar. Faktor-faktor yang mempengaruhi dalam kecepatan pengeringan adalah:

1) Luas permukaan

Pada umumnya, bahan pangan yang dikeringkan mengalami pengecilan ukuran, baik dengan cara diiris, dipotong, atau digiling. Proses pengecilan ukuran dapat mempercepat proses pengeringan dengan mekanisme sebagai berikut :

a. Pengecilan ukuran memperluas permukaan bahan. Luas permukaan bahan yang tinggi atau ukuran bahan yang semakin kecil menyebabkan permukaan yang dapat kontak dengan medium pemanas menjadi lebih baik,
b. Luas permukaan yang tinggi juga menyebabkan air lebih mudah berdifusi atau menguap dari bahan pangan sehingga kecepatan penguapan air lebih cepat dan bahan menjadi lebih cepat kering.
c. Ukuran yang kecil menyebabkan penurunan jarak yang harus ditempuh oleh panas. panas harus bergerak menuju pusat bahan pangan yang dikeringkan. Demikian juga jarak pergerakan air dari pusat bahan pangan ke permukaan bahan menjadi lebih pendek.

2) Perbedaan suhu sekitar

Pada umumnya, semakin besar perbedaan suhu antara medium pemanas dengan bahan pangan semakin cepat pindah panas ke bahan pangan dan semakin cepat pula penguapan air dari bahan pangan. Semakin tinggi suhu udara, semakin banyak uap air yang dapat ditampung oleh udara tersebut sebelum terjadi kejenuhan. Dapat disimpulkan bahwa udara bersuhu tinggi lebih cepat mengambil air dari bahan pangan sehingga proses pengeringan lebih cepat.

3) Kecepatan aliran udara

Udara yang bergerak atau bersirkulasi akan lebih cepat mengambil uap air dibandingkan udara diam. Pada proses pergerakan udara, uap air dari bahan akan diambil dan terjadi mobilitas yang menyebabkan udara tidak pernah mencapai titik jenuh. Semakin cepat pergerakan atau sirkulasi udara, proses pengeringan akan semakin cepat. Prinsip ini yang menyebabkan beberapa proses pengeringan menggunakan sirkulasi udara.

4) Kelembaban Udara

Kelembaban udara menentukan kadar air akhir bahan pangan setelah dikeringkan. Bahan pangan yang telah dikeringkan dapat menyerap air dari udara di sekitarnya. Jika udara disekitar bahan pengering tersebut mengandung uap air tinggi atau lembab, maka kecepatan penyerapan uap air oleh bahan pangan tersebut akan semakin cepat. Proses penyerapan akan terhenti sampai kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan tersebut tercapai. Kesetimbangan kelembaban nisbi bahan pangan adalah kelembaban

pada suhu tertentu dimana tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penguapan air dari bahan pangan ke udara dan tidak terjadi penyerapan uap air dari udara oleh bahan pangan.

5) Lama Pengeringan

Lama pengeringan menentukan lama kontak bahan dengan panas. Karena sebagian besar bahan pangan sensitif terhadap panas maka waktu pengeringan yang digunakan harus maksimum, yaitu kadar air bahan akhir yang diinginkan telah tercapai dengan lama pengeringan yang pendek. Pengeringan dengan suhu yang tinggi dan waktu yang pendek dapat lebih menekan kerusakan bahan pangan dibandingkan dengan waktu pengeringan yang lebih lama dan suhu lebih rendah. Misalnya, jika kita akan mengeringkan hasil pertanian, pengeringan dengan pengering rotary dryer 80^0C selama 4 jam akan menghasilkan hasil pengeringan yang mempunyai kualitas yang lebih baik dibandingkan penjemuran selama 2 hari.

2.3 Jenis-Jenis Alat Pengering

Jenis-jenis pengeringan berdasarkan karakteristik umum dari beberapa pengering konvensional dibagi atas 8 bagian, yaitu : (Arun S. Mujumdar, Chung Lim Law. 2009)

1. *tray dryer*

Pengering baki (*tray dryer*) disebut juga pengering rak atau pengering kabinet, adalah dengan meletakkan material yang akan dikeringkan pada baki yang lansung berhubungan dengan media pengering. Cara perpindahan panas yang umum digunakan adalah

konveksi dan perpindahan panas secara konduksi juga dimungkinkan dengan memanaskan baki tersebut.

