

LAPORAN TUGAS AKHIR

ALAT PENGERING ZAT WARNA ALAMI (*Spray Dryer*)
TIPE KONTINYU BERLAWANAN ARAH DENGAN
MENGGUNAKAN UDARA PANAS



Dikerjakan oleh:

- | | |
|---------------------------------|-----------------|
| 1. Dhika Erry Susilowati | I8306052 |
| 2. Erna Susilowati | I8306058 |
| 3. Gatot Heri Parwanto | I8306062 |
| 4. Nugroho Susanto | I8306080 |

PROGRAM STUDI D III TEKNIK KIMIA
JURUSAN TEKNIK KIMIA
FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS SEBELAS MARET
SURAKARTA
2009
LEMBAR PENGESAHAN

LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama / NIM : 1. Dhika Erry Susilowati (I8306052)
2. Erna Susilowati (I8306058)
3. Gatot Heri Parwanto (I8306062)
4. Nugroho Susanto (I8306080)

Judul Tugas Akhir : Alat Pengering Zat Warna Alami (Spray Dryer) tipe
Kontinyu Berlawanan Arah dengan Menggunakan Udara
Panas

Tanggal : 21 Agustus 2009

Dosen Pembimbing : Adrian Nur, S.T, M.T

Surakarta, September 2009

Mengetahui,

Ketua Program Studi DIII Teknik Kimia

Dosen Pembimbing

Dwi Ardiana S, S.T, M.T
NIP. 19730131 199802 2 001

Adrian Nur, S.T, M.T
NIP. 19730108 200012 1 001

Dosen Penguji I

Ir. Muljadi
NIP.19461024 198503 1 001

Dosen Peguji II

Endang Kwartiningsih, S.T, M.T
NIP. 19730306 199802 2 001

KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga kami dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir (TA) ini dengan baik. Laporan ini disusun dan diajukan sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada Program Diploma III Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.

Laporan ini disusun berdasarkan data hasil percobaan yang diperoleh selama praktikum Tugas Akhir di Laboratorium Limbah Teknik Kimia Universitas Sebelas Maret, yang dimulai pada tanggal 01 Juni sampai 31 Juli 2009.

Secara garis besar, Laporan Tugas Akhir ini berisi tentang perancangan alat spray dryer tipe kontinyu yang digunakan untuk mengeringkan atau membuat serbuk zat warna alami dari ekstrak daun jati.

Dengan selesainya Tugas Akhir ini dan tersusunnya laporan Tugas Akhir ini, maka kami menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak Ir. Arif Jumari, Msc, selaku Ketua Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret.
2. Ibu Dwi Ardiana Setyawandani, S.T, M.T, selaku Ketua Program Diploma III Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
3. Bapak Adrian Nur, S.T, M.T, selaku Dosen Pembimbing Tugas Akhir Program Diploma III Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknik Universitas Sebelas Maret Surakarta.
4. Keluarga tercinta dan teman-teman mahasiswa atas doa dan dukungannya

Untuk pengembangan laporan kearah lebih baik, kritik dan saran atas laporan Tugas Akhir ini sangat kami harapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi penyusun maupun pembaca yang memerlukannya.

Surakarta, September 2009

Penyusun

DAFTAR ISI

Halaman Judul	i
Lembar Pengesahan	ii
Lembar Konsultasi	iii
Kata Pengantar	iv
Daftar Isi	v
Daftar Gambar	vii
Daftar Tabel.....	viii
Inti sari	ix

BAB I PENDAHULUAN

A. Latar Belakang	1
B. Perumusan Masalah	2
C. Tujuan	2
D. Manfaat.....	2

BAB II LANDASAN TEORI

A. Tinjauan Pustaka	3
B. Kerangka Pemikiran	26

BAB III METODE PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

A. Alat dan Bahan	27
B. Perancangan Alat	28
C. Lokasi	28
D. Cara Kerja.....	29

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Desain Alat	32
B. Data Percobaan	39
C. Hasil Perhitungan.....	40
D. Pembahasan.....	41

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan	43
---------------------	----

B. Saran	44
----------------	----

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1 Kurva Laju Pengeringan	5
Gambar II.2 Prinsip Termometer Bola Basah.....	15

Gambar II.3 Rangkaian Alat <i>Spray Dryer</i> Tahun 2007	22
Gambar II.4 Rangkaian Alat <i>Spray Dryer</i> Tahun 2008	23
Gambar II.5 Rangkaian Alat <i>Spray Dryer</i> Tahun 2009	25
Gambar IV.1 Rangkaian Alat <i>Spray Dryer</i>	32
Gambar IV.2 Tangki Pengering	33
Gambar IV.3 Tangki Pemanas Udara	34
Gambar IV.4 <i>Nozzle</i>	35
Gambar IV.5 Sistem Kontinyu pada Pemasukan Umpan.....	36
Gambar IV.6 <i>Belt Conveyor</i>	37

DAFTAR TABEL

Tabel II.1 Spesifikasi <i>Spray Dryer</i> jenis Niro TFD 500 di PT.Sari Husada Tbk..	21
--	----

ABSTRACT

DHIKA ERRY SUSILOWATI, ERNA SUSILOWATI, GATOT HERI PARWANTO, NUGROHO SUSANTO, 2009. FINAL REPORT “THE PRODUCTION OF COUNTER CURRENT TYPE CONTINOUS OF NATURAL COLORING SPRAY DRYER BY EMPLOYING HOT AIR”. DIPLOMA PROGRAM CHEMICAL ENGINEERING, FACULTY OF ENGINEERING, SEBELAS MARET UNIVERSITY SURAKARTA.

The use of natural coloring essence has been replaced by sintetic coloring. Since the result of the natural coloring is in the liquid form that makes it difficult to be applied and it is less practice. This liquid coloring is dried into powder with a spray dryer. The aim of this final asigment is to design and to make a coloring spray dryer and to know how this tool works.

Spray dryer uses continous system, in which the materials are mixed with nozzle to make them into small particles. These small particles are directly contacted to the hot air to make powder.

Spray dryer contains of two main equipments, they are nozzle and dryer tank. Nozzle is made of brass with 0,5 mm in diameter used to mix the coloring essence to make them into small particles. The dryer tank is made of galvanic plat with 40 cm in diameter, 220 cm in height, maximal volume 600 liter, and effective 500 liter. The other equipment supports are compressor, blower and belt conveyor.

The extract of teak have color is gained by boiling it. 500 ml coloring essence is driyed in 778 seconds produces 86,15 grams dry powder. In one day, it takes 18,5 liters color essence to produce 3187,55 grams powder with 8 hours operation time. The operation of spray dryer uses continous system that can run well and produce 93,99% heat efficiency. This color essence powder has been tested in textile and produces the average colors in whole fabrics.

INTISARI

DHIKA ERRY SUSILOWATI, ERNA SUSILOWATI, GATOT HERI PARWANTO, NUGROHO SUSANTO, 2009. LAPORAN TUGAS AKHIR “ALAT PENGERING ZAT WARNA ALAMI (*SPRAY DRYER*) TIPE KONTINYU BERLAWANAN ARAH DENGAN MENGGUNAKAN UDARA PANAS” PROGRAM DIPLOMA III TEKNIK KIMIA, FAKULTAS TEKNIK, UNIVERSITAS SEBELAS MARET SURAKARTA.

Zat warna alami adalah zat warna (pigmen) yang diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau dari sumber-sumber mineral. Salah satu kendala

pewarnaan dengan menggunakan zat warna alami yang masih berbentuk cair adalah kesulitan dalam hal pengemasan dan transportasi serta daya tahan zat warna alami tidak dapat bertahan lama. Ekstrak zat warna yang masih berbentuk cair ini dikeringkan menjadi serbuk dengan menggunakan alat *spray dryer*. Tujuan Tugas Akhir ini adalah merancang dan membuat alat pengering zat warna (*spray dryer*) dan untuk mengetahui unjuk kerja *spray dryer* tersebut.

Spray dryer menggunakan sistem *kontinyu*, yaitu bahan yang akan dikeringkan dihamburkan dengan menggunakan *nozzle* membentuk butiran-butiran partikel kecil. Butiran-butiran partikel kecil tersebut dikontakkan secara langsung dengan udara panas sehingga akan membentuk serbuk.

Spray dryer terdiri dari 2 alat utama yaitu *nozzle* dan tangki pengering. *Nozzle* terbuat dari kuningan dengan diameter 0,5 mm yang digunakan untuk menghamburkan ekstrak zat warna sehingga membentuk butiran-butiran partikel kecil. Tangki pengering terbuat dari plat galvanis yang memiliki diameter 40 cm, tinggi 220 cm, volume maksimal 600 liter, dan volume efektif 500 liter. Alat pendukung lain berupa kompresor, *blower*, kompor, dan *belt conveyer*.

Ekstrak zat warna daun jati yang digunakan diperoleh dari perebusan daun jati. Ekstrak zat warna 500 ml dikeringkan dalam waktu 778 detik dan menghasilkan 86,15 gram serbuk zat warna kering. Jadi dalam waktu sehari membutuhkan ekstrak zat warna 18,5 liter untuk menghasilkan serbuk zat warna 3187,55 gram dengan waktu pengoperasian alat 8 jam perhari. Pengoperasian *spray dryer* ini menggunakan sistem *kontinyu* yang dapat berjalan dengan baik dan menghasilkan panas yang efisiensinya 93,99 %. Serbuk zat warna ini sudah diuji dalam kain tekstil dan menghasilkan pewarnaan yang merata pada seluruh kain.

BAB I

PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Zat warna alami adalah zat warna (pigmen) yang diperoleh dari tumbuhan, hewan, atau dari sumber-sumber mineral. Zat warna ini telah sejak dahulu digunakan untuk pewarna makanan dan sampai sekarang umumnya penggunaannya dianggap lebih aman daripada zat warna sintetis. Selain itu, penelitian toksikologi zat warna alami masih agak sulit karena zat warna ini

umumnya terdiri dari campuran dengan senyawa-senyawa alami lainnya. Misalnya, untuk zat warna alami asal tumbuhan, bentuk dan kadarnya berbeda-beda, dipengaruhi faktor jenis tumbuhan, iklim, tanah, umur dan faktor-faktor lainnya. Zat warna alam pada umumnya diperoleh dari tumbuhan, antara lain kunyit (*Curcuma*), kesumba (*Bixa orellana*), daun jambu biji (*Psidium guajava*), daun jarak (*Jatropha curcas linneaus*), daun jati (*Tectona grandis sp*) dan kayu ulin (*Eucideroxylon zwageri*). Salah satu kendala pewarnaan dengan menggunakan zat warna alam adalah kesulitan dalam hal pengemasan dan transportasi serta daya tahan zat warna alami tidak dapat bertahan lama.

Zat warna alam tersebut sebelum digunakan harus diekstraksi terlebih dahulu. Ekstraksi biasanya dilakukan dengan perebusan, soxhlet, ataupun dengan menggunakan alat ekstraktor. Hasil ekstrak zat warna alam tersebut masih dalam bentuk cair sehingga sulit untuk digunakan dan kurang praktis. Oleh karena itu, ekstrak zat warna yang masih berbentuk cair ini dikeringkan sehingga menjadi serbuk. Pembuatan serbuk zat warna memerlukan alat pengering. Salah satu alat pengering yang dapat dipakai adalah *spray dryer*.

2

B. PERUMUSAN MASALAH

Spray dryer dapat digunakan untuk membuat serbuk dari berbagai macam ekstrak zat warna, misalnya ekstrak dari daun jarak, daun jati, biji kesumba, kunyit, serbuk kayu ulin, dan lain-lain. Pada perancangan alat *spray dryer* ini bahan yang digunakan sebagai sampel adalah ekstrak dari daun jati.

