

**PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT
PENGOVEN BAWANG MERAH**

TUGAS AKHIR



Disusun Oleh :

Nama : YOGI YANDRI SETIAWAN

NIM : 00.51.261

Jurusan : TEKNIK MESIN D-III

**FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
TAHUN AKADEMIK
2005**

PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN
KEMERDEKAAN BERKUALITAS

LENGKAP

: 1970

KAWANAN BUKU : 1970
1970 : 1970
1970 : 1970

PERENCANAAN DAN PELAKSANAAN
KEMERDEKAAN BERKUALITAS
LENGKAP
1970

LEMBAR PERSETUJUAN

PERENCANAAN DAN PENBUATAN ALAT PENGOVEN BAWANG MERAH

DISUSUN OLEH :

Nama : Yoqi Yandri Setiawan
Nim : 00.51.261
Jurusan : Teknik mesin D III



Laporan tugas akhir ini telah diperiksa dan disetujui oleh :

Ketua Jurusan

Teknik Mesin D III

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Teguh Raharjo".

Ir. Teguh Raharjo, MT

Dosen Pembimbing

A handwritten signature in black ink, appearing to be "Lalu Mustiadi".

Ir. Lalu Mustiadi, MT

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
TAHUN AKADEMIK

2005



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UTAUMI DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karangjo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

KARTU BIMBINGAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

1. Nama Mahasiswa : Yoqi Yandri Setiawan
2. N I M : 00.51.261
3. Jurusan : Teknik Mesin D III
4. Program Studi : Teknik Mesin
5. Judul Tugas Akhir : Perencanaan dan pembuatan alat pengoven
bawang merah
6. Pengajuan Tugas Akhir : 05 Februari 2005
7. Selesai Menulis TA : 14 Maret 2005
8. Dosen Pembimbing : Ir. Lalu Mustiadi
9. Keterangan Nilai Bimbingan : 90 (A)

Malang, Maret 2005

Mengetahui :

Dekan F T I

Ir. Mochtar Asroni, MSME

Dosen Pembimbing

Ir. Lalu Mustiadi



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT. BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting), Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

**BERITA ACARA UJIAN TUGAS AKHIR
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI**

Nama Mahasiswa : Yoqi Yandri Setiawan
N I M : 00.51.261
Jurusan Program Studi : Teknik mesin D-III
Judul Tugas akhir : Perencanaan Dan Pembuatan Alat Pengoven Bawang merah

Dipertahankan dihadapan Team Penguji Ujian Tugas Akhir Jenjang Program
Diploma Tida (D-III) pada :

Hari / Tanggal : Rabu, 23 Maret 2005

Dengan Hasil Ujian : (A)

PANITIA UJIAN TUGAS AKHIR

Ketua

Ir. Mochtar Asroni, MSME
NIP : 131 861 510

Sekretaris

Ir. Teguh Raharjo, MT
NIP : 131 991 184

ANGGOTA

Ir. Teguh Raharjo, MT

Ir. Ahmad Taufik, MT



PERKUMPULAN PENGELOLA PENDIDIKAN UMUM DAN TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG

FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
PROGRAM PASCASARJANA MAGISTER TEKNIK

PT BNI (PERSERO) MALANG
BANK NIAGA MALANG

Kampus I : Jl. Bendungan Sigura-gura No. 2 Telp. (0341) 551431 (Hunting) Fax. (0341) 553015 Malang 65145
Kampus II : Jl. Raya Karanglo, Km 2 Telp. (0341) 417636 Fax. (0341) 417634 Malang

Nomor : ITN-2010/I.TA/8/04
Lampiran : -----
Perihal : *Bimbingan Tugas Akhir*

Malang 15 Februari 2005

Kepada : Yth. Sdr/i. Ir. Lalu Mustiadi, MT
Dosen Institut Teknologi Nasional
Di
Malang.

Dengan hormat.

Sesuai dengan permohonan dan persetujuan **Tugas Akhir** untuk mahasiswa:

Nama : Yogi Yandri Setiawan
NIM : 0051261
Semester : XII (Dua Belas)
Jurusan : Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)
Fakultas : Teknologi Industri

Maka dengan ini pembimbingan Tugas Akhir tersebut kami serahkan sepenuhnya kepada saudara/i selama 1 (Satu) bulan, terhitung mulai tanggal, 15 Juni 2005

Adapun tugas tersebut untuk memenuhi persyaratan di dalam menempuh Ujian Tugas Akhir Diploma Tiga.

Demikian agar maklum, dan atas perhatian serta bantuannya kami ucapkan banyak terima kasih.

Jurusan Teknik Mesin Diploma Tiga (D. III)

Kepala

Ir. **TEGUHRAHARDJO, MT**

NIP. 131 091 184



Tembusan kepada Yth.:

1. Mahasiswa yang bersangkutan.
2. Arsip.



INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL MALANG
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

LEMBAR ASISTENSI

1. Nama : YOQI YANDRI SETIAWAN
2. NIM : 00.51.261
3. Jurusan : Teknik Mesin D III
4. Fakultas : Teknik Industri
5. Judul Skripsi : PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGOVEN BAWANG MERAH
6. Tanggal Mengajukan skripsi :
7. Nama Pembimbing : I. Ir. Lalu Mustiadi , MT
8. Keterangan Konsultasi :

NO	Tanggal Konsultasi	Paraf Pembimbing	Keterangan
1	15 - 02 - 05		Bab I + Bab II
2	18 - 02 - 05		Revisi
3	21 - 02 - 05		Bab III
4	24 - 03 - 05		Bab IV
5	9 - 03 - 05		Revisi
6	14 - 03 - 05		II Ace akhir

9. Tanggal selesai menulis Skripsi :
10. Telah dievaluasi dan disetujui dengan nilai :

Malang,

2005

Mengetahui/Menyetujui,

Dosen Pembimbing,

Ir. Lalu Mustiadi, MT

KATA PENGANTAR

Atas berkat rahmat Allah SWT. penulis mengucapkan syukur Alhamdulillah, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan judul **PERENCANAAN DAN PEMBUATAN ALAT PENGOVEN BAWANG MERAH.**

Penyusunan Tugas Akhir ini merupakan serangkaian tugas untuk memenuhi salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Ahli Madya Fakultas Teknik Industri Institut Teknologi Nasional Malang.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa Tugas Akhir ini tidak dapat terselesaikan tanpa bantuan dari berbagai pihak, maka pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Bapak dan Ibu serta seluruh keluarga penulis yang telah memberikan seluruh bantuan baik moril maupun materiil sehingga selesailah Tugas Akhir ini meskipun harus dilalui dengan berbagai rintangan.
2. Ir . Lalu Mustiadi, MT, selalu dosen Pembimbing yang telah meluangkan tenaga dan pikirannya untuk membimbing selama proses penyelesaian Tugas akhir ini.
3. Sahabat dan teman-temanku yang telah memberikan semangat dan dukungan sehingga Tugas Akhir ini dapat terselesaikan sesuai dengan rencana.

4. Kepada semua pihak yang telah banyak membantu dalam penyusunan skripsi ini.

Kami menyadari bahwa banyak sekali kekurangan baik itu dari segi materi maupun tata bahasanya. Untuk itu penulis bersedia menerima segala kritik yang bersifat membangun.

Akhirnya semoga Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca khususnya dan peningkatan bagi dunia industri pada umumnya.

Malang, Maret 2004

YOGI YANDRI S
Penulis

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
LEMBAR PERSETUJUAN	ii
LEMBAR ASISTENSI	iii
ABSTRAKSI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Perancangan	2
1.3 Rumusan Masalah	2
1.4 Batasan Masalah	2
1.5 Metodologi	3
1.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	
2.1 Teori Dasar Perpindahan Panas	5
2.2 Pengeringan (Pengovenan)	6
2.3 Pembagian Periode Pengeringan	10
2.4 Cara Pengeringan	11
2.5 Persamaan Dalam Proses Pengeringan	12

2.6 Prinsip-Prinsip Perpindahan Panas.....	16
2.7 Model Alat Pengeringan.....	23
BAB III PERENCANAAN DAN PROSEDUR PEMBUATAN ALAT	
3.1 Perencanaan Mekanik.....	26
3.2 Pemilihan Bahan	28
3.3 Alat dan Bahan yang dipakai	29
3.4 Perencanaan Oven.....	33
3.5 Teknik Perhitungan	34
BAB IV PERHITUNGAN DAN CARA KERJA ALAT	
4.1 Perhitungan Kebutuhan Kalor Pada Proses Pengeringan..	37
4.2 Perhitungan Perkiraan Biaya Pembuatan Alat.....	44
4.3 Cara Kerja Alat	48
BAB V PENUTUP	
5.1 Kesimpulan	50
5.2 Saran.....	51
DAFTAR PUSTAKA	52
LAMPIRAN-LAMPIRAN	

DAFTAR GAMBAR

2.1	Periode Laju Pengerinan	9
2.2	Perpindahan Panas Konduksi	17
2.3	Perpindahan Panas Konduksi pada Tabung	19
2.4	Perpindahan Panas Konveksi.....	20
2.5	Perpindahan Panas Radiasi.....	22
2.6	Model Alat Pengering	24
3.1	Mekanik Mesin Pengoven dan Pengiris Bawang	27
3.2	Mekanik Oven	34
4.1	Tabung Oven	42

DAFTAR TABEL

4.1	Harga Komponen Order	48
-----	----------------------------	----

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pesatnya perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi dewasa ini tidak dapat dipungkiri lagi, telah banyak kemudahan-kemudahan yang dapat dirasakan oleh manusia dalam menjalankan segala aktivitas sehari-hari, baik dalam lingkungan rumah tangga sampai lingkungan industri dengan berbagai masalah-masalah yang rumit dan mengandung bahaya.

Bawang merah merupakan bahan makanan tambahan yang sangat banyak dipakai oleh masyarakat Indonesia . Mengolah bahan makanan bawang dari bahan mentah menjadi barang jadi masih dilakukan secara manual dengan peralatan sederhana. Dalam penggorengan bawang pada rumah tangga atau home industri masih menggunakan minyak goreng, wajan dan kompor yang membutuhkan tenaga, waktu dan biaya. Padahal di dalam minyak goreng selain terdapat kolesterol yang dapat merugikan kesehatan juga harga minyak goreng yang cenderung tinggi dan tidak stabil.

Pemilihan teknologi tepat guna sangat berperan penting dalam kemajuan industri. Untuk itu desain produk yang tepat, murah dan mudah didapat di pasaran akan sangat membantu sekali dalam peningkatan perekonomian rakyat kecil dan menengah ke bawah.

Berdasarkan hal tersebut alat pengoven secara otomatis ini dibuat untuk rumah tangga atau home industri, sehingga dapat menghemat waktu, tenaga dan

biaya. Prosesnya dapat berlangsung terus-menerus dan menghasilkan bawang non kolesterol.

1.2 Tujuan Perancangan

1. Membantu home industri dan rumah tangga dalam penggorengan bawang merah
2. Menghemat waktu, biaya dan tenaga
3. Menghasilkan bawang goreng non kolesterol

1.3 Rumusan Masalah

Dalam perencanaan alat ini yang dibahas terbatas pada pengovenan bawang, perpindahan panas, biaya, proses kerja dan kadar air bawang merah.

