

STUDI PENGELUARAN TENAGA MANUSIA PADA PENEBAHAN SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L) NIELSEN) SECARA MANUAL

Oleh
OKI OKTAVIANA
F 24.1489



1994
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R

Oki Oktaviana. F 24.1489. Studi pengeluaran tenaga total manusia pada penebangan sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen). Dibawah bimbingan Ir. H. Kusen Morgan, MS.

RINGKASAN

Meningkatnya animo masyarakat dalam menanam sengon berkaitan dengan meningkatnya permintaan dari sektor industri, antara lain industri pembuatan pulp dan kertas. Untuk bahan baku pulp, sengon sudah dapat dipanen pada umur 5 tahun. Untuk perusahaan sengon skala kecil, penebangan dilakukan dengan alat-alat manual. Penggunaan peralatan manual masih tetap diperlukan untuk jangka waktu yang panjang (Morgan, 1983). Sampai saat ini, belum ada data mengenai kebutuhan tenaga manusia pada penebangan sengon menggunakan peralatan manual.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kebutuhan tenaga total manusia, tingkat beban kerja, waktu istirahat dan produktivitas kerja dari pekerjaan penebangan, sehingga dengan hasil tersebut dapat diketahui kebutuhan tenaga manusia yang optimal untuk penebangan sengon.

Manusia dengan kegiatan kerja bersama perlengkapan yang digunakannya dapat ditinjau sebagai suatu "sistem". Dikenal 3 kategori sistem, yaitu sistem manual, sistem mekanik dan sistem otomatis. Sistem yang paling sederhana dan paling banyak ditemui di pedesaan adalah sistem manual, yaitu sistem dimana manusia berfungsi sebagai tenaga penggerak dan pengendali sekaligus.

Bekerja secara faal dapat diartikan sebagai suatu kerja sama dalam koordinasi sebaik-baiknya dari alat indra, otak, susunan syaraf pusat dan perifer serta otot. Energi yang

diperlukan oleh otot untuk melakukan kerja berasal dari oksidasi glukosa dari dalam tubuh.

(Soenarso, 1972) Penebangan dimaksudkan untuk memungut hasil berupa kayu dari suatu tegakan tanpa mengikut sertakan bagian-bagian yang berada di dalam tanah, yang meliputi pekerjaan-pekerjaan menumbangkan pohon, membersihkan cabang dan memotong batang menjadi sortimen kayu perkakas, kayu bakar dan lain-lain.

Metode pengukuran tenaga yang dipakai pada penelitian ini adalah metode pengukuran denyut jantung. Adapun tahapan penelitian yang dilakukan meliputi : pemilihan sampel operator, pengukuran berat dan tinggi badan dari sampel operator terpilih, pengukuran denyut jantung sampel sebelum dan sesudah melakukan pekerjaan.

Dari hasil perhitungan diperoleh, rata-rata kebutuhan tenaga total tubuh untuk menumbangkan pohon berdiameter 20.4 - 33.4 cm adalah 239.07 watt (perhitungan I) dan 255.60 watt (perhitungan II), membersihkan cabang sebesar 316.16 watt (perhitungan I) dan 303.00 watt (perhitungan II), memotong batang sebesar 390.03 watt (perhitungan I) dan 352.27 watt (perhitungan II).

Waktu yang dibutuhkan untuk menebang setiap pohonnya berkisar dari 25.72 - 64.48 menit (waktu kerja dan waktu istirahat), maka jumlah pohon yang dapat ditebang dalam satu harinya 7 - 18 pohon (perhitungan I). Jumlah pohon yang dapat ditebang setiap harinya 8 - 19 pohon (perhitungan II). Produktivitas pekerjaan penebangan sebesar 2.2935 - 3.1620 m^3/kWh (perhitungan I), dan menurut perhitungan II produktivitasnya sebesar 2.3901 - 3.4397 m^3/kWh .



**STUDI PENGELUARAN TENAGA MANUSIA PADA PENEBAANGAN
SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L) NIELSEN)
SECARA MANUAL**

SKRIPSI

**Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor**

Oleh

OKI OKTAVIANA

F 24.1489

1994

**FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR**

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

STUDI PENGELUARAN TENAGA MANUSIA PADA PENEBAHAN
SENGON (*Paraserianthes falcataria* (L) NIELSEN)
SECARA MANUAL

SKRIPSI

Sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
pada JURUSAN MEKANISASI PERTANIAN
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh

OKI OKTAVIANA

F 24.1489

Bogor, Desember 1994

Menyetujui,



DR. H. RUSEN MORGAN, MS

Dosen Pembimbing

KATA PENGANTAR

Segala puji bagi Allah SWT yang telah memberikan taufik dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik dan lancar. Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang telah memberikan suri tauladan bagi umat manusia yang meyakini kebenaran ajarannya.

Pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada :

1. Bapak Ir. H. Kusen Morgan, MS selaku dosen pembimbing, yang telah banyak memberikan bimbingan dan saran-saran dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Budi Indra Setiawan, MAgr, selaku dosen penguji.
3. Bapak Ir. Radja Godfried Sitompul, selaku dosen penguji.
4. Bapa, Mamah, Teh Yani, Teh Lia, Toni, Erick, Yuri, Roli, Nora dan Lea tersayang, yang telah memberikan dorongan moril, materil serta do'a.
5. Adi, Agus, Atep, Aqsha, Budiono, Didi, Edi, Edrian, Hari, Hendri, Heri, Ika, Iskandar, Iwan, Joy, Korim, Pak Gunawan, Pak Pur, Pak Slamet, Rahmat, Saipul, dan rekan-rekan MP lainnya, atas kebersamaan dan bantuannya selama penelitian.

Hal-hal yang harus dihindari dalam penulisan skripsi adalah sebagai berikut: 1. Tidak mengutip sumber data secara langsung tanpa izin dari pembimbing dan tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 2. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 3. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 4. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 5. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 6. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 7. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 8. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 9. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah. 10. Tidak mengutip sumber data secara tidak sah.



Penulis menyadari sepenuhnya bahwa masih banyak kekurangan dalam penulisan skripsi ini. Oleh karena itu saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan.

Bogor, Desember 1994

Penulis

Visi Cipta Berprestasi, Unggul dan Berdaya Saing

1. Meningkatkan kualitas pelayanan dan kesejahteraan masyarakat melalui berbagai kegiatan keahliannya

2. Mengembangkan ilmu pengetahuan dan teknologi yang bermanfaat bagi masyarakat luas melalui berbagai kegiatan keahliannya

3. Meningkatkan mutu dan kualitas sumber daya manusia melalui berbagai kegiatan keahliannya

4. Meningkatkan mutu dan kualitas sumber daya manusia melalui berbagai kegiatan keahliannya

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|---------|
| KATA PENGANTAR | vi |
| DAFTAR ISI | vii |
| DAFTAR TABEL | ix |
| DAFTAR GAMBAR | x |
| DAFTAR LAMPIRAN | xii |
| I. PENDAHULUAN | 1 |
| A. Latar Belakang | 1 |
| B. Tujuan | 3 |
| II. TINJAUAN PUSTAKA | 4 |
| A. ERGONOMI | 4 |
| 1. Athropometri dan Biomekanik | 7 |
| 2. Faal Kerja | 9 |
| a. Kapasitas Tenaga Manusia | 13 |
| b. Kelelahan dan Periode Istirahat | 15 |
| 3. Pengukuran Tenaga Manusia | 17 |
| a. Metode Langsung | 18 |
| b. Metode Tidak Langsung | 18 |
| B. KAYU SENGON (<i>Paraserianthes falcataria</i>) | 24 |
| C. PERALATAN PENEBAANGAN | 28 |
| III. METODOLOGI PENELITIAN | 36 |
| A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN | 36 |



| | | |
|-----|----------------------------------|----|
| B. | PERALATAN DAN BAHAN | 36 |
| C. | PROSEDUR PENELITIAN | 39 |
| D. | PERHITUNGAN | 40 |
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN | 42 |
| A. | PENELITIAN PENDAHULUAN | 42 |
| B. | ANALISA PENGELUARAN TENAGA | 43 |
| 1. | Penebangan | 44 |
| a. | Menumbangkan Pohon | 44 |
| b. | Membersihkan Cabang | 51 |
| c. | Memotong Batang | 56 |
| 2. | Tingkat Beban Kerja | 62 |
| 3. | Waktu Istirahat | 62 |
| 4. | Produktivitas Kerja | 66 |
| | KESIMPULAN | 69 |
| | SARAN | 70 |
| | DAFTAR PUSTAKA | 71 |
| | LAMPIRAN | 73 |

Hal Cipta Milik IPB University
 1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya ini, termasuk memercanumkan dan memodifikasi sumber:
 a. pengutipan harus untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan tesis atau tujuan yang sama.
 b. Pengutipan tidak boleh untuk kepentingan komersial.
 2. Dilarang menggunakan dan menyalin sebagian atau seluruh karya ini ke dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

DAFTAR TABEL

| No. | | Halaman |
|-----|---|---------|
| 1. | Ukuran rata-rata anthropometri orang Indonesia | 8 |
| 2. | Hubungan beban kerja dengan fenomena metabolisme tubuh (Mc. Cormick and Sanders, 1987) | 12 |
| 3. | Hubungan beban kerja dengan fenomena metabolisme tubuh orang Indonesia | 12 |
| 4. | Besarnya penyaluran tenaga mekanis tubuh melalui tangan, kaki dan kombinasi antar keduanya | 14 |
| 5. | Kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan menumbangkan pohon | 48 |
| 6. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga untuk menumbangkan pohon pada diameter pohon sengon | 50 |
| 7. | Kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan membersihkan cabang pohon | 52 |
| 8. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga untuk membersihkan cabang pada diameter pohon sengon | 54 |
| 9. | Kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan memotong batang | 57 |
| 10. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga untuk memotong batang | 57 |
| 11. | Tingkat beban kerja pada penebangan sengon | 63 |
| 12. | Kebutuhan waktu istirahat dalam penebangan sengon.. | 65 |
| 13. | Produktivitas kerja penebangan | 67 |