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, maka permasalahan dapat dirumuskan sebagai berikut :

1. Bagaimana penyempurnaan alat pengering zat warna alami (*spray dryer*) tipe kontinyu berlawanan arah dengan menggunakan pemanas udara, dengan pemasukan dan pengeluaran secara kontinyu.
2. Bagaimana unjuk kerja *spray dryer* yang diperoleh

C. TUJUAN

Tujuan tugas akhir ini adalah:

1. Menyempurnakan alat pengering zat warna alami (*spray dryer*) tipe kontinyu berlawanan arah dengan menggunakan pemanas udara, dengan pemasukan dan pengeluaran secara kontinyu.
2. Mengetahui unjuk kerja *spray dryer* yang diperoleh.

D. MANFAAT

Pembuatan rangkaian alat ini diharapkan dapat memperoleh manfaat sebagai berikut:

1. Mahasiswa dapat menambah wawasan dan keterampilan dalam mengaplikasikan disiplin ilmu Teknik Kimia yang didapat terutama tentang proses pengeringan (*spray dryer*).
2. Masyarakat dapat memanfaatkan *spray dryer* yang diperoleh untuk membuat serbuk ekstrak zat warna.

BAB II

LANDASAN TEORI

A. TINJAUAN PUSTAKA

1. Pengertian Pengeringan

Pengeringan adalah pemisahan cairan dari suatu bahan padat yang lembab dengan cara menguapkan cairan tersebut dan membuang uap yang terbentuk. Karena memerlukan panas, proses ini disebut pengeringan termal. Setiap pengeringan termal ditandai oleh adanya perpindahan panas dan massa yang berlangsung bersamaan. (Bernasconi, dkk.,1995)

2. Perpindahan Panas Pada Pengeringan

Kuantitas panas yang diperlukan untuk pengeringan terdiri atas :

- Panas untuk memanaskan bahan yang dikeringkan hingga mencapai suhu pengeringan.
- Panas penguapan untuk mengubah cairan ke fase uap.
- Panas yang hilang ke lingkungan.

Panas diberikan pada bahan yang akan dikeringkan dengan konduksi, konveksi atau radiasi. Pertukaran panas dapat terjadi secara langsung atau tidak langsung. Media pemanas yang digunakan antara lain : udara dan *steam*.

a. Pengeringan Konveksi

Panas yang diperlukan dipindahkan secara langsung ke bahan yang akan dikeringkan oleh suatu gas panas (biasanya udara). Dalam hal ini bahan yang akan dikeringkan dapat dikontakkan dengan udara panas menurut cara yang berbeda-beda misalnya *fluidisasi* dan penghamburan (*spray*).

Suatu pertukaran panas yang baik dapat dicapai, bila antar udara panas dan bahan yang dikeringkan terdapat selisih kecepatan yang besar. Udara panas tidak hanya digunakan untuk memanaskan bahan basah, tetapi juga untuk menyerap dan mengeluarkan uap yang terjadi. Oleh karena itu pada saat memasuki alat pengering, udara harus sekering mungkin (daya serap udara terhadap uap jauh lebih besar pada suhu yang lebih tinggi). Selama berlangsung proses pengeringan, udara panas berubah menjadi dingin (panas diberikan pada bahan yang dikeringkan).

b. Pengeringan Konduksi

Panas yang dibutuhkan diberikan kepada bahan dengan penghantaran panas tak langsung. Dalam hal ini bahan yang dikeringkan diletakkan pada permukaan yang telah dipanasi (misalnya dalam alat *drum dryer*, lemari pengering vakum) atau dilewatkan melalui permukaan serupa itu satu kali ataupun berulang-ulang

(misalnya dalam alat *disk dryer*, alat pengering kerucut ganda, alat pengering serok).

Pengeringan konduksi sesuai untuk pasta-pasta, untuk bahan yang berbentuk granular atau yang berupa cairan dengan viskositas yang rendah. Pengeringan kontak biasanya dilakukan dalam kondisi vakum. Pada tekanan yang rendah, titik didih cairan menjadi turun, sehingga bahan-bahan yang peka terhadap suhu, yang mudah terbakar atau yang mudah terdegradasi juga dapat dikerjakan.

c. Pengeringan radiasi

Panas yang diperlukan dipindahkan secara langsung sebagai radiasi inframerah dari suatu sumber panas ke bahan yang akan dikeringkan. Untuk memindahkan kuantitas panas yang besar temperatur radiasi harus tinggi ($400-2000^{\circ}\text{C}$), dengan suhu tersebut waktu pengeringan dapat menjadi singkat. (Bernasconi, dkk.,1995). ⁵

3. Perpindahan Massa Pada Pengering

Pada partikel-partikel padat yang lembab, cairan yang dipisahkan dapat berupa :

- Cairan bebas, tak terikat pada permukaan partikel.
- Cairan yang terikat oleh gaya kapiler dan *diadsorpsi* di dalam pori-pori partikel (pada bahan yang *higroskopis*).
- Air kristal yang diikat oleh gaya valensi dalam struktur kristal bahan padat.

Berdasarkan keadaan cairan di atas maka proses pengeringan (waktu dan energi) yang diperlukan untuk mengeluarkan cairan juga berbeda-beda.

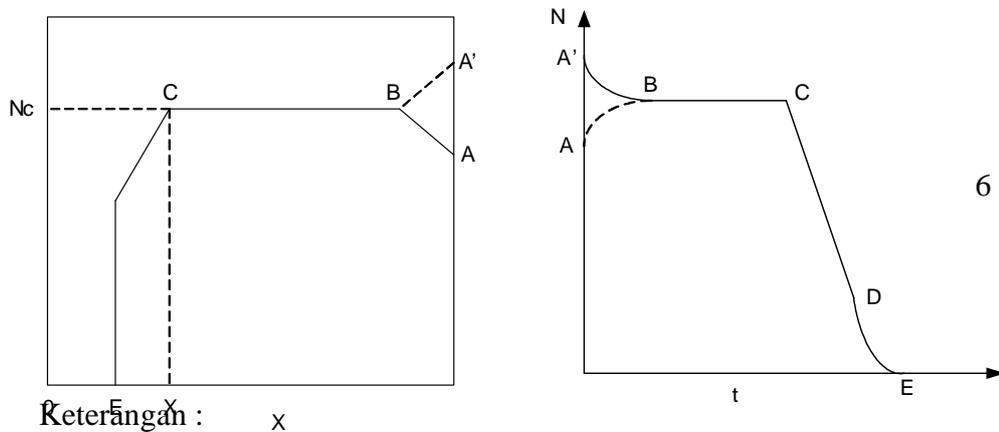
Pada umumnya proses pengeringan dibagi menjadi sedikitnya dua tahap yaitu :

1. Laju pengeringan yang konstan

Pada tahap ini cairan pada permukaan partikel menguap atau mengabut dengan segera secara merata. Sebagai akibatnya terjadi penurunan kelembaban di dalam partikel, dan cairan berpindah dari bagian dalam partikel ke permukaan dengan cara difusi.

2. Laju pengeringan yang menurun.

Pada tahap ini dimulai ketika cairan yang berasal dari bagian dalam partikel tidak lagi cukup untuk membasahi permukaan. (Bernasconi, dkk.,1995)



Keterangan : x

- A' – B atau A – B → periode penyesuaian awal
- BC → periode kecepatan tetap (konstan)
- CDE → periode kecepatan menurun
- E → keadaan bahan yang *equilibrium moisture content* (EMC)

Gambar 2.1 Kurva Laju Pengeringan

4. Teori Pengeringan Fase Cair

Pada pengeringan fase cair ini bahan yang akan dikeringkan dihamburkan dengan menggunakan *nozzle*. *Nozzle* merupakan alat hambur dalam *spray dryer* yang digunakan untuk mendapatkan kabut-kabut cairan, suspensi atau pasta yang sehomogen mungkin. *Nozzle* digunakan untuk mengubah fase kontinyu menjadi *discret*, dari bentuk cairan menjadi potongan-potongan cairan (padatan) atau kabut.

a. *Nozzle* Bertekanan

Atomisasi *nozzle* bertekanan yaitu dengan menekan cairan di bawah tekanan yang tinggi dan dengan putaran pipa kecil yang terus menerus. Tekanannya antara 2700-6900 kpa/m², tergantung pada derajat atomisasi, kapasitas dan peralatan. Diameter pipa *nozzle* mempunyai ukuran antara 0,25 – 0,4 mm tergantung pada tekanan yang diinginkan untuk memberikan kapasitas dan derajat atomisasi yang diinginkan.

b. *Nozzle* Dua Aliran

Nozzle dua aliran tidak beroperasi secara efisien sehingga tidak dapat digunakan untuk aliran dengan kapasitas besar. Keuntungan dari *nozzle* dua aliran adalah mampu beroperasi pada tekanan yang relatif rendah yaitu antara 0 – 400 kpa/m², selama mengatomisasi cairan tekanannya tidak lebih dari 700 kpa/m². cairan diatomisasi dalam bentuk *steam* atau udara.

c. *Nozzle* Cakram Sentrifugal

Nozzle cakram sentrifugal mengatomisasi cairan dengan memperluasnya dalam lembaran tipis dengan kecepatan yang tinggi dari sekeliling cakram. Diameter cakram berkisar antara 5 cm dalam skala kecil sampai 35 cm untuk pengering tanaman. Kecepatan putaran cakram antara 3.000 – 50.000 rad/menit. Keuntungan dari atomisasi cakram sentrifugal adalah mampu mengatomisasi suspensi atau campuran yang mengkilis dan menyumbat *nozzle*. (Perry, 1999)

5. Alat Pengeringan

a. Kriteria Pemilihan Alat Pengering

Di samping pertimbangan ekonomi, pemilihan alat pengering juga ditentukan oleh faktor-faktor berikut :

- Kondisi bahan yang dikeringkan (bahan padat yang dapat mengalir, pasta, suspensi).
- Sifat-sifat bahan yang dikeringkan (misalnya apakah menimbulkan bahaya kebakaran, ketahanan panas, bersifat oksidasi).

- Jenis cairan yang terkandung dalam bahan yang dikeringkan (air, pelarut organik, dapat terbakar, beracun, korosif).
- Kuantitas bahan yang dikeringkan.
- Operasi kontinyu atau tidak kontinyu. (Bernasconi, dkk.,1995)

b. Jenis Alat Pengering

1. Alat pengering hambur (*Spray Dryer*)

Di dalam sebuah menara berbentuk silinder, bahan yang dapat mengalir (suspensi, pasta) disemprotkan secara kontinyu ke dalam aliran udara yang panas. Pada saat penghamburan, yang dilakukan dengan perlengkapan hambur khusus, cairan yang akan dipisahkan segera menguap. Udara dan bahan yang dikeringkan harus dipisahkan satu dari yang lain dalam alat pemisah.

Pada pengeringan hambur ini digunakan untuk mendapatkan kabut-kabut cairan, suspensi atau pasta yang sehomogen mungkin. Hal tersebut dapat dicapai dengan menggunakan perlengkapan hambur yang dibuat khusus dan disesuaikan dengan produk yang diinginkan. Jenis alat hambur tersebut adalah alat hambur cakram (*disc atomizer*) dan alat hambur *nozzle*.

Pada alat hambur cakram, produk yang akan dikeringkan dimasukkan ke dalam cakram berdiameter 50-350 mm yang berputar dengan kecepatan yang tinggi. Frekuensi putaran disesuaikan dengan produk yang akan dihamburkan.