1.4 Batasan Perencanaan

1. Pengovenan bawang dilakukan dengan uji coba pada 2 kg bawang
2. Power Supply tidak dibahas pada alat ini
3. Menghitung perpindahan panas, dan massa kadar air bawang merah
4. Penggirisan tidak dibahas

1.5 Metodologi

1. Metode studi literature

Yaitu dengan mengkaji teori serta rumusan dari buku-buku referensi yang dituangkan dalam buku perencanaan yang mudah dimengerti

2. Metode observasi

Yaitu suatu cara untuk memperoleh data dengan mengadakan pengamatan langsung terhadap obyek.

3. Metode bimbingan

Penulisan Tugas akhir ini memerlukan bimbingan dan pengarahan oleh dosen pembimbing sebagai penuntun dan koreksi terhadap penulisan tugas akhir ini.

1.6 Sistematika Penulisan

Dalam penulisan laporan Tugas Akhir ini sistematika yang digunakan adalah:

BAB I : Pendahuluan

Pada Bab ini menjelaskan tentang latar belakang, tujuan penulisan, rumusan masalah, batasan perencanaan, metode penulisan, sistematika penulisan.

BAB II : Landasan Teori

Bab ini berisikan tentang salah satu bagian pokok suatu bahan yang membahas tentang teori dsar yang sesuai dengan permasalahan yaitu membahas teori tentang perpindahan panas dan cara-cara pengeringan dalam pengovenan bawang merah.

BAB III : Perencanaan dan Prosedur pembuatan alat

Pada bab ini akan dibahas mengenai jenis-jenis bahan dan teknik-teknik perhitungan.

BAB IV : Perhitungan dan Cara Kerja Alat

Membahas tentang proses pengoven bawang merah, serta menghitung daya pemanas, menghitung biaya-biaya pembuatan alat, dan cara kerja alat

BAB V : Penutup

Berisi kesimpulan dan saran terhadap alat secara keseluruhan.

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Teori Dasar Perpindahan Panas

Perpindahan panas adalah sebuah operasi yang sering terjadi berulang-ulang pada sebuah industri, terutama pada industri pangan. Apakah itu yang disebut proses memasak, membakar, sterilisasi ataupun pendinginan, pindah panas adalah bagian setiap pengolahan pangan. Pengetahuan prinsip-prinsip yang mengatur perpindahan panas sangat penting untuk proses pengolahan bahan pangan.

Perpindahan panas merupakan proses dinamis karena panas dipindahkan secara spontan dari suatu bagian ke bagian lain yang mempunyai temperatur lebih rendah atau lebih dingin. Kecepatan perpindahan panas tergantung perbedaan suhu antara kedua bagian, makin besar perbedaan suhu maka makin besar pula kecepatan perpindahan panas.

Perbedaan suhu antara sumber panas dan penerima panas merupakan daya tarik dalam perpindahan panas. Peningkatan perbedaan suhu akan meningkatkan gaya tarik sehingga meningkatkan kecepatan perpindahan panas. Panas yang melalui satu bagian dari bagian lain, pindah menembus beberapa perantara yang pada umumnya memberikan penahanan pada aliran panas. Kedua faktor ini yaitu perbedaan suhu dan penahan aliran panas, mempengaruhi kecepatan perpindahan panas. Faktor-faktor tersebut dapat dihubungkan dengan persamaan sebagai berikut:

Kecepatan perpindahan panas = gaya tarik / penahan

Untuk perpindahan panas:

Laju pindah = perbedaan suhu / penahan perantara aliran panas

(Earle, Zein Nasution, Satuan Operasi Dalam Pengolahan Pangan, 1992)

2.2 Pengerinan (Pengovenan)

Proses pengerinan adalah merupakan salah satu proses perpindahan panas dan perpindahan massa, perpindahan salah satu unsur larutan fluida dari daerah yang konsentrasinya lebih tinggi menuju daerah yang konsentrasinya lebih rendah itu disebut perpindahan massa.

Pemahaman terhadap mekanisme perpindahan massa dapat dikatakan analogi terhadap perpindahan panas yakni laju perpindahan panas maupun perpindahan massa tergantung pada potensial maupun penggerak dan tahanan.

Dalam operasi perpindahan panas tertentu harus diperhatikan panas tertentu yang terjadi pada waktu bersamaan. Dalam kondisi ini panas berpindah dalam arah yang berlawanan dengan perpindahan massa.

Di samping itu letak perbedaan antara keduanya adalah perpindahan panas yang terjadi dalam arah yang mengurangi gradien suhu yang ada, sedangkan perpindahan massa terjadi dalam arah yang mengurangi gradien konsentrasi yang ada.

Perpindahan panas akan terhenti bila tidak terdapat perbedaan suhu, sedangkan perpindahan massa terhenti bila gradien konsentrasi berkurang sampai menjadi nol.

Dalam fenomena yang ada, maka pengeringan adalah suatu proses perpindahan panas pada uap air di suatu bahan yang memerlukan energi untuk menguapkan kandungan air permukaan bahan yang akan dikeringkan oleh media pengering, biasanya berupa panas dan pengeringan pada dasarnya merupakan proses pengeluaran kandungan air pada bahan hingga mencapai kandungan air tertentu agar tidak terjadi kerusakan pada bahan tersebut.

Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan seimbang dengan tekanan udara disekelilingnya. Pada saat pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan melalui permukaan bahan yang akan menaikkan tekanan uap. Dasar proses pengeringan adalah terjadinya penguapan air ke udara karena perbedaan kandungan uap air antara udara dengan bahan yang dikeringkan. Dalam hal ini kandungan uap air udara lebih sedikit sehingga terjadi penguapan. Kemampuan udara membawa uap air akan bertambah besar jika kecepatan udara yang mengalir dipercepat, dan bila tidak mengalir maka kandungan uap air disekitar bahan yang dikeringkan makin jenuh sehingga proses pengeringan akan lambat.

Peristiwa yang terjadi selama pengeringan meliputi dua proses, yaitu:

a. Proses Perpindahan Panas

Yaitu proses menguapnya air dalam bahan atau proses perubahan.

b. Proses Perpindahan Massa

Yaitu proses perpindahan massa uap air dari permukaan bahan ke udara.

Proses perpindahan panas terjadi karena suhu bahan lebih rendah dari suhu udara yang dialirkan disekelilingnya. Panas yang diberikan ini akan menaikkan suhu bahan, yang kemudian menyebabkan tekanan uap air di dalam bahan akan lebih tinggi daripada tekanan uap air di udara, sehingga terjadi perpindahan massa.

Sebelum proses pengeringan berlangsung, tekanan uap air di dalam bahan seimbang dengan tekanan udara disekelilingnya. Pada saat pengeringan dimulai, uap panas yang dialirkan melalui permukaan bahan yang akan menaikkan tekanan uap air terutama pada daerah permukaan yang besar sejalan dengan kenaikan suhu aliran udara panas tersebut.

Pada saat proses ini terjadi perpindahan massa dari bahan ke udara dalam bentuk uap air berlangsung dan terjadilah pengeringan pada permukaan bahan akan menurun setelah kenaikan suhu terjadi pada seluruh bagian permukaan bahan, maka terjadilah pergerakan air secara difusi dari bahan kepermukaannya dan seterusnya, proses penguapan pada permukaan bahan diulangi lagi, akhirnya setelah kandungan air dan tekanan uap air berkurang tekanan uap air bahan akan menurun sampai terjadi keseimbangan dengan udara di sekelilingnya.

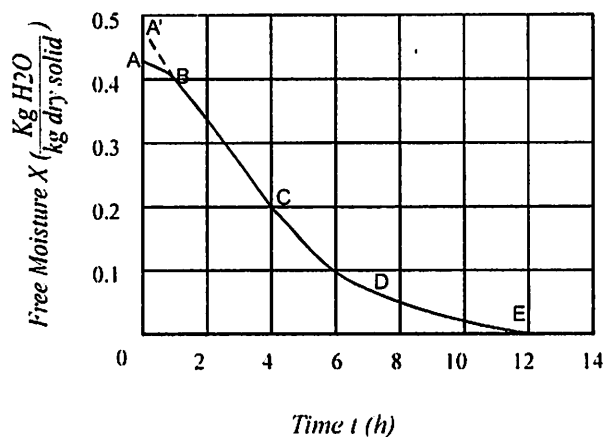
Makin tinggi suhu pengeringan, maka makin besar pula energi yang dibawa sehingga semakin banyak jumlah massa cairan yang diuapkan dari permukaan bahan yang dikeringkan dan laju pengeringan menjadi cepat,

akan tetapi pengeringan yang terlalu cepat juga dapat merusak bahan yang dikeringkan, yaitu permukaan bahan terlalu cepat kering, sehingga tidak sebanding dengan kecepatan pergerakan air pada bahan ke permukaan.

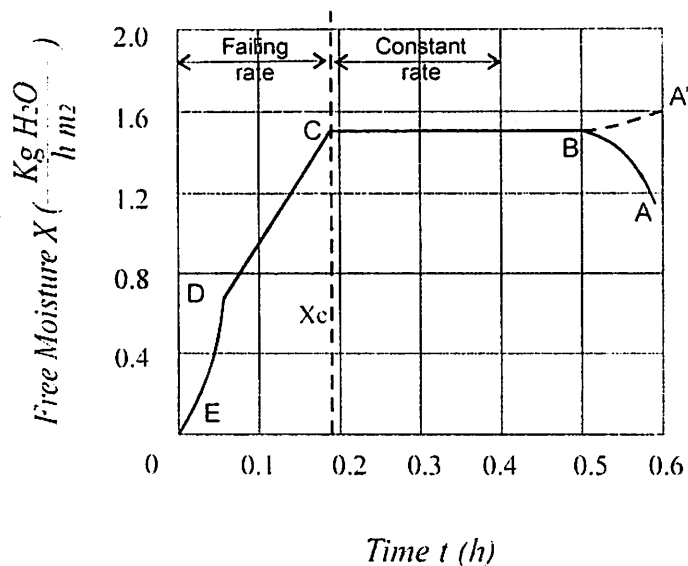
Hal ini menyebabkan pengerasan pada permukaan bahan (case hardening), sehingga air dalam bahan tidak dapat lagi menguap karena terhalang dan memungkinkan terjadinya bahan terbakar karena bahan yang telah kering masih terus mendapatkan pemanasan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengeringan ada dua golongan, yaitu:

- a. Faktor yang berhubungan dengan media pengeringan meliputi:
 - suhu pengeringan
 - lama pengeringan
 - kelembaban udara
- b. Faktor yang berhubungan dengan sifat bahan yang akan dikeringkan
 - ukuran bahan
 - kadar air



Gambar 2.1.a
 Periode Laju Pengeringan
 (Sumber : Earle, Zein Nasution, 1992)



Gambar: 2.1.b
 Periode Laju Pengovenan
 (Sumber : Earle, Zein Nasution, 1992)

2.3 Pembagian Periode Pengovenan

a. Periode pemanasan

Periode pemanasan juga dikatakan keadaan tetap, yang mana sangat sukar untuk diamati karena berlangsung sangat cepat. Setelah bahan dengan menggunakan elemen pemanas sebagai medium pengering, maka akan terjadi perubahan suhu pada bahan. Perubahan suhu ini berlangsung terus mencapai kondisi keadaan tetap. Sehingga pemanas itu dapat langsung dengan cepat.

b. Periode laju pengovenan konstan

Pada periode ini B dan C gambar (2.1) permukaan bahan jenuh dengan uap air jenuh. Periode laju pengovenan konstan berjalan karena difusi uap pada permukaan yang jenuh dengan uap air. Uap air yang mengalir

secara bergantian oleh uap air yang berpindah dari bagian dalam bahan. Kecepatan uap air yang mengalir dari bahan sama dengan kecepatan air yang diuapkan. Sehingga kondisi permukaan bahan yang jenuh tetap dipertahankan. Dan kecepatan dari laju pengovenan dikendalikan oleh kecepatan perpindahan panas ini diimbangi oleh kecepatan perpindahan massa sehingga temperatur permukaan bahan jenuh tersebut dapat konstan.

