

**PENGUJIAN PROTOTIPE ALAT PENGERING TIPE RAK
UNTUK KOMODITAS NENAS (*Ananas comosus (L) Merr*)**

SKRIPSI

Oleh :

**IKA HERA PRIHATNA
031870029**



**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA
SERPONG
1997**

**PENGUJIAN PROTOTYPE ALAT PENGERING TIPE RAK
UNTUK KOMODITAS NENAS (*Ananas comosus (L) Merr*)**

Oleh :

IKA HERA PRIHATNA

031870029

SKRIPSI

Diajukan kepada Institut Teknologi Indonesia
Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh Gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Fakultas Teknologi Pertanian

Institut Teknologi Indonesia

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA

SERPONG

1997

Lembaran Hasil Pemeriksaan Skripsi
Mahasiswa Program Sarjana Lengkap (S-1)
dengan Judul

**PENGUJIAN PROTOTIPE ALAT PENGERING TIPE RAK
UNTUK KOMODITAS NENAS (*Ananas comosus (L) Merr*)**

Nama : Ika Hera Prihatna
Nrp/Nirm : 031870029 / 873206523150083
Jurusan : Mekanisasi Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Teknologi Indonesia

Telah diperiksa dan memenuhi persyaratan
sesuai dengan ketentuan yang berlaku
di

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT TEKNOLOGI INDONESIA**

Serpong, September 1997

Pemeriksa



(Ir. Muhammad Haifan, MSc)

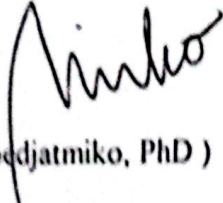
Skripsi yang berjudul
**PENGUJIAN PROTOTIPE ALAT PENGERING TIPE RAK
UNTUK KOMODITAS NENAS (*Ananas comosus (L) Merr*)**

Yang dipersiapkan dan disusun oleh
IKA HERA PRIHATNA
031870029

telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada tanggal
25 Juni 1997
Skripsi tersebut telah diterima
sebagai salah satu syarat
untuk memperoleh gelar Sarjana Teknologi Pertanian


Serpong, September 1997
Institut Teknologi Indonesia
Fakultas Teknologi Pertanian

Dosen Pembimbing I,



(Soedjatmiko, PhD)

Dekan,




(DR. Ir. Moh. Hasroel Thayib)

Dosen Pembimbing II,


(Wijanto, MS)

*Segenggam kekuasaan lebih berarti dari pada sekeranjang kebenaran.
Tapi kekuasaan itu tidak akan bertahan lama tanpa suatu kebenaran.*

(Plato)

Kupersembahkan :

*Untuk Bunda, Ayahanda (Alm.),
serta adik-adikku tercinta
Wisnu, Yanti, Esti dan Ani.*

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Jakarta pada 8 Januari 1968, adalah putra pertama dari Bapak Drs. H. Tumona Siagian dan Ibu Dra. Hj. Siti Soemarti.

Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di Sekolah Dasar Negeri 04 Jakarta tahun 1981, Pendidikan Menengah Pertama Negeri 194 Jakarta pada tahun 1984 dan menyelesaikan Pendidikan Menengah Atas Negeri 12 Jakarta pada tahun 1987.

Pada tahun 1987, penulis melanjutkan pendidikan di Institut Teknologi Indonesia dan terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Teknologi Indonesia.

RINGKASAN

Bahan hasil pertanian umumnya bersifat mudah rusak (*perishable*) dan tidak tahan terhadap lama disimpan. Buah Nenas peka terhadap kerusakan dan tidak tahan lama disimpan yaitu dua sampai dengan empat minggu (Soesarsono W. 1981).

Untuk mengatasi masalah tersebut serta menjadikan buah Nenas tahan lama dalam penyimpanan (*awet*) adalah dengan cara mengeringkan buah Nenas. Teknologi pengeringan yang dipergunakan adalah berupa alat mekanis (pengering buatan) dengan tambahan panas.

Keuntungan pengeringan dengan alat mekanis dibanding dengan penjemuran antara lain :

- a. Tidak tergantung pada cuaca.
- b. Suhu dan aliran dapat diatur sehingga waktu pengeringan lebih cepat.
- c. Tidak memerlukan tempat yang luas.
- d. Hasil lebih bersih.

Penelitian ini bertujuan menguji prototipe alat pengering tipe rak untuk komoditas Nenas.

Manfaat yang diharapkan adalah pengawetan dalam bentuk kripik serta peningkatan nilai produk.

Konstruksi alat pengering terdiri dari badan alat pengering (*body*), rak, unit pemanas, bagian pemasukan dan pengeluaran udara.

Hasil yang diperoleh bahwa kadar air awal 80,52% dan akhir 5,32%, suhu pengeringan sebesar 43°C dan pengeringan selama 19,5 jam, laju penurunan kadar air bahan rata-rata sebesar 6,88% dan efisiensi sistem pengeringan sebesar 27%.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena dengan rahmat dan hidayah-Nya maka skripsi ini dapat diselesaikan.

Skripsi ini disusun berdasarkan hasil penelitian yang berlangsung dari bulan Juni sampai dengan bulan Oktober 1996 di Laboratorium Perbengkelan Mekanisasi Pertanian Institut Teknologi Indonesia.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sedalam-dalamnya kepada :

1. Bapak Soedjatmiko, Ph.D. sebagai Ketua Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Teknologi Indonesia, sebagai Dosen Pembimbing I.
2. Bapak Wijanto, MS. sebagai Dosen Pembimbing II.
3. Staf pengajar pada Jurusan Mekanisasi Pertanian.
4. Seluruh staf sekretariat FTT.
5. Rekan-rekan mahasiswa Fakultas Teknologi Pertanian.
6. Semua pihak yang telah banyak membantu sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Harapan penulis skripsi ini dapat bermanfaat bagi kita semua.

Serpong, September 1997

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
I. PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. Tujuan Penelitian	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	3
A. Nenas (<i>Ananas comosus</i> (L.) Merr.)	3
B. Pengeringan	4
C. Analisis Penampilan Alat Pengering	12
D. Reaksi Pencoklatan dan Pencegahannya	14
III. ALAT PENDINGIN	16
A. Alat Pendingin	16
B. Konstruksi Alat Pendingin	17
IV. METODOLOGI PENELITIAN	21
A. Tempat dan Waktu	21
B. Bahan dan Alat	21
C. Prosedur Pengujian	22
D. Pengamatan dan Analisis	25
E. Rancangan Percobaan dan Analisis Statistik	26

V. HASIL DAN PEMBAHASAN	30
VI. KESIMPULAN DAN SARAN	35
A. Kesimpulan	35
B. Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	

DAFTAR TABEL

No	Judul	Halaman
1.	Rancangan Percobaan	28
2.	Analisis Variansi	29
3.	Suhu di Ruang Pengering	31

DAFTAR GAMBAR

No.	Judul	Halaman
1.	Proses Pengeringan	7
2.	Ilustrasi Proses Pengeringan Pada Kurva Psikometrik	9
3.	Alat Pengering	16
4.	Rak	17
5.	Badan Alat Pengering	17
6.	Unit Pemanas	18
7.	Kerangka Alat Pemanas	19
8.	Bagian Pemasukan Udara	20
9.	Bagian Pembuangan Udara	20
10.	Bagan Proses Pengeringan	23
11.	Grafik Hubungan Suhu Terhadap Lama Pengeringan	32
12.	Grafik Laju Pengeringan	34

DAFTAR LAMPIRAN

No	Judul	Halaman
1.	Data Suhu Rata-rata Ruangan dan Kelembaban Udara	38
2.	Grafik Hubungan antar Suhu Rata-rata di Ruang Pengering dengan Lama Pengeringan	39
3 a.	Data Kadar Air (%) Tiap Jam Ulangan Kesatu	40
b.	Data Kadar Air (%) Tiap Jam Ulangan Kedua	40
c.	Data Kadar Air (%) Tiap Jam Ulangan Ketiga	41
d.	Data Kadar Air (%) Rata-rata Tiga Kali Ulangan	41
4.	Data Suhu Udara Ruangan	42
5.	Data Suhu Pengeringan	43
6.	Data Kadar Air Akhir (%) pada 19,5 jam Pengeringan	44
7.	Tabel Analisis Variansi Kadar Air (%) Akhir Terhadap Pengaruh Rak pada 19,5 jam Pengeringan	45
8.	Laju Pengeringan Rata-rat Tiap Jam Ulangan Satu	46
9.	Laju Pengeringan Rata-rata Tiap Jam Ulangan Dua	47
10.	Laju Pengeringan Rata-rata Tiap Jam Ulangan Tiga	48
11.	Kadar Air (%) Rata-rata Tiap Rak pada 19,5 jam Pengeringan	49
12.	Tabel Analisis Variansi Kadar Air (%) Rata-rata Terhadap Pengaruh Rak pada 19,5 jam Pengeringan	50
13.	Hasil Akhir Berat Nenas (Kripik) tiap Rak pada 19,5 jam Pengeringan	51
14.	Analisis Data	52
15.	Perhitungan Efisiensi Alat Pengering	53

16. Skema Prototipe Alat Pengering	58
17. Tampak Samping	55
18. Tampak Belakang	56
19. Tampak Atas	57
20. Elemen Listrik pada Alat Pengering	58
21. Tabel Distribusi F	59
22. Diagram Psikrometrik	60

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Bahan hasil pertanian umumnya bersifat mudah rusak (*perishable*) dan tidak tahan lama disimpan. Buah Hama juga terhadap kerusakan dan tidak tahan lama disimpan yaitu dua sampai dengan empat minggu (Huseiniani W 1981).

Untuk mengatasi masalah tersebut serta menjelikan buah Hama tahan lama dalam penyimpanan (*post*) adalah dengan cara mengeringkan buah Hama.

Tujuan pengeringan hasil pertanian adalah :

- a) Agar produk dapat disimpan lebih lama.
- b) Mempertahankan daya ketahanan biji bijian/hasil.
- c) Pemansuan dapat dilakukan lebih awal.
- d) Mendapatkan kualitas yang lebih baik.
- e) Menghemat biaya pengangkutan.

Penggunaan cara tradisional yang dianggap paling mudah dan murah untuk melakukan pengeringan yaitu dengan menggunakan sinar matahari. Pengeringan dengan sinar matahari ternyata mempunyai beberapa kelemahan, antara lain :

- a) Bergantung dari cuaca.
- b) Waktu pengeringan tidak dibatasi.

- c) Melakukan tempat penjemuran yang luas.
- d) Mudah terkontaminasi.
- e) Memerlukan waktu yang lama.

Bertitik tolak akan hal tersebut di atas diperlukan teknologi pengeringan berupa alat mekanis (pengering buatan) yang menggunakan tambahan panas. Keuntungan cara pengeringan dengan alat mekanis dibanding dengan cara penjemuran diantaranya :

- a) Tidak tergantung pada cuaca.
- b) Suhu dan aliran udara dapat diatur sehingga waktu pengeringan lebih cepat.
- c) Tidak memerlukan tempat yang luas.
- d) Hasil lebih bersih.

Usaha pengolahan buah nenas dalam bentuk yang awet secara komersial agar tahan lama antara lain mengeringkan buah nenas selanjutnya dapat diolah menjadi bentuk keripik (chips). Keripik merupakan makanan ringan yang sangat disukai oleh sebagian masyarakat Indonesia.

B. Tujuan

Penelitian ini bertujuan :

Menguji prototipe alat pengering tipe rak untuk komoditas nenas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. NENAS (*Ananas comosus* (L) Merr)

Nenas merupakan salah satu jenis buah-buahan yang dikonsumsi masyarakat Indonesia. Tanaman Nenas yang tumbuh di Indonesia beraneka ragam jenisnya antara lain Cayenne, Queen, Spanyol (Spanish) dan Abacaxi. Tanaman Nenas dapat tumbuh di dataran rendah sampai dataran tinggi pegunungan \pm 1200 meter di atas permukaan laut. Di daerah tropis Indonesia, Nenas cocok ditanam atau dibudidayakan di dataran rendah sampai ketinggian 800 m di atas permukaan air laut dengan keadaan iklim basah maupun kering. Hampir semua jenis tanah yang digunakan untuk pertanian cocok untuk tanaman Nenas. Meskipun demikian, jenis tanah yang paling ideal untuk perkebunan Nenas adalah tanah yang mengandung pasir, keadaannya subur, gembur, banyak mengandung bahan organik dan tanah dengan pH 5,5. Hal yang penting diperhatikan dalam pemilihan lahan adalah tanahnya tidak mudah basah (menggenang), aerasinya baik dan kandungan kapurnya rendah. Tanah yang banyak mengandung kapur dapat menyebabkan tanaman Nenas tumbuh kerdil dan klorosis. Sebaliknya tanah yang asam (pH 4,5 atau lebih rendah) sering terjadi penurunan unsur fosfor, kalium, belerang, kalsium, magnesium dengan cepat.

B. PENGERINGAN

1. Arti dan Manfaat Pengerinan

Pengerinan atau dehidrasi merupakan proses mengeluarkan air dari bahan hasil pertanian atau bahan pangan. Pengertian pengerinan dan dehidrasi sebenarnya dapat dibedakan berdasarkan pangkat kadar air bahan yang dikeringkan.

Pengerinan didefinisikan sebagai suatu metoda untuk mengeluarkan atau menghilangkan sebagian air dari suatu bahan dengan menggunakan energi panas, hingga tingkat kadar air kesetimbangan dengan kondisi udara (atmosfir) normal atau tingkat udara air yang setara dengan nilai aktifitas air (A_w) yang aman dari kerusakan mikrobiologi, enzimatik, atau kimiawi.

Dehidrasi adalah suatu proses mengeluarkan atau menghilangkan air dengan menggunakan energi panas, hingga tingkat udara air yang sangat rendah mendekati "bone dry". "Bone dry" ialah suatu keadaan dimana seluruh air pada bahan telah dikeluarkan hingga kadar air bahan tersebut adalah nol.

Beberapa keuntungan dari pengerinan yaitu bahan menjadi lebih awet, volume bahan lebih ringkas sehingga memudahkan dan menghemat ruang pengangkutan dan pengemasan serta berat bahan menjadi lebih ringan sehingga biaya pengangkutan menjadi lebih ringan. Di samping itu

banyak bahan hasil pertanian yang hanya digunakan setelah dikeringkan seperti tembakau, kopi, teh, dan biji-bijian. Dengan pengeringan selain keuntungan yang diperoleh, ada kerugiannya yaitu karena sifat asal bahan yang dikeringkan dapat berubah seperti bentuk, sifat-sifat fisik dan kimiawinya serta penurunan mutu.

Berbagai cara pengeringan telah banyak dilakukan dalam proses pengolahan hasil pertanian dan bahan pangan. Mulai dari penggunaan energi surya, pengeringan dengan energi panas. Pengeringan tanpa energi panas (pengaturan tekanan) hingga pengeringan dengan menggunakan prinsip perbedaan sifat sorpsi-sorpsi isotermik.

Selain beberapa cara pengeringan di atas, dikenal pula "freeze drying" yaitu pembekuan yang disusul dengan pengeringan. Pada proses "freeze drying" terjadi perubahan bentuk es dalam bahan yang beku langsung menjadi uap tanpa mengalami fase cair terlebih dahulu. Cara ini biasanya dilakukan terhadap bahan-bahan yang sensitif terhadap panas seperti vaksin, hormon, enzim, dan antibiotika untuk bahan pangan.

2. Karakteristik Molekul

Air

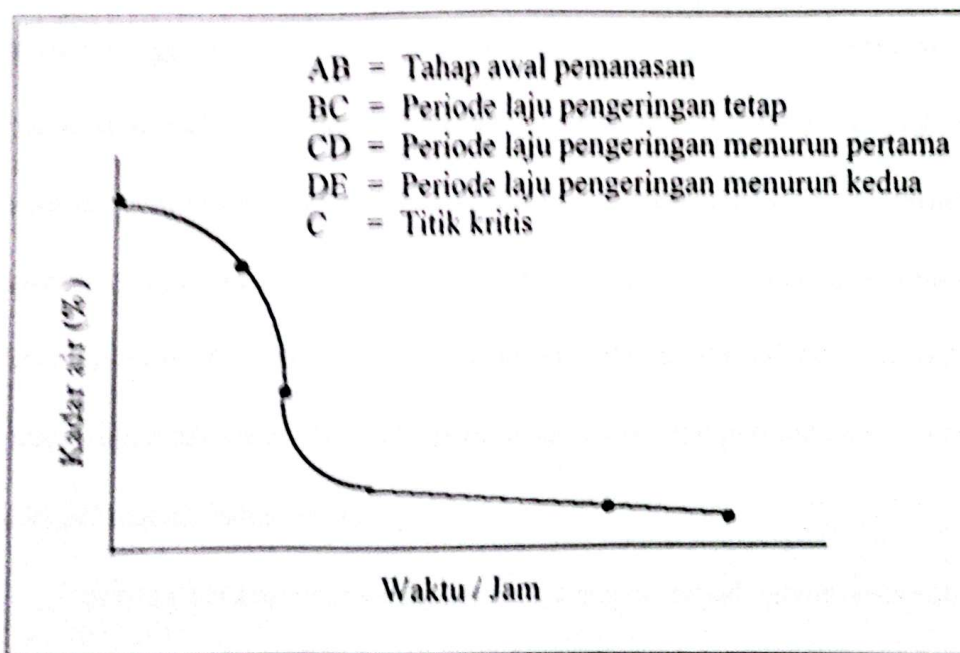
Karakteristik ikatan pada bahan hasil penelitian adalah karakteristik ikatan tersebut yang khusus meliputi interaksi antara bahan hasil penelitian dengan molekul air yang terdapat di antara sekelilingnya.

Berdasarkan derajat keterikatan air dalam bahan pangan, maka secara konvensional dibagi atas empat tipe molekul air sebagai berikut :

- Tipe I, yaitu molekul air yang terikat secara kimia dengan molekul-molekul lain melalui suatu ikatan hidrogen yang berenergi besar. Derajat pengikatan air ini sangat besar sehingga sangat sukar dihilangkan dari bahan.
- Tipe II, yaitu molekul air yang terikat secara kimia membentuk ikatan hidrogen dengan molekul air lainnya. Jenis air ini terdapat dalam mikrokapiler dan sukar dihilangkan dari bahan. Jika air tipe ini dihilangkan seluruhnya, maka kadar air bahan berkisar antara 3 - 7%.
- Tipe III, yaitu molekul air yang terikat secara fisik dalam jaringan-jaringan matriks bahan seperti membran, kapiler, serat dan lain-lain. Air tipe ini mudah dikeluarkan dari bahan, dan bila diuapkan seluruhnya kadar air bahan mencapai 12 - 25%.
- Tipe IV, yaitu air bebas yang tidak terikat dalam jaringan suatu bahan atau air murni.

Pengeringan juga dapat menimbulkan kerugian yaitu terjadinya perubahan kimia, perubahan fisika, penurunan mutu sehingga pada beberapa bahan pertanian tertentu perlu perlakuan tambahan sebelum bahan dikeringkan.

Proses pengeringan dapat dibagi menjadi dua periode yaitu laju pengeringan tetap dan laju pengeringan menurun (Heldman dan Singh, 1981) seperti terlihat pada Gambar 1.



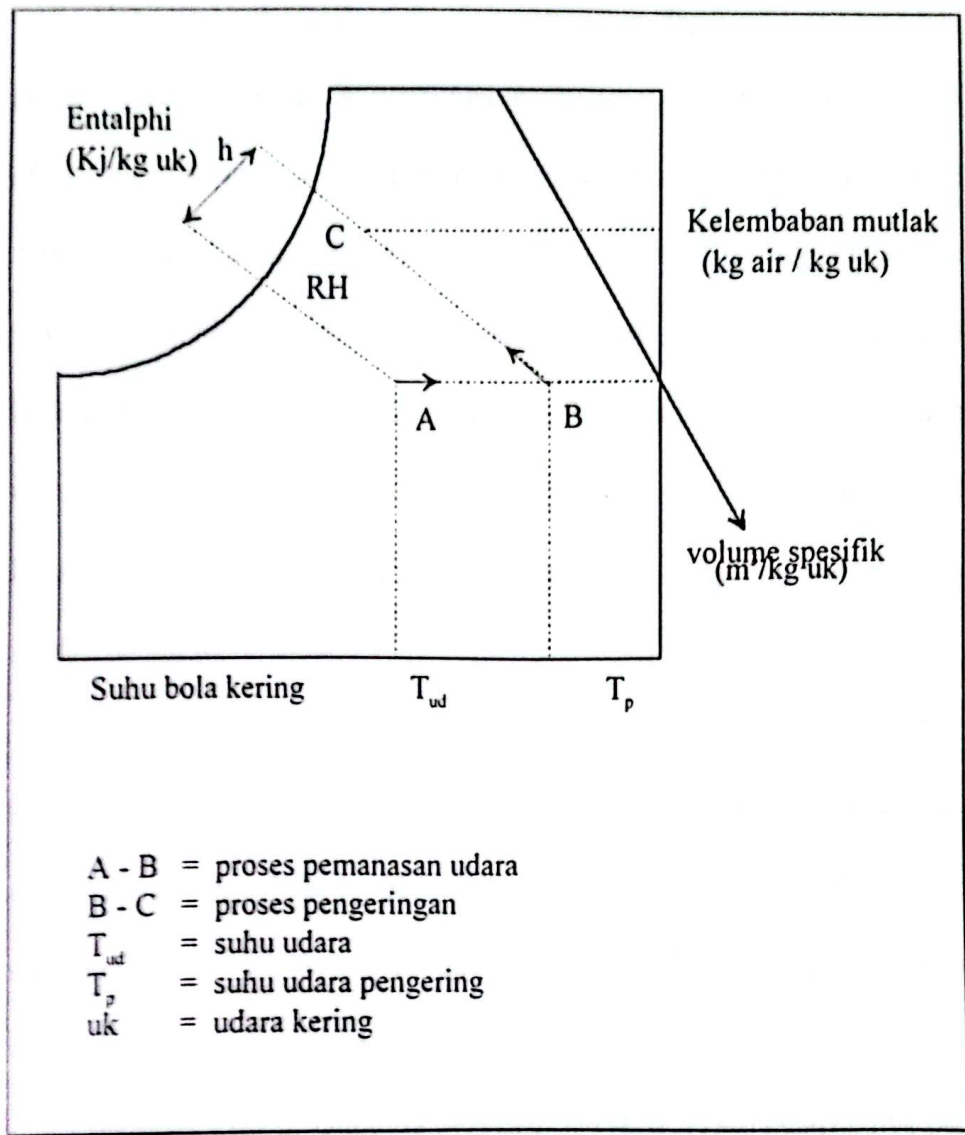
Gambar 1 : Proses Pengeringan (Heldman dan Singh 1981)

Laju pengeringan tetap terjadi sampai air bebas di permukaan bahan telah teruapkan dan air makin lama makin berkurang. Kadar air pada saat laju pengeringan berubah dari tetap ke laju pengeringan menurun disebut

kadar air kritis, yaitu dengan perubahan waktu yang singkat maka kecepatan pengeringan berubah. Menurut Henderson dan Perry (1976), laju pengeringan tetap terjadi pada awal proses pengeringan produk biologi dengan kadar air lebih besar dari 70% basis basah dan merupakan fungsi dari suhu, kelembaban dan kecepatan udara pengering.

Selama periode laju pengeringan menurun, energi panas yang diperoleh bahan digunakan untuk menguapkan sisa air bebas yang sedikit sekali jumlahnya, di samping itu juga digunakan untuk menguapkan air dalam rongga sel, menarik air melalui pipa-pipa kapiler ke permukaan bahan serta melepaskan air dari ikatannya, baik yang terikat dari dinding sel maupun dengan senyawa-senyawa kimia. Laju pengeringan menurun terjadi setelah laju pengeringan tetap dimana kadar air bahan lebih kecil dari pada kadar air kritis. Periode laju pengeringan menurun meliputi dua proses yaitu perpindahan dari dalam bahan ke permukaan bahan dan perpindahan uap air dari permukaan bahan ke udara.

Selama berlangsungnya proses pengeringan, terjadi penurunan suhu bola kering yang disertai dengan kenaikan kelembaban mutlak udara pengering dan entalpi. Ilustrasi proses pengeringan secara adiabatik pada kurva psikrometrik dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Ilustrasi Proses Pengeringan pada Kurva Psikometrik

Laju pengeringan air bebas sebanding dengan perbedaan tekanan uap pada permukaan bahan terhadap tekanan uap udara pengering (Henderson dan Pabis, di dalam Thahir 1986). Bila konsentrasi air permukaan cukup besar maka akan terjadi akan terjadi penguapan konstan.

Udara yang dipanaskan dalam pengeringan dapat mempercepat laju pengeringan. Suhu udara pengering memegang peranan penting dalam proses pindah panas. Makin tinggi suhu udara pengering yang digunakan maka makin cepat proses pengeringan. Suhu udara pengering yang tinggi akan mengakibatkan kerusakan bahan, terutama bila pengeringan berlangsung lama. Menurut Taib *et al.* (1988), proses pengeringan yang menggunakan suhu tinggi dalam waktu singkat, lebih kecil kemungkinannya merusak bahan dari pada proses pengering dengan suhu rendah dalam waktu lama.

Proses pengeringan buah-buahan dengan pindah panas secara konveksi dari udara pengering ke dalam bahan dapat diasumsikan mengikuti proses adiabatik. Hal ini berarti panas yang diperlukan untuk menguapkan air dari bahan dianggap diberikan oleh udara panas tanpa adanya tambahan energi panas dari luar.

Menurut Taib G, Gumbira Said dan Suteja W. (1987) banyaknya uap air yang harus dikeluarkan dari bahan dapat dihitung dengan menggunakan persamaan (2.1).

$$E = \frac{100(m_1 - m_2)}{(100 - m_1)(100 - m_2)} \times Wd \dots\dots\dots (2-1)$$

dimana :

E = Uap air yang dikeluarkan bahan (kg)

m_1 = Kadar air awal (% bb)

m_2 = Kadar air akhir (% bb)

W_d = Bobot bahan kering (kg)

Dengan diketahuinya jumlah uap air yang dikeluarkan dari bahan, maka laju pengeringan dapat dihitung dengan persamaan (2.2)

$$W = \frac{E}{T} \dots\dots\dots (2 - 2)$$

dimana :

W = Laju pengeringan (kg/jam)

E = Uap air yang dikeluarkan dari bahan (kg)

T = Waktu pengeringan (jam)

Kadar Air

Menurut Henderson dan Perry (1976), kadar air dari suatu bahan dapat dinyatakan dengan prosentase berat berdasarkan berat basah dan berat kering, dengan persamaan sebagai berikut :

$$m = 100 W_m / (W_m + W_d) \dots\dots\dots (2 - 3)$$

$$M = 100 (W_m / W_d) \dots\dots\dots (2 - 4)$$

Dimana

m = kadar air bahan (% dt)

M = kadar air bahan (% dt)

W_m = berat air dalam bahan (Kg)

W_d = berat bahan kering (Kg)

C. ANALISIS PENAMPILAN ALAT PENGERING

1. Kalor Pengeringan

$$Q = Q_1 + Q_2 \quad (2-5)$$

dimana :

Q = Jumlah kalor yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan (Kkal)

Q_1 = Jumlah kalor yang digunakan untuk memanaskan bahan (Kkal)

Q_2 = Jumlah kalor yang digunakan untuk memanaskan bahan (Kkal)

sehingga digunakan persamaan (2-5)

$$Q = W_d \times \Delta t \quad (2-6)$$

Dimana :

m = Bobot bahan dikeringkan (Kg)

c = Panas jenis bahan (Kkal Kg⁻¹C)

Δt = Kenakan suhu (°C)

Q_c dihitung dengan menggunakan persamaan (2 - 7) :

$$Q_c = M_w \times L_h \dots\dots\dots (2 - 7)$$

Dimana :

M_w = Bobot air yang diuapkan (Kg)

L_h = Panas laten penguapan air (Btu Kg)

2. Efisiensi Pengeringan

$$E_f = \frac{Q}{q} \times 100\% \dots\dots\dots (2 - 8)$$

Dimana :

E_f = Efisiensi pengeringan (%)

Q = Kalor yang digunakan untuk mengeringkan bahan (Kkal)

q = Kalor yang diberikan oleh udara panas pada bahan (Kkal)

q dapat dihitung dengan persamaan (2 - 9) :

$$q = P \times V \times C \times \Delta t \dots\dots\dots (2 - 9)$$

Dimana :

P = Kerapatan udara pada suhu pengeringan (kg/m^3)

V = Volume udara yang dipanaskan (m^3)

C = Panas jenis udara ($\text{kcal/kg}^\circ\text{C}$)

Δt = Perbedaan suhu pengeringan dengan suhu udara kering yang dipanaskan ($^\circ\text{C}$)

D. REAKSI PENCOKLATAN DAN PENCEGAHANNYA

Pengeringan dapat menyebabkan terjadinya perubahan warna, aroma, tekstur bahan. Perubahan tersebut dapat dikurangi dengan berbagai cara dalam perlakuan pendahuluan terhadap bahan pangan yang akan dikeringkan.

Perlakuan pendahuluan yang dilakukan terhadap bahan pangan yang akan dikeringkan adalah "Blansir" yaitu proses perendaman irisan nenas dalam air panas bersuhu 70°C dengan penambahan natrium bisulfit 2000 ppm selama 15 menit yang berguna mencegah terjadinya reaksi pencoklatan atau *browning* (Tien R. Muchnadi, 1989).

Buah nenas mengandung serat-serat lemak yang tidak terlalu mengikat air. Hal ini terbukti bahwa dengan banyaknya air yang menguap dari bahan menyebabkan bahan kering yang dihasilkan dengan volume yang menyusut. Chaermya Chaito (1992) menyatakan bahwa perlakuan blansir dengan air panas akan membuat jaringan sel sehingga sel bisulfit lebih permeabel terhadap air.

Blansi air panas juga akan merusak dan mematikan enzim dalam sel, akibatnya molekul dalam air akan mudah bergerak cepat dari dalam sel ke dinding sel sehingga akan mempercepat dan mempermudah penguapan air dalam bahan.

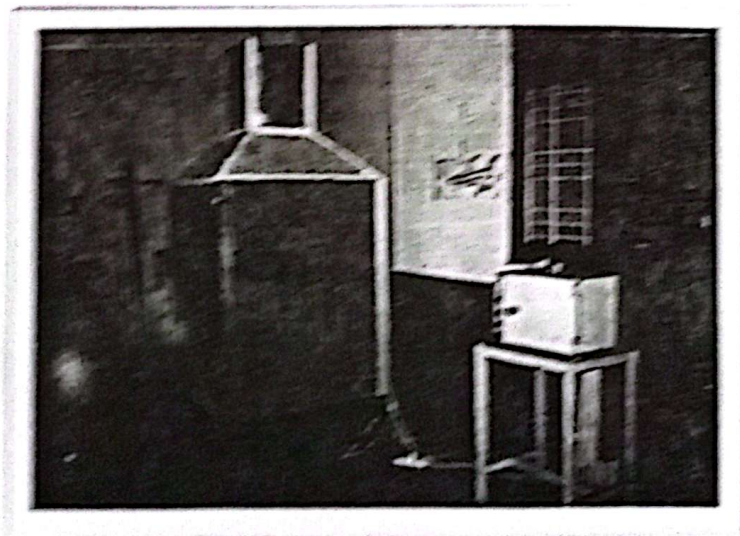
Batas konsentrasi maksimum penggunaan Sulfur dioksida pada buah-buahan yang dikeringkan dapat mencapai 2000 ppm. Di Australia, batas konsentrasi maksimum penggunaan sulfat yang diijinkan untuk buah-buahan kering adalah 3000 ppm (Barnet, 1985). Menurut Departemen Kesehatan RI (1989), batas penggunaan Natrium metabisulfat yang diijinkan adalah sebagai berikut : 1) untuk potongan kentang goreng beku sebesar 50 mg/kg; 2) udang beku sebesar 100 mg/kg bahan mentah, atau 30 mg/kg produk yang telah dimasak, tunggal atau campuran dengan senyawa sulfat lainnya. Sedangkan batas penggunaan sulfur dioksida yang diijinkan pada buah-buahan kering adalah 500 mg/kg.

III. ALAT PENGERING

Alat pengering dapat dibagi menjadi dua bagian berdasarkan sumber panas, yaitu yang menggunakan panas matahari dan panas buatan. Sumber panas tersebut masing-masing mempunyai kelebihan dan kekurangan. Panas matahari mempunyai kelebihan mudah didapat, murah, dan tersedia dalam jumlah banyak, akan tetapi mempunyai kelemahan seperti mudah terpengaruh oleh perubahan cuaca, kualitas hasil tidak seragam dan tidak tersedia pada malam hari.

A. ALAT PENGERING

Alat pengering yang akan diuji adalah tipe rak tampak pada Gambar 3

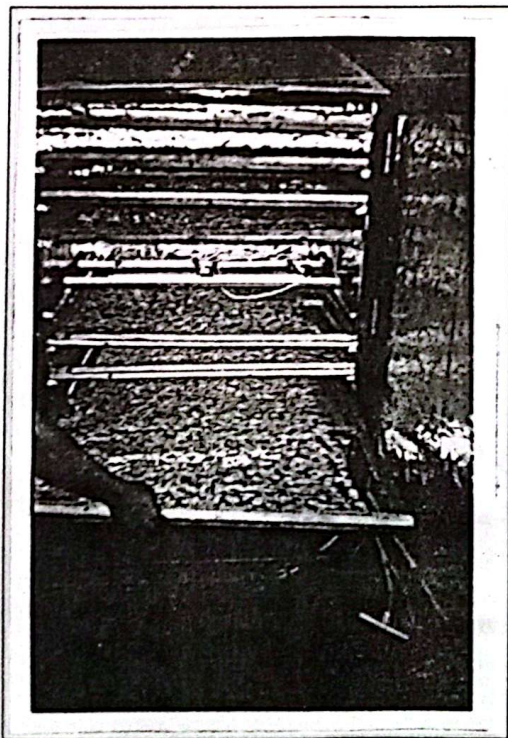


Gambar 3. Alat pengering

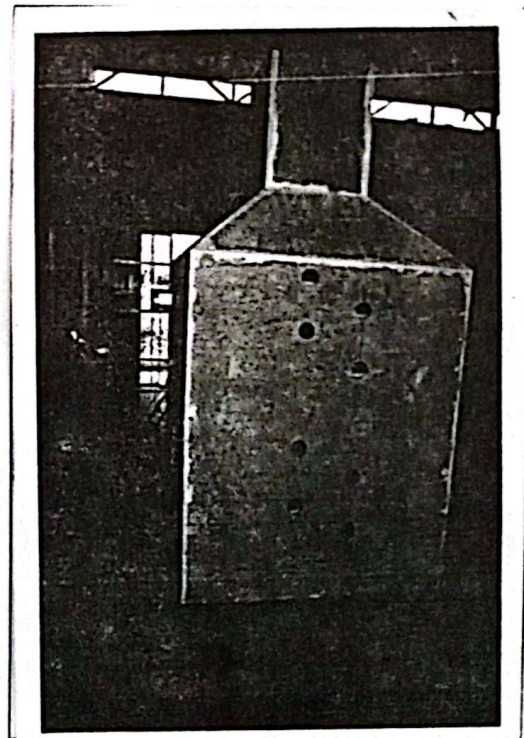
B. Konstruksi Alat Pengering

1. Badan Alat Pengering (Body)

Badan pengering terdiri dari bahan kayu multiplex dengan ketebalan 0,9 mm yang disangga oleh kerangka kayu kaso 5 x 7. Badan pengering berukuran panjang 1200 mm, lebar 1000 mm dan tinggi 1290 mm. Dinding bagian dalam dari badan pengering dilapisi oleh alumunium foil yang berguna dalam memantulkan panas. Rak berjumlah tujuh buah terbuat dari kawat loket, berukuran 1 x 1 m. Kerangka rak terbuat dari kayu. Untuk penyangga rak digunakan kayu dan alumunium siku yang berguna memudahkan dalam pengambilan dan pelatakan rak. Dengan bahan-bahan tersebut di atas diharapkan alat akan lebih mudah bila digunakan oleh petani.



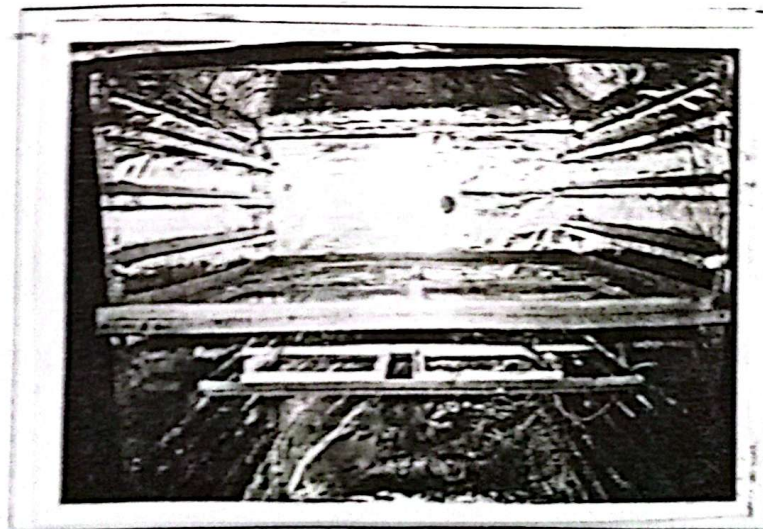
Gambar 4. Rak



Gambar 5. Badan Alat Pengering

2. Sumber Panas

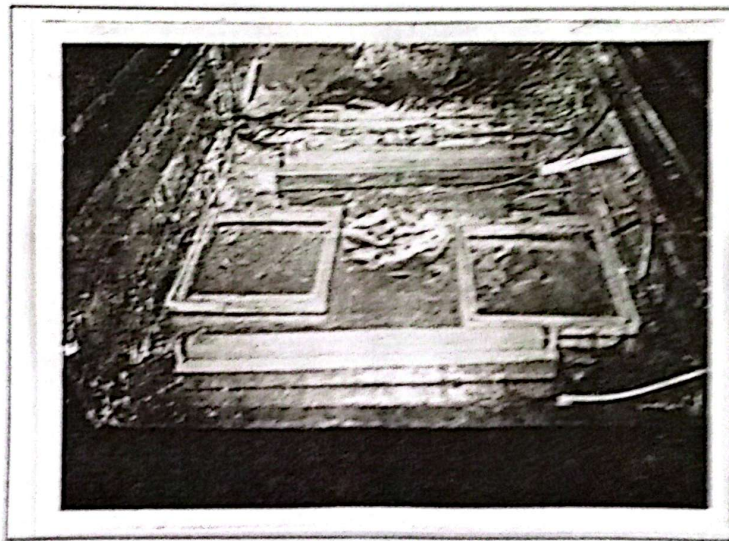
Alat pemanas berfungsi untuk memanaskan udara menjadi udara panas yang akan digunakan untuk mengeringkan bahan. Unit pemanas udara (*Heater*) alat pengering tipe rak ini berdaya total 1200 watt yang terdiri dari elemen pemanas ruang yang masing-masing berdaya 300 watt. Dua buah elemen diletakkan pada lantai dasar ruang pengering dan dua buah lagi diletakkan di tengah-tengah ruang pengering (antara rak empat dan tiga). Untuk tambahan panas diberikan lampu TL berjumlah dua buah yang masing-masing berdaya 20 watt. Pemilihan sumber energi panas dari energi listrik dengan pertimbangan mudah dikontrol suhunya, tidak memberikan efek yang mempengaruhi aroma asli bahan yang dikeringkan serta tidak menimbulkan polusi.



Gambar 6. Unit Pemanas

3. Alat Pemanas

Kerangka alat pemanas terbuat dari aluminium siku dan bahan gips sebagai cetakan wadah. Elemen pemanas berbentuk spiral berdaya 300 watt selanjutnya diletakkan di atas cetakan wadah yang dihubungkan oleh terminal.



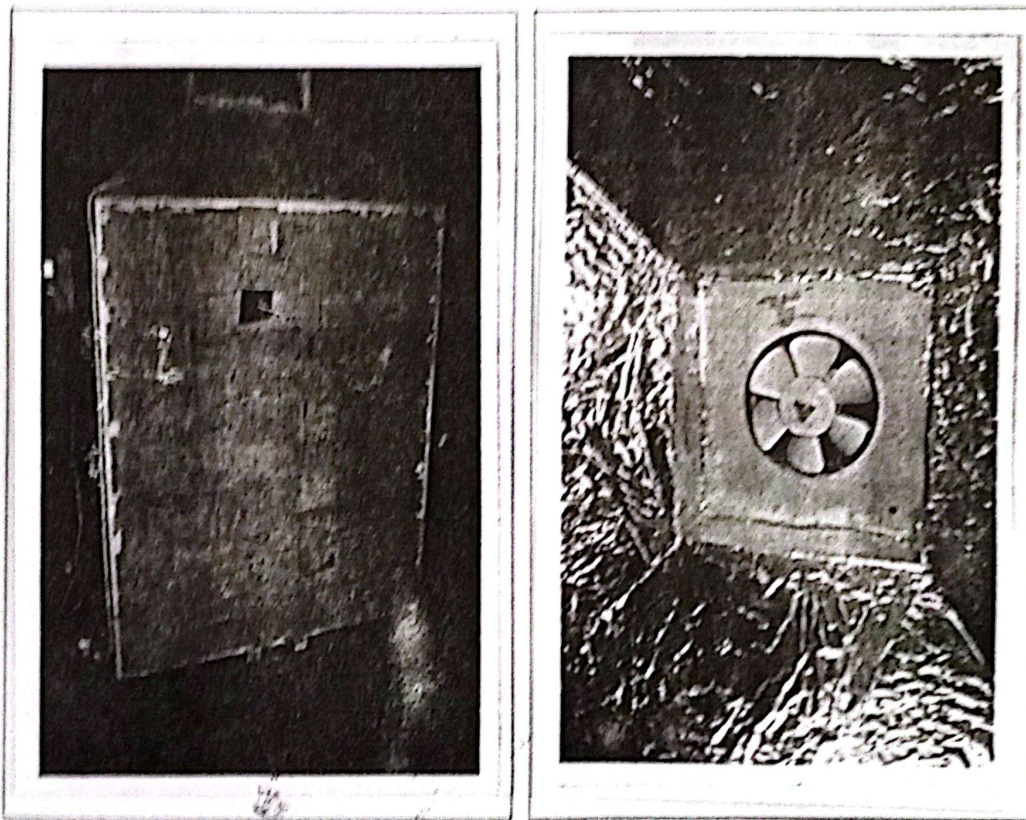
Gambar 7. Kerangka Alat Pemanas

4. Bagian Pemasukan dan Pembuangan Udara

Bagian pemasukan udara berjumlah dua buah yaitu bagian pemasukan udara yang terdapat di lantai dasar ruang pengering berbentuk lubang dengan diameter 10 cm dengan penutup bertujuan meratakan aliran udara dan bagian yang terdapat di bagian belakang ruang pengering dengan ukuran (11 x 3) cm.

Bagian pembuangan udara (*exhaust fan*) diletakkan di bagian atas alat pengering dengan ukuran penampang panjangnya 50 x 40 cm. *Exhaust fan* berdaya 30 watt merek Sanyo dengan kecepatan aliran udara 2,5 m³/menit.

Sirkulasi udara panas yang membawa uap air pada proses pengeringan dapat bergerak dengan baik dari bagian bawah menuju bagian atas ruang pengering dan diharapkan produk akan kering secara merata.



Gambar 8. Bagian Pemasukan Udara Gambar 9. Bagian Pembuangan Udara

IV. METODOLOGI PENELITIAN

A. TEMPAT DAN WAKTU

Penelitian dilakukan di Bengkel Mekanisasi Pertanian Institut Teknologi Indonesia, Serpong, Tangerang, Jawa Barat dimulai bulan Juni sampai Oktober 1996.

B. BAHAN DAN ALAT

1. Bahan

- Buah Nenas (*Ananas comosus* (L) Merr) jenis Palembang.
- Natrium Bisulfit (NaSO_3)
- Air panas

2. Alat

- Prototipe alat pengering
- Thermometer digital TM 1300 K
- Desikator
- Timbangan digital (kapasitas 2 kg)
- Oven listrik
- Cawan porselin (untuk meletakkan sampel)

- Penjepit (untuk mengambil sampel)
- Wadah (untuk proses perendaman)
- Pisau
- Alat peniris

C. PROSEDUR PENGULAN

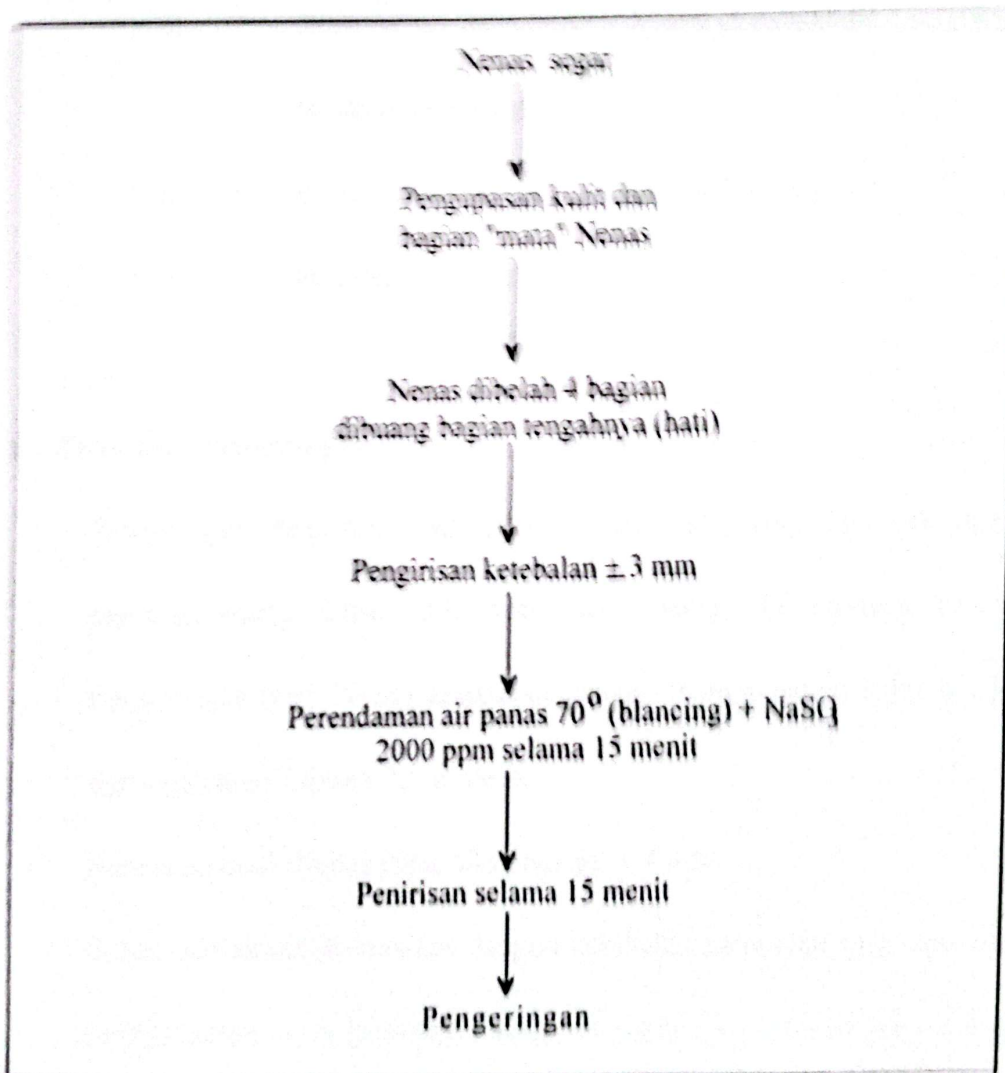
1. Persiapan Bahan

- Nenas dikupas, dibuang matanya
- Diris secara vertikal menjadi empat bagian
- Dicuti
- Dibuang bagian tengah (bagian ampulur)
- Diris dengan ketebalan ± 4 mm
- Nenas direndam dalam air panas (*blanching*) + NaSO_3 2000 ppm selama 15 menit
- Nenas ditiriskan selama 15 menit
- Nenas diletakkan di atas rak dengan ketebalan hamparan satu lapis irisan, jarak merata dengan menyisakan bagian yang kosong pada rak ± 6 cm (lebar) yang berguna untuk meratakan sirkulasi udara.

2. Pengukuran Kadar Air Awal

- Sampel yang telah mengalami blanching diambil
- Timbang cawan porselen kosong

- Tempatkan sampel pada cawan sampel dan ditimbang
- Berat sampel awal diperoleh dan hasil berat sampel (initial) (initial) dituangkan ke cawan kosong
- Masukkan ke oven listrik suhu 105°C
- Pengukuran berat ditentikan setelah berat sampel konstan (berat akhir) mulai.



Gambar 10. Bagan Proses Pengeringan

1. *[Faint, illegible text]*

2. *[Faint, illegible text]*

3. *[Faint, illegible text]*

4. *[Faint, illegible text]*

5. *[Faint, illegible text]*

[Faint, illegible section header]

[Faint, illegible sub-section header]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

[Faint, illegible text]

- d. Suhu : - suhu ruang pengering
- e. Kelembaban udara lingkungan.

2. Analisis

Data pengamatan yang diperoleh digunakan untuk menentukan :

- a. Laju pengeringan.
- b. Penyebaran suhu selama proses pengeringan.
- c. Penggunaan panas.
- d. Efisiensi pengeringan.

E. RANCANGAN PERCOBAAN DAN ANALISIS STATISTIK

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan blok lengkap.

Percobaan dengan tujuh perlakuan dimana rak adalah perlakuan dan jumlah ulangan dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$(t - 1)(n - 1) \geq 15 \dots\dots\dots (4 - 2)$$

Dimana :

t = perlakuan

n = ulangan

$$(t - 1)(n - 1) \geq 15$$

$$(7 - 1)(n - 1) \geq 15$$

$$6(n - 6) \geq 15$$

$$6n - 6 \geq 15$$

$$n \geq 21/6$$

$$n \geq 3$$

Dari perhitungan di atas, maka jumlah ulangan yang harus dilakukan adalah tiga ulangan.

Hipotesa rancangan adalah sebagai berikut :

$$H_0' = \alpha_1 = \alpha_2 = \alpha_3$$

Antar ulangan tidak berbeda nyata.

$$H_0'' = \beta_1 = \beta_2 = \beta_3 = \beta_4 = \beta_5 = \beta_6 = \beta_7$$

Antar perlakuan tidak berbeda nyata.

$$H_1' = \alpha_1 \neq \alpha_2 \neq \alpha_3$$

Antar ulangan berbeda nyata.

$$H_1'' = \beta_1 \neq \beta_2 \neq \beta_3 \neq \beta_4 \neq \beta_5 \neq \beta_6 \neq \beta_7$$

Antar perlakuan berbeda nyata.

Tabel 1. Rancangan percobaan.

Perlakuan/Ulangan	1	2	3	Total	Rata-rata
Rak 1 (A)	A ₁	A ₂	A ₃		
Rak 1 (B)	B ₁	B ₂	B ₃		
Rak 1 (C)	C ₁	C ₂	C ₃		
Rak 1 (D)	D ₁	D ₂	D ₃		
Rak 1 (E)	E ₁	E ₂	E ₃		
Rak 1 (F)	F ₁	F ₂	F ₃		
Rak 1 (G)	G ₁	G ₂	G ₃		
Totak Ulangan					
TOTAL					
RATA-RATA					

Tabel 2. Analisis Variansi

Sumber Variansi	df	SS	MS	F _{HITUNG}	F _{TABEL}	
					5%	1%
Ulangan (u)	n - 1	$\sum \frac{(\text{Total ulangan})^2}{t} - CF$	$\frac{SS_{Ulangan}}{n - 1}$	$\frac{MS_{Ulangan}}{MS_{Ulangan}}$	df _u , df _u	df _u , df _u
Perlakuan (P)	t - 1	$\sum \frac{(\text{Total perlakuan})^2}{n} - CF$	$\frac{SS_{Perlakuan}}{t - 1}$	$\frac{MS_{Perlakuan}}{MS_{Kesalahan}}$	df _p , df _u	df _p , df _u
Kesalahan (G)	df _f - df _u - df _p	SS _{Total} - SS _{Ulangan} - SS _{Perlakuan}	$\frac{SS_{Kesalahan}}{(n - 1)(t - 1)}$			
Total (T)	(t x n) - 1	$\sum X^2 - CF$				

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

1) Suhu dan Kelembaban

Suhu ruang pengering setiap rak berbeda pada tiap titik pengamatan (t_1 , t_2 , t_3). Selama proses pengeringan terlihat suhu pada titik pengamatan t_1 pada bagian dasar rak dan t_3 pada bagian atas rak tidak maksimal dibanding dengan t_2 pada bagian tengah rak yang dianggap baik. Pada 19,5 jam pengamatan suhu pada titik pengamatan t_2 sudah mencapai suhu 55°C pada 9 jam pengamatan, sedangkan suhu pada titik pengamatan t_2 dan t_3 masih sekitar 46°C dan 38°C (Tabel 3) ini disebabkan titik pengamatan t_2 yang terlalu dekat dengan pemanas.

Agar udara panas yang masuk kedalam ruang pengering merata maka pemanas agar ditempatkan merata pada tiap-tiap rak. Memperkecil lubang inlet (udara masuk) serta membuat lubang pada bagian lain (samping) diharapkan sirkulasi udara menjadi merata.

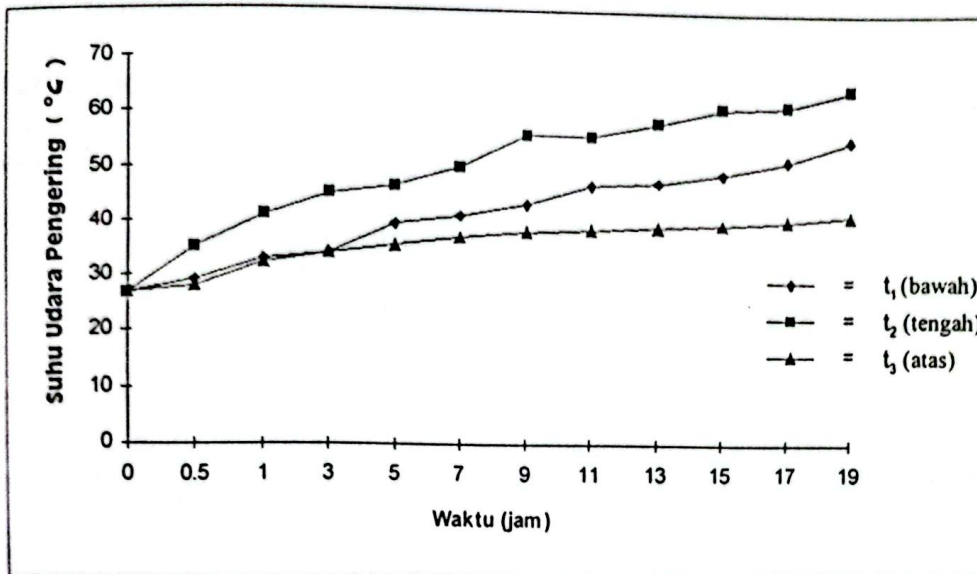
Tabel 3. Suhu di Ruang Pengering

Jam	Waktu	Suhu Udara Pengering (°C)			Rata-rata
		t_1	t_2	t_3	
0	19. ³⁰ WIB B	27	27	27	27,0
0,5	19. ³⁰ WIB B	29	35	28	30,6
1	20. ³⁰ WIB B	33	41	32	35,3
3	22. ³⁰ WIB B	34	45	34	37,6
5	00. ³⁰ WIB B	39	46	35	40,0
7	02. ³⁰ WIB B	40	49	36	41,6
9	04. ³⁰ WIB B	42	55	37	44,6
11	06. ³⁰ WIB B	46	55	38	46,6
13	08. ³⁰ WIB B	47	58	39	48
15	10. ³⁰ WIB B	49	61	40	50
17	12. ³⁰ WIB B	52	62	41	51,6
19	14. ³⁰ WIB B	56	65	42	54,3
Rata-rata					42,99
SD				7,72	
Cv (%)				17,96	

Keterangan :

- t_1 = Suhu pada ruang pengering bagian Atas
 t_2 = Suhu pada ruang pengering bagian Tengah
 t_3 = Suhu pada ruang pengering bagian Bawah

Pada Tabel 3 dalam proses pengeringan bahwa suhu udara mempunyai fluktuasi yang cukup tinggi terlihat dari sebaran data SD = 7.72 dan CV = 17.96%. Adanya CV yang lebih besar dari 10% disebabkan oleh adanya faktor luar yaitu kelembaban udara yang tinggi di luar ruang pengering dan aliran udara pada ruang pengering yang tidak merata.



Gambar 11. Grafik Hubungan Suhu Terhadap Lama Pengeringan

Kelembaban udara yang cukup tinggi sebesar 95% karena proses pengeringan berlangsung pada malam hari dan terjadi hujan. Hal ini menjadikan proses pengeringan tidak efektif. Kelembaban yang tinggi dapat menyebabkan pemindahan uap air dari dalam bahan keluar terhambat karena perbedaan tekanan uap air.

2) Perubahan Kadar Air Bahan Terhadap Waktu

Hasil pengeringan irisan nenas berupa perubahan (penurunan) kadar air (%) terhadap waktu dapat dilihat pada Gambar 12 yang merupakan kadar air rata-rata dari tiga kali ulangan.

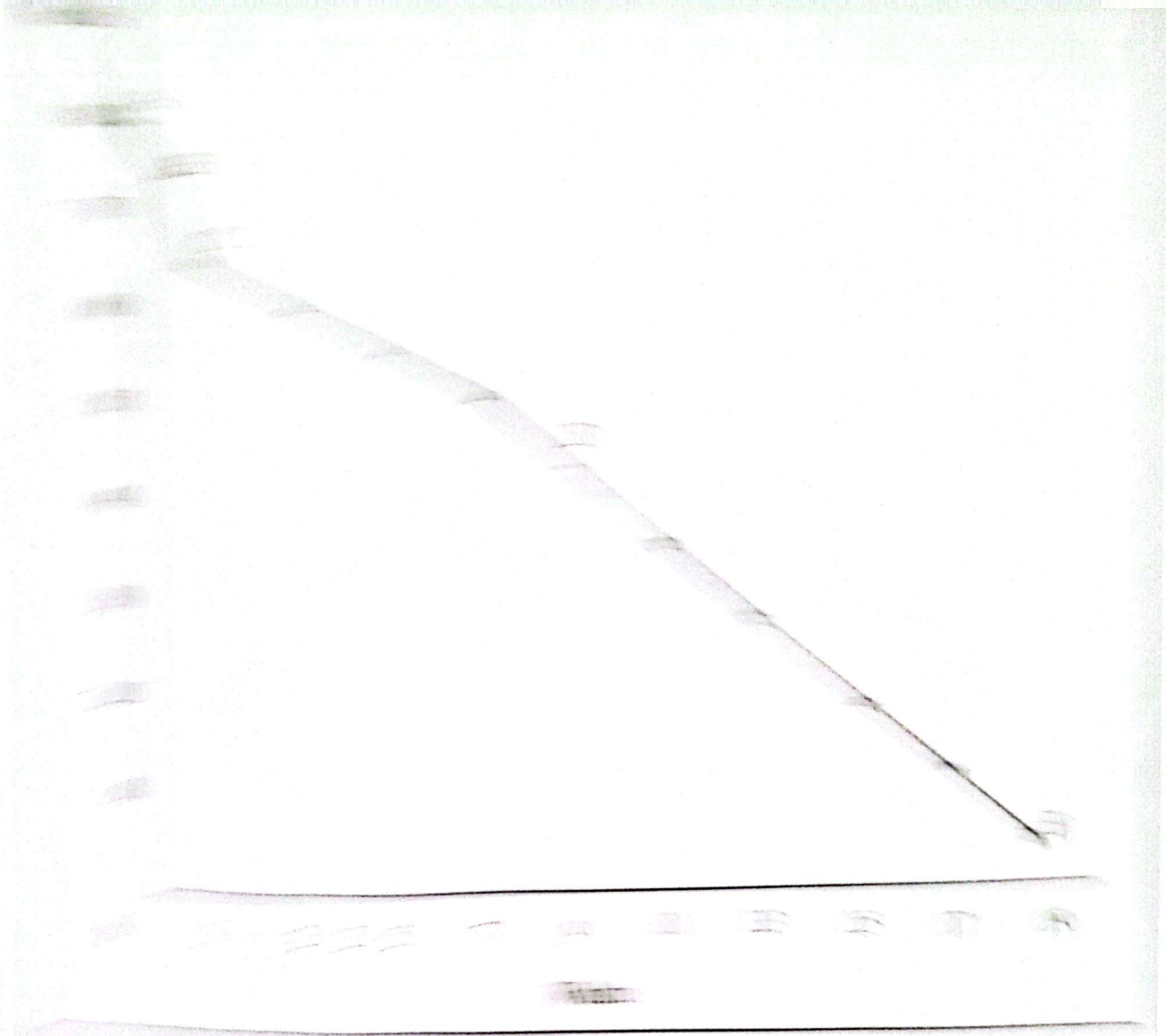
Kadar air akhir (%) akan semakin pada lamanya $t_d - t_f$ cenderung kadar airnya semakin kecil, ini karena lama pengeringan dibanding dengan air bahan yang diuapkan.

Pada proses pengeringan buah nenas, perubahan kadar air dihitung dari kadar air awal yaitu 81,52 (%) (56) dalam waktu pengeringan selama 19,5 jam sampai kadar air akhir. Grafik penurunan kadar air (Gambar 12) memperlihatkan penurunan kadar air yang besar pada awal pengeringan dan turun secara perlahan-lahan sampai mencapai kadar air dengan perubahan yang kecil pada selang waktu terakhir.

Ini disebabkan setiap bahan yang dikeringkan tidaklah sama kondisi-kondisi pengeringannya karena ikatan air dan jaringan ikatan dari tiap bahan berbeda-beda (Cumarif Tahir, 1988).

Kondisi yang menyebabkan penurunan kadar air yang besar pada awal pengeringan sampai batas tertentu karena buah nenas masih memiliki kandungan air bebas yaitu air yang berada di permukaan bahan dan tidak terikat kuat dengan bahan (Cumarif Tahir, 1988).

Selanjutnya penurunan kadar air kecil karena air yang akan diuapkan adalah air terikat yaitu air bahan yang terdapat dalam jaringan matriks bahan (susunan bahan) dibutuhkan energi yang besar bila air ini akan diuapkan seluruhnya kadar air bahan berkisar 12% sampai 25% jika air ini akan diuapkan.



~~Handwritten text, possibly a list or notes, which is heavily scribbled out and illegible.~~

- Wells, J.R. 1974. *Engineering Heat Transfer*. John Wiley and Sons Inc. Canada
- Wuana, F. G., S. Fardiaz dan D. Fardiaz. 1980. *Pengantar Teknologi Pangan*. PT Gramedia, Jakarta.
- Wuana, F. G. 1981. *Kimia Pangan dan Gizi*. Cetakan ke-3 PT. Gramedia, Jakarta.
- Wulandari, D. B. dalam Lisawati. 1987. *Disain dan Uji Teknis Alat Pengering Cabe Merah (*Capiscum annuum L.*)*. Fakultas Teknologi Pertanian, IPE, Bogor.

Lampiran 1. Data Suhu Rata-rata Ruangan dan Kelembaban Udara

Jam	Waktu	Suhu Ruang		RH (%)
		T_b	T_k	
0	19. ⁰⁰ WIB B	26	27	91
0,5	19. ³⁰ WIB B	26	27	91
1	20. ³⁰ WIB B	26	27	92
3	23. ³⁰ WIB B	26	26	92
5	01. ³⁰ WIB B	25	26	93
7	03. ³⁰ WIB B	25	26	93
9	05. ³⁰ WIB B	25	26	95
11	07. ³⁰ WIB B	25	26	95
13	09. ³⁰ WIB B	25	27	90
15	11. ³⁰ WIB B	26	28	90
17	13. ³⁰ WIB B	27	29	86
19	15. ³⁰ WIB B	27	30	82
Rata-rata		25.75	27.08	90.83

Keterangan :

t_b = Temperatur bola basah

t_k = Temperatur bola kering



Lampiran 3a. Data Kadar Air (%) Tiap Jam Ulangan Kesatu

Perlakuan	Kadar Air (% bb)											
	0 Jam	1/2 Jam	1 Jam	3 Jam	5 Jam	7 Jam	9 Jam	11 Jam	13 Jam	15 Jam	17 Jam	19 Jam
1	80,78	80,64	71,72	66,94	61,69	57,39	46,80	38,47	30,53	17,85	13,88	4,75
2	80,78	77,35	74,13	65,12	59,75	55,70	40,12	30,53	26,74	18,26	15,92	6,40
3	80,78	77,64	75,74	73,09	67,56	58,18	40,33	38,67	32,19	21,57	15,90	6,19
4	80,78	75,04	72,47	72,00	69,00	62,64	44,95	31,98	26,91	25,16	16,65	4,75
5	80,78	78,18	70,08	63,92	54,95	52,10	40,74	33,42	26,40	18,40	15,20	4,13
6	80,78	78,31	70,74	68,01	62,14	50,57	43,01	38,88	25,99	22,99	17,92	5,78
7	80,78	74,91	69,42	66,98	63,98	55,80	46,19	36,61	26,40	16,61	12,60	4,65

Lampiran 3b. Data Kadar Air (%) Tiap Jam Ulangan Kedua

Perlakuan	Kadar Air (% bb)											
	0 Jam	1/2 Jam	1 Jam	3 Jam	5 Jam	7 Jam	9 Jam	11 Jam	13 Jam	15 Jam	17 Jam	19 Jam
1	80,29	80,15	70,49	68,63	65,14	58	42,24	38,71	27,05	17,88	13,19	5,60
2	80,29	76,55	75,85	65,85	61,57	55,06	45,39	36,84	25,18	19,95	15,60	3,52
3	80,29	77,05	53,82	50,07	47,67	43,65	39,54	32,65	26,84	16,84	12,42	6,63
4	80,29	80	43,98	43,32	40,77	32,61	24,97	18,29	16,22	14,77	10,25	5,39
5	80,29	80,18	57,88	36,72	35,72	28,92	26,80	26,63	16,92	16,01	12,11	3,73
6	80,29	74,39	47,30	42,69	42,48	38,67	32,24	27,26	18,05	16,63	11,00	2,48
7	80,29	77,19	40,66	39,00	36,60	35,35	32,86	31,82	15,39	14,98	11,55	4,35

Lampiran 36. Data Kadar Air (%) Tiap Jam Ulangan Ketiga

Replikasi	Kadar Air (%)											
	0 Jam	1/2 Jam	1 Jam	3 Jam	5 Jam	7 Jam	9 Jam	11 Jam	13 Jam	15 Jam	17 Jam	19 Jam
1	86,49	74,95	73,89	70,24	67,85	59,82	46,61	46,61	44,64	33,57	16,12	5,87
2	86,49	75,22	72,47	67,02	58,67	53,36	42,97	35,53	36,24	19,58	15,54	5,17
3	86,49	77,86	71,07	66,77	57,02	51,72	46,28	42,89	38,84	19,62	14,69	6,58
4	86,49	77,43	70,74	68,42	53,86	43,86	41,48	31,48	36,41	13,38	12,38	5,86
5	86,49	75,96	68,76	62,31	52,39	46,74	45,78	41,73	36,96	18,26	14,16	5,64
6	86,49	78,92	78,92	66,94	56,94	56,74	41,73	40,68	33,55	18,67	13,94	4,24
7	86,49	78,38	71,15	66,94	66,82	54,87	48,34	43,38	36,38	17,96	12,53	4,54
Rata-rata	86,52	77,41	66,23	61,47	56,02	49,77	46,44	35,66	27,68	17,92	13,64	5,32
SD	0	0,76	5,18	4,92	5,44	5,36	2,92	3,96	3,36	1,48	1,28	5,82
CV	0	0,98	7,83	8,01	9,71	10,77	7,34	11,28	12,19	8,25	9,39	6,52

36. Data Kadar Air (%) Rata-rata Tiga Kali Ulangan

Replikasi	Kadar Air (%)											
	0 Jam	1/2 Jam	1 Jam	3 Jam	5 Jam	7 Jam	9 Jam	11 Jam	13 Jam	15 Jam	17 Jam	19 Jam
1	86,52	78,58	72,06	68,66	64,89	58,27	45,21	39,19	36,54	15,67	12,23	5,87
2	86,52	76,37	74,15	66,96	59,96	54,68	42,82	34,36	27,28	19,26	15,54	5,17
3	86,52	77,86	66,87	63,31	57,41	51,18	42,06	38,07	32,62	19,27	14,69	6,58
4	86,52	77,46	62,26	61,24	54,52	46,36	37,13	27,25	24,51	17,77	12,38	5,86
5	86,52	78,16	66,57	54,31	47,68	42,58	37,77	33,92	24,74	17,56	14,16	5,64
6	86,52	77,02	62,32	59,21	53,85	46,66	38,96	35,86	25,86	19,43	13,94	4,24
7	86,52	76,86	66,41	57,64	53,86	48,66	39,13	27,25	24,05	14,36	12,53	4,54
Rata-rata	86,52	77,41	66,23	61,47	56,02	49,77	46,44	35,66	27,68	17,92	13,64	5,18

No.	Waktu	Suhu (°C)			Rata-rata
		1	2	3	
0	19 ⁰⁰ WIB B	27	27	27	27,0
05	19 ³⁰ WIB B	27	27	27	27,0
1	20 ⁰⁰ WIB B	26	27	27	26,0
2	23 ³⁰ WIB B	26	27	26	26,3
3	01 ³⁰ WIB B	26	27	26	26,3
7	03 ³⁰ WIB B	26	26	26	26,0
9	05 ³⁰ WIB B	26	26	26	26,0
11	07 ³⁰ WIB B	26	26	26	26,0
13	09 ³⁰ WIB B	26	27	26	26,3
15	11 ³⁰ WIB B	28	28	29	29,0
17	13 ³⁰ WIB B	29	30	29	29,0
19	15 ³⁰ WIB B	31	30	28	29,0
Rata-rata Suhu Ruangan					26,8

Lampiran 5. Data Suhu Pengeringan

Ulangan	Suhu (°C)			Total
	1	2	3	
I	42.58	52.58	37.52	44.22
II	41.41	41.41	37.16	40.00
III	43.33	52.42	39.33	45.02
Rata-rata Suhu Pengeringan				43

Lampiran 6. Data Kadar Air Akhir (%) pada 19,5 jam Pengeringan

Perlakuan	Ka Akhir (%)			TOTAL	Rata-rata	SD	CV
	Ulangan I	Ulangan II	Ulangan III				
1	4,75	5,60	7,27	17,62	5,87	1,28	21,83
2	6,40	3,52	5,59	15,51	5,17	1,48	28,72
3	6,19	6,63	6,94	19,76	6,58	0,37	5,72
4	4,75	5,39	7,27	17,41	5,80	1,30	22,57
5	4,13	3,73	7,27	15,13	5,04	1,93	38,44
6	5,78	2,48	4,46	12,72	4,24	1,66	39,17
7	4,65	4,35	4,62	13,62	4,54	1,16	3,63
Total Ulangan	36,65	31,7	43,42				
Total				111,775			
Rata-rata					5,32		
SD				0,81			
CV				15,34			

Lampiran 7. Tabel analisis Variansi Kadar Air (%) Akhir Terhadap Pengaruh Rak pada 19,5 jam pengeringan

Sumber variasi	DF	SS	MS	F _{hitung}	F _{tabel}	
					0,05	0,01
Ulangan	2	11,27	5,63	3,65 ^{ns}	3,88	6,93
Perlakuan	6	19,32	3,22	2,09 ^{ns}	3,00	4,82
Kesalahan	12	18,58	1,54			
Total	20	19,17				

ns = not significant

Kesimpulan

- Antar ulangan tidak berbeda nyata
- Antar perlakuan tidak berbeda nyata

Lampiran 8. Laju Pengeringan Rata-rata Tiap Jam Ulangan Satu

Perlakuan	Waktu (Jam)																		ΣX	X
	1/2	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19									
1	0.14	8.92	4.78	5.25	4.30	10.94	8.33	7.94	12.68	4.47	8.63	76.38	3.92							
2	3.43	3.22	9.01	5.37	4.05	15.58	9.59	3.79	8.48	2.97	8.89	74.38	3.81							
3	3.14	1.90	2.65	5.53	9.83	17.85	1.66	6.48	10.62	5.67	9.71	75.04	3.85							
4	5.74	2.57	0.47	3.00	6.39	17.69	12.97	5.79	1.75	8.51	11.9	76.78	3.94							
5	2.60	8.10	6.16	8.97	2.85	11.36	7.32	7.02	8.00	3.2	11.07	76.65	3.93							
6	2.47	7.57	2.73	5.87	11.57	7.56	4.13	12.89	3.00	5.07	12.14	75.00	3.85							
7	5.87	5.49	2.44	3.00	8.18	9.61	9.58	10.21	9.79	4.01	7.95	76.13	3.90							
TOTAL																		530.33		
RATA - RATA																			3.88	

Lampiran 9. Laju Pengeringan Rata-rata Tiap jam Ulangan Dua

Perlakuan	Waktu (Jam)																	ΣX	\bar{X}
	1/2	1	3	5	7	9	11	13	15	17	19								
1	0.14	9.66	1.86	3.49	7.14	15.76	3.53	11.66	9.17	2.69	7.59	74.69	3.83						
2	3.74	0.70	10.00	4.28	6.51	9.67	8.55	11.66	5.23	4.35	12.08	76.77	3.94						
3	3.24	0.70	10.00	4.28	6.21	9.67	8.55	11.66	5.23	4.42	5.79	69.75	3.57						
4	0.29	36.02	0.60	2.95	8.10	7.64	6.68	2.07	1.45	4.52	4.86	75.18	3.85						
5	0.11	22.30	21.16	1.00	6.80	2.12	0.17	9.71	0.91	3.90	8.38	76.56	3.87						
6	5.90	27.09	4.61	0.21	3.81	6.43	4.98	9.21	1.42	5.53	8.52	77.71	3.98						
7	16.52	133.00	49.29	18.61	39.82	53.78	37.68	72.4	23.82	28.84	54.42	75.94	3.89						
TOTAL													526.6						
RATA - RATA														3.85					

Table with multiple columns and rows, containing illegible text.

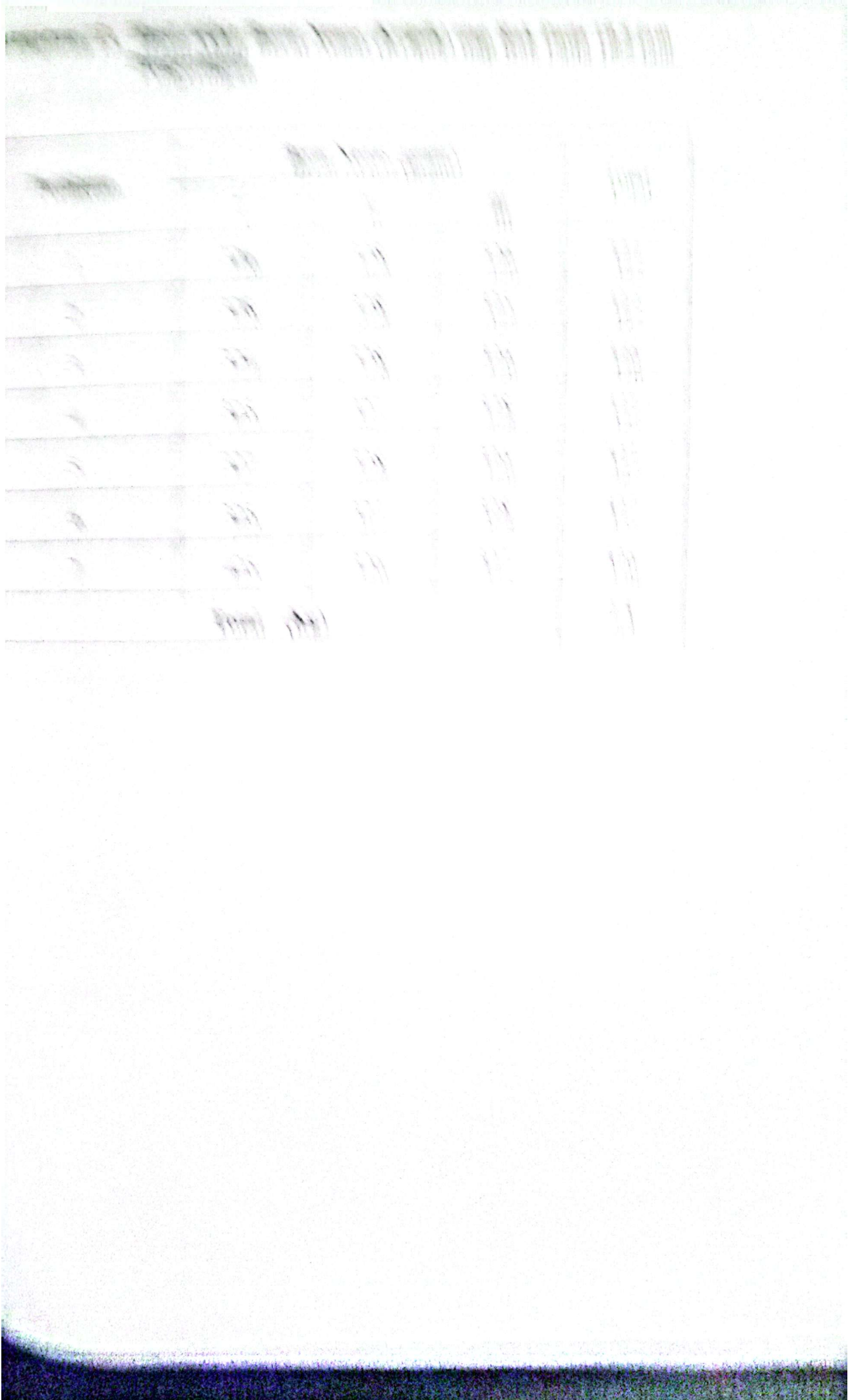
Lampiran 12. Tabel Analisa Variansi Laju Pengeringan Rata-rata Tiap Jam Terhadap Pengaruh Rak pada 19,5 jam Pengeringan

Sumber Variasi	DF	SS	MS	F _{Hitungan}	F _{Tabel}	
					0.05	0.01
Ulangan	2	0.02	0.01	0.33 ^{ns}	3.88	6.93
Perlakuan	6	0.22	0.04	1.33 ^{ns}	3.00	4.82
Kesalahan	12	0.33	0.03			
Total	20	0.57				

** = Significant at 1% level, ns = not signifikan

Kesimpulan :

- Antar ulangan tidak berbeda nyata
- Antar perlakuan tidak berbeda nyata



Lampiran D4. Analisis Data

1. Uap air yang diRestrukan bahan

$$E = \frac{100(m_1 - m_2)}{(100 - m_1)(100 - m_2)} \times W$$

$$E = \frac{100(81,52 - 5,52)}{(100 - 81,52)(100 - 5,52)} \times 2,5 \text{ kg}$$

$$E = \frac{7500}{(18,48)(94,48)} \times 2,5 \text{ kg}$$

$$E = 9,577 \text{ kg pada } 19,5 \text{ jam pengeringan}$$

2. Laju Pengeringan

$$W = \frac{E}{T}$$

$$W = \frac{9,577 \text{ kg}}{19,5 \text{ jam}}$$

$$W = 0,491 \text{ kg/jam}$$

Lampiran 15. Perhitungan Efisiensi Alat Pengering

a. Jumlah kalor yang digunakan untuk memanaskan bahan (Q_1)

$$Q_1 = m \times c \times \Delta t$$

$$Q_1 = 14 \text{ kg} \times 0.88 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F} \times (43^\circ\text{C} - 27^\circ\text{C})$$

$$Q_1 = 1.43 \text{ kkal}$$

b. Jumlah kalor yang digunakan untuk menguapkan air bahan (Q_2)

$$Q_2 = mw \times Lh$$

$$Q_2 = 9.4 \text{ kg} \times 1 \text{ Btu/lb } ^\circ\text{F}$$

$$Q_2 = 0.07 \text{ kkal}$$

c. Jumlah kalor yang digunakan untuk memanaskan dan menguapkan air bahan

$$(Q)$$

$$Q = Q_1 + Q_2$$

$$Q = 1.43 \text{ kkal} + 0.07 \text{ kkal}$$

$$Q = 1.5 \text{ kkal}$$

d. Jumlah kalor yang diberikan oleh udara panas pada bahan (q)

$$q = P \times V \times C \times \Delta t$$

$$q = 0.72 \text{ kkal/m}^3 \times 1.64 \text{ m}^3 \times 0.02 \text{ kkal/kg } ^\circ\text{C} \times 16^\circ\text{C}$$

$$q = 0.4 \text{ kkal}$$

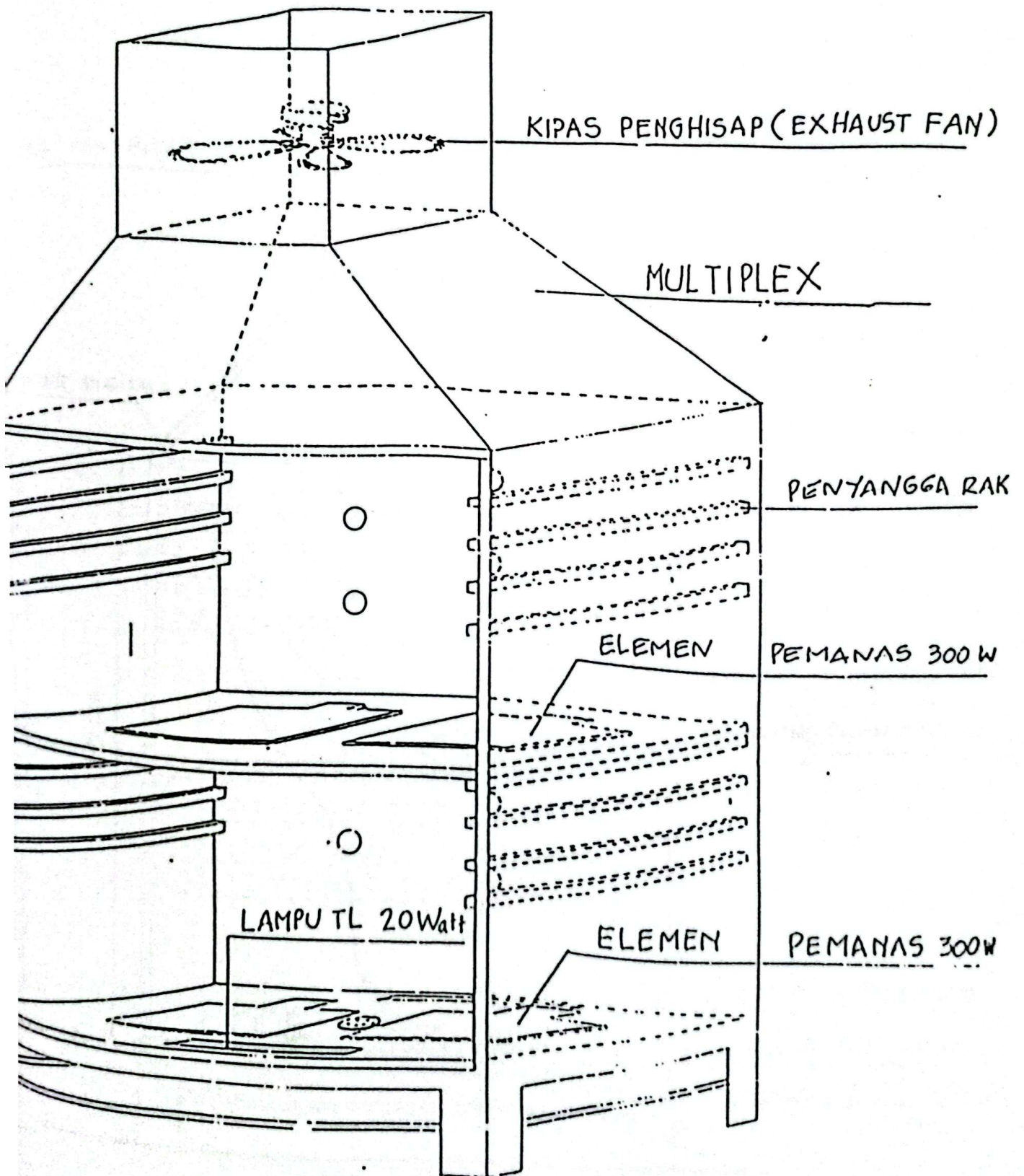
e. Efisiensi Alat (η_d)

$$\eta = \frac{q}{Q} \times 100\%$$

$$\eta = \frac{0.4 \text{ kkal}}{1.5 \text{ kkal}} \times 100\%$$

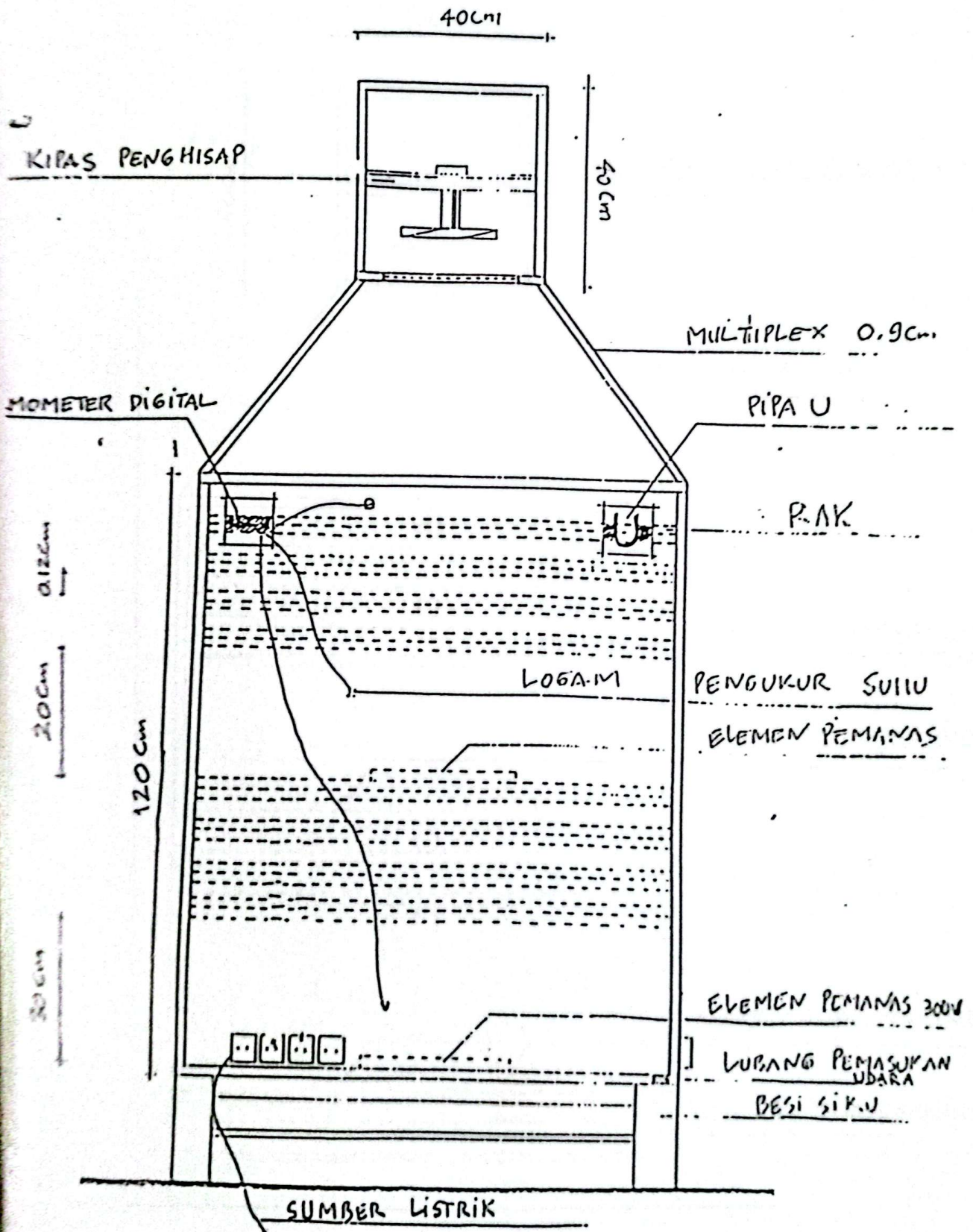
$$\eta = 27\%$$

Lampiran 16. Skema Prototipe Alat Pengering Serbaguna

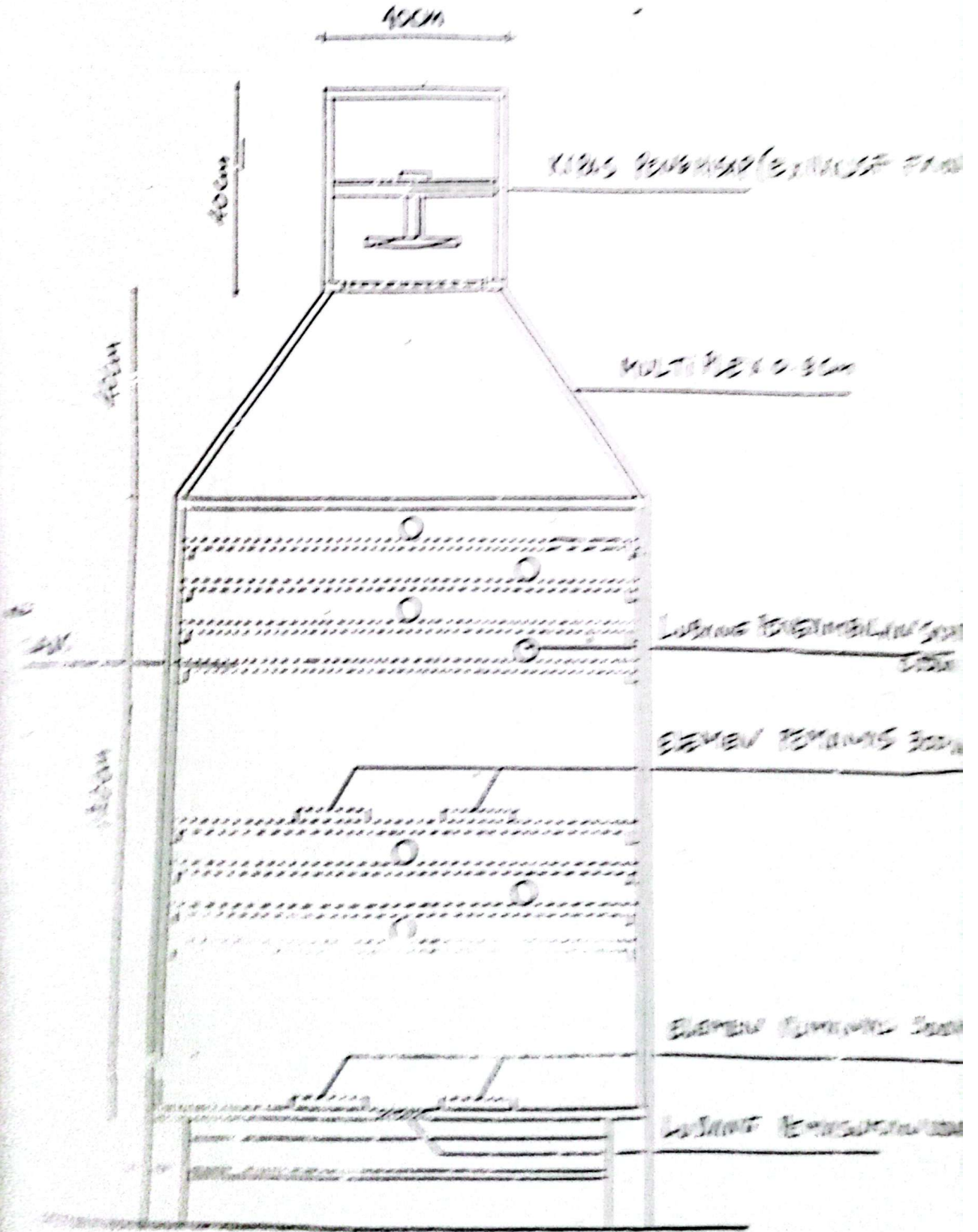


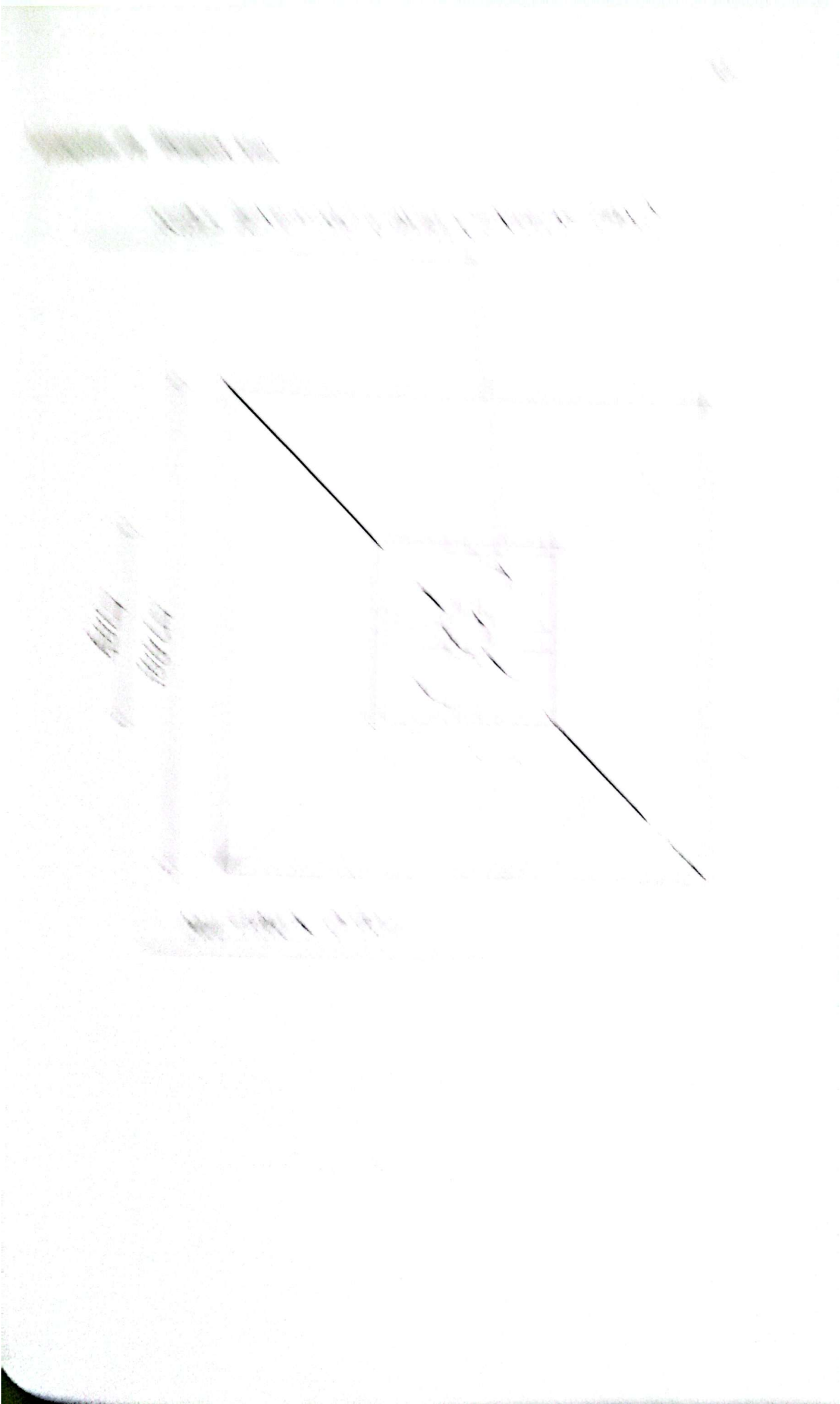
SKALA 1:100

Lampiran 17. Tampak Samping

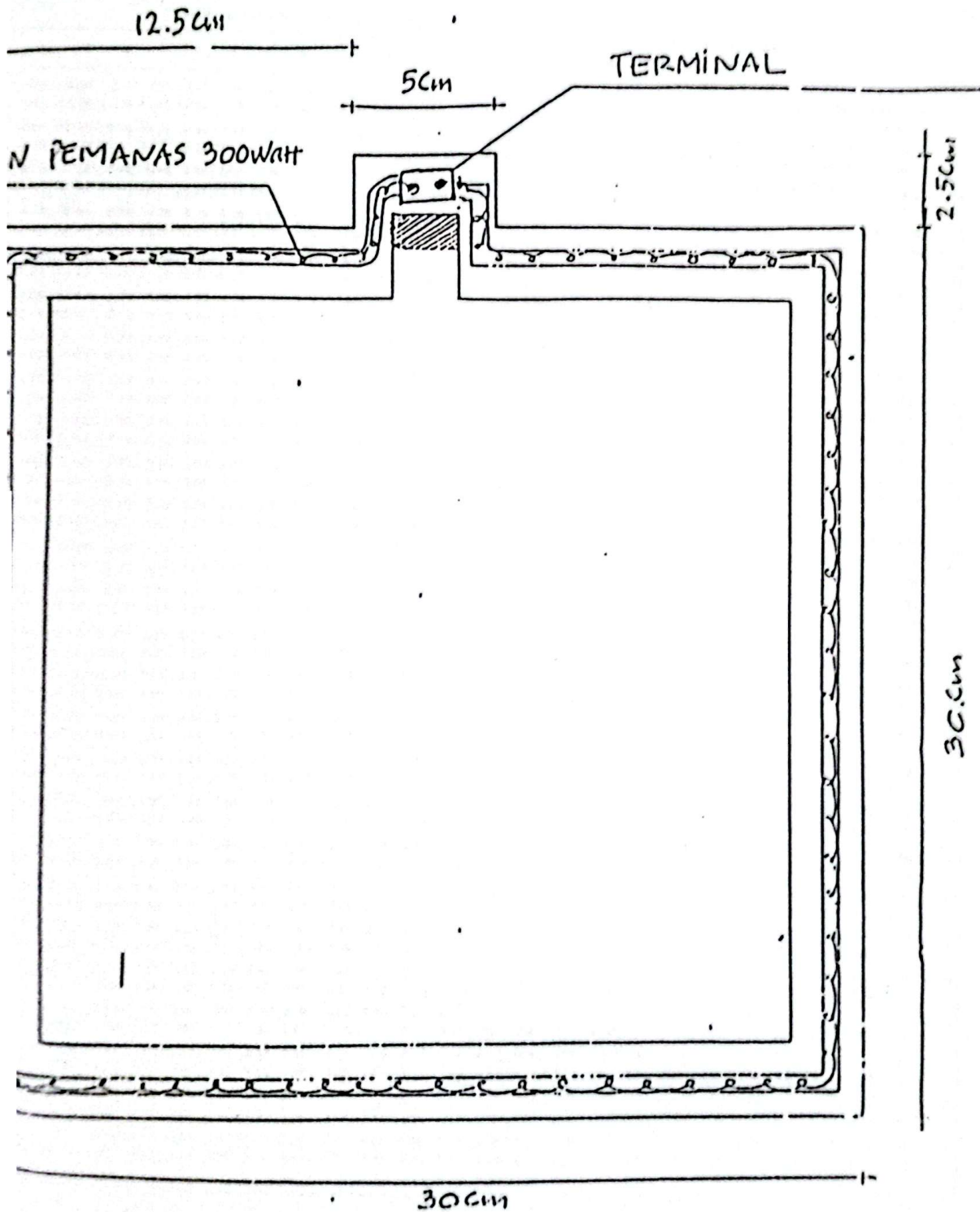


Lampiran 18. Tampak Belakang





Lampiran 20. Elemen Listrik pada Alat Pengering



Lampiran 21. Tabel Distribusi F

		Degree of freedom F Mean Square (arah besar)																												
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16	20	24	30	40	50	75	100	200	∞						
1	1	161	200	216	225	230	234	237	239	241	242	243	244	245	246	248	249	250	251	252	253	253	254	254	254	1				
1	2	4.052	4.999	5.403	5.625	5.784	5.959	6.095	6.201	6.282	6.356	6.422	6.481	6.534	6.582	6.626	6.666	6.703	6.737	6.768	6.796	6.822	6.846	6.868	6.888	2				
1	3	10.13	12.59	13.95	14.82	15.30	15.61	15.86	16.06	16.22	16.36	16.48	16.59	16.69	16.78	16.86	16.93	17.00	17.06	17.12	17.17	17.22	17.26	17.30	17.33	3				
1	4	7.71	9.94	10.91	11.50	11.90	12.16	12.37	12.54	12.68	12.80	12.91	13.01	13.10	13.18	13.25	13.31	13.37	13.42	13.47	13.51	13.55	13.59	13.62	13.65	4				
1	5	6.81	8.79	9.51	10.00	10.33	10.56	10.74	10.89	11.02	11.14	11.25	11.35	11.44	11.52	11.59	11.65	11.71	11.76	11.81	11.85	11.89	11.93	11.96	11.99	5				
1	6	6.29	8.14	8.71	9.13	9.40	9.60	9.76	9.90	10.02	10.13	10.23	10.32	10.40	10.47	10.54	10.60	10.66	10.71	10.76	10.80	10.84	10.88	10.91	10.94	6				
1	7	5.99	7.74	8.25	8.60	8.82	8.98	9.12	9.24	9.35	9.45	9.54	9.62	9.69	9.75	9.81	9.86	9.91	9.96	10.00	10.04	10.08	10.11	10.14	10.17	7				
1	8	5.77	7.46	7.91	8.20	8.38	8.51	8.63	8.74	8.84	8.93	9.01	9.08	9.15	9.21	9.26	9.31	9.35	9.39	9.43	9.47	9.50	9.53	9.56	9.58	8				
1	9	5.61	7.26	7.65	7.89	8.03	8.14	8.24	8.33	8.41	8.48	8.55	8.61	8.67	8.72	8.77	8.81	8.85	8.89	8.93	8.96	8.99	9.02	9.04	9.06	9				
1	10	5.50	7.11	7.45	7.65	7.76	7.85	7.93	8.00	8.06	8.12	8.17	8.22	8.27	8.31	8.35	8.39	8.43	8.46	8.49	8.52	8.55	8.57	8.59	8.61	10				
1	11	5.43	7.00	7.30	7.48	7.57	7.64	7.70	7.75	7.80	7.84	7.88	7.92	7.95	7.98	8.01	8.04	8.07	8.10	8.13	8.15	8.17	8.19	8.21	8.22	11				
1	12	5.38	6.92	7.19	7.35	7.42	7.48	7.53	7.57	7.61	7.64	7.67	7.70	7.73	7.75	7.78	7.80	7.82	7.84	7.86	7.88	7.90	7.91	7.92	7.93	12				
1	13	5.34	6.85	7.09	7.23	7.29	7.34	7.38	7.42	7.45	7.48	7.50	7.52	7.54	7.56	7.58	7.60	7.61	7.63	7.64	7.65	7.66	7.67	7.68	7.69	13				
1	14	5.31	6.80	7.02	7.15	7.20	7.24	7.27	7.30	7.33	7.35	7.37	7.39	7.41	7.42	7.44	7.45	7.46	7.47	7.48	7.49	7.50	7.50	7.51	7.51	14				
1	15	5.28	6.76	6.96	7.08	7.12	7.15	7.18	7.21	7.23	7.25	7.27	7.28	7.29	7.30	7.31	7.32	7.33	7.34	7.34	7.35	7.35	7.35	7.35	7.35	15				
1	16	5.26	6.73	6.92	7.03	7.06	7.09	7.11	7.13	7.15	7.16	7.17	7.18	7.19	7.20	7.20	7.21	7.21	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	7.22	16				
1	17	5.24	6.71	6.89	6.99	7.02	7.04	7.06	7.07	7.08	7.09	7.10	7.10	7.11	7.11	7.11	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	7.12	17				
1	18	5.23	6.69	6.87	6.96	6.98	7.00	7.01	7.02	7.03	7.03	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	7.04	18				
1	19	5.22	6.68	6.85	6.94	6.96	6.97	6.98	6.98	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	6.99	19				
1	20	5.21	6.67	6.84	6.93	6.95	6.96	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	6.97	20				
1	21	5.21	6.66	6.83	6.92	6.94	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	6.95	21				
1	22	5.20	6.65	6.82	6.91	6.93	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	6.94	22				
1	23	5.20	6.64	6.81	6.90	6.92	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	6.93	23				
1	24	5.19	6.63	6.80	6.89	6.91	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	6.92	24				
1	25	5.19	6.62	6.79	6.88	6.90	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	6.91	25				
1	26	5.18	6.61	6.78	6.87	6.89	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	6.90	26				



PSYCHROMETRIC CHART NORMAL TEMPERATURES

SI-METRIC UNITS

Barometric Pressure: 101,325 kPa

SEA LEVEL

Approved by permission of Carrier Corporation.