DAFTAR GAMBAR

| No. | | Halaman |
|-----|---|---------|
| 1. | Tiga Macam sistem dalam sistem manusia - mesin | 7 |
| 2. | Faktor - faktor yang mempengaruhi kapasitas kerja fisik | 14 |
| 3. | Gigi gergaji berbentuk segitiga tidak berselang | 29 |
| 4. | Gigi gergaji berbentuk segitiga berselang datar | 29 |
| 5. | Gigi gergaji berbentuk segitiga berselang lengkung .. | 29 |
| 6. | Panjang daun gergaji untuk pohon berdiameter kurang dari 100 cm | 30 |
| 7. | Kepala kapak | 32 |
| 8. | Baji | 33 |
| 9. | Gergaji busur | 34 |
| 10. | Takik rebah | 44 |
| 11. | Takik rebah untuk pohon berdiameter dibawah 25 cm ... | 45 |
| 12. | Takik rebah untuk pohon berdiameter 25 - 40 cm | 46 |
| 13. | Pembuatan takik rebah | 47 |
| 14. | Takik balas | 48 |
| 15. | Hubungan diameter pohon dengan kebutuhan tenaga total untuk menumbangkan pohon | 49 |
| 16. | Regresi kebutuhan tenaga total untuk menumbangkan pohon terhadap diameter pohon | 51 |
| 17. | Hubungan diameter pohon dengan kebutuhan tenaga total untuk membersihkan cabang pohon | 53 |

| | | |
|-----|--|----|
| 18. | Regresi kebutuhan tenaga total untuk membersihkan cabang pohon terhadap diameter pohon | 55 |
| 19. | Pekerjaan membersihkan cabang | 55 |
| 20. | Pekerjaan memotong batang | 56 |
| 21. | Hubungan diameter pohon dengan kebutuhan tenaga untuk memotong batang | 58 |
| 22. | Regresi kebutuhan tenaga total untuk memotong batang-terhadap diameter pohon | 59 |
| 23. | Produktivitas kerja penebangan | 68 |

DAFTAR LAMPIRAN

| No. | Halaman |
|-----|--|
| 1. | Data operator dalam penelitian pendahuluan 73 |
| 2. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan menumbangkan pohon terhadap diameter (perhitungan I) 74 |
| 3. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan membersihkan cabang terhadap diameter (perhitungan I) 75 |
| 4. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan memotong batang terhadap diameter (perhitungan I) 76 |
| 5. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan menumbangkan pohon terhadap diameter (perhitungan II) 77 |
| 6. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan membersihkan cabang terhadap diameter (perhitungan II) 78 |
| 7. | Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan memotong batang terhadap diameter (perhitungan II) 79 |
| 8. | Hasil analisa regresi data penelitian pendahuluan 80 |
| 9. | Tabel luas permukaan tubuh 81 |
| 10. | Tabel luas permukaan tubuh (lanjutan) 82 |

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Sengon (*Paraserianthes falcataria*) dijuluki sebagai pohon ajaib (miracle tree) karena pertumbuhannya yang cepat. Bila ditanam pada tanah yang subur dan iklim yang sesuai tingginya dapat mencapai 7 m pada umur 1 tahun, 18 m pada umur 3 tahun dan 30 m pada umur 9-10 tahun. Pertumbuhannya selama 25 tahun dapat mencapai tinggi 45 m dengan diameter batang mencapai 100 cm.

Dari aspek kegunaannya selain untuk kayu bakar kayu sengon sudah sejak lama dimanfaatkan untuk berbagai keperluan lainnya. Masyarakat pedesaan di Jawa khususnya, menggunakan kayu ini untuk keperluan bangunan, seperti balok, tiang, papan, kaso, reng dan lain sebagainya. Mebel sederhana berupa lemari, meja, kursi dan tempat tidur yang terbuat dari kayu sengon juga umum dijumpai di pedesaan.

Meningkatnya animo masyarakat dalam menanam sengon berkaitan dengan meningkatnya permintaan dari sektor industri. Diantara industri-industri yang paling banyak memerlukan bahan baku adalah pabrik-pabrik pulp dan kertas, black board, dan barang-barang kerajinan atau industri ringan (korek api, peti kemasan produk, dan kayu pertukangan).

Hal yang paling penting adalah...
1. Meningkatkan...
2. Meningkatkan...
3. Meningkatkan...
4. Meningkatkan...
5. Meningkatkan...
6. Meningkatkan...
7. Meningkatkan...
8. Meningkatkan...
9. Meningkatkan...
10. Meningkatkan...

Pohon sengon akan memberikan tambahan penghasilan yang berarti bagi kehidupan masyarakat pedesaan. Se-tidak-tidaknya merupakan tabungan keluarga yang berman-faat ekonomis dalam jangka waktu yang pasti. Kurang lebih untuk waktu 5-7 tahun, seumur pohon sengon bisa ditebang dan dijual.

Penentuan usia tebang bagi pohon sengon sangat tergantung pada maksud penebangan dan pengusahaan kayu-nya. Untuk bahan baku pulp, sengon sudah dapat dipanen pada umur 5 tahun. Pada umur 5 tahun sengon telah mempunyai sifat fisik, mekanis dan kimia yang mendukung sebagai bahan baku pulp kertas. Pada umur tersebut tinggi pohon rata-rata antara 17-27 m dengan diameter 12-34 cm tergantung tingkat kesuburan tanah (Atmosuseno, 1994).

Untuk pengusahaan sengon skala kecil, penebangan dilakukan dengan alat-alat tradisional/manual berupa kapak, parang, gergaji dan baji. Penggunaan peralatan manual masih tetap diperlukan untuk jangka waktu yang panjang (Hopfen, 1969 dalam Morgan, 1983). Penggantian peralatan tangan dengan peralatan mekanis tidak selalu menguntungkan, selalu memerlukan investasi yang besar dimana peralatan mekanis memerlukan pengetahuan dan keterampilan yang tinggi bagi pelaksananya, hal ini akan menghambat penyaluran tenaga kerja karena menjadi sem-pitnya lapangan kerja (Soenarso, 1972).

Sampai saat ini belum ada data yang aktual, mengenai kebutuhan tenaga manusia dalam pekerjaan penebangan sengon menggunakan peralatan manual. Dengan memperhatikan hal-hal tersebut di atas, menarik untuk mempelajari kebutuhan tenaga total tubuh manusia dalam pekerjaan penebangan pohon sengon menggunakan peralatan manual secara ergonomi.

B. TUJUAN

Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran pengeluaran tenaga total tubuh manusia pada setiap langkah pekerjaan penebangan sengon, yang terdiri dari pekerjaan menumbangkan, membersihkan cabang dan memotong batang pohon, kemudian dilanjutkan dengan menentukan tingkat beban kerja, menghitung kebutuhan waktu istirahat dan produktivitas kerja dari pekerjaan penebangan. Dengan mengetahui kebutuhan tenaga manusia pada setiap langkah pekerjaan, tingkat beban kerja, waktu istirahat dan produktivitas kerja penebangan, dapat diketahui kebutuhan tenaga manusia yang optimal pada penebangan sengon.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. ERGONOMI

Kata Ergonomi berasal dari bahasa Yunani yang mempunyai arti aturan kerja. Berdasarkan asal katanya ergonomi tersusun dari kata *ergos* yang berarti kerja dan *nomos* yang berarti aturan. Pada mulanya ilmu ini hanya terbatas pada studi waktu dan gerak, namun kemudian di Amerika berkembang dan dikenal dengan nama *Human Engineering*. Di Inggris dikenal dengan nama *Ergonomics*, di Belanda *Ergonomie*, di Perancis *L'Ergonomie*, di Jerman *an Hidropotechnik*, di Jepang *Labour Science* dan di Indonesia dikenal dengan nama *Ergonomi* (Morgan, 1989).

Ergonomi adalah ilmu yang penerapannya diusahakan untuk mendapatkan keserasian antara manusia, pekerjaan, dengan lingkungan kerjanya dengan tujuan untuk mencapai produktivitas dan efisiensi yang setinggi-tingginya melalui pemanfaatan tenaga manusia yang seoptimal mungkin (Suma'mur, 1989).

Menurut Manuaba (1975), tujuan yang hendak dicapai dengan ergonomi meliputi empat hal, yaitu :

- a. Efisiensi Kerja, merupakan usaha untuk menciptakan hubungan kerja sedemikian rupa sehingga tercapai keadaan tepat guna, yaitu diperoleh hasil kerja yang maksimal dengan tenaga seminimal mungkin.

- b. Kesehatan Kerja, artinya hubungan tersebut dirancang untuk mencegah kemungkinan terjadinya penyakit akibat kerja.
- c. Keselamatan Kerja, merupakan perencanaan hubungan kerja yang sedemikian rupa sehingga terjamin suatu sistim pengamanan terhadap kemungkinan terjadinya kecelakaan kerja.
- d. Kenyamanan Kerja, merupakan usaha untuk menciptakan hubungan kerja antara manusia dengan lingkungan kerjanya agar diperoleh kenyamanan bagi pekerja, termasuk didalamnya terhindarnya kelelahan.