Laju pengovenan konstan tergantung dari empat hal:

- a. luas permukaan pengovenan
- b. perbedaan kelembaban antara aliran udara pengering dengan permukaan basah bahan
- c. koefisien perpindahan massa
- d. kecepatan aliran udara.

2.4 Cara Pengeringan

Secara garis besar pengovenan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu:

1. Pengeringan secara alami

Pengeringan secara alami dilakukan dengan cara menjemur di bawah sinar matahari. Pengeringan ini memang bisa efektif karena suhu yang dicapai sekitar 35° sampai dengan 45° . Iklim di wilayah tropis merupakan sumber yang potensial, akan tetapi pengeringan di bawah sinar matahari dirasakan kurang efektif lagi dan juga ada bahan tertentu yang kurang baik terkena sinar matahari.

Pengeringan secara alamiah ini mempunyai beberapa kendala, yaitu:

- Memerlukan waktu yang relatif lama
- Tergantung pada cuaca
- Kadar air pada bahan sukar dikontrol
- Mudah terkontaminasi

2. Pengeringan secara buatan

Pengeringan buatan menggunakan alat mekanis dan memberikan beberapa keuntungan, yaitu:

- tidak tergantung pada cuaca
- tidak memerlukan tempat yang luas
- kondisi pengeringan dapat dikontrol

Pengeringan mekanis ini memerlukan energi untuk memanaskan alat pengering, mengimbangi radiasi panas yang keluar dari alat, memanaskan dan menguapkan air pada bahan.

2.5 Persamaan dalam proses pengeringan

2.5.1 Prinsip-prinsip Perhitungan Panas

Diperoleh dari hasil proses pemanasan adalah, karena adanya dukungan / diawali dengan perubahan panas dari sumbernya kepada produk (bahan pangan) serta medium (berupa udara / uap panas). Proses ini melibatkan perpindahan panas serta perpindahan massa. Di dalam proses hasil pertanian, maka prinsip pemanasan media dipakai uap kering di bawah tekanan 2 sampai 10 kg/cm² atau lebih, minyak panas, udara ataupun air

panas. Hasil media yang dipanaskan, ukuran pada permukaan panas atau efisien panas dari “pengubah panas”, keseimbangan panas, dalam hal ini banyaknya energi yang dipakai dengan pemanasan media harus sama dengan energi untuk proses-proses mendapatkan produk sebagaimana diharapkan dan termasuk pula jumlah energi yang dipakai untuk mengantisipasi lingkungan dari bahan yang diproses.

Persamaan keseimbangan panas menurut (Soeharto, 1990) sebagai berikut:

$$Q_{total} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Masing-masing bagian dari konsumsi termasuk dalam hal pemanasan pendahuluan dan ditulis sebagai:

$$Q_1 = G \cdot K_1 \cdot \Delta t$$

Dimana :

Q1 = jumlah

G = Berat dari produk (Kg)

K₁ = kalor jenis dari produk Kcal/Kg °C

Δt = beda suhu yang ingin dicapai dalam pemanas , °C

Untuk produk-produk campuran maka panas jenis di dapat dari rumus:

$$C_{comp} = C_1 \cdot \frac{G \cdot X_1}{100} + C_2 \cdot \frac{G \cdot X_2}{100}$$

Dimana :

C₁ dan C₂ adalah kalor jenis dari tiap-tiap komponen dari bahan (yang menjadi campuran tersebut), Kcal / Kg°C.

G adalah berat dari campuran, Kg X_1 dan X_2 adalah berat dari tiap-tiap komponen dalam perbandingan berat dari campuran, % panas untuk menaikkan suhu air pada bahan dapat ditulis:

$$Q_2 = G \cdot q$$

Dimana:

Q_2 = Jumlah panas, K. kal

G = Berat seluruh (campuran dari bahan), kg

q = Panas laten campuran dan berkisar 79.3 K.kal/kg untuk es (biasanya diambil 80 K.kal/kg), dan untuk lemak binatang = 32 K.kal/kg.

Panas untuk penguapan dapat dicari dengan rumus:

$$Q_1 = W \cdot r$$

Dimana :

Q_3 = Jumlah panas untuk penguapan

W = Bagian bahan yang diharapkan menguap, kg

R = Panas latent dari penguapan, K.kal/kg

2.5.2 Pindah panas dalam pengeringan

Pada proses pengeringan, laju pengeringan ditentukan oleh laju pada saat energi panas dapat dipindahkan ke air atau ke es untuk melengkapi panas latent. Kepentingan relatif tiap mekanisme bervariasi dari satu proses pengeringan ke proses pengeringan lainnya dan jangan sangat sering salah satu cara pindah panas lebih dominan sehingga mengatur seluruh proses. Sebagai pengering, laju pindah menurut (Earle, Zein Nasution 1982) ditunjukkan oleh :

$$q = h_s \cdot A (t_a - t_s)$$

Dimana :

q = kecepatan pindah panas, Btu / jam

h_s = koefisien pindah panas permukaan

A = luas permukaan aliran panas, cm^2

t_a = suhu udara

t_s = suhu permukaan yang dikeringkan

Apabila bahan berair dipermukaan yang dipanasi, pindah panas dari ruang pengering ke bahan adalah :

$$q = UA (t_1 - t_2)$$

Dimana :

U = Koefisien pindah panas keseluruhan

t_1 = suhu bagian dalam

t_2 = suhu permukaan ruang pengering

2.5.3 Pengering dengan cara konduksi

Dalam pengeringan dengan cara konduksi, panas dipindahkan dari permukaan yang panas ke bahan yang akan dikeringkan. Panas ini melengkapinya panas latent penguapan air, dan pengeringan berlangsung bebas dari udara. Keseimbangan panas tercipta antara perpindahan panas ke dalam bahan pangan dan panas hilang oleh penguapan air serta oleh konveksi dan konduksi ke udara. Persamaan yang perlu untuk memperkirakan laju pengeringan adalah (Earle, Zein Nasution, 1992):

$$q = U \cdot A (t_h - t_s)$$

dimana :

q = laju pindah panas

U = koefisien pindah panas keseluruhan

A = luas permukaan tempat pindah panas pengeringan berlangsung

t_h = suhu bahan pangan yang dikeringkan

t_s = suhu bahan pemanas

Apabila suhu dipertahankan tetap, laju pengeringan harus juga dipertahankan tetap. Dalam tahap lingkaran pengeringan lebih lanjut, bahan pangan akan meningkat dan juga laju pengeringan nyata akan menurun.

2.6 Prinsip-prinsip perpindahan panas

Perpindahan panas (heat transfer) merupakan energi yang bergerak atau berjalan dari suatu sistem ke sistem yang lainnya, karena adanya perbedaan temperatur kedua sistem tersebut.

Panas yang dipindahkan tidak dapat diukur atau diamati secara langsung, akan tetapi pengaruhnya dapat diukur. Arah dari perpindahan panas tersebut adalah suatu media yang mempunyai temperatur lebih tinggi ke arah temperatur yang lebih rendah.

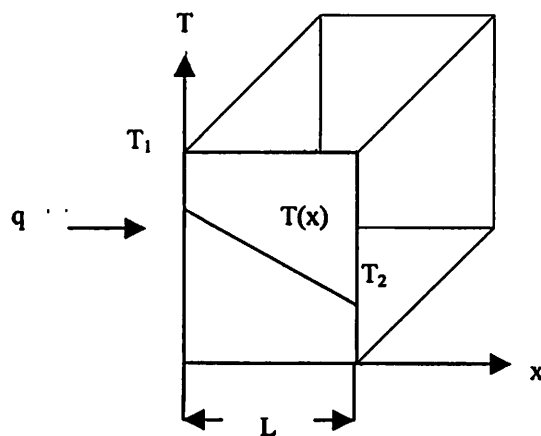
Berdasarkan cara perpindahannya, maka perpindahan panas dapat dibedakan menjadi tiga ,yaitu:

1. perpindahan panas secara konduksi
2. perpindahan panas secara konveksi
3. perpindahan panas secara radiasi

Syarat terjadinya perpindahan energi adalah adanya beda temperatur antara bagian yang satu dengan yang lainnya.

2.6.1 Perpindahan Panas konduksi

Berpindahnya panas secara konduksi (hantaran) adalah bila pada suatu benda terdapat gradien temperatur. Pada saat itu akan terjadi perpindahan energi dari bagian yang bersuhu tinggi ke bagian yang bersuhu rendah dan laju perpindahan panas tersebut berbanding lurus dengan gradien bersuhu normal. Persamaan aliran panas konduksi dikenal sebagai hukum *Fourier*. Dinding datar suhu dimensi merupakan salah satu contoh hukum *Fourier*.



Gambar 2.2 Perpindahan panas konduksi
Sumber : (Incropea, P.Frank, 1981)

Laju perpindahan panas konduksi, dinyatakan dengan *Hukum Fourier* dirumuskan menurut (Incropea, P.Frank, 1981) sebagai berikut:

$$Q_x = -K \cdot A \frac{dt}{dx} \text{ W/m}^2$$

Dimana:

Q_x = Laju perpindahan panas arah X per unit area (W/m^2)

K = Konduksi thermal (W/m^2)

A = Luas penampang (m^2)

$\frac{dt}{dx}$ = Gradien temperatur

Tanda minus menunjukkan konsentrasi dari kenyataan bahwa panas dalam arah penurunan.

Temperatur, persamaan di atas dapat ditulis menjadi:

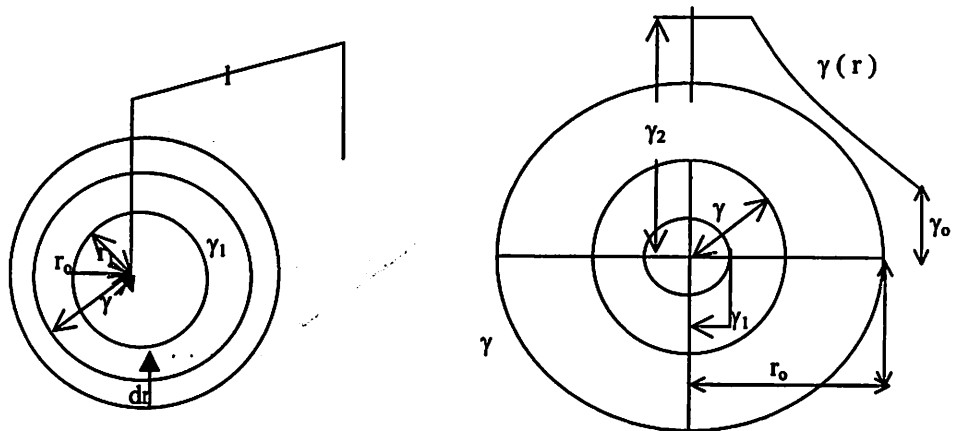
$$Q_x = K \cdot A \frac{(t_1 - t_2)}{1} \text{ W/m}^2$$

Dimana:

t_1 = temperatur pada $X = 0$

t_2 = temperatur pada $X = 1$

Daya hantar thermal dan laju perpindahan kalor konduksi ditentukan oleh struktur molekul bahan. Semakin rapat dan tersusun rapi molekulnya umumnya terdapat pada logam, maka akan memindahkan energi yang semakin cepat dibandingkan dengan susunan yang acak atau jarang yang umumnya terdapat bahan bukan logam.