Alat hambur cakram sangat sesuai untuk suspensi dan pasta, yang akan mengikis atau menyumbat *nozzel*. Pasta-pasta yang kental dapat juga ditangani dengan cara yang serupa, yaitu bila pasta misalnya disalurkan ke dalam cakram dengan perantara pompa spiral, dan penghamburannya ditunjang oleh pancaran udara yang tajam pada keliling cakram.

Pada alat hambur *nozzel*, produk yang akan dikeringkan dihamburkan menjadi kabut. Ada *nozzel* tunggal, penghamburan diakibatkan hanya oleh tekanan cairan, sedangkan pada nosel ganda,

penghamburan terjadi dengan bantuan udara tekan. Alat hambur *nozzle* umumnya hanya digunakan untuk emulsi dan suspensi-suspensi halus.

Dalam alat-alat pengering hambur digunakan suhu udara sekitar 300-500 °C. Meskipun suhu ini tinggi, namun tetap diperoleh pengeringan yang baik, terutama pada pengoperasian aliran searah. Hal ini disebabkan pada tahap pengeringan pertama bahan yang dikeringkan relatif tetap dingin karena sebagian besar panas digunakan untuk penguapan dan udara pada tahap pengeringan kedua sudah sangat terdinginkan. Karena hal tersebut dan karena singkatnya waktu tinggal, maka bahan-bahan yang peka terhadap temperatur pun dapat dikeringkan dengan suhu udara masuk yang tinggi.

Pada dasarnya pemanasan udara dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dengan pembakaran minyak serta penggunaan langsung dari gas hasil pembakaran, atau secara tak langsung dalam alat penukar panas.. Metode pertama (pemanasan langsung) hanya dapat diterapkan jika pencemaran produknya oleh partikel-partikel asap, yang sewaktu-waktu dapat terjadi, tidak merupakan masalah (misalnya bahan pembasmi rumput-rumputan). Apabila persyaratan untuk kebersihan produk itu tinggi (misalnya bahan warna pigmen, bahan makanan), maka udara yang telah dibersihkan terlebih dahulu harus dipanaskan secara tidak langsung.

Alat pengering hambur terutama sesuai untuk pengeringan kontinyu dari produk yang sama dalam kuantitas besar. Keuntungan yang khusus adalah terjadinya pengeringan yang sangat baik karena waktu tinggal yang singkat. Selain itu sering tidak perlu dilakukan lagi pengecilan ukuran bahan dan dari pengeringan ini dapat diperoleh bentuk-bentuk butir yang khusus (misalnya partikel-partikel yang mudah dilarutkan, bebas debu, berpori).

Berdasarkan arah alirannya *spray dryer* dibagi menjadi dua macam, yaitu :

1. Aliran searah

Dalam *spray dryer* cairan atau pasta akan terdistribusi halus, maka bidang kontak dengan udara panas sangat besar, sehingga waktu maksimum pengeringan hanya beberapa detik. Dengan demikian waktu tinggal di dalam menara pengering juga beberapa detik lamanya karena partikel yang akan dikeringkan mempunyai kecepatan jatuh yang relatif besar maka diperlukan menara yang tinggi. Kecepatan jatuh dapat dikurangi dan waktu tinggal dapat diperpanjang dengan membiarkan¹⁰ udara panas mengalir masuk secara tangensial di bagian atas menara (aliran searah), dengan cara ini dapat digunakan menara yang rendah (10-20 m).

Pada alat pengering aliran searah, pemisahan kasar produk kering dari udara lembab berlangsung dari bagian bawah menara (misalnya dengan perlengkapan yang menyerupai siklon). Pemisahan halus dilakukan dalam alat pemisah debu yang dihubungkan dengan alat pengering (misalnya siklon filter debu dan bila diperlukan : pencuci). Sebuah kemungkinan lain untuk dapat menggunakan menara rendah (3-5 m) ialah dengan melakukan pengeringan dalam dua tahap. Tahap pertama (penghilangan kelembaban permukaan) berlangsung di dalam menara, sedangkan tahap kedua (penghilangan kelembaban kapiler) dilakukan dalam alat pengering, pneumatik yang berada di luar menara dan dihubungkan dengan menara tersebut. Pemisahan produk dari udara panas yang telah menjadi lembab terjadi di bagian akhir pengering dengan bantuan siklon dan atau filter debu.(Bernasconi, dkk,1995)

2. Aliran berlawanan arah

Bahan yang sesuai digunakan untuk *spray dryer* adalah larutan atau pasta yang dipompa atau *slurry*. Bahan diatomisasi di dalam sebuah *nozzle* kemudian dikontakkan dengan udara panas atau gas hasil pembakaran dan dibawa keluar dari alat dengan sebuah konveyor tipe pneumatik atau mekanik. Pengumpulan material yang halus dengan separator siklon atau filter adalah bagian dari sebuah operasi dryer.

Spray dryer berlawanan arah mempunyai aliran yang sebagian besar aliran umpannya kebawah sehingga *vassel* dari *dryer* lebih tipis dan lebih tinggi. Aliran berlawanan arah ini mempunyai panas yang lebih efisien yang mengakibatkan berkurangnya luasan partikel tetapi kerugiannya pada produk yang peka terhadap panas karena terkena suhu tinggi saat meninggalkan *dryer*. 11

Dua karakter utama dari *spray dryer* yaitu waktu tinggal cepat dan porositas produk yang kecil. waktu tinggal yang cepat adalah keuntungan utama untuk bahan yang peka terhadap panas. Porositas dan ukuran yang kecil diperlukan apabila bahan akan dilarutkan seperti makanan atau detergen.

Waktu tinggal dari gas pada *spray dryer* adalah perbandingan antara volume tangki dengan kecepatan aliran volumetrik gas. Adanya aliran turbulen maka waktu tinggal partikel rata-rata lebih besar daripada waktu tinggal rata-rata udara, hal ini berlaku untuk aliran yang berlawanan arah. Kelembaban permukaan dipindahkan dengan cepat dalam waktu 5 detik. Operasi pengeringan umumnya diselesaikan dalam waktu 5-30 detik. Pendistribusian waktu tinggal dari partikel tergantung pada perlakuan pencampuran dan distribusi ukuran. Partikel yang kasar membutuhkan waktu pengeringan yang lama. Pada aliran berlawanan arah dibutuhkan udara dengan temperatur lebih tinggi daripada aliran searah. (Walas, M. Stenley, 1988)

2. Lemari pengering sirkulasi (*circulating dryer*)

Bahan lembab diletakkan di atas lempeng-lempeng pengering. Lempeng disusun satu di atas lainnya pada sebuah kerangka yang tetap atau yang dapat digeser-geser. Kerangka ini berada di dalam rumah yang biasanya berbentuk siku-siku. Dengan bantuan sebuah ventilator, udara panas (yang misalnya telah dipanaskan oleh *steam* di dalam suatu alat penukar panas) dihisap masuk dan mengalir horizontal di atas lempeng-lempeng yang dimuati bahan yang dikeringkan. Pada saat yang sama,

bidang-bidang penyalur (penggaggu aliran) yang terpasang di dalam alat akan mengatur distribusi udara secara merata. (Bernasconi, dkk., 1995)

3. Alat pengering unggun terfluidisasi (*fluidized bed dryer*)

Pada alat pengering unggun terfluidisasi yang tak kontinyu, bahan lembab yang dapat mengalir bebas ditempatkan di dalam bejana¹² berbentuk kerucut atau silinder dengan alas bejana berlubang-lubang (lempeng berubang-lubang yang ditutupi anyaman kawat). Bejana ini dimasukkan ke dalam rumah pengering dengan lori dan kemudian dipres terhadap bagian bawah sebuah filter debu dengan menggunakan suatu pengungkit. (Bernasconi, dkk., 1995)

4. Alat pengering sabuk (*belt dryer*)

Bahan lembab dengan bentuk tertentu (misalnya butir-butir, serpih-serpih, potongan-potongan) diletakkan secara merata dalam bentuk lapisan yang tipis di atas sabuk pengangkut (terbuat dari anyaman kawat atau lempeng berlubang-lubang) yang bergerak maju dengan lambat. (Bernasconi, dkk., 1995)

5. Alat pengering piring (*disk dryer*)

Bahan lembab yang akan dikeringkan, yang bersifat dapat ditaburkan, disalurkan secara kontinyu melalui suatu perlengkapan penukar ke bagian teratas dari sejumlah piring yang disusun satu di atas yang lain. Biasanya piring dipanaskan dengan *steam*. Oleh sebuah perkakas serok yang berputar lambat (perkakas aduk dengan serok yang menyerupai garu) bahan terus-menerus direnggang dan didorong sepanjang piring itu. Dengan demikian bahan akan jatuh melalui tepi dalam dan luar ke piring yang ada di bawahnya. Dari piring paling bawah secara kontinyu disalurkan keluar dari ruang pengering. Waktu tinggal bahan di alat pengering dapat diatur dengan mengubah frekuensi putaran serok. Uap yang timbul diangkut aliran udara panas dan disalurkan keluar. (Bernasconi, dkk., 1995)

6. Lemari pengering vakum (*vacuum shelf 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) 13

7. Alat pengering kerucut ganda (*double cone dryer*)

Bahan yang lembab dan dapat ditaburkan digulingkan di dalam tangki yang berputar perlahan mengelilingi sebuah poros yang melintang. Tangki berbentuk kerucut dalam kedua sisinya. Pemanasan berlangsung dengan adanya mantel ganda yang terpasang di sebelah luar tangki dan biasanya dipanaskan dengan *steam*. Uap yang terbentuk dihisap pompa vakum melalui pipa penyalur uap yang diam dan menyorok ke tangki. Uap juga melewati filter dan dilanjutkan ke sebuah kondensor. (Bernasconi, dkk., 1995)

8. Alat pengering serok (*blade dryer*)

Bahan lembab yang akan dikeringkan ditempatkan dalam tangki silinder yang mendatar. Bahan kemudian diputar oleh perkakas pengaduk yang terpasang pada poros yang berputar lambat. Panas diberikan mantel ganda atau kumparan belahan pipa yang terpasang di bagian luar tangki, sumber panas yang digunakan biasanya *steam*. Di samping itu poros pengaduk juga dipanaskan dari dalam. Uap yang timbul dihisap melalui filter debu dengan bantuan pompa vakum dan disalurkan ke kondensor. (Bernasconi, dkk., 1995)

9. Alat pengering drum (*drum dryer*)

Bahan yang akan dikeringkan (cair, berbentuk bubur atau berbentuk pasta) terbawa secara kontinyu dalam bentuk lapisan tipis oleh satu atau dua drum berputar yang dipanaskan dari dalam. Dengan pemberian panas selama berputarnya drum (biasanya pemanasan dilakukan dengan *steam*), cairan pada bahan akan menguap. (Bernasconi, dkk., 1995)

6. Humidifikasi

Pengeringan merupakan transfer massa air dari padatan ke udara, yang menyebabkan air bisa berpindah adalah adanya perbedaan konsentrasi di bahan (diperoleh dari analisa kadar air) dan konsentrasi air di udara (humidifikasi).

Kelembaban (*humidity*) adalah massa uap yang dibawa oleh satu satuan massa gas bebas uap. Menurut definisi ini, kelembaban hanya bergantung pada tekanan bagian uap di dalam campuran jika tekanan total tetap. Jadi kelembaban adalah

$$H = \frac{M_A P_A}{M_B (1 - P_A)}$$

Dimana : M_A : berat molekul komponen A

M_B : berat molekul komponen B

P_A : tekanan uap

Hubungan antara kelembaban dengan fraksi mol di dalam fase gas adalah

$$h = \frac{H/M_A}{1/M_B + H/M_A}$$

Gas jenuh (*saturated gas*) adalah gas dimana uap berada pada kesetimbangan dengan zat cair pada suatu gas. Tekanan bagian uap di dalam gas jenuh sama dengan tekanan uap zat cair pada suhu gas. Jika Y_s adalah kelembaban jenuh, dan P'_A tekanan uap zat cair maka;

$$H_s = \frac{M_A P'_A}{M_B (1 - P'_A)}$$

Kelembaban relative (*relative humidity*) adalah rasio antara tekanan bagian uap dan tekanan uap zat cair pada suhu gas. Besaran ini dinyatakan dalam persen, sehingga kelembaban 100% berarti gas jenuh, sedang kelembaban 0 % berarti gas bebas uap. Maka rumus kelembaban relative yaitu :

$$H_R = 100 \frac{P_A}{P'_A}$$

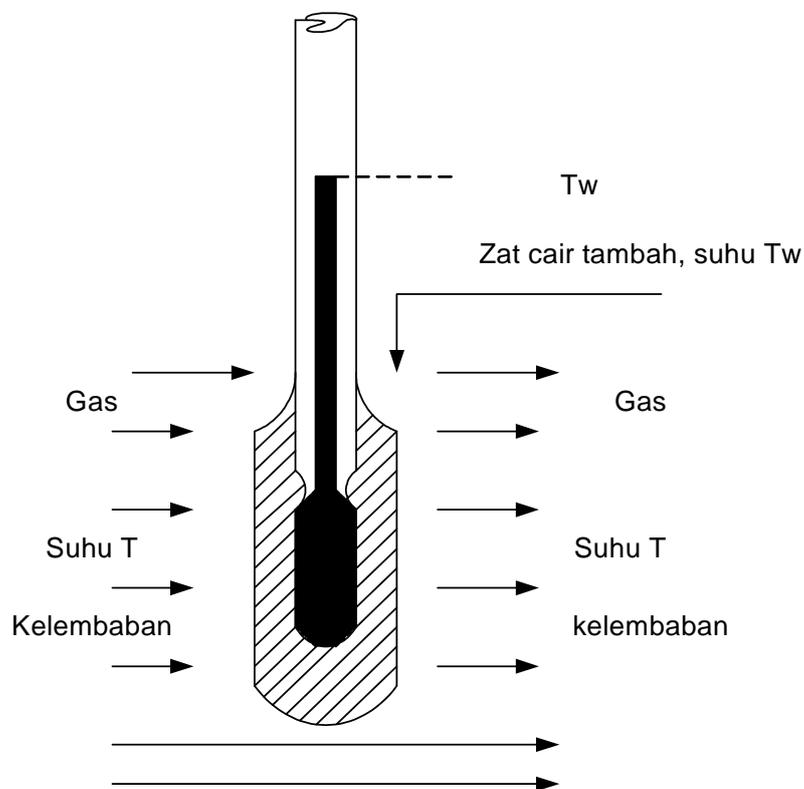
Persentase kelembaban adalah rasio kelembaban nyata (actual) terhadap kelembaban jenuh pada suhu gas.

$$H_A = 100 \frac{H}{H_S} = 100 \frac{P_A / (1 - P_A)}{P'_A / (1 - P'_A)} = H_R \frac{1 - P'_A}{1 - P_A} \quad 15$$

Persentase kelembaban pada setiap kelembaban, kecuali pada 0% dan 100% selalu lebih kecil dari kelembaban relative.

a. Suhu bola basah, suhu bola kering

Suhu bola basah adalah suhu keadaan *steady* dan tak keseimbangan yang dicapai bila suatu massa yang kecil daripada zat cair dicelupkan dalam keadaan adiabatik didalam suatu arus gas yang kontinyu. Massa zat cair itu sedemikian kecil dengan dikelembaban fase gas, sehingga perubahan sifat gas kecil sekali dan dapat diabaikan, sehingga pengaruh proses ini hanya terbatas pada zat cair saja. Metode pengukuran suhu bola basah terlihat pada gambar di bawah ini :



Gambar 2.2 Prinsip Termometer Bola Basah

Selain dengan suhu bola basah itu digunakan juga termometer tanpa balut yang mengukur suhu T , yaitu suhu gas nyata, dan suhu gas ini dinamakan *suhu bola kering*.

b. Pengukuran kelembaban

Kelembaban suatu arus atau massa gas didapatkan dengan mengukur titik embun atau suhu bola basah atau dengan cara absorpsi langsung.

Metode – metode pengukuran kelembaban :

1. Metode titik embun

Jika sebuah piring mengkilap yang dingin dimasukkan ke dalam gelas yang kelembabannya tidak diketahui dan suhu piring itu berangsur-angsur diturunkan, piring itu akan mencapai suatu suhu dimana terjadi kondensasi kabut dipermukaan mengkilap itu. Pada waktu kabut itu pertama kali terbentuk, suhu adalah suhu keseimbangan antara uap di dalam gas dengan fase zat cair. Karena itu, titik itu disebut titik embun. Bacaan diperiksa sambil menaikkan suhu piring itu dengan perlahan-lahan dan mencatat suhu dimana kabut itu menghilang. Kelembaban lalu dibaca dari grafik kelembaban pada suhu rata-rata dari suhu dimana kabut itu mulai terbentuk dan suhu dimana kabut itu menghilang.

2. Metode psikometrik

Suatu cara yang lazim digunakan untuk mengukur kelembaban adalah dengan menentukan suhu bola basah dan suhu bola kering secara serentak. Dari kedua bacaan itu, kelembaban didapatkan dengan menentukan garis psikometrik yang memotong garis jenuh pada suhu bola basah sesuai

dengan pengamatan, dan mengikuti garis itu sampai memotong ordinat pada suhu bola kering.

3. Metode langsung

Kandungan uap didalam gas dapat ditentukan secara langsung dengan analisis dimana gas yang volumenya tertentu dilewatkan melalui suatu alat analisis yang semestinya. (Mc. Cabe, 1990)

7. Zat Warna Alami

Zat warna alami adalah zat warna yang diperoleh dari alam atau tumbuhan baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara tradisional zat warna alami diperoleh dengan ekstraksi atau perebusan tanaman yang ada disekitarnya. Bagian-bagian tanaman yang dapat dipergunakan untuk zat warna alami adalah kulit, ranting, daun, akar, bunga, biji atau getah. Zat warna alami mempunyai efek warna yang indah dan khas yang sulit ditiru zat warna sintetis, sehingga masih banyak orang yang menyukainya dan merupakan pendukung produk-produk eksklusif dan bernilai seni tinggi, namun pewarnaan ini melalui proses yang lama, sehingga produksinya tidak banyak dalam kurun waktu tertentu.

Beberapa contoh zat pewarna alami yang biasa digunakan untuk mewarnai makanan (Dikutip dari buku **membuat pewarna alami karya Nur Hidayat dan Elfi Anis** saati terbitan Trubus Agrisarana 2006) adalah:

- **KAROTEN**, menghasilkan warna jingga sampai merah. Biasanya digunakan untuk mewarnai produk-produk minyak dan lemak seperti minyak goreng dan margarin. Dapat diperoleh dari wortel, papaya dan sebagainya.
- **BIKSIN**, memberikan warna kuning seperti mentega. Biksin diperoleh dari biji pohon *Bixa orellana* yang terdapat di daerah tropis dan sering digunakan untuk mewarnai mentega, margarin, minyak jagung dan salad dressing.

- **KARAMEL**, berwarna coklat gelap dan merupakan hasil dari hidrolisis (pemecahan) karbohidrat, gula pasir, laktosa dan sirup malt. Karamel terdiri dari 3 jenis, yaitu karamel tahan asam yang sering digunakan untuk minuman berkarbonat, karamel cair untuk roti dan biskuit, serta karamel kering. Gula kelapa yang selain berfungsi sebagai pemanis, juga memberikan warna merah kecoklatan pada minuman es kelapa ataupun es cendol
- **KLOROFIL**, menghasilkan warna hijau, diperoleh dari daun. Banyak digunakan untuk makanan. Saat ini bahkan mulai digunakan pada berbagai produk kesehatan. Pigmen klorofil banyak terdapat pada dedaunan (misal daun suji, pandan, katuk dan sebagainya). Daun suji dan daun pandan, daun katuk sebagai penghasil warna hijau untuk berbagai jenis kue jajanan pasar. Selain menghasilkan warna hijau yang cantik, juga memiliki harum yang khas.
- **ANTOSIANIN**, penyebab warna merah, oranye, ungu dan biru banyak terdapat pada bunga dan buah-buahan seperti bunga mawar, pacar air, kembang sepatu, bunga tasbih/kana, krisan, pelargonium, aster cina, dan buah apel, chery, anggur, strawberi, juga terdapat pada buah manggis dan umbi ubi jalar. Bunga telang, menghasilkan warna biru keunguan. Bunga belimbing sayur menghasilkan warna merah. Penggunaan zat pewarna alami, misalnya pigmen antosianin masih terbatas pada beberapa produk makanan, seperti produk minuman (sari buah, juice dan susu).
- **KURKUMIN**, berasal dari kunyit sebagai salah satu bumbu dapur sekaligus pemberi warna kuning pada masakan yang kita buat. (<http://clearinghouse.bplhdjabar.go.id>).

Zat warna alami secara umum diperoleh dari tumbuh-tumbuhan salah satu contohnya adalah daun Jati (*Tectona grandis sp.*).

1. Daun Jati (*Tectona grandis sp.*).

Jati adalah sejenis pohon penghasil kayu bermutu tinggi. Pohon besar, berbatang lurus, dapat tumbuh mencapai tinggi 30-40 m. Berdaun besar, yang luruh di musim kemarau. Jati dikenal dunia dengan nama

teak (bahasa Inggris). Nama ini berasal dari kata *thekku* dalam bahasa Malayalam, bahasa di negara bagian Kerala di India selatan. Nama ilmiah jati adalah *Tectona grandis* L.f..

Pohon jati (*Tectona grandis* sp.) dapat tumbuh meraksasa selama ratusan tahun dengan ketinggian 40-45 meter dan diameter 1,8-2,4 meter. Namun, pohon jati rata-rata mencapai ketinggian 9-11 meter, dengan diameter 0,9-1,5 meter. Pohon jati yang dianggap baik adalah pohon yang bergaris lingkaran besar, berbatang lurus, dan sedikit cabangnya. Kayu jati terbaik biasanya berasal dari pohon yang berumur lebih daripada 80 tahun. Daun umumnya besar, bulat telur terbalik, berhadapan, dengan tangkai yang sangat pendek. Daun pada anakan pohon berukuran besar, sekitar 60-70 cm × 80-100 cm; sedangkan pada pohon tua menyusut menjadi sekitar 15 × 20 cm. Berbulu halus dan mempunyai rambut kelenjar di permukaan bawahnya. Daun yang muda berwarna kemerahan dan mengeluarkan getah berwarna merah darah apabila diremas. Ranting yang muda berpenampang segi empat, dan berbonggol di buku-bukunya.

Bunga majemuk terletak dalam malai besar, 40 cm × 40 cm atau lebih besar, berisi ratusan kuntum bunga tersusun dalam anak payung menggarpu dan terletak di ujung ranting; jauh di puncak tajuk pohon. Tajuk mahkota 6-7 buah, keputih-putihan, 8 mm. Berumah satu. Buah berbentuk bulat agak gepeng, 0,5 – 2,5 cm, berambut kasar dengan inti tebal, berbiji 2-4, tetapi umumnya hanya satu yang tumbuh. Buah tersungkup oleh perbesaran kelopak bunga yang melembung menyerupai balon kecil.

Klasifikasi ilmiah jati adalah :

Kerajaan	:Plantae
Divisi	:Magnoliophyta
Kelas	:Magnoliopsida
Ordo	:Lamiales
Famili	:Verbenaceae

Genus : *Tectona*
 Spesies : *T. Grandis*
 Nama binomial : *Tectona grandis*

Kandungan dari jati antara lain :

a) Kandungan Kimia

- ❖ kulit: asam, damar, zat samak
- ❖ Tanaman / daun : zat pahit, glikose dan lemak.
- ❖ Efek farmakologis : anti diare, astringen, dan menguruskan badan dengan cara melarutkan lemak

b) Kandungan Fisik

- ❖ Daun tunggal, bulat telur, permukaan kasar, tepi bergerigi, ujung runcing, pangkal berlekuk, pertulangan menyirip, panjang 10-16 cm, lebar 3-6 cm, warna hijau.

(<http://www.hotfrog.co.id/Companies/Mahkotadewa-Rosella/Daun-Jati-2814>)

8. Proses Pengeringan Pabrik Susu

a. Proses Evaporasi

Proses pemekatan di pabrik susu menggunakan evaporator yang dilengkapi dengan *preheater*. Larutan susu masuk ke *preheater* untuk menaikkan suhunya hingga mencapai 40 – 50°C dari suhu awal 4°C. Kondisi evaporator dibuat vakum sehingga pada suhu 40 – 50°C akan mendidih dan menguap. Sehingga susu kental yang keluar dari evaporator mempunyai kadar padatan 54% dari kadar padatan awal 46%.

b. Proses Pengeringan dengan *Spray Dryer*

Proses pembuatan susu bubuk dilakukan dengan mengeringkan susu segar yang sudah dikentalkan, sehingga total zat padatnya naik dari 54% menjadi 98% dengan menggunakan pengering *stork spray dryer*. Susu kental disaring kemudian dilewatkan *high pressure pump* (HPP). Di dalam HPP susu kental akan mengalami pemompaan dengan tekanan tinggi sebesar 1000-2000 psia. Konsentrat kemudian dimasukkan ke dalam ruang pengering utama (*chamber*) melalui *pressure nozzle* yang berjumlah 6 buah. Caranya dengan

melewatkan konsentrat melalui lubang yang sangat kecil disertai tekanan tinggi sehingga terbentuk butiran halus seperti kabut. Kabut akan kontak dengan udara pengering dengan suhu 170-190°C dan terbentuklah butiran-butiran *powder* dengan kadar 3%.

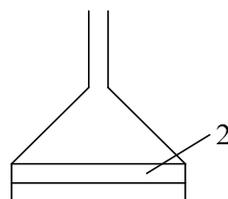
Tabel 2.1 Spesifikasi *Spray Dryer* jenis Niro TFD 500 di PT.Sari Husada Tbk

Nama	<i>Spray Dryer</i> jenis Niro TFD 500
Negara pembuat	Jerman
Jumlah	1 buah
Fungsi	Untuk menguapkan air yang terkandung dalam produk dengan cara dikabutkan hingga menjadi susu bubuk yang kering dan halus dengan kadar air 3%.
Prinsip kerja	Berdasarkan pengkabutan " <i>flogging</i> ", susu kental dalam chamber melalui <i>nozzle</i> kemudian dikeringkan dengan udara panas
Operasi	Kontinyu
Kapasitas	5000 L
Dimensi: Diameter	2,25 meter
Tinggi	8,5 meter
Bahan konstruksi	<i>Stainless steel</i>
Bentuk	Silinder
Instrumentasi	<i>Nozzle</i> , filter, <i>pneumatik conveyor</i> , <i>blower</i> dan radiator, fan.

(Rihastini,F.A., 2008)

9. Perbaikan Alat *Spray Dryer*

a. *Spray Dryer* Tipe *Batch* Searah untuk Ekstrak Zat Warna Daun Jarak



Keterangan :

1. Penyedia Udara
2. Tangki Pengering
3. *Nozzle*
4. Tangki Penampung Ekstrak
5. Kompor
6. Kompresor

Gambar 2.3 Rangkaian Alat *Spray dryer* Tahun 2007

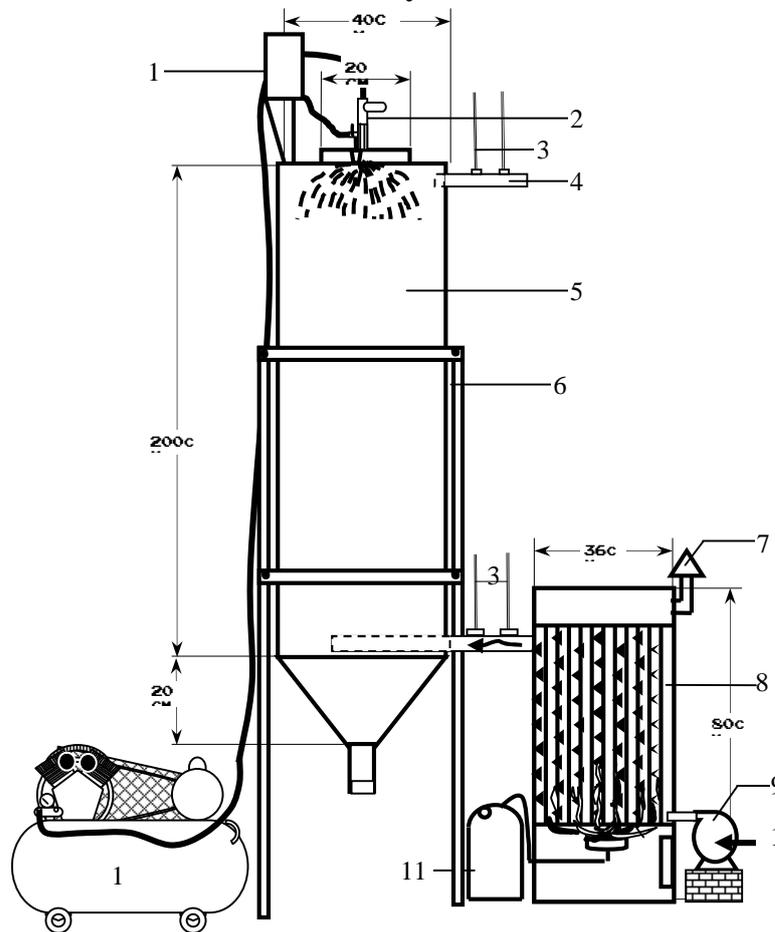
Spray dryer ini dirancang oleh Mahasiswa Diploma 3 angkatan 2004 dengan proses pengeringan secara *batch* dan arah aliran udara dengan bahan adalah searah. Tetapi perancangan *spray dryer* tipe *batch* searah ini masih banyak kekurangan yang harus diperbaiki, antara lain ²³

1. Pada tangki pengering diameter tangki kurang besar dan tinggi tangki pengering juga kurang tinggi, sehingga banyak serbuk zat warna yang menempel pada dinding tangki.
2. Pada pengeringan searah, kontak udara dengan bahan lebih lama tetapi antara *nozzle* dengan pipa udara panas masuk arahnya tegak lurus dan berdekatan, jadi saat ekstrak zat warna keluar dari *nozzle* akan tertekan oleh udara panas yang berasal dari *blower*, maka arah ekstrak menuju

ke samping atau kedinding tangki pengering. Sehingga menyebabkan serbuk zat warna yang menempel pada dinding tangki lebih besar.

3. *Spray dryer* ini menggunakan sisten batch, jadi produk dapat diambil jika prosesnya harus berhenti dan tidak ada penambahan bahan pada tangki penampungan *feed*. Hal ini menyebabkan produk yang dihasilkan tidak maksimal, sehingga perancangan selanjutnya dianjurkan dengan sistem kontinyu.

b. Alat Pengering Zat Warna (*Spray Dryer*) Tipe Kontinyu Berlawanan Arah untuk Ekstrak Zat Warna Kayu Ulin



24

Keterangan Gambar :

- | | |
|---|-------------------------|
| 1. Tangki penampung ekstrak (<i>feed</i>) | 7. Cerobong asap |
| 2. <i>Nozzle</i> | 8. Tangki pemanas udara |
| 3. Termometer | 9. <i>Blower</i> |
| 4. Udara keluar | 10. Udara masuk |

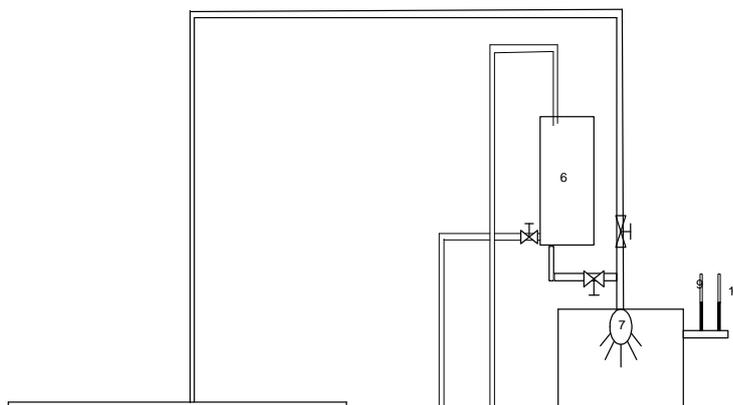
- | | |
|---------------------|---------------|
| 5. Tangki pengering | 11. Kompor |
| 6. Besi kerangka | 12. Kompresor |

Gambar 2.4 Rangkaian Alat *Spray Dryer* Tahun 2008

Spray dryer ini dirancang oleh Mahasiswa Diploma 3 angkatan 2005 dengan proses pengeringan secara kontinyu dan arah aliran udara dengan bahan adalah berlawanan arah. Tetapi perancangan *spray dryer* tipe kontinyu berlawanan arah ini masih ada kekurangan yang harus diperbaiki, yaitu :

1. Pada tangki *feed* pemasukan umpan zat warna belum kontinyu.
2. Pengoperasian alat tidak berjalan dengan baik disebabkan oleh kapasitas udara tekan yang kurang besar dan kebocoran pada tangki udara tekan.
3. Produk tidak berupa serbuk melainkan seperti lempengan-lempengan, sehingga harus dihancurkan terlebih dahulu untuk mendapatkan hasil berupa serbuk. Hal ini disebabkan oleh penambahan CMC (*Carboksil Methyl Celulose*), suhu udara pemanas yang kurang tinggi, udara tekan yang jumlah dan tekanan yang kurang mencukupi.

c. Alat Pengering Zat Warna (*Spray Dryer*) Tipe Kontinyu Berlawanan Arah untuk Ekstrak Zat Warna Daun Jati



Keterangan gambar :

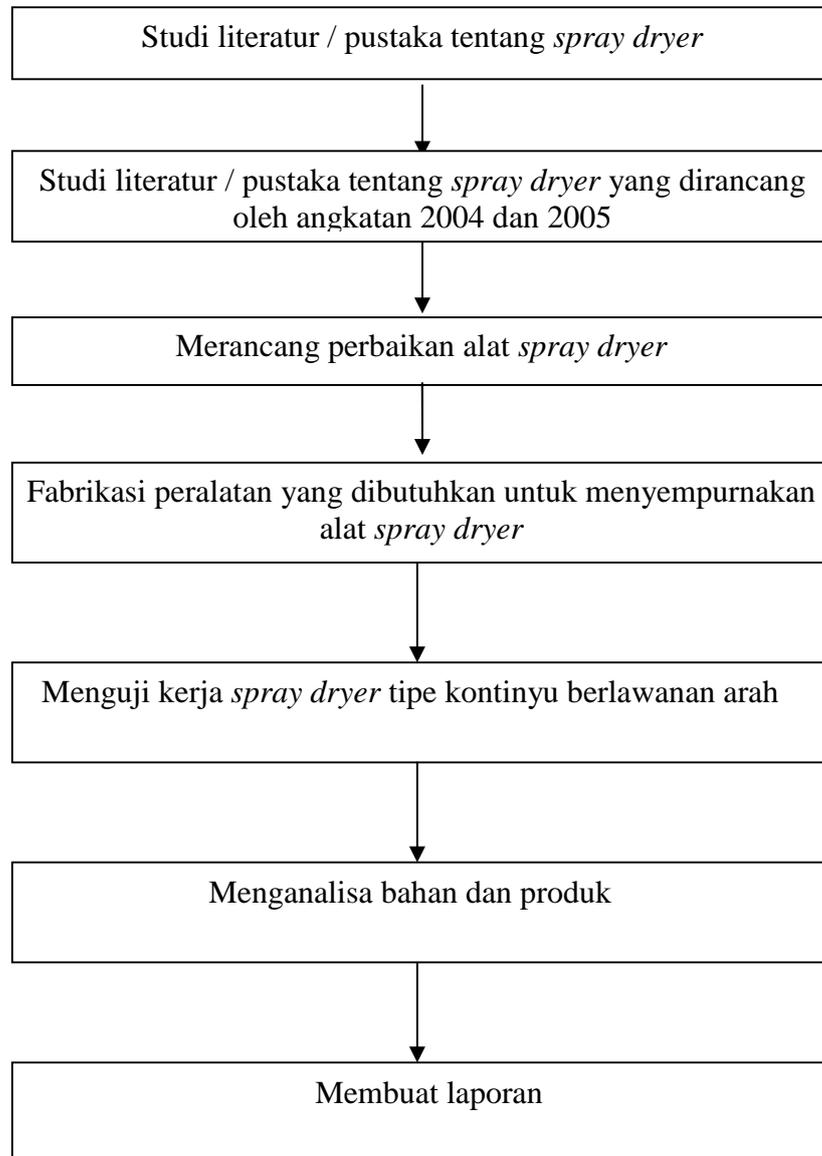
- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Kompresor | 10. Thermometer |
| 2. Tangki udara | 11. <i>Belt Conveyor</i> |
| 3. Manometer | 12. Tangki penampung serbuk |
| 4. Tangki <i>Feed</i> 1 | 13. Tangki pemanas udara |
| 5. Pompa | 14. <i>Blower</i> |
| 6. Tangki <i>Feed</i> 2 | 15. Kompor |
| 7. <i>Nozzle</i> | 16. Tabung gas |
| 8. Tangki | |
| 9. Thermometer | |

26

Gambar 2.5 Rangkaian Alat *Spray Dyer* Tahun 2009

B. KERANGKA PEMIKIRAN

Alat ini menggunakan tangki berbentuk silinder yang terbuat dari *plat Galvanis*. Tangki ini digunakan sebagai tempat pengeringan. Alat ini terdiri dari *valve* yang digunakan untuk mengatur keluar aliran larutan yang dikabutkan atau dihamburkan oleh *nozzle*, alat indikator suhu (termometer), penyedia udara panas untuk mengeringkan ekstrak zat warna dan kompresor yang digunakan untuk menekan ekstrak zat warna agar dapat dikabutkan.



BAB III

METODE PEMBUATAN DAN PENGUJIAN

A ALAT DAN BAHAN

1. Alat yang digunakan adalah sebagai berikut :

a. Alat Utama

1. Kunci pas
2. Kunci inggris

3. Gergaji besi
4. Alat potong flat
5. Tang
6. Grinder
7. Kuas

b. Alat Pembantu

1. Palu
2. Baut
3. Saklar
4. Kabel
5. Stop kontak
6. Termometer
7. Kompresor
8. Kompor
9. Karet sumbat
10. Flowmeter
11. Manometer
12. Motor
13. Pompa
14. Tabung udara

28

B. Bahan yang digunakan adalah sebagai berikut :

27

a. Bahan utama

1. Plat Galvanis
2. Seng
3. Kuningan
4. Bahan baku ekstrak zat warna
5. Selang benang
6. *Belt conveyer*

C. PENYEMPURNAAN ALAT

Penyempurnaan alat pengering ini meliputi :

1. Sistem pemasukan umpan, menggunakan 2 tangki *feed* dan 1 buah pompa. Tangki *feed* pertama digunakan sebagai tangki penampungan umpan, tangki *feed* kedua untuk menampung *feed* yang akan dispray, sedangkan pompa digunakan untuk memopakan umpan dari tangki *feed* pertama ke tangki *feed* kedua (sistem kontinyu).
2. Sistem pengeluaran umpan, menggunakan *belt conveyor* yang dikerjakan oleh pihak bengkel mesin Widodo yang beralamat di Pajangan, Laweyan, Surakarta.
3. Mengganti CMC (*Carboksil Methyl Celulose*) dengan dekstrin, karena CMC lebih berfungsi sebagai pengental daripada sebagai *filler*.
4. Menaikkan suhu pengeringan dengan mengganti bahan bakar dari minyak tanah menjadi gas LPG, serta menaikkan tekanan dan volume udara tekan dengan menggunakan 2 kompresor.

D. LOKASI

Pembuatan *belt conveyor* ini dikerjakan oleh pihak bengkel mesin Widodo yang beralamat di Pajangan, Laweyan, Surakarta. Tempat yang digunakan untuk pelaksanaan kegiatan penyempurnaan dan pengujian alat dilakukan di Laboratorium Limbah Teknik Kimia.

E. CARA KERJA

1. Mengekstraksi Zat Warna

- a. Menimbang daun jati muda sebanyak 200 gram kemudian memasukkannya ke dalam 2 liter air.
- b. Merebus dalam panci hingga mendidih sambil diaduk.
- c. Menambahkan air ke dalam panci untuk menggantikan air yang menguap supaya volume air dalam panci tetap 2 liter secara terus-menerus.
- d. Perebusan dilakukan hingga warna air berubah menjadi warna pekat setelah itu pemanasan dihentikan.

- e. Memisahkan padatan dengan ekstrak dengan cara menyaringnya.
- f. Memekatkan ekstrak yang diperoleh dengan menguapkan sebagian airnya hingga volume ekstrak menjadi ± 200 ml.

2. Menguji hasil ekstraksi Zat Warna pada kain

- a. Memotong kain *cotton* berwarna putih dengan ukuran 10cmx10cm.
- b. Merendam kain dalam larutan sabun selama 24 jam kemudian dicuci.
- c. Merendam kain ke dalam hasil ekstraksi selama 24 jam.
- d. Melarutkan tawas sebanyak 5 gr dalam 1 liter air.
- e. Memasukkan kain yang telah diwarnai ke dalam larutan tawas setelah itu dicuci dan dikeringkan.

3. Menentukan kadar padatan ekstrak zat warna

- a. Menimbang sampel ekstrak zat warna sebanyak 10 ml dan memasukkan ke dalam cawan.
- b. Memasukkan cawan ke dalam oven.
- c. Mengatur suhu oven sekitar 80°C .
- d. Melakukan pemanasan di dalam oven selama 30 menit sekali.
- e. Setelah itu mengambil dan memasukkan dalam desikator selama $3\frac{5}{10}$ menit kemudian menimbang dan mencatat perubahan massa ekstrak zat warna.
- f. Memasukkan kembali ekstrak zat warna tersebut ke dalam oven.
- g. Mengulangi percobaan sampai berat ekstrak zat warna konstan.

4. Cara pengoperasian alat *spray dryer*

- a. Merangkai alat dan menyiapkan ekstrak zat warna.
- b. Memasukkan ekstrak zat warna sebanyak 500 ml ke dalam tangki penampung ekstrak
- c. Menyalakan kompor untuk memanasi penyedia udara pengering dalam tangki pengering.
- d. Menghidupkan *blower* untuk mengalirkan udara ke dalam tangki pengering sampai suhu udara pengering konstan 182°C .
- e. Menghidupkan kompresor.

- f. Mengisi udara pada tabung udara, kompresor dan kran kompresor ke arah *nozzle* di tutup.
- g. Mengatur kran dari tabung udara dan membuka kran umpan ekstrak zat warna untuk menyepay larutan ekstrak zat warna ke dalam tangki pengering dalam bentuk partikel-partikel kecil.

5. Menghitung massa padatan yang hilang

- a. Menghitung kadar air dan padatan dalam umpan.
- b. Menghitung berat jenis umpan.
- c. Menghitung massa umpan yang akan dikeringkan.
- d. Menghitung massa padatan yang terkandung dalam umpan.
- e. Menghitung massa padatan yang hilang.

%kehilangan padatan =

$$\frac{\text{massa padatan dalam umpan} - \text{massa produk (serbuk)}}{\text{massa padatan dalam umpan}} \times 100\%$$

6. Menentukan efisiensi alat

- a. Menghitung panas yang diserap untuk menguapkan air pada bahan.
- b. Menghitung panas yang dilepaskan udara pemanas.

31

$$\text{Efisiensi alat} = \frac{\text{panas yang diserap}}{\text{panas yang dilepaskan}} \times 100\%$$

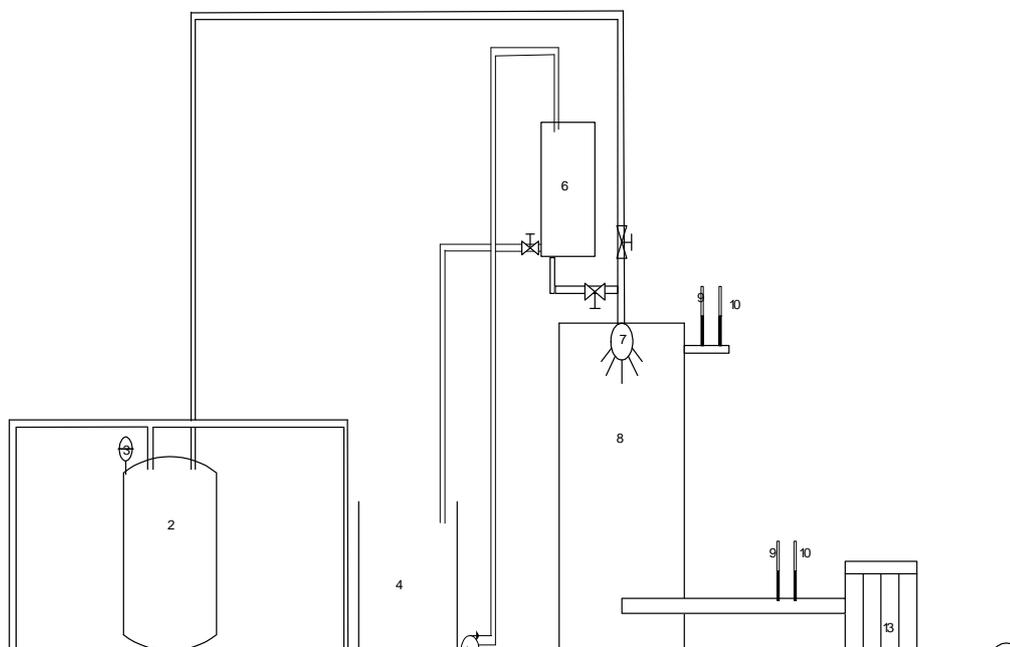
7. Menguji serbuk yang dihasilkan pada kain

- a. Memotong kain *cotton* berwarna putih dengan ukuran 10cmx10cm.
- b. Merendam kain dalam larutan sabun selama 24 jam kemudian dicuci.
- c. Melarutkan serbuk zat warna ke dalam air.
- d. Merendam kain dalam larutan zat warna selama 24 jam.
- e. Melarutkan tawas sebanyak 5 gr dalam 1 liter air.
- f. Memasukkan kain yang telah diwarnai ke dalam larutan tawas setelah itu dicuci dan dikeringkan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

A Desain Alat

1. Rangkaian Alat Overall



Keterangan gambar :

- | | |
|-------------------------|-----------------------------|
| 1. Kompresor | 10. Thermometer |
| 2. Tangki udara | 11. <i>Belt conveyor</i> |
| 3. Manometer | 12. Tangki penampung serbuk |
| 4. Tangki <i>Feed</i> 1 | 13. Tangki pemanas udara |
| 5. Pompa | 14. <i>Blower</i> |
| 6. Tangki <i>Feed</i> 2 | 15. Kompor |
| 7. <i>Nozzle</i> | 16. Tabung gas |
| 8. Tangki | |
| 9. Thermometer | |

33

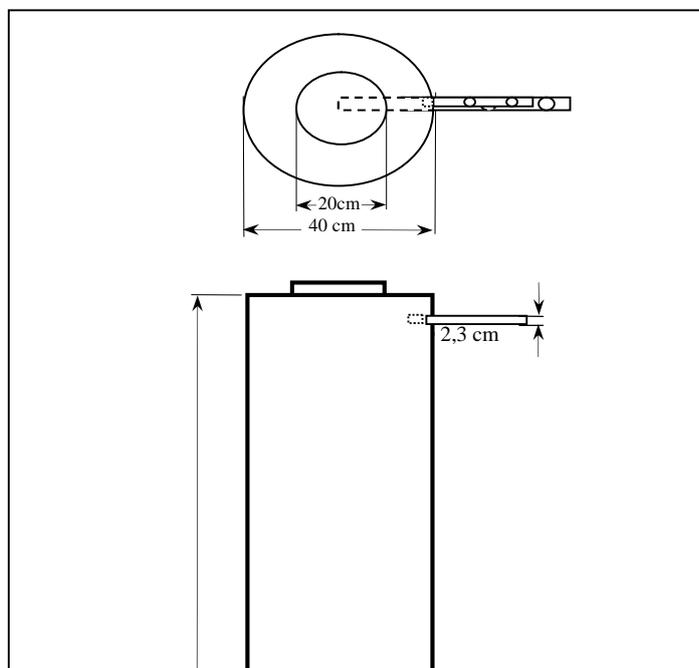
Gambar 4.1 Rangkaian Alat *Spray Dyer*

2. Tangki Pengering (dirancang oleh Mahasiswa D3 tahun 2008)

Panjang : 220 cm ³²

Diameter : 40 cm

Tebal tangki : 0,5 mm



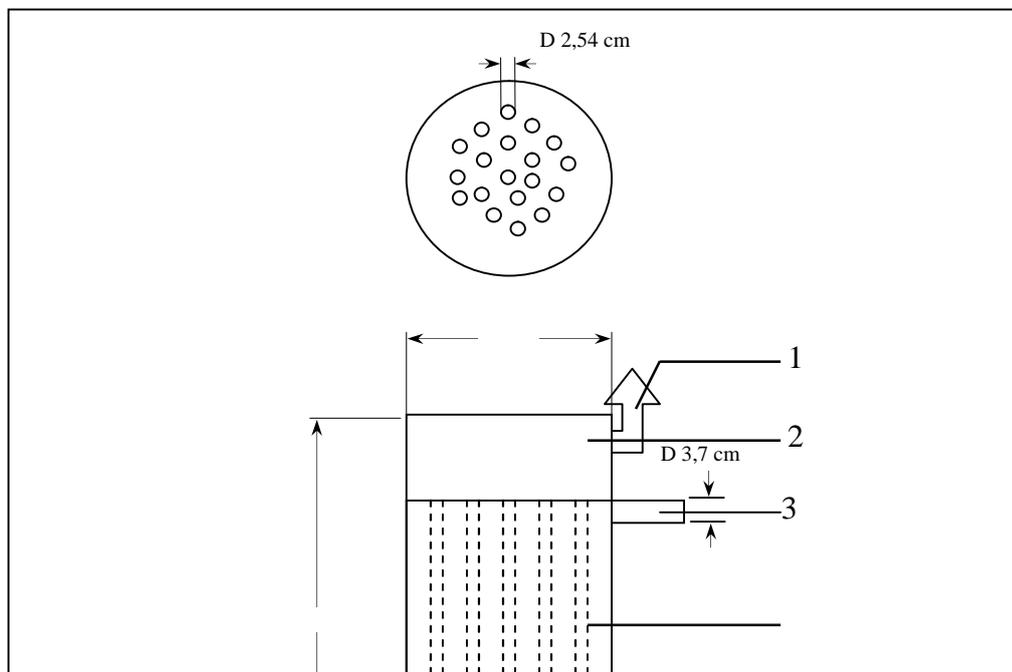
D 3,5 cm

Gambar 4.2. Tangki Pengering

34

3. Tangki Pemanas Udara (dirancang oleh Mahasiswa D3 tahun 2007)

- Panjang : 80 cm
- Diameter : 36 cm
- Jumlah pipa : 19 buah
- Diameter Pipa : 2,54 cm



4

6

5

Keterangan Gambar

- | | |
|-----------------------|----------------|
| 1. Cerobong asap | 4. Pipa-pipa |
| 2. Ruang asap | 5. Ruang api |
| 3. Udara panas keluar | 6. Udara masuk |

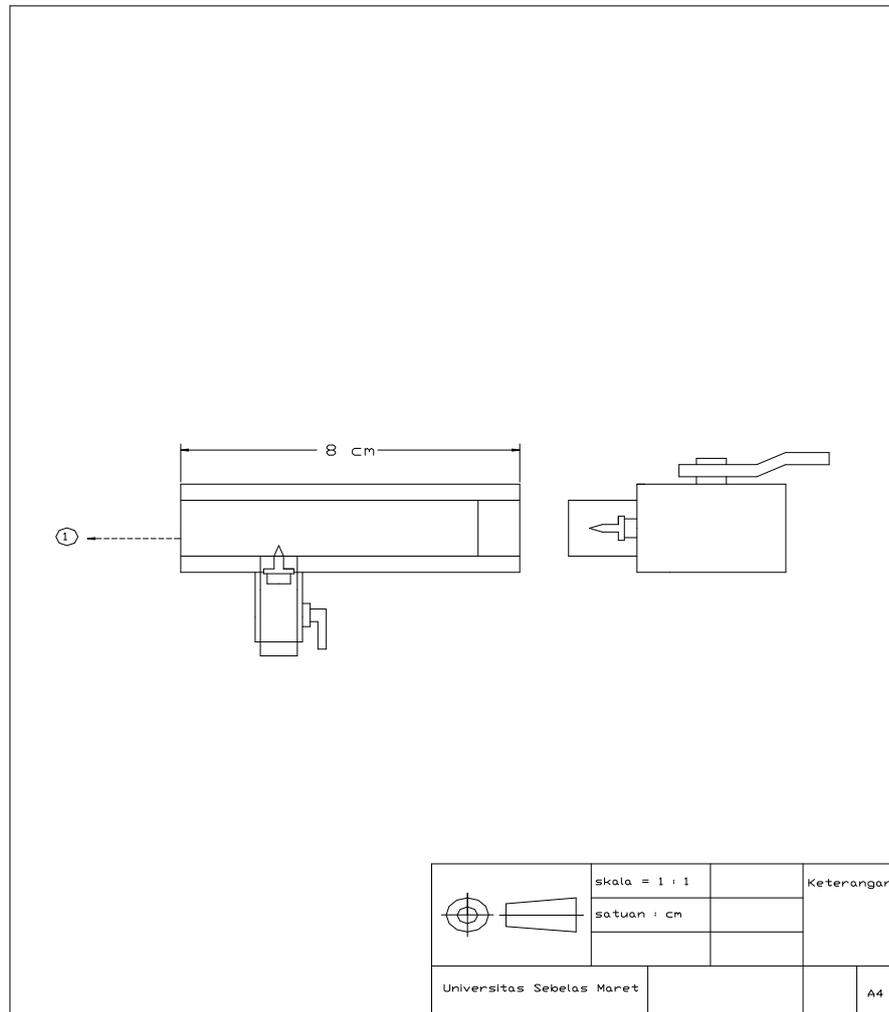
35

Gambar 4.3. Tangki Pemanas Udara

4. *Nozzle* (dirancang oleh Mahasiswa D3 tahun 2007)

Panjang : 1,2 cm

Diameter : 0,5 mm



Keterangan gambar :

1. Pengkabut
2. Nozzle

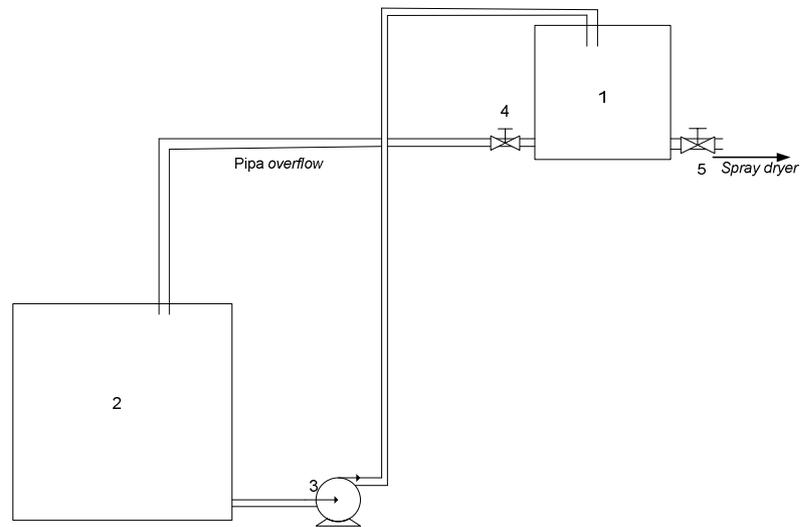
Gambar 4.4. Nozzle

5. Tangki *feed* (sistem pemasukan)

Volume tangki *feed* 1 = 5 Liter

Volume tangki *feed* 2 = 1 Liter





Gambar 4.5 Sistem Kontinyu pada Pemasukan Umpan

Keterangan :

1. Tangki *feed* 1
2. Tangki *feed* 2
3. Pompa
4. Kran *feedback*
5. Kran ke *Nozzle*

6. *Belt conveyor*

- *Belt conveyor*

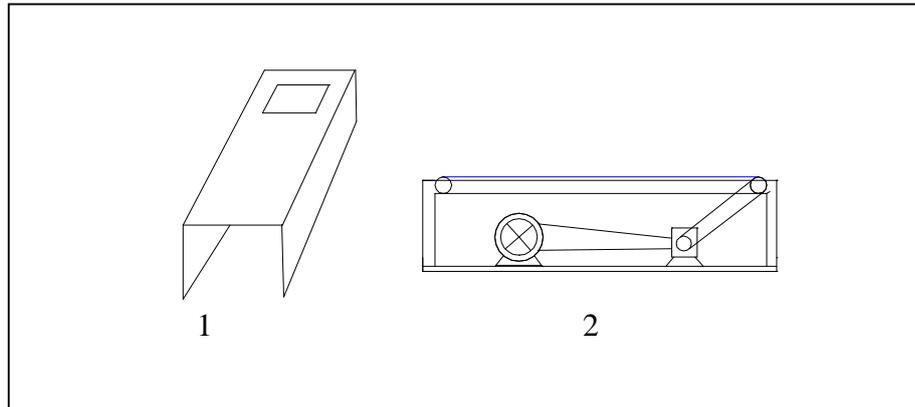
Panjang belt : 50 cm

Lebar : 8 cm

Tebal : 0,5 mm

- Tutup *Belt Conveyor*

Panjang : 50 cm
Lebar : 10 cm
Tinggi : 10 cm



Keterangan gambar :

1. Penutup *belt conveyor*
2. *Belt conveyor*

Gambar 4.6 *Belt Conveyor*

7. Mengganti CMC (*Carboksil Methyl Celulose*) dengan dekstrin karena CMC lebih berfungsi sebagai pengental daripada sebagai *filler*, CMC juga menyebabkan serbuk berupa lempengan-lempengan sehingga untuk mendapatkan serbuk harus dihancurkan terlebih dahulu. Dengan menggunakan dekstrin pengeluaran produk dapat berupa serbuk.
8. Menaikkan suhu udara pengering dari suhu 105°C menjadi 182°C dengan cara mengganti bahan bakar yang semula menggunakan minyak tanah

diganti dengan gas LPG serta menaikkan tekanan dan volume udara tekan dengan cara menambah jumlah kompresor menjadi 2 buah.

B Data Percobaan

1. Analisa Umpan

a. Penentuan Kadar Air Umpan

Berat cawan kosong = 34,68 gr

Berat cawan + umpan (10 ml) = 44,64 gr

Berat cawan + umpan kering = 35,12 gr

Berat umpan basah = 9,96 gr

Berat umpan kering = 0,44 gr

b. Penentuan Berat Jenis Umpan dengan Menggunakan Piknometer

1. Menentukan volume piknometer

Berat piknometer kosong	= 16,74 gr
Berat piknometer + aquadest	= 41,30 gr
Berat aquadest	= 24,56 gr
ρ aquadest pada suhu 30°C	= 995,647 kg/m ³ , (Perry, 1999)
	= 0,995647 gr/ml

2. Menentukan berat jenis umpan

Berat piknometer kosong	= 21,39 gr
Berat piknometer + umpan	= 47,38 gr
Berat umpan	= 25,99 gr

2. Pengoperasian Spray Dryer

a. Umpan

Volume umpan yang dikeringkan = 500 ml

b. Laju Alir Blower = 12 m/detik

Diameter *blower* = 5 cm

c. Suhu Udara Pemanas :

Masuk \longrightarrow T_{wet} = 160 °C

T_{dry} = 182 °C

Keluar \longrightarrow T_{wet} = 43 °C

T_{dry} = 57 °C

40

d. Waktu Pengeringan = 12 menit 58 detik

e. Serbuk yang Dihasilkan = 86,15 gr

C Hasil Perhitungan

1. % Padatan bahan baku	= 50,97 %
2. % Kehilangan padatan	= 83,82 %
3. Kecepatan laju alir udara panas	= 12 m/dtk
4. Panas yang diserap	= 1,3299 Btu/dtk
5. Panas yang dilepaskan	= 1,4149 Btu/dtk

10. Efisiensi alat

= 93,99 %

D Pembahasan

Pengeringan ekstrak zat warna dari daun jati dilakukan dengan menggunakan alat *spray dryer*. Ekstrak zat warna diperoleh dengan merebus daun jati muda dengan menggunakan pelarut air. Perebusan dilakukan hingga warna air berubah menjadi merah tua. Setelah itu disaring untuk memisahkan padatan dengan ekstrak zat warna. *Spray dryer* tersebut menggunakan udara panas untuk mengeringkan ekstrak zat warna menjadi serbuk. Udara yang diperoleh dari *blower* dipanaskan dengan menggunakan kompor gas. Udara panas tersebut dilewatkan pada pipa-pipa tipis yang berjumlah 19 buah.

Kandungan zat warna dalam 526,575 gram umpan sebesar 4,42 % atau 23,275 gram yang diperoleh dari pengeringan dengan menggunakan oven. Sebelum masuk *dryer* umpan tersebut ditambah dengan dekstrin sebesar 500 gram sehingga kadar padatan dalam umpan menjadi 50,97 % (pada pengeringan pabrik susu kadar padatan 54%. Sedangkan dari hasil pengeringan dengan *spray dryer* didapatkan serbuk sebesar 86,15 gram dengan kadar padatan 98,26% (pada pengeringan pabrik susu kadar padatan serbuk susu adalah 98%). Hal ini menunjukkan ada sebagian serbuk zat warna yang menempel pada dinding tangki pengering karena diameter tangki pengering kurang besar sehingga serbuk tersebut tidak ikut jatuh ke bak penampungan produk. Selain itu juga disebabkan ekstrak zat warna yang keluar dari *nozzle* sebelum kontak dengan udara panas langsung menempel pada tangki pengering.

Penambahan dekstrin bertujuan untuk memperbesar partikel-partikel zat warna sehingga serbuk hasil pengeringan lebih mudah jatuh kebawah karena gaya gravitasi.

Dari hasil percobaan juga diperoleh panas yang dilepaskan oleh udara pemanas sebanyak 1,4149 Btu/dtk, sedangkan panas yang diserap (dibutuhkan untuk menguapkan air) sebanyak 1,3299 Btu/dtk sehingga didapatkan efisiensi alat sebesar 93,99%. Udara panas sebagian hilang ke lingkungan (terbawa oleh udara panas yang keluar dari tangki pengering dan ke dinding tangki pengering).

Dari hasil pengeringan ekstrak zat warna daun jati dengan menggunakan pelarut air didapatkan zat warna cokelat yang berbentuk serbuk. Pengujian ekstrak zat warna pada kain tekstil dilakukan sebelum dan sesudah pengeringan. Sebelum dikeringkan zat warna diuji dalam bentuk cair dan menghasilkan pewarnaan yang baik yaitu kain yang berwarna putih menjadi ungu kemerahan tetapi kurang merata pada seluruh serat kain. Sedangkan pengujian zat warna yang sudah dikeringkan dalam bentuk serbuk dilarutkan dulu dalam air dan menghasilkan warna cokelat. Hal ini disebabkan pada pengujian setelah pengeringan, konsentrasi zat warna lebih sedikit karena pada

saat pengeringan terdapat zat warna yang hilang. Selain itu penggunaan dekstrin yang terlalu banyak juga menyebabkan zat warna pada serbuk mempunyai konsentrasi yang terlalu rendah.

Pada percobaan kali ini kendala yang dihadapi adalah tidak bisa kontinyunya udara tekan yang disebabkan karena kompresor yang digunakan tidak bisa mensuplai kebutuhan udara tekan. Sehingga penyepuhan hanya dapat dilakukan apabila tekanan dan volume udara tekan telah mencukupi. Jika sudah habis maka harus menunggu untuk mengisi udara pada kompresor. Selain itu pada bagian pengumpanan juga terdapat kendala yaitu pada pompa. Pompa yang digunakan adalah tipe sentrifugal. Pompa ini tidak cocok dengan kondisi umpan yang berupa *slurry* sehingga dalam prosesnya pompa sering macet. Seharusnya dalam percobaan ini menggunakan *recyproating pump* yang khusus untuk memompa umpan yang berbentuk *slurry*.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

A KESIMPULAN

Dari hasil percobaan yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa :

1. Penyempunaan *spray dryer* meliputi perbaikan kontinyunya pemasukan, pengeluaran, kondisi operasi, dan penggunaan *filler*.

- a. Pemasukan

Menggunakan 2 buah tangki *feed* dan 1 buah pompa

Volume tangki *feed* 1 = 5 L

Volume tangki *feed* 2 = 1 L

- b. Pengeluaran (*belt conveyor*)

Dimensi alat *belt conveyor* sebagai berikut :

- *Belt conveyor*

Panjang belt : 50 cm
Lebar : 8 cm
Tebal : 0,5 mm

- Tutup *Belt Conveyor*

Panjang : 50 cm
Lebar : 10 cm
Tinggi : 10 cm

- Power = $2,30356 \times 10^{-9}$ HP

c. Kondisi operasi

Suhu udara pemanas	T _{wet} (°C)	T _{dry} (°C)
Suhu masuk <i>spray dryer</i>	160	182
Suhu keluar <i>spray dryer</i>	43	57

44

Panas yang diserap : 1,3299 Btu/dtk

Panas yang dilepaskan : 1,4149 Btu/dtk

Efisiensi Alat : 93,99 %

3. Dari hasil perhitungan 18,5 L umpan dengan kadar padatan 50,97 % (setelah ditambahkan dekstrin dengan perbandingan berat antara dekstrin dan ekstrak zat warna adalah 1:1) diperoleh produk serbuk sebanyak 3187,55 gr dalam waktu 8 jam beroperasi per hari.

B SARAN

1. Agar serbuk tidak menempel pada dinding-dinding tangki sebaiknya tangki diperbesar. Untuk memperbesar tangki *spray dryer* dilakukan langkah-langkah antara lain: menentukan kapasitas *spray dryer*, menentukan laju pengeringan, menentukan waktu tinggal, menentukan volume bahan dan udara pengering yang dibutuhkan, menentukan volume tangki *spray dryer*.
2. Bahan sebelum masuk *spray dryer* seharusnya melalui tahap pemekatan sampai kadar padatannya 54% (refferensi dari pengeringan pabrik susu

Sari Husada), sehingga penggunaan dekstrin dapat dikurangi. Dalam percobaan ini dekstrin yang digunakan mempunyai perbandingan 1:1 dengan ekstrak zat warna, sehingga menyebabkan zat warna yang dihasilkan pada serbuk konsentrasinya terlalu rendah. Kebutuhan dekstrin perlu diuji kembali untuk mendapatkan hasil yang optimal.

3. Kebutuhan suhu udara pengering, dan tekanan udara pendorong bahan perlu diuji kembali untuk mendapatkan hasil yang optimal.
4. Agar pengoperasian alat dapat berjalan dengan baik sebaiknya menggunakan kompresor dengan kapasitas udara tekan yang besar, tidak bocor dan bersistem kontinyu.
5. Pada alat *spray dryer* sebaiknya dibuat *man hole*, untuk dapat melihat proses pengeringan dan serbuk zat warna yang menempel pada dinding *spray dryer*.

DAFTAR PUSTAKA

- Andriyanto, C., Nurwijanti, D.A., Prastiwi, E., Yuniyanto, R., 2007, "*Pembuatan Spray Dryer untuk Ekstrak Zat Warna Hijau dari Daun Jarak*", Surakarta.
- Anonim, 2009, "Daun Jati", tanggal diunduh 17 Agustus, <http://www.hotfrog.co.id/Companies/Mahkotadewa-Rosella/Daun-Jati-2814>.
- Anonim, 2009, "Sekilas Mengenai Daun Jati", diunduh tanggal 26 Agustus, <http://clearinghouse.bplhdjabar.go.id>
- Bernasconi, G., Gester, H., Stauble, H., and Schneiter, E., 1955, "*Teknologi Kimia*", jilid 2, Pradaya Paramita, Jakarta.
- Brownell, L. E. and Young, E. H., 1959, "*Process Equipment Desing Vessel*", Butlewort, New York.

- Krismana, P.P., Utami, W.S., Setiawan, W.B., Wiyono, 2008, "*Pembuatan Alat Pengering Zat Warna (Spray Dryer) Tipe Kontinyu Berlawanan Arah*", Surakarta.
- Mc.Cabe, W.L., Smith, J.C., and Harriot, P., 1990, "*Operasi Teknik Kimia II*", edisi 4, Erlangga, Jakarta.
- Perry, R.H., and Green, D.W., 1999, "*Perry's Chemical engineers' Handbook*", Mc Grow Hill Book Company, New York.
- Rihastini, F.A., 2008, "*Laporan Praktek Kerja di PT. Sari Husada Tbk Yogyakarta*", Surakarta.
- Smith, J.M., Vann Ness, H.C., and Abbott,M.M., 2001, "*Introduction to Chemichal Enginering Thermodynamics*", Mc Graw Hill, Singapore.
- Walas, S. M., 1988, "*Chemical Process Equipment*", John Wiley and sons, Inc New York.