

STUDI BANDING PEMBUATAN MEDIA SAPIH (OVERSPIN)  
TANAMAN PINUS SECARA MEKANIS DAN MANUAL  
DITINJAU DARI SEGI KEERGONOMISAN  
DI PERSEMAIAN PERMANEN GARAHAN (PPG)  
PT PERHUTANI KPH JEMBER

**KARYA ILMIAH TERTULIS**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Menyelesaikan Pendidikan Program Strata Satu  
Jurusan Teknik Pertanian  
Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Oleh : N.o Induk

*Jwan Hermawan Effendy*

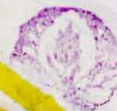
NIM : 981710201033

**Pembimbing**

Ir. Hamid Ahmad (DPU)  
Nita Kuswardhani S.TP. M.Eng. (DPA)

JURUSAN TEKNIK PERTANIAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN  
UNIVERSITAS JEMBER

2003



Milik IPT Perpustakaan  
UNIVERSITAS JEMBER

S  
Klass  
620.82  
EFF

SRS

Q.1

Tgl 1 JUN 2003

**Dosen Pembimbing :**

**DPU : Ir. Hamid Ahmad**

**DPA I : Nita Kuswardhani, S. Tp, M. Eng**

**DPA II : Ir. Tasliman, M. Eng**



Diterima Jurusan Teknik Pertanian

Fakultas Teknologi Pertanian

Universitas Jember

---

Dipertahankan pada :

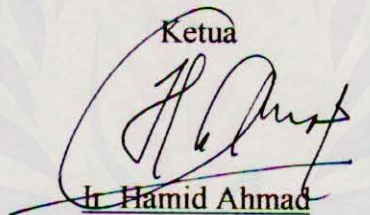
Hari : Senin

Tanggal : 8 April 2003

Tempat : Fakultas Teknologi Pertanian  
Universitas Jember

Tim Penguji

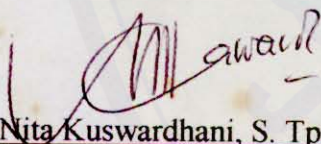
Ketua



Ir. Hamid Ahmad

NIP. 131 386 655

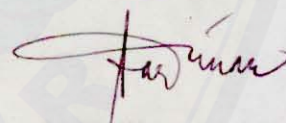
Anggota I



Nita Kuswardhani, S. Tp, M. Eng

NIP. 132 158 433

Anggota II



Ir. Tasliman, M. Eng

NIP. 132 946 358

Mengesahkan

Dekan



Ir. Hj. Siti Hartanti, MS

NIP. 130 350 763

## MOTTO

Mereka yang memaki dan mengkritik aku,  
itu adalah kawan sejati. Bukan semua  
kritik itu mematikan semangat seseorang,  
dan orang yang memuji itu belum tentu  
kawan yang baik.

**(Thomas Alfa Edison)**

Kecemerlangan manusia, justru karena  
dashyatnya penderitaan – penderitaan  
yang dialaminya. Tanpa penderitaan  
manusia tidak akan lebih berharga.

**(Emerson)**

Jika seseorang tetap tabah menghadapi  
kepahitan hidup yang hanya dalam  
waktu singkat, maka ia akan memperoleh  
kebahagian dalam hidup yang panjang.

**(Thariq bin Zaid)**



## LEMBAR PERSEMBAHAN

Bismillahirohmanirrahim,

Alhamdulillah rabbil`aalamini, kupersembahkan segala puji syukur kehadirat-Mu  
Ya Allah SWT, karena dengan nikmat, rahmat dan hidayah-Mu aku  
Mampu menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini.

**Untuk orang-orang yang aku sayangi.**

Untuk kedua orang tuaku, Papa Roestam dan Mama Manik, yang tidak  
pernah bosan membimbingku, memberi kasih sayang, semangat dan do`a,  
Kakakku Laisy dan Yopok, dan Adikku Adhe, Alie dan Dadang`s  
Yang senantiasa memberikan senyuman, keceriaan, dan semangat`45.

*Special thank`s for Puput`Cubitus`Chayank, dengan segala cinta dan kasih sayang serta  
perhatian yang tulus meski kadang juga suka gangguin,`Sari-harimu selalu kau lewati  
dengan keceriaan dan ketegaran`.*

**Untuk orang-orang yang mendukungku.**

Untuk keluarga Bapak Rosul di Jember, terima kasih atas semua  
perhatian dan dukungannya.

Untuk arek-arek UKM Olah Raga, "Tim Putra Basket Ball FTP" (Bima, Ivan, Badra,  
Bambang, Cha`l, dkk), teruskan perjuanganmu, "Raihlah prestasi yang lebih tinggi lagi".

**UNTUK GENG TEP`98 YANG MASIH BANYAK KEWAJIBAN DI KAMPUS (DEWA, ANDI  
RISMAWAN, DANTON MOEL, SAIFUL, YULIMAN, ROY KHAN, EKO, PRISTYO, IIN, TITIEN,  
KEN, AGIX, DKK) SEMOGA CEPAT KELAR DAN YANG UDAH TUNTAS KULIAHNYA  
(KETANURI, WONG AKSAN, IPEH, DKK) SEMOGA SUKSES DENGAN STATUS BARU.**

Untuk arek - arek belakang PPKIA (Mas Imam, Ganyonk,  
Dolly, Novi, Arifin, dkk) terima kasih atas gojlokkannya.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadirat Allah SWT, yang telah melimpahkan rahmat, taufik dan hidayah- Nya, serta sholawat dan salam, tidak lupa penulis mengucapkan kepada Nabi Muhammad SAW yang telah membawa umat manusia kepada jalan yang terang benderang, sehingga penulis dapat menyelesaikan Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) yang berjudul “Studi Banding Pembuatan Media Sapih (Overspin) Tanaman Pinus secara Mekanis dan Manual ditinjau dari Segi Keergonomisan di Persemaian Permanen Garahan (PPG) PT. Perhutani KPH Jember”. Adapun tujuan dari penulisan ini adalah untuk memenuhi syarat dalam menyelesaikan jenjang strata satu (S-1) di Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.

Dalam penyusunan skripsi ini penulis banyak mendapatkan bantuan dan fasilitas yang sangat berarti dari berbagai pihak. Untuk itu dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan rasa terima kasih yang sebesar – besarnya kepada :

1. Ir. Hj. Siti Hartanti, MS, selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Siswijanto, MP, selaku Ketua Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
3. Ir. Hamid Ahmad, selaku Dosen Pembimbing Umum, yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama menyelesaikan penulisan skripsi.
4. Nita Kuswardhani, S. Tp, M. Eng, selaku Dosen Pembimbing Anggota I, yang telah memberikan masukan dan bimbingan selama menyelesaikan penulisan skripsi .
5. Ir. Tasliman, M. Eng, selaku Dosen Pembimbing Anggota II, yang telah bersedia menjadi sekretaris ujian skripsi.
6. Ir. H. Ririt, selaku Sinder Persemaian Permanen Garahan, yang telah mengizinkan penulis mengadakan penelitian di Persemaian Permanen Garahan.
7. Bpk. Sugeng, selaku Mandor Media Sapih Persemaian Permanen Garahan, yang telah membimbing penelitian di lapang.

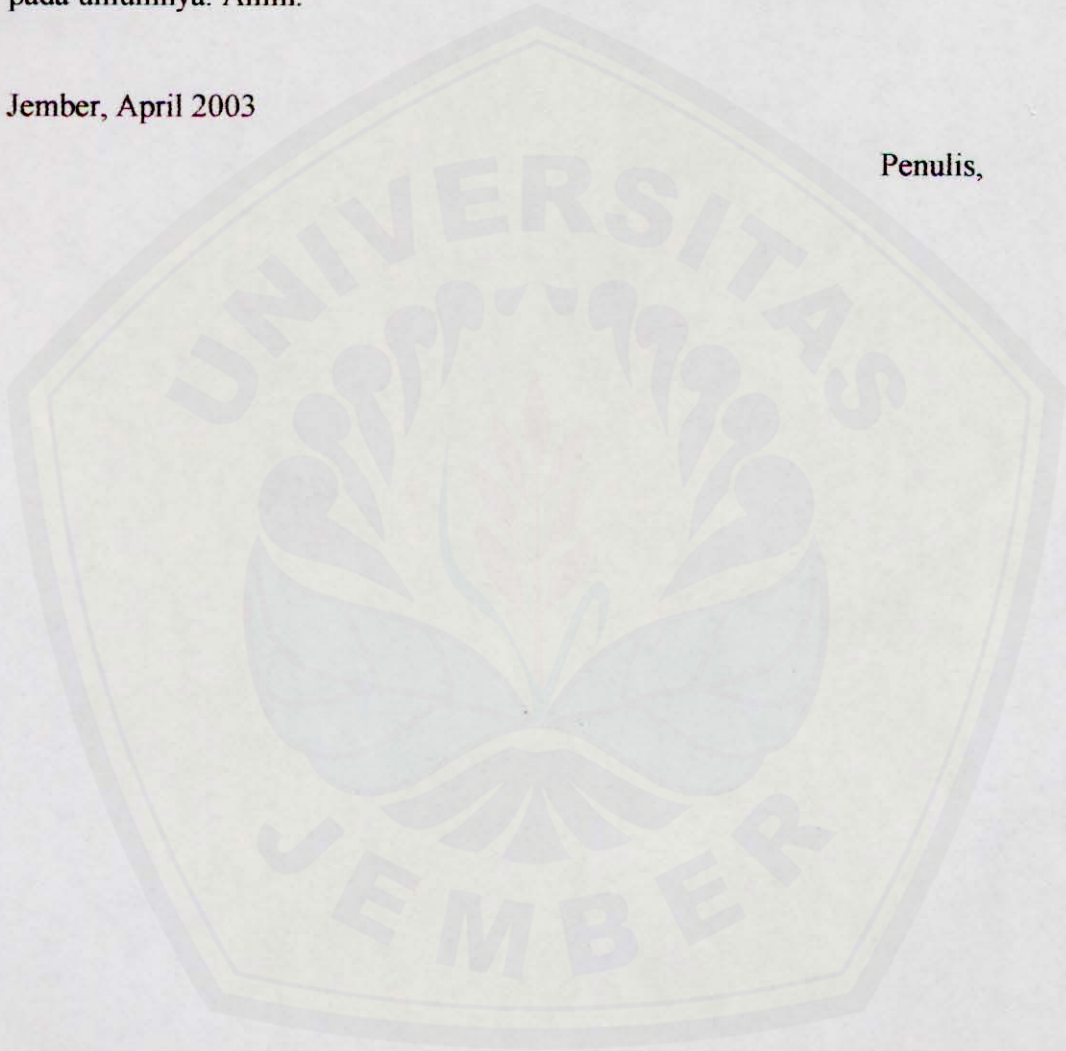


8. Staf Tata Usaha Persemaian Permanen Garahan, yang telah memberi kelancaran dalam hal administrasi.
9. Teman – teman jurusan TEP'98, yang telah memberikan motivasi dan inspirasi selama melakukan penelitian.

Akhirnya penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan manfaat bagi keluarga besar Fakultas Teknologi Pertanian pada khususnya dan masyarakat pada umumnya. Amin.

Jember, April 2003

Penulis,



DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>Halaman Judul</b> .....	i
<b>Halaman Pembimbing</b> .....	ii
<b>Halaman Pengesahan</b> .....	iii
<b>Motto</b> .....	iv
<b>Persembahan</b> .....	v
<b>Kata Pengantar</b> .....	vi
<b>Daftar Isi</b> .....	viii
<b>Daftar Tabel</b> .....	x
<b>Daftar Gambar</b> .....	xi
<b>Daftar Lampiran</b> .....	xii
<b>Ringkasan</b> .....	xiii
<b>I. Pendahuluan</b>	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Permasalahan.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	2
1.4 Manfaat Penelitian.....	3
1.5 Hipotesis.....	3
<b>II. Tinjauan Pustaka</b>	
2.1 Pinus Merkusii.....	4
2.1.1 Botani Pinus Merkusii.....	4
2.1.2 Media Sapih atau Overspin.....	5
2.2 Pengertian Ergonomi.....	6
2.3 Sistem Manusia Mesin dan Hasil Kerja.....	7
2.4 Mengukur Aktivitas Kerja Manusia .....	8
2.5 Kerja Fisik dan Konsumsi Energi Kerja.....	10
2.5.1 Proses Metabolisme.....	10
2.5.2 Standart untuk Konsumsi Energi Kerja.....	14
2.6 Proses Terjadi Kelelahan Kerja dan Cara Penanggulangannya.....	15



**III. Metodologi Penelitian**

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	18
3.2 Alat dan Bahan.....	18
3.2.1 Alat.....	18
3.2.2 Bahan.....	18
3.3 Metode Penelitian.....	19
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	19
3.5 Pengamatan.....	20

**IV. Hasil dan Pembahasan**

4.1 Waktu Pembuatan Media.....	23
4.2 Tingkat Keletihan.....	27
4.3 Energi Kerja.....	29
4.4 Biaya Pembuatan Media Sapih.....	31

**V. Kesimpulan dan Saran**

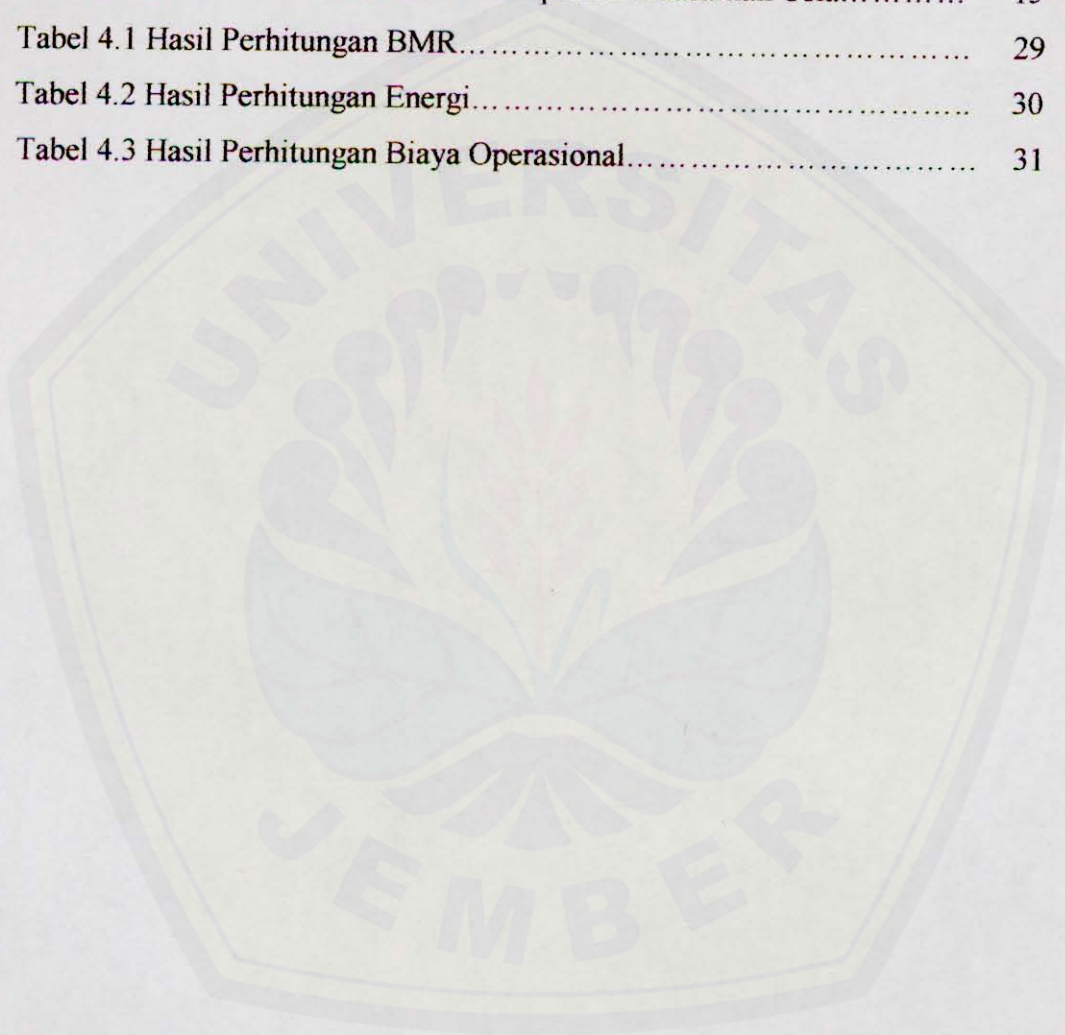
5.1 Kesimpulan.....	32
5.2 Saran .....	32

**Daftar Pustaka**

**Lampiran – Lampiran**

**DAFTAR TABEL**

Tabel 2.1 Perbandingan Kekurangan dan Kelebihan antara Manusia dan Mesin.....	7
Tabel 2.2 Aktivitas yang Biasa dilakukan dan Faktor Aktivitas yang Berkaitan.....	13
Tabel 2.3 Prosentase Penurunan Kemampuan Berdasarkan Usia.....	15
Tabel 4.1 Hasil Perhitungan BMR.....	29
Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Energi.....	30
Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Biaya Operasional.....	31





**DAFTAR GAMBAR**

Gambar 4.1 Grafik Perbandingan $A_1$ dan $B_5$ dalam Pembuatan Media Sapuh secara Mekanis dan Manual.....	23
Gambar 4.2 Grafik Perbandingan $A_2$ dan $B_1$ dalam Pembuatan Media Sapuh secara Mekanis dan Manual.....	24
Gambar 4.3 Grafik Perbandingan $A_3$ dan $B_2$ dalam Pembuatan Media Sapuh secara Mekanis dan Manual.....	25
Gambar 4.4 Grafik Perbandingan $A_4$ dan $B_3$ dalam Pembuatan Media Sapuh secara Mekanis dan Manual.....	26
Gambar 4.5 Grafik Perbandingan $A_5$ dan $B_4$ dalam Pembuatan Media Sapuh secara Mekanis dan Manual.....	27

**DAFTAR LAMPIRAN**

Lampiran 1. Gambar Mesin Molen.....	34
Lampiran 2. Spesifikasi Teknis Mesin Molen.....	35
Lampiran 3. Data Penelitian Kelompok A.....	36
Lampiran 4. Data Penelitian Kelompok B.....	38
Lampiran 5. Hasil Kuesioner Pembuatan Media Sapih secara Mekanis dan Manual.....	40
Lampiran 6. Contoh Kuesioner Penelitian Pengolahan Media Sapih (Overspin) secara Mekanis .....	41
Lampiran 7. Contoh Kuesioner Penelitian Pengolahan Media Sapih (Overspin) secara Manual.....	43
Lampiran 8. Perhitungan Basal Metabolic Rate (BMR).....	45
Lampiran 9. Perhitungan Energi yang dikeluarkan .....	47
Lampiran 10. Perhitungan Biaya Operasional.....	49
Lampiran 11. Perhitungan Efisiensi Mesin.....	51



**Iwan Hermawan Effendy, 981710201033, “Studi Banding Media Sapih (Overspin) Tanaman Pinus secara Mekanis dan Manual ditinjau dai Segi Keergonomisan di Persemaian Permanen Garahan (PPG) PT. Perhutani KPH Jember”, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Jember, Dosen Pembimbing : Ir. Hamid Ahmad (DPU) dan Nita Kuswardhani, S.Tp, M.Eng (DPA).**

## Ringkasan

Penyapihan adalah suatu cara penanaman bibit pinus yang berumur antara 12 s/d 15 hari. Jadi media sapih adalah sutau media tanam bibit pinus yang terdiri dari tanah top soil, serbuk kopi atau sekam padi dan kompos yang telah dicampur hingga rata.

Ergonomi berasal dari kata Yunani, yaitu Ergos yang berarti kerja dan Nomos yang berarti hukum. Dengan demikian yang dimaksud ergonomi adalah ilmu yang mempelajari manusia dalam hubungan dengan pekerjaannya.

Menurut Dawn B Marks, energi kerja dapat dicari dengan cara mengalikan Basal Metabolic Rate (BMR) dengan waktu kerja (jam) dan faktor aktivitas(per jam). Sedangkan Basal Metabolic Rate (BMR) dapat dihitung dengan cara menjumlahkan konstanta dan beberapa faktor, diantaranya faktor tinggi badan (cm), faktor berat badan (Kg) dan faktor usia(tahun). Satuan dari energi kerja dan Basal Metabolic Rate (BMR) adalah Kkal/jam.

Pada pelaksanaan penelitian dibagi menjadi 3 bagian, yaitu persiapan yang terdiri dari pengukuran tinggi badan dan berat badan, penyiapan bahan yang membagi tiap – tiap bahan menjadi 1 bak, proses pembuatan media sapih yang menggunakan 2 cara pengolahan, yaitu dengan cara mekanis dan manual. Sedangkan pengamatan yang dilakukan, yaitu waktu kerja, tingkat keletihan atau ketahanan fisik pekerja, energi kerja, biaya yang dikeluarkan dan efisiensi mesin.

Pada hasil penelitian didapatkan bahwa energi manusia yang dibutuhkan dalam pembuatan media sapih secara mekanis lebih besar daripada secara manual sedangkan waktu kerja yang dibutuhkan dalam pembuatan media sapih dengan cara mekanis lama daripada dengan cara manual. Dan pembuatan media sapih dengan cara manual lebih ergonomis daripada dengan cara mekanis.



## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Tanaman *Pinus merkusii* merupakan anggota konifer yang paling terkenal dari sekitar seratus spesies yang tersebar di seluruh dunia dan hanya satu spesies yang asli Indonesia, yaitu *Pinus merkusii* JUNGH. Tanaman pinus dapat tumbuh baik pada berbagai jenis tanah, maka tanaman ini sering disebut sebagai tanaman pioner. Kepioneran pinus dinyatakan dalam batas kemampuannya untuk tumbuh baik pada keadaan tanah dengan kesuburan rendah yang tanaman hutan lain yang bersifat komersial tidak dapat tumbuh dengan baik. Pinus membutuhkan tanah dengan derajat keasaman berkisar antara 5,5 – 6,5. Kemampuan pinus untuk tumbuh dengan baik pada tanah dengan kesuburan rendah ini didukung oleh adanya simbiose bakteri pembentuk bintil akar yang mampu menangkap  $N_2$  dari atmosfer, sedang simbiose akar pinus dengan jamur membentuk mikhoriza yang mampu memecah unsur P tidak tersedia menjadi tersedia untuk kebutuhan tanaman, yang mana senyawa P diserap oleh tanaman dalam bentuk  $H_2PO_4$  dan  $HPO_4$ .

Pembuatan media saphi atau overspin terdiri dari top soil (mengandung mikhoriza), serbuk gergaji atau sekam padi dan kompos dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Ketiga media tersebut kemudian dicampur dan diaduk hingga rata. Pada sekali penyampuran dibutuhkan tiap tiap media sebanyak satu kotak yang berukuran 1 m x 1 m x 50 cm sehingga menghasilkan media saphi sebanyak 1,5 m<sup>3</sup> yang dapat mengisi 402 polytube atau 213 pottrys. Padahal setiap tahunnya Persemaian Permanen Garahan (PPG) harus menyediakan bibit pinus sebanyak kurang lebih 2.300.000, ini berarti terjadi pencampuran media saphi sebanyak kurang lebih 5.700 kali.

Kegiatan di atas biasanya dilakukan secara manual dengan cara dicampur menggunakan cangkul. Menurut Beneett, dkk (1995), manusia sebagai tenaga kerja merupakan alat bantu yang paling tidak efisien ditinjau dari aspek tenaga, keluaran, ketahanan fisik dan mental. Penggunaan tenaga manusia yang banyak akan meningkatkan biaya yang dikeluarkan oleh perusahaan untuk membayar gaji



atau upah pekerja yang mempunyai tenaga terbatas dan mudah mengalami kelelahan. Padahal menurut Beneett, dkk (1995), pembebanan yang berlebihan bagi manusia normal harus diimbangi oleh pengurangan jam kerja dan istirahat yang lebih lama untuk memulihkan tenaga dan mengingat semakin meningkatnya persyaratan kerja dan kerumitan hidup, manusia harus meningkatkan efisiensinya dengan bantuan peralatan dan perlengkapan. Cara untuk mencegah atau mengurangi hal - hal yang merugikan tersebut dengan menggunakan mesin pencampur media yang disebut mesin molen.

Mesin molen menggunakan motor diesel sebagai tenaga penggeraknya, yang akan digunakan untuk penyampuran media saphi atau overspin. Motor diesel membutuhkan bahan bakar solar, oli sebagai pelumas. Tenaga yang dikeluarkan oleh mesin tersebut sangat besar dan dapat dianggap tidak mempunyai tingkat kelelahan serta mampu mengerjakan sesuatu secara berulang - ulang.

## **1.2 Permasalahan**

Bibit pinus yang masih dalam stadia pentol korek mempunyai kemampuan beradaptasi yang kurang dibandingkan dengan tanaman induknya, oleh karena itu membutuhkan media saphi yang lebih baik. Media saphi diharapkan mampu memberikan kebutuhan yang diperlukan bibit pinus. Pembuatan media saphi untuk penyemaian bibit pinus sangat besar jumlahnya, sehingga akan membutuhkan tenaga yang besar pula. Tenaga yang dibutuhkan dalam pembuatan media saphi dapat berupa tenaga mesin maupun tenaga manusia. Untuk mengetahui besarnya perbandingan penggunaan tenaga manusia dan mesin molen dalam pembuatan media saphi atau overspin diperlukan penelitian lebih lanjut.

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Penelitian ini mempunyai tujuan, sebagai berikut.

1. Mengetahui besar tenaga yang dikeluarkan dalam pembuatan media saphi secara manual dan mekanis.



2. Mengetahui tingkat ketahanan fisik dan lama waktu yang dibutuhkan dalam pembuatan media saphi dengan cara manual dan mekanis.
3. Mengetahui banyaknya biaya yang digunakan dalam pembuatan media saphi dengan cara manual dan mekanis.

## 1.4 Manfaat Penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat, sebagai berikut.

1. Memberikan informasi kepada kalangan peneliti tentang perbandingan pembuatan media saphi atau overspin tanaman pinus secara manual dan mekanis ditinjau dari segi keergonomisan.
2. Memberikan informasi pada perusahaan tentang tenaga yang dikeluarkan, ketahanan fisik, biaya yang digunakan dalam pembuatan media saphi atau overspin secara manual dan mekanis.
3. Dapat membandingkan keergonomisan pembuatan media saphi atau overspin secara manual dan mekanis.

## 1.5 Hipotesis

Adapun beberapa hipotesis dalam penelitian ini, sebagai berikut.

1. Penggunaan tenaga manusia dalam pembuatan media saphi cara manual lebih besar daripada cara mekanis.
2. Pembuatan media saphi dengan cara mekanis lebih cepat daripada cara manual dan keluhan atau rasa sakit yang dirasakan pekerja lebih sedikit.
3. Biaya yang dibutuhkan dalam pembuatan media saphi dengan cara mekanis lebih besar daripada dengan cara manual.



## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Pinus Merkusii

#### 2.1.1 Botani Pinus Merkusii

Tanaman pinus yang asli Indonesia hanya satu spesies, yaitu *Pinus merkusii* JUNGH. Adapun sistematika tanaman pinus menurut Mariyati, 1995 adalah sebagai berikut :

Divisio	: Spermatophyta
Sub divisio	: Gymnospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Pinales
Family	: Pinnaceae
Genus	: Pinus
Spesies	: <i>Pinus merkusii</i> , <i>Pinus oocarpa</i> , <i>Pinus caribbia</i>

Tanaman pinus memiliki beberapa ciri-ciri spesifik, antara lain dapat diuraikan dibawah ini.

#### A. Akar

Akar tanaman pinus terdiri dari akar utama atau akar tunggang dan akar lateral yang tumbuhnya mengarah kesamping dan fungsi akar lateral ini adalah untuk memperkokoh batang, menyerap air dan unsur hara. Perakaran tanaman dan kondisi tanah dimana tanaman tersebut tumbuh.

#### B. Batang

Tanaman pinus merupakan golongan tanaman berkayu lunak, hal ini dapat diketahui dari bentuk daunnya yang menjarum. Tinggi tanaman dapat mencapai 100 meter lebih dan diameternya mencapai 150 cm dengan penampang melintang berbentuk persegi panjang.





### C. Daun

Daun pinus berbentuk jarum dan tersusun dalam berkas, tiap berkas berisi dua helai daun (*Pinus Merkusii*), tiga helai daun (*Pinus Caribbia*) dan empat helai daun (*Pinus Oocarpa*) dengan struktur tajuk berbentuk kerucut.

### D. Bunga dan buah

Bunga tersusun dalam strobilus yang berbentuk kerucut sedang biji mempunyai sayap kesamping dengan 2 s/d 15 daun lembaga. Pinus berbuah sepanjang tahun namun buah paling banyak jatuh pada bulan Maret – Juni.

Buah pinus terdapat pada pucuk cabang atau ranting yang terdiri dari buah muda dan tua. Buah muda terdapat dibagian paling atas dari cabang, sedang buah yang sudah tua berada di bagian bawahnya. Adapun ciri-ciri buah tua adalah sebagai berikut.

- a. Warna hijau ke biru – biruan.
- b. Sisik kulit buah melebar (lekukan – lekukan hampir tidak kelihatan).
- c. Sudah ada warna coklat dibagian buah dekat tangkai.
- d. Kalau dikerat bagian bawah terlihat garis – garis kecoklatan.

#### 2.1.2 Media Sapih atau Overspin

Komposisi media yang dipakai adalah tanah top soil (mengandung mikoriza), serbuk gergaji atau sekam padi dan kompos dengan perbandingan 1 : 1 : 1. Ketiga media tersebut dicampur dengan menggunakan mesin molen atau secara manual. Adapun kegunaan serbuk gergaji adalah untuk menjaga kelembaban media dan dapat diganti oleh bahan lainnya apabila fungsinya sama. Jika keasamaan media sapih rendah maka ditambahkan dolomit sebanyak  $4 \text{ kg/m}^3$  dengan tujuan meningkatkan pH media. Media yang telah dicampur kemudian dimasukan kedalam polytube dan pottrays dimana setiap 1 frame berisi 40 single tube (plc) sedangkan untuk setiap pottrays berisi 45 plances (plc). Selanjutnya pottrays dan polytube ditata pada shaded area berbentuk bedengan dengan isi  $4 \times 100$  frame yang berisi 1600 tube atau 1800 pot.  $1,5 \text{ m}^3$  media digunakan untuk mengisi 213 frame pottrays atau 402 frame polytube.



## 2.2 Pengertian Ergonomi

Ergonomi berasal dari kata Yunani, yaitu ERGOS yang berarti bekerja dan NOMOS yang berarti hukum alam, bermakna sebagai ilmu yang meneliti tentang perkaitan antara orang dengan lingkungan kerjanya. Menurut Suma'mur, 1989, ergonomi adalah ilmu yang penerapannya berusaha untuk mensesuaikan pekerjaan dan lingkungan terhadap orang atau sebaliknya, dengan tujuan mencapai produktivitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan faktor manusia seoptimal-optimalnya.

Ergonomi dapat pula diartikan sebagai ilmu yang meneliti perkaitan antara orang dengan lingkungan kerjanya. Lingkungan kerja yang dimaksud adalah keseluruhan alat perkakas dan bahan yang dihadapi, lingkungan sekitarnya dimana seseorang bekerja, metode kerja, serta pengaturan kerjanya baik sebagai perorangan maupun sebagai kelompok (Suyatno, 1985).

Faktor-faktor yang mempengaruhi keberhasilan kerja secara ergonomi ada 2, yaitu faktor individual dan faktor situasional. Faktor individual adalah suatu faktor yang mempengaruhi kerja seseorang yang berasal dari diri orang itu sendiri, seperti usia, motivasi, pendidikan, pengalaman, dan lain – lain. Sedangkan faktor situasional adalah suatu faktor yang mempengaruhi kerja seseorang yang berasal dari luar diri pekerja, faktor-faktor tersebut hampir seluruhnya dapat diatur dan diubah, seperti kondisi mesin dan peralatan, karakteristik lingkungan kerja, lingkungan sosial, metode kerja, dan lain –lain (Madyana, 1996).

Menurut Sedarmayanti, 1996, sasaran utama ergonomi adalah agar pegawai dapat mencapai prestasi kerja yang tinggi dengan disertai suasana kerja yang tentram, aman dan nyaman. Sasaran lain dari ergonomi adalah pada sektor modern dan sektor tradisional. Pada sektor modern, penerapan ergonomi dilakukan dalam bentuk pengaturan sikap, tata cara kerja dan perencanaan kerja yang tepat. Banyaknya peralatan kerja dan mesin yang didatangkan dari luar negeri, hal tersebut memerlukan penyesuaian dengan bentuk dan ukuran tubuh pegawai. Pada sektor tradisional, umumnya pekerjaan dilakukan dengan tangan dan memakai peralatan dengan sikap badan dan cara kerja yang secara ergonomis dapat diperbaiki.



### 2.3 Sistem Manusia Mesin dan Hasil Kerjanya

Sistem manusia mesin merupakan kombinasi antara satu atau beberapa manusia dengan satu atau beberapa mesin dimana satu sama lainnya saling berinteraksi untuk menghasilkan keluaran berdasarkan masukan yang diberikan. Sedangkan yang dimaksud mesin disini mempunyai arti yang luas, yaitu mencakup semua obyek fisik, seperti peralatan, perlengkapan, fasilitas dan benda lainnya yang biasa digunakan manusia dalam melaksanakan kegiatannya.

Perbandingan kekurangan dan kelebihan antara pekerjaan yang dilakukan oleh manusia dan mesin dapat dilihat pada Tabel 2.1.

**Tabel 2.1 Perbandingan Kekurangan dan Kelebihan antara Manusia dan Mesin**

No.	Masalah	Manusia	Mesin
1.	Kecepatan	Lambat. Kira-kira 2 daya kuda (DK) untuk 10 detik, 0,5 DK untuk beberapa detik dan 0,2 DK untuk pekerjaan terus menerus sehari.	Cepat. Dapat diatur bisa besar dan bisa tetap.
2.	Keseragaman	Tidak dapat dipercaya, perlu dipantau oleh mesin.	Sesuai untuk pekerjaan rutin, berulang kali dan perlu ketepatan.
3.	Kegiatan kompleks	Satu saluran.	Banyak saluran.
4.	Ingatan	Bisa mengingat segala macam dengan pendekatan dari berbagai sudut, baik untuk menentukan dasar pikiran maupun strategi.	Baik untuk memproduksi sesuatu yang sudah ditentukan dan bisa menyimpan ingatan dalam jangka pendek.
5.	Berpikir	Induktif baik.	Deduktif baik.
6.	Hitung- menghitung	Lambat dan mungkin melakukan kesalahan.	Cepat dan tepat, tetapi tidak memiliki kemampuan untuk membuat koreksi.
7.	Kemampuan mendayagunakan	Menerima rangsangan dari berbagai energi, mengolahnya bersama untuk kemudian memberikan reaksi. Dipengaruhi oleh kondisi lingkungan.	Dapat menjadi indera penambah, seperti kemampuan menangkap gelombang. Dapat dibuat tidak peka terhadap rangsangan luar.
8.	Reaksi terhadap beban yang berlebihan	Degradasi	Kerusakan tiba-tiba
9.	Mendayagunakan kepintaran	Dapat menyesuaikan sesuatu yang dapat diduga. Dapat meramal, menginterpolasi dan ekstrapolasi serta membuat keputusan.	Tidak ada kepintaran untuk menyesuaikan, hanya bisa memutuskan ya atau tidak.
10.	Kecakapan manipulasi	Besar kemungkinan	Dalam hal khusus

Sumber : Sedarmayanti, 1996



Mengatur kegiatan perlu diperhatikan agar keadaan nyaman tanpa mempengaruhi hasil kerja. Tubuh manusia dapat dianggap sebagai suatu mesin dan kemampuan manusia untuk melakukan kegiatan tergantung pada struktur fisik tubuh yang terdiri dari struktur tulang, otot rangka, sistem syaraf dan proses metabolisme. Semua kegiatan tubuh manusia memerlukan tenaga sedangkan tenaga diperoleh karena adanya proses metabolisme dalam otot, yaitu berupa kumpulan proses kimia yang mengubah bahan makanan menjadi dua bentuk, yaitu kerja mekanis dan panas.

Kerja manusia terdiri dari kerja yang bersifat mental dan bersifat fisik dengan masing – masing mempunyai tingkat intensitas yang berbeda. Tingkat intensitas yang terlampau tinggi memungkinkan pemakaian tenaga yang berlebihan dan tingkat intensitas yang terlampau rendah memungkinkan timbulnya rasa jenuh atau bosan. Tingkat intensitas yang optimum ada di antara kedua batas ekstrim dan tentunya berbeda untuk setiap individu. Dengan demikian usaha ergonomi harus diarahkan pada pencapaian tingkat intensitas yang optimum.

Tingkat intensitas kerja yang optimum, umumnya dapat dilaksanakan apabila tidak ada tekanan dan ketegangan. Tekanan di sini berkenaan dengan beberapa aspek dari kegiatan manusia atau dari lingkungan yang terjadi pada individu sebagai akibat reaksi individu tersebut karena terdapat beberapa hal yang tidak sesuai dengan keinginannya. Sedangkan ketegangan, merupakan konsekuensi logis yang harus diterima oleh individu tersebut sebagai akibat dari tekanan (Sedarmayanti, 1996).

#### **2.4 Mengukur Aktivitas Kerja Manusia**

Mengukur aktivitas kerja manusia adalah mengukur seberapa besar tenaga yang dibutuhkan oleh seorang pegawai untuk melaksanakan pekerjaannya. Secara umum kriteria pengukuran aktivitas kerja manusia dapat dibagi ke dalam dua kelas utama, yaitu kriteria fisiologis dan kriteria operasional.



### **A. Kriteria Fisiologis**

Kriteria fisiologis dari aktivitas kerja manusia biasanya ditentukan berdasarkan kecepatan denyut jantung dan pernafasan. Usaha untuk menentukan besarnya tenaga yang tepat berdasarkan kriteria ini agak sulit, karena perubahan fisik dari keadaan normal menjadi keadaan fisik yang aktif akan melibatkan beberapa fungsi fisiologis yang lain. Kecepatan denyut jantung dan kecepatan pernafasan dipengaruhi tekanan psikologis, tekanan lingkungan atau tekanan akibat kerja keras, dimana ketiga tekanan tersebut sama pengaruhnya.

### **B. Kriteria Operasional**

Kriteria operasional melibatkan teknik untuk mengukur atau menggambarkan hasil yang bisa dilakukan tubuh atau anggota tubuh pada saat melaksanakan gerakan. Secara umum hasil gerakan yang bisa dilakukan oleh anggota tubuh dapat dibagi dalam bentuk rentang gerakan, pengukuran aktivitas berdasarkan kekuatan, ketahanan, kecepatan dan ketelitian.

Pengukuran aktivitas fisik berdasarkan kekuatana dan daya tahan pada hakekatnya tidak hanya ditentukan oleh kekuatan otot saja, tetapi juga dipengaruhi oleh faktor subyektif lainnya, seperti besarnya tenaga yan dikeluarkan, kecepatan kerja, cara dan sikap melaksanakan kerja, kebiasaan olah raga, jenis kelamin, umur, daya reaksi, stabilitas, letak posisi beban dan arah gerakan dari anggota tubuh, dan lain – lainnya.

Pengaturan laju detak jantung (heart rate) adalah aktivitas pengukuran yang paling sering diaplikasikan, meskipun metoda ini tidak langsung terkait dengan pengukuran energi fisik (otot) yang harus dikonsumsi seseorang untuk kerja. Pengukuran konsumsi  $O_2$  dalam hal ini justru akan berkaitan dengan proses metabolisme yang mana besar atau kecilnya  $O_2$  yang dikonsumsi akan langsung terkait secara proporsional dengan konsumsi energi yang akan dipakai untuk kerja (Sedarmayanti, 1996).



## 2.5 Kerja Fisik dan Konsumsi Energi Kerja

Secara umum yang dimaksudkan dengan kerja fisik (physical work) adalah kerja yang memerlukan energi fisik otot manusia sebagai sumber tenaganya (power). Kerja fisik seringkali juga disebut sebagai manual operation dimana performans kerja sepenuhnya akan tergantung manusia baik yang berfungsi sebagai sumber tenaga ataupun pengendali kerja. Kerja fisik dapat dirumuskan sebagai kegiatan yang memerlukan usaha fisik manusia yang kuat selama periode kerja berlangsung. Dalam hal ini kerja fisik ini, maka konsumsi energi merupakan faktor utama dan tolok ukur yang dipakai sebagai penentu berat atau ringannya kerja fisik tersebut. Proses mekanisasi kerja dalam berbagai kasus akan diaplikasikan sebagai jalan keluar untuk mengurangi beban kerja yang terlalu berat dan harus dipikul manusia. Dengan mekanisasi peran manusia sebagai sumber energi kerja akan digantikan oleh mesin. Hal ini akan memberikan kemampuan yang lebih besar lagi untuk penyelesaian aktivitas-aktivitas yang memerlukan energi fisik yang besar dan berlangsung dalam periode waktu yang lama (Sritomo, 1995).

### 2.5.1 Proses Metabolisme

Proses metabolisme yang terjadi dalam tubuh manusia merupakan fase yang penting sebagai penghasil energi yang diperlukan untuk kerja fisik. Proses metabolisme ini bisa di analogikan dengan proses pembakaran yang kita jumpai dalam mesin motor bakar. Lewat proses metabolisme akan dihasilkan panas dan energi yang diperlukan untuk kerja fisik atau mekanis lewat sistem otot manusia. Di sini zat – zat makanan akan bersenyawa dengan oksigen yang dihirup, terbakar dan menimbulkan panas serta energi mekanis.

Besarnya energi yang dihasilkan atau dikonsumsi akan dinyatakan dalam unit satuan kilo kalori atau Kcal atau kilo joule (KJ) bilamana akan dinyatakan dalam satuan standart internasional (SI) dimana :

$$1 \text{ kilo kalori (Kcal)} = 4,2 \text{ kilojoules (KJ)}$$

Nilai konversi diatas akan dapat berguna bilamana nilai konsumsi energi diberikan dalam unit satuan watt ( $1 \text{ watt} = 1 \text{ joule/detik}$ )



Selanjutnya dalam fisiologi kerja, energi yang dikonsumsi sering kali bisa diukur secara langsung yaitu melalui konsumsi oksigen yang dihisap. Dalam hal ini konversi bisa dinyatakan sebagai berikut :

$$1 \text{ liter O}_2 = 4,8 \text{ Kcal} = 20 \text{ KJ}$$

Dari nilai konversi tersebut tampak bahwa nilai kalori dari O<sub>2</sub> dari setiap liter oksigen yang dihirup akan menghasilkan energi rata-rata sebesar 4,8 Kcal atau 20 KJ. Istilah yang sering digunakan untuk mengkonversi nilai 1 liter oksigen dengan energi yang dihasilkan oleh tubuh manusia adalah "nilai kalarifik dari oksigen". Dari nilai konversi yang telah distandartkan tersebut, maka untuk mengetahui berupa konsumsi energi yang diperlukan untuk melaksanakan suatu kegiatan manual fisik dapat dicari dengan mengukur secara langsung volume oksigen (liter) yang dihirup manusia dari udara bebas dan kemudian dikalikan dengan faktor 4,8.

Cara lain yang bisa diaplikasikan untuk mengetahui besarnya energi kerja fisik adalah dengan membandingkan konsumsi oksigen dengan laju detak nadi atau jantung dapat dinyatakan sebagai berikut.

- a. Operator laki-laki yang melakukan aktivitas manual fisik dengan pulsa 75 denyut atas detak per menit akan ekuivalen dengan konsumsi oksigen 0,5 liter/menit atau sepadan dengan pengeluaran energi 2,5 Kcal/menit. Perlu dicatat bahwa pulsa jantung wanita umumnya akan berdenyut lebih tinggi dibandingkan dengan laki-laki sekitar 10 denyut lebih tinggi.
- b. Bilamana tidak ada kegiatan fisik yang dilakukan, misalnya dalam kondisi istirahat, biasanya pulsa akan sebesar 62 denyut/menit, dimana hal ini akan ekuivalen dengan konsumsi oksigen sebesar 250ml/menit atau sepadan dengan pengeluaran energi sebesar 1,25 Kcal/menit.

Pengukuran denyut/detak jantung nadi akan sangat sensitif terhadap temperatur dan tekanan emosi manusia, dan di sisi lain pengukuran melalui konsumsi oksigen pada dasarnya tidak akan banyak dipengaruhi oleh perbedaan karakteristik individu manusia yang akan diukur. Dalam aktivitas penelitian tentang pengukuran energi fisik kerja, maka kedua metode ini yang paling sering diaplikasikan. Untuk pengukuran denyut nadi/jantung, pengukuran dilaksanakan



pada saat sebelum siklus kerja dimulai, kemudian pada setiap menit selama siklus kerja berlangsung dan tiga menit selama periode pemilihan pemulihan (recovery). Sedangkan untuk pengukuran oksigen yang dikonsumsi (liter/menit), maka pengukuran dilakukan terhadap volume oksigen yang dihisap permenit yang diambil lima menit terakhir dari setiap siklus berlangsung (Sritomo, 1995).

Perlu diketahui konsumsi oksigen akan tetap diperlukan meskipun orang tidak melakukan aktivitas fisik. Kondisi seperti ini disebut sebagai “basal metabolisme” dimana dalam kondisi seperti ini energi kimiawi dari makanan hampir seluruhnya akan dipakai untuk menjaga panas badan ( $36^{\circ}\text{C}$ ), agar manusia bisa tetap “hidup”. Adanya kerja fisik akan menyebabkan penambahan energi. Kenaikan konsumsi energi dalam kerja fisik ini disebut “kalori kerja”, sehingga nilai konsumsi energi untuk kerja atau “metabolisme kerja” dapat diformulasikan sebagai berikut :

“Konsumsi energi untuk kerja fisik (metabolisme kerja) merupakan hasil penjumlahan dari basal metabolisme (nilai energi saat istirahat) dan nilai klori kerja.”

Laju metabolisme basal (Basal Metabolic Rate, BMR) adalah ukuran energi yang diperlukan untuk mempertahankan hidup, seperti fungsi paru dan ginjal, kerja pompa jantung, pemeliharaan gradien ion lintas membran, berbagai reaksi biokimia, dan seterusnya. BMR biasanya ditentukan dari pengukuran kecepatan istirahat. Dengan demikian, pada prakteknya BMR sebenarnya adalah laju metabolisme istirahat (Resting Metabolisme Rate, RMR). BMR biasanya dinyatakan dalam kilokalori yang diperlukan setiap hari.

Adapun beberapa persamaan untuk menghitung laju metabolisme basal (BMR), antara lain dapat diuraikan dibawah ini.

Perkiraan kasar :

$$\text{BMR} = 24 \times \text{BB} \dots\dots\dots (2.1)$$

Persamaan Owen :

$$\text{BMR}_{\text{wanita}} = 795 + (7,18 \times \text{BB}) \dots\dots\dots (2.2)$$

$$\text{BMR}_{\text{pria}} = 879 + (10,2 \times \text{BB}) \dots\dots\dots (2.3)$$



Persamaan Haris dan Benedict :

$$BMR_{wanita} = 655 + (9,6 \times BB) + (1,8 \times TB) - (4,7 \times U) \dots \dots \dots (2.4)$$

$$BMR_{pria} = 660 + (13,7 \times BB) + (5 \times TB) - (6,8 \times U) \dots \dots \dots (2.5)$$

Dimana :

BB = Berat badan (kg)

TB = Tinggi badan (cm)

U = Usia (tahun)

(Dawn B Marks, dkk, 1996)

Pada perkiraan kasar, energi yang dibutuhkan perhari untuk aktivitas fisik dapat dibuat dengan menggunakan nilai – nilai perkiraan berikut :

- a. 30% BMR untuk orang yang jarang melakukan aktivitas.
- b. 60 – 70% BMR untuk orang yang melakukan olahraga atau kerja fisik tingkat sedang sekitar 2 jam setiap hari.
- c. 100% atau lebih BMR untuk orang yang melakukan olahraga atau kerja fisik berat selama beberapa jam per hari.

Sedangkan untuk persamaan Owen serta Haris dan Benedict, pengeluaran energi total biasanya dihitung sebagai jumlah BMR (kkal/hari) ditambah energi yang dibutuhkan selama jangka waktu masing-masing jenis aktivitas fisik. Aktivitas yang dilakukan dan nilai faktor aktivitas dapat dilihat pada Tabel 2.2.

**Tabel 2.2 Aktivitas yang biasa dilakukan dan faktor aktivitas yang berkaitan**

Kategori Aktivitas	Faktor Aktivitas/Jam
Beristirahat : tidur, berbaring	1,0
Sangat ringan : aktivitas sambil duduk atau berdiri seperti menyeting, pekerjaan laboratorium, mengetik, merajut, menyeterika, memasak, bermain kartu, memainkan alat musik.	1,5
Ringan : berjalan diatas permukaan datar dengan kecepatan 2,5 – 3 m/jam, bekerja digarasi, keterampilan listrik, pekerjaan kayu, bekerja di restoran, membersihkan rumah, bermain golf, berlayar, bermain tenis meja.	2,5
Sedang : berjalan dengan kecepatan 3,5 – 4 m/jam, menyiangi rumput, mencangkul, membawa beban, bersepeda, bersepeda, bermain ski, bermain tenis, menari.	5,0
Berat : berjalan menanjak dengan beban, menebang, pohon, membuat galian secara manual, mendaki gunung, bermain basket, bermain sepak bola, bermain soccer.	7,0

Sumber : Dawn B Marks, dkk, 1996



Jadi, menurut Dawn B Marks, dkk, 1996, persamaan umum untuk menentukan pengeluaran energi pada setiap aktivitas dapat dirumuskan, sebagai berikut :

$$E = \text{BMR} \times t \times a \dots\dots\dots (2.6)$$

Dimana :

E = Energi yang dikeluarkan (kkal/jam)

BMR = Laju metabolisme basal/Basal Metabolic Rate (kkal/jam)

t = Waktu yang dibutuhkan untuk melakukan aktivitas (jam)

a = Faktor aktivitas yang dilakukan (perjam)

### 2.5.2 Standart Untuk Konsumsi Energi Kerja

Konsumsi energi (banyaknya kalori) orang sedang bekerja merupakan faktor utama yang membatasi prestasi. Oleh sebab itu jumlah energi yang diperlukan oleh berbagai jenis pekerjaan perlu diketahui, termasuk jumlah kalori yang dibutuhkan oleh orang yang sedang istirahat. Energi dihasilkan oleh proses metabolisme, yang memerlukan makanan, minuman dan oksigen. Konsumsi energi pada berbagai jenis pekerjaan dapat diketahui, begitu pula jenis makanan dan minuman yang harus disediakan untuk keperluan pengadaan energi termaksud dapat diperhitungkan, agar cukup energi untuk bekerja secara efektif dan efisien. Banyak penelitian telah dilakukan sehingga diketahui besarnya konsumsi energi bagi banyak jenis pekerjaan (Sedarmayanti, 1996).

Dari hasil penelitian mengenai fisiologi kerja diperoleh kesimpulan bahwa 5,2 Kcal/menit akan dipertimbangkan sebagai maksimum energi yang dikonsumsi untuk melaksanakan kerja keras atau berat secara terus-menerus. Nilai 5,2 Kcal/menit dapat pula dikonversi dalam bentuk

Konsumsi oksigen :

$$5,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{menit}} = \frac{5,2}{4,8} = 1,08 \frac{\text{Liter oksigen}}{\text{menit}}$$



Tenaga/daya :

$$5,2 \frac{\text{Kcal}}{\text{menit}} = 5,2 \times 4,2 \frac{\text{KJ}}{\text{menit}} = 21,84 \text{ KJ/Menit}$$

Atau

$$21,84 \times \frac{1000}{60} = 364 \text{ Watt} \quad (\text{Sritomo, 1995})$$

Bilamana nilai metabolisme basal = 1,2 Kcal/menit maka energi yang dikonsumsi untuk kerja fisik berat adalah  $5,2 - 1,2 = 4,0$  Kcal/menit. Nilai kalori kerja 5,3 pada kondisi kerja standart ini akan menyebabkan jantung/nadi akan berdetak sekitar 120 detak/menit. Nilai-nilai ini kemudian akan dipakai sebagai tolok ukur yang akan menggambarkan kondisi kerja standart.

Kepastian energi yang mampu dihasilkan oleh seseorang juga akan dipengaruhi oleh faktor usia. Disini kapasitas maksimum seorang pekerja adalah pada usia antara 20 – 30 tahun (100%). Dimana dengan meningkatnya usia, kemampuan tersebut juga akan menurun dengan prosentase seperti Tabel 2.3.

**Tabel 2.3 Prosentase Penurunan Kemampuan Berdasarkan Usia**

Usia (tahun)	Prosentase Kemampuan (%)
20 – 30	100%
40	96%
50	90%
60	80%
65	75%

Sumber : Sritomo, 1995

## 2.6 Proses Terjadi Kelelahan Kerja dan Cara Penanggulangannya

Kelelahan kerja merupakan suatu pola yang timbul pada suatu keadaan, yang secara umum terjadi pada setiap orang, yang telah tidak sanggup lagi untuk melakukan kegiatan. Pada dasarnya timbulnya kelelahan disebabkan oleh dua hal, antara lain dapat diuraikan dibawah ini.

### 1. Kelelahan Akibat Faktor Fisiologis (fisik atau kimia)

Kelelahan fisiologis adalah kelelahan yang timbul karena adanya perubahan fisiologis dalam tubuh. Dari segi fisiologis, tubuh manusia dapat



dianggap sebagai mesin yang membuat bahan bakar, dan memberikan keluaran berupa tenaga yang berguna untuk melaksanakan kegiatan.

Pada prinsipnya, ada 5 macam mekanisme yang dilakukan tubuh, yaitu :

- a. Sistem peredaran darah
- b. Sistem pencernaan
- c. Sistem otot
- d. Sistem syaraf
- e. Sistem pernafasan

Kerja fisik yang kontinyu, berpengaruh terhadap mekanisme tersebut, baik secara sendiri – sendiri maupun secara sekaligus. Kelelahan terjadi karena terkumpulnya produk sisa dalam otot dan peredaran darah, dimana produk sisa ini bersifat membatasi kelangsungan kegiatan otot. Produk sisa ini mempengaruhi serat-serat syaraf sehingga menyebabkan pegawai menjadi lambat bekerja jika sudah lelah (Madyana, 1996).

## **2. Kelelahan Akibat Faktor Psikologis**

Kelelahan ini dapat dikatakan kelelahan palsu, yang timbul dalam perasaan orang yang bersangkutan dan terlihat dalam tingkah lakunya atau pendapat-pendapatnya yang tidak konsekuen lagi, serta jiwanya yang labil dengan adanya perubahan walaupun dalam kondisi lingkungan atau kondisi tubuhnya sendiri. Jadi hal ini menyangkut perubahan yang bersangkutan dengan moril seseorang, sebab kelelahan ini dapat diakibatkan oleh beberapa hal, diantaranya kurang minat dalam bekerja, berbagai penyakit, keadaan lingkungan, adanya hukum moral yang mengikat dan merasa tidak sesuai, sebab-sebab mental seperti tanggung jawab, kekhawatiran dan konflik. Pengaruh tersebut seakan-akan terkumpul dalam tubuh dan menimbulkan rasa lelah.

Kelelahan dapat dikurangi dengan berbagai cara, yaitu:

- a. Pengaturan jam kerja yang sesuai.
- b. Kesempatan istirahat yang tepat.
- c. Menyediakan fasilitas untuk istirahat.



- d. Memanfaatkan waktu libur dan rekreasi.
- e. Menerapkan ergonomi dalam menyiapkan alat – alat pengawasan.
- f. Organisasi dan hubungan kerja yang sesuai.
- g. Memperhatikan faktor lingkungan guna menunjang suasana kerja yang menyenangkan, diantaranya kebisingan, temperatur, sirkulasi udara, penerangan, dekorasi dan tata warna (Madyana, 1996).





### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan Desember 2002 sampai dengan Januari 2003 di Persemaian Permanen Garahan (PPG) PT. Perhutani KPH Jember, yang termasuk wilayah administratif desa Sidomulyo, kecamatan Silo, kabupaten Jember.

#### 3.2 Alat dan Bahan Penelitian.

##### 3.2.1 Alat

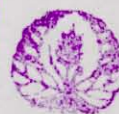
Alat yang digunakan untuk penelitian ini, yaitu :

- a. Mesin molen (Gambar dan Spesifikasi mesin dapat dilihat pada Lampiran 1 dan 2)
- b. Mesin diesel (Swan R-175A), 7 HP, 2600 rpm, 1 buah
- c. Stop watch 1 buah
- d. Timbangan berat badan (Aiwa), ukuran 150 Kg, 1 buah
- e. Timbangan untuk bahan tipe gantung, 1 buah
- f. Bak berukuran 1m x 1m x 50 cm, 1 buah
- g. Timba plastik 2 buah
- h. Cangkul 2 buah
- i. Sekop 1 buah
- j. Gelas ukur 1000ml 1 buah
- k. Roll meter ukuran 3 meter 1 buah

##### 3.2.2 Bahan

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini, yaitu :

1. Tanah top soil yang mengandung mikoriza dari hutan pinus
2. Sekam kulit kopi
3. Pupuk kompos dari limbah daun kayu putih dengan konsentrat
4. TSP 8 Kg, KCl 4 Kg dan dolomit 16 Kg dari Pusri Palembang
5. Solar 5 liter





### 3.3 Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah dengan menggunakan metode observasi, yaitu memperoleh data dengan mengadakan pengamatan secara langsung pada obyek yang akan diteliti. Penelitian ini menggunakan 10 orang tenaga kerja yang akan dibagi menjadi 2 kelompok kerja. Pada setiap kelompok terdiri dari 5 pekerja, yang selanjutnya disebut sebagai  $A_1, A_2, A_3, A_4, A_5$  pada kelompok A dan  $B_1, B_2, B_3, B_4, B_5$  pada kelompok B. Pada hari pertama kelompok A mengerjakan pengolahan tanah secara manual, sedangkan kelompok B mengerjakan pengolahan tanah secara mekanis. Pada hari berikutnya tugas kedua kelompok ditukar, kelompok A mengerjakan pengolahan tanah secara mekanis sedangkan kelompok B melakukan pengolahan tanah secara manual. Dari masing-masing pekerjaan kelompok akan diperoleh data tentang kondisi tenaga kerja, energi yang dikeluarkan dan waktu pengerjaan. Untuk data tentang kondisi tenaga kerja akan diperoleh melalui pengisian kuesioner.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dalam 3 kegiatan, yaitu penimbangan berat badan dan pengukuran tinggi pekerja, penyiapan bahan dan proses pembuatan media sapih, yang akan dijelaskan sebagai berikut.

a. Penimbangan berat badan dan pengukuran tinggi badan tenaga kerja.

Penimbangan berat badan dan pengukuran tinggi badan tenaga kerja dilakukan dengan menggunakan timbangan berat badan dan roll meter. Penimbangan berat badan dan pengukuran tinggi pekerja digunakan untuk menghitung laju metabolisme basal (Basal Metabolic Rate, BMR) yang dikeluarkan oleh pekerja. BMR ini kemudian digunakan sebagai salah satu faktor untuk penghitungan energi yang digunakan oleh pekerja.

b. Penyiapan bahan.

Bahan yang telah tersedia, masing masing dibagi menjadi 4 bak.

c. Proses pembuatan media sapih atau overspin

Proses pembuatan media sapih ini dilakukan dengan tahap-tahap sebagai berikut.



1. Pada hari pertama

Kelompok A mengambil ketiga media yang telah tersedia, kemudian langsung mencampur ketiga media tersebut secara manual yaitu dengan menggunakan cangkul. Sedangkan kelompok B membuat media saph dengan menggunakan mesin molen dengan jalan memasukkan ketiga media ke dalam ruang media mesin secara bertahap dengan perbandingan 1 : 1 : 1.

2. Pada hari kedua

Dilakukan pertukaran pekerjaan antar kelompok tersebut, kelompok A melakukan pengolahan tanah secara mekanis, sedangkan kelompok B melakukan pengolahan tanah secara manual.

### 3.5 Pengamatan

Pengamatan yang dilakukan selama penelitian meliputi faktor-faktor yang diukur, diantaranya yaitu tinggi badan, berat badan serta waktu yang dibutuhkan dalam proses pembuatan media saph atau overspin.

Data pengamatan yang telah didapat akan digunakan untuk menghitung parameter di bawah ini :

a. Waktu pembuatan media

Waktu pembuatan media saph atau overspin akan mulai dihitung pada saat pengangkatan ketiga media sampai perlakuan selesai baik dengan cara manual maupun mekanis. Alat yang digunakan untuk mengukur waktu adalah stop watch. Selama waktu pembuatan media saph baik cara manual maupun mekanis setiap selang 5 menit akan dicatat jumlah aktivitas dari pekerja, sehingga akan didapatkan grafik hubungan antara waktu kerja dan jumlah aktivitas.

b. Tingkat keletihan atau ketahanan fisik

Tingkat keletihan dapat kita ketahui dari keluhan-keluhan yang disampaikan pekerja melalui kuesioner. Kuesioner akan dibagikan kepada setiap pekerja setelah pembuatan media saph atau overspin selesai, baik secara manual ataupun mekanis.



### c. Energi Kerja

Energi kerja merupakan energi yang di keluarkan selama pembuatan media saphi atau overspin itu berlangsung. Energi kerja dapat dihitung dengan mengalikan laju metabolisme basal, waktu dan faktor aktivitas. Laju metabolisme basal merupakan ukuran energi yang diperlukan manusia untuk dapat mempertahankan hidup. Laju metabolisme basal ini dapat dihitung dengan menggunakan persamaan Harris dan Bannedit karena faktor-faktor yang digunakan lebih komplit dan dapat digunakan di Indonesia.

Rumus laju metabolisme basal (BMR) :

$$\text{BMR}_{\text{wanita}} = 655 + (9,6 \times \text{BB}) + (1,8 \times \text{TB}) - (4,7 \times \text{U})$$

$$\text{BMR}_{\text{pria}} = 660 + (13,7 \times \text{BB}) + (5 \times \text{TB}) - (6,8 \times \text{U})$$

Dimana :

BMR = Basal Metabolic Rate atau Laju Metabolisme Basal (Kkal/hari)

BB = Berat Badan (Kg)

TB = Tinggi Badan (m)

U = Usia (th)

Rumus energi kerja :

$$E = \text{BMR} \times t \times a$$

Dimana :

E = Energi kerja (Kkal/jam)

BMR = Laju metabolisme basal (Kkal/jam)

t = Waktu kerja (jam)

a = Faktor aktivitas (perjam)

### d. Biaya

Biaya merupakan pengeluaran yang harus dikeluarkan perusahaan selama proses pembuatan media saphi. Adapun perumus untuk menentukan besarnya biaya yang dikeluarkan, sebagai berikut :



Cara manual :

$$B_{\text{Operasional}} = \text{UHP} \times \text{JP}$$

Cara Mekanis :

$$\text{BPM} = \frac{\text{NB}}{\text{N}}$$

$$B_{\text{Operasional}} = (\text{UHP} \times \text{JP}) + \text{HBB}$$

Dimana :

$B_{\text{Op}}$  = Biaya pengeluaran per hari (rupiah)

$\text{UHP}$  = Upah harian pekerja (rupiah)

$\text{JP}$  = Jumlah Pekerja

$\text{HBB}$  = Harga bahan bakar per liter (rupiah)

$\text{BPM}$  = Biaya Penyusutan Mesin

$\text{NB}$  = Nilai beli (rupiah)

$\text{N}$  = Umur ekonomis (tahun)

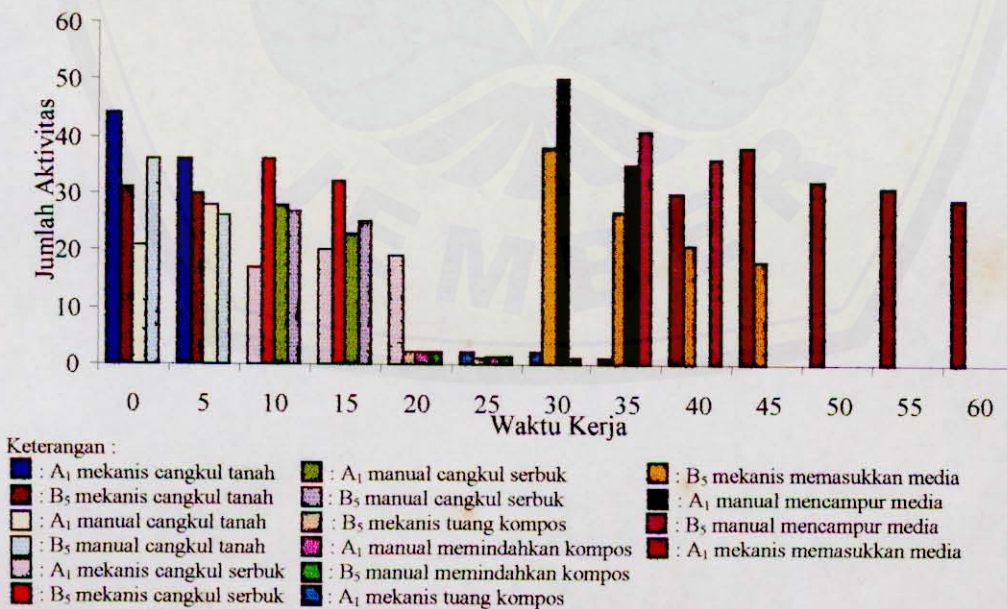


IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

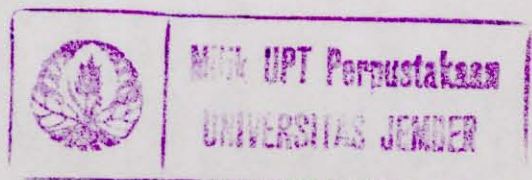
4.1 Waktu Pembuatan Media

Kecepatan kerja merupakan banyaknya aktivitas yang dilakukan oleh pekerja dalam interval waktu tertentu. Kecepatan kerja dapat dihitung dengan menggunakan stopwatch yang akan memberikan informasi interval waktu yang diinginkan sehingga pada interval waktu tersebut dapat diketahui banyaknya aktivitas yang dilakukan pekerja. Pada penelitian ini interval waktu yang digunakan 5 menit agar aktivitas yang terjadi dalam interval waktu tersebut tidak berbeda jauh. Sehingga hubungan antara waktu dengan aktivitas yang dilakukan pekerja dapat digambarkan dalam grafik.

Untuk pembuatan media saphi secara mekanis, pada saat pencampuran media saphi menggunakan mesin molen yang mempunyai efisiensi mesin sebesar 81,49% untuk kelompok A dan 82,99% untuk kelompok B. Hal tersebut menunjukkan bahwa mesin molen masih layak untuk digunakan dan dapat menggantikan tenaga manusia dalam pengolahan media saphi, karena untuk mesin dan motor yang baik mempunyai batas minimum efisiensi 60%. Jika efisiensi dibawah 60% maka mesin tersebut harus diperbaiki atau disetel.

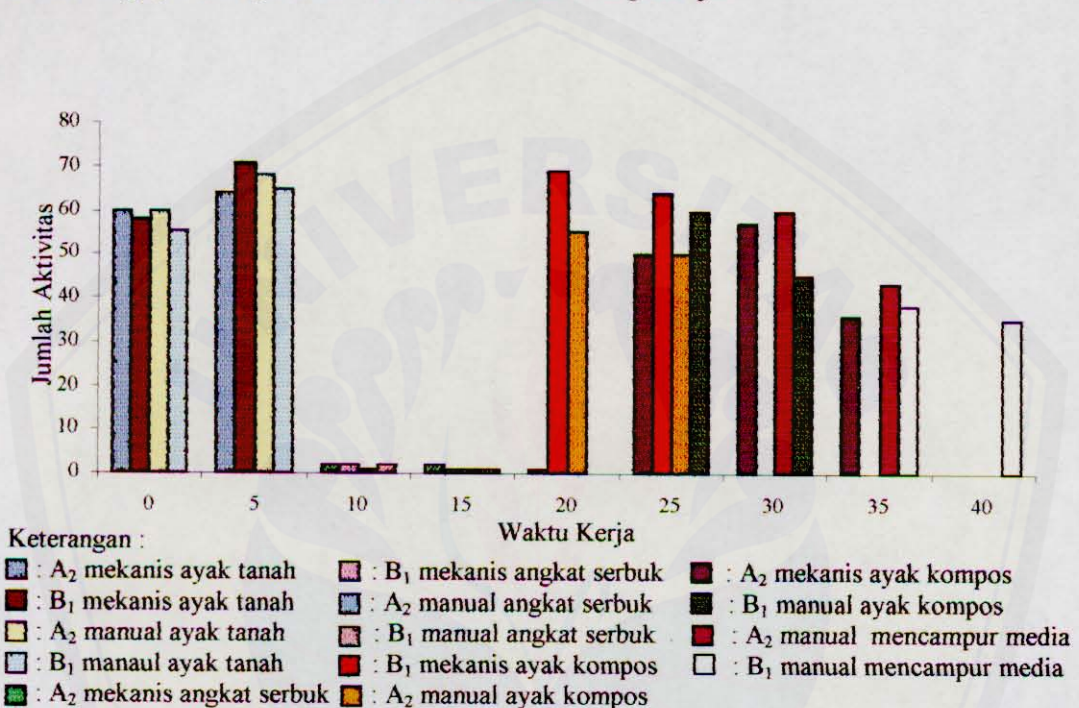


Gambar 4.1 Grafik Perbandingan A<sub>1</sub> dan B<sub>5</sub> dalam Pembuatan Media Saphi secara Mekanis dan Manual





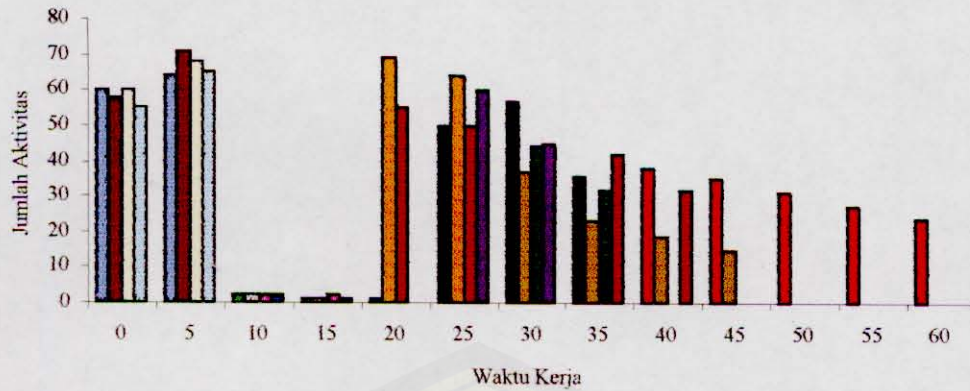
Dari Gambar 4.1 dapat diketahui bahwa pada saat penyiapan bahan belum tampak jelas terjadinya penurunan kondisi tubuh yang dialami oleh A<sub>1</sub> dan B<sub>5</sub>, karena terlalu banyaknya jenis aktivitas yang dilakukan A<sub>1</sub> dan B<sub>5</sub>. Penurunan kondisi tubuh A<sub>1</sub> dan B<sub>5</sub> tampak jelas pada saat pengolahan bahan. Pada pengolahan bahan, banyaknya aktivitas yang dilakukan A<sub>1</sub> dan B<sub>5</sub> baik secara mekanis maupun manual semakin menurun atau berkurang, hal ini disebabkan berkurangnya energi dalam tubuh manusia atau pekerja.



**Gambar 4.2 Grafik Perbandingan A<sub>2</sub> dan B<sub>1</sub> dalam Pembuatan Media Sapih secara Mekanis dan Manual**

Pada Gambar 4.2 penyiapan bahan belum tampak jelas penurunan kondisi tubuh yang dialami A<sub>2</sub> dan B<sub>1</sub>. Pada saat pengolahan bahan hanya aktivitas A<sub>2</sub> dan B<sub>1</sub> manual yang dapat ditampilkan dalam grafik, karena A<sub>2</sub> dan B<sub>1</sub> mekanis menjadi operator mesin molen. Banyaknya aktivitas A<sub>2</sub> dan B<sub>1</sub> manual pada saat pengolahan bahan semakin menurun, hal ini disebabkan berkurangnya energi dalam tubuh manusia.





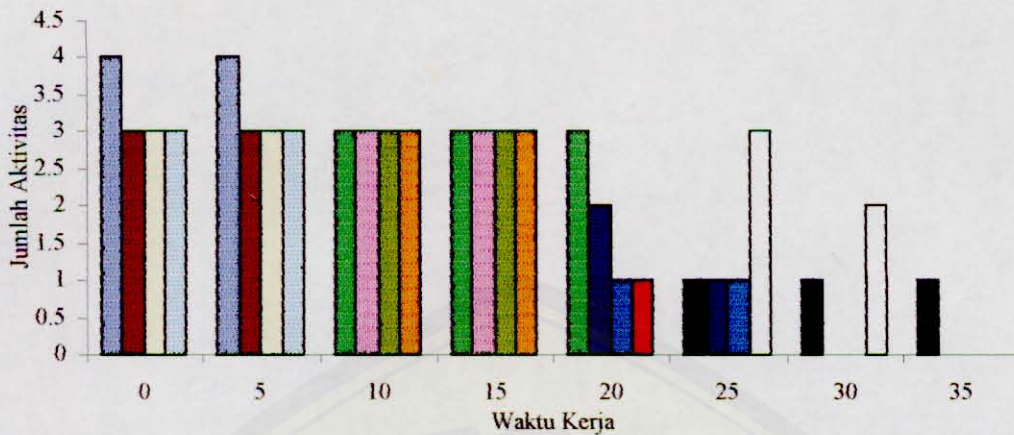
Keterangan :

- : A<sub>3</sub> mekanis ayak tanah
- : B<sub>2</sub> mekanis ayak tanah
- : A<sub>3</sub> manual ayak tanah
- : B<sub>2</sub> manual ayak tanah
- : A<sub>3</sub> mekanis angkut serbuk
- : B<sub>2</sub> mekanis angkut serbuk
- : A<sub>3</sub> mekanis ayak kompos
- : B<sub>2</sub> mekanis ayak kompos
- : A<sub>3</sub> manual angkut serbuk
- : B<sub>2</sub> manual angkut serbuk
- : A<sub>3</sub> manual ayak kompos
- : B<sub>2</sub> manual ayak kompos
- : A<sub>3</sub> mekanis memasukkan media ke mesin molen
- : A<sub>3</sub> mekanis mendekatkan media
- : B<sub>2</sub> mekanis mendekatkan media
- : A<sub>3</sub> manual mencampur media
- : B<sub>2</sub> manual mencampur media

**Gambar 4.3 Grafik Perbandingan A<sub>3</sub> dan B<sub>2</sub> dalam Pembuatan Media Sapih secara Mekanis dan Manual**

Dari Gambar 4.3 dapat diketahui bahwa waktu untuk pembuatan media sapih dengan cara mekanis lebih lama dari pada cara manual. Dan pada saat penyiapan bahan belum tampak jelas penurunan kondisi tubuh pekerja. Penurunan kondisi tubuh tampak jelas pada saat pengolahan bahan, hal ini ditunjukkan semakin menurunnya jumlah aktivitas yang dilakukan oleh A<sub>3</sub> dan B<sub>2</sub>. Menurunnya kondisi tubuh atau energi A<sub>3</sub> dan B<sub>2</sub> disebabkan terjadinya proses metabolisme dalam tubuh manusia selama melakukan aktivitasnya atau pekerjaannya.





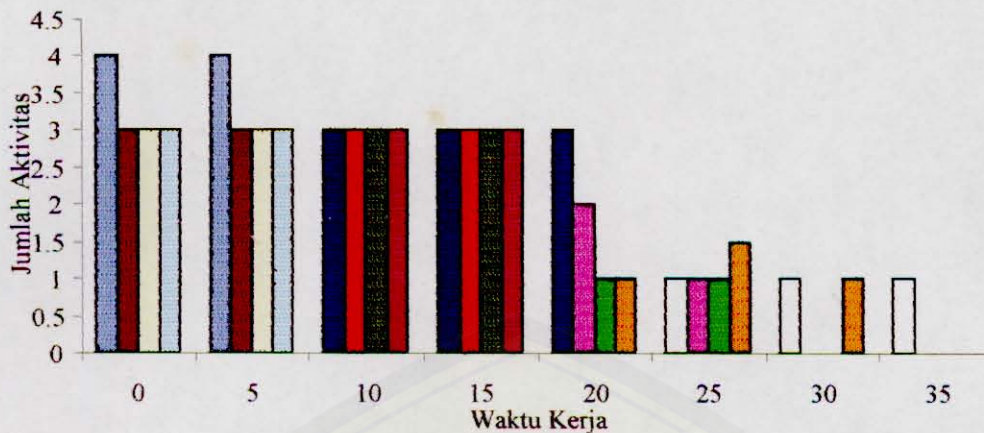
Keterangan :

- : A<sub>4</sub> mekanis tuang tanah
- : B<sub>3</sub> mekanis tuang tanah
- : A<sub>4</sub> manual tuang tanah
- : B<sub>3</sub> manual tuang tanah
- : A<sub>4</sub> mekanis tuang serbuk
- : B<sub>3</sub> mekanis tuang serbuk
- : A<sub>4</sub> manual tuang serbuk
- : B<sub>3</sub> manual tuang serbuk
- : A<sub>4</sub> mekanis angkut kompos
- : B<sub>3</sub> mekanis angkut kompos
- : A<sub>4</sub> manual membuka kompos
- : B<sub>3</sub> manual membuka karung kompos

**Gambar 4.4 Grafik Perbandingan A<sub>4</sub> dan B<sub>3</sub> dalam Pembuatan Media Sapih secara Mekanis dan Manual**

Dari Gambar 4.4 dapat diketahui bahwa aktivitas A<sub>4</sub> dan B<sub>3</sub> dapat dideteksi atau di tampilkan dalam grafik hanya pada saat penyiapan bahan, karena pada pengolahan bahan aktivitas yang dilakukan A<sub>4</sub> dan B<sub>3</sub> tidak dapat diketahui jumlah aktivitas yang sama. Pada saat pengolahan bahan A<sub>4</sub> dan B<sub>3</sub> hanya melakukan sedikit aktivitas dan beristirahat, terutama pada pengolahan dengan cara manual. Hal tersebut terjadi karena berkurangnya energi yang dimiliki oleh A<sub>4</sub> dan B<sub>3</sub>, sehingga untuk melakukan aktivitas yang lebih berat lagi tidak mampu.





Keterangan :

- : A<sub>5</sub> mekanis tuang tanah
- : B<sub>4</sub> mekanis tuang tanah
- : A<sub>5</sub> manual tuang tanah
- : B<sub>4</sub> manual tuang tanah
- : A<sub>5</sub> mekanis tuang serbuk
- : B<sub>4</sub> mekanis tuang serbuk
- : A<sub>5</sub> manual tuang serbuk
- : B<sub>4</sub> manual tuang serbuk
- : A<sub>5</sub> mekanis mengeluarkan kompos
- : B<sub>4</sub> mekanis mengeluarkan kompos
- : A<sub>5</sub> manual mengeluarkan kompos
- : B<sub>4</sub> manual mengeluarkan kompos
- : A<sub>5</sub> mekanis angkut kompos
- : B<sub>4</sub> mekanis angkut kompos
- : A<sub>5</sub> manual angkut kompos
- : B<sub>4</sub> manual angkut kompos
- : A<sub>5</sub> mekanis memindahkan kompos
- : B<sub>4</sub> mekanis memindahkan kompos
- : A<sub>5</sub> manual memindahkan kompos
- : B<sub>4</sub> manual memindahkan kompos

**Gambar 4.5 Grafik Perbandingan A<sub>5</sub> dan B<sub>4</sub> dalam Pembuatan Media Sapih secara Mekanis dan Manual**

Dari Gambar 4.5 juga dapat diketahui bahwa aktivitas A<sub>5</sub> dan B<sub>4</sub> hanya dapat di tampilkan dalam grafik pada saat penyiapan bahan. Pada saat pengolahan bahan A<sub>5</sub> dan B<sub>4</sub> hanya melakukan sedikit aktivitas dan beristirahat, terutama pada pengolahan dengan cara manual. Hal tersebut terjadi karena berkurangnya energi yang dimiliki oleh A<sub>5</sub> dan B<sub>4</sub>, sehingga untuk melakukan aktivitas yang lebih berat lagi tidak mampu.

#### 4.2 Tingkat Keletihan

Ketahanan fisik pekerja merupakan kemampuan pekerja dalam melakukan aktivitasnya dan seberapa besar aktivitas tersebut mempengaruhi kondisi tubuh pekerja selama aktivitas tersebut berlangsung. Ketahanan fisik dapat diketahui dari keluhan-keluhan pekerja yang disampaikan melalui kuesioner dan berdasarkan data penelitian kelompok. Kuesioner dibagikan kepada pekerja setelah pembuatan media sapih secara manual dan mekanis selesai.

Waktu yang dibutuhkan untuk membuat media sapih secara mekanis untuk kelompok A selama 60 menit dan kelompok B selama 45 menit. Sedangkan waktu



yang dibutuhkan untuk membuat media saphi secara manual untuk kelompok A selama 35 menit dan untuk kelompok B selama 40 menit.

Dari Lampiran 5, dapat diketahui bahwa perubahan kondisi pekerja terjadi pada akhir aktivitas atau pada akhir pembuatan media saphi atau overspin. Hal ini juga didukung oleh data dan grafik perbandingan kerja dimana kecepatan kerja menurun pada akhir aktivitas. Selama pembuatan media saphi berlangsung, kondisi tubuh pekerja mengalami perubahan dan perubahan tersebut memaksa pekerja untuk istirahat 1 atau 2 kali selama 1 s/d 2 menit.

Setelah pembuatan media saphi selesai, pekerja merasakan sakit atau nyeri pada bagian tangan, punggung dan pinggang. Hal ini wajar terjadi, karena aktivitas yang mereka lakukan banyak menggunakan bagian-bagian tubuh tersebut. Dan rasa sakit atau nyeri yang dialami pekerja akan sembuh, setelah pekerja beristirahat selama 30 menit sampai 1jam.

Keluhan-keluhan yang disampaikan pekerja melalui kuesioner baik dengan cara mekanis maupun manual semuanya sama. Hal ini disebabkan aktivitas yang dilakukan pekerja baik dengan cara mekanis maupun manual hampir sama atau tidak jauh berbeda, yang membedakan hanya pada saat pencampuran media saphi. Dan pekerja lebih memilih cara manual untuk membuat media saphi dengan alasan cara manual lebih mudah dilakukan. Hal ini sesuai dengan latar belakang pekerja yang rata-rata buruh tani.

Dari 10 pekerja yang digunakan dalam penelitian, hanya 9 pekerja yang usianya berkisar antara 20 s/d 30 tahunan, sedangkan 1 pekerja berusia 14 tahun yaitu A<sub>5</sub>. Dimana dengan usia antara 20 s/d 30 tahunan pekerja dapat menghasilkan energi maksimal (100%) yang dibutuhkan oleh tubuh, sehingga pekerja dapat bertahan untuk menyelesaikan pekerjaannya. Dan pekerja yang berada diluar kisaran usia tersebut kemampuan menghasilkan energinya tidak maksimal (>100%), sehingga pekerja tersebut tidak dapat bertahan menyelesaikan pekerjaannya dan mengalami penurunan produktivitas yang sangat drastis. Hal ini dibuktikan A<sub>5</sub> yang selalu beristirahat terlebih dahulu dari semua pekerja. Pengalaman kerja untuk pekerja pria antara 5 s/d 11 tahun sedangkan untuk pekerja wanita antara 1 s/d 2 tahun.



### 4.3 Energi Kerja

Besarnya energi yang dikeluarkan oleh seseorang untuk melakukan aktivitasnya di pengaruhi oleh beberapa faktor penting, yaitu berat badan, tinggi badan, usia, waktu dan jenis aktivitas. Dalam hal ini energi kerja merupakan energi yang di keluarkan selama pembuatan media saphi atau overspin, mulai dari penyiapan bahan sampai selesainya pengolahan media. Nilai energi kerja ini dapat di hitung dengan mengalikan Basal Metabolic Rate (BMR), waktu kerja dan faktor aktivitas. BMR dapat diketahui dengan menjumlahkan nilai konstanta, faktor berat badan dan faktor tinggi badan yang dikurangi dengan faktor usia. Sedangkan waktu kerja dapat diketahui dengan menggunakan stopwatch yang dinyalakan selama proses penyiapan bahan dan pembuatan media berlangsung. Dan faktor aktivitas dapat diketahui dengan mengelompokkan aktivitas-aktivitas yang terjadi berdasarkan Tabel 2.2.

**Tabel 4.1 Hasil Perhitungan BMR**

No.	BMR <sub>pria</sub> (Kkal/jam)	No.	BMR <sub>wanita</sub> (Kkal/jam)
A <sub>1</sub>	83,425	A <sub>4</sub>	53,467
A <sub>2</sub>	83,485	A <sub>5</sub>	58,05
A <sub>3</sub>	95,825	B <sub>3</sub>	55,054
B <sub>1</sub>	82,183	B <sub>4</sub>	55,442
B <sub>2</sub>	80,042		
B <sub>5</sub>	86,454		

Dari Tabel BMR dapat diketahui bahwa nilai BMR<sub>pria</sub> lebih besar daripada nilai BMR<sub>wanita</sub>. Nilai BMR<sub>pria</sub> tertinggi terdapat pada A<sub>3</sub> sebesar 95,825 Kkal/jam dan terendah terdapat pada B<sub>2</sub> sebesar 80,042 Kkal/jam. Sedangkan nilai BMR<sub>wanita</sub> tertinggi terdapat pada A<sub>5</sub> sebesar 58,05 Kkal/jam dan terendah terdapat pada A<sub>4</sub> sebesar 53,467 Kkal/jam. Dari nilai-nilai tersebut dapat diketahui bahwa untuk mempertahankan hidup, energi yang diperlukan oleh pria lebih besar daripada wanita dan postur tubuh manusia dalam melakukan aktivitas sangat berpengaruh dalam penentuan energi yang dibutuhkan.



**Tabel 4.2 Hasil Perhitungan Energi**

No.	Manual (Kkal/jam)	Mekanis (Kkal/jam)
E <sub>A1</sub>	243,323	417,125
E <sub>A2</sub>	243,492	295,669
E <sub>A3</sub>	279,489	479,125
E <sub>A4</sub>	102,479	198,273
E <sub>A5</sub>	96,75	208,012
E <sub>B1</sub>	256,821	212,306
E <sub>B2</sub>	250,131	300,156
E <sub>B3</sub>	114,696	160,574
E <sub>B4</sub>	147,845	150,155
E <sub>B5</sub>	288,179	324,203

Dari Tabel 4.2 dapat diketahui bahwa energi yang dikeluarkan dalam membuat media sapih secara mekanis lebih besar daripada secara manual. Ada beberapa faktor yang sangat berpengaruh pada penentuan besarnya energi yang dikeluarkan pekerja, yaitu laju metabolisme basal, waktu yang dibutuhkan dalam menyelesaikan aktivitas dan aktivitas yang dilakukan. Semakin lama dan semakin berat aktivitas yang dilakukan maka semakin besar pula energi yang dikeluarkan.

Dalam hal ini cara mekanis ternyata membutuhkan waktu lebih lama daripada cara manual, karena pada cara mekanis perlakuannya lebih rumit dan banyak waktu yang terbuang untuk menunggu proses pencampuran pada mesin molen.

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa energi yang dikeluarkan secara manual oleh E<sub>A5</sub> paling kecil diantara pekerja yang lain. Hal ini disebabkan E<sub>A5</sub> pada cara manual lebih banyak beristirahat dan melakukan aktivitas sangat ringan.

Dari tabel juga diketahui pada E<sub>B1</sub> energi yang dikeluarkan secara manual ternyata lebih besar daripada secara mekanis. Hal ini disebabkan E<sub>B1</sub> pada cara manual melakukan aktivitas sedang lebih lama daripada cara mekanis, yaitu 35 menit dengan cara manual dan 25 menit dengan cara mekanis.



#### 4.4 Biaya Pembuatan Media Sapih

Pada penelitian pembuatan media sapih menggunakan 2 cara pengolahan, yaitu cara manual dan cara mekanis. Cara manual merupakan cara pembuatan media sapih yang seluruh pengolahannya menggunakan tenaga manusia. Sedangkan cara mekanis merupakan cara pembuatan media sapih yang pengolahannya menggunakan tenaga mesin molen dan dibantu dengan tenaga manusia. Dengan adanya 2 cara pengolahan, maka mempengaruhi biaya pengeluaran perusahaan untuk tiap-tiap prosesnya. Dalam hal ini biaya merupakan pengeluaran yang harus dibayar atau dikeluarkan perusahaan selama proses pembuatan media sapih berlangsung.

Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan dalam menghitung biaya pembuatan media sapih, cara mekanis antara lain biaya operasional yang terdiri dari upah pekerja, harga bahan bakar yang digunakan, biaya penyusutan mesin dan biaya perawatan yang terdiri dari biaya servis dan pelumas. Sedangkan pada cara manual biaya yang harus dikeluarkan hanya upah pekerja.

**Tabel 4.3 Hasil Perhitungan Biaya Operasional**

Cara Pengolahan	Pengeluaran
1. Manual	
- Biaya Operasional	Rp 45.000,- perhari
2. Mekanis	
- Biaya Penyusutan Mesin	Rp 396,825 per hari
- Biaya Operasional A	Rp 45.528,- per hari
- Biaya Operasional B	Rp 45.346,5 per hari
- Biaya Perawatan Setiap Bulan	Rp 45.000,-
- Biaya Perawatan Tiap 3 Bulan	Rp 24.000,-

Dari Tabel 4.3 dapat diketahui bahwa biaya operasional pada cara manual sebesar Rp 45.000,- per hari sedang biaya operasional rata-rata pada cara mekanis sebesar Rp 45.437,25 per hari dan biaya perawatan setiap bulan sebesar Rp 45.000,- ,sedangkan biaya perawatan setiap 3 bulan sekali Rp 24.000,-. Hal tersebut menunjukkan bahwa biaya operasional dengan cara mekanis lebih besar dari cara manual, sehingga akan terjadi pembengkakan biaya pembuatan media sapih pada perusahaan. Dan perlu diketahui pada pengambilan data cara mekanis dan manual menggunakan jumlah pekerja yang sama, yaitu 5 orang.



## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan, yaitu.

1. Energi manusia yang dikeluarkan dalam pembuatan media saphi dengan cara mekanis lebih besar daripada dengan cara manual, energi terbesar untuk mekanis 417,125 Kkal/jam pada  $E_{A1}$  dan untuk manual 256,821 Kkal/jam pada  $E_{B1}$ .
2. Waktu yang dibutuhkan untuk membuat media saphi dengan cara mekanis lebih lama daripada dengan cara manual, waktu terlama manual selama 40 menit pada kelompok B dan untuk mekanis selama 60 menit pada kelompok B.
3. Perubahan kondisi yang dialami pekerja baik dengan cara manual maupun mekanis hampir sama.
4. Biaya operasional dengan cara manual sebesar Rp 45.000,- per hari sedangkan cara mekanis sebesar Rp 45.437,25 per hari.
5. Pembuatan media saphi dengan cara manual lebih ergonomis daripada dengan cara mekanis.

### 5.2 Saran

Setelah diketahui hasil dari penelitian yang dilakukan maka penulis menyarankan :

1. Penyiapan bahan dengan cara mekanis sebaiknya tidak menggunakan perbandingan bak lagi, tetapi menggunakan perbandingan sak.
2. Memperbaiki ketrampilan sumber daya manusia (SDM) dalam pengolahan media saphi secara mekanis.
3. Penentuan keergonomisan sebaiknya dilakukan hanya pada saat pengolahan media saphi.

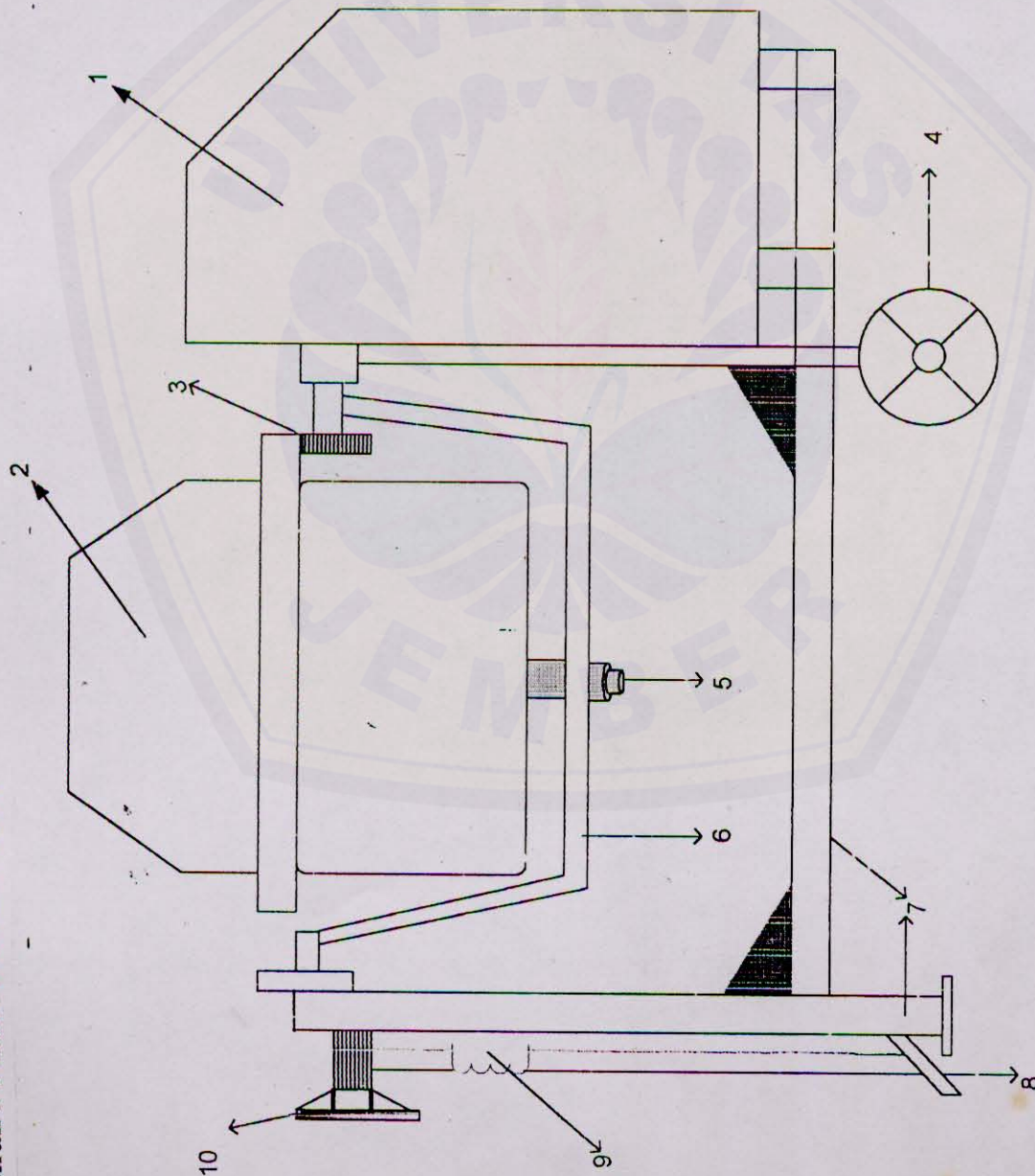


DAFTAR PUSTAKA

- Bennet, N. B. dan Silalahi, dan Rumondan, 1995, *Manajemen Keselamatan dan Kesehatan Kerja*, PT. Pustaka Binawan Pressindo, Jakarta.
- Dawn, B. Marks, Allan, D. Marks, Colleen, M. Smith, 1996, *Biokimia Kedokteran Dasar*, Penerbit Buku Kedokteran, EGC, Jakarta.
- Madyana, A. M, 1996, *Analisis Perancangan Kerja dan Ergonomi*, Universitas Atma Jaya, Yogyakarta.
- Marjanto, 1991, *Alternatif Penggunaan Tenaga Kerja untuk Meningkatkan Efisiensi Mesin*, Pusat Penelitian Universitas Jember, Jember.
- Maryati, 1995, *Pengelolaan Hutan Pinus (Pinus Merkusii Jungh) di Perum Perhutani Jember*, PKPM Politeknik Pertanian Negeri Jember, Jember.
- Sedarmayanti, 1996, *Tata Kerja dan Produktivitas Kerja*, Mandar Maju, Bandung.
- Suyatno, 1985, *Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Ergonomi, Seri Manajemen Nomor 116*, PT. Pertja, Jakarta.
- Sritomo, 1995, *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu, Teknik Analisis untuk Peningkatan Produktivitas Kerja*, Guna Widya, Surabaya.



Lampiran 1 : Gambar Mesin Molen



Keterangan :

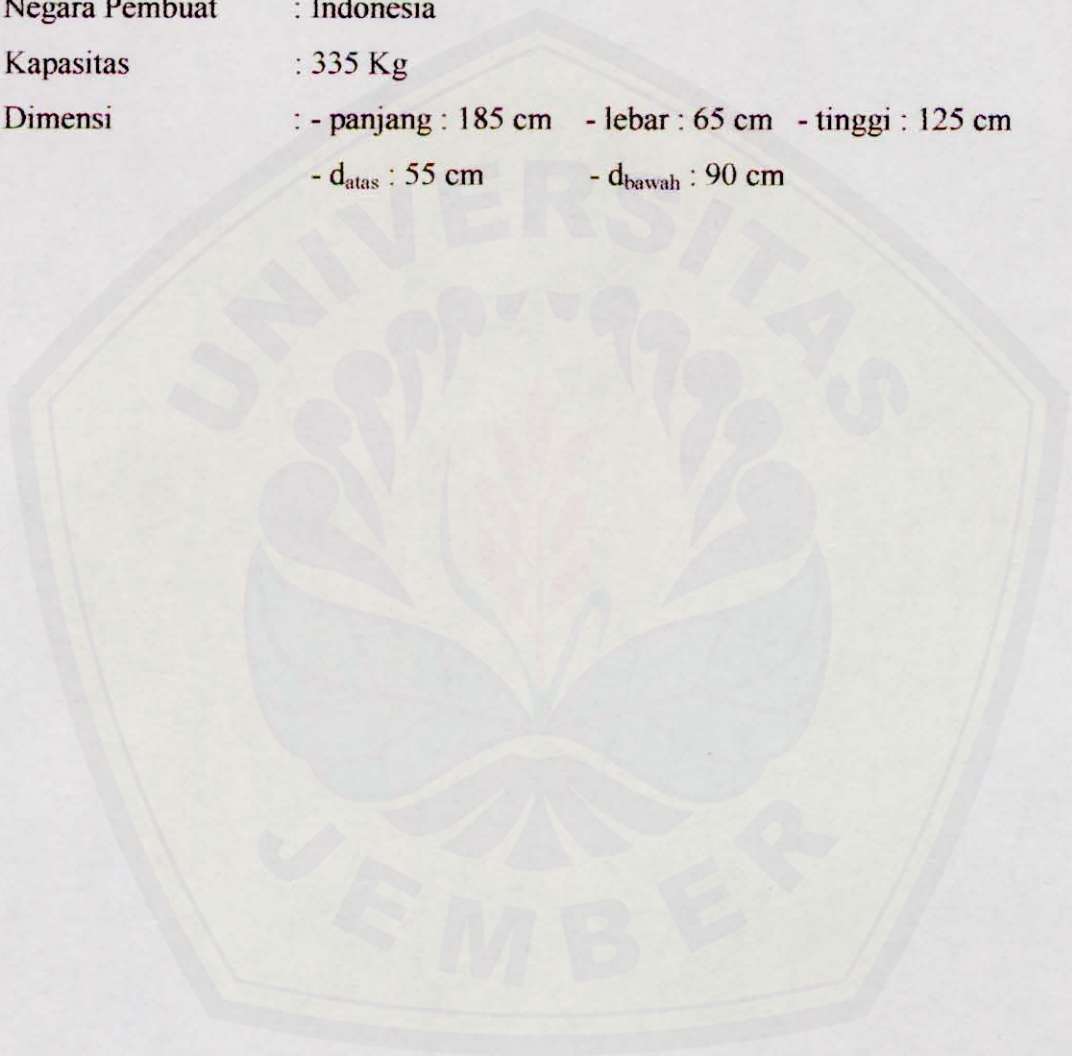
1. Ruang motor diesel
2. Ruang media
3. Roda gigi
4. Roda penyangga
5. Poros ruang media
6. Pembalik ruang media
7. Rangka
8. Pengunci kemudi
9. Per elastis
10. Kemudi



**Lampiran 2 : Spesifikasi Teknis Mesin Molen**

**SPESIFIKASI TEKNIS MESIN MOLEN**

Nama : Mesin Molen  
Buatan : Armindo  
Tahun : 1995  
Negara Pembuat : Indonesia  
Kapasitas : 335 Kg  
Dimensi : - panjang : 185 cm - lebar : 65 cm - tinggi : 125 cm  
- d<sub>atas</sub> : 55 cm - d<sub>bawah</sub> : 90 cm





Lampiran 3 : Data Penelitian Kelompok A

Pembuatan Media Sapih atau Overspin secara Mekanis

No.	Nama	Waktu	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
A <sub>1</sub>	Sahri		cangkul tanah 44 x	36 x	cangkul serbuk 17 x	20 x	19 x	tuang kompos 2 sak	2 sak	1 sak	memasukkan media ke molen 30 x	38 x	32 x	31 x	29 x
A <sub>2</sub>	Budianto		ayak tanah 60 x	64 x	angkut serbuk 2 x	2	1	ayak kompos 50 x	57 x	36 x	menghidupkan mesin molen	menyetir	idem	idem	idem
A <sub>3</sub>	Asrin		ayak tanah x	64 x	angkut serbuk 2 x	1	1	ayak kompos 50 x	57 x	36 x	mendekatkan media ke molen 38 x	35 x	31 x	27 x	24 x
A <sub>4</sub>	B. Im		tuang tanah 4 x	4 x	tuang serbuk ke sak 3 x	3 x	3 x	angkut kompos 1 sak	idem	idem	—	—	Merapikan media olah	idem	idem
A <sub>5</sub>	Aminah		tuang tanah x	4 x	tuang serbuk ke sak 3 x	3 x	3 x	angkut kompos 1 sak	idem	idem	merapikan olah	idem	—	—	—

- Keterangan :**
1. Waktu penyiapan bahan : 35 menit
  2. Waktu pencampuran media : 25 menit
  3. Angkatan serbuk menggunakan tenaga pria : 20 x
  4. Kompos : 8 sak
  5. Berat satu kali olah : 273 Kg
  6. Kapasitas maksimal mesin molen : 335 Kg
  7. Solar yang digunakan : 320 ml



**Pembuatan Media Sapih / Overspin Secara Manual**

No.	Nama	Waktu	0	5	10	15	20	25	30	35
A <sub>1</sub>	Sahri		Cangkul tanah 21 x	28 x	Cangkul serbuk 28 x	Cangkul serbuk 23 x	Tuang 2 sak kompos	Tuang 1,5 sak kompos	Mencampur media 50 x	Mencampur media 35 x
A <sub>2</sub>	Budiarto		Ayak tanah 60 x	68 x	Angkat 1 sak serbuk	Angkat 1 sak serbuk	Ayak kompos 55 x	Ayak kompos 50 x	Mencampur media 60 x	Mencampur media 43 x
A <sub>3</sub>	Asrin		Ayak tanah 60 x	68 x	Angkat 2 sak serbuk	Angkat 2 sak serbuk	Ayak kompos 55 x	Ayak kompos 50 x	Mencampur media 44 x	Mencampur media 32 x
A <sub>4</sub>	B. Im		Tuang tanah 3 x	3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Membuka karung kompos 1 sak	Membuka karung kompos 1 sak	Meratakan media	Meratakan media
A <sub>5</sub>	Aminah		Tuang tanah 3 x	3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Membuka karung kompos 1 sak	Membuka karung kompos 1 sak	istirahat	istirahat

**Keterangan :** 1. Waktu penyiapan bahan : 25 menit

2. Waktu pencampuran media : 10 menit

3. Kompos yang digunakan : 8 sak

4. Angkat serbuk menggunakan tenaga laki – laki : 19 x



Lampiran 4 : Data Penelitian Kelompok B

Pembuatan media Sapih / Overspin Secara Mekanis

No.	Nama	Waktu	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
B <sub>1</sub>	Sudarwi		Ayak tanah 58 x	71 x	Mengangkat serbuk 2 sak	Mengangkat serbuk 1 sak	Ayak kompos 69 x	Ayak kompos 64 x	Menyetir	Menyetir	Menyetir	Menyetir
B <sub>2</sub>	Baidhowi		Ayak tanah 58 x	71 x	Mengangkat serbuk 2 sak	Mengangkat serbuk 1 sak	Ayak kompos 69 x	Ayak kompos 64 x	Memasukkan media molen 37 x	Memasukkan media molen 23 x	Memasukkan media molen 19 x	Memasukkan media molen 15 x
B <sub>3</sub>	B. Har		Tuang tanah 3 x	3 x	tuang serbuk dalam sak 3 x	tuang serbuk dalam sak 3 x	Mengeluarkan kompos dari gudang 2 x	Mengeluarkan kompos dari gudang 1 x	Meratakan media	Meratakan media	Meratakan media	Meratakan media
B <sub>4</sub>	Lestari		Tuang tanah 3 x	3 x	tuang serbuk dlm sak 3 x	tuang serbuk dalam sak 3 x	Mengeluarkan kompos dari gudang 2 x	Mengeluarkan kompos dari gudang 1 x	Merapikan media hasil olah	Merapikan media hasil olah	Merapikan media hasil olah	Merapikan media hasil olah
B <sub>5</sub>	Nijo		Cangkul tanah 31 x	30 x	Cangkul serbuk 36 x	Cangkul serbuk 32 x	Memasukkan kompos 2 sak	Memasukkan kompos 1 sak	Memasukkan media 38 x	27 x	21 x	18 x

**Keterangan :** 1. Waktu penyiapan bahan : 25 menit

2. Pencampuran media : 20 menit

3. Serbuk kopi memakai tenaga laki – laki : 17 x

4. Kompos : 8 sak

5. Bahan bakar : 210 ml

6. Berat satu kali olah : 278



**Pembuatan Media Sapih / Overspin Secara Manual**

No.	Nama	Waktu	0	5	10	15	20	25	30	35	40
B <sub>1</sub>	Sudarwi		Ayak tanah 55 x	65 x	Mengangkat serbuk 2 sak	Mengangkat serbuk 1 sak	Meratakan serbuk	Ayak kompos 60 x	Ayak kompos 45 x	Mencampur media 38 x	Mencampur media 35 x
B <sub>2</sub>	Baidhowi		Ayak tanah 55 x	65 x	Mengangkat serbuk 2 sak	Mengangkat serbuk 1 sak	Meratakan serbuk	Ayak kompos 60 x	Ayak kompos 45 x	Mencampur media 42 x	Mencampur media 32 x
B <sub>3</sub>	B. Har		Tuang tanah 3 x	Tuang tanah 3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Memindahkan kompos dari gudang 1 sak	Membuka karung kompos 3 sak	Membuka karung kompos 2	istirahat	istirahat
B <sub>4</sub>	Lestari		Tuang tanah 3 x	Tuang tanah 3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Tuang serbuk ke sak 3 x	Memindahkan kompos dari gudang 1 sak	Memasukkan 1,5 sak kompos	Memasukkan 1 sak kompos	istirahat	istirahat
B <sub>5</sub>	Nijo		Cangkul tanah 36 x	Cangkul tanah 26 x	Cangkul serbuk 27 x	Cangkul serbuk 25 x	Memindahkan kompos dari gudang 2 sak	Memasukkan 1,5 sak kompos	Memasukkan 1 sak kompos	Mencampur media 41 x	Mencampur media 36 x

**Keterangan :** 1. Penyiapan bahan : 30 menit

2. Pencampuran media : 10 menit

3. Angkat serbuk menggunakan tenaga laki – laki : 18 x

4. Kompos : 8 sak







**Lampiran 6 : Contoh Kuesioner Penelitian Pengolahan Media Sapih (Overspin) secara Mekanis**

**KUESIONER PENELITIAN**

**PENGOLAHAN MEDIA SAPIH (OVERSPIN) SECARA MEKANIS**

**I. Kondisi Pekerja**

1. Nama :
2. Jenis Kelamin :
3. Tinggi/Berat Badan :
4. Usia :
5. Pengalaman Kerja :

**II. Pengolahan Media Sapih secara Mekanis (Mesin Molen)**

1. Pada saat anda menolah media sapih/overspin secara mekanis, apakah anda merasakan perubahan kondisi tubuh dibandingkan sebelum melakukan pekerjaan ?
  - a. Ya
  - b. Tidak
  - c. Biasa-biasa saja
2. Jika ya, kapan anda merasakannya ?
  - a. Awal
  - b. Tengah
  - c. Akhir
3. Apabila anda merasakan perubahan kondisi, apa yang anda lakukan ?
  - a. Terus bekerja seperti biasa
  - b. Istirahat
  - c. Bekerja pelan-pelan
  - d. Berhenti
4. Selama anda mengolah media sapih secara manual, berapa kali anda istirahat ?
  - a. 1 kali
  - b. 2 kali
  - c. 3 kali
  - d. > 3 kali
5. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap istirahat yang anda lakukan?
  - a. Kurang dari 1 menit
  - b. 1 menit
  - c. 2 menit
  - d. > 2 menit
6. Setelah anda mengolah media sapih, apa yang anda rasakan ?
  - a. Biasa saja
  - b. Sedikit sakit
  - c. Sakit
  - d. Sangat sakit
7. Apabila anda merasakan sakit, pada bagian mana anda merasakannya ?
  - a. Tangan
  - b. Punggung
  - c. Pinggang
  - d. Kaki
  - e. Lengan



**Lampiran 7 : Contoh Kuesioner Penelitian Pengolahan Media Sapih (Overspin) secara Manual**

**KUESIONER PENELITIAN**

**PENGOLAHAN MEDIA SAPIH (OVERSPIN) SECARA MANUAL**

**I. Kondisi Pekerja**

1. Nama :
2. Jenis Kelamin :
3. Tinggi/Berat Badan :
4. Usia :
5. Pengalaman Kerja :

**II. Pengolahan Media Sapih secara Manual**

1. Pada saat anda menolah media sapih/overspin secara manual, apakah anda merasakan perubahan kondisi tubuh dibandingkan sebelum melakukan pekerjaan ?
  - a. Ya
  - b. Tidak
  - c. Biasa-biasa saja
2. Jika ya, kapan anda merasakannya ?
  - a. Awal
  - b. Tengah
  - c. Akhir
3. Apabila anda merasakan perubahan kondisi, apa yang anda lakukan ?
  - a. Terus bekerja seperti biasa
  - b. Istirahat
  - c. Bekerja pelan-pelan
  - d. Berhenti
4. Selama anda mengolah media sapih secara manual, berapa kali anda istirahat ?
  - a. 1 kali
  - b. 2 kali
  - c. 3 kali
  - d. > 3 kali
5. Berapa lama waktu yang dibutuhkan untuk setiap istirahat yang anda lakukan?
  - a. Kurang dari 1 menit
  - b. 1 menit
  - c. 2 menit
  - d. > 2 menit
6. Setelah anda mengolah media sapih, apa yang anda rasakan ?
  - a. Biasa saja
  - b. Sedikit sakit
  - c. Sakit
  - d. Sangat sakit
7. Apabila anda merasakan sakit, pada bagian mana anda merasakannya ?
  - a. Tangan
  - b. Punggung
  - c. Pinggang
  - d. Kaki
  - e. Lengan



8. Berapa lama rasa sakit tersebut berlangsung ?
- a. < 15 menit
  - b. 15 s/d 30 menit
  - c. 30 s/d 60 menit
  - b. 1 s/d 2 jam
  - e. 1 hari

III. Kesimpulan

1. Dari kedua cara pengolahan media saphir atau overspin tersebut, cara manakah yang lebih anda sukai ?
  - a. Cara Manual
  - b. Cara Mekanis
2. Mengapa anda memilih cara tersebut ?
  - a. Kebiasaan
  - c. Resikonya lebih kecil
  - e. Lain-lain
  - b. Lebih mudah
  - d. Perintah dari atasan
3. Jika anda memilih E, apa alasan anda ?

.....
4. Apakah ada perubahan kondisi, sebelum dan sesudah anda bekerja di PPG ?  
Jelaskan perubahan kondisi tersebut ?



**Lampiran 8 : Perhitungan Basal Metabolic Rate (BMR)**

Rumus :  $BMR_{pria} = 660 + (13,7 \times BB) + (5 \times TB) - (6,8 \times U)$   
 $BMR_{wanita} = 655 + (9,6 \times BB) + (1,8 \times TB) - (4,7 \times U)$

$A_1BMR = 660 + (13,7 \times 54) + (5 \times 164) - (6,8 \times 32)$   
 $= 2002,2 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 2002,2 / 24 = 83,425 \text{ Kkal/jam}$

$A_2BMR = 660 + (13,7 \times 60) + (5 \times 156) - (6,8 \times 38)$   
 $= 2003,6 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 2003,6 / 24 = 83,483 \text{ Kkal/jam}$

$A_3BMR = 660 + (13,7 \times 74) + (5 \times 166) - (6,8 \times 30)$   
 $= 2299,8 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 2299,8 / 24 = 95,825 \text{ Kkal/jam}$

$A_4BMR = 655 + (9,6 \times 50) + (1,8 \times 145) - (4,7 \times 24)$   
 $= 1283,2 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 1283,2 / 24 = 53,467 \text{ Kkal/jam}$

$A_5BMR = 655 + (9,6 \times 56) + (1,8 \times 148) - (4,7 \times 14)$   
 $= 1393,2 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 1393,2 / 24 = 58,05 \text{ Kkal/jam}$

$B_1BMR = 660 + (13,7 \times 56) + (5 \times 158) - (6,8 \times 36)$   
 $= 1972,4 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 1972,4 / 24 = 82,183 \text{ Kkal/jam}$

$B_2BMR = 660 + (13,7 \times 50) + (5 \times 156) - (6,8 \times 30)$   
 $= 1921 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 1921 / 24 = 80,042 \text{ Kkal/jam}$

$B_3BMR = 655 + (9,6 \times 60) + (1,8 \times 152) - (4,7 \times 39)$   
 $= 1321,3 \text{ Kkal/hari}$   
 $= 1321,3 / 24 = 55,054 \text{ Kkal/jam}$



$$B_4\text{BMR} = 655 + (9,6 \times 54) + (1,8 \times 150) - (4,7 \times 24)$$

$$= 1330,6 \text{ Kkal/hari}$$

$$= 1330,6 / 24 = 55,442 \text{ Kkal/jam}$$

$$B_5\text{BMR} = 660 + (13,7 \times 55) + (5 \times 169) - (6,8 \times 27)$$

$$= 2074,9 \text{ Kkal/hari}$$

$$= 2074,9 / 24 = 86,454 \text{ Kkal/jam}$$





**Lampiran 9 : Perhitungan Energi yang di Keluarkan**

Rumus :  $E = BMR \times t \times a$

**A. Mekanis**

$$E_{A1} = 83,425 \times 1 \times 5 = 417,125 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A2} = \{83,483 \times (35/60) \times 5\} + \{83,483 \times (25/60) \times 1,5\}$$

$$= 243,492 + 52,177 = 295,669 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A3} = 95,825 \times 1 \times 5 = 479,125 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A4} = \{53,467 \times (35/60) \times 5\} + \{53,467 \times (10/60) \times 1\} + \{53,467 \times (15/60) \times 2,5\}$$

$$= 155,945 + 8,911 + 33,417 = 198,273 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A5} = \{58,05 \times (35/60) \times 5\} + \{58,05 \times (10/60) \times 2,5\} + \{58,05 \times (15/60) \times 1\}$$

$$= 169,312 + 24,187 + 14,513 = 208,012 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B1} = \{82,183 \times (25/60) \times 5\} + \{82,183 \times (20/60) \times 1,5\}$$

$$= 171,215 + 41,091 = 212,306 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B2} = 80,042 \times (45/60) \times 5 = 300,156 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B3} = \{55,054 \times (25/60) \times 5\} + \{55,054 \times (20/60) \times 2,5\}$$

$$= 114,696 + 45,878 = 160,574 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B4} = \{55,442 \times (20/60) \times 5\} + \{55,442 \times (25/60) \times 2,5\}$$

$$= 92,403 + 57,752 = 150,155 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B5} = 86,454 \times (45/60) \times 5 = 324,203 \text{ Kkal/jam}$$

**B. Manual**

$$E_{A1} = 83,425 \times (35/60) \times 5 = 243,323 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A2} = 83,483 \times (35/60) \times 5 = 243,492 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A3} = 95,825 \times (35/60) \times 5 = 279,489 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A4} = \{53,467 \times (15/60) \times 5\} + \{53,467 \times (10/60) \times 1,5\} + \{53,467 \times (10/60) \times 2,5\}$$

$$= 66,834 + 13,367 + 22,278 = 102,479 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{A5} = \{58,05 \times (15/60) \times 5\} + \{58,05 \times (10/60) \times 1,5\} + \{58,05 \times (10/60) \times 1\}$$

$$= 72,563 + 14,512 + 9,675 = 96,75 \text{ Kkal/jam}$$



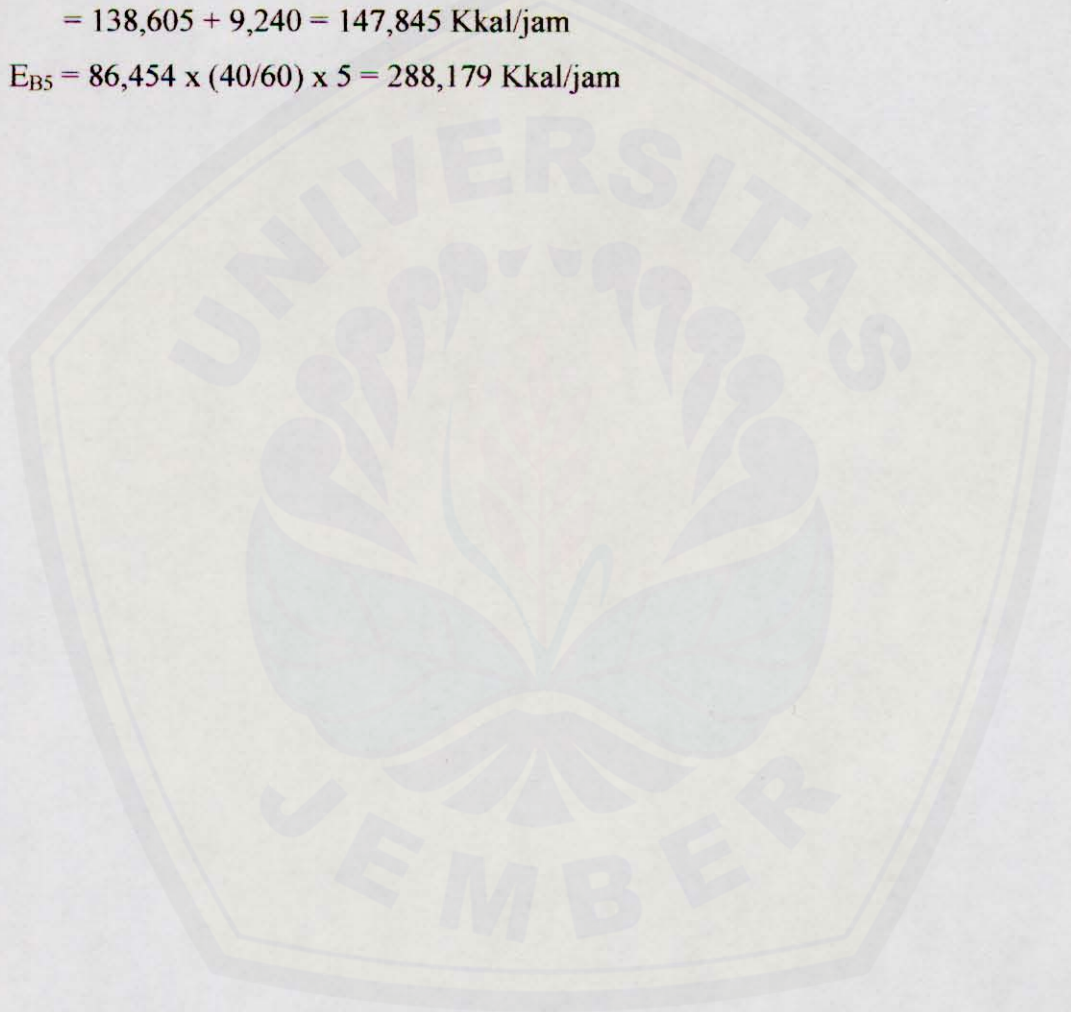
$$E_{B1} = \{82,183 \times (35/60) \times 5\} + \{82,183 \times (5/60) \times 2,5\}$$
$$= 239,7 + 17,121 = 256,821 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B2} = \{80,042 \times (35/60) \times 5\} + \{80,042 \times (5/60) \times 2,5\}$$
$$= 233,456 + 16,675 = 250,131 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B3} = \{55,054 \times (20/60) \times 5\} + \{55,054 \times (10/60) \times 1,5\} + \{55,054 \times (10/60) \times 1\}$$
$$= 91,757 + 13,763 + 9,176 = 114,696 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B4} = \{55,442 \times (30/60) \times 5\} + \{55,442 \times (10/60) \times 1\}$$
$$= 138,605 + 9,240 = 147,845 \text{ Kkal/jam}$$

$$E_{B5} = 86,454 \times (40/60) \times 5 = 288,179 \text{ Kkal/jam}$$





**Lampiran 10 : Perhitungan Biaya Operasional**

**A. Manual**

$$\begin{aligned} B_{\text{operasional}} &= \text{UHP} \times \text{Jumlah Pekerja} \\ &= \text{Rp } 9000,- \times 5 \text{ orang} \\ &= \text{Rp } 45.000,- \end{aligned}$$

**B. Mekanis**

1. Nilai beli mesin molen : Rp 4.000.000,-
2. Umur ekonomis : 28 tahun.
3. Biaya servis : Rp 25.000,- per bulan
4. Pergantian pelumas : Rp 20.000,- per bulan
5. Pergantian filter oli (3 bulan sekali) : Rp 12.000,-
6. Pergantian filter solar (3 bulan sekali) : Rp 12.000,-

$$\begin{aligned} \text{BPM} &= \frac{\text{NB}}{\text{N}} \\ &= \frac{\text{Rp } 4.000.000}{28 \times 12 \times 30} \\ &= \text{Rp } 396,825 \text{ per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HBB}_A &= \frac{320}{1000} \times \text{Rp } 1650 \\ &= \text{Rp } 528,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{HBB}_B &= \frac{210}{1000} \times \text{Rp } 1650 \\ &= \text{Rp } 346,5 \end{aligned}$$



$$\begin{aligned} B_{\text{Operasional A}} &= \text{Rp } 45.000,- + \text{Rp } 528,- \\ &= \text{Rp } 45.528,- \text{ per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{Operasional B}} &= \text{Rp } 45.000,- + \text{Rp } 346,5 \\ &= \text{Rp } 45.346,5 \text{ per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{Operasional Rerata}} &= \frac{\text{Rp } 45.528,- + \text{Rp } 45.346,5}{2} \\ &= \text{Rp } 45.437,25 \text{ per hari} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{Perawatan Setiap Bulan}} &= \text{Rp } 25.000,- + \text{Rp } 20.000,- \\ &= \text{Rp } 45.000,- \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B_{\text{Perawatan 3 Bulan Sekali}} &= \text{Rp } 12.000,- + \text{Rp } 12.000,- \\ &= \text{Rp } 24.000,- \end{aligned}$$



**Lampiran 11 : Perhitungan Effisiensi Mesin**

$$\text{Eff}_{\text{Mesin A}} = \frac{273}{335} \times 100\%$$

$$= 81,49 \% \text{ per } 1 \text{ x pencampuran}$$

$$\text{Eff}_{\text{Mesin B}} = \frac{278}{335} \times 100\%$$

$$= 82,99 \% \text{ per } 1 \text{ x pencampuran}$$