Gambar 2.3 Perpindahan panas konduksi pada tabung
Sumber : Kent, (1981)

Untuk mengetahui perpindahan panas pada sistem yang berbentuk silindris seperti pada tabung dapat dilihat pada gambar di atas.

Aliran panas radial dengan cara konduksi melalui silinder berlubang atau melalui tabung. Jika silinder ini homogen dan cukup panjang sehingga pengaruh pada ujungnya dapat diabaikan dan suhu permukaan dalamnya konstan (t_i) sedangkan suhu luarnya dipertahankan seragam (t_o) maka laju perpindahan panas konduksinya menurut (Kent, 1981) adalah sebagai berikut:

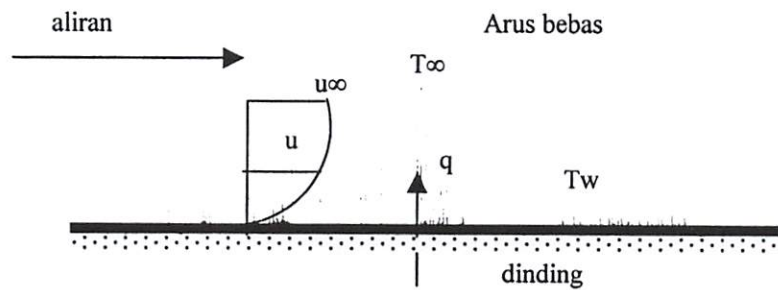
$$Q_2 = -K \cdot A \frac{dt}{dx} \text{ W/m}^2$$

Untuk tabung luasnya adalah :

$$A = 2 \pi \cdot r \cdot l \text{ m}^2$$

2.6.2 Konveksi paksa (Foced Convection)

Bila gesekan molekul-molekul sebagai akibat adanya kekuatan mekanis dari luar, misalnya karena hembuskan oleh kipas atau fan.



Gambar 2.4 Perpindahan Panas Konveksi
Sumber : Holman , 1993

Keterangan gambar :

- $u \rightarrow u_{\infty}$: kecepatan aliran
- T_{∞} : Temperatur aliran
- Q : Kalor yang ditransfer
- T_w : Suhu alat

Perpindahan panas konveksi ini digambarkan bahwa dalam proses perpindahan panas kecepatan aliran (Velocity distribution) di dalam grafik adalah nol pada permukaan plat (heated surface) dan nilainya akan berangsur naik apabila semakin menjauh dari permukaan dinding. Sebaliknya dengan temperatur aliran (Temperatur distribution), nilainya akan semakin besar apabila dekat dengan permukaan dinding dan semakin kecil pada daerah yang menjauhi permukaan dinding. Yang mana proses tersebut disebabkan oleh aksi kental viscositas dan hambatan.

Perbedaan temperatur antara permukaan benda dan aliran fluida menimbulkan suatu daerah yang mempunyai variasi temperatur dari (t_s) pada ($y = 0$) ke (t_o) pada aliran paling luar, daerah ini disebut daerah batas thermal. Laju persamaan perpindahan panas konveksi dapat dirumuskan:

$$Q = h (t_s - t_o)$$

Dimana :

Q = laju perpindahan panas konveksi (W)

h = Koefesien perpindahan panas konveksi ($W/m^2 \text{ } ^\circ K$)

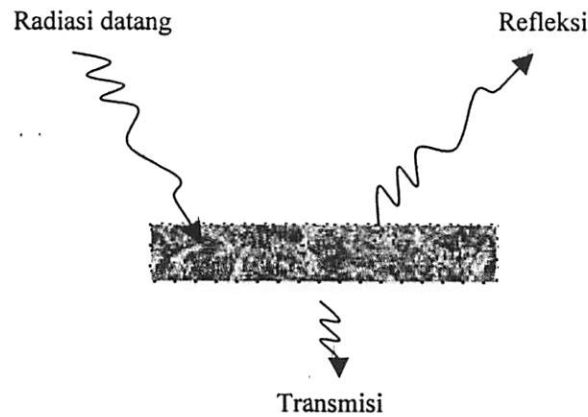
t_s = Temperatur permukaan ($^\circ K$)

t_o = Temperatur fluida ($^\circ K$)

2.6.3 Perpindahan Panas secara Radiasi

Radiasi thermal adalah energi yang diemisikan oleh benda yang berada pada temperatur tinggi dari medan radiasi ditransformasikan oleh gelombang elektromagnetik. Lain halnya dengan konduksi dan konveksi bahwa perpindahan panas radiasi tidak memerlukan media dan lebih biasa di dalam ruang hampa.

Perpindahan panas radiasi diumpamakan selubung hitam (Surroundings) yang memancarkan kalor terhadap permukaan bend (Surface) dimana kalor tersebut akan dipantulkan kembali secara radisi (q_{rad}) maupun konveksi (q_{conv}) dan selebihnya akan terserap oleh benda tersebut.



Gambar 2.5 Perpindahan panas radiasi
(Sumber : Holman , 1993)

Jumlah energi yang meninggalkan suatu permukaan sebagai energi panas radiasi tergantung pada suhu mutlak dan sifat permukaan tersebut. Untuk radiasi sempurna pada benda hitam (Black bodies) memancarkan radiasi lebih besar, hal tersebut dirumuskan sebagai berikut:

$$Q_r = \theta \cdot A \cdot T_s^2 \text{K(W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K)}$$

Dimana :

Q_r = laju perpindahan panas radiasi ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$)

θ = Konstanta Stefan Boltzman ($5,67 \cdot 10^{-8} \text{ m}^4$) ($\text{W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$)

A = Luas penampang perpindahan panas radiasi (m^2)

T_s = Temperatur Absolut dari permukaan ($^\circ\text{K}$)

Benda-benda nyata (real bodies) memancarkan radiasi yang lebih rendah dan dikorelasikan dengan rumus:

$$Q_r = \theta \cdot \Sigma \cdot A \cdot T_s^\circ$$

Dimana :

Σ = Emisitas permukaan yang kasar antara nol dan satu (Satu untuk benda hitam / black bodies)

2.7 Model Alat Pengeringan

Dilihat dari perkembangannya, alat pengering banyak sekali bentuk dan jenisnya, tetapi proses kerja alat pengering tersebut berbeda-beda, menurut cara kerja pengeringan dapat dibedakan menjadi:

a. Pengering beku

Secara garis besar pengering ini perpindahan panas ke daerah pengeringan, dapat dilakukan secara konduksi atau pancaran.

b. Pengering baki

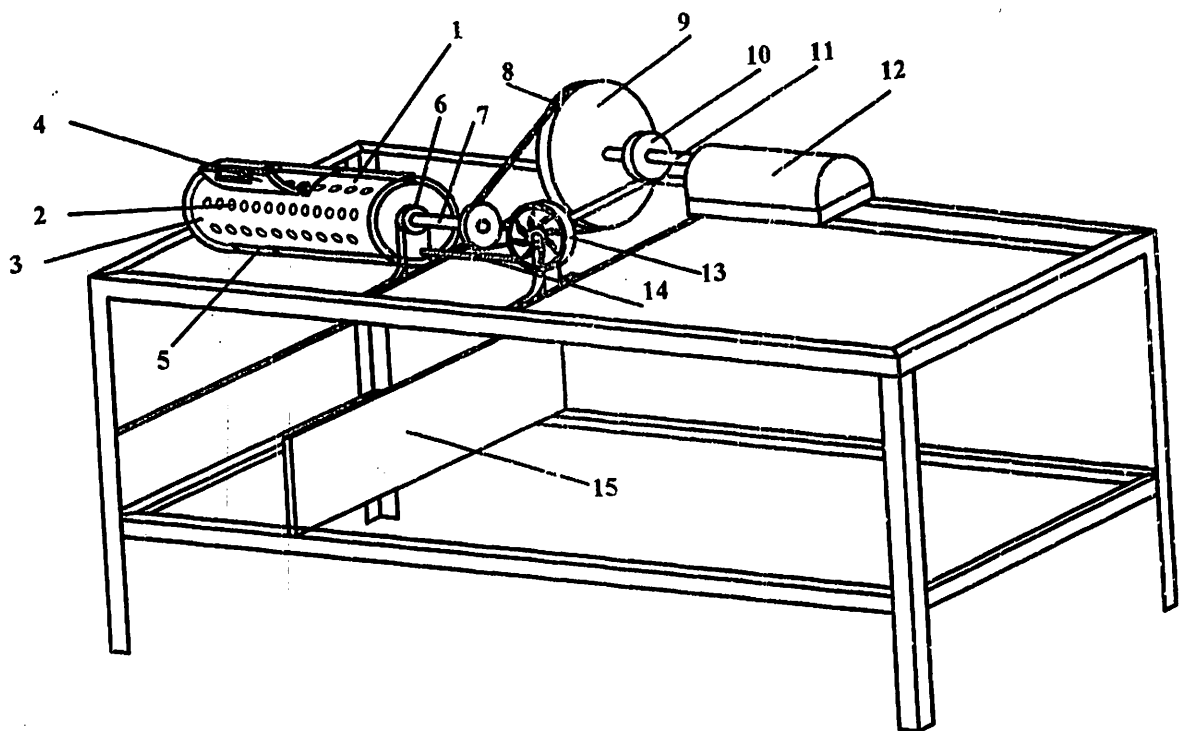
Di sini bahan pangan disebarakan di atas baki tempat proses pengeringan berlangsung. Pemanasan dengan aliran udara yang melalui baki dengan cara konduksi dari permukaan baki yang dipanasi.

c. Pengering pneumatik

Di dalam sebuah pengering pneumatik bahan pangan diangkut dengan cepat di dalam aliran udara. Udara yang dipanasi menyelesaikan proses pengeringan, bahan kering dipisahkan dari sisa, bahan kering dikeluarkan sebagai hasil dan sisa yang basah dikeringkan kembali.

d. Pengering berputar

Bahan pangan dimasukkan ke dalam silinder mendatar tempat bahan pangan tersebut bergerak, kemudian pemanasan dilakukan secara konduksi pada dinding silinder, dimana silinder tersebut berputar.



Gambar 2.6 Model alat pengering
Sumber : Earle, Zein Nasution, 1982)

e. Pengering semprot

Di dalam sebuah pengering semprot, bahan cair atau bahan padat disemprotkan dalam bentuk tebaran halus ke dalam aliran udara panas, proses pengeringan terjadi dengan sangat cepat.

BAB III

PERENCANAAN DAN PROSEDUR PEMBUATAN ALAT

3.1 Perencanaan Mekanik

Sebelum membahas lebih lanjut mengenai pembuatan alat maka pada bab ini akan dibahas tentang perencanaan dan prosedur pembuatan alat. Selain itu pada bab ini juga dibahas mengenai alat dan bahan-bahan yang nantinya menjadi bahan dalam pembuatan mesin pengoven bawang ini.

Perencanaan mekanik yang dimaksud adalah perencanaan oven. Bahan dari mekanik berupa besi, plat dan mika.

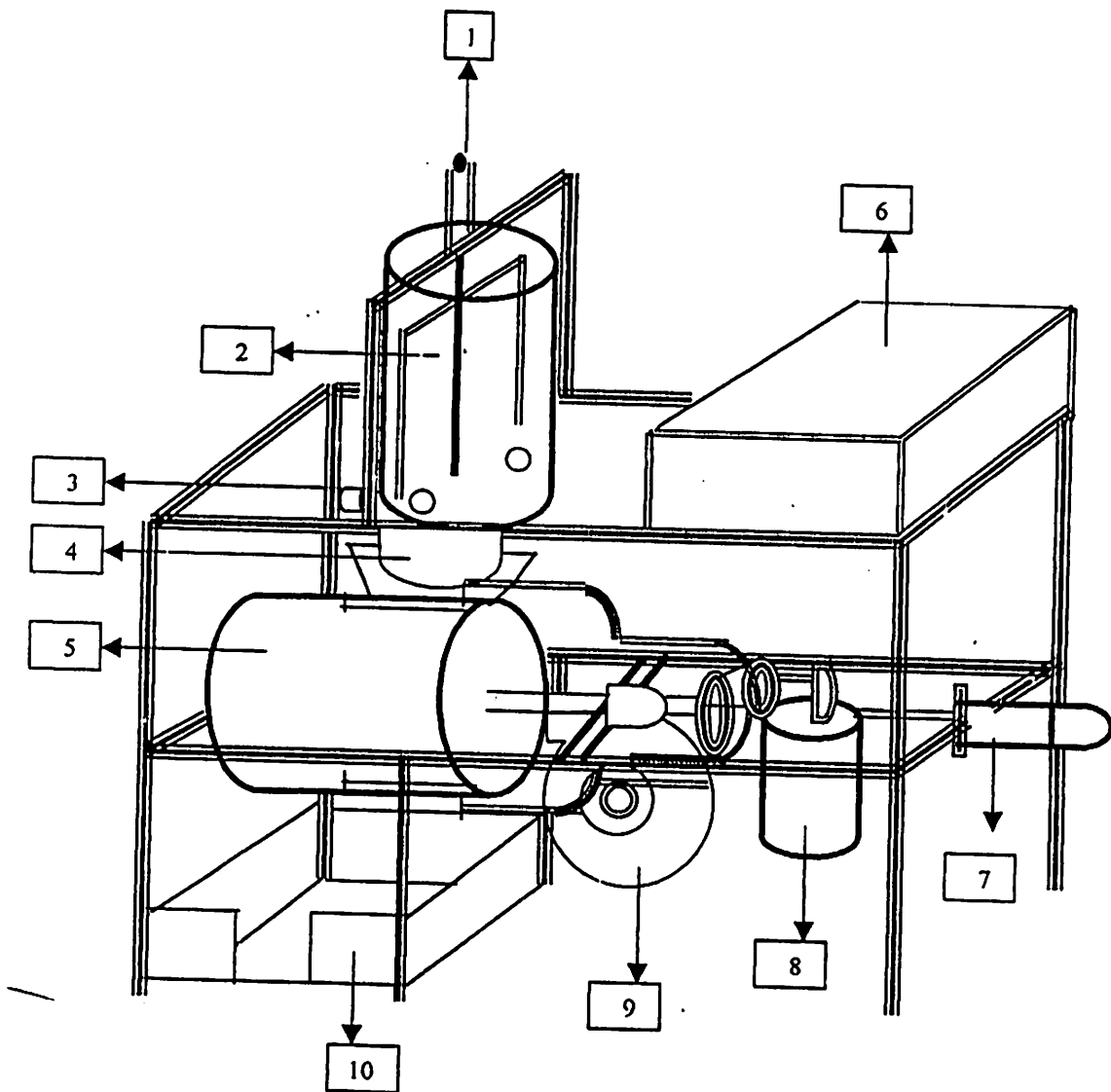
Adapun ukuran kerangka mekanik pada mesin pengoven bawang ini adalah sebagai berikut :

Panjang: : 58,5 cm

Lebar : 35 cm

Tinggi : 58,5 cm

Gambar mekanik pengiris dan pengoven bawang adalah sebagai berikut:



Gambar 3.1
Mekanik Mesin Pengoven dan pengiris bawang

Keterangan :

1. Motor pengaduk
2. Tabung penampung bawang
3. Motor pengiris
4. Pengiris
5. Oven
6. Box rangkaian kontrol
7. Motor pintu oven
8. Motor kasa
9. Fan / blower
10. Tempat bawang goreng

3.2 Pemilihan Bahan

Faktor-faktor utama dalam memilih bahan dari alat pengoven bawang ini adalah sebagai berikut:

1. Tahan korosi

Dalam pembuatan alat ini harus dipertimbangkan masalah bahan yang tahan korosi agar tidak merusak mudah terjadi proses kerapuhan pada logam yang dipakai sebagai bahan.

2. Konduktivitas atau rambatan panas

Adapun bahan memiliki rambatan panas tinggi maka aliran panas yang terjadi pada alat ini semakin cepat. Hal ini akan berpengaruh pada waktu pemrosesan bahan.

3. Proses pembentukan

Adapun manfaat dari pembuatan alat ini adalah untuk membantu masalah yang dihadapi para pengusaha kecil khususnya pengusaha makanan yang banyak menggunakan bahan bawang.

4. Kekuatan

Pada dasarnya pembentukan alat apapun harus memiliki unsur kekuatan yang menunjang keberadaan dan keberhasilan alat tersebut. Jika faktor ini diabaikan maka hal-hal yang tidak diinginkan bisa terjadi seperti : roboh, melengkung, dan lain-lain.

5. Harganya relatif murah

Bahan yang relatif murah menjadi pertimbangan utama karena modal yang dimiliki pengusaha kecil relatif kecil sehingga akan berpengaruh pada biaya produksi dan keuntungan yang nantinya akan diperoleh.

6. Mudah dicari di pasaran

Kemudahan mencari bahan dipasaran sangatlah penting, karena jika bahan yang diinginkan ternyata sulit bahkan tidak ada maka akan merombak atau memulai lagi desain alat tersebut.

3.3 Alat dan Bahan yang dipakai

1. Alumunium

Bahan ini mempunyai kelebihan diantaranya, tahan korosi karena jika terkena udara, obyek-obyek aluminium teroksidasi pada permukaan tetapi lapisan oksidanya. Konduktifitasnya tinggi ($K-204W/m^{\circ}C$).

Harganya relatif murah dari stainless steel. Proses pembentukannya lebih rendah dari stainless steel. Mudah dicari di pasaran.

2. Elemen Pemanas

Ada beberapa keuntungan menggunakan sistem pemanas listrik dibanding dengan bahan pemanas lainnya (arang kayu, kompor, kompor gas, dan lain-lain) diantaranya:

- a. Kebersihan obyek yang harus dipanaskan selalu dapat terjaga sebab pemanasan dengan elemen listrik tidak menimbulkan debu, asap dan gangguan suara serta tidak menimbulkan tempat penyimpanan bahan bakar.
- b. Perawatannya lebih murah dan mudah karena model pemanas listrik mempunyai konstruksi dan pengaturan yang sangat sederhana.

Model dan design elemen pemanas pada saat ini sudah sangat beraneka ragam jenisnya. Tetapi pada prinsipnya setiap elemen pemanas terdiri dari kawat pemanas (nikelin) yang bersifat penghantar yang mempunyai resistensi.

3. Pendorong Udara

Pendorong udara adalah alat untuk mengalirkan udara ke dalam suatu ruangan, banyak sekali jenis dan bentuknya juga sebutannya, Hal ini tergantung dari kapasitas udara yang dihasilkan dan tekanan mesinnya tersebut. Sebutan kompresor (pemompa) dipakai untuk jenis yang bertekanan tinggi, blower atau peniup untuk bertekanan sedang,

sedangkan fan atau kipas untuk jenis yang tertekanan rendah. Walaupun banyak sekali jenis dan tipenya tapi pada prinsipnya sama yaitu mempunyai fungsi sebagai pendorong udara.

Beberapa macam penghembus udara yang ada:

a. Kipas Angin Aksial

Prinsip kerjanya adalah udara dipaksa arah aksial oleh sudu yang berbentuk propeller. Untuk menggerakkan sudu tersebut digunakan motor tak searah yang ber kutub dua atau empat yang mudah didapat. Kipas ini banyak dipakai dalam terowongan angin aerodinamika dan ventilasi terowongan biasa. Salah satu kelemahan kipas ini adalah tingkat kebisingannya yang tinggi.

b. Kipas angin bersudu banyak (*Siroco*)

Kipas angin ini mempunyai sudu yang lebar dan melengkung ke arah depan. Konstruksinya cukup sederhana karena itu harganya relatif murah sehingga banyak dipakai untuk ventilasi umum.

c. Kipas angin radial (kipas angin piring)

Kipas angin model ini sudu-sudunya memang telah diatur radial disebabkan moment inersialnya cukup besar sehingga cocok dioperasikan pada tempat-tempat gas panas yang mengandung banyak debu.

Daya masukan yang digunakan untuk memutar penghembus diperoleh dari motor listrik.

4. Isolator

Penggunaan isolator pada alat ini ditujukan untuk menghambat keluarnya udara panas dari sistem. Dalam hal ini isolator yang dipakai adalah lembaran serbuk gergaji yang dipadatkan (MDF sebutan untuk nama perdagangannya) karena mempunyai konduktivitas rendah ($k=0,059$), tahan panas, relatif murah harganya, mudah pembentukannya (lentur) tidak mudah patah.

5. Kontrol Suhu

Untuk mengatur temperatur secara otomatis, maka diperlukan suatu alat (komponen) yang dapat mengubah informasi bukan listrik (temperatur atau suhu) menjadi sinyal listrik. Oleh karena itu sifat fisis dari komponen tersebut harus berubah terhadap perubahan temperatur, komponen yang mempunyai sifat yang berubah terhadap perubahan temperatur misalnya:

a. Termostat bimetal

Banyak logam akan memuai apabila terkena panas. Batang logam akan bertambah panjang kalau suhunya naik. Pemuaian ke arah panjang ini disebut pemuaian panjang atau pemuaian linier. Prinsip kerja dari termostat bimetal bekerja atas pemuaian linier tersebut.

b. Thermistor

Thermistor adalah semikonduktor yang mempunyai koefisien yang besar sekali. Oleh karena itu thermistor peka sekali terhadap perubahan suhu bentuknya dapat berbentuk cincin atau bulat. Asas

atau sifat yang dipakai dalam prinsip kerja thermistor ini adalah perubahan resistansi karena perubahan temperatur yang mengelilingi thermistor.

6. Sumber Kalor

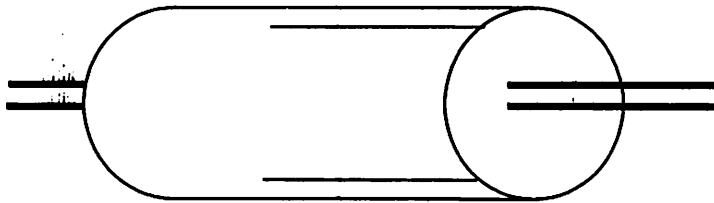
Sumber kalor adalah bagian atau komponen dari alat pengering dimana berfungsi sebagai produsen kalor untuk memanaskan udara sirkulasi yang dalam hal ini digunakan sebagai media untuk menguapkan kandungan air pada produk bawang. Sumber kalor yang direncanakan harus mampu memenuhi kebutuhan kalor pada alat sesuai dengan beban pemanas yang ada.

Adapun sumber kalor yang direncanakan adalah berupa elemen pemanas dengan sumber energi listrik.

3.4 Perencanaan Oven

Pada oven terdapat dua bagian yaitu bagian dalam berupa kasa yang digunakan untuk memutar bawang dan bagian luar untuk menutup kasa. Antara kasa dan tabung oven terdapat dua pintu yang berkaitan. Jika pintu luar terbuka maka pintu dalam juga terbuka.

Ukuran oven : Panjang = 21 cm Diameter = 20cm



Gambar 3.2. Mekanik Oven

3.5 Teknik Perhitungan

Besarnya energi panas yang diperlukan untuk memanaskan ruangan pengering sampai suhu tertentu adalah sebesar:

$$Q = m \cdot c \Delta t$$

Bila : $m = \rho \cdot V$

Sedangkan $V = p \cdot l \cdot t$

Sehingga $Q = \rho \cdot p \cdot l \cdot t \cdot c \cdot \Delta t$

Dimana:

C = Kapasitas kalor jenis suatu benda (kal/kg°C)

Q = jumlah panas yang dipindahkan (kal)

m = massa benda (Kg)

t = selisih temperatur (°C)

ρ = massa jenis (Kg/m³)

p = panjang kotak pengering (m)

l = lebar kotak pengering (m)

t = tinggi kotak pengering (m)

satuan kalor meliputi joule, kalori dan BTU British Thermal Unit). Adapun hubungan masing-masing adalah sebagai berikut:

1 joule = 0,24 kalori

1 kalori = 4,2 joule

1 BTU = 252 kalori

Perhitungan seluruh kalor pada proses pengeringan

Dalam proses pengeringan ini membutuhkan kalor pembakaran yang akhirnya dapat menguapkan kadar air yang terkandung dalam bahan pangan (bawang). Seluruh kebutuhan kalor yang dipergunakan pada proses pengeringan ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan keseimbangan panas sebagai berikut:

$$Q_{\text{total}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n$$

Dimana:

Q_{total} = jumlah seluruh kalor yang diperlukan selama proses pengeringan (K.kal)

$Q_1 \approx Q_n$ = Jumlah kalor yang diperlukan setiap proses (K.Kal)

3.5.1 Perhitungan Daya Pemanas

Dalam pengeringan bawang ini menggunakan pemanas dari logam nikel sebagai sumber kalornya untuk menentukan daya pemanas yang dibutuhkan, dapat dicari dengan persamaan sebagai berikut:

$$E = m_{\text{air}} \cdot \Delta T + m_{\text{air}} \cdot H_v$$

Dimana:

E = daya yang dibutuhkan (Watt)

m_{air} = massa air yang terkandung dalam bawang (kg)

C_{air} = panas spesifik air ($4.21 \cdot 10^3$ J/kg °C)

Δt = beda temperatur (100°C)

H_v = Entalpi air ($2.26 \cdot 10^3$)

3.5.2 Mencari Nilai kalor jenis bahan

Dalam perancangan alat pengering ini, bahan pangan yang akan dikeringkan bawang . Untuk menentukan kalor jenis bawang menurut (Soeharto, 1991) dapat dicari dengan rumus sebagai berikut:

$$K_j = 0.85 \cdot \left(\frac{X \cdot n}{B \cdot \Delta t} \right)$$

Dimana :

J_j = Kalor jenis benda yang diuji (K.kal / kg° C)

B = Kapasitas aliran benda uji (5 kg / jam)

Δt = Beda suhu yang dicapai (100 ° C)

η = Effisiensi perpindahan panas (0.15 – 0.8 K.kal/m²° C)

(diambil = 0.47 K.kal / m²° C)

X = Tenaga heater (237,23 watt)

BAB IV

PERHITUNGAN DAN CARA KERJA ALAT

4.1 Perhitungan Kebutuhan Kalor Pada Proses Pengeringan

Perhitungan Daya Pemanas

$$E = m_{\text{air}} \cdot \Delta T + m_{\text{air}} \cdot H_v$$

Dimana:

E = daya yang dibutuhkan (Watt)

m_{air} = massa air yang terkandung dalam bawang (kg)

c_{air} = panas spesifik air ($4.21 \cdot 10^3 \text{ J/kg } ^\circ\text{C}$)

Δt = beda temperatur (100°C)

H_v = Entalpi air ($2.26 \cdot 10^3$)

Untuk mencari massa air yang terkandung di dalam bawang =

$$\begin{aligned} m_{\text{air}} &= m_{\text{bawang}} \cdot 66\% \\ &= (2 \text{ kg}) \cdot (0.66) \\ &= 1,32 \text{ kg} \end{aligned}$$

Dari data di atas maka daya pemanas dapat dihitung:

$$\begin{aligned} E &= m_{\text{air}} \cdot C_{\text{air}} \cdot \Delta t + m_{\text{air}} \cdot H_{v\text{air}} \\ &= (1,32) (4.2 \cdot 10^3) (100) + (1,32) \cdot (2,26 \cdot 10^3) \\ &= (1,32 \times 2,26 \cdot 10^3) + (3,01032 \cdot 10^3) \\ &= (5 \cdot 557,2 - 10^3) + (3,01032 \cdot 10^3) \\ &= 8.567,52 \text{ (watt.dt)} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= 8567,52 \left(\text{watt} \left(\frac{\text{jam}}{360} \right) \right) \\
 &= \frac{8567,52}{360} \\
 &= 23,8 \text{ watt/detik}
 \end{aligned}$$

Mencari Nilai kalor jenis bahan

$$K_j = 0,85 \left(\frac{X \cdot n}{B \cdot \Delta t} \right)$$

Dimana :

J_j = Kalor jenis benda yang diuji (K.kal / kg° C)

B = Kapasitas aliran benda uji (5 kg / jam)

Δt = Beda suhu yang dicapai (100 ° C)

η = Effisiensi perpindahan panas (0.15 – 0.8 K.kal/m²° C)

(diambil = 0.47 K.kal / m²° C)

X = Tenaga heater (237,23 watt)

Maka dari data di atas kalor jenis bawang dapat dihitung sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 K_j &= 0,85 \left(\frac{x_1 n}{B \Delta t} \right) \\
 &= 0,85 \left(\frac{(237,23) \times (0,4)}{2 \times 100} \right) \\
 &= 0,85 \cdot \left(\frac{94,892}{200} \right) \\
 &= 0,85 \cdot (0,47446) \\
 &= 0,56 \text{ Kkal / Kg}^\circ\text{C}
 \end{aligned}$$

Kalor yang dibutuhkan untuk pemanasan awal

Kalor yang digunakan untuk pemanasan awal yaitu untuk memanaskan bawang adalah :

$$Q_1 = G \times K_j \times \Delta t$$

$$G = \text{Berat dari bahan pangan (bawang)} = 2 \text{ kg}$$

$$K_j = \text{kalor jenis bawang} = 1.65 \text{ K.kal / kg } ^\circ\text{C}$$

$$\Delta t = \text{beda suhu yang ingin dicapai dalam pemanasan} = 100 \text{ } ^\circ\text{C}$$

$$Q_t = 6x \text{ kj} \times \Delta t.$$

$$= 2 \times 0,56 \times 100^\circ\text{c}$$

$$= (1,12) \times (100)$$

$$= 112 \text{ K.kal}$$

Setiap bahan pangan hasil panen dan melalui proses pengeringan alami tetap mengandung kadar air yang berungsi untuk menghindari bahan tidak busuk. Di dalam proses ini, pemanasan digunakan untuk menaikkan suhu air yang terkandung di dalam bahan pangan bawang sampai terjadi proses selanjutnya yaitu proses penguapan, sehingga mempercepat proses pengeringan. Untuk mencari besarnya kalor yang digunakan untuk menaikkan suhu air di dalam bahan pangan tersebut dapat dicari dengan rumus:

$$Q_2 = G_k \times q$$

Dimana :

$$Q_2 = \text{jumlah kalor (K.kal)}$$

$$G_k = \text{berat seluruh campuran bahan pangan (kg)}$$

$Q = \text{panas latent dari air (540 K.kal /kg)}$

Karena bahan pangan bawang mengandung kadar air rata-rata 66% dari massanya maka:

$$G_k = 66\% \cdot (2)$$

$$= \frac{66}{100} \cdot (2)$$

$$= (0,66) \cdot (2)$$

$$= 1,32$$

Maka di dapat jumlah kalor :

$$Q_2 = K_g \cdot q$$

$$= 1,32 \cdot 540$$

$$= 712,8 \text{ K.Kal}$$

Setelah proses pemanasan , untuk menaikkan suhu air proses selanjutnya adalah proses pemanasan untuk penguapan air yang terkandung di dalam bahan pangan bawang.

Untuk mencari kebutuhan kalor yang dibutuhkan untuk proses penguapan air yang terkandung di dalam bahan pangan bawang tersebut dapat dicari sebagai berikut:

$$Q_3 = W \cdot r$$

Dimana:

$$Q_3 = \text{Jumlah kalor (K.kal)}$$

$$W = \text{Bagian bahan yang diharapkan menguap} = 2 \text{ kg}$$

$$r = \text{panas latent dari penguapan} = 539,4 \text{ K.kal / kg}$$

dari data-data di atas maka jumlah kalor yang diperlukan adalah :

$$\begin{aligned} Q_3 &= W \cdot r \\ &= 2 \cdot (539,4) \\ &= 1078,8 \text{ K.kal} \end{aligned}$$

Kalor total yang dibutuhkan selama proses pengeringan.

Jadi setelah mendapatkan jumlah kalor dari tiap-tiap proses di atas, maka kalor total yang diperlukan di dalam proses pengeringan bawang adalah:

$$\begin{aligned} Q_1 \text{ total} &= Q_1 + Q_2 + Q_3 \\ &= (112) + (712,8) + 1078,8 \\ &= 82,48 + 1078,8 \\ &= 1903,5 \text{ Kkal} \end{aligned}$$

Perhitungan Aliran panas dengan cara Konduksi

Untuk mencari nilai laju perpindahan panas konduksi ataupun konveksi maka luas bidang untuk perpindahan panas konduksi harus diketahui lebih dulu, karena bidang penghantar berupa sarangan (Strainer) yang sebagian adalah berlubang. Sehingga luas bidang perpindahan panas konduksi, radiasi berbeda.

Sehingga untuk mencari luar masing-masing bidang penghantar panas tersebut dapat diketahui sebagai berikut:

R = Jari-jari bagian atas sarangan (18 mm = 0,018 m)

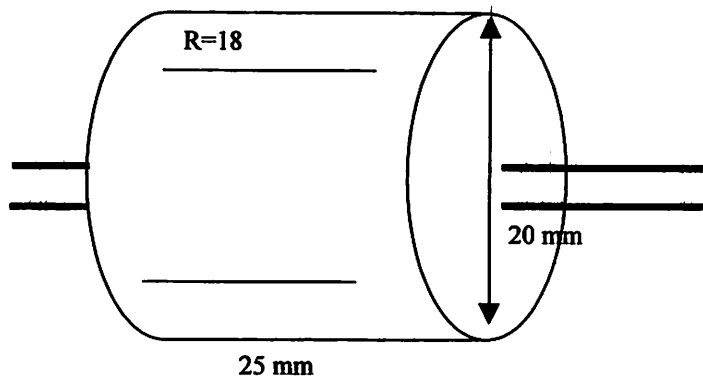
t = Tinggi bidang / sarangan (200 mm = 0,2 m)

D = Diameter tabung = 20

P = Panjang tabung = 25

Dari data di atas dapat dihitung luas bidang :

Luas bidang pengering (pada tabung oven)



Gambar 4.1 tabung oven

- Luas bidang konveksi

$L_{\text{lubang sarangan}} \times \text{jumlah lubang sarangan}$

$$\begin{aligned} L_{\text{lubang sarangan}} &= \eta r^2 \\ &= (3.14) (0.018)^2 \text{ m}^2 \\ &= (3.14) (3.24 \cdot 10^{-5}) \text{ m}^2 \\ &= 10,2 \cdot 10^{-2} \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luas bidang konveksi (L_c)

$$\begin{aligned} L_c &= (10,2) \cdot 10^{-2} \times (1058) \text{ m}^2 \\ &= 10,8 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Jadi Luas bidang konduksi (L_k)

$$\begin{aligned} L_k &= L_{\text{keseluruhan bidang}} - L_{\text{bidang konveksi}} \\ &= (10,8)^2 - (0,27) \\ &= 9,93 \text{ m}^2 \end{aligned}$$

Perhitungan laju perpindahan panas konveksi

Rumus yang dipakai (Frank Kreith, 1986)

$$Q_c = h_c \times A \times \Delta t$$

Dimana :

Q_c = laju perpindahan panas konveksi (W)

A = luas perpindahan panas konveksi $10,8 \text{ m}^2$

Δt = beda temperatur ($100^\circ \text{ C} = 100^\circ \text{ C} + 273^\circ \text{ K} = 373^\circ \text{ K}$)

h_c = koefisien perpindahan panas konveksi ($30\text{-}300 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$)

(nilai koefisien perpindahan panas konveksi diambil $300 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$).

Dari data di atas maka nilai perpindahan panas konveksi, adalah :

$$\begin{aligned} Q_c &= h_c \times A \times \Delta t \\ &= (300) (10,8) (373) \\ &= (300)(4028,4) \\ &= 1208.5 \text{ W /m}^2\text{k.} \end{aligned}$$

Perhitungan laju perpindahan panas konduksi

Menurut (Frank Devit, 1981) lalu perpindahan konduksi dinyatakan dalam

hukum Fourier sebagai berikut:

$$Q_x = Kx A \left(\frac{\Delta t}{l} \right) W$$

Dimana :

Q_x = laju perpindahan panas konduksi (W)

A = luas bidang perpindahan panas konduksi (9.93 m^2)

t = beda temperatur di luar dan di dalam sarangan

$$(100^{\circ} \text{C} = 100^{\circ} \text{C} + 273^{\circ} \text{K} = 373^{\circ} \text{K})$$

K = konduktivitas thermal untuk baja tahan karat tipe 304

$$= 9,4 \text{ Btu/hr}^{\circ}\text{F}$$

$$= (9,4 \times 1.731) = 16.27 \text{ Wm}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

l = Panjang sarangan = 0,12 m²

Dari data di atas maka nilai laju perpindahan panas konduksi adalah :

$$\begin{aligned} Q_x &= Kx A \left(\frac{\Delta t}{l} \right) W \\ &= (16.27) (9,93) \left(\frac{373}{0,023} \right) W \\ &= (161,6) / 1616 \text{ W} \\ &= 11,5084 \text{ W} \end{aligned}$$

4.2 Perhitungan Perkiraan biaya Pembuatan Alat

Bahan yang digunakan di dalam perancangan mesin pengoven bawang terdiri dari bahan baku dan bahan order. Perhitungan biaya dalam pembuatan mesin pengoven bawang ini meliputi:

- a. Biaya bahan baku dan order
- b. Biaya permesinan
- c. Biaya total

4.2.1 Perhitungan biaya bahan baku dan order

Perhitungan bahan baku dilakukan dengan menghitung berapa banyak bahan baku yang akan digunakan yang diperoleh di pasaran lokal. Harga bahan baku yang ada di pasaran lokal adalah :

1. Profil Lst 37 (20,20,2) = Rp. 17.000 / lonjor (6)
2. Profil L Aluminium (20,20,2,1) Rp. 17.000/lonjor (4m)
3. Plat Aluminium (1000,2000,1) = Rp. 130.000/lembar
4. Serbuk gergaji (MDF) (1200,2400,1,7) = Rp. 65000/lembar
5. Pipa d = 25 mm st 37 = Rp. 20000/lonjor (6m)
6. Plat st 37 = Rp. 45000/kg

Berdasarkan dari harga-harga di atas maka selanjutnya dapat kita hitung berapa biaya bahan baku untuk pembuatan alat:

1. Kerangka oven

Bahan = profil L st 37
 Panjang bahan = 6,76 m
 Harga = 6,76 x 2833,3
 = Rp. 19153,1

2. Kerangka pemanas

Bahan = profil L st 37
 Panjang bahan = 2,78 m
 Harga = 6,76 x 2833,3
 = Rp. 2,78 x 2833,3
 = Rp. 7876,6

3. Plat untuk oven

Bahan = st 37
 Volum = Lebar . Panjang. Tinggi
 = 30 x 2180 x 1.

$$\begin{aligned}
 &= 65400 \text{ mm}^3 \\
 \text{Berat} &= v \times [\text{massa jenis bahan } (7,801 \cdot 10^{-6} \text{ Kg/mm}^3)] \\
 &= 65400 \times 7,801 \cdot 10^{-6} \\
 &= 0,51018 \text{ Kg} \\
 \text{Harga} &= 0,51018 \times 4500 \\
 &= \text{Rp. } 2295,83
 \end{aligned}$$

4. Plat untuk rumah pemanas

$$\begin{aligned}
 \text{Bahan} &= \text{st } 37 \\
 \text{Volum} &= 30 \times 2240 \times 1 \\
 &= 67200 \text{ mm}^3 \\
 \text{Berat} &= 67200 \times 7,801 \cdot 10^{-6} \\
 &= 0,542 \text{ Kg} \\
 \text{Harga} &= 0,528 \times 4500 \\
 &= \text{Rp. } 2359,02
 \end{aligned}$$

5. Plat dudukan elemen

$$\begin{aligned}
 \text{Bahan} &= \text{st } 37 \\
 \text{Volum} &= 120 \times 120 \times 1 \\
 &= 14400 \text{ mm}^3 \\
 \text{Berat} &= 14400 \times 7,801 \cdot 10^{-6} \\
 &= 0,113 \text{ Kg} \\
 \text{Harga} &= 0,113 \times 4500 \\
 &= \text{Rp. } 505,504
 \end{aligned}$$

6. Elemen pemanas

Bahan	= st 37 (pipa d = 25 mm)
Panjang bahan	= 2250 mm – 2,25 m
Harga	= 2,25 x 3333,3 (harga bahan tiap meter)

7. Dinding oven

- Bahan	= plat Al
Ukuran	= 1220 x 2400 x1
Harga	= Rp. 130000
- Bahan	= MDF
Ukuran	= 1200 x 2400 x 2,7
Harga	= Rp. 65000

8. Dinding rumah pemanas

- Bahan	= plat Al
Ukuran	= 1000 x 2000 x1
Harga	= Rp. 130000

9. Penyangga rak

- Bahan	= Profil L aluminium
Panjang bahan	= 3,12 m
Harga	= 3,12 x 4250
	= 13260

10. Rak

- Bahan	= plat Al
Ukuran	= 1220 x 2400 x 2
Harga	= Rp. 180000

Tabel 4.1
Harga Komponen Order

No.	Nama Komponen	Harga Satuan	Jumlah	Harga (Rupiah)
1.	Kompor	115.000	1	115.000
2.	Kontrol suhu	150.000	1	150.000
3.	Pemegang pintu	1.500	2	3.000
4.	Engsel	100	6	6.000
5.	Kaca	1.500	1	1.500
6.	Fan	300.000	1	30.000
7.	Rivet Ø 2 mm	150	160	24.000
8.	Dudukan	500	5	2.500
9.	Adaptor	2500	1	25.000
10	Mur dan baut M6	500	12	6.000
Total				403.000

Jadi total biaya dari semua bahan bagian dari peralatan yang direncanakan adalah :

$$\begin{aligned}
 \text{Biaya total} &= \text{biaya bahan baku} + \text{biaya komponen order} \\
 &= \text{Rp. 557950,12} + \text{Rp. 403000} \\
 &= \text{Rp. 960950,12}
 \end{aligned}$$

4.3 Cara Kerja Alat

Adapun langkah-langkah dalam pengoperasian alat pengiris dan pengoven bawang merah adalah sebagai berikut:

1. Tekan tombol start pada alat
2. Pisau pengiris membelah bawang sesuai irisan yang telah ditentukan
3. Hasil pengirisan pengirisan jatuh ke dalam oven

4. Pintu oven dan pintu kaca secara otomatis akan menutup setelah bawang masuk ke dalam oven
5. Setelah pintu oven menutup tabung kaca yang ada dalam oven berputar.
6. Saat kaca berputar blower pemanas juga berputar untuk menghantarkan pemanas ke dalam oven.
7. Setelah bawang matang tabung kaca berhenti dan pintu terbuka. Blower dan pemanas mati
8. Untuk mengeluarkan bawang tekan tombol supaya kaca oven berputar dan bawang jatuh. Kemudian pintu kaca kembali ke posisi di atas setelah bawang goreng keluar dari oven.
9. Bawang siap pakai
10. Selesai

BAB V

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari pembahasan perencanaan dan pembuatan alat pengiris dan pengoben bawang secara otomatis pada bab-bab sebelumnya maka kesimpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Alat ini dirancang untuk mengeringkan bawang, dengan metode pengeringan dengan menggunakan logam nikel sebagai sumber panas atau heater.
2. Alat pengiris dan pengoven bawang ini lebih efisien, bila dibandingkan dengan cara tradisional yaitu dengan cara teknik penggorengan karena pada metode secara tradisional harus menggunakan minyak goreng yang relatif harus menambah biaya. Sedangkan pada mesin pengovenan bawang ini biaya untuk minyak goreng bisa lebih dihemat. Sehingga bisa mengurangi ongkos produksi.
3. Pengoperasian mesin ini cukup satu orang saja.
4. Mesin ini sederhana dan mudah perawatannya
5. Bahan-bahan pembuatan mesin mudah didapat dan kuat dari segi bahannya.
6. Bentuk mesin sederhana sehingga mudah dibuat dan bisa dipindahkan sesuai keinginan.

5.2 Saran

1. Dalam memilih bahan hendaknya memperhatikan kemudahan-kemudahan mencari bahan baku dipasaran serta harganya bisa lebih murah.
2. Pada pengoperasian mesin ini diharapkan tidak dipaksakan melebihi kapasitas yang telah ditentukan untuk hasil terbaik.
3. Perawatan mesin hendaknya dilakukan secara teratur.

DAFTAR PUSTAKA

1. Earle, Zein Nasution, 1982, *Satuan Operasi dalam Pengolahan Pangan*, Sastra Hudaya.
2. Suharto, 1991, *Teknologi Pengawetan Pangan*, Penerbit Rineka Cipta, Jakarta.
3. J.P. Holman, E. Jastiti, 1993, *Perpindahan Kalor*, Edisi ke VI, Penerbit Erlangga, Surabaya.
4. Frank Krieth, Arko Pijono, 1994, *Prinsip-prinsip Perpindahan Panas*, Edisi ke III, Penerbit Erlangga, Jakarta.
5. Donald R. Pitts. Ph, D. 1987, *Perpindahan Kalor*, Penerbit Erlangga , Jakarta.

Lampiran I Emisitas total pada penukar kalor

Surface	T, °F	Emissivity ϵ
Metals and their oxides		
Aluminum:		
Highly polished plate, 98.3% pure	440-1070	0.039-0.057
Commercial sheet	212	0.09
Heavily oxidized	299-940	0.20-0.31
Brass:		
Highly polished:		
73.2% Cu, 26.7% Zn	476-674	0.028-0.031
62.4% Cu, 36.8% Zn, 0.4% Pb, 0.3% Al	494-710	0.033-0.037
82.9% Cu, 17.0% Zn	530	0.030
Hard-rolled, polished, but direction of polishing visible	70	0.038
Dull plate	120-660	0.22
Copper:		
Polished	242	0.023
	212	0.052
Plate, heated long time, covered with thick oxide layer	77	0.78
Gold, pure, highly polished	440-1160	0.018-0.035
Iron and steel (not including stainless):		
Steel, polished	212	0.066
Iron, polished	800-1880	0.14-0.38
Cast iron, newly turned	72	0.44
Cast iron, turned and heated	1620-1810	0.60-0.70
Mild steel	450-1950	0.20-0.32
Oxidized surfaces:		
Iron plate, pickled, then rusted red	68	0.61
Iron, dark-gray surface	212	0.31
Rough ingot iron	1700-2040	0.87-0.95
Sheet steel with strong, rough oxide layer	75	0.80
Lead:		
Unoxidized, 99.96% pure	260-440	0.057-0.075
Gray oxidized	75	0.28
Oxidized at 300 °F	390	0.63
Magnesium, magnesium oxide	530-1520	0.55-0.20
Molybdenum:		
Filament	1340-4700	0.096-0.202
Massive, polished	212	0.071
Monel metal, oxidized at 1110 °F	390-1110	0.41-0.46
Nickel:		
Polished	212	0.072
Nickel oxide	1200-2290	0.59-0.86
Nickel alloys:		
Copper nickel, polished	212	0.059
Nichrome wire, bright	120-1830	0.65-0.79
Nichrome wire, oxidized	120-930	0.95-0.98

Lampiran 2
Sifat-sifat air

T	°C	bit c_p kJ/kg °C	ρ kg/m ³	μ kg/m·s	k W/m·°C	Pr	$\frac{gPr^2}{\mu k}$ 1/m ² ·°C
32	0	4.225	999.8	1.79×10^{-4}	0.566	13.25	1.91×10^6
40	4.44	4.208	999.8	1.55	0.575	11.35	6.34×10^6
50	10	4.195	998.2	1.31	0.585	9.40	1.08×10^6
60	15.56	4.186	998.6	1.12	0.595	7.88	1.46×10^6
70	21.11	4.179	997.4	9.8×10^{-4}	0.604	6.78	1.91×10^6
80	26.67	4.179	995.8	8.6	0.614	5.85	2.48×10^6
90	32.22	4.174	994.9	7.66	0.623	5.12	3.3×10^6
100	37.78	4.174	993.0	6.82	0.630	4.53	4.19×10^6
110	43.33	4.174	990.8	6.16	0.637	4.04	4.89×10^6
120	48.89	4.174	989.8	5.62	0.644	3.64	5.66×10^6
130	54.44	4.179	988.7	5.13	0.649	3.30	6.48×10^6
140	60	4.179	988.3	4.71	0.654	3.01	7.82×10^6
150	65.55	4.183	980.3	4.3	0.659	2.73	8.54×10^6
160	71.11	4.186	977.3	4.01	0.665	2.53	9.85×10^6
170	76.67	4.191	973.7	3.72	0.668	2.33	
180	82.22	4.195	970.2	3.47	0.673	2.16	
190	87.78	4.199	966.7	3.27	0.678	2.03	
200	93.33	4.204	963.2	3.06	0.678	1.90	
220	104.4	4.216	956.1	2.67	0.684	1.66	
240	115.6	4.229	946.7	2.44	0.685	1.51	
260	126.7	4.250	937.2	2.19	0.685	1.36	
280	137.8	4.271	928.1	1.98	0.685	1.24	
300	148.9	4.296	918.0	1.86	0.684	1.17	
350	176.7	4.371	890.4	1.57	0.677	1.02	
400	204.4	4.467	859.4	1.36	0.665	1.00	
450	232.2	4.585	825.7	1.20	0.646	0.85	
500	260	4.731	785.2	1.07	0.616	0.85	
550	287.7	5.024	735.5	9.51×10^{-4}			
600	316.6	5.703	678.7	8.68			

¹ Adapted from A. I. Brown and B. M. Marco, "Introduction to Heat Transfer," 3d ed., McGraw-Hill Book Company, New York, 1968.

Page 57-58

Lampiran 3 Sifat-sifat logam

Material	k, Btu/hr-ft-°F				c _p , Btu/lbm-°F	ρ, lbm/ft ³	α, ft ² /hr
	32 °F 0 °C	212 °F 100 °C	572 °F 300 °C	932 °F 500 °C	32 °F 0 °C	32 °F 0 °C	32 °F 0 °C
Metals—Pure							
Aluminum	117	119	133	156	0.208	169	3.33
Copper	224	218	212	207	0.091	558	4.42
Gold	169	170	...	...	0.030	1203	4.68
Iron	35.8	36.6	...	...	0.104	491	0.70
Lead	20.1	19	18	...	0.030	705	0.95
Magnesium	91	92	...	...	0.232	109	3.60
Molybdenum	72	68	64	62	0.060	638	1.88
Nickel	54	48	37	...	0.106	556	0.92
Silver	241	240	...	...	0.056	655	6.57
Tin	38	34	...	...	0.054	456	1.54
Zinc	65.1	63	58	...	0.091	446	1.60
Alloys							
Admiralty metal	65	64					
Brass, 70% Cu, 30% Zn	61.5	74	85	...	0.092	532	1.26
Bronze, 75% Cu, 25% Sn	15	...	...	...	0.082	541	0.34
Cast iron, Plain	33	31.8	27.7	24.8	0.11	474	0.63
Alloy	30	28.3	27	...	0.10	455	0.66
Constantan, 60% Cu, 40% Ni	12.4	12.8	...	...	0.10	557	0.22
18-8 stainless steel, Type 304	8.0	9.4	10.9	12.4	0.11	488	0.15
Type 347	8.0	9.3	11.0	12.8	0.11	488	0.15
Steel, mild, 1% C	26.5	26	25	22	0.11	490	0.49
SI Units	W/m-K				J/kg-K	kg/m³	m²/s
To convert to SI units multiply tabulated values by	1.729577				4.184 × 10 ³	1.601846 × 10 ³	2.580640 × 10 ⁻⁵

Lampiran 4
Sifat-sifat udara pada tekanan atmosfer

F	T, °C	ρ , lbm/ft ³	c_p , Btu/lbm-°F	μ , lbm/ft-sec	ν , ft ² /sec	k , Btu/hr-ft-°F	α , ft ² /hr	Pr
Air								
180	-173	0.2248	0.2452	0.4653×10^{-3}	2.070×10^{-3}	0.005342	0.09691	0.770
190	-123	0.1478	0.2412	0.6910	4.675	0.007936	0.2226	0.753
100	-73	0.1104	0.2403	0.8930	8.062	0.01045	0.3939	0.739
-10	-23	0.0882	0.2401	1.074	10.22	0.01287	0.5100	0.722
80	27	0.0735	0.2402	1.241	16.88	0.01516	0.8587	0.708
170	77	0.0623	0.2410	1.394	22.38	0.01735	1.156	0.697
260	127	0.0551	0.2422	1.536	27.88	0.01944	1.457	0.689
350	177	0.0489	0.2438	1.669	31.06	0.02142	1.636	0.683
440	227	0.0440	0.2459	1.795	40.80	0.02333	2.156	0.680
530	277	0.0401	0.2482	1.914	47.73	0.02519	2.531	0.680
620	327	0.0367	0.2520	2.028	55.26	0.02692	2.911	0.680
710	377	0.0339	0.2540	2.135	62.98	0.02862	3.324	0.682
800	427	0.0314	0.2568	2.239	71.31	0.03022	3.748	0.684
890	477	0.0294	0.2593	2.339	79.56	0.03183	4.175	0.686
980	527	0.0275	0.2622	2.436	88.58	0.03339	4.631	0.689
1070	577	0.0259	0.2650	2.530	97.68	0.03483	5.075	0.692
1160	627	0.0245	0.2678	2.620	106.9	0.03628	5.530	0.696
1250	677	0.0232	0.2704	2.703	116.5	0.03770	6.010	0.699
1340	727	0.0220	0.2727	2.790	126.8	0.03901	6.502	0.702
1430	777	0.0200	0.2772	2.955	147.8	0.04178	7.536	0.706
1520	827	0.0184	0.2815	3.109	169.0	0.04410	8.514	0.714
1610	877	0.0169	0.2860	3.258	192.8	0.04641	9.602	0.722
1700	927	0.0157	0.2900	3.398	216.4	0.04880	10.72	0.726
1790	977	0.0147	0.2939	3.533	240.3	0.05098	11.80	0.734
1880	1027	0.0138	0.2982	3.668	265.8	0.05348	12.88	0.741
1970	1077	0.0130	0.3028	3.792	291.7	0.05550	14.00	0.749
2060	1127	0.0123	0.3075	3.915	318.3	0.05750	15.09	0.759
2150	1177	0.0116	0.3128	4.029	347.1	0.0591	16.40	0.767
2240	1227	0.0110	0.3196	4.168	378.8	0.0612	17.41	0.783
2330	1277	0.0105	0.3278	4.301	409.9	0.0632	18.36	0.803
2420	1327	0.0100	0.3390	4.398	439.8	0.0646	19.05	0.831
2510	1377	0.0096	0.3541	4.513	470.1	0.0663	19.61	0.863
2600	1427	0.0091	0.3759	4.611	506.9	0.0681	19.92	0.916
2690	1477	0.0087	0.4031	4.750	546.0	0.0709	20.21	0.972

Lampiran 5 Konduktivitas Thermal

Material	k, Btu/hr-ft-°F				c _p , Btu/lbm-°F	ρ, lbm/ft ³	α, ft ² /hr
	32 °F 0 °C	212 °F 100 °C	572 °F 300 °C	932 °F 500 °C	32 °F 0 °C	32 °F 0 °C	32 °F 0 °C
Metals—Pure							
Aluminum	117	119	133	156	0.208	169	3.33
Copper	224	218	212	207	0.091	558	4.42
Gold	169	170	...	...	0.030	1203	4.68
Iron	35.8	36.6	...	...	0.104	491	0.70
Lead	20.1	19	18	...	0.030	705	0.95
Magnesium	91	92	...	...	0.232	109	3.60
Molybdenum	72	68	64	62	0.060	638	1.88
Nickel	54	48	37	...	0.106	556	0.92
Silver	241	240	...	...	0.056	655	6.57
Tin	38	34	...	...	0.054	456	1.54
Zinc	65.1	63	58	...	0.091	446	1.60
Alloys							
Admiralty metal	65	64					
Brass, 70% Cu, 30% Zn	61.5	74	85	...	0.092	532	1.26
Bronze, 75% Cu, 25% Sn	15	...	...	...	0.082	541	0.34
Cast iron, Plain	33	31.8	27.7	24.8	0.11	474	0.63
Alloy	30	28.3	27	...	0.10	455	0.66
Constantan, 60% Cu, 40% Ni	12.4	12.8	...	...	0.10	557	0.22
18-8 stainless steel, Type 304	8.0	9.4	10.9	12.4	0.11	488	0.15
Type 347	8.0	9.3	11.0	12.8	0.11	488	0.15
Steel, mild, 1% C	26.5	26	25	22	0.11	490	0.49
SI Units	W/m-K				J/kg-K	kg/m ³	m ² /s
To convert to SI units multiply tabulated values by	1.729577				4.184 × 10 ³	1.601846 × 10 ³	2.580640 × 10 ⁻⁵