

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pengerinan

Pengerinan merupakan suatu metode pengawetan dengan cara mengurangi kadar air bahan pangan sehingga memiliki daya simpan yang cukup lama. Menurut Arianto (2010) dan Hargono (2012) bahwa kadar air pada produk pangan yang aman disimpan dan untuk diolah lagi adalah 15% atau kurang maka aktivitas mikroba, bakteri, dan jamur menjadi terhambat sehingga jagung dapat dipasarkan ke tempat-tempat jauh dan akan tahan lama. Dari proses pengerinan, hasil yang diperoleh ialah bahan akhir yang memiliki kadar air setara dengan kadar air keseimbangan udara (atmosfir) atau setara dengan nilai aktifitas air (A_w) yang aman dari kerusakan mikrobiologis.

Pengerinan merupakan salah satu proses serta teknologi yang telah lama dikenal untuk pengawetan bahan pangan. Banyak hasil pertanian maupun perkebunan yang hasilnya dapat dimanfaatkan setelah dikeringkan, diantaranya teh, kopi, jenis bijibijian dan jenis palawija. Meski demikian adapun kerugian yang ditimbulkan pada proses pengerinan ini, yaitu terjadinya perubahan sifat fisik dan kimiawi bahan serta dapat terjadinya penurunan mutu bahan.

Menurut Buckle, et al., (1987), faktor yang dapat mempengaruhi pengerinan suatu bahan adalah:

1. Sifat fisik dan kimia dari bahan, meliputi bentuk, komposisi, ukuran, dan kadar air yang terkandung didalamnya. Pengaturan susunan bahanpangan.
2. Pengaturan geometris bahan. Hal ini berhubungan dengan alat atau media yang digunakan sebagai perantara pemindah panas.
3. Sifat fisik dari lingkungan sekitar alat pengering, meliputi suhu, kecepatan sirkulasi udara, dan kelembaban.
4. Karakteristik dan efisiensi pemindahan panas alat pengering.

Menurut Brooker, et al., (1974), beberapa parameter yang mempengaruhi waktu yang dibutuhkan dalam proses pengerinan, antara lain :

- a. Suhu Udara Pengerinan

Laju penguapan air bahan dalam pengeringan sangat ditentukan oleh kenaikan suhu. Jika suhu pengeringan dinaikkan maka panas yang dibutuhkan untuk penguapan air bahan menjadi berkurang. Suhu udara pengering berpengaruh terhadap lama pengeringan dan kualitas bahan hasil pengeringan. Makin tinggi suhu udara pengering maka proses pengeringan makin singkat.

b. Kecepatan Aliran Udara Pengering

Pada proses pengeringan, udara berfungsi sebagai pembawa panas untuk menguapkan kandungan air pada bahan serta mengeluarkan uap air tersebut. Air dikeluarkan dari bahan dalam bentuk uap dan harus secepatnya dipindahkan dari bahan. Bila tidak segera dipindahkan maka air akan menjenuhkan atmosfer pada permukaan bahan, sehingga akan memperlambat pengeluaran air selanjutnya. Aliran udara yang cepat akan membawa uap air dari permukaan bahan dan mencegah uap air tersebut menjadi jenuh di permukaan bahan. Semakin besar volume udara yang mengalir, maka semakin besar pula kemampuannya dalam membawa dan menampung air di permukaan bahan.

c. Kelembaban Relatif Udara Pengering

Kelembaban udara berpengaruh terhadap pemindahan cairan dari dalam ke permukaan bahan. Kelembaban relatif juga menentukan besarnya tingkat kemampuan udara pengering dalam menampung uap air di permukaan bahan. Semakin rendah RH udara pengering, maka makin cepat pula proses pengeringan yang terjadi, karena mampu menyerap dan menampung uap air lebih banyak dari pada udara dengan RH yang tinggi. Laju penguapan air dapat ditentukan berdasarkan perbedaan tekanan uap air pada udara yang mengalir dengan tekanan uap air pada permukaan bahan yang dikeringkan. Tekanan uap jenuh ini ditentukan oleh besarnya suhu dan kelembaban relatif udara. Semakin tinggi suhu, kelembaban relatifnya akan turun sehingga tekanan uap jenuhnya akan naik dan sebaliknya.

d. Kadar Air Bahan

Pada proses pengeringan sering dijumpai adanya variasi kadar air bahan. Variasi ini dapat dipengaruhi oleh tebalnya tumpukan bahan, RH udara pengering serta kadar air awal bahan. Hal tersebut dapat diatasi dengan cara, mengurangi

ketebalan tumpukan bahan, menaikkan kecepatan aliran udara pengering, pengadukan bahan.

2.1.1 Prinsip Dasar Pengeringan

Prinsip dasar proses pengeringan adalah proses terjadinya pindah panas dari alat pengering dan difusi air (pindah massa) dari bahan yang dikeringkan. Pindah panas air tersebut memerlukan perubahan fase air dari cair menjadi uap, sehingga proses perubahan tersebut memerlukan panas laten. Menurut Djaeni, dkk (2011) pengering dengan pemanasan konveksi (oven, fluidisasi) dimana udara panas dihasilkan melalui proses pemanasan baik dengan steam, listrik, atau gas hasil pembakaran, lebih handal dari pengering matahari. Namun kualitas produk mengalami penurunan akibat introduksi panas, dan efisiensi pengeringan rendah atau boros energi. Bahkan pada pengeringan jagung dengan suhu $>60^{\circ}$ C terjadi kerusakan pada tekstur dan kandungan proteinnya.

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 energi dalam sistem. Untuk itu, dilakukan perhitungan terhadap neraca energi untuk mencapai keseimbangan. Produk kering dapat digunakan sebagai bahan tambahan dalam pembuatan produk baru (Napitupulu, 2012). Menurut Rohman (2008) Ketika benda basah dikeringkan secara termal, ada dua proses yang berlangsung secara simultan, yaitu:

1. Perpindahan energi dari lingkungan untuk menguapkan air yang terdapat di permukaan benda padat. Perpindahan energi dari lingkungan ini dapat berlangsung secara konduksi, konveksi, radiasi, atau kombinasi dari ketiganya.
2. Perpindahan massa air yang terdapat di dalam benda ke permukaan. Ketika terjadi penguapan pada permukaan padatan, terjadi perbedaan temperatur sehingga air mengalir dari bagian dalam benda padat menuju ke permukaan benda padat. Struktur benda padat tersebut akan menentukan mekanisme aliran

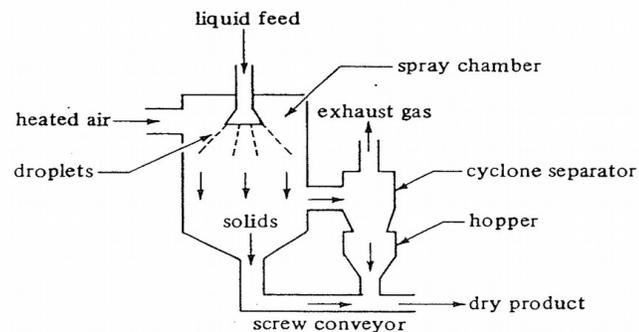
internal air. Beberapa mekanisme aliran internal air yang dapat berlangsung diantaranya adalah:

- a. Difusi, pergerakan ini terjadi bila kandungan air pada padatan berada di bawah titik jenuh atmosferik dan padatan dengan cairan di dalam sistem bersifat *mutually soluble*. Contoh: pengeringan tepung, kertas, kayu, tekstil dan sebagainya.
- b. *Capillary flow*, cairan bergerak mengikuti gaya gravitasi dan kapilaritas. Pergerakan ini terjadi bila *equilibrium moisture content* berada di atas titik jenuh atmosferik. Contoh pada pengeringan tanah dan pasir.

2.1.2 Jenis - jenis Pengeringan

1. *Spray Dryer*

Metode *spray dryer* adalah mengeringkan cairan dengan cara mengkontakkan butiran-butiran cairan dengan arah berlawanan atau searah dengan udara panas. Kecepatan umpan, suhu pengeringan dan kecepatan udara pengering dapat diatur sehingga dapat dioperasikan secara kontinu untuk mencapai kapasitas tertentu. Kelembaban udara diturunkan dengan melewati udara dalam kolom adsorben yang akan menyerap uap air didalamnya sebelum masuk ke ruang pemanas.

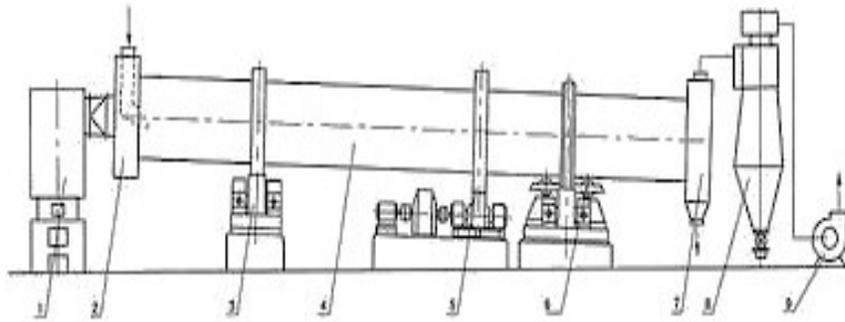


Gambar 1. Spray Dryer

Sumber : Geankoplis, J.C, 1983

2. *Rotary Dryer*

Rotary dryer atau bisa disebut *drum dryer* merupakan alat pengering berbentuk sebuah drum yang berputar secara kontinyu yang dipanaskan dengan tungku atau *gasifier*. Pengering *rotary dryer* biasa digunakan untuk mengeringkan bahan yang berbentuk bubuk, granula, gumpalan partikel padat dalam ukuran besar. Pemasukkan dan pengeluaran bahan terjadi secara otomatis dan berkesinambungan akibat gerakan vibrator, putaran lubang umpan, gerakan berputar dan gaya gravitasi. Sumber panas yang digunakan dapat berasal dari uap listrik, batubara, minyak tanah dan gas.

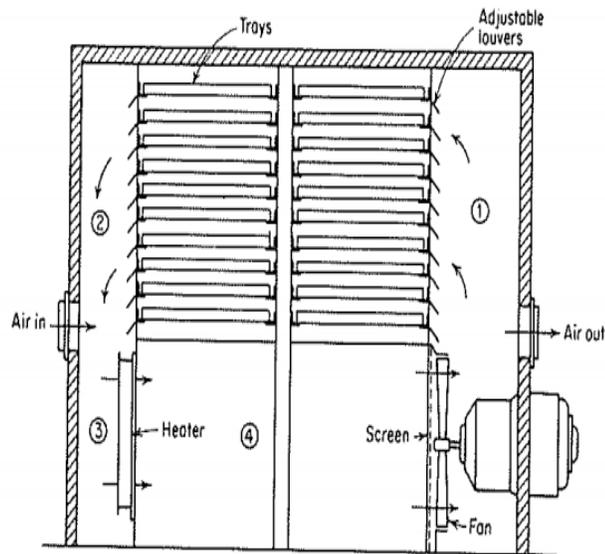


Gambar 2. Rotary Dryer

Sumber : Geankoplis, J.C, 1983

3. Tray Dryer

Tray dryer atau alat pengering tipe rak, mempunyai bentuk persegi dandidalamnya berisi rak-rak, yang digunakan sebagai tempat bahan yang akan dikeringkan. Pada umumnya rak tidak dapat dikeluarkan. Beberapa alat pengering jenis ini rak-raknya mempunyai roda sehingga dapat dikeluarkan dari alat pengeringnya. Bahan diletakan di atas rak (*tray*) yang terbuat dari logam yang berlubang. Kegunaan lubang-lubang tersebut untuk mengalirkan udara panas. Ukuran yang digunakan bermacam-macam, ada yang luasnya 200 cm² dan ada juga yang 400 cm². Luas rak dan besar lubang-lubang rak tergantung pada bahan yang dikeringkan. Apabila bahan yang akan dikeringkan berupa butiran halus, maka lubangnya berukuran kecil. Pada alat pengering ini bahan selain ditempatkan langsung pada rak-rak dapat juga ditebarkan pada wadah lainnya misalnya pada baki dan nampan.

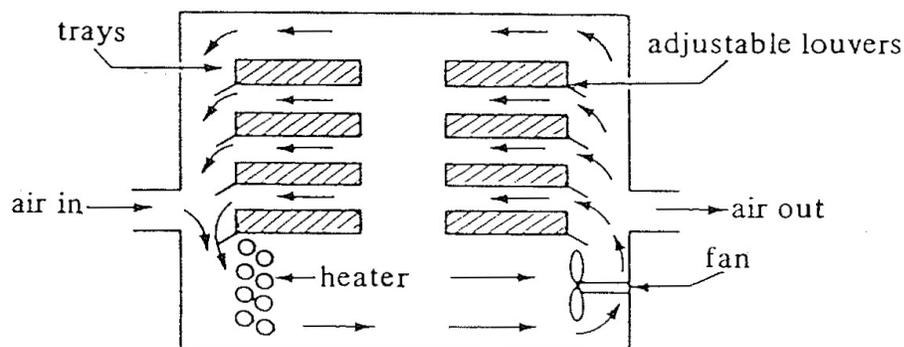


Gambar 3. Tray Dryer

Sumber: Treybal, 1980

4. Vacuum Self Dryer

Bahan lembab ditempatkan pada lempeng-lempeng pengeringan yang diletakkan di atas plat yang dipanaskan (misalnya dipanaskan dengan steam). Uap yang terbentuk dihisap keluar dari pengering dengan bantuan pompa vakum dan disalurkan ke kondensor. (Bernasconi, dkk., 1995).



Gambar 4. Vacuum self dryer

Sumber: Geankoplis, 1993

5. Fluidized Bed Dryer

Pengeringan hampan terfluidisasi (*Fluidized Bed Drying*) adalah proses pengeringan dengan memanfaatkan aliran udara panas dengan kecepatan tertentu yang dilewatkan menembus hampan bahan sehingga hampan bahan tersebut memiliki sifat seperti fluida.

Metode pengeringan fluidisasi digunakan untuk mempercepat proses pengeringan dan mempertahankan mutu bahan kering. Pengeringan ini banyak digunakan untuk pengeringan bahan berbentuk partikel atau butiran, baik untuk industri kimia, pangan, keramik, farmasi, pertanian, polimer dan limbah. Proses pengeringan dipercepat dengan cara meningkatkan kecepatan aliran udara panas sampai bahan terfluidisasi.

2.1.3 Alat Pengering Tipe *Spray Dryer*

Spray dryer adalah unit peralatan yang dipakai dalam proses pengeringan dengan komponen utama adalah atomiser. Atomizer berfungsi untuk mengkabutkan susu sehingga luas permukaan susu meningkat dan memudahkan penguapan air.

Prinsip kerja alat ini adalah menyemprotkan susu dalam bentuk droplet yang berukuran kecil ke dalam udara panas sehingga air terdapat pada pori-pori bahan akan terdifusi keluar dan menguap (Widodo, 2003). Sebagai produk akhir adalah susu bubuk.

Menurut Suwedo-Hadiwiyoto (1983), penggunaan spray dryer akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan penggunaan drum dryer karena partikel susu yang dihasilkan lebih halus. Namun demikian, rekonstitusinya tidak mudah larut karena perubahan kimia dan fisika yang terjadi selama proses pengeringan. Susu kedelai yang dibuat dari kedelai utuh (tanpa penghilangan lemak) akan lebih sulit direkonstitusi dan memiliki umursimpan lebih pendek. Hal ini terjadi karena kerusakan senyawa penyusun kedelai selama pengeringan seperti protein yang akan terdenaturasi membentuk ikatan silang yang dapat berkurang kelarutannya dan oksidasi lemak menghasilkan senyawa bersifat volatil yang akan menimbulkan citarasa yang tidak diinginkan (Hackler dan Stillings, 1967 dalam Maria, 2004).

Pengeringan spray adalah teknik di industri yang telah banyak dilakukan pada pengeringan dan penyerbukan skala besar material yang sangat sensitif terhadap temperatur/termal. Pada emulsi susu, teknik pengeringan ini merubah emulsi menjadi sejumlah besar butiran dengan menggunakan ‘atomiser’ yang terjatuh ke dalam ruang spray (spray chamber) yang didalamnya mengalir udara panas dari blower yang dipanaskan oleh heater (pemanas). Menyebabkan air menguap, dan butiran ini menjadi partikel-partikel padatan. Di ruang ini terjadi pemisahan antara padatan dengan uap/gas/udara. Padatan dalam bentuk butiran susu ini memiliki masa jenis yang lebih besar dari udara panas akan jatuh kebawah, sedangkan udara dengan masa jenis yang lebih ringan akan bergerak ke atas.

Tipe – tipe *spray dryer*

- Co-Current Flow Dryer

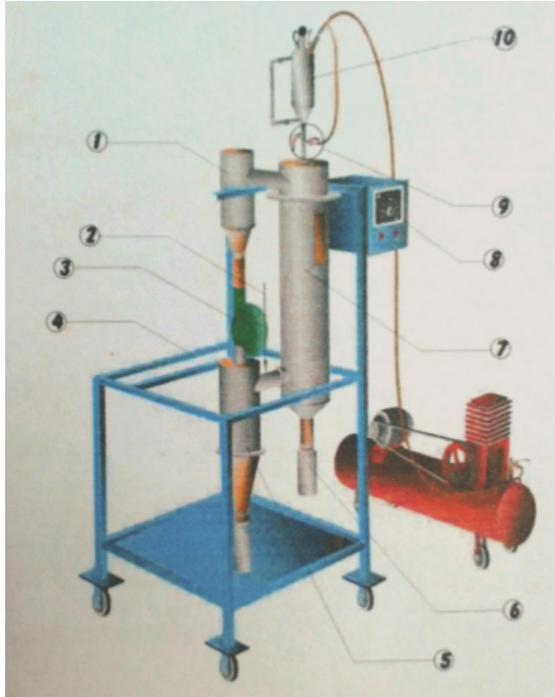
Dalam pengering ini proses spray (atomisasi) dan udara panas memasuki Chamber dengan arah yang sama. Alat pengering ini didesain untuk produk yang sensitif panas karena udara terpanas kontak dengan droplet pada kelembaban maksimum. Pengeringan terjadi dengan cepat. Produk tidak mengalami degradasi panas karena suhu droplet rendah selama proses pengeringan. Setelah kadar air mencapai target yang diinginkan, suhu partikel tidak meningkat karena udara sekitarnya jauh lebih dingin.

- Counter-Current Flow Dryer

Dalam pengering ini udara panas dikontakkan di ujung-ujung droplet, dengan atomizer diposisikan di bagian atas dan udara panas masuk pada bagian bawah. Alat ini memiliki kelebihan yaitu proses pengeringan lebih cepat dan efisiensi energi yang lebih tinggi daripada alat sebelumnya. Karena partikel paling kering kontak dengan udara terpanas, desain ini tidak cocok untuk produk sensitif panas. Pengering tipe ini biasanya menggunakan nozel untuk atomisasi karena energi semprotan dapat ditujukan terhadap gerakan udara. Sabun dan deterjen umumnya dikeringkan dalam pengering ini.

- Mixed Flow Dryer

Pengering jenis ini menggabungkan kedua tipe pengering sebelumnya. Dalam ruangan pengering, udara masuk di bagian atas dan alat penyemprot terletak di bagian bawah. Seperti *Counter-Current Flow Dryer* karena partikel paling kering kontak dengan udara terpanas, desain ini tidak cocok untuk produk sensitif panas.



Sumber : Nely ana mufarida, 2009

Gambar 5. *Spray dryer*

2.1.4 Blower

Blower berfungsi untuk menghisap udara luar dan mengalirkan kedalam pemanas. Blower digunakan untuk mengalirkan udara panas ke dalam ruang pengering (chamber). Blower harus tahan terhadap kerusakan yang timbul karena kelembaban dan suhu tinggi. Jika blower terbuat dari besi, kerusakan yang terjadi berupa terbentuknya karat. Selain keropos, kontaminasi dengan partikel karat dapat memunculkan masalah baru terutama untuk pengeringan dengan tujuan tertentu.

Dalam beberapa kasus, faktor utama keberhasilan pengeringan adalah kecepatan udara panas yang digerakkan oleh blower. Pada kasus pengeringan yang lain, suhu menjadi faktor dominan.

2.1.5 Pemanas Udara (Heater)

Heater berfungsi sebagai pemanas udara yang akan digunakan sebagai pengering. Panas yang diberikan harus diatur sesuai dengan karakteristik bahan, ukuran droplets yang dihasilkan dan jumlah droplets. Suhu udara pengering yang digunakan diatur agar tidak terjadi over heating. Pemanas berfungsi untuk memanaskan udara yang akan digunakan untuk proses penguapan air dari bahan. Udara pengering selanjutnya dialirkan menuju ruang pengering melalui ruang distribusi udara panas. Spray dryer ini juga dilengkapi dengan termokontrol untuk mengatur suhu udara yang akan digunakan sebagai pengering droplets. Adanya kontak droplets dengan udara panas menyebabkan evaporasi kadungan air pada droplets hingga 95% sehingga dihasilkan bubuk. Bubuk yang telah kering jatuh ke bawah drying chamber (ruang pengering) dari atas chamber hingga mencapai dasar hanya memerlukan waktu selama beberapa detik.

2.2 Laju Pengeringan

Menurut Henderson dan Perry (1995), proses pengeringan mempunyai dua periode utama yaitu periode pengeringan dengan laju pengeringan tetap dan periode pengeringan dengan laju pengeringan menurun. Kedua periode utama ini dibatasi oleh kadar air kritis.

Henderson dan Perry (1955) menyatakan bahwa pada periode pengeringan dengan laju tetap, bahan mengandung air yang cukup banyak, dimana pada permukaan bahan berlangsung penguapan yang lajunya dapat disamakan dengan laju penguapan pada permukaan air bebas.

Laju pengeringan akan menurun seiring dengan penurunan kadar air selmaa pengeringan. Jumlah air terikat makin lama semakin berkurang. Pada periode laju pengeringan menurun permukaan partikel bahan yang dikeringkan tidak lagi ditutupi

oleh lapisan air. Selama periode laju pengeringan menurun, energi panas yang diperoleh bahan digunakan untuk menguapkan sisa air bebas yang sedikit sekali jumlahnya.

Struktur bahan secara umum dapat didasarkan pada kadar air yang biasanya ditunjukkan dalam presentase kadar air basis basah atau basis kering. Kadar air basah (M_{wb}) banyak digunakan dalam penentuan harga pasarsedangkan kadar air basis kering (M_{db}) digunakan dalam bidang teknik. (Brooker dan Donald, 1974). Persamaan kadar air adalah sebagai berikut :

$$M_{db} = \frac{W_w - W_d}{W_d} \quad (\text{Geankoplis, J.C, 1983})$$

$$M_{wb} = \frac{W_w - W_d}{W_w} \quad (\text{Geankoplis, J.C, 1983})$$

Dimana, W_w adalah berat sampel sebelum dikeringkan dan W_d adalah berat sampel setelah dikeringkan. Perhitungan laju pengeringan membutuhkan data hasil pengukuran dari kadar air awal, kadar air akhir, waktu, suhu, luas permukaan. Pada periode laju pengeringan, perhitungannya bisa didasarkan atas perpindahan massa sebagai berikut.

Dimana, W_w adalah berat sampel sebelum dikeringkan dan W_d adalah berat sampel setelah dikeringkan.

Perhitungan laju pengeringan membutuhkan data hasil pengukuran dari kadar air awal, kadar air akhir, waktu, suhu, luas permukaan. Pada periode laju pengeringan, perhitungannya bisa digunakan sebagai berikut:

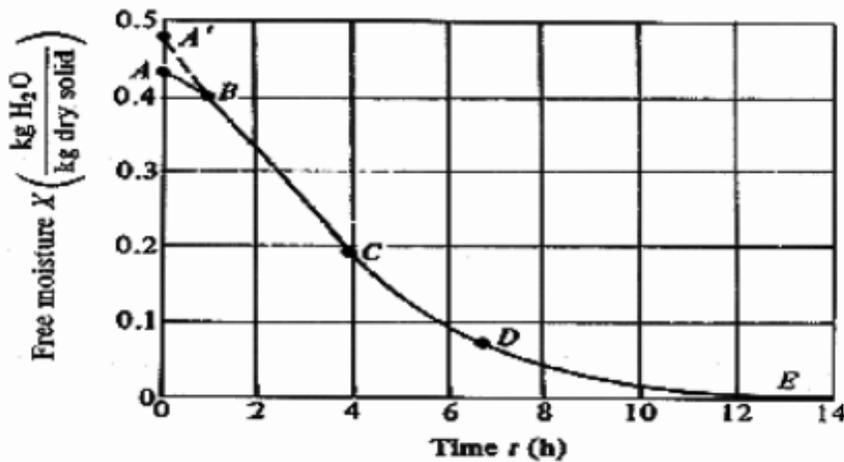
$$q = q_c + q_k$$

$$R_c = \frac{q}{A \cdot \lambda_s} = \frac{q_c + q_k}{A \cdot \lambda_s} \quad \dots (\text{Geankoplis, J.C, 1983})$$

Menjadi,

$$R_c = \frac{q}{A \cdot \lambda_s} = \frac{q_c + q_k}{A \cdot \lambda_s} = \frac{hc(T - T_s)A + Uk(T - T_s)}{\lambda_s} \quad (3600) \dots (\text{Geankoplis, J.C, 1983})$$

Laju pengeringan konstan terjadi pada lapisan air bebas yang terdapat pada permukaan bahan. Laju pengeringan ini terjadi sangat singkat selama proses pengeringan berlangsung, kecepatan penguapan air pada tahap ini dapat disamakan dengan kecepatan penguapan air bebas, sedangkan laju pengeringan menurun terjadi setelah periode pengeringan konstan selesai. Pada tahap ini kecepatan aliran air bebas dari dalam bahan ke permukaan lebih kecil dari kecepatan pengambilan uap air maksimum (Nurba, 2010). Periode laju pengeringan menurun meliputi dua proses yaitu perpindahan air dari dalam bahan ke permukaan dan perpindahan uap air dari permukaan ke udara sekitarnya, seperti yang ditunjukkan pada grafik dibawah ini Perry, 1976).



Gambar 6. Hubungan kadar air dengan waktu

Sumber: Perry, 1976

Perhitungan laju pengeringan membutuhkan data hasil pengukuran dari perpindahan massa, perpindahan panas, waktu, suhu dan luas permukaan kadar air akhir, waktu, suhu, dan luas permukaan. Pada laju pengeringan periode konstan, perhitungannya bisa digunakan persamaan sebagai berikut.

$$q = q_c + q_k \quad (\text{Geankoplis, C.J, 1983})$$