

**RANCANGAN DAN UJI PERFORMANSI
RUANG PENDING TIPE BAK MENDATAR**



Oleh
SUKATMA
F 26. 0399



1 9 9 4
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R



Sukatma. F 26.0399. Rancangan dan Uji Performansi Ruang Pengering Tipe Bak Mendatar. Dibawah Bimbingan Dr. Ir. H. Atjeng M. Syarief, MSAE.

RINGKASAN

Pengeringan di Indonesia menduduki tempat yang strategis baik dari aspek pasca panen maupun dalam industri kecil pengolahan hasil pertanian. Oleh karena langsung atau tidak langsung hasil pertanian kita mengalami proses pengeringan.

Proses pengeringan juga penting karena mempunyai keterkaitan dengan kehidupan sosial ekonomi masyarakat. Petani tanaman pangan biasa mengeringkan hasil panennya dengan pengeringan secara alami yaitu dengan sinar matahari. Cara ini dapat terhambat bila tiba musim penghujan atau hari tidak cerah, oleh karena itu adanya mesin pengering yang dapat mengatasi hambatan tersebut menjadi sangat penting artinya. Sunguhpun demikian pengeringan buatan masih dirasakan lebih mahal oleh petani dan pengusaha penggilingan dibandingkan dengan pengeringan secara alami.

Tujuan dari penelitian ini adalah merancang ruang pengering, yang merupakan salah satu bagian dari alat pengering tipe bak. Ruang pengering yang dibuat bersifat permanen berukuran $4 \times 2 \text{ m}^2$, dengan menggunakan konstruksi bangunan dan lantai penyimpan bahan menggunakan anyaman bambu berkapasitas maksimum 3 ton.



Ruang pengering yang dibuat diuji secara teknis dengan sumber energi pemanas minyak tanah dan kipas sentrifugal dengan motor listrik 5 hp sebagai tenaga penggerak.

Dari hasil pengujian diperoleh besaran parameter pengeringan sebagai berikut suhu udara pengering pada plenum 42.2°C , suhu bahan pada awal pengujian 29°C dan pada akhir pengeringan berkisar $39^{\circ}\text{C} - 40^{\circ}\text{C}$ dengan laju pengeringan gabah $2.22\% / \text{jam}$.

Biaya total pengeringan pada kapasitas alat 810 000 kg /tahun adalah Rp 11 786 391 /tahun dengan Biaya pokok yang dihasilkan sebesar Rp 14.55 /kg dan BC ratio 1.03, yang berarti alat pengering layak digunakan sebagai alternatif pengeringan.

RANCANGAN DAN UJI PERFORMANSI RUANG PENDINGIN TIPE BAK MENDATAR

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian,

Fakultas teknologi pertanian,

Institut Pertanian Bogor.

Oleh

SUKATMA

F 26.0399

1994

FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

RANCANGAN DAN UJI PERFORMANSI
RUANG PENDINGIN TIPE BAK MENDATAR

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar

SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN

Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian,

Fakultas Teknologi Pertanian.

Institut Pertanian Bogor.

Oleh

SUKATMA

F 26.0399

Dilahirkan pada tanggal, 18 Desember 1970

di Jakarta

Tanggal lulus :

Diserujui



Dr. Ir. H. Atjeng M. Syarief, MSAE

Dosen Pembimbing

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadapan Allah SWT, karena hanya dengan Rahmat dan Karunia-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Dalam kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih kepada :

1. Dr. Ir. H. Atjeng M. Syarief, MSAE sebagai dosen pembimbing akademik, yang telah memberikan bantuan : Moril maupun materil dan bimbingan selama penulisan dengan penuh pengertian dan kesabaran.
2. Ir. Mad Yamin dan Ir. Putiati Mahdar, MApp.Sc sebagai dosen penguji.
3. Dr. Ir. Frans Y. Daywin sebagai Kepala Lahan In-sfrastruktur Leuwikopo Dramaga, yang telah memberikan izin tempat penelitian.
4. Mochammad Arif Mustofa, Samsuri, dan Sutjipto sesama rekan sekerja.
5. Sulyaden, Toto dan Jaya yang telah membantu menyelesaikan pembuatan alat pengering tipe bak.

Penulis menyadari sepenuhnya apa yang ada pada laporan skripsi ini, masih belum sempurna. Untuk itu lah saran dan kritik penulis harapkan untuk perbaikan tulisan.

Bogor, April 1994

Penulis

DAFTAR ISI

	halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	ii
DAFTAR GAMBAR	iv
DAFTAR LAMPIRAN	v
DAFTAR TABEL	vi
I. PENDAHULUAN	
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN	3
II. TINJAUAN PUSTAKA	
A. ARTI PENGERINGAN	4
B. PROSES PENGERINGAN	5
C. KADAR AIR	8
D. UDARA PENGERING	9
E. PENGERING TIPE BAK	11
III. RANCANGAN DAN KONSTRUKSI RUANG PENGERING	
A. RANCANGAN FUNGSIONAL	13
B. RANCANGAN STRUKTURAL	14
C. ASPEK TEKNIS RANCANGAN	15
D. KAYU DAN BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI.....	17
E. ANALISA TEKNIK	19
F. ANALISIS EKONOMI	22

IV. METODE PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT	25
B. TEMPAT DAN WAKTU	26
C. PEMBUATAN RUANG PENGERING	26
D. PENGUJIAN TEKNIS	27

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUJIAN TEKNIS	31
B. LAJU PENGERINGAN GABAH	32
C. KARAKTERISTIK SUHU GABAH	32
D. EFISIENSI PEMANASAN	33
E. PINDAH PANAS PADA DINDING	33
F. EVALUASI KONSTRUKSI	34
G. ANALISIS EKONOMI	35

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN	39
B. SARAN	40
LAMPIRAN	41
DAFTAR PUSTAKA	83



DAFTAR GAMBAR

	halaman
Gambar 1. Kurva karakteristik pengeringan	7
Gambar 2. Proses terjadinya pengeringan bahan	21
Gambar 3. Laju pengeringan gabah	36
Gambar 4. Grafik suhu bahan I	37
Gambar 5. Grafik suhu bahan II	38

DAFTAR LAMPIRAN

	halaman
Lampiran 1. Gambar perencanaan ruang pengering	42
Lampiran 2. Gambar hasil rancangan	48
Lampiran 3. Perhitungan beban uap air, laju pengeringan dan efisiensi	51
Lampiran 4. Perhitungan pindah panas pada lantai dan dinding	53
Lampiran 5. Kurva psikometrik	58
Lampiran 6. Nilai-nilai A, B dan L untuk konveksi bebas udara	59
Lampiran 7. Sifat fisik udara	60
Lampiran 8. Persamaan untuk menentukan koefisien konveksi paksa udara	61
Lampiran 9. Lokasi pengambilan contoh untuk pengukuran kadar air.....	62
Lampiran 10. Tampak atas pengambilan contoh ketika pengukuran suhu gabah	64
Lampiran 11. Perhitungan pembebanan pada lantai dan tekanan lateral dinding kritis	66
Lampiran 12. Analisis biaya operasi	70

DAFTAR TABEL

	halaman
Tabel 1. Luas panen, produksi dan produktivitas padi	1
Tabel 2. Kebutuhan aliran udara persatuan volume biji-bijian yang dikeringkan	11
Tabel 3. Hasil perhitungan laju pengerigan	32

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Dalam rangka mempertahankan dan melestarikan swasembada pangan khususnya beras yang telah dicapai sejak tahun 1984, maka pemerintah terus-menerus dari tahun-ketahun melakukan upaya peningkatan produksi sejalan dengan pertumbuhan penduduk (Tabel 1).

Tabel 1. Luas panen, produksi dan produktivitas padi

Tahun	Padi sawah			Padi ladang		
	Luas panen (x100 ha)	Produksi (x1000 ton)	Rata-rata (x100kg/ha)	Luas panen (x100ha)	Produksi (x1000 ton)	Rata-rata (x100kg/ha)
1987	8766.3	37969.6	43.17	1126.3	2108.6	18.72
1988	8925.4	39316.1	44.05	1212.1	2360.1	19.46
1989	9364.9	42371.3	45.20	1156.3	2359.3	20.36
1990	5377.5	42825.3	46.67	1124.9	2353.5	20.92
1991*)	7400.3	34296.1	46.34	1077.6	2251.0	21.02

*) Angka sementara Januari - Agustus 1991

Sumber: Statistik Indonesia 1991, BPS - Jakarta

Peningkatan produksi padi membawa pula pengaruh positif terhadap perkembangan teknologi pasca panen padi, baik dari aspek penyerapan peralatan pasca panen maupun dari aspek peningkatan mutu serta penanganan masalah susut pasca panen (Purwadaria, 1988). Adapun tujuan dari penanganan pasca panen adalah untuk mempertahankan mutu dalam pengertian mengurangi

susut dan memperpanjang masa simpan untuk meningkatkan nilai tambah.

Penanganan pasca panen yang umum dilakukan oleh petani meliputi perontokan, pengeringan, penggilingan dan penyimpanan. Pengeringan memegang peranan yang penting dalam rantai pasca panen, karena proses ini menentukan proses berikutnya, yaitu rendemen giling dan keamanan penyimpanan dalam gudang.

Pengeringan yang biasa dilakukan adalah pengeringan secara alami yaitu dengan sinar matahari. Proses ini dapat terhambat bila tiba musim penghujan dan hari tidak cerah. Oleh karena itu adanya mesin pengering yang dapat mengatasi hambatan tersebut menjadi penting artinya. Namun demikian pengeringan dengan menggunakan mesin pengering masih dirasakan lebih mahal oleh petani dan pengusaha penggilingan dibandingkan dengan pengeringan secara alami, dengan perbandingan biaya pengeringan untuk mesin pengering buatan sebesar Rp 14.50 /kg dan Rp 6.00 /kg untuk pengeringan secara alami (Thahir,1992).

Beberapa alat pengering yang pernah diterapkan di Indonesia, yaitu Alat *Pengering Lister*, *Box Dryer*, *Surya Phala*, *Pengering tipe kolom* dan *Pengering LSU*.

Alat pengering tipe bak mempunyai sistem yang sederhana dan dapat digunakan untuk tempat penyim-

panan sementara. Bagian-bagian pengering tipe bak antara lain: ruang pengering sebagai tempat menampung bahan yang akan dikeringkan, pemanas, kipas dengan motor penggerak. Dua pertiga dari harga alat pengering adalah harga kipas dengan motor penggerak. Esmay(1971) mengemukakan bahwa alat pengering tipe bak umumnya berkapasitas relatif kecil, sederhana, dan mudah dalam penggunaannya, sehingga mempunyai peluang besar untuk digunakan oleh petani dinegara berkembang.

B. TUJUAN

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk merancang, membuat dan menguji ruang pengering tipe bak mendatar.



II. TINJAUAN PUSTAKA

A. ARTI PENGERINGAN

Dikenal dua istilah dalam pengeringan, yakni dehidrasi dan pengeringan hasil pertanian. Kedua istilah mempunyai satu pengertian yang sama, yaitu mengeluarkan air dari bahan. Perbedaannya terletak pada titik akhir atau tujuan pengeringan tersebut. Pada dehidrasi penguapan air dilakukan sampai kadar air yang sangat rendah mendekati kering mati. (Henderson dan Perry, 1976). Hall (1979) membedakan istilah dehidrasi dengan pengeringan matahari, dimana dehidrasi meliputi pengendalian pemanasan buatan.

Pada pengeringan hasil pertanian, pengeluaran air atau penguapan hanya dilakukan sampai dengan kadar air yang cukup aman untuk disimpan yang biasanya pada kadar air yang seimbang dengan lingkungannya. Untuk biji-bijian berkisar 12-14 % sedangkan palawija dapat mencapai 9-10 % (Thahir dkk, 1988).

Selain kadar air akhir pengeringan, kecepatan pengeringan harus pula diperhatikan agar komoditi yang dikeringkan tidak menjadi rusak atau daya tumbuh benih menjadi rendah.

Pada proses pengeringan yang sebenarnya gerakan migrasi uap atau cairan tidak berjalan sendiri-sendiri tetapi gabungan satu titik atau lebih mekanisme diatas (Thahir, dkk., 1988). Secara umum dapat dikatakan, migrasi uap terjadi karena perbedaan tekanan uap antara bahan dan udara. Oleh karena itu pada pengeringan buatan, prinsip kerjanya adalah memperbesar perbedaan tekanan uap, salah satu caranya adalah dengan memanaskan udara lingkungan.

Air yang diuapkan terdiri dari air bebas dan terikat. Air bebas berada dipermukaan bahan, proses penguapan berjalan sebagai difusi permukaan dengan laju pengeringan sebanding dengan perbedaan tekanan uap pada permukaan air terhadap tekanan udara pengering, dalam bentuk persamaan (Henderson, 1976):

$$dW/d\theta = f_v A (P_s - P_v) \quad (1)$$

dimana :

W = berat air yang diuapkan, N

θ = Waktu, detik

f_v = koefisien pindah panas air-uap, $N/(Nm^2 \text{det}/m^2)$

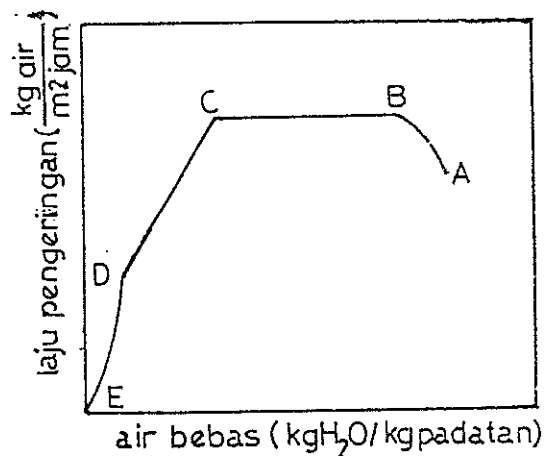
A = luas permukaan, m^2

P_s = tekanan uap jenuh, N/m^2

P_v = tekanan uap , N/m^2

Laju pengeringan ini disebut laju pengeringan konstan. Pada laju pengeringan konstan berjalan singkat, sehingga dapat diabaikan. Laju pengeringan konstan pada produk terjadi pada awal pengeringan pada kadar air diatas 70 % (Thahir, dkk., 1988).

Kurva karakteristik pengeringan . dapat digambarkan sebagai berikut (Heldman and Singh, 1981):



Gambar 1. Kurva karakteristik pengeringan

keterangan,

A - B : Periode pemanasan / pendinginan

B - C : Laju pengeringan konstan

C - D : Laju pengeringan menurun I

D - E : Laju pengeringan menurun II

C : Titik kritis.

C. KADAR AIR

Kadar air suatu bahan adalah kandungan air yang terdapat pada bahan yang dinyatakan dalam persen. Penentuan kadar air suatu bahan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu (1) kadar air basis basah dan (2) kadar air basis kering Beberapa persamaan kadar air suatu bahan (Henderson dan Perry, 1955):

$$KA \text{ (bb)} = \frac{W_m}{W_d + W_m} \times 100 \% \quad (2)$$

$$KA \text{ (bk)} = \frac{W_m}{W_d} \times 100 \% \quad (3)$$

$$KA \text{ (bk)} = \frac{KA \text{ (bb)}}{100 - KA \text{ (bb)}} \times 100 \% \quad (4)$$

$$KA \text{ (bb)} = \frac{KA \text{ (bk)}}{100 + KA \text{ (bk)}} \times 100 \% \quad (5)$$

dimana :

KA (bb) = kadar air basis basah, %

KA (bk) = kadar air basis kering, %

W_m = berat air

w_d = berat padatan

Kadar air yang dinyatakan dalam basis basah banyak digunakan dalam perdagangan, sedangkan untuk perhitungan pengeringan kadar air basis kering yang banyak digunakan.

Variasi kadar air sering dijumpai pada proses pengeringan. Variasi kadar air ini dapat dipengaruhi

oleh tebal tumpukan biji-bijian, suhu dan kelembaban nisbi udara pengering dan kadar air biji-bijian itu sendiri. Brooker et al (1974) mengemukakan bahwa variasi kadar air biji-bijian yang dikeringkan dapat dikurangi dengan cara (1) tipisnya tumpukan biji-bijian, (2) kecepatan aliran udara pengering yang tinggi, (3) suhu udara pengering yang rendah, dan (4) pengadukan.

Kadar air yang penting diketahui dalam pengeringan dan penyimpanan adalah kadar air kesetimbangan. Biji-bijian umumnya bersifat higroskopik yang mampu menyerap dan mengeluarkan air. Bila uap air yang dilepaskan ke udara lingkungan sama dengan jumlah uap yang diserap maka disebut bahan dalam keadaan setimbang disebut kadar air kesetimbangan (M_e).

Dari definisi kadar air kesetimbangan dapat disimpulkan bahwa kadar air kesetimbangan adalah kadar air terendah yang dapat dicapai/dipertahankan pada kondisi RH dan suhu tertentu.

D. UDARA PENGERING.

Dalam pengeringan udara memegang peranan yang penting karena berfungsi sebagai pembawa energi dan uap air. Uap yang berasal dari bahan harus segera dibawa untuk mencegah kondensasi dan yang bertugas membawa uap air adalah udara pengering. Karena udara

pengering pada alat pengering tipe bak bergerak dari bawah ke atas maka semakin ke atas semakin banyak uap air yang ditampungnya. Apabila pada saat mencapai lapisan atas udara pengering tersebut tidak mempunyai kemampuan lagi untuk menampung air (jenuh) maka penguapan tidak dapat berlangsung atau terhenti. Untuk kadar air tinggi dan pengeringan suhu tinggi (maksimum 75°C) aliran udara yang dibutuhkan berkisar $10 - 30 \text{ m}^3/\text{menit/ton}$ biji-bijian (Thahir dkk, 1988).

Sifat-sifat udara seperti suhu bola basah, suhu bola kering, kelembaban nisbi (RH), kelembaban mutlak (H), titik embun (E), volume spesifik (V), dan entalpi adalah saling berhubungan, untuk melihat hubungan sifat-sifat udara tersebut, dapat digunakan kurva psikometrik.

Brooker et al. (1974) mengemukakan bahwa tekanan statik aliran udara pengering yang melalui tumpukan biji-bijian tergantung pada (1) kecepatan aliran udara, (2) karakteristik bentuk dan permukaan biji-bijian, (3) jumlah, ukuran dan konfigurasi ruang antar biji-bijian, (4) variasi ukuran biji-biji-an dan (5) tebal tumpukan biji-bijian. Faktor lain yang dapat mempengaruhi tekanan statik aliran udara pengering adalah prosentase lubang lantai ruang pengering dan panjang saluran udara ruang pengering (Hall dan Davis, 1979).

Kebutuhan aliran udara untuk berbagai cara pengeringan pada biji-bijian disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Kebutuhan volume aliran udara persatuan volume biji-bijian yang dikeringkan *)

Cara pengeringan	Volume aliran udara m^3/m^3 detik **)		
Aerasi	2.67×10^{-4}	-	0.0133
Tempering	0.0067	-	0.0133
Udara pengering tanpa pemanasan	0.0267	-	0.0667
Tumpukan tipis	0.0267	-	0.1335
Udara pengering dengan pemanasan (54°C - 260°C)	0.4005	-	0.1335

*) Brooker et al, 1974

**) Konversi cfm/bu

E. PENDINGER TIPE BAK

Alat pendinger tipe bak berdasarkan tebal tumpukan biji-bijian dibedakan atas tipe *deep bed dryer* dan *flat bed dryer* (*shallow bed dryer*). Pada tipe *deep bed dryer* biji-bijian yang dikeringkan relative lebih tebal dari pada tipe *flat bed dryer*. Hall (1957) menyarankan untuk tebal tumpukan biji-bijian yang dikeringkan dengan tipe *flat bed dryer* tidak melebihi 45 cm.

Berdasarkan udara pendinger, alat pendinger dibagi dalam dua kelompok, yaitu udara yang dipanaskan dan udara yang tidak dipanaskan (Henderson

dan Ferry, 1955). Kelompok yang pertama menurut konstruksi ruang pengeringnya ada dua jenis yaitu jenis bak dan kontinu.

Sedangkan menurut pemindahan panasnya terbagi menjadi: secara langsung dan tak langsung. Pemindahan panas secara langsung, dimana hasil pembakaran oleh udara langsung berhubungan dengan bahan yang dikeringkan. Sedangkan pada pemindahan panas secara tidak langsung, udara pengering terlebih dahulu diberi energi panas hasil pembakaran dari unit pemanas kemudian dialirkan ke bahan.

III. RANCANGAN DAN KONSTRUKSI RUANG PENGERING

A. RANCANGAN FUNGSIONAL

Ruang pengering yang dibuat berdasarkan fungsinya dapat dibagi menjadi beberapa bagian antara lain: ruang penyimpanan gabah, pintu pengeluaran, ruang plenum dan saluran udara.

Ruang penyimpanan gabah berfungsi sebagai tempat menampung gabah yang akan dikeringkan, sekaligus sebagai tempat penyimpanan sementara.

Pintu pengeluaran berfungsi untuk mengeluarkan gabah yang telah dikeringkan. Letak pintu pengeluaran di sisi ruang penyimpanan gabah, dibuat pada sisi kiri dan kanan dimaksudkan untuk memudahkan pemasukan gabah langsung ke dalam karung.

Ruang plenum berada dibawah ruang penyimpanan gabah, berfungsi untuk menyebarkan dan meratakan udara pengering yang masuk melalui saluran udara.

Saluran udara berfungsi untuk menghubungkan kipas penghembus dengan ruang pengering dan mengalirkan udara pengering ke ruang plenum.

B. RANCANGAN STRUKTURAL

1. RUANG PENYIMPAN GABAH

Ruang penyimpanan gabah menggunakan lantai dari anyaman bambu berukuran $2 \times 4 \text{ m}^2$, dengan jarak antar anyaman $\pm 1 \text{ mm}$ dan lebar anyaman bambu 5 mm . Bambu dianyam dengan kawat email berdiameter 0.75 mm . Rangka lantai dibuat dari kayu kaso berukuran $4/6$ dari kayu meranti merah.

2. PINTU PENGELUARAN

Pintu pengeluaran merupakan bagian dari dinding penyimpanan gabah, yang terbuat dari kayu lapis dengan ketebalan 2.5 mm yang dilapisi almunium ketebalan 0.2 mm . Untuk memperkuat berdirinya pintu dibagian samping pintu dibuat tahanan dengan almunium U yang dipaku pada dinding.

3. RUANG PLENUM

Ruang plenum berukuran lebar 2 m , panjang 4 m dan tinggi 0.6 m . Ruang plenum terdiri dari lantai yang diplester dan dinding dari batako.

4. SALURAN UDARA

Saluran udara terbuat dari papan kayu meranti merah berbentuk persegi berukuran lebar 36 cm , tinggi 50 cm dan panjang 35 cm .

C. ASPEK TEKNIS RANCANGAN

Faktor yang perlu diperhatikan dalam merancang bangunan pertanian menurut Whittaker (1979) adalah:

- (1) Kebutuhan fungsional seperti ruangan, tempratur, cahaya, ketahanan fisik, kebersihan dan keamanan
- (2) Effisiensi sistem termasuk mekanisasi dan penanganan bahan pangan
- (3) Rancangan struktural sesuai dengan beban yang akan diterima oleh bangunan dengan biaya awal dan pemeliharaan yang dapat diterima serta umur yang diinginkan
- (4) Keserasian bahan, termasuk didalamnya: keterse-diaan, daya tahan, kemudahan dalam perawatan, nilai insulasi dan penampilan
- (5) Penghematan dalam konstruksi seperti penghematan dengan dimensi-dimensi, ukuran standart bahan dan komponen
- (6) Fleksibilatas rancangan yang memungkinkan peru-bahan rancangan atau menggantinya sama sekali dengan biaya dan upah yang serendah mungkin.

Kelayakan teknis bangunan pertanian dapat ditinjau dari dua segi yaitu fungsional dan strukturalnya.

1. Kelayakan Struktural

Sifat teknis yang harus dimiliki bangunan pertanian secara struktural adalah mampu menahan beban selama pengisian dan pengeluran. Whitekcker (1979) membagi beban pada bangunan pertanian menjadi :

(a) Beban mati

Beban mati dalah bagian integral dari struktur bangunan yang bersifat permanen (tak bergerak). Yang termasuk didalamnya adalah semua bahan dalam konstruksi seperti beton untuk pondasi maupun kayu dan besi sebagai rangka.

(b) Beban angin atau salju

Beban ini diperhitungkan berdasarkan data meteorlogi daerah setempat.

(c) Beban hidup

Beban ini adalah beban bergerak atau bersifat permanen. Misalnya berat bahan yang disimpan beban alat-alat teknis, kendaraan dan manusia.

2. Kelayakan fungsional

Menurut Purwadaria (1988) salah satu parameter teknis yang perlu diperhatikan dalam rancangan mesin pengering adalah Kemampuan fungsional mesin pengering agar :

- (a) Pengeringan berlangsung merata dan mampu memberi pengaruh yang sama terhadap butiran gabah yang dikeringkan.
- (b) Pemanasan serta penganginan (aerasi) dapat dikendalikan secara otomatis sesuai kebutuhan serta menurut perubahan keadaan lingkungan sekitar.

D. KAYU DAN BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI

1. KAYU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI

Menurut Frick (1991) kayu mempunyai sifat-sifat utama antara lain: kayu merupakan sumber kekayaan alam yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) dan merupakan bahan yang mudah diproses menjadi barang lain.

Selain itu kayu mempunyai sifat khusus yang tidak dapat ditiru oleh bahan lain, misalnya: kayu mempunyai sifat elastis, ulet, mempunyai ketahanan terhadap pembebanan yang tegak lurus dan sejajar serat.

Kayu lapis merupakan suatu panil (papan lebar) yang terdiri dari sejumlah lembaran kayu tipis (finir). Kayu lapis secara struktural dibuat dengan mengutamakan kemampuan panil dalam memikul beban konstruksi.

Menurut Gianto (1979) variabel yang dapat mempengaruhi kegunaannya dalam keteknikan adalah : tebal panil, jumlah lembaran finir, jenis kayu, orientasi serat dalam lapisan, mutu finir, tipe perekat dan kondisi permukaan panil.

Untuk meningkatkan daya gunanya, kayu lapis dapat diberi perlakuan khusus seperti pengecatan atau pelapisan dengan logam atau bahan keras lainnya. Usaha tersebut dilakukan untuk penanggulangan terhadap pengaruh iklim, hama penyakit, dan meningkatkan kekerasan kayu.

2. BAMBU SEBAGAI BAHAN KONSTRUKSI

Bambu merupakan bahan ramuan yang penting sebagai pengganti kayu bagi penduduk desa. Pada umumnya bagian bangunan yang terbuat dari bambu lebih murah dibandingkan dengan bahan bangunan lain untuk kegunaan yang sama. Bambu untuk barang anyaman yang tahan lama sebaiknya terbuat dari bambu jenis terbaik di daerah setempat, dengan garis tengah minimum 4 cm (Frick, 1991)

E. ANALISA TEKNIK

1. Beban Uap Air Gabah

Pada proses pengeringan, untuk menghitung jumlah beban uap air yang harus dikeluarkan dihitung berdasarkan persamaan dibawah ini (Henderson dan Perry, 1955):

$$E = \frac{100 (m_1 - m_2)}{(100 - m_1)(100 - m_2)} W_d \quad (6)$$

dimana :

E = beban uap air, kg

m_1 = kadar air awal, %

m_2 = kadar air akhir, %

W_d = berat padatan, kg

Sedangkan laju perpindahan air (W) dihitung berdasarkan persamaan :

$$W = E / \theta \quad (7)$$

dimana :

W = laju perpindahan air, kg H_2O /jam

θ = waktu pengeringan, jam

2. Energi Untuk Mengeringkan Bahan

Pengeringan dengan udara panas adalah proses adiabatik, energi untuk mengeringkan bahan ditunjukkan oleh penurunan suhu udara. Garis suhu bola basah pada kurva psikometrik menunjukkan proses tersebut dan dapat digunakan untuk menghitung suatu panas pengeringan dan kesetimbangan masa.

Udara dalam keadaan O, pada gambar 2., dipanaskan pada keadaan D dan dilewatkan melalui bahan yang dikeringkan seperti keadaan yang menggerakkan garis bola basah ke atas dan udara mengalir keluar pada keadaan A.

Energi yang dibutuhkan didapat dengan bantuan kurva psikometrik, dapat ditulis dengan persamaan (Brooker et al., 1974):

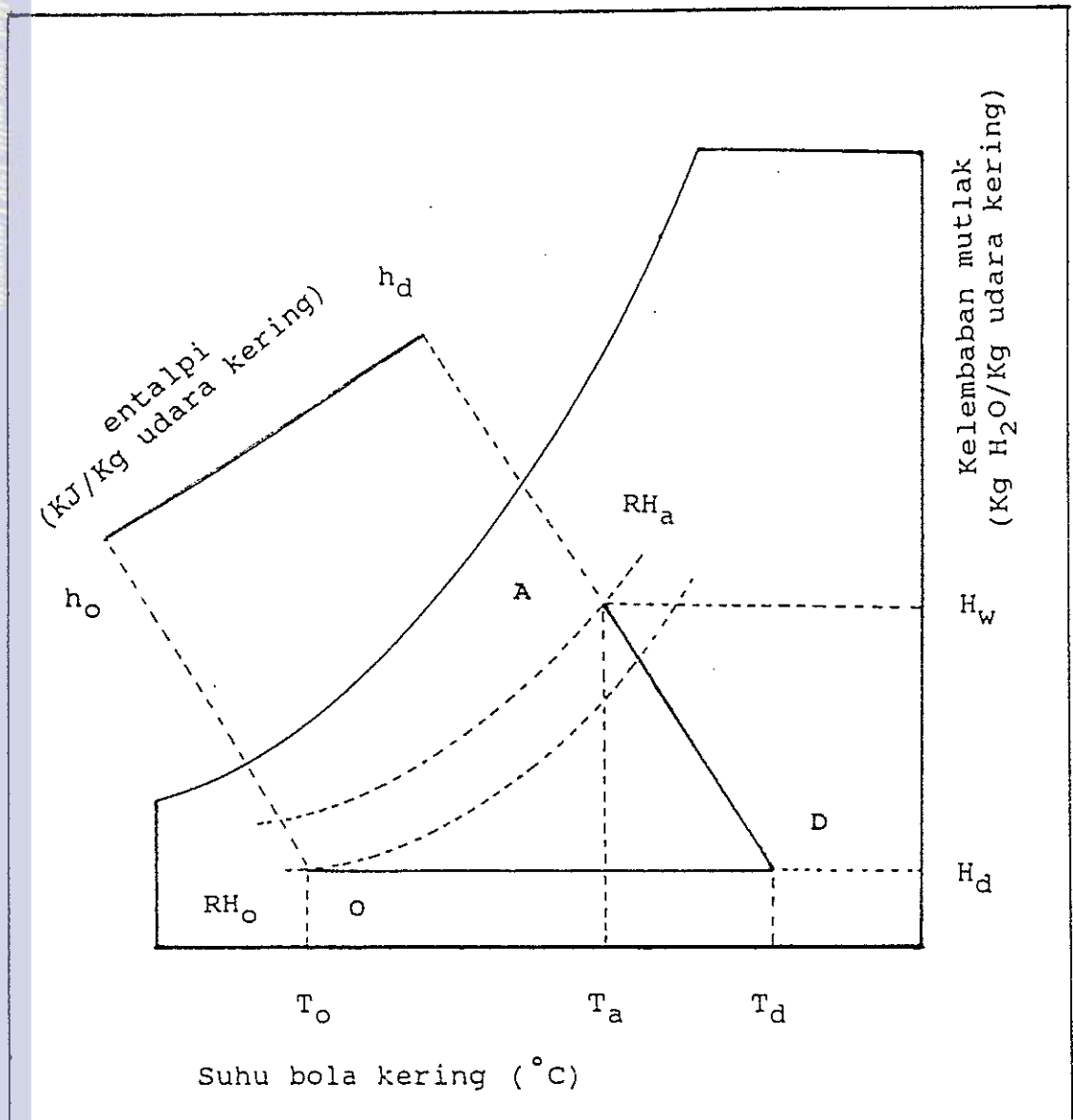
$$q_1 = \frac{Q}{v} (h_d - h_o) \quad (8)$$

dimana :

q_1 = energi untuk mengeringkan bahan, kJ/jam

h_d = enthalpi udara pada keadaan d, kJ/kg
udara kering

h_o = enthalpi udara pada keadaan o, kJ/kg
udara kering



Gambar 2. Proses terjadinya pengeringan bahan

Q = debit aliran udara, m^3/jam

v = volume spesifik udara, m^3/kg udara kering

3. Pindah Panas Pada Dinding

Panas yang dihasilkan oleh bahan bakar tidak seluruhnya dapat digunakan untuk mengeringkan bahan. Sebagian besar panas hilang kelingkungan sekitar melalui dinding pengering, lantai dan sebagainya.

Besarnya kehilangan panas tersebut dapat dihitung dengan persamaan berikut (Welty, 1976):

$$q_h = \frac{A (T_p - T_\infty) (3600/1000)}{1/h_p + x/k + 1/h_\infty} \quad (9)$$

dimana :

q_h = kehilangan panas melalui dinding plenum, (Kj/jam)

A = luas total permukaan dinding, m^2

T_p = suhu udara pengering, $^{\circ}C$

T_∞ = suhu udara lingkungan, $^{\circ}C$

h_p = koefisien konveksi udara plenum, $W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$

h_∞ = koefisien konveksi udara luar, $W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$

x = tebal dinding, m

k = konduktivitas dinding, $W/m^2 \text{ } ^{\circ}C$

4. Efisiensi pemanasan

Efisiensi pemanasan dihitung berdasarkan perbandingan antara jumlah energi untuk memanaskan bahan dengan energi yang dihasilkan bahan bakar minyak tanah.

$$(\pi) = \frac{q_1}{q_{bb}} \quad (10)$$

dimana :

(π) = efisiensi pemanasan, %

q_1 = energi untuk memanaskan bahan, kJ/jam

q_{bb} = energi setara konsumsi bahan bakar, kJ/jam

E. ANALISIS EKONOMI

Untuk mengetahui kelayakan alat pengering gabah dilakukan analisa ekonomi dengan jalan menghitung jumlah biaya yang dikeluarkan untuk mengeringkan bahan persatuan berat. Dilakukan analisa "Benefit cost ratio " untuk mengetahui apakah alat menguntungkan jika memproduksi pada jangka waktu tertentu sesuai dengan umur ekonomi alat.

a. Biaya Pokok Pengeringan

Untuk menghitung biaya pokok pengeringan, digunakan persamaan :

$$BP = (A/X + B) (C) \quad (11)$$

dimana :

BP = biaya pokok pengeringan, Rp/kg

A = total biaya tetap, Rp/tahun

B = total biaya tidak tetap, Rp/tahun

X = jumlah jam kerja pertahun, jam/tahun

C = kapasitas kerja alat, jam/kg

b. Biaya Tetap.

Biaya tetap terdiri dari biaya penyusutan alat pengering. Biaya tetap dihitung dengan menggunakan persamaan (De Garmo, 1974):

$$A = (P - S) \times Crf (i, n) \quad (12)$$

dimana :

A = biaya tetap, Rp/tahun

P = harga pembelian alat, Rp

S = nilai akhir, 10 % dari P, Rp

Crf= Capital recovery faktor

i = tingkat bunga modal pertahun adalah 16 %

n = umur alat pengering adalah 5 tahun

c. Biaya tidak tetap.

Biaya tidak tetap terdiri dari upah tenaga kerja, biaya pemakaian listrik, minyak tanah, dan biaya perbaikan dan pemeliharaan.

d. Perhitungan Benefit-Cost Ratio

Untuk mengetahui apakah penggunaan alat pengering layak atau tidak, maka perlu diketahui benefit cost ratio menurut persamaan :

$$B/C = P/Q \quad (13)$$

dimana :

P = nilai total penerimaan, Rp

Q = nilai total pengeluaran, Rp

Perhitungan analisis Biaya Pengeringan terdapat pada Lampiran 12.



IV. METODE PENELITIAN

A. BAHAN DAN ALAT

1. BAHAN

Bahan yang digunakan untuk pembuatan ruang pengering adalah batako, pasir, semen, kaso, rangka besi, paku, tripleks, almunium lembaran, lem, mur, baut, tarikan pintu, kawat email, almunium U, anyaman bambu, papan, dan besu U.

Bahan yang digunakan untuk pengujian ruang pengering tipe bak mendatar adalah : gabah lepas panen dan minyak tanah.

2. ALAT

Peralatan yang digunakan untuk perancangan meliputi peralatan gambar. Untuk pembuatan digunakan peralatan untuk bangunan.

Sedangkan peralatan yang digunakan untuk pengujian adalah :

1. Pemanas tipe langsung rancangan Mustofa (1993)
2. Kipas sentrifugal rancangan Napitupulu (1993)
3. Oven listrik
4. Timbangan laboratorium
5. Sebelas buah termometer
6. Sample probe

7. Timbangan 500 kg
8. Desikator
9. Penggaris 40 cm
10. Manometer
11. Jam tangan

B. TEMPAT DAN WAKTU

Pembuatan dan Pengujian ruang pengering gabah dilakukan di Lahan Infrastruktur , Leuwikopo . Jurusan Mekanisasi Pertanian, FATETA IPB Darmaga Bogor.

Waktu Penelitian dilakukan dari bulan Juli sampai dengan bulan September 1993.

C. PEMBUATAN RUANG PENDING

Pembuatan ruang pengering membutuhkan 2 orang, yaitu Juru Batu dan Juru Kayu. Adapun tahap-tahap pembuatan ruang pengering adalah sebagai berikut:

1. Menentukan lokasi pembuatan alat
2. Meratakan tanah
3. Membuat pondasi
4. Membuat ruang plenum setinggi 60 cm
5. Membuat lantai dasar
6. Membuat lantai penyimpan gabah
7. Membuat dinding penyimpan gabah setinggi 150 cm
8. Membuat pintu

9. Memasang anyaman bambu
10. Membuat saluran udara
11. Membuat dudukan kipas
12. Memasang kipas dengan ruang pengering

D. PENGUJIAN TEKNIS

1. Parameter yang diukur

Parameter yang diukur selama pengujian alat meliputi:

- (a) Berat gabah awal proses pengeringan
- (b) Kadar air awal gabah
- (c) Penurunan kadar air selama pengeringan
- (d) Suhu yang meliputi:
 - suhu bola basah dan kering udara lingkungan
 - suhu udara pengering diruang plenum
 - suhu gabah
 - suhu disaluran udara pengering
- (e) Tekanan statik di ruang plenum
- (f) Konsumsi bahan bakar minyak tanah
- (g) Mutu gabah hasil pengeringan

2. Proses pengeringan

Proses pengeringan diawali dengan persiapan alat pengeringan serta persiapan bahan baku yang akan digunakan. Proses pengeringan dimulai pada saat pemanas dan kipas mulai dihidupkan.

Untuk memperkecil variasi kadar air dan mencegah terjadinya *over drying* pada lapisan bawah maka dilakukan pembalikan setiap dua jam sekali.

3. Pengamatan dan pengukuran

Pengamatan dan pengukuran yang dilakukan selama proses pengeringan adalah :

a. Berat gabah

Gabah sebelum dilakukan proses pengeringan ditimbang dengan menggunakan timbangan berkapasitas 500 kg.

a. Pengukuran kadar air

Contoh gabah diambil dengan sample probe pada 4 titik pengamatan, yaitu lapisan atas dan bawah, satu meter dari sisi dekat kipas serta lapisan atas dan bawah, satu meter dari ujung ruang pengering. Pengukuran dilakukan dengan metode primer (oven listrik), bahan dikeringkan selama 24 jam pada suhu 100 °C

b. Pengukuran suhu bahan

Suhu bahan diukur dengan menggunakan termometer yang dimasukan pada gabah dengan 9 titik pengamatan.

c. Pengukuran suhu pada saluran udara dan ruang plenum.

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan termometer pada bagian atas saluran udara pengering dan pada bagian tengah ruang plenum.

- d. Pengukuran suhu bola basah dan bola kering udara lingkungan pada awal pengujian dicatat.
- e. Tekanan statik pada awal pengujian dicatat.
- f. Lama waktu pengeringan

Lama waktu pengeringan adalah waktu saat motor kipas dan pemanas dihidupkan hingga tercapai kadar air rata-rata 13 - 14 % basis basah. Proses pembalikan tidak termasuk sebagai waktu pengeringan.

- g. Konsumsi minyak tanah selama proses pengeringan dicatat.

V. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENGUJIAN TEKNIS

Ruang pengering yang dibuat diuji secara teknis dengan sumber energi panas minyak tanah dan kipas tipe sentrifugal dengan motor listrik sebagai tenaga penggerak.

Dari hasil pengujian diperoleh besaran parameter pengeringan sebagai berikut : suhu udara pengering pada plenum 42.2°C , Suhu bola kering dan bola basah udara lingkungan 28°C dan 24.5°C , Suhu udara pengering pada saluran udara 43°C , Tekanan statik $4.7 \text{ cmH}_2\text{O}$ dan tebal tumpukan gabah 31 cm. Lama waktu pengeringan 8 jam, tidak termasuk waktu pembalikan setiap dua jam sekali selama 15 menit.

Pada pengujian ruang pengering terdapat beberapa kebocoran aliran udara melalui penjepit pintu dan sambungan antara saluran udara dan ruang pengering. Hal ini disebabkan kecepatan aliran udara yang tinggi yang dihasilkan oleh kipas dan rancangan pintu yang kurang lebar dibandingkan dengan lubang pintu yang tersedia. Kurang rapatnya bagian penjepit almunium U dengan dinding dan sambungan antara saluran udara dengan bak pengering dapat diatasi dengan menambahkan pelapis karet yang lebih tebal bagian-bagian tersebut diatas.

B. LAJU PENGERINGAN GABAH

Penentuan laju pengeringan gabah ditunjukkan pada gambar 3. Data percobaan penurunan kadar air terdapat pada lampiran 9.

Waktu yang dibutuhkan untuk menurunkan kadar air gabah yang dikeringkan dari kadar air awal 34.04 % basis kering sampai 16.31 % basis kering adalah 8 jam. Dengan demikian laju pengeringan gabah selama percobaan dapat disajikan pada tabel 3.

Tabel 3. Hasil Perhitungan Laju Pengeringan Gabah

Keterangan	Hasil Perhitungan
Selisih kadar air (% bk)	17.73
Beban uap air (E, kg)	198.51
Waktu Pengeringan (θ , jam)	8
Laju Pengeringan	
(a) % per-jam	2.22
(b) kg H ₂ O per-jam	24.81

C. KARAKTERISTIK SUHU GABAH

Pada awal pengujian suhu awal gabah 29 °C, sedangkan pada akhir pengujian suhu gabah berkisar 39 °C dan 40 °C

Dari grafik hubungan suhu bahan dengan waktu saat percobaan disajikan pada Gambar 4. dan Gambar 5., terlihat penyebaran suhu gabah relative merata.

D. EFISIENSI PEMANASAN

Efisiensi total sistem pemanasan udara ditetapkan sebagai hasil perbandingan antara jumlah panas yang digunakan untuk mengeringkan bahan dengan panas yang dihasilkan oleh pemanas bahan bakar minyak tanah persatuan waktu.

Perhitungan efisiensi pemanasan udara terdapat pada lampiran 4. Dari hasil perhitungan didapat efisiensi 25.76 %, dengan kebutuhan panas untuk mengeringkan bahan adalah 34 416 kJ/jam dan nilai panas yang dihasilkan bahan bakar minyak tanah sebesar 133 565.6 kJ/jam.

Tingkat efisiensi pemanas tergantung dari suhu lingkungan, R_h udara lingkungan dan efisiensi brander yang menentukan waktu pengeringan. Untuk meningkatkan daya guna brander dapat dilakukan dengan membuat penyanggah brander yang dapat diatur ketinggian dan jaraknya.

E. PINDAH PANAS PADA DINDING

Pindah panas pada ruang pengering terjadi pada bagian ruang plenum dan lantai plenum. Pindah panas yang melalui dinding pengering ruang plenum adalah 170.18 kJ/jam (0.13 % dari konsumsi bahan bakar) dan pindah panas yang terjadi pada lantai plenum sebesar

186.80 kJ/jam (0.14 % dari konsumsi bahan bakar). Perhitungan selengkapnya mengenai pindah panas terdapat pada lampiran 5.

F. EVALUASI KONSTRUKSI

Pada perancangan seperti terdapat pada Lampiran 11. Beban diasumsikan merata pada lantai sebesar 0.01875 kg/cm^2 . Analisis konstruksi bagian kritis pada luasan $100 \times 100 \text{ cm}^2$. Didapat momen maksimum sebesar $2\,343.75 \text{ g cm}$. Untuk perancangan ruang pengering ini digunakan tegangan lentur kayu meranti merah 645 kg/cm^2 (Martawijaya, 1981) dengan faktor keselamatan 2. Tegangan ijin yang digunakan menjadi 322.5 kg/cm^2 . Tegangan geser yang terjadi akibat pembebanan 5.8 kg/cm^2 , lebih kecil dari tegangan geser kayu meranti merah 11.66 kg/cm^2 (Martawijaya, 1981).

Dinding kritis pada pintu pengeluaran dari tripleks dengan bahan dasar kayu meranti merah ketebalan 2.5 mm. Menghasilkan Panel impact 0.228 kg/cm^2 (Gianto, 1985), masih lebih besar dibandingkan dengan tekanan lateral gabah pada ketinggian 31 cm, yaitu 4.75 g/cm^2 .

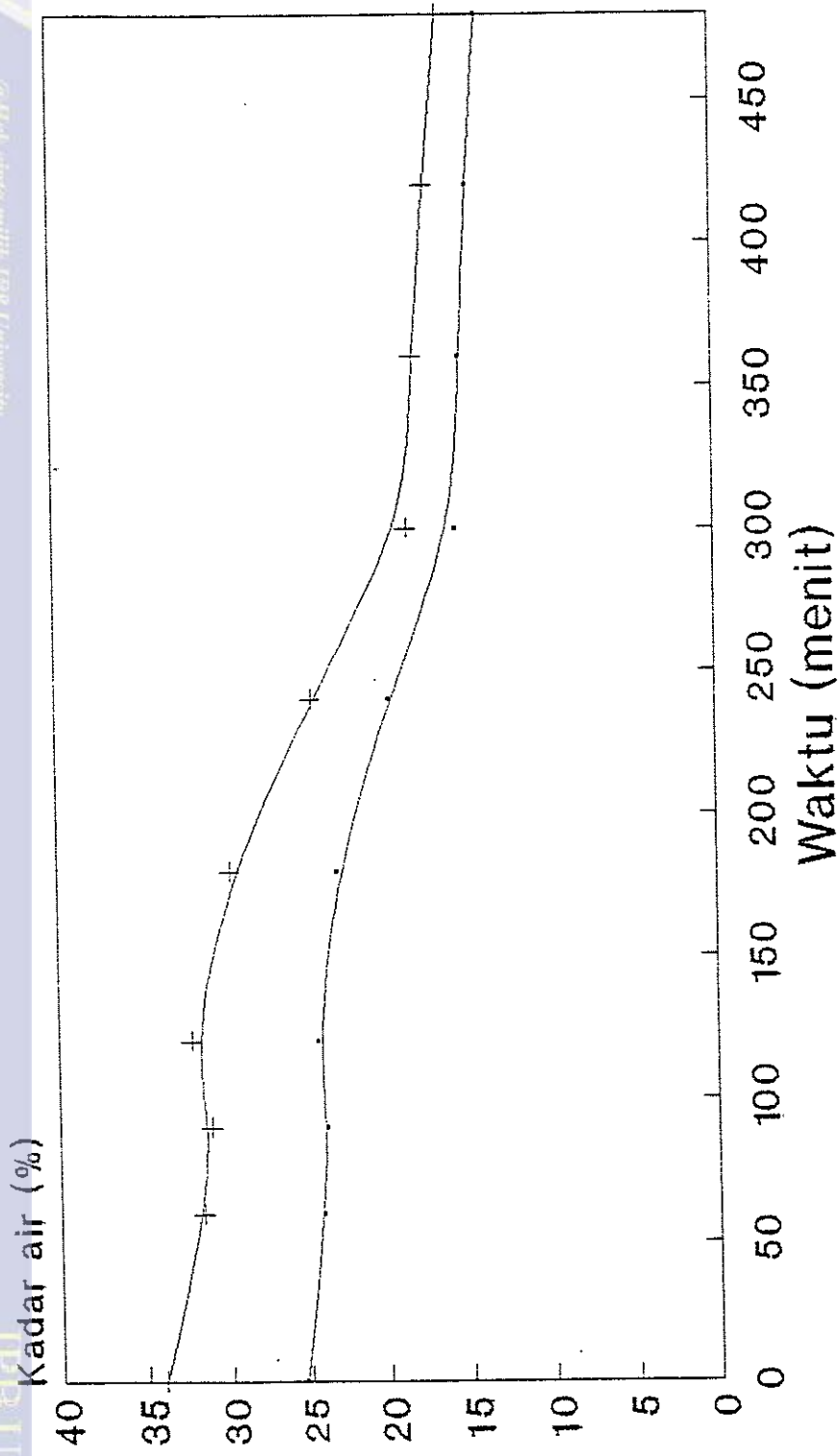
G. ANALISIS EKONOMI

1. PERHITUNGAN BIAYA POKOK PENGERINGAN

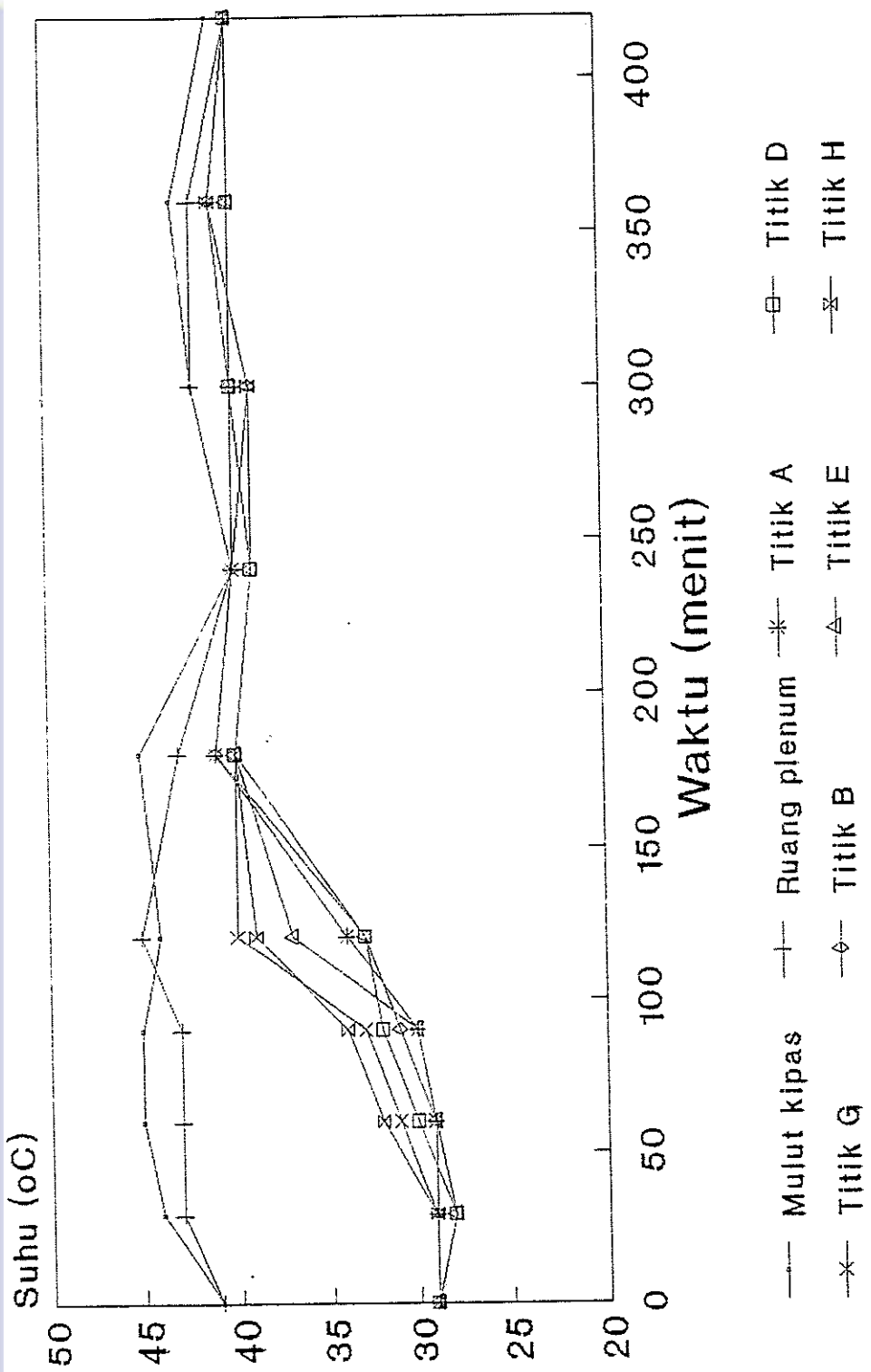
Biaya pokok pengeringan gabah dengan menggunakan ruang pengering tipe bak mendatar, pemanas tipe langsung, dan kipas tipe sentrifugal dengan motor listrik pada beban pengeringan 1.5 ton dengan waktu pengeringan selama 8 jam adalah Rp 14.55/kg. Sedangkan untuk kapasitas 3 ton dengan lama waktu pengeringan selama 16 jam, biaya pokok pengeringannya Rp 14.55/kg. Biaya pokok pengeringan dapat mencapai Rp 10.91/kg jika digunakan pada kapasitas 3 ton dengan lama waktu pengeringan 12 jam.

2. PERHITUNGAN BENEFIT COST RATIO

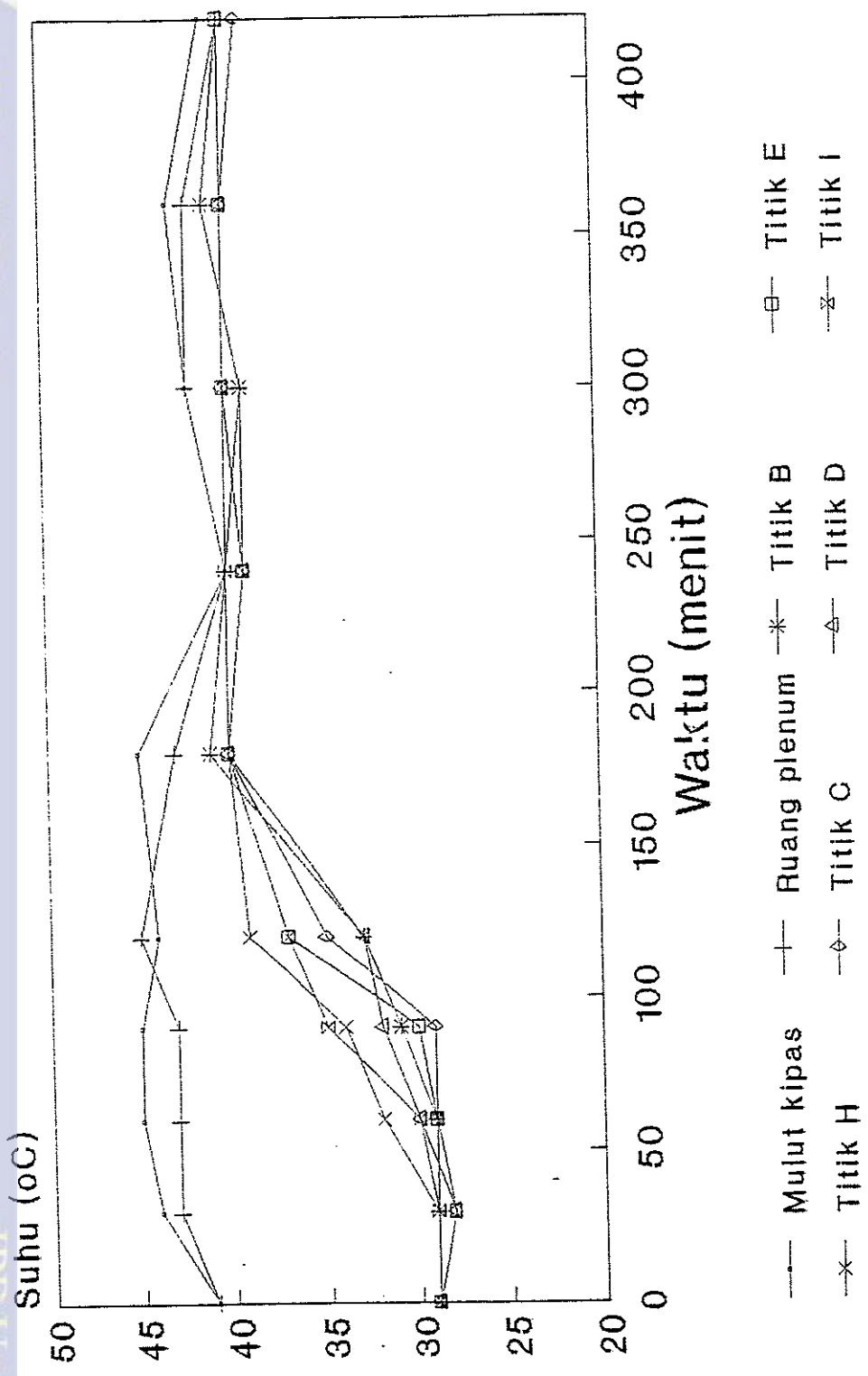
Benefit Cost Ratio alat pengering gabah dengan menggunakan ruang pengering tipe bak mendatar, pemanas tipe langsung dan kipas tipe sentrifugal dengan motor listrik, masing-masing untuk kapasitas alat 1.5 ton lama waktu pengeringan 8 jam, kapasitas alat 3 ton lama waktu pengeringan 16 dan 12 jam adalah 1.03, 1.03 dan 1.04. Perhitungan selengkapnya terdapat pada lampiran 12.



— Basis basah — Basis kering
 Gambar 3. Laju pengeringan gabah



Gambar 4. Grafik suhu bahan I



Gambar 5. Grafik suhu bahan II

VI. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

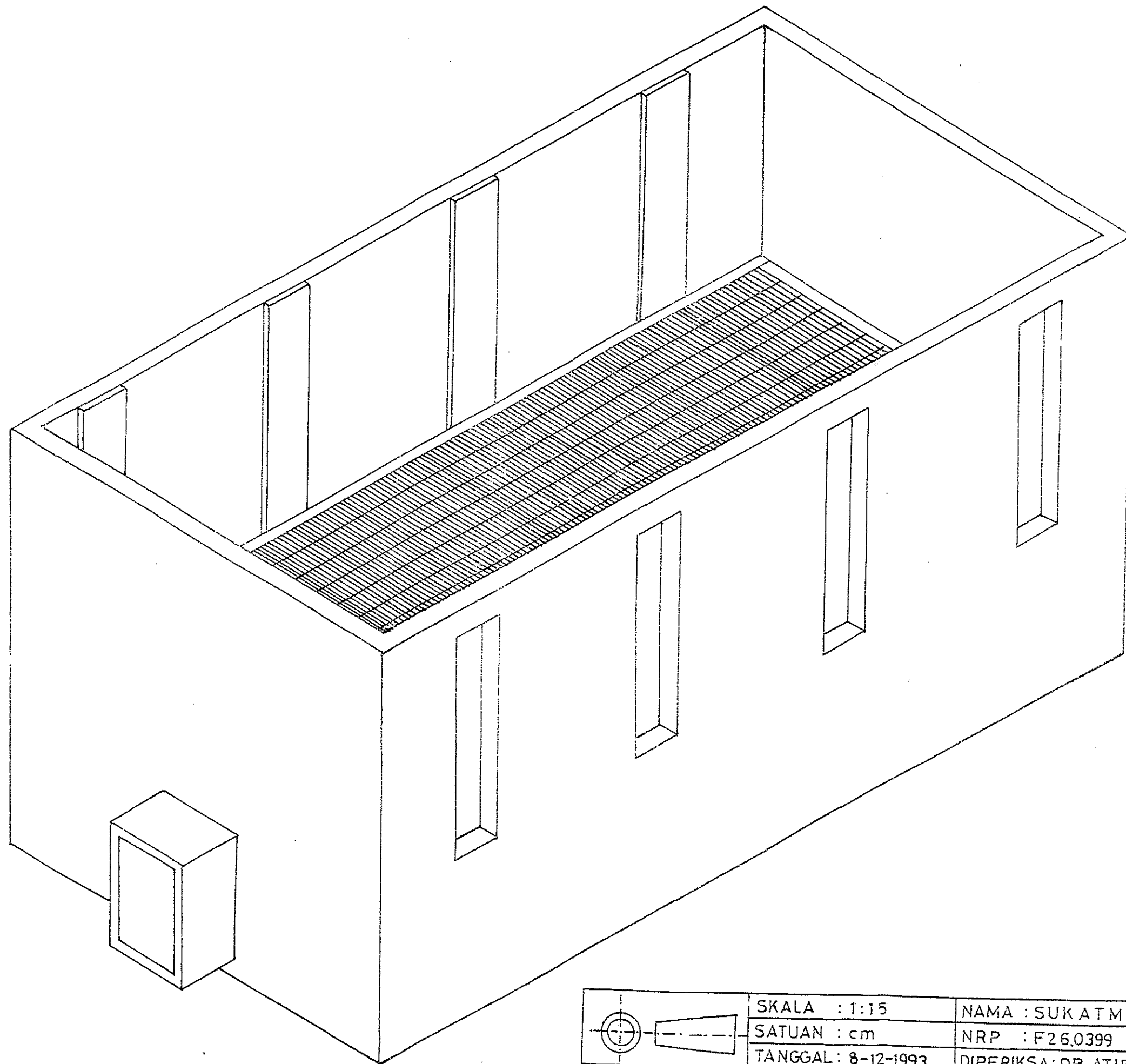
1. Rancangan ruang pengering dibuat permanen, dan dapat digunakan sebagai tempat penyimpanan sementara.
2. Bahan yang dikeringkan pada pengujian 1500 kg gabah basah. Dari kadar air awal 34.04 % basis kering sampai kadar air akhir 14.01 %, membutuhkan pengeringan selama 8 jam.
3. Laju pengeringan gabah 2.21 % basis kering/jam.
4. Suhu udara pengering yang mampu dihasilkan oleh pemanas pada ruang plenum adalah 42.2 °C.
5. Penyebaran suhu gabah pada bak pengering relative merata, dengan suhu awal gabah 29 °C dan suhu akhir gabah 39 °C - 40 °C.
6. Biaya pokok gabah pada kapasitas alat 810 000 kg/tahun adalah Rp 14.55/kg.

B. SARAN

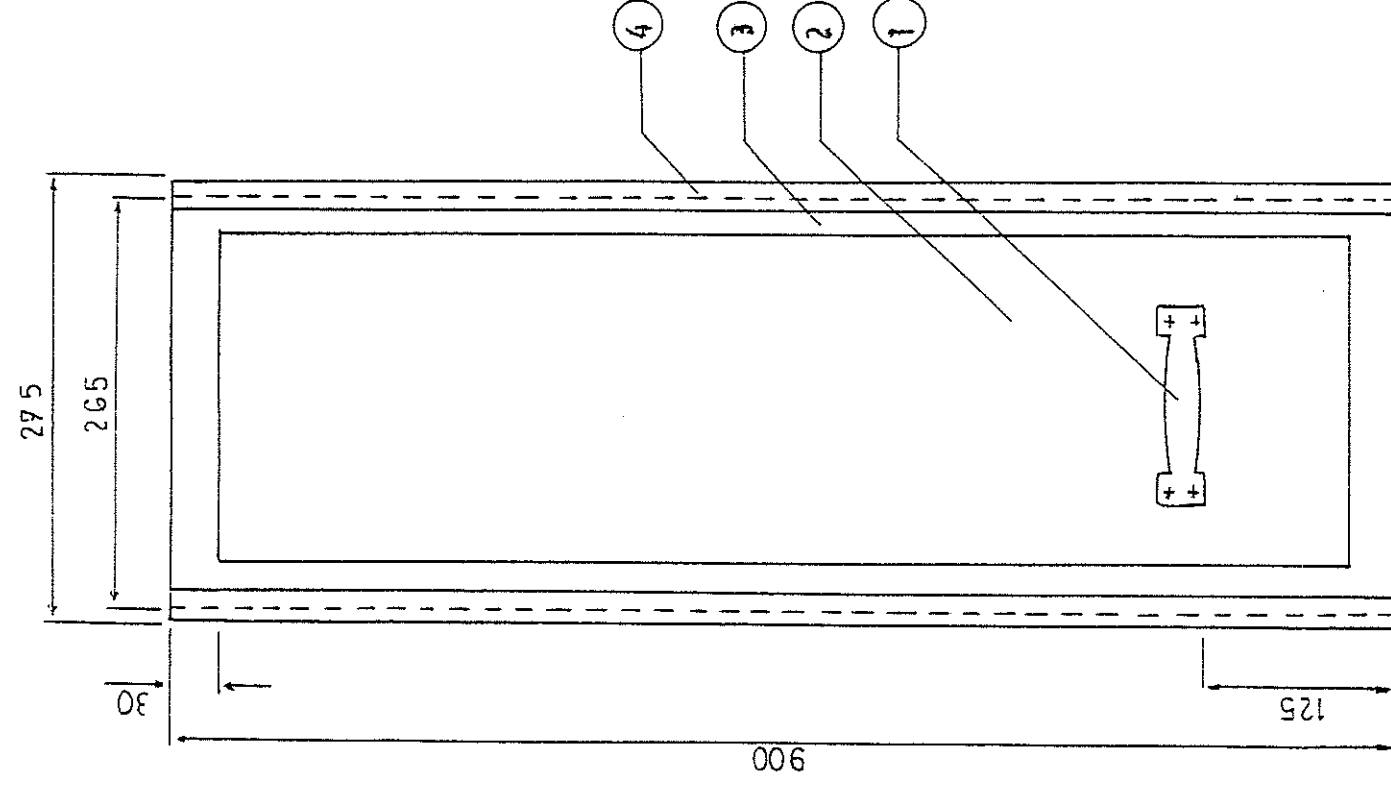
1. Kapasitas rancangan ruang pengering masih dapat ditingkatkan menjadi 3 000 kg, dengan perbaikan lantai ruang penyimpanan gabah.
2. Penggunaan alat pengering perlu dikembangkan untuk membantu petani dalam melakukan pengeringan terutama pada musim penghujan.

LAMPIRAN

Hak Cipta, Penemuan, Penemuan, dan Penemuan
1. Dilarang menyalin, mengutip, atau menyalin karya tulis ini tanpa izin dari IPB University dan menyalin kembali.
a. Penyalinan untuk keperluan pendidikan, penelitian, atau karya ilmiah, penyalinan laporan, penyalinan karya tulis, atau penyalinan karya tulis.
b. Penyalinan untuk keperluan lain, penyalinan yang tidak dapat dipertanggungjawabkan oleh IPB University.
2. Dilarang menyalin, mengutip, atau menyalin karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

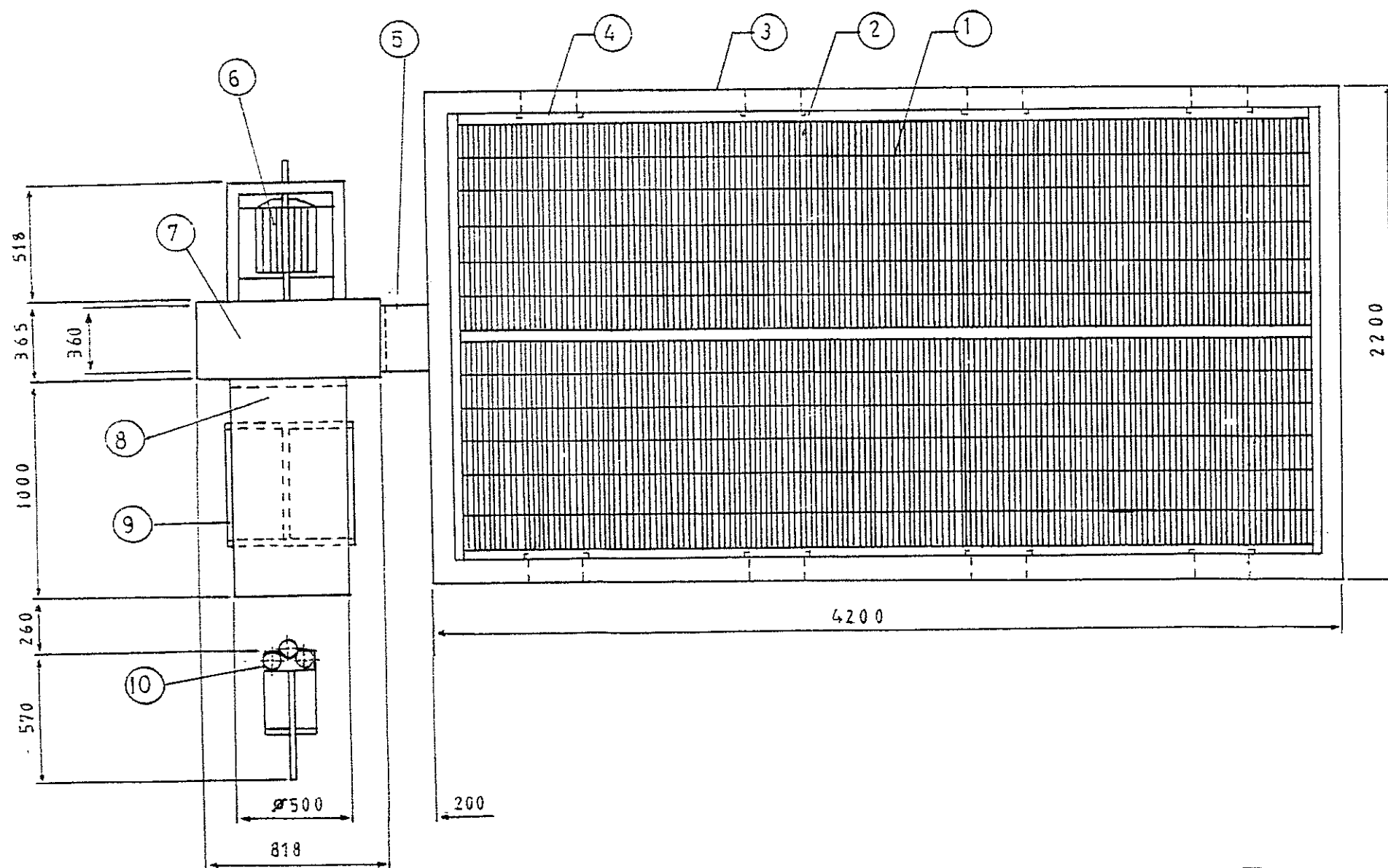


	SKALA : 1:15	NAMA : SUKATMA	PERINGATAN
	SATUAN : cm	NRP : F26.0399	
	TANGGAL : 8-12-1993	DIPERIKSA: DR. ATJENG	
FATETA	PIKTORIAL RUANG		HAL A3

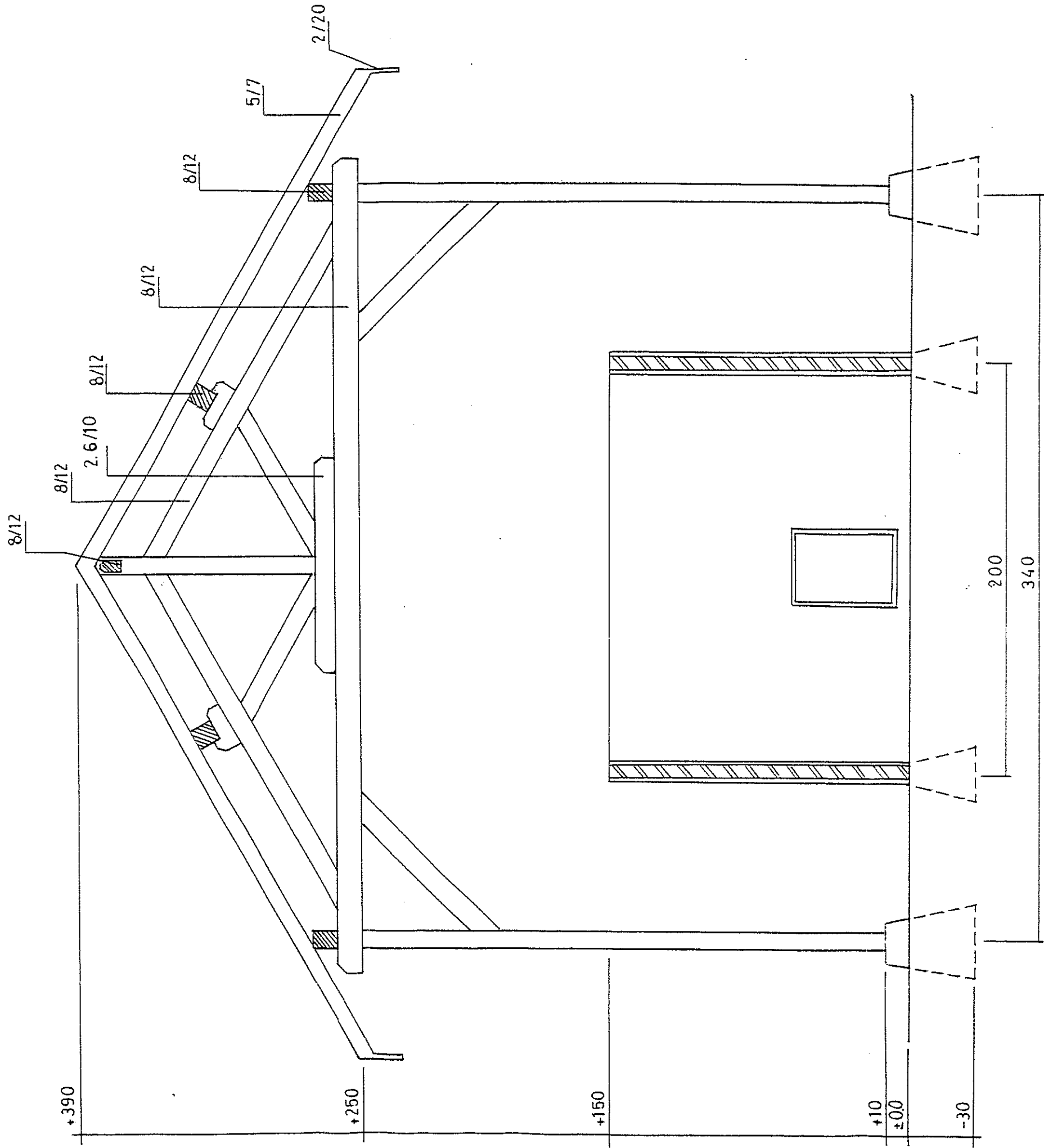


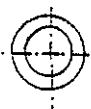
4	2	PENJEPIT PINTU	ALMUNIU U				
3	1	PELAPIS	ALMUNIU				
2	1	DASAR. PINTU	TRIPLEKS				
1	8	TARIKAN	BESI				
NO	JML	NAMA	BAHAN			KETERANGAN	
		SKALA	: 1 : 5	NAMA	: SUKATMA	PERINGATAN	
		SATUAN	: mm	NRP	: F 260399		
		TANGGAL	: 9-12-1993	DIPERIKSA: DR. ATJENG			
F A P E T A I P B		P I N T U P E N G E L U A R A N			HAL 43	A3	

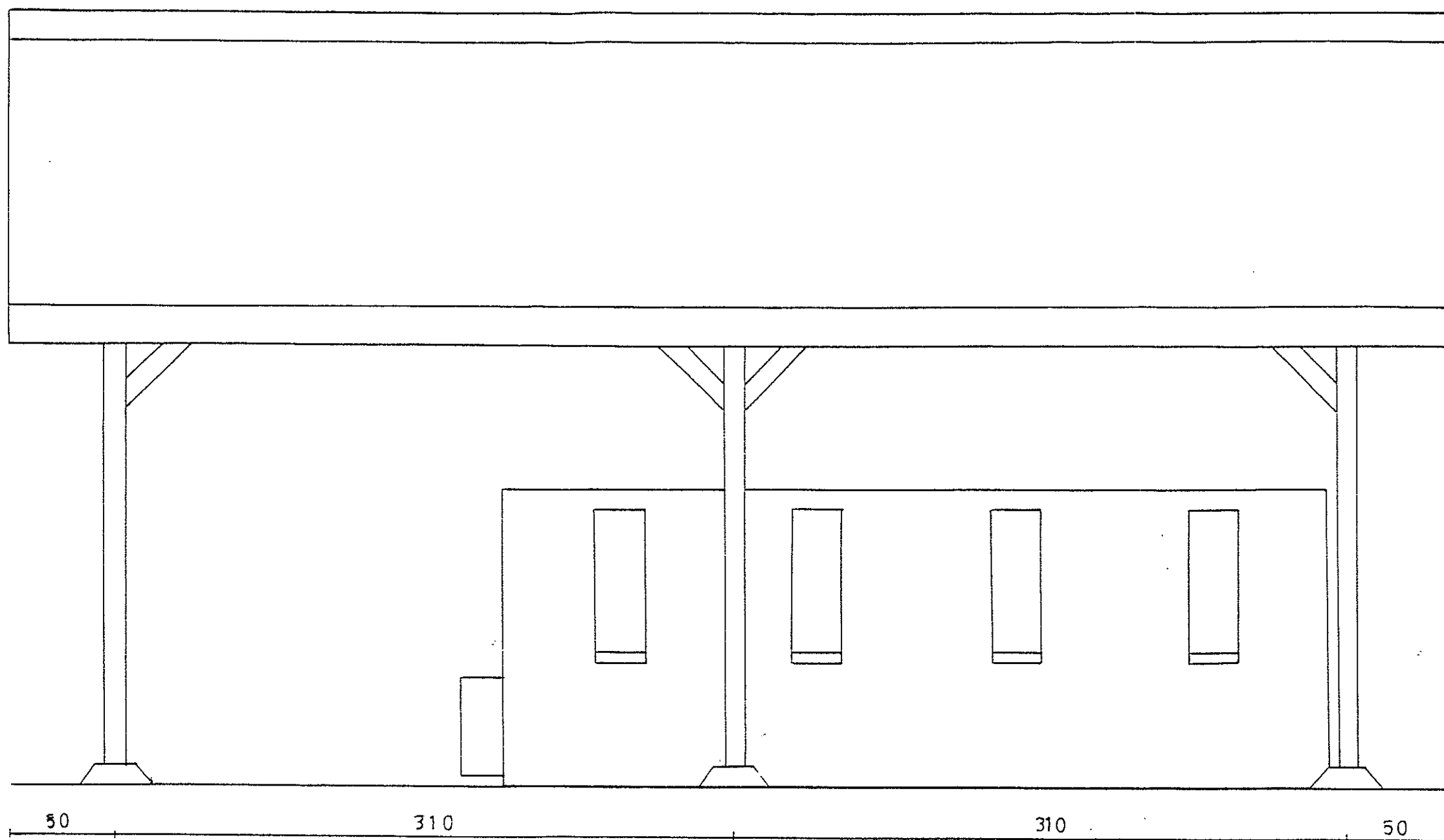
NOBAG	JML	N A M A	B A H A N	K E T E R A N G A N
1	1	PENGIKAT ANYAMAN	KAWAT EMAIL	Ø 0.70 mm
2	1	LANTAI BERLUBANG	ANYAMAN BAMBU	
3	4	DINDING BAK PENGERING	BATAKO	DIPLESTER
4	8	PINTU PENGELUARAN	TRIPLEKS tebal 2 mm	DILAPIS ALUMINIUM
5	1	SALURAN UDARA	PAPAN KAYU 36 x 50 cm	
6	1	MOTOR LISTRIK 5.5 hp		AC 380 V/ 3 FASA
7	1	KIPAS SENTRIFUGAL		Ø 385 mm
8	1	SALURAN PEMANAS UDARA	BESI PLAT tebal 1 mm	
9	1	RANGKA PENUNJANG	BESI SIKU 25 x 25 mm	SAMBUNGAN DILAS
10	3	BURNER	KUNINGAN	

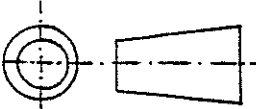


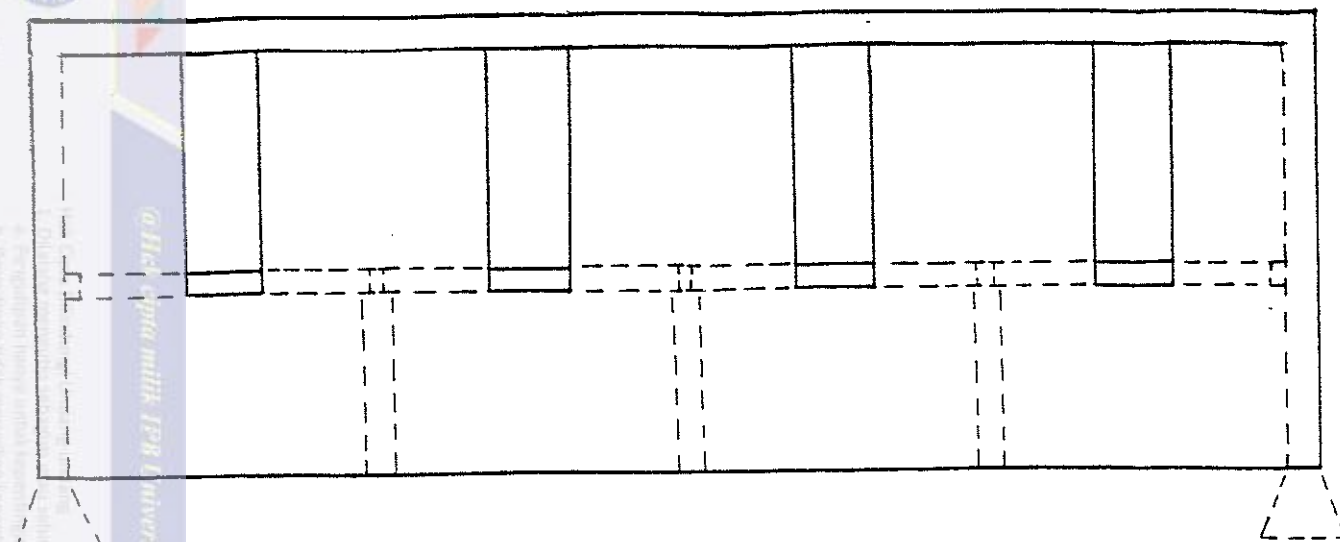
	SKALA : 1 : 25	NAMA : SUKATMA	PERINGATAN	
	SATUAN : mm	NRP : F 2 60399		
	TANGGAL : 23-1-1994	DIPERIKSA : DR. ATJENG		
MEP - F A T E T A	TAMPAK A T A S		HAL	A ₃



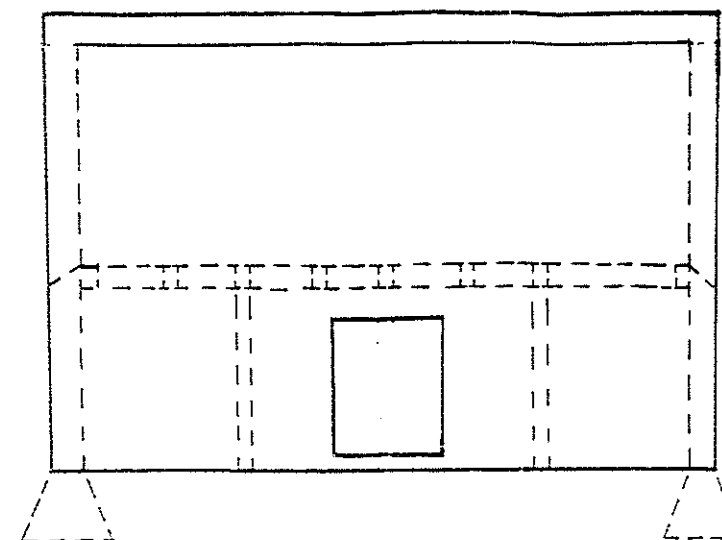
 F A T E T A I P B	SKALA : 1:20	NAMA : SUKATMA	PERINGATAN
	SATUAN : cm	NRP : F260399	
	TANGGAL : 12-12-1993	DIPERIKSA : DR.ATIENG	
POTONGAN RUANG PENERING DENGAN ATAP SETEMPAT		HAL 45	A ₃



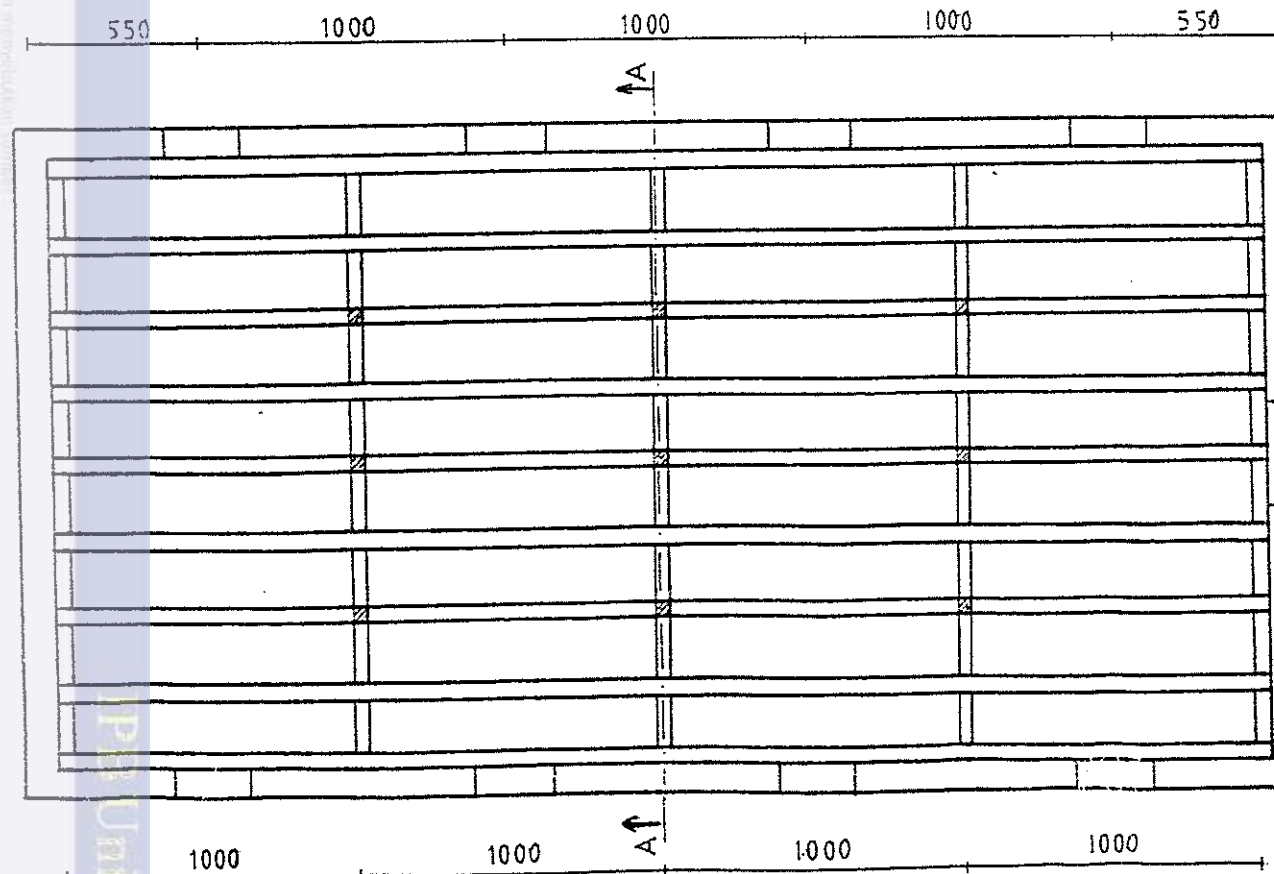
	SKALA : 1 : 25	DIGAMBAR OLEH: SUKATMA	
	SATUAN : cm	N R P : F 260399	
	TANGGAL : 3-3-1994	DIPERIKSA OLEH: DR. ATJENG M.	
MEP-FATETA I P B		RUANG PENDING DENGAN ATAP SETEMPAT	
		HAL 46	A3



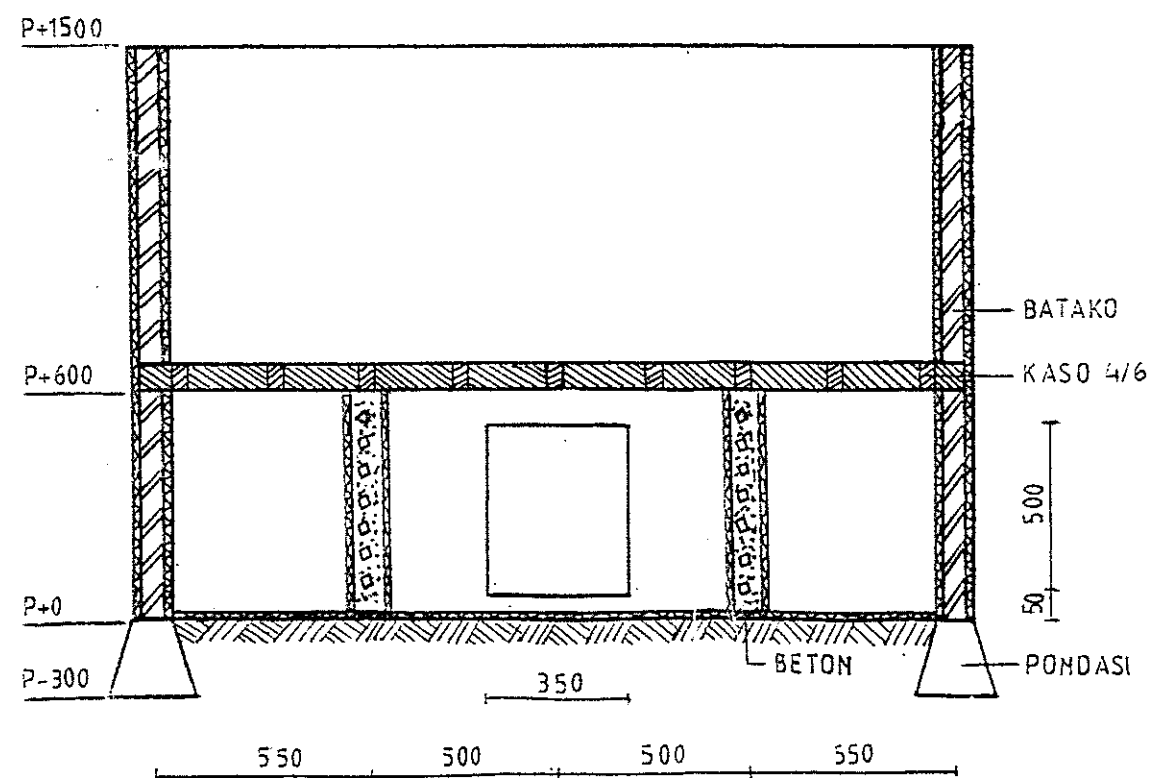
TAMPAK SAMPING
SKALA 1:25



TAMPAK MUKA
SKALA 1:25



DENAH
SKALA 1:25



POTONGAN A-A
SKALA 1:20

KETERANGAN

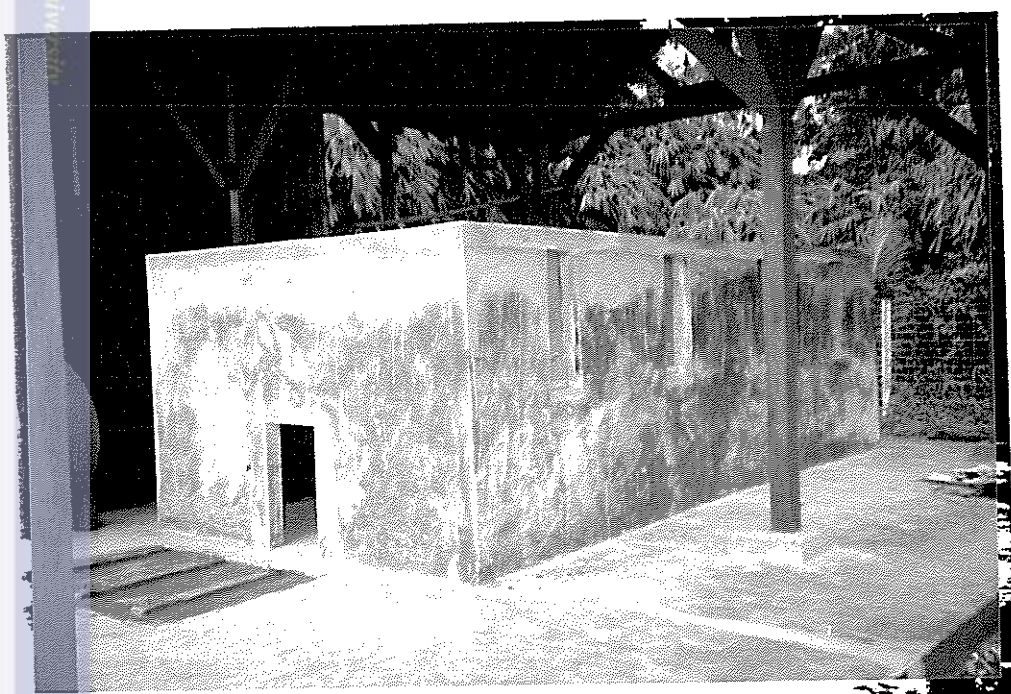
REVISI

LAB. GAMBAR
MEKANISASI PERTANIAN
FATETA -IPB

JUDUL
RUANG PENGERING

NAMA	SUKATMA
NRP	E 26 0399
PEMERIKSA	DR. ATJENG MS
SKALA	TERTERA
SATUAN	mm
TANGGAL	18 JULI 1993
LEMBAR	47

Lampiran 2. Gambar Hasil Rancangan



Lampiran 2. (lanjutan)

Gambar 2.1. Struktur bangunan





Lampiran 2. (lanjutan)

Gambar 2.1. (lanjutan)



Kebutuhan energi panas untuk pengeringan

$$\begin{aligned}
 q_p &= \frac{Q}{v} \times (h_d - h_o) \\
 &= \frac{0.55 \text{ m}^3/\text{det}}{0.92 \text{ m}^3/\text{kg udara kering}} \times (89 - 73) \text{ kJ/kg udara kering} \\
 &= 9.56 \text{ kJ/det} = 34416 \text{ kJ/jam}
 \end{aligned}$$

$$\text{Konsumsi brander } (K_{bb}) = 3.88 \text{ lt/jam} = 133565.575 \text{ kJ/jam}$$

Konversi yang digunakan :

$$1 \text{ joule} = 0.24 \text{ kalori}$$

$$\text{Kerapatan minyak tanah} = 790 \text{ kg /m}^3 \text{ (Basler et al., 1980)}$$

$$\text{Nilai panas minyak tanah} = 10 \text{ 374.96 kkal/kg}$$

Efisiensi mesin pengering

$$\begin{aligned}
 (\eta) &= \frac{q_p}{K_{bb}} \times 100 \% \\
 &= \frac{34416}{133565.575} \times 100 \% = 25.76 \%
 \end{aligned}$$

Lampiran 4. Perhitungan pindah panas pada lantai dan dinding ruang pengering

1. Perhitungan konveksi udara (h)

(a) Konveksi paksa pada dinding bagian dalam

$$\text{Suhu udara di ruang plenum } (T_{\infty}) = 42^{\circ}\text{C} \text{ (} 315 \text{ K)}$$

$$\text{Suhu dinding plenum } (T_O) = 32^{\circ}\text{C} \text{ (} 305 \text{ K)}$$

$$\text{Suhu rata-rata } (T_{rr}) = 37^{\circ}\text{C} \text{ (} 310 \text{ K)}$$

Sifat - sifat udara pada $T_{310 \text{ K}}$:

$$v_{310 \text{ K}} = 1.66802 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$Pr_{310 \text{ K}} = 2.706$$

$$k_{310 \text{ K}} = 2.701 \cdot 10^{-2} \text{ W/m.K}$$

$$\begin{aligned} \text{Kecepatan udara } (V_{\infty}) &= \frac{0.55 \text{ m}^3/\text{detik}}{8 \text{ m}^2} \\ &= 0.07 \text{ m/detik} \end{aligned}$$

Untuk panjang lintasan ($L = 4 \text{ m}$)

$$L = 4 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} Re &= L \times V_{\infty} / v \\ &= 4 \times 0.07 / 1.66802 \cdot 10^{-5} \\ &= 1.69 \cdot 10^4 \end{aligned}$$

$$Nu_L = h_L L / k = 0.906 Re_L^{1/2} \times Pr^{1/3}$$

$$h_L = k \times 0.906 Re_L^{1/2} \times Pr^{1/3} / L$$

$$h_L = 2.701 \cdot 10^{-2} \cdot 0.906 (1.69 \cdot 10^4)^{1/2} \times (0.706)^{1/3} / 4$$

$$h_L = 0.708 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

Untuk panjang lintasan ($L = 2 \text{ m}$)

$$\begin{aligned} Re &= L \times V_{\infty} / \nu \\ &= 2 \times 0.07 / 1.66802 \times 10^{-5} \\ &= 8.4 \times 10^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Nu_L &= h_L L / k = 0.906 Re_L^{1/2} \times Pr^{1/3} \\ h_L &= 2.701 \times 10^{-2} \times 0.906 (8.4 \times 10^3)^{1/2} \times (0.706)^{1/3} \\ &= 0.999 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

(b) Konveksi bebas pada dinding bagian luar

$$\text{Suhu udara lingkungan } (T_{ul}) = 28.0^\circ\text{C} \text{ (} 301 \text{ K)}$$

$$\text{Suhu dinding luar } (T_{dl}) = 29.0^\circ\text{C} \text{ (} 302 \text{ K)}$$

$$\text{Suhu rata-rata } (T_{rr}) = 28.5^\circ\text{C} \text{ (} 301.5 \text{ K)}$$

Sifat - sifat udara pada $T_{301.5 \text{ K}}$:

$$Pr_{301.5 \text{ K}} = 0.708$$

$$g\beta^2 / \mu^2 = 1.3103 \times 10^8 / \text{K} \cdot \text{m}^3$$

Untuk panjang lintasan (4 m)

$$L = 4 \text{ m}$$

$$\Delta T = 1 \text{ K}$$

$$Gr_L Pr = (g\beta^2 / \mu^2) \times L^3 \times \Delta T \times Pr_L$$

$$Gr_L Pr = 1.3103 \times 10^8 \times 4^3 \times 1 \times 0.708$$

$$Gr_L Pr = 5.9372 \times 10^9$$

$$\text{Untuk } 10^9 < Gr_L Pr < 10^{12}$$

$$A = 1.31 \quad b = 1/3 \quad L = 1$$

$$h_c = A \left(\Delta T / L \right)^b$$

$$\begin{aligned} h_c &= 1.31 \left(1 / 1 \right)^{1/3} \\ &= 1.31 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

Untuk panjang lintasan (2 m)

$$L = 2 \text{ m}$$

$$\Delta T = 1 \text{ K}$$

$$Gr_L Pr = (g\beta \int^2 / \mu^2) \times L^3 \times \Delta T \times Pr_L$$

$$Gr_L Pr = 1.3103 \cdot 10^8 \times 2^3 \times 1 \times 0.708$$

$$Gr_L Pr = 7.4682 \cdot 10^8$$

$$\text{Untuk } 10^4 < Gr_L Pr < 10^9$$

$$A = 1.42 \quad b = 1/4 \quad L = 0.6$$

$$h_c = A (\Delta T / L)^b$$

$$\begin{aligned} h_c &= 1.42 (1 / 0.6)^{1/4} \\ &= 1.61 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K} \end{aligned}$$

(c) Konveksi paksa pada lantai plenum

$$\text{Suhu udara di ruang plenum } (T_\infty) = 42^\circ \text{C} (315 \text{ K})$$

$$\text{Suhu lantai plenum } (T_{lp}) = 34^\circ \text{C} (305 \text{ K})$$

$$\text{Suhu rata-rata } (T_{rr}) = 38^\circ \text{C} (311 \text{ K})$$

Sifat - sifat udara pada $T_{311} \text{ K}$:

$$v_{311 \text{ K}} = 1.6689 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2/\text{detik}$$

$$Pr_{311 \text{ K}} = 0.705$$

$$k_{311 \text{ K}} = 2.6966 \cdot 10^{-2} \text{ W/m.K}$$

$$Re = L \times V_\infty / v$$

$$= 4 \times 0.07 / 1.6689 \cdot 10^{-5}$$

$$= 1.68 \cdot 10^4$$

$$Nu_L = h_L L / k = 0.906 Re_L^{1/2} \times Pr^{1/3}$$

$$h_L = 2.697 \cdot 10^{-2} \cdot 0.906 (1.68 \cdot 10^4)^{1/2} \times (0.705)^{1/3}/4$$

$$h_L = 0.705 \text{ W / m}^2 \cdot \text{K}$$

2. Total panas hilang melalui dinding

(a) Melalui dinding plenum untuk luasan 4.8 m^2

$$\text{Suhu udara di ruang plenum } (T_{\infty}) = 42^{\circ}\text{C } (315 \text{ K})$$

$$\text{Suhu udara lingkungan } (T_{ul}) = 28^{\circ}\text{C } (301 \text{ K})$$

$$\text{Luas dinding plenum } (A) = 4.8 \text{ m}^2$$

$$\text{Tebal dinding } (x) = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Konduktivitas tembok } (K) = 1.2 \text{ W/m.K}$$

$$\text{Koefisien konveksi udara } (h_{\infty}) = 0.708 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$\text{Koefisien konveksi udara luar } (h_{ul}) = 1.31 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Besarnya panas yang hilang

$$Q_{h1} = \frac{A (T_{\infty} - T_{ul}) 3600 / 1000}{1 / h_{\infty} + x / K + 1 / h_{ul}}$$

$$Q_{h1} = \frac{4.8 (315 - 301) 3600 / 1000}{1 / 0.708 + 0.1 / 1.2 + 1 / 1.31}$$

$$Q_{h1} = 108.62 \text{ kJ / jam}$$

(b) Melalui dinding plenum untuk luasan 2.225 m^2

$$\text{Suhu udara di ruang plenum } (T_{\infty}) = 42^{\circ}\text{C } (315 \text{ K})$$

$$\text{Suhu udara lingkungan } (T_{ul}) = 28^{\circ}\text{C } (301 \text{ K})$$

$$\text{Luas dinding plenum } (A) = 2.225 \text{ m}^2$$

$$\text{Tebal dinding } (x) = 0.1 \text{ m}$$

$$\text{Konduktivitas tembok } (K) = 1.2 \text{ W/m.K}$$

$$\text{Koefisien konveksi udara } (h_{\infty}) = 0.999 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

$$\text{Koefisien konveksi udara luar } (h_{ul}) = 1.31 \text{ W/m}^2.\text{K}$$

Besarnya panas yang hilang

$$q_{h2} = \frac{A (T_{\infty} - T_{ul}) 3600 / 1000}{1 / h_{\infty} + x / K + 1 / h_{ul}}$$

$$q_{h2} = \frac{2.225 (315 - 301) 3600 / 1000}{1 / 0.999 + 0.1 / 1.2 + 1 / 1.31}$$

$$q_{h2} = 61.56 \text{ kJ / jam}$$

(c) Melalui lantai plenum

Koefisien konveksi udara (h_{∞})	= $0.705 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$
Suhu udara diruang plenum (T_{∞})	= 42°C (315 K)
Suhu lantai plenum (T_1)	= 33°C (306 K)
Luas lantai plenum (A)	= 8.0 m^2

Besarnya panas yang hilang

$$q_{h3} = A h (T_{\infty} - T_1) 3600 / 1000$$

$$q_{h3} = 8 \cdot 0.705 (315 - 306) 3600 / 1000$$

$$q_{h3} = 186.80 \text{ kJ / jam}$$

Total panas hilang melalui dinding dan lantai

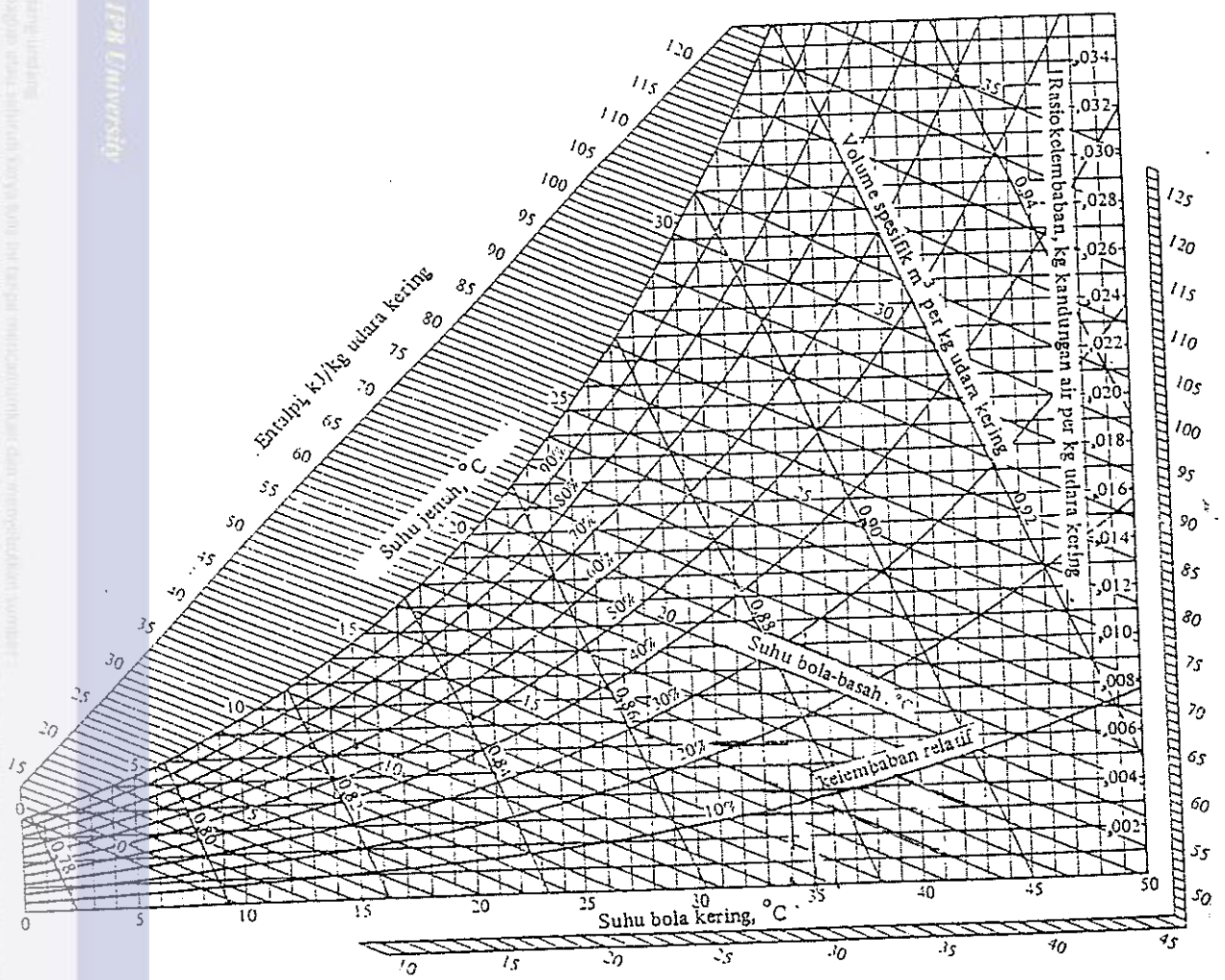
$$q_{ht} = q_{h1} + q_{h2} + q_{h3}$$

$$q_{ht} = 108.62 + 61.56 + 186.80$$

$$q_{ht} = 356.98 \text{ kJ / jam}$$

Jadi Total panas yang hilang adalah 0.27 % dari konsumsi bahan bakar.

Lampiran 5. Kurva Psikometrik



Lampiran 6. Nilai-nilai A, b dan L untuk konveksi bebas Udara

Bentuk	Selang GrPr	A	b	L
Permukaan Tegak	$10^4 < Gr_L Pr < 10^9$	1.42	1/4	Tinggi
	$10^9 < Gr_L Pr < 10^{12}$	1.31	1/3	1
Silinder Horisontal	$10^3 < Gr_D Pr < 10^9$	1.32	1/4	Diameter
	$10^9 < Gr_D Pr < 10^{12}$	1.24	1/3	1
Pelat datar Pelat panas menghadap ke atas	$10^5 < Gr_L Pr < 2 \times 10^7$	1.32	1/4	Panjang sisi
Pelat dingin menghadap ke bawah	$2 \times 10^7 < Gr_L Pr < 3 \times 10^{10}$	1.52	1/3	1
Pelat dingin menghadap ke atas atau pelat panas menghadap ke bawah	$3 \times 10^5 < Gr_L Pr < 3 \times 10^{10}$	0.59	1/4	Panjang sisi

Lampiran 7. Sifat fisik udara

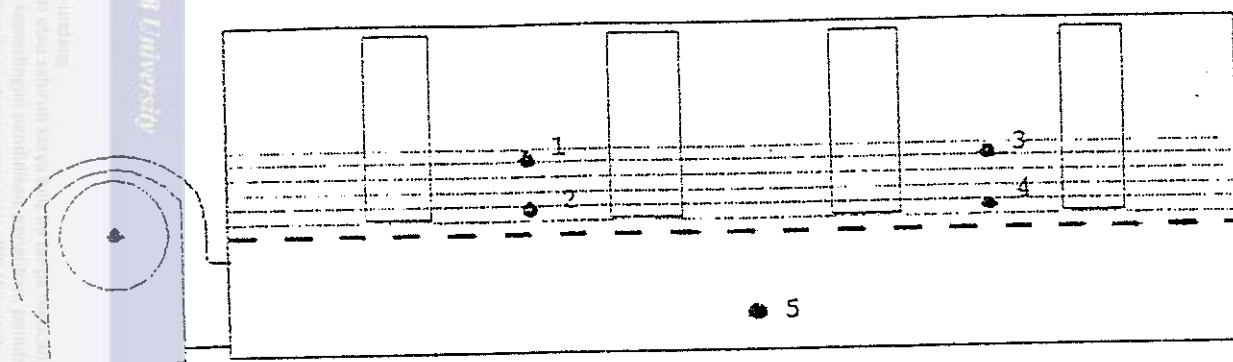
T (K)	ρ (kg/m ³)	C_p (kJ/kg.K)	μ (Pa.s)	$\nu \times 10^5$ (m ² /s)	$k \times 10^2$ (W/m.K)	$\alpha \times 10^5$ (m ² /s)	Pr	$g\beta \int^2 / \mu^2 \times 1$ (1/K.m ³)
250	1.4133	1.0054	15.991	1.1315	2.2269	1.5672	0.722	463.8
260	1.3587	1.0054	16.503	1.2146	2.3080	1.6986	0.719	257.3
280	1.2614	1.0057	17.503	1.3876	2.4671	1.9448	0.713	181.5
300	1.1769	1.0063	18.464	1.5689	2.6240	2.2156	0.708	132.7
320	1.1032	1.0073	19.391	1.7577	2.7785	2.5003	0.703	99.41
340	1.0382	1.0085	20.300	1.9553	2.9282	2.7967	0.699	75.02
360	0.9805	1.0100	21.175	2.1596	3.0779	3.1080	0.689	58.28
400	0.8822	1.0142	22.857	2.5909	3.3651	3.7610	0.689	36.56
440	0.8021	1.0197	24.453	3.0486	3.6427	4.4537	0.684	23.94
480	0.7351	1.0263	25.963	3.5319	3.9107	5.1836	0.681	16.27
520	0.6786	1.0339	27.422	4.0410	4.1690	5.9421	0.680	11.56
580	0.6084	1.0468	29.515	4.8512	4.5407	7.1297	0.680	7.193
700	0.5040	1.0751	33.325	6.6121	5.2360	9.6623	0.684	3.210
800	0.4411	1.0988	36.242	8.2163	5.7743	11.9136	0.689	1.804
1000	0.3529	1.1421	41.527	11.1767	6.7544	16.7583	0.702	0.803

Lampiran 8. Persamaan untuk menentukan koefisien konveksi paksa udara aliran sejajar permukaan datar

Laminar	To tetap	Pr	$Nu_x = h_x x/k$	$Nu_L = h_L l/k$
$Re < 1.5 \cdot 10^6$		0 - 0.5	$0.565 (Re_x \cdot Pr)^{1/2}$	$1.13 (Re_L \cdot Pr)^{1/2}$
		0.5 - 10	$0.332 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$	$0.664 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$
		10 - ∞	$0.339 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$	$0.678 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$
	q/A tetap	Pr	$Nu_x = h_x x/k$	$Nu_L = h_L l/k$
		0 - 0.5	$0.771 (Re_x \cdot Pr)^{1/2}$	$1.54 (Re_L \cdot Pr)^{1/2}$
		0.5 - 10	$0.453 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$	$0.906 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$
		10 - ∞	$0.462 Re_x^{1/2} Pr^{1/3}$	$0.925 Re_L^{1/2} Pr^{1/3}$
Turbulen	To atau	Pr	$Nu_x = h_x x/k$	$Nu_L = h_L l/k$
$Re > 1.5 \cdot 10^6$	q/A tetap	0.5 - 5	$0.0288 Re_x^{4/5} Pr^{1/3}$	$0.0360 Re_x^{4/5} Pr^{1/3}$

Lampiran 9. Lokasi pengambilan contoh
untuk pengukuran kadar air.

12



GAMBAR PENGAMBILAN TITIK CONTOH

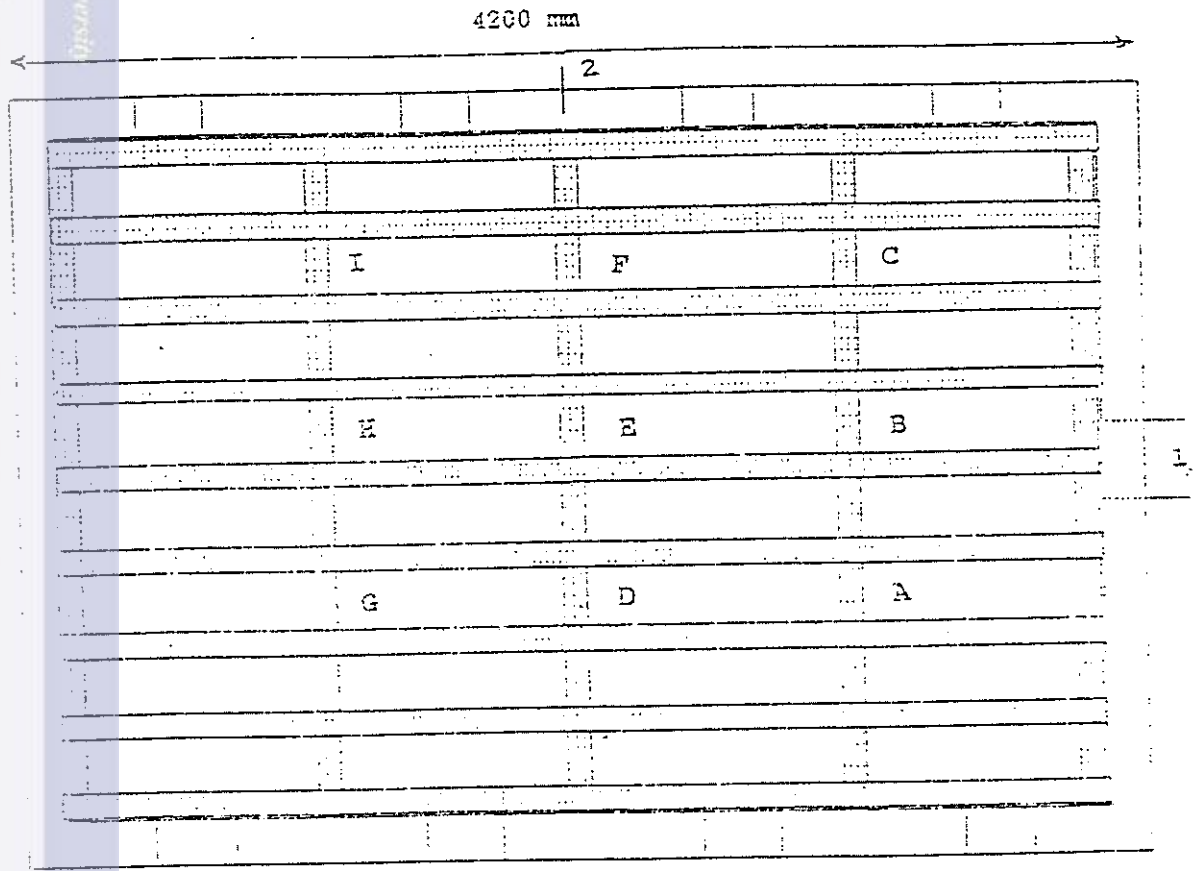
KETERANGAN

1. TITIK CONTOH KADAR AIR 1
2. TITIK CONTOH KADAR AIR 2
3. TITIK CONTOH KADAR AIR 3
4. TITIK CONTOH KADAR AIR 4
5. TITIK PENGUKURAN SUHU PLENUM
DAN TEKANAN STATIK

Lampiran 9. (lanjutan)

Waktu (menit)	Kadar air (% bb)	Rata-rata (% bb)	Kadar air (% bk)	Rata-rata (% bk)
0	25.32		33.90	
0	26.56		36.16	
0	24.39		32.26	
0	25.30	25.39	33.86	34.04
60	23.54		30.79	
60	24.15		31.84	
60	24.53		32.50	
60	23.96	24.05	31.51	31.66
90	23.11		30.06	
90	23.70		31.05	
90	24.45		32.36	
90	23.81	23.77	31.26	31.18
120	23.77		31.18	
120	24.41		32.29	
120	24.75		32.88	
120	24.68	24.40	32.77	32.28
180	21.51		27.40	
180	23.88		31.37	
180	23.79		31.22	
180	22.82	23.00	29.57	29.89
240	19.63		24.43	
240	23.18		30.18	
240	19.09		23.59	
240	16.82	19.68	20.22	24.60
300	18.63		22.90	
300	12.68		14.52	
300	17.94		21.87	
300	12.69	15.48	14.52	18.45
360	17.07		20.58	
360	13.62		15.77	
360	17.81		21.67	
360	12.35	15.21	14.09	18.03
420	16.32		19.50	
420	12.16		13.84	
420	15.76		18.71	
420	14.54	14.69	17.01	17.26
480	15.09		17.77	
480	11.92		13.53	
480	15.20		17.93	
480	13.81	14.01	16.03	16.31

Lampiran 10. Tampak atas pengambilan contoh ketika pengukuran suhu gabah



Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang
1. Dilarang mengutip, memperbanyak, atau menyebarkan secara tertulis atau lisan, atau dengan cara lain, isi dari dokumen ini tanpa izin tertulis dari IPB University.
2. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan komersial atau untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
3. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
4. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
5. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
6. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
7. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
8. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
9. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.
10. Dilarang menggunakan isi dari dokumen ini untuk tujuan lain yang bertentangan dengan kepentingan umum.

Lampiran 10. (lanjutan)

Waktu (menit)	Suhu ($^{\circ}\text{C}$)										
	1	2	A	B	C	D	E	F	G	H	I
0	41	41	29	29	29	29	29	29	29	29	29
60	44	43	29	29	28	28	28	28	29	29	29
90	45	43	29	29	29	30	29	29	31	32	30
120	45	43	30	31	29	32	30	31	33	34	35
180	44	45	34	33	35	33	37	38	40	39	37
240	45	43	41	41	40	40	40	39	40	40	40
300	40	40	40	40	39	39	39	39	39	39	40
360	42	42	40	39	40	40	40	40	40	39	40
420	43	42	41	41	40	40	40	40	40	41	40
480	41	40	40	40	39	40	40	40	40	40	40

Keterangan :

Suhu 1 : Outlet kipas
 Suhu 2 : Ruang plenum

Lampiran 11. Perhitungan pembebanan pada lantai penyimpanan gabah.

$$\text{Beban} = 1500 \text{ kg}$$

$$\text{Luas bak} = 2 \times 4 \text{ m}^2$$

$$\text{Beban merata keseluruhan lantai} = 0.01875 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Untuk luasan } 100 \times 100 \text{ cm}^2$$

$$\begin{aligned} \text{Beban} &= 0.01875 \text{ kg/cm}^2 \times 100 \times 100 \text{ cm}^2 \\ &= 187.5 \text{ kg} \end{aligned}$$

Analisis tegangan lentur

$$\begin{aligned} M_{\text{maks}} &= w L^2 / 8 \quad (\text{Ferdinand, 1985}) \\ &= 1.875 \times 100^2 / 8 \\ &= 2343.75 \text{ kg cm} \end{aligned}$$

$$\text{Tegangan batas patah} = 645 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Martawijaya, 1981})$$

Dengan faktor keselamatan 2,

$$\text{Tegangan ijin } (\sigma) = 322.5 \text{ kg/cm}^2$$

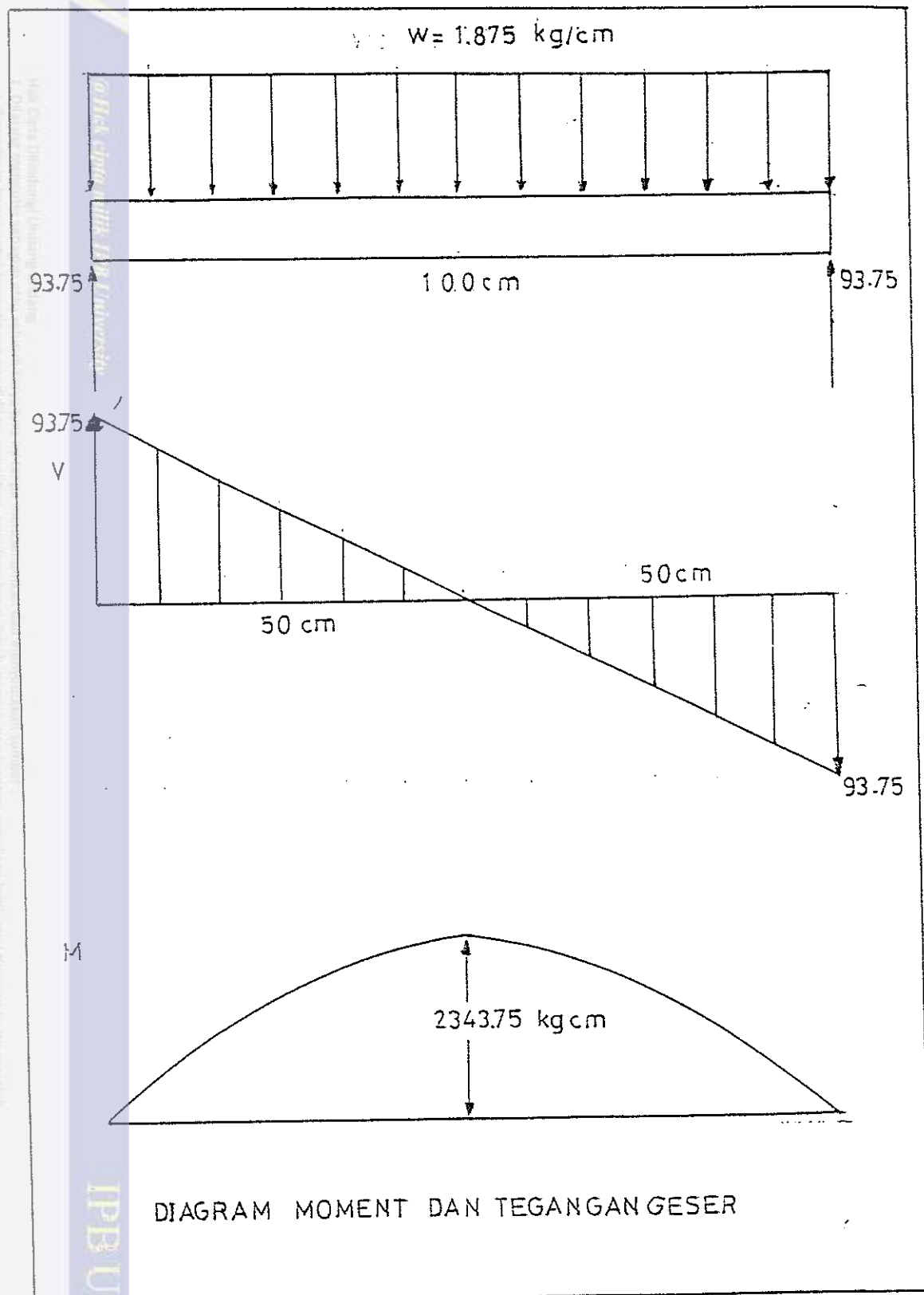
$$S = \frac{M_{\text{maks}}}{\sigma} \quad (\text{Ferdinand, 1985})$$

$$\begin{aligned} &= \frac{2343.75 \text{ kg cm}}{322.5 \text{ kg/cm}^2} \\ &= 7.2 \text{ cm}^3 \end{aligned}$$

$$S = b h^2 / 6$$

$$b = 4 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} h_{\text{minimum}} &= \sqrt{(7.2 \times 6) / 4} \\ &= 3.2 \text{ cm} \end{aligned}$$



Analisis defleksi

$$\delta_{\text{maks}} = \frac{5 w L^4}{384 E I} \quad (\text{Ferdinand, 1985})$$

$$E = 1.115 \cdot 10^5 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{Martawijaya, 1981})$$

$$I = \frac{b h^3}{12} \quad (\text{Ferdinand, 1985})$$

$$= 72 \text{ cm}^4$$

$$\begin{aligned} \delta_{\text{maks}} &= \frac{5 \times 1.875 \times 100^4}{384 \times 1.115 \cdot 10^5 \times 72} \\ &= 0.3 \text{ cm} \end{aligned}$$

Analisis tegangan geser

$$\sigma_{\text{geser}} = \frac{3 V}{2 b h} \quad (\text{Ferdinand, 1985})$$

$$= \frac{3 \times 93.75}{2 \times 4 \times 6}$$

$$= 5.8 \text{ kg/cm}^2$$

Lampiran . Perhitungan Tekanan Lateral pada Dinding (kritis)

I. Bahan : Tripleks dari kayu meranti merah

ketebalan 2.5 mm

Panel Impact Strength = 0.228 kg/cm^2 (Gianto, 1985)

II. Tekanan Lateral

$$T = \int y \tan^2 (45 - \theta/2)$$

dimana :

$$T = \text{Tekanan Lateral, g/cm}^2$$

$$\int = \text{Bulks Density, g/cm}^3$$

$$= 0.576 \text{ g/cm}^3$$

$$\theta = \text{Sudut Luncur, derajat}$$

$$= 36 \text{ derajat}$$

$$T = 0.576 \text{ g/cm}^3 \times 31 \text{ cm} \times \tan^2 (45 - 36/2)$$

$$= 4.57 \text{ g/cm}^2$$

$$4.57 \text{ g/cm}^2 < 0.228 \text{ kg/cm}^2$$

Lampiran 12. Analisa biaya operasi pengering

A. BIAYA TOTAL PENGERINGAN

1. BIAYA TETAP PERTAHUN

Biaya tetap dihitung dari biaya penyusutan alat

Bak pengering = Rp 700 000

Kipas dan motor = Rp 1 850 000 (Napitupulu, 1993)

Komponen pemanas udara = Rp 210 000 (Mustofa, 1993)

Sehingga harga beli (NA) :

$$\begin{aligned} NA &= \text{Rp } 700\,000 + \text{Rp } 1\,850\,000 + \text{Rp } 210\,000 \\ &= \text{Rp } 2\,760\,000 \end{aligned}$$

Nilai akhir (NR) 10 % dari harga beli (NA)

$$\begin{aligned} NR &= 10 \% \times Na \\ &= 0.1 \times \text{Rp } 2\,760\,000 = \text{Rp } 276\,000 \end{aligned}$$

Umur alat (n) diperkirakan 5 tahun, bunga bank (i) 16 %, sehingga penyusutan dengan capital recovery factor

$$P = (NA - NS) \times \text{crf}(A/P, i, n)$$

$$P = (\text{Rp } 2\,760\,000 - \text{Rp } 276\,000) \times \text{crf}(A/P, 16\%, 5)$$

$$P = (\text{Rp } 2\,484\,000) \times 0.3054$$

$$P = \text{Rp } 758\,614 / \text{tahun}$$

Jadi biaya tetap adalah Rp 758 614 /tahun

2. BIAYA TIDAK TETAP PERTAHUN

a. Biaya Operator

Upah operator Rp 4 000 /hari perorang

Biaya operator :

$$= 2 \text{ orang} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 4\,000 \text{ /hari orang}$$

$$= \text{Rp } 1\,440\,000 \text{ /tahun}$$

b. Biaya perbaikan dan perawatan (2 % pertahun)

$$= 0.02 \times \text{Rp } 2\,760\,000$$

$$= \text{Rp } 55\,200$$

c. Biaya pemakaian listrik

Motor listrik,

- Tenaga motor 5 Hp (3.73 kW)

- Harga daya listrik Rp 175.5/kWh

- Jumlah biaya

$$= 3.73 \text{ kW} \times 24 \text{ jam /hari} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 175.5 \text{ /kWh}$$

$$= \text{Rp } 2\,827\,937 \text{ /tahun}$$

d. Biaya pemakaian pemanas udara

- Kebutuhan minyak tanah 3.88 l/jam

- Harga minyak tanah Rp 400/l

- Jumlah biaya

$$= 3.88 \text{ l /jam} \times 24 \text{ jam /hari} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 400 \text{ /l}$$

$$= \text{Rp } 6\,704\,640 \text{ /tahun}$$

Jadi total biaya tidak tetap pertahun adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 1\,440\,000 + \text{Rp } 55\,200 + \text{Rp } 2\,827\,937 + \text{Rp } 6\,704\,640 \\
 &= \text{Rp } 11\,027\,777 / \text{tahun} \\
 &= \text{Biaya tetap pertahun} + \text{Biaya tidak tetap pertahun} \\
 &= \text{Rp } 758\,614 / \text{tahun} + \text{Rp } 11\,027\,777 / \text{tahun} \\
 &= \text{Rp } 11\,786\,391 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Biaya pengeringan (BP) adalah :

Kapasitas pengeringan pertahun :

$$\begin{aligned}
 &= 24 \text{ jam} / \text{hari} \times 1\,500 \text{ kg} / 8 \text{ jam} \times 180 \text{ hari} / \text{tahun} \\
 &= 810\,000 \text{ kg} / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\text{BP} = \text{Rp } 11\,786\,391 / 810\,000 \text{ kg}$$

$$\text{BP} = \text{Rp } 14.55 / \text{kg}$$

B. BENEFIT DAN COST RATIO

1. Penerimaan

- Harga gabah kering (ka 14% bb) Rp 380 /kg
- Kapasitas alat pengering pertahun :

$$\begin{aligned}
 &= 180 \text{ hari} / \text{tahun} \times 24 \text{ jam} / \text{hari} \times 1500 \text{ kg} / 8 \text{ jam} \\
 &= 810\,000 \text{ kg} / \text{tahun}
 \end{aligned}$$
- Rendemen pengeringan 88.37 %
- Gabah kering yang dihasilkan pertahun adalah :

$$0.8837 \times 810\,000 \text{ kg} / \text{tahun} = 715\,797 \text{ kg} / \text{tahun}$$

Sehingga penerimaan total pertahun adalah

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 380 / \text{kg} \times 715\,797 \text{ kg} / \text{tahun} \\
 &= \text{Rp } 272\,002\,860 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

2. Pengeluaran

- Biaya pembelian
 - = Rp 310 /kg x 810 000 kg /tahun
 - = Rp 251 100 000 /tahun
- Biaya pengeringan
 - = Rp 14.55 /kg x 810 000 kg /tahun
 - = Rp 11 785 500 /tahun

Pengeluaran total pertahun

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 251\,100\,000 \text{ /tahun} + \text{Rp } 11\,785\,500 \text{ /tahun} \\
 &= \text{Rp } 262\,885\,500 \text{ /tahun}
 \end{aligned}$$

3. Tabel cash flow

Tahun	Penerimaan	Pengeluaran	DF	Penerimaan	Pengeluaran
0	-	-	-	-	2 760 000
1	272 002 860	262 885 500	0.8621	234 493 666	226 633 590
2	272 002 860	262 885 500	0.7432	202 152 526	195 376 504
3	272 002 860	262 885 500	0.6407	174 272 232	168 430 740
4	272 002 860	262 885 500	0.5523	150 227 180	145 191 662
5	272 002 860	262 885 500	0.4761	129 500 562	124 932 258
	276 000				
				890 464 166	861 987 446

$$\begin{aligned}
 \text{BC ratio} &= \frac{890\,464\,166}{861\,987\,446} \\
 &= 1.03
 \end{aligned}$$

Lampiran 12. (lanjutan)

A. BIAYA TOTAL PENGERINGAN

1. BIAYA TETAP PERTAHUN

Biaya tetap dihitung dari biaya penyusutan alat

Bak pengering = Rp 700 000

Kipas dan motor = Rp 1 850 000 (Napitupulu, 1993)

Komponen pemanas udara = Rp 210 000 (Mustofa, 1993)

Sehingga harga beli (NA) :

$$\begin{aligned} \text{NA} &= \text{Rp } 700\,000 + \text{Rp } 1\,850\,000 + \text{Rp } 210\,000 \\ &= \text{Rp } 2\,760\,000 \end{aligned}$$

Nilai akhir (NR) 10 % dari harga beli (NA)

$$\begin{aligned} \text{NR} &= 10 \% \times \text{Na} \\ &= 0.1 \times \text{Rp } 2\,760\,000 = \text{Rp } 276\,000 \end{aligned}$$

Umur alat (n) diperkirakan 5 tahun, bunga bank (i) 16 %, sehingga penyusutan dengan capital recovery factor

$$\begin{aligned} P &= (\text{NA} - \text{NS}) \times \text{crf}(\text{A/P}, i, n) \\ P &= (\text{Rp } 2\,760\,000 - \text{Rp } 276\,000) \times \text{crf}(\text{A/P}, 16\%, 5) \\ P &= (\text{Rp } 2\,484\,000) \times 0.3054 \\ P &= \text{Rp } 758\,614 / \text{tahun} \end{aligned}$$

Jadi biaya tetap adalah Rp 758 614 /tahun

2. BIAYA TIDAK TETAP PERTAHUN

a. Biaya Operator

Upah operator Rp 4 000 /hari perorang

Biaya operator :

$$= 2 \text{ orang} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 4\,000 \text{ /hari orang}$$

$$= \text{Rp } 1\,440\,000 \text{ /tahun}$$

b. Biaya perbaikan dan perawatan (2 % pertahun)

$$= 0.02 \times \text{Rp } 2\,760\,000$$

$$= \text{Rp } 55\,200$$

c. Biaya pemakaian listrik

Motor listrik,

- Tenaga motor 5 Hp (3.73 kW)

- Harga daya listrik Rp 175.5/kWh

- Jumlah biaya

$$= 3.73 \text{ kW} \times 24 \text{ jam /hari} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 175.5 \text{ /kWh}$$

$$= \text{Rp } 2\,827\,937 \text{ /tahun}$$

d. Biaya pemakaian pemanas udara

- Kebutuhan minyak tanah 3.88 l/jam

- Harga minyak tanah Rp 400/l

- Jumlah biaya

$$= 3.88 \text{ l /jam} \times 24 \text{ jam /hari} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 400 \text{ /l}$$

$$= \text{Rp } 6\,704\,640 \text{ /tahun}$$

Jadi total biaya tidak tetap pertahun adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 1\,440\,000 + \text{Rp } 55\,200 + \text{Rp } 2\,827\,937 + \text{Rp } 6\,704\,640 \\
 &= \text{Rp } 11\,027\,777 / \text{tahun} \\
 &= \text{Biaya tetap pertahun} + \text{Biaya tidak tetap pertahun} \\
 &= \text{Rp } 758\,614 / \text{tahun} + \text{Rp } 11\,027\,777 / \text{tahun} \\
 &= \text{Rp } 11\,786\,391 / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

Biaya pengeringan (BP) adalah :

Kapasitas pengeringan pertahun :

$$\begin{aligned}
 &= 24 \text{ jam} / \text{hari} \times 3\,000 \text{ kg} / 16 \text{ jam} \times 180 \text{ hari} / \text{tahun} \\
 &= 810\,000 \text{ kg} / \text{tahun}
 \end{aligned}$$

$$\text{BP} = \text{Rp } 11\,786\,391 / 810\,000 \text{ kg}$$

$$\text{BP} = \text{Rp } 14.55 / \text{kg}$$

B. BENEFIT DAN COST RATIO

1. Penerimaan

- Harga gabah kering (ka 14% bb) Rp 380 /kg
- Kapasitas alat pengering pertahun :

$$\begin{aligned}
 &= 180 \text{ hari} / \text{tahun} \times 24 \text{ jam} / \text{hari} \times 3\,000 \text{ kg} / 16 \text{ jam} \\
 &= 810\,000 \text{ kg} / \text{tahun}
 \end{aligned}$$
- Rendemen pengeringan 88.37 %
- Gabah kering yang dihasilkan pertahun adalah :

$$0.8837 \times 810\,000 \text{ kg} / \text{tahun} = 715\,797 \text{ kg} / \text{tahun}$$

Sehingga penerimaan total pertahun adalah

$$= \text{Rp } 380 / \text{kg} \times 715\,797 \text{ kg} / \text{tahun}$$

$$= \text{Rp } 272\,002\,860 / \text{tahun}$$

2. Pengeluaran

- Biaya pembelian
 - = Rp 310 /kg x 810 000 kg /tahun
 - = Rp 251 100 000 /tahun
- Biaya pengeringan
 - = Rp 14.55 /kg x 810 000 kg /tahun
 - = Rp 11 785 500 /tahun

Pengeluaran total pertahun

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 251\,100\,000 \text{ /tahun} + \text{Rp } 11\,785\,500 \text{ /tahun} \\
 &= \text{Rp } 262\,885\,500 \text{ /tahun}
 \end{aligned}$$

3. Tabel cash flow

Tahun	Penerimaan	Pengeluaran	DF	Penerimaan	Pengeluaran
0	-	-	-	-	2 760 000
1	272 002 860	262 885 500	0.8621	234 493 666	226 633 590
2	272 002 860	262 885 500	0.7432	202 152 526	195 376 504
3	272 002 860	262 885 500	0.6407	174 272 232	168 430 740
4	272 002 860	262 885 500	0.5523	150 227 180	145 191 662
5	272 002 860	262 885 500	0.4761	129 500 562	124 932 258
	276 000				
				890 464 166	861 987 446

$$\begin{aligned}
 \text{BC ratio} &= \frac{890\,464\,166}{861\,987\,446} \\
 &= 1.03
 \end{aligned}$$

Lampiran 12. Analisa biaya operasi pengering

A. BIAYA TOTAL PENGERINGAN

1. BIAYA TETAP PERTAHUN

Biaya tetap dihitung dari biaya penyusutan alat

Bak pengering = Rp 700 000

Kipas dan motor = Rp 1 850 000 (Napitupulu, 1993)

Komponen pemanas udara = Rp 210 000 (Mustofa, 1993)

Sehingga harga beli (NA) :

$$\begin{aligned} \text{NA} &= \text{Rp } 700\,000 + \text{Rp } 1\,850\,000 + \text{Rp } 210\,000 \\ &= \text{Rp } 2\,760\,000 \end{aligned}$$

Nilai akhir (NR) 10 % dari harga beli (NA)

$$\begin{aligned} \text{NR} &= 10 \% \times \text{Na} \\ &= 0.1 \times \text{Rp } 2\,760\,000 = \text{Rp } 276\,000 \end{aligned}$$

Umur alat (n) diperkirakan 5 tahun, bunga bank (i) 16 %, sehingga penyusutan dengan capital recovery factor

$$P = (\text{NA} - \text{NS}) \times \text{crf}(\text{A/P}, i, n)$$

$$P = (\text{Rp } 2\,760\,000 - \text{Rp } 276\,000) \times \text{crf}(\text{A/P}, 16\%, 5)$$

$$P = (\text{Rp } 2\,484\,000) \times 0.3054$$

$$P = \text{Rp } 758\,614 \text{ /tahun}$$

Jadi biaya tetap adalah Rp 758 614 /tahun

2. BIAYA TIDAK TETAP PERTAHUN

a. Biaya Operator

Upah operator Rp 4 000 /hari perorang

Biaya operator :

$$= 2 \text{ orang} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 4\,000 \text{ /hari orang}$$

$$= \text{Rp } 1\,440\,000 \text{ /tahun}$$

b. Biaya perbaikan dan perawatan (2 % pertahun)

$$= 0.02 \times \text{Rp } 2\,760\,000$$

$$= \text{Rp } 55\,200$$

c. Biaya pemakaian listrik

Motor listrik,

- Tenaga motor 5 Hp (3.73 kW)

- Harga daya listrik Rp 175.5/kWh

- Jumlah biaya

$$= 3.73 \text{ kW} \times 24 \text{ jam /hari} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 175.5 \text{ /kWh}$$

$$= \text{Rp } 2\,827\,937 \text{ /tahun}$$

d. Biaya pemakaian pemanas udara

- Kebutuhan minyak tanah 3.88 l/jam

- Harga minyak tanah Rp 400/l

- Jumlah biaya

$$= 3.88 \text{ l /jam} \times 24 \text{ jam /hari} \times 180 \text{ hari /tahun} \times \text{Rp } 400 \text{ /l}$$

$$= \text{Rp } 6\,704\,640 \text{ /tahun}$$

Jadi total biaya tidak tetap pertahun adalah :

$$\begin{aligned}
 &= \text{Rp } 1\,440\,000 + \text{Rp } 55\,200 + \text{Rp } 2\,827\,937 + \text{Rp } 6\,704\,640 \\
 &= \text{Rp } 11\,027\,777 \text{ /tahun} \\
 &= \text{Biaya tetap pertahun} + \text{Biaya tidak tetap pertahun} \\
 &= \text{Rp } 758\,614 \text{ /tahun} + \text{Rp } 11\,027\,777 \text{ /tahun} \\
 &= \text{Rp } 11\,786\,391 \text{ /tahun}
 \end{aligned}$$

Biaya pengeringan (BP) adalah :

Kapasitas pengeringan pertahun :

$$\begin{aligned}
 &= 24 \text{ jam /hari} \times 3\,000 \text{ kg /12jam} \times 180 \text{ hari /tahun} \\
 &= 1\,080\,000 \text{ kg/tahun}
 \end{aligned}$$

$$\text{BP} = \text{Rp } 11\,786\,391 / 1\,080\,000 \text{ kg}$$

$$\text{BP} = \text{Rp } 10.91 \text{ /kg}$$

B. BENEFIT DAN COST RATIO

1. Penerimaan

- Harga gabah kering (ka 14% bb) Rp 380 /kg
- Kapasitas alat pengering pertahun :

$$\begin{aligned}
 &= 180 \text{ hari /tahun} \times 24 \text{ jam /hari} \times 3\,000 \text{ kg /12 jam} \\
 &= 1\,080\,000 \text{ kg /tahun}
 \end{aligned}$$
- Rendemen pengeringan 88.37 %
- Gabah kering yang dihasilkan pertahun adalah :

$$0.8837 \times 1\,080\,000 \text{ kg /tahun} = 954\,396 \text{ kg /tahun}$$

Sehingga penerimaan total pertahun adalah

$$= \text{Rp } 380 \text{ /kg} \times 954\,396 \text{ kg /tahun}$$

$$= \text{Rp } 362\,670\,480 \text{ /tahun}$$

2. Pengeluaran

- Biaya pembelian

$$= \text{Rp } 310 \text{ /kg} \times 1\,080\,000 \text{ kg /tahun}$$

$$= \text{Rp } 334\,800\,000 \text{ /tahun}$$

- Biaya pengeringan

$$= \text{Rp } 10.91 \text{ /kg} \times 1\,080\,000 \text{ kg /tahun}$$

$$= \text{Rp } 11\,772\,200 \text{ /tahun}$$

Pengeluaran total pertahun

$$= \text{Rp } 334\,800\,000 \text{ /tahun} + \text{Rp } 11\,772\,200 \text{ /tahun}$$

$$= \text{Rp } 346\,572\,000 \text{ /tahun}$$

3. Tabel cash flow

Tahun	Penerimaan	Pengeluaran	DF	Penerimaan	Pengeluaran
0	-	-	-	-	2 760 000
1	362 670 480	346 572 000	0.8621	312 658 220	298 779 721
2	362 670 480	346 572 000	0.7432	269 536 700	257 723 310
3	362 670 480	346 572 000	0.6407	232 362 977	220 048 680
4	362 670 480	346 572 000	0.5523	200 302 906	191 411 716
5	362 670 480	346 572 000	0.4761	129 500 562	165 002 929
	276 000				
				118 752 218	165 002 929

$$\begin{aligned} \text{BC ratio} &= \frac{118\,752\,218}{113\,575\,356} \\ &= 1.05 \end{aligned}$$

DAFTAR PUSTAKA

- Araullo, E.V., Padua, De., dan Graham, M. 1976. RICE : Post Harvest Teknologi. IDRC-o53e
- Basler, B. Baden and Korosi. 1980. Combustion of fuels with low hidrogen content in BBC gas turbines. Brown Boveri Review 12, vol. 67 : 705-709.
- Bor S.Luh., 1980. RICE: Production and Utilization. The AVI Pubh. Co, Inc. Wesport. Conecticut.
- BPS. 1991. Statistik Indonesia 1991. BPS - Jakarta.
- Brooker, D.B, Arkema and C.W. Hall. 1974. Drying Cereal Grain. The AVI Pubh. Co, Inc. Wessport. Conecticut.
- De Garmo, E.P., W.G. Sullivan, J.R. Canada. 1979. Engi-neering Economy. The Macmillan Publishing Company, Inc., New York.
- Esmay, M.L. 1987. A Second Generation Problem of The Green Revolution. Food Grain Storage Agricultural Mechaniza-tion in South East Asia. Farm Machinery Industrial Research, Corp., Tokyo, Japan.
- Frick, H. 1991. Ilmu Konstruksi Bangunan. Penerbit Kanisi-us. Yogyakarta.
- Ferdinand, L.S. and Pytel Andrew. 1985. Kekuatan Bahan (Teori Kokoh - Stength of Materials). Terjemahan D. Sebayan. Penerbit Erlangga. Jakarta.
- Gianto. 1979. Desain dan Modifikasi Tempat Penyimpan Gabah Secara Curah di Bekasi. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.
- Hall, C.W. 1957. Drying Farm Corps. The AVI Publishing Company. Inc., Westport, Connecticut.
- Henderson, S.M. dan R.L. Perry. 1955. Agricultural Process Engineering. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Helmand, D.R. and Singh, R.P. 1981. Food Process Engineer-ing. The AVI Pubh. Co, Inc. Wesport. Conecticut.

Kusnawijaya, E. 1982. Rancangan dan Uji Teknis Ruang Pengering Tipe Bak pada Alat Pengering Gabah dengan Sumber Energi Panas Sekam dan Kipas Penghembus.

Martawijaya. 1980. Atlas Kayu Indonesia, Jilid I. Direktorat Jendral Kehutanan. Jakarta.

Mustofa, M.A. 1993. Rancangan dan Uji Teknis Pemanas Udara Tipe Langsung untuk Pengering Tipe Bak. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor.

Napitupulu, Victor M. 1993. Rancangan dan Uji Kinerja Kipas untuk Pengeringan. Thesis. Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Purwadaria, H.K. 1988. Perkembangan Mutakhir dalam Teknologi Pasca Panen Padi. Makalah dalam Seminar Teknologi Pasca Panen Padi. Subang, 19-20 September 1988.

Padua de Dante. 1981. Design and Analysis of Performance Grain Driers. Proceeding Grain Post Harvest Prpcessing Technology. Nuffic LWH/IPB. p:85-95

Samsuri. 1993. Disain dan Pengujian Kipas Tipe Sentrifugal Untuk Alat Pengering Tipe Bak. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Sutjipto, S. 1993. Rancangan dan Uji Teknis Ruang Pengering Gabah Tipe Bak Vertikal Berkisi-kisi Ganda. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian. Institut Pertanian Bogor, Bogor.

Thahir, R., Sutrisno dan Kamaruddin, A. 1988. Dasar-dasar dan Teknik Pengeringan Biji-Bijian. Makalah dalam Latihan Teknik Penelitian Pasca Panen Pertanian Angkatan II - 5 Desember 1988, Jakarta.

Thahir, dkk. 1992. Testing in High Moisture Paddy Bin in Humid Region. Proceeding of JICA IPB 5th Joint Seminar as an International Conference in Engineering Application for Development of Agricultural Engineering and Technology. Oktober 1992. Bogor. Indonesia

Welty, J.R. 1976. Engineering Heat Transfer. John Wiley and sons Inc., Canada.

Whitakker, J.H. 1979. Agricultural Building and Structures. Reston Publishing. Co., A Printice Hall Co., Reston. Virginia.