Gambar 2.1: Oven tipe *tray dryer*

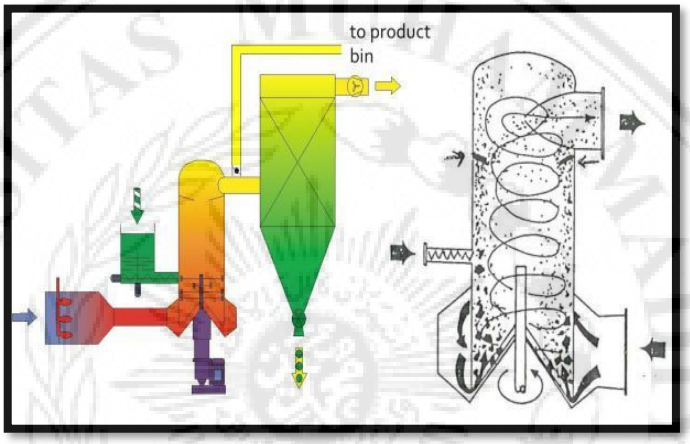
2. *Rotary*

Pada jenis ini ruang pengering berbentuk silinder berputar sementara material yang dikeringkan jaruh di dalam ruang pengering. Medium pengering, umumnya udara panas, dimasukkan ke ruang pengering dan bersentuhan dengan material yang dikeringkan dengan arah menyilang. Alat penukar kalor yang dipasang di dalam ruang pengering untuk memungkinkan terjadinya konduksi.

Gambar 2.2: Oven tipe *rotary dryer*

3. *Flash dryer*

Pengering dengan *flash* (*flash dryer*) digunakan untuk mengeringkan kandungan air yang ada di permukaan produk yang akan dikeringkan. Materi yang dikeringkan dimasukkan dan mengalir bersama medium pengering dan proses pengeringan terjadi saat aliran medium pengering ikut membawa produk yang dikeringkan. Setelah proses pengeringan selesai, produk yang dikeringkan akan dipisahkan dengan menggunakan hydrocyclone.

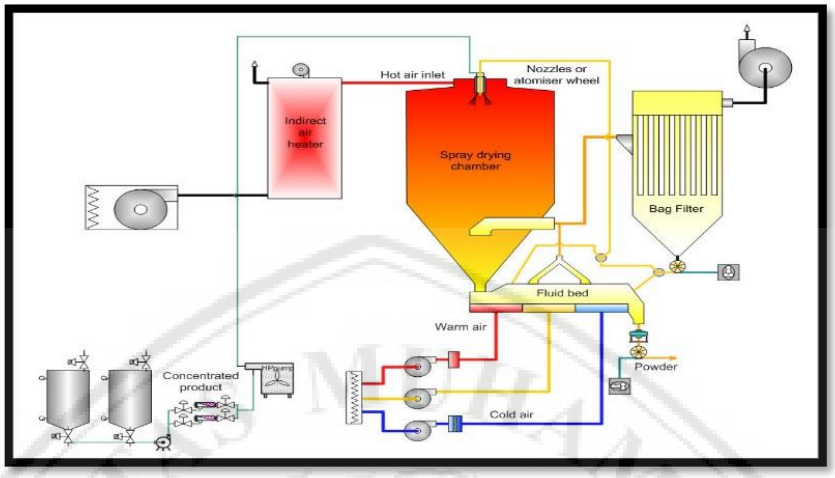


Gambar 2.3: Oven tipe *Flash dryer*

4. *Spray*

Teknik pengeringan *spray* umumnya digunakan untuk mengeringkan produk yang berbentuk cair atau larutan suspensi menjadi produk padat. Contohnya, proses pengeringan susu cair menjadi susu bubuk dan pengeringan produk-produk farmasi. Cara kerjanya adalah cairan yang akan dikeringkan dibuat dalam bentuk tetesan oleh atomizer dan dijatuhkan dari bagian atas. Medium pengering (umumnya udara panas) dialirkan dengan arah berlawanan atau searah dengan jatuhnya tetesan. Produk yang dikeringkan akan berbentuk padatan dan terbawa

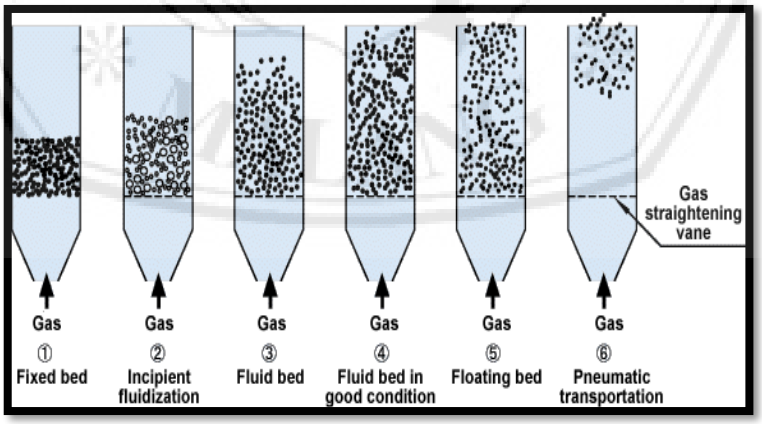
bersama medium pengering dan selanjutnya dipisahkan dengan hydrocyclone.



Gambar 2.4: Oven tipe *Spray*

5. *Fluidized bed*

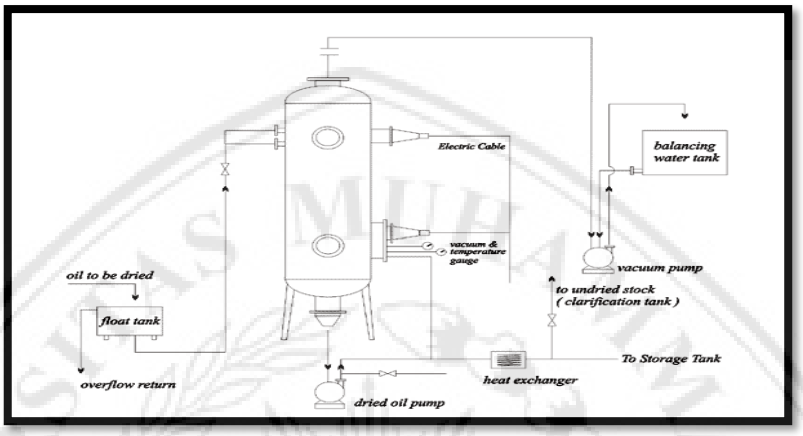
Pengeringan dengan menggunakan kecepatan aliran udara yang relatif tinggi menjamin medium yang dikeringkan terjangkau oleh udara. Jika dibandingkan dengan jenis wadah, jenis ini mempunyai luas kontak yang lebih besar.



Gambar 2.5: Oven tipe *Fluidized bed*

6. *Vacuum*

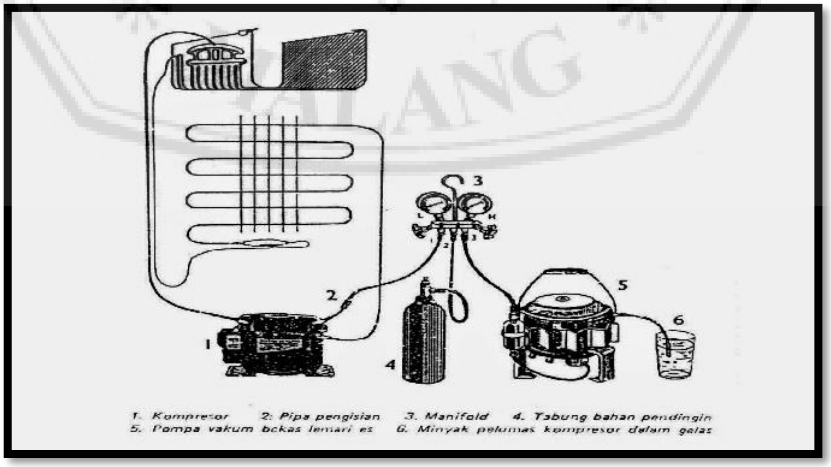
Pengeringan dengan memanfaatkan ruangan bertekanan udara rendah. Dimana pada ruangan tersebut tidak terjadi perpindahan panas, tetapi yang terjadi adalah perpindahan massa pada suhu rendah.



Gambar 2.6: Oven tipe *Vacuum*

7. Membekukan

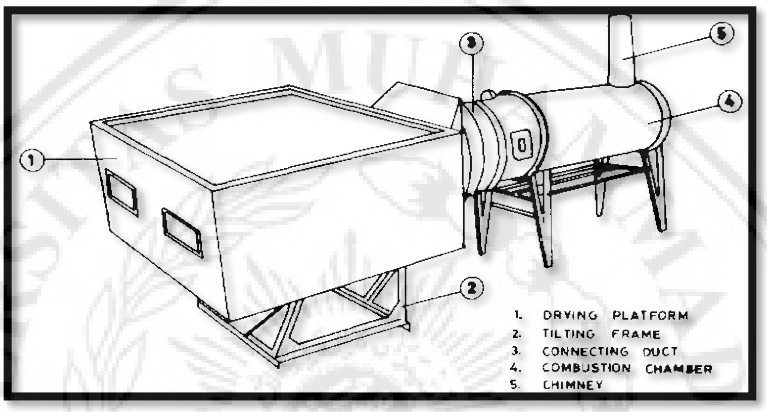
Pengeringan dengan menggunakan suhu yang sangat rendah. Biasanya digunakan pada produk-produk yang bernilai sangat tinggi, seperti produk farmasi dan zat-zat kimia lainnya.



Gambar 2.7: Membeku

8. *Batch dryer*

Pengeringan jenis ini hanya baik digunakan pada jumlah material yang sangat sedikit, seperti penggunaan pompa panas termasuk pompa panas kimia. Pada bagian tugas akhir ini akan dilakukan simulasi pada pengeringan tipe wadah dengan menggunakan sinar matahari sebagai sumber energi pemanas udara pengering.



Gambar 2.8: Oven tipe *Batch dryer*

2.4 Cara Mentukan Kadar Air

Air merupakan zat yang hampir selalu ada terkandung dalam semua bahan yang ada didunia ini, baik itu benda mati maupun benda hidup. Jumlah air yang terdapat dalam bahan padat biasanya dapat dinyatakan dengan kandungan air *(moisture content).*

Pengertian kandungan air meliputi : (*Suyitno, hal.69*)

1. Kandungan air, jumlah air yang terdapat dalam bahan dan dinyatakan dalam persen basis basah (*wet basis*) atau basis kering (*dry basis*). Kadar air dala wet basis maksimum teoritis adalah < 100%. Sedang kadar air *dry basis* dapat >100%.

2. Kandungan air keseimbangan, yaitu kandungan air didalam bahan yang berada dalam keseimbangan *termodinamik* dengan kondisi udara sekeliling dan dinyatakan dalam persen basis basah dan basis kering.

Kandungan air keseimbangan suatu bahan merupakan fungsi dari temperatur dan kelembaban *relatif* udara sekitarnya. Pengukuran kandungan air keseimbangan sama dengan pengukuran kandungan air, perbedaannya yaitu bahan yang akan diukur harus sudah berada dalam keseimbangan. Dengan keadaan udara disekitarnya dengan cara mengalirkan udara sampai dicapai keseimbangan termodinamik. Bila jenis bahan basah dikeringkan, berarti terjadi penguapan air dari bahan nitu melewati permukaannya. Penguapan air ini terhenti bila tingkat kebasahan permukaan samadengan kebasahan udara sekitarnya. Tidak ada lagi sejumlah energi yang bisa berpindah dari luar kedalam ataupun sebaliknya. Namun walau sudah dikeringkan hingga bahan mencapai kadar air yang minimum, kadar airnya pun akhirnya bisa meningkat lagi bila kontak dengan udara yang kebasahannya tinggi untuk menjadi seimbang. Keadaan inilah yang disebut kadar air keseimbangan. Berbagai cara diketahui untuk menentukan kandungan air secara *kuantitatif*. Pemilihan cara untuk menentukan kandungan air dari suatu bahan tergantung dari beberapa faktor:

a. Bentuk dari air yang terkandung pada bahan (cair atau uap)

b. Hakekat dari bahan (mudah dioksidasi atau mudah hancur)

c. Kandungan relatif pada bahan

d. Kecepatan penentuan yang diinginkan

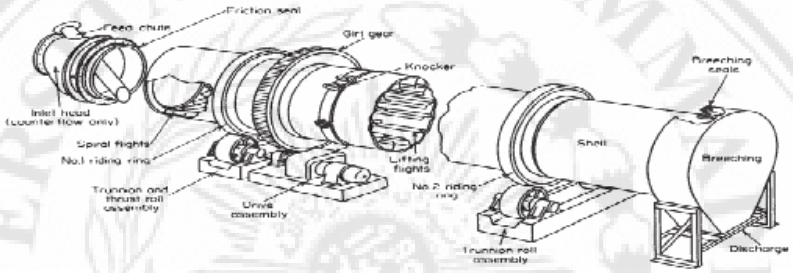
e. Ketelitian yang diinginkan

2.5 Macam-macam *Rotary Dryer*

Macam-macam *rotary dryer* menurut cara kerjanya adalah :

1. Pemanasan langsung dengan aliran berlawanan arah (*Direct Heat RotaryDryer Counter Flow*)

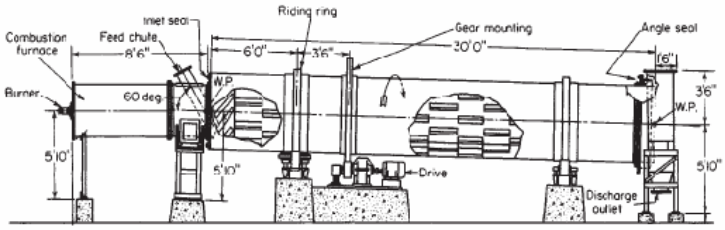
   Digunakan untuk bahan yang dapat dipanaskan dengan suhu tinggi, seperti mineral, kapur dan sebagainya. Pemanasan dilakukan dengan menggunakan gas panas (*hot gass*). Bahan bakar yang digunakan adalah gas, minyak, residu atau batu bara.



Gambar 2.9: *Direct Heat RotaryDryer Counter Flow*

2. Pemanasan langsung dengan aliran searah (*Direct Heat Rotary Dryer Parallel Flow*)

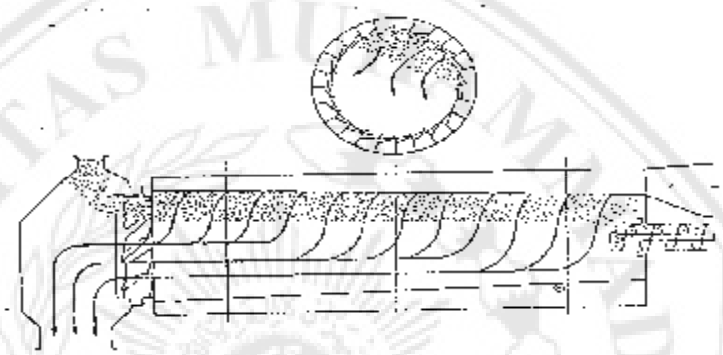
   Pada umumnya digunakan untuk bahan padat yang tidak dipengaruhi oleh adanya kontaminasi tetapi mudah rusak pada temperature tinggi. Misalnya gips, pupuk dan bahan organic. Gas pengering dan bahan padat masuk dengan arah yang sama.



Gambar 2.10: *Direct Heat Rotary Dryer Parallel Flow*

3. Pemanasan tidak langsung dengan aliran searah (*Indirect Head Rotary Dryer Parallel Flow)*

Pemindahan panas berlangsung dengan cara konduksi melalui dinding silinder dan aliran udara panas diatur serendah mungkin agar bahan padat yang halus tidak terbawa aliran udara panas. Digunakan untuk bahan padat yang tidak dapat dipanasi dengan suhu tinggi dan apabila dilakukan pemanasan langsung bahan akan rusak.



Gambar 2.11: *Indirect Head Rotary Dryer Parallel Flow*

2.5 Rotar Dryer Paraller Flow

2.5.1 Pemilihan Jenis Mesin Pengering

Jenis pengering yang digunakan untuk mengeringkan ubi kayu adalah *rotary dryer* type pemanasan langsung aliran searah (*direct heat rotary dryer parallel flow*).

Sifat khusus dari *rotary dryer* ini adalah :

1. Pemanasan terbatas pada bahan tertentu yang mempunyai kemampuan untuk jatuh bebas saat keluar dari alat pengering.
2. Laju pengeringannya cukup tinggi dan hasil pengeringannya lebih merata karena adanya proses pemasukan pengadukan selama pengeringan.

3. Kecepatan penguapan yang paling tinggi didapat dari awal *dryer*. Udara panas yang masih tinggi suhunya kontak dengan bahan yang masih rendah suhunya serta mempunyai kadar air yang tinggi.

2.5.2 Komponen mesin pemanas

1. Kipas angin dan blower

Kipas angin (*fan*) adalah perangkat mekanis yang digunakan untuk membuat aliran gas kontinu seperti udara. Dalam setiap sistem pendingin, yang menggunakan gas sebagai penghantar, kipas angin adalah unit wajib yang menciptakan aliran udara dalam sistem. Sistem ini dapat dilihat dalam kipas angin sederhana yang digunakan di rumah tangga atau kipas pendingin eksternal untuk mesin pembakaran internal. Ketika membutuhkan tekanan yang lebih tinggi diperlukan blower yang digunakan sebagai pengganti kipas angin.

Blower merupakan sebuah kipas sentrifugal dengan rasio tekanan tinggi (output tekanan / input tekanan) dikenal sebagai blower. Blower memberikan laju aliran volume transfer yang tinggi dengan rasio tekanan yang relatif lebih besar. Rasio tekanan dari kipas angin di bawah 1,1 sedangkan blower memiliki rasio tekanan 1,1-1,2.

4. *Heater* (pemanas)

Sebagai media pengering bisa menggunakan dari pemanas (*heater*) atau gas buang hasil pembakaran yang masih memiliki *temperature* cukup tinggi, yang dihembuskan ke dalam *dryer* sebagai media pengeringnya dalam proses

pengeringan bahan, dan kondisi temperatur panas yang ada dalam *dryer* dapat diatur keberadaannya.

5. Motor penggerak

Motor penggerak berfungsi sebagai sumber gerakan dari drum (*drum dryer*).

2.5.3 Cara Kerja *Rotary Dryer Parallel Flow*

Rotary dryer jenis ini merupakan pengering yang digunakan untuk mengeringkan bahan-bahan yang berbentuk butiran (*granular*) dan kristal (*crystal*) dimana tidak terlalu basah dalam permulaan operasi supaya lebih mudah pengangkutannya, dan mempunyai sifat tidak lengket pada dinding *dryer*.

Rotary Dryer berbentuk silinder atau drum yang berputar dan dipasang dengan sedikit kemiringan terhadap *horizontal*. Silinder ini dihubungkan dengan motor penggerak dengan menggunakan transmisi reduksi roda gigi. Silinder ini selalu berputar sehingga bahan baku yang dikeringkan ikut berputar.

Bahan basah dimasukkan ke dalam silinder dari ujung yang lebih tinggi dan bahan kering akan keluar dari ujung yang lain melalui saluran pengeluaran. Sebagai media pengering pada *rotary dryer* digunakan gas panas dari pembakaran bahan bakar dalam dapur. Gas panas masuk ke dalam *rotary dryer* searah atau berlawanan arah dengan aliran bahan dan berhubungan langsung atau tidak langsung dengan bahan yang dikeringkan, tergantung pada *type rotary dryer* yang digunakan. Untuk menjaga *temperature* kontroller yang mengatur pembakaran dalam dapur. Permukaan

dalam silinder dilengkapi dengan *flight-flight* yang berfungsi pengaduk serta pengalir bahan yang dikeringkan.

Proses pengering melibatkan perpindahan panas dan perpindahan massa secara bersama. Hal ini berbeda dengan proses pemisahan cairan dan padatan secara mekanik (*filtrasi*). Padatan basah yang akan dikeringkan dengan udara panas, sehingga cairan pada padatan akan mengalami *evaporasi*. Air yang terdapat pada padatan basah mempunyai tekanan uap yang besarnya tergantung pada jumlah dan temperatur padatan. Jika padatan basah di kontakkan dengan udara yang mempunyai tekanan uap parsial tertentu, maka padatan basah akan kehilangan air secara evaporasi sampai ke tekanan uap cair pada padatan sama dengan tekanan uap partikel tersebut, atau dengan kata lain padatan dan udara (*gas*) dalam keadaan setimbang.

2.6 Metode Permukaan Respon (*Response Surface Methodology*)

Metode permukaan respon (*Response Surface Methodology*) adalah suatu kumpulan dari teknik-teknik statistika dan matematika yang berguna untuk menganalisis permasalahan tentang beberapa variabel bebas yang mempengaruhi variabel tak bebas dari respon, serta bertujuan mengoptimumkan respon. Dengan demikian, metodologi permukaan respon dapat dipergunakan oleh peneliti untuk mencari suatu fungsi pendekatan yang cocok untuk meramalkan respon yang akan datang dan menentukan nilai-nilai variabel bebas yang mengoptimumkan respon yang telah dipelajari (Gasperz, 1992).

Metode permukaan respon bertujuan untuk membantu peneliti dalam melakukan improvisasi untuk mendapatkan hasil optimum secara tepat dan efisien. Setelah daerah percobaan ditemukan, model respon dengan tingkat

ketepatan lebih tinggi dapat digunakan untuk mendapatkan nilai variabel sebenarnya yang akan menghasilkan respon optimum. Metode ini memberikan kemudahan dalam menentukan kondisi proses optimum baik pada sistem maupun pada jarak faktor yang dibutuhkan untuk mendapatkan hasil yang sangat memuaskan (Montgomery, 2001).

Pada dasarnya analisis permukaan respon adalah serupa dengan analisis regresi yaitu menggunakan prosedur pendugaan parameter fungsi respons berdasarkan kuadrat terkecil (*Least Square Method*). Perbedaanya dengan regresi linear adalah dalam analisis respon diperluas dengan menerapkan teknik-teknik metematik untuk menentukan titik-titik optimum agar dapat ditentukan respon yang optimum (maksimum atau minimum) (Montgomery, 2001).

Pada metodologi permukaan respon, variabel bebas didefinisikan sebagai X_1, X_2, ..., X_K dan diasumsikan sebagai variabel kontinyu, sedangkan respon didefinisikan sebagai variabel tak bebas Y yang merupakan variabel acak (Montgomery, 2001). Pada kebanyakan permasalahan metode ini, hubungan matematika menggambarkan respon percobaan dan variabel-variabel bebas tidak diketahui, sehingga langkah pertama yang harus dilakukan adalah menentukan perkiraan yang sesuai untuk hubungan matematika tersebut. Jika hubungan matematika diketahui, maka dapat digunakan untuk menentukan kondisi operasi paling efisien (Garsia *and* Philips, 1995).

Menurut Garsperz (1992), biasanya tahap awal dirumuskan model regresi polinomial dengan ordo yang rendah, misal berordo satu yang tidak lain merupakan model regresi linier, dengan persamaan berikut :

$$Y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \ldots + \beta_0 x_k + E$$

Seringkali dalam kebanyakan masalah percobaan, tidak diketahui secara pasti dimana lokasi maksimum yang diharapkan berada. Dengan demikian dapat terjadi bahwa dugaan awal tentang kondisi optimum dari sistem akan berbeda jauh dari kondisi optimum yang aktual. Untuk membantu kondisi tersebut dapat digunakan prosedur dakian tercuram untuk mencari daerah respon maksimum dan mendapatkan titik-titik optimum. Percobaan dibangkitkan sepanjang lintasan dakian tercuram sampai tidak diperoleh lagi peningkatan respon yang diamati (Gasperz, 1992).

Rancangan komposit pusat merupakan salah satu rancangan percobaan di dalam statistik. Pada metode permukaan respon, rancangan komposit pusat digunakan untuk membangun model (polinomial) suatu fungsi matematis dari variabel – variabel bebas(X_1, X_2, $X_{3...}$ $X_{n)}$ terhadap respon (y) yang terbentuk (Montgomery, 2001).Suatu rancangan percobaan untuk membangun model polinomial harus memiliki paling sedikit tiga taraf dari setiap faktor yang dicobakan agar parameter model dapat diduga.