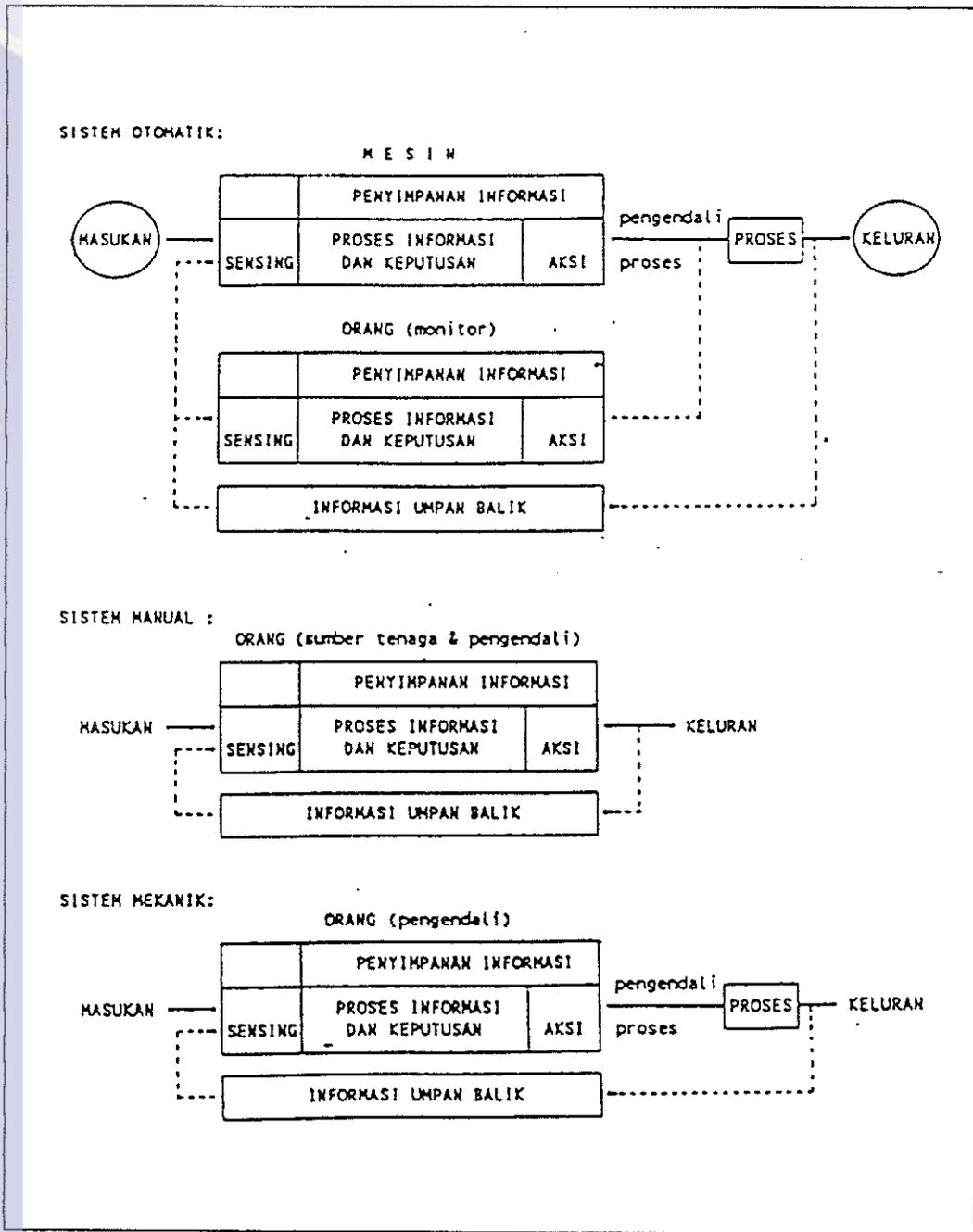
Manusia dengan kegiatan kerja bersama perlengkapan yang digunakannya dapat ditinjau sebagai suatu "sistem". Dikenal sistem *man-task*, 3 kategori sistem tersebut, yaitu sistem manual, sistem mekanik dan sistem otomatis. Sistem yang paling sederhana dan paling banyak ditemui di pedesaan adalah sistim manual, yaitu sistem dimana manusia berfungsi sebagai tenaga penggerak dan pengendali sekaligus. Contoh peralatan kerja yang menerapkan sistim manual ini adalah parang, kapak, cangkul, dll. Sistem lainnya yang lebih kompleks dalam sistem manusia mesin, dimana manusia berfungsi sebagai tenaga pengendali adalah sistem mekanik. Dalam sistem ini, tenaga penggerak berasal dari mesin itu sendiri, sedangkan manusia hanya tinggal mengendalikannya. Sumber tenaga yang sering digunakan dalam sistem mekanik adalah motor

bakar, tenaga listrik, dll. Contoh penerapannya adalah mobil dengan sopirnya, traktor dengan operatornya, dll.

Berbeda dengan kedua sistem sebelumnya, sistem otomatis merupakan sistem manusia mesin yang paling kompleks dan rumit. Pada sistem ini, manusia hanya berfungsi sebagai pemonitor atau pengawas saja. Tenaga penggeraknya berasal dari mesin itu sendiri, sedangkan pengendaliannya dilakukan secara otomatis penuh. Umumnya mesin-mesin tipe ini diprogram untuk melakukan suatu jenis pekerjaan tertentu, misalnya penggunaan robot-robot dalam industri, dll. Mc. Cormick (1970), menjelaskan ketiga macam sistem dalam Man-Task System tersebut pada gambar 1.

Cakupan mengenai ergonomi meliputi penentuan problematik, analisa dan pemecahan masalah, yang pada akhirnya diadakan pembuktian efektivitas. Untuk menentukan problematik, dapat dilihat dari gejala yang timbul seperti sering melakukan kesalahan, kelelahan, kejenuhan, maupun gejala fisik dan psikis lainnya. Penyebab gejala tersebut bermacam-macam, diantaranya adalah beban kerja yang berlebihan, buruknya disain peralatan, kurang efektifnya peralatan dan kurangnya pengamanan dari peralatan. Berdasarkan analisa terhadap penyebab dan gejala yang diakibatkan terhadap operator, diadakan berbagai perbaikan hingga didapat hasil yang menguntungkan.

Grafik sistem milik IPB University



Gambar 1. Tiga macam sistem dalam sistem manusia mesin (Mc. Cormick, 1970).

1. Athropometri dan Biomekanik

Anthropometri dan Biomekanik adalah dua istilah yang lazim digunakan untuk pengukuran sifat fisik

dan mekanik tubuh manusia. Anthropometri adalah suatu pengukuran statik terhadap tubuh manusia, atau dengan kata lain berhubungan dengan dimensi atau ukuran tubuh manusia. Sedangkan Biomekanik adalah pengukuran dinamik tubuh manusia yang berhubungan dengan selang gerak anggota tubuh, kecepatan gerak, kekuatan dan aspek gerak anggota tubuh lainnya. Pada tabel 1 dapat dilihat ukuran rata-rata anthropometri orang Indonesia.

Tabel 1. Ukuran rata-rata Anthropometri orang Indonesia

| Ukuran Anthropometri | Laki-laki | | Wanita | |
|---------------------------------|----------------|---------|----------------|---------|
| | rata-rata (cm) | SD (cm) | Rata-rata (cm) | SD (cm) |
| Berdiri | | | | |
| 1. Tinggi | 161.3 | 5.6 | 151.6 | 5.4 |
| 2. Tinggi bahu | 132.6 | 10.3 | 122.0 | 5.6 |
| 3. Lebar bahu | 39.6 | 6.6 | 34.9 | 3.0 |
| 4. Tinggi siku | 97.8 | 17.5 | 90.8 | 4.1 |
| 5. Tinggi pinggul | 93.6 | 20.4 | 88.8 | 4.2 |
| 6. Lebar pinggul | 28.9 | 5.7 | 31.5 | 2.5 |
| 7. Panjang tangan | 66.7 | 11.7 | 61.4 | 3.5 |
| 8. Panjang lengan atas | 34.8 | 4.9 | 31.5 | 2.3 |
| 9. Panjang lengan bawah | 44.2 | 7.0 | 40.7 | 2.7 |
| 10. Jangkauan vertikal tangan | 202.1 | 8.0 | 186.9 | 8.0 |
| 11. Jangkauan horizontal tangan | 165.6 | 6.9 | 151.7 | 6.8 |
| Duduk | | | | |
| 1. Tinggi duduk | 83.2 | 3.7 | 77.9 | 3.4 |
| 2. Tinggi siku | 23.0 | 10.0 | 22.2 | 3.1 |
| 3. Tinggi pinggul | 18.4 | 3.9 | 19.0 | 2.2 |
| 4. Tinggi lutut | 49.5 | 6.0 | 46.3 | 1.8 |
| 5. Tinggi pantat ke lantai | 41.4 | 5.3 | 39.0 | 2.8 |

Sumber : Suma'mur 1985

Menurut Purcell (1980), Anthropometri adalah suatu studi tentang tubuh manusia yang meliputi ukuran-ukurannya; yaitu besar, sedang dan kecil, pria atau wanita serta batas-batas selang gerak dan kekuatan tubuhnya. Sedangkan Biomekanik adalah berbagai aspek tentang gerak fisik dari tubuh dan bagian-bagiannya, termasuk selang gerak, kekuatan, ketahanan, kecepatan dan ketepatannya.

Di dunia yang terdiri dari berbagai suku bangsa yang mempunyai ukuran tubuh rata-rata yang berbeda. Orang Eropa mempunyai ukuran rata-rata anthropometri lebih besar dibandingkan dengan rata-rata anthropometri orang Asia.

2. Faal Kerja

Faal kerja merupakan bagian ilmu yang mempelajari anatomi atau mekanisme kerja tubuh manusia. Bekerja secara faal dapat diartikan sebagai suatu kerja sama dalam koordinasi yang sebaik-baiknya dari alat indra, otak, dan susunan syaraf pusat dan perifer serta otot. Selain itu jantung, paru-paru dan hati dan organ tubuh lainnya juga turut berperan pada saat tubuh melakukan kerja, sebab otot-otot yang sedang bekerja memerlukan suplay makanan dan oksigen yang dihasilkan melalui metabolisme tubuh.



Suma'mur (1976), menyatakan bahwa otot dan tulang merupakan dua komponen yang penting dalam proses gerak atau bekerja. Kerutan atau pengendoran otot disalurkan kepada tulang sehingga menghasilkan gerakan. Energi yang diperlukan oleh otot untuk melakukan kerja berasal dari oksidasi glukosa yang berasal dari dalam tubuh. Reaksi oksidasi tersebut dapat digambarkan sebagai berikut (Durnin and Passmore, 1967) :



Besarnya energi yang dilepaskan dalam reaksi tersebut adalah sebesar 663 kkal. jadi, untuk mengoksidasi satu mol glukosa diperlukan (6 mol x 22,4 l/mol) atau 134,4 liter Oksigen. Ini berarti, bahwa setiap mengkonsumsi satu liter Oksigen akan dihasilkan energi sebesar 4,93 kkal. Dari reaksi ini, dapat diduga pengeluaran energi tubuh. makin berat kerja yang dilakukan oleh otot, semakin besar pula energi yang dibutuhkan. Keadaan tersebut menyebabkan konsumsi Oksigen pada udara pernafasan menjadi semakin meningkat. Jadi, besarnya konsumsi Oksigen pada udara pernafasan dapat digunakan sebagai indikator besarnya beban kerja yang dilakukan oleh tubuh. Disamping itu kecepatan denyut jantung dan peningkatan suhu tubuh dapat juga dijadikan param-



ter tingkat beban kerja, sebab jantung merupakan pompa yang mengalirkan darah sebagai pembawa sari makanan, O_2 dan CO_2 pada proses metabolisme.

Akibat adanya energi panas yang dihasilkan dalam proses pembakaran (metabolisme), maka suhu tubuh akan meningkat. Untuk menyesuaikan kondisi panas tersebut, tubuh juga mengimbangi dengan meningkatnya kecepatan berkeringat (Mc Cormick and sanders, 1987).

Pada permulaan aktifitas fisik, otot dapat memanfaatkan glikogen yang tersedia dalam jumlah yang terbatas. Apabila aktifitas tersebut terus dilakukan, maka kebutuhan oksigen akan terus meningkat sampai pada satu titik dimana kenaikan konsumsi untuk menghasilkan energi hasil metabolisme tubuh adalah sebanding dengan energi yang digunakan. Keadaan seimbang tersebut dinamakan sebagai kondisi aerobik. Untuk mencapai kondisi aerobik, tubuh memerlukan waktu untuk melakukan aktifitas pendahuluan (pemanasan). Lama waktu pemanasan ini berbeda untuk setiap beban kerja. Makin tinggi beban kerja yang ditanggung oleh tubuh, makin lama waktu pemanasan yang diperlukan. Sebab kebutuhan konsumsi oksigen akan semakin besar bila beban kerjanya meningkat. Yang dimaksud dengan lama waktu pemanasan adalah waktu yang dibutuhkan oleh otot pada saat



mulai melakukan kerja hingga tercapainya kondisi aerobik tubuh, yang diatandai dengan konstannya konsumsi oksigen. Pada tabel 2 dan 3, dapat dilihat hubungan beban kerja dengan fenomena metabolisme tubuh menurut American Industrial Hygiene Associate dan untuk orang Indonesia.

Tabel 2. Hubungan beban kerja dengan fenomena metabolisme tubuh (American Industrial Hygiene Associate, 1971 dalam Mc Cormick and Sanders, 1987)

| Tingkat Kerja | Konsumsi Energi dalam 8 jam (Kkal) | Konsumsi Energi (kcal/mnt) | Konsumsi Oksigen (ltr/mnt) | Denyut Jantung (pulsa/mnt) |
|------------------|------------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| Istirahat | < 720 | < 1,5 | < 0,3 | 60 - 70 |
| Sangat Ringan | 768 - 1200 | 1,6 - 2,5 | 0,32 - 0,5 | 56 - 75 |
| Ringan | 1200 - 2400 | 2,5 - 5,0 | 0,5 - 1,0 | 75 - 100 |
| Sedang | 2400 - 3600 | 5,0 - 7,5 | 1,0 - 1,5 | 100 - 125 |
| Berat | 3600 - 4800 | 7,5 - 10,0 | 1,5 - 2,0 | 125 - 150 |
| Sangat Berat | 4800 - 6000 | 10,0 - 12,5 | 2,0 - 2,5 | 150 - 180 |
| Luar Biasa Berat | > 6000 | > 12,5 | > 2,5 | > 180 |

Tabel 3. Hubungan beban kerja dengan fenomena metabolisme tubuh orang Indonesia (Djamadias dan Sumawang, 1970).

| Tingkat Kerja | Konsumsi Energi dalam 8 jam (kcal) | Konsumsi Energi (Kkal/mnt) |
|---------------|------------------------------------|----------------------------|
| Istirahat | < 750 | < 1,563 |
| Ringan | 750 - 1100 | 1,563 - 2,292 |
| Sedang | 1100 - 2200 | 2,292 - 4,583 |
| Berat | > 2200 | > 4,583 |

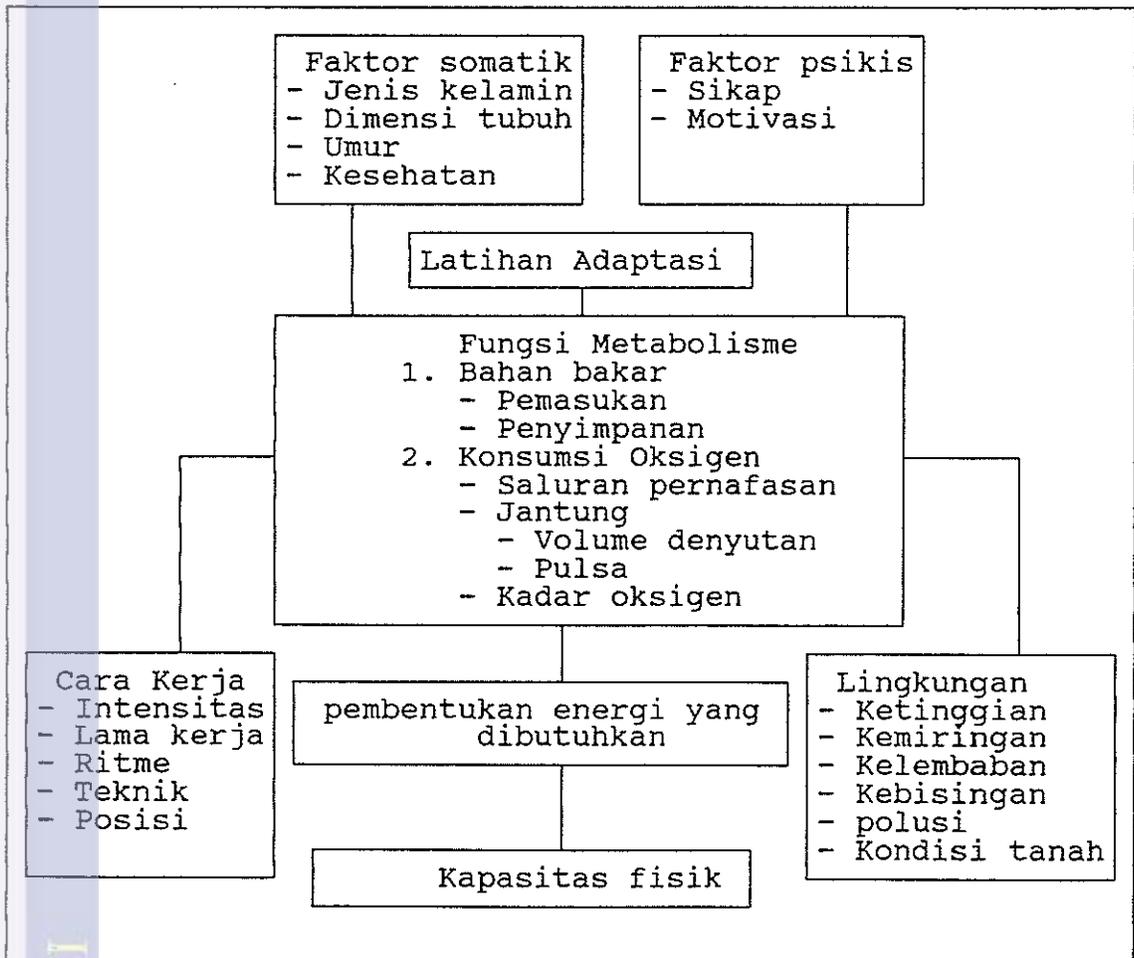
a. Kapasitas Tenaga Manusia

Besarnya kapasitas tenaga mekanis yang dapat dihasilkan oleh seseorang dalam melakukan suatu aktivitas kerja tergantung dari lamanya melakukan kerja, usia, jenis kelamin, ukuran tubuh yang digunakan (Benedict and Harris (1991) dalam Zander (1972)). Disamping itu, faktor-faktor kebiasaan kondisi tubuh dan kondisi iklim (lingkungan) tempat melakukan kerja turut pula memengaruhi kapasitas tenaga yang dapat dikeluarkan oleh seseorang. Dalam waktu singkat dibawah satu detik, seseorang dapat membangkitkan tenaganya sebesar 4400 watt (6 hp) lebih. Seorang atlet yang terlatih, selama 10-15 detik dapat mengeluarkan tenaga sebesar 1100-1470 watt (1.5-2.0 hp), tergantung kondisi iklim/lingkungan tempat kerja dan kondisi tubuh seseorang.

Besarnya tenaga mekanis yang dapat disalurkan melalui tangan berbeda besarnya dengan tenaga mekanis yang disalurkan melalui kaki, dan berbeda pula apabila disalurkan secara kombinasi antara tangan dan kaki. pada umumnya besarnya penyaluran tenaga mekanis melalui tangan, kaki dan kombinasi diantara keduanya adalah seperti yang tercantum pada Tabel 4.

Tabel 4. Besarnya penyaluran tenaga mekanis tubuh melalui tangan, kaki dan kombinasi antara keduanya (Krendel, 1958)

| Anggota Kerja | Tenaga Mekanis (t dalam detik) |
|---------------------------|--|
| Tangan | $1,5 \text{ t}^{-0,4} \times 746 \text{ watt}$ |
| Kaki | $2,8 \text{ t}^{-0,4} \times 746 \text{ watt}$ |
| Kombinasi Tangan dan Kaki | $4,4 \text{ t}^{-0,4} \times 746 \text{ watt}$ |



Gambar 2. Faktor-faktor yang mempengaruhi kapasitas kerja fisik (Astrand and Rodahl, 1971)

b. Kelelahan dan Periode Istirahat

Kelelahan adalah peristiwa penurunan efisiensi dan berkurangnya kekuatan bertahan. Secara umum kelelahan dapat dibagi dua bagian, yaitu kelelahan psikologi dan kelelahan fisiologi (Singleton, 1972).

Kelelahan psikologi menyebabkan penurunan kemampuan yang dicirikan oleh penurunan hasil kerja, kecepatan kerja dan adanya peningkatan kesalahan. Terdapat beberapa tipe kelelahan bukan ototi (Sastrowinoto, 1985) :

- (1) Lelah disebabkan oleh ketegangan pada organ visual (lelah visual),
- (2) Lelah karena ketegangan fisik disemua organ (lelah fisik umum),
- (3) Lelah disebabkan oleh kerja mental (lelah mental),
- (4) Lelah karena tegangan lewat satu sisi dari fungsi psikomotor (lelah syaraf),
- (5) Lelah dikarenakan kerja yang monoton atau lingkun-gan yang menjemukan,
- (6) Lelah karena sejumlah faktor yang terus menerus membuat lelah (lelah kronis).

Kelelahan fisiologi berhubungan dengan kebutuhan energi otot dan pembuangan sisa metabolisme. Dalam melakukan kerja, hasil aktifitas



otot akan menghasilkan limbah metabolisme yang berupa asam laktat ($C_3H_6O_3$) yang tertimbun dalam darah dan jaringan otot. Limbah tersebut menyebabkan terjadinya kelelahan otot, oleh karena itu limbah tersebut harus dibuang. Semakin tinggi laju metabolisme semakin banyak timbunan limbah tersebut. Pembebasan limbah yang paling intensif terjadi pada saat istirahat, dimana asam laktat dioksidasi sehingga terurai menjadi CO_2 dan H_2O yang mudah dikeluarkan dari tubuh.

Lamanya periode istirahat tergantung pada lamanya melakukan kerja dan tingkat laju metabolisme. Lamanya waktu pemulihan atau waktu istirahat dihitung dengan menggunakan rumus dari Mc. Cormick (1970) sebagai berikut :

$$R = \frac{T \times (K - S)}{K - 1.5} \dots\dots\dots(2 - 1)$$

dimana :

- R = lamanya waktu istirahat (menit)
- T = lamanya melakukan kerja (menit)
- K = rata-rata pengeluaran tenaga tubuh (kkal/menit)
- S = tetapan yang besarnya 3, 4, 5, atau 6 (kkal/menit, lazimnya dipakai 4 kkal/menit)

Menurut Suma'mur (1967), lamanya waktu istirahat tergantung dari lamanya melakukan

kerja dan waktu kerja (pagi, siang, sore) dan besarnya beban kerja. Pada beban kerja yang berat semakin sering waktu istirahat dengan waktu yang singkat semakin baik dibandingkan dengan kerja terus menerus dan istirahat dengan waktu yang panjang. Lamanya waktu istirahat dapat dihitung dengan rumus :

$$t_p = \left(\frac{M}{4.2} - 1 \right) \times t_b \dots\dots\dots(2 - 2)$$

dimana :

t_p = waktu pemulihan (menit)

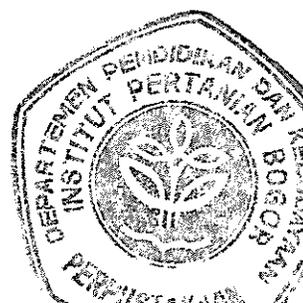
M = pengeluaran tenaga tubuh (kkal/menit)

t_b = lama kerja (menit)

Dengan menggunakan rumus ini, pengeluaran tenaga sebesar 4.2 kkal/menit tidak memerlukan waktu pemulihan.

3. PENGUKURAN TENAGA MANUSIA

Laju metabolisme berhubungan langsung dengan besarnya tenaga yang dikeluarkan sehingga pengeluaran tenaga dapat dihitung dengan dasar prinsip metabolisme. Pengukuran dapat dihitung berdasarkan parameter-parameter yang menunjukkan laju metabolisme, yaitu antara lain konsumsi oksigen pernafasan, jumlah CO_2 pernafasan, denyut jantung, suhu tubuh dan kadang-kadang dapat didekati dengan ritme pernafasan.



Menurut Passmore dan Robson (1971) ada dua metode pengukuran tenaga manusia yaitu metode langsung dan metode tidak langsung.

a. Metode Langsung

Prinsip yang digunakan pada metode pengukuran langsung berdasarkan atas kesetaraan antara panas dan energi (prinsip kalori meter).

Dalam metode ini pengukuran dilakukan pada suatu ruangan yang tertutup sehingga panas hasil metabolisme dapat terukur. Ruangan tersebut dilengkapi dengan fasilitas-fasilitas dan peralatan tertentu yang mudah untuk diamati. Panas yang dikeluarkan oleh tubuh manusia selama melakukan aktifitas akan diserap oleh air yang bersirkulasi dalam pipa - pipa disekeliling ruangan tersebut. Total panas, jumlah konsumsi oksigen, jumlah H_2O dan CO_2 yang dihasilkan dikonversi menjadi energi yang dibutuhkan dalam melakukan kerja di ruangan tersebut. Metode ini hanya dilakukan di laboratorium untuk penelitian yang sangat teliti, diantaranya untuk kebutuhan kalibrasi metode pengukuran tidak langsung.

b. Metode Tidak Langsung

Untuk pengukuran berbagai aktifitas di lapang, dimana metode langsung tidak dapat dilakukan, maka dilakukan metode pengukuran



tidak langsung. Dalam hal ini, energi yang dibutuhkan diduga dari jumlah konsumsi oksigen yang dibutuhkan dalam melakukan kerja pada kondisi aerobik. Pengukuran dapat dilakukan langsung jumlah konsumsi oksigen untuk sampel pekerjaan selama beberapa waktu, yaitu dengan pengukuran oksigen atau karbondioksida hasil pernapasan, dengan pengukuran denyut jantung dan suhu tubuh.

1). Konsumsi oksigen

Beberapa macam alat yang umum digunakan untuk pengambilan sampel oksigen dan udara hasil pernapasan antara lain adalah : Douglas Bag, Resiprometer Max-Plank, Resiprometer Benedict-Roth, dan peralatan penunjang lainnya. Dalam metode ini konsumsi tenaga mekanis tubuh dihitung melalui volume dan kadar oksigen udara sisa pernapasan yang ditampung dalam Douglas Bag. Kadar oksigen dapat diukur dengan suatu alat yaitu *Oxigen Analyzer* atau dengan *Breath Analyzer*.

Berdasarkan tingkat laju konsumsi oksigen, kapasitas tenaga total manusia dapat dihitung dengan rumus *Weir* (Durnin and Passmore, 1967) yaitu :



$$E = \frac{4.92 \times V_o}{100} \times (20.93 - O_{2ex}) \dots (2 - 3)$$

dimana :

E = Energi total tubuh yang dikeluarkan (kkal/menit)

O_{2ex} = kadar oksigen sisa pernapasan (%)

V_o = volume udara sisa pernapasan pada STP (liter/menit)

Konversi udara sisa pernapasan yang terukur saat percobaan kedalam keadaan standar (STP : 1 atm, 273^oK) dihitung dengan menggunakan rumus Boyle-Gay Lussac, yaitu :

$$\frac{V_o P_o}{T_o} = \frac{V_1 P_1}{T_1} \dots \dots \dots (2 - 4)$$

dimana :

V_o = volume udara pada keadaan STP (liter)

P_o = tekanan udara absolut (760 mmHg)

T_o = suhu absolut (273^o)

V_1 = volume udara sisa pernapasan yang terukur saat percobaan (liter)

P_1 = tekanan udara saat percobaan (mmHg)

T_1 = suhu udara saat percobaan (^oK)

2). Denyut jantung

Untuk pengukuran di lapang pada suatu pekerjaan yang kegiatannya bervariasi, dilakukan pengukuran denyut jantung. Dengan pengukuran denyut jantung pengukuran

lebih praktis dan sampel pekerjaan yang dilakukan dapat terukur sejak dimulai hingga selesai. Hasil pengukuran berupa pulsa denyut jantung permenit dikonversi menjadi laju konsumsi oksigen permenit.

Peralatan yang digunakan apada metode tidak langsung dengan pengukuran denyut jantung adalah *Heart Rate Monitor* dan peralatan pendukung lainnya. untuk mengkonversi denyut jantung menjadi oksigen dihitung dengan menggunakan rumus hasil penelitian Tarwotjo dkk (1976) :

$$Y = - 0.6510 + 0,0138 X \dots(2 - 5)$$

dimana :

Y = laju konsumsi oksigen (liter/menit)

X = pulsa denyut jantung yang terukur
(pulsa/menit)

Untuk mengkonversi dari oksigen ke energi adalah dengan mengalikan laju konsumsi oksigen dengan faktor konversi, dengan asumsi nilai RQ (perbandingan kadar CO₂ dengan O₂ sisa pernafasan) 0.76, sehingga faktor konversi yang dipakai 4.75 kkal/liter O₂. Nilai RQ yang dipakai 0.71 - 0.80 (berdasarkan campuran makanan yang dikonsumsi rata-rata orang Indonesia).



3). Suhu tubuh

Efisiensi penggunaan potensi tenaga manusia menjadi tenaga mekanis, maksimum hanya 20 %, sebagian besar sisanya \pm 80 % akan dikeluarkan dalam bentuk panas untuk mempertahankan dan beradaptasi dengan lingkungan. Pada tiap pe-ningkatan beban kerja akan selalu diiringi dengan kenaikan suhu tubuh. Oleh sebab itu, pengukuran suhu tubuh pada waktu melakukan aktifitas atau kerja dapat dijadikan sebagai indikator pengukuran beban kerja fisik oleh tubuh. Para pekerja yang bekerja pada tempat dengan suhu lingkungan yang tinggi, peningkatan suhu tubuhnya yang tinggi yang terjadi tidak proporsional dengan laju konsumsi O_2 . Keadaan ini dapat dijadikan indikasi "Heat Stress".

4). Metabolisme basal

Dalam keadaan tanpa melakukan kegiatan manusia memerlukan energi untuk kebutuhan pokok tubuhnya, seperti aktivitas alat-alat pernafasan, jantung dan usaha untuk mempertahankan suhu tubuh. Keadaan tersebut dinamakan metabolisme basal (Soedarmo, 1977).

Besarnya energi basal sebesar 1500 - 1800 kkal/hari (Mc.Cormick, 1976). Dari kebutuhan energi basal tersebut, apabila untuk tidur selama 8 jam dibutuhkan energi sebesar 500 kkal dan 1400 kkal tanpa kegiatan, maka diperkirakan kebutuhan energi sebesar 1900 - 2400 kkal/hari.

Menurut Akmadi (1981), metabolisme basal seseorang dalam keadaan sehat diperkirakan tetap, sehingga energi yang diperlukan untuk tiap meter persegi luas permukaan tubuhnya akan tetap pula. Semakin besar ukuran tubuh seseorang, maka akan semakin besar kebutuhan energi basalnya.

Metabolisme basal adalah merupakan fungsi dari berat badan, tinggi badan usia dan jenis kelamin. Besarnya energi metabolisme basal pria adalah 44 W/m^2 , sedangkan wanita 41 W/m^2 . Secara matematis luas permukaan tubuh dapat diformulasikan dengan rumus Du Bois :

$$A_{Du} = 0.202 \times W_b^{0.425} \times H_b^{0.725} \dots(2 - 6)$$

dimana :

W_b = berat badan (kg)

H_b = tinggi badan (m)

A_{Du} = luas permukaan tubuh (m^2)



Metode pengukuran luas permukaan tubuh dengan menggunakan rumus Du Bois adalah metode yang dipakai oleh ISO (International Organization for Standardization). Cara yang digunakan ISO digunakan oleh hampir seluruh dunia. Di Jepang pengukuran luas permukaan tubuh menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$A = W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83 \dots\dots\dots (2 - 7)$$

dimana :

W = berat badan (kg)

H = tinggi badan (cm)

A = luas permukaan tubuh (cm²)

Dari hasil perhitungan luas permukaan tubuh tersebut dapat dihitung metabolisme basal dengan menggunakan tabel hubungan antara luas permukaan tubuh dan konsumsi oksigen permenit.

B. SENGON (*Paraserianthes falcataria*)

(Atmosuseno, 1994) Selain mempunyai dua nama latin yaitu *Albizia falcataria* (L) Fosberg dan *Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen, sengon mempunyai nama daerah yang bermacam-macam. Di Pulau Jawa sengon mempunyai ± 6 nama panggilan, antara lain: albisia, jeunjing (Jawa Barat), sengon laut, mbesiah (Jawa Tengah), sengon

sebrang (Jawa Timur dan Jawa Tengah), jing laut (Madura), dan lain-lain. Di luar Jawa sengon dikenal dengan nama tedehu pute (Sulawesi), rawe, selawoku merah, seka, sika, sika bot, sikahm atau tawasela (Maluku). Di Irian Jaya sengon dikenal dengan nama bae, bai wahogon, wai atau wikie.

Sifat fisik dari kayu meliputi kadar air kayu, kerapatan, berat jenis, perubahan dimensi kayu, dan hubungan kayu dengan panas dan hubungan kayu dengan listrik (Dumanauw, 1993).

Sifat mekanik kayu adalah suatu sifat dari kayu dalam menahan beban dari luar yang cenderung untuk merubah bentuk dan ukuran kayu. Pengaruh gaya luar yang bekerja pada kayu menyebabkan timbulnya kekuatan dari dalam kayu untuk menahan gaya dari luar tadi. Gaya luar dan gaya yang berasal dari dalam dinyatakan dalam satuan berat per satuan luas.

Dumanauw (1993) menyatakan, bahwa sifat-sifat mekanis kayu digolongkan menjadi :

- | | |
|-----------------------|----------------------|
| 1). Keteguhan lentur; | 2). Keteguhan tekan; |
| 3). Keteguhan tarik ; | 4). Keteguhan geser; |
| 5). Keteguhan belah; | 6). Sifat kekakuan; |
| 7). Sifat keuletan; | 8). Sifat kekerasan |

Kayu sengon umur 7 sampai 9 tahun mempunyai nilai kadar air rata-rata 13,075; berat jenis rata-rata 0,375; penyusutan arah tangensial rata-rata 4,57 % dan penyusutan arah radial rata-rata 2,715 %. Nilai kekuatan

lengkung statiknya rata-rata $510,18 \text{ kg/cm}^2$; kekuatan tekan sejajar arah serat rata-rata $275,85 \text{ kg/cm}^2$ dan kekuatan geser rata-rata $54,35 \text{ kg/cm}^2$ (Kasmudjo, 1990).

Sel-sel kayu dibentuk oleh suatu jaringan yang disebut dengan jaringan kambium. Jaringan kambium ini mengandung sel-sel yang berfungsi sebagai penguat. Kambium tumbuh kesamping dan ke atas sesuai dengan pertumbuhan dari pohon itu. Sel-sel penguat dari kayu terdapat pada jaringan-jaringan pembuluh kayu (xylem dan phloem), tetapi kekuatan dari kayu ditentukan oleh zat pektin dan kristalit yang terdapat pada selulosa, pentosan, lignine serta cutine.

(Atmosuseno, 1994) Persentase selulosa yang tinggi dari kayu sengon menyebabkan kayu ini cukup potensial untuk dijadikan bahan baku pulp kertas dan produk selulosa lainnya. Hal ini dapat dimaklumi karena selulosa bahan pokok dari tiap-tiap dinding sel bahan dasar pembuatan pulp, kertas dan derivat selulosa lainnya seperti nitro selulosa, selulosa asetat, selulosa alkali dan etil selulosa.

Persentase lignin kayu sengon yang rendah menunjukkan bahwa kayu sengon merupakan kayu yang tidak terlalu kuat dan tidak terlalu kaku. Lignin berfungsi sebagai zat perekat dari serat-serat sehingga bertindak sebagai penguat ikatan antar serat tersebut. Perpaduannya dengan selulosa akan menghasilkan sebuah senyawa bernama ligno-

selulosa. Senyawa ini membuat kayu menjadi kuat dan kaku.

Persentase pentosan kayu sengon dikategorikan rendah. Persentase yang rendah akan mengurangi kekuatan kayu karena selain sebagai cadangan makanan bagi sel, pentosa juga berfungsi sebagai penguat dinding sel kayu.

Menurut Lubis (1953), serat-serat kasar dari suatu tumbuhan akan mengandung bahan-bahan pembentuk dinding sel. Bahan-bahan yang dimaksud ini adalah cellulosa, lignine, cutine dan pentosan-pentosan.

Serat kayu merupakan penyusun suatu batang yang berguna untuk melindungi sel, tetapi apabila sel-sel ini telah tua maka serat kayu ini akan berfungsi sebagai penguat dari batang.

Untuk satu jenis kayu dengan kondisi tempat ditanamnya sama, maka kekuatan kayu akan ditentukan oleh banyaknya serat yang menyusun batangnya. Dengan demikian semakin besar diameter kayu, semakin besar juga kekuatan seratnya. Selain kekuatan dari serat, gaya kohesi antar serat juga akan menentukan ketahanan belah dari kayu ini.

Pada umur 5 tahun, sengon mempunyai berat jenis rata-rata 0,26, panjang serat rata-rata 1,06 mm, bilangan runkel rata-rata 0,21 dan nilai perbandingan penyusutan arah tangensial dan radial rata-rata 1,50. Sehingga pada umur tersebut sengon sudah dapat ditebang,

untuk tujuan bahan pulp dan kertas walaupun dengan resiko rendeman yang agak rendah (Kasmudjo, 1992).

Dalam menebang pohon maka seseorang akan melawan ketahanan belah dan sifat kekerasan dari kayu yang digergajinya.

C. PERALATAN PENEANGAN

Soenarso (1972) menyatakan, Penebangan dimaksudkan untuk memungut hasil berupa kayu dari suatu tegakan tanpa mengikut sertakan bagian-bagian yang berada didalam tanah. Kegiatan-kegiatan tersebut terjadi di petak tebangan yang meliputi pekerjaan-pekerjaan menumbangkan pohon (tree cutting), membersihkan cabang (debranching) dan pembagian/pemotongan batang (bucking) menjadi sortimen kayu perkakas, kayu bakar dan lain-lain.

Alat penebangan tradisional/manual ialah alat yang telah dipakai turun temurun disuatu daerah. Jenis dan bentuknya dapat berbeda di tiap daerah.

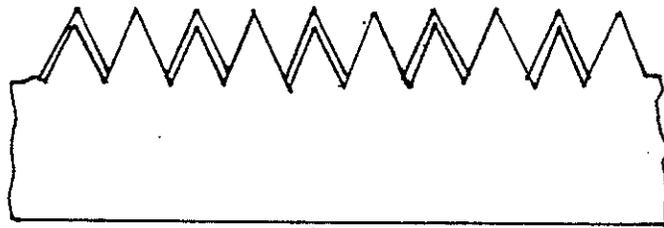
a. Gergaji potong

Gergaji potong dipergunakan untuk memotong kayu pada arah tegak lurus arah serat. Jenis gergaji ini dipergunakan untuk menebang dan memotong batang.

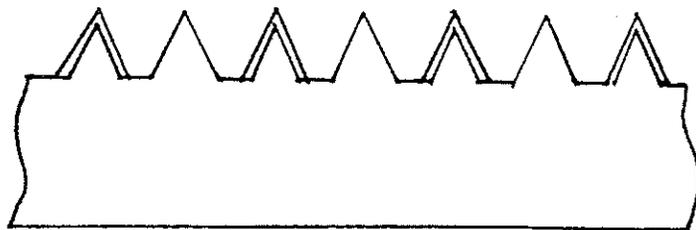
Bentuk gigi gergaji ada tiga macam yaitu segitiga, segitiga berselang datar dan segitiga berselang lengkung. Adanya selang tersebut akan memudah-

kan pemeliharaan dan pengeluaran serbuk gergaji serta meringankan penarikan.

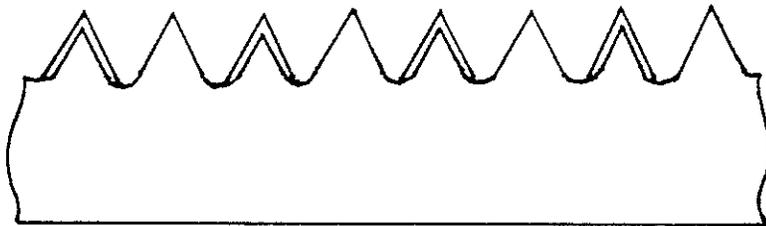
Panjang gergaji hendaknya disesuaikan dengan penggunaannya yaitu tergantung kepada besar diameter



Gambar 3. Gigi gergaji berbentuk segitiga tidak berselang.

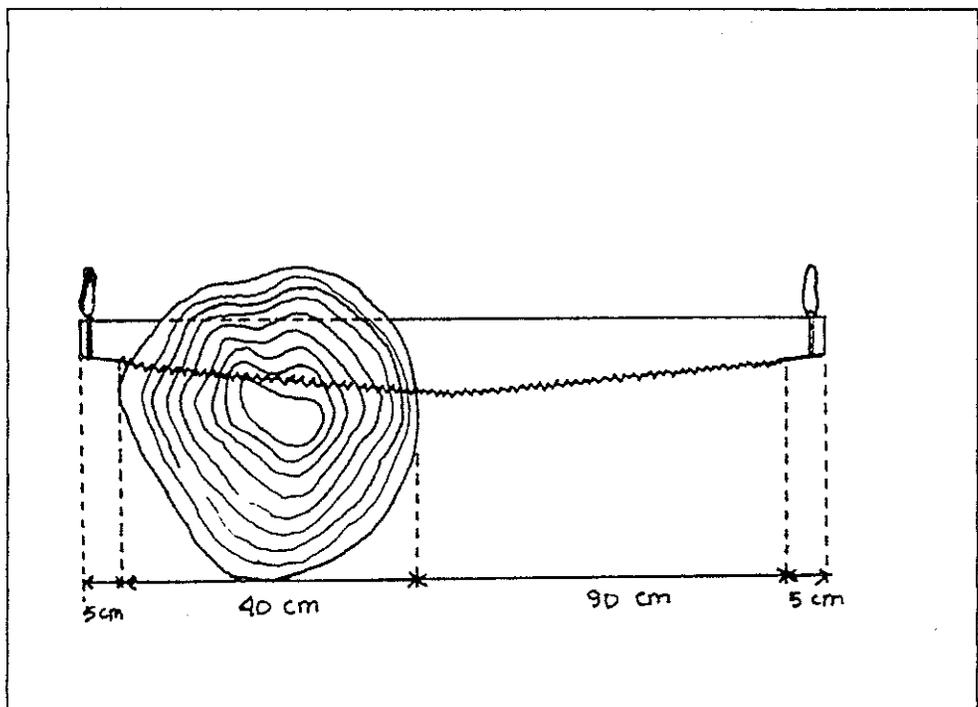


Gambar 4. Gigi gergaji berbentuk segitiga berselang datar.



Gambar 5. Gigi gergaji berbentuk segitiga berselang lengkung.

pohon yang akan ditebang atau dipotong. Pemilihan gergaji dengan ukuran panjang yang tepat adalah penting karena bila terlalu pendek akan cepat melelahkan pekerja. Sebaliknya bila panjangnya berlebihan akan mengakibatkan tidak seluruh gigi gergaji dipergunakan. Sebagai patokan untuk kayu yang berdiameter kurang dari 100 cm panjang gergaji adalah 100 cm ditambah besar diameter kayu.



Gambar 6. Panjang daun gergaji untuk pohon-pohon yang berdiameter kurang dari 100 cm.

Angka 100 cm tersebut diperoleh dari 2×45 cm (panjang gerakan tangan) dan 2×5 cm (bagian pegangan). Untuk kayu berdiameter di atas 100 cm panjang

daun gergaji sebaiknya kurang lebih dua kali diameter kayu.

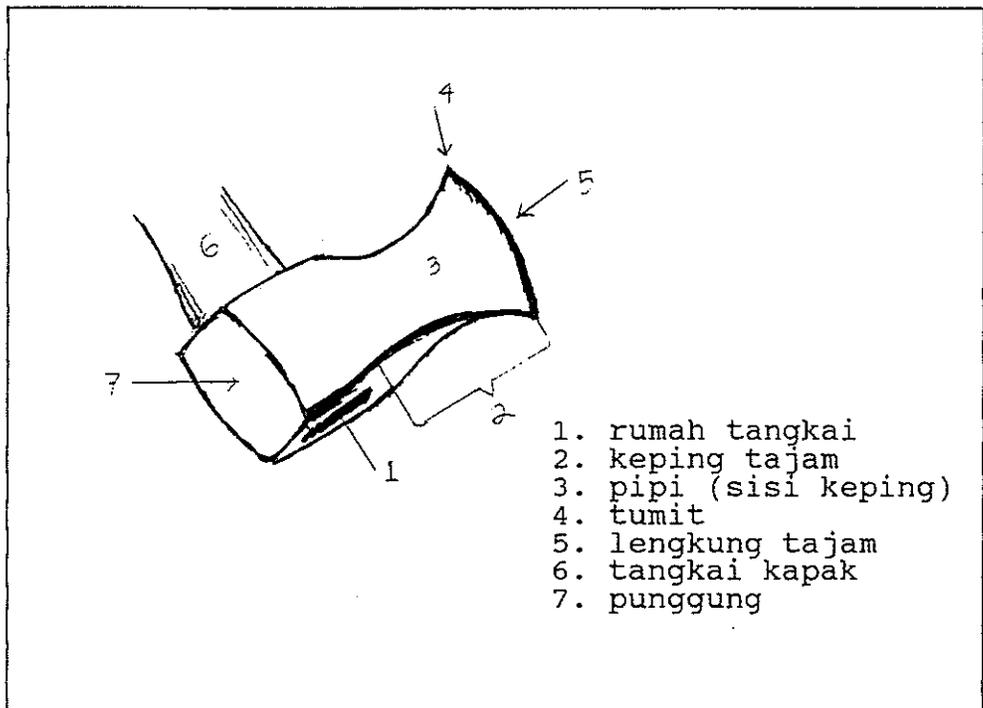
Gigi gergaji mempunyai sudut puncak dan sudut tajam. Sudut puncak gigi segitiga adalah 38° , sedangkan sudut tajamnya disesuaikan dengan kekerasan kayu yang digergaji. Untuk jenis-jenis kayu keras sebesar 70° , sedang untuk jenis-jenis kayu lunak 60° .

Besar giwaran juga disesuaikan dengan kekerasan kayu yaitu 0.3 - 0.4 mm untuk jenis-jenis kayu keras dan 0.5 - 0.7 mm untuk jenis-jenis kayu lunak. Seluruh gigi harus digiwar dengan besar giwaran yang sama.

b. Kapak

Alat ini dipakai untuk membantu dalam penebangan, terutama untuk membuat mulut takik rebah, membersihkan dahan dan batang serta untuk membelah. Kapak terdiri dari dua bagian penting yang merupakan satu kesatuan, yaitu kepala dan tangkai kapak.

Kepala kapak dibuat dari besi dengan lapisan baja pada lengkung tajamnya. Bentuk kepala kapak yang sesuai untuk penebangan ialah yang mempunyai satu sisi keping tajam dengan punggung rata yang dapat berfungsi sebagai palu untuk memukul baji.



Gambar 7. Kepala kapak

Menurut beratnya kepala kapak dalam tiga golongan, yaitu berat (lebih dari 1400 gram), sedang (1200 - 1400 gram) dan ringan (kurang dari 1200 gram). Berat kapak sebaiknya disesuaikan dengan pemakaiannya. Untuk jenis kayu keras dipakai kapak ringan dengan bentuk pipi (sisi keping) cembung dan lengkung tajam yang sempit. Untuk jenis kayu lunak dipakai kapak berat dengan bentuk pipi yang cekung dan lengkung tajam yang lebar. Untuk pekerjaan membelah digunakan kapak berat dengan bentuk pipi cembung.

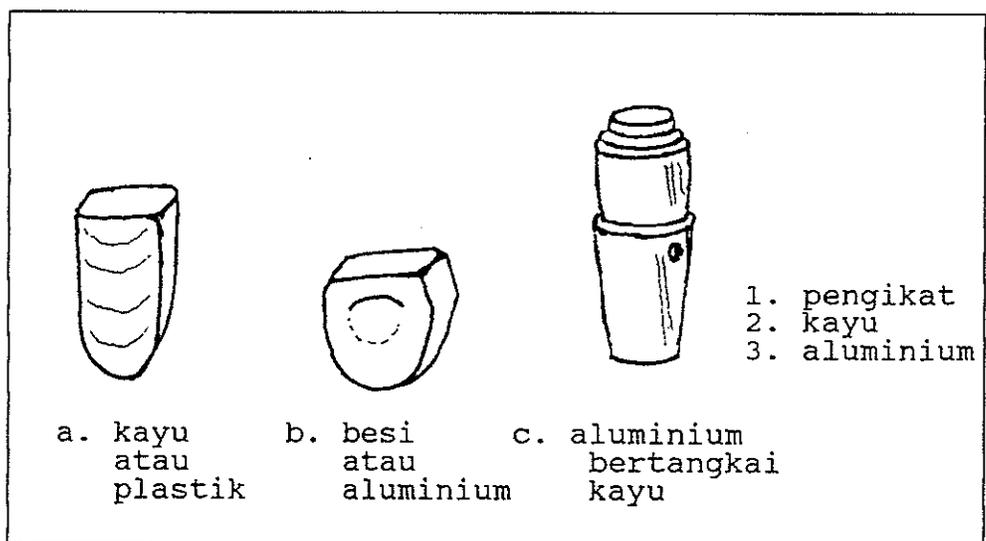
Tangkai kapak dibuat dari bahan kayu yang berfungsi sebagai penerus dari tenaga penggerak yang

dipusatkan pada kepala kapak ketika dipakai. Tangkai tersebut dibuat sedemikian rupa sehingga merupakan kepanjangan dari tangan, mudah dipegang atau digerakkan dan elastis. Panjangnya disesuaikan dengan panjang lengan pemakai yaitu 60 - 75 cm.

c. Baji

Baji digunakan sebagai alat bantu untuk merebahkan pohon dan memotong batang. Baji dipasang di belakang gergaji supaya gergaji tidak terjepit, yang dimasukkan berangsur-angsur dengan cara dipukul dengan punggung kapak.

Baji dibuat dari kayu, plastik, besi atau aluminium, bentuknya pipih, menebal kearah pangkalnya. Jenis baji yang terbaik terbuat dari bahan aluminium yang bertangkai kayu dengan berat sekitar 650 gram.

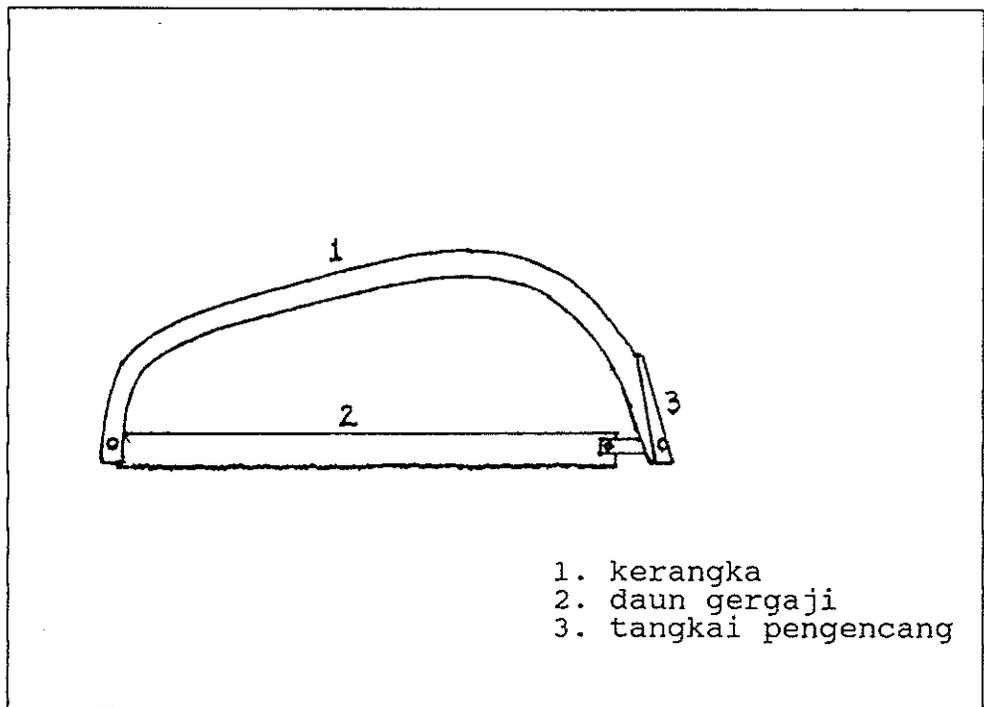


Gambar 8. Baji

d. Gergaji Busur

Gergaji busur terdiri dari dua bagian penting, yaitu :

- kerangka (frame), dibuat dari bahan besi atau aluminium dengan bentuk menyerupai busur.
- daun gergaji (blade), terbuat dari bahan baja tertentu dengan bentuk-bentuk gigi disesuaikan untuk kegunaannya (untuk memotong dan membelah).



Gambar 9. gergaji busur

Tegangan daun gergaji diperoleh dari tegangan kerangkanya. Untuk mendapatkan ketegangan yang dikehendaki, pemasangan dan pelepasan daun gergaji,

digunakan tangkai pengencang yang terdapat pada pangkal kerangkanya.

Panjang gergaji dinyatakan dengan panjang daun gergaji yang berkisar 53 - 122 cm. Adapun beratnya sekitar 0.6 - 1,9 kg. Gergaji ini digunakan dalam penebangan penjarangan pohon-pohon berdiameter kurang dari atau sama dengan 25 cm.

e. Parang

Parang digunakan untuk pekerjaan persiapan dalam penebangan, yaitu untuk membersihkan semak-semak atau rintangan-rintangan disekitar pohon yang akan ditebang.

f. Tali tambang

Alat ini digunakan sebagai alat bantu dalam merobohkan pohon-pohon yang tumbuhnya tidak normal, dipinggir jurang atau condong ke arah jalan raya, kawat listrik, bangunan dan lain-lain, ke arah yang dikehendaki untuk menyelamatkan kayu atau benda yang merintanginya.

III. METODE PENELITIAN

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juli sampai dengan bulan Oktober 1994. Kegiatan yang dilakukan adalah studi pustaka, pengukuran tenaga sampel (operator) dan analisa hasil perhitungan.

2. Tempat

Penelitian ini dilakukan di :

- a. Laboratorium Ergonomika dan Elektronika Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian , Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- b. Areal pananaman pohon Sengon petani di Desa Sukaluyu, Kecamatan Ciomas, Kabupaten Bogor.

B. PERALATAN DAN BAHAN

1. Peralatan

- a. Heart Rate Monitor

Alat ini berfungsi untuk mengukur pulsa denyut jantung pada waktu tertentu. Alat ini terdiri dari dua bagian, yaitu sensor dan display. Bagian display dilengkapi juga dengan stopwatch.

b. Stopwatch

Alat ini digunakan untuk menghitung waktu pekerjaan yang dilakukan.

c. Pita Ukur

Alat ini digunakan untuk mengukur panjang dan diameter pohon dan untuk mengukur tinggi tubuh operator.

d. Timbangan

Timbangan yang digunakan adalah timbangan untuk mengukur berat badan operator.

e. Kantong Douglas (Douglas Bag)

Kantong Douglas ini berfungsi sebagai tempat penampung udara sisa pernafasan (udara ekspirasi) yang akan diukur volumenya. Kantong Douglas yang dipergunakan mempunyai kapasitas 150 liter. Kantong ini dilengkapi dengan pipa (slang) karet sebagai penyalur udara ekspirasi dari mulut, masker (mouth piece) serta klep pengatur untuk membuka dan menutup aliran udara ke dalam kantong sehingga pengukuran dapat dilakukan secara teliti. Kantong ini dilengkapi pula dengan katup dan saluran pengambilan contoh udara ekspirasi yang akan diukur kadar O_2 dan CO_2 -nya.

f. Balon Sampel (Balon Plastik)

Balon sampel atau balon plastik yang berukuran kira-kira 2 liter ini berfungsi untuk menampung sebagian udara ekspirasi dari Douglas Bag yang akan diukur kadar O_2 dan CO_2 -nya di laboratorium.

g. Gas Meter

Gas meter adalah suatu alat yang dipergunakan untuk mengukur volume udara ekspirasi yang telah ditampung dalam Douglas Bag. Satuan ukur dari alat ini adalah *liter* dengan skala terkecil 0.1 liter.

h. Breath Analyzer

Breath Analyzer adalah suatu instrumen yang digunakan untuk mengukur kadar O_2 dan CO_2 udara ekspirasi. Udara ekspirasi yang diukur adalah sampel udara yang telah ditampung dalam balon-balon sampel yang sebelumnya telah diberi nomor agar tidak tertukar.

i. Gergaji potong

Gergaji potong dipergunakan untuk memotong kayu pada arah tegak lurus dengan arah serat.

j. Kapak

Alat ini dipakai untuk membantu dalam penebangan, terutama untuk membuat mulut takik rebah, membersihkan cabang serta untuk membelah.

k. Parang

Parang digunakan untuk pekerjaan persiapan dalam penebangan, yaitu untuk membersihkan semak-semak atau rintangan-rintangan di sekitar pohon yang akan ditebang, juga untuk pembersihan cabang.

l. Baji

Baji digunakan sebagai alat bantu untuk merebahkan pohon dan memotong batang.

2. Bahan

Sebagai bahan dalam penelitian ini adalah pohon sengon dan operator yang sehat jasmani dan rokhani, mempunyai pengalaman kerja sebagai penebang pohon kurang lebih 5 tahun.

C. PROSEDUR PENELITIAN

1. Penelitian Pendahuluan

Penelitian pendahuluan ini dilakukan di Laboratorium Ergonomika. Tujuannya adalah untuk mendapatkan persamaan hubungan antara denyut jantung, konsumsi oksigen dan luas permukaan tubuh. Persamaan yang didapat dari ketiga variabel tersebut lebih lanjut digunakan sebagai dasar perhitungan tenaga total tubuh dan tenaga mekanis pekerjaan di lapang. Adapun tahapan yang dilakukan adalah :

- a. Pemilihan sampel operator dengan mengukur pulsa denyut jantung 70 - 80 pada saat tidak melakukan kerja.
- b. Pengukuran berat dan tinggi badan sampel operator yang terpilih.
- c. Pengukuran konsumsi oksigen dan denyut jantung pada saat melakukan kerja.
- d. Pengukuran konsumsi oksigen dan denyut jantung dilakukan setelah operator melakukan pemanasan kerja selama 5 menit.

2. Penelitian Di Lapang

- a. Pemilihan sampel operator dengan mengukur denyut jantung 70 - 80 pada saat tidak melakukan kerja.
- b. Pengukuran berat dan tinggi badan sampel operator terpilih.
- c. Pengukuran denyut jantung operator pada saat melakukan pekerjaan, dimana sebelumnya operator melakukan pemanasan pekerjaan selama 5 menit. Adapun aktifitas yang dilakukan adalah menumbangkan pohon, membersihkan cabang dan memotong batang.

D. PERHITUNGAN

- a. Total tenaga Tubuh.

Rumus yang digunakan untuk menghitung kebutuhan total tenaga tubuh operator adalah :

$$E = 4.75 * Y * t * 69.44 \dots(3 - 1)$$

dimana :

Y = Konsumsi oksigen (liter/menit);

E = Tenaga total tubuh yang dikeluarkan (watt);

t = waktu kerja (menit).

Dalam menghitung kebutuhan total tenaga tubuh operator dilakukan dengan dua cara perhitungan, yaitu perhitungan I dan perhitungan II sebagai pembandingan. Untuk mengkonversi denyut jantung ke konsumsi oksigen operator digunakan rumus (4 - 1) pada perhitungan I, sedangkan rumus (2 - 5) digunakan pada perhitungan II .

b. Waktu Istirahat.

Untuk menghitung kebutuhan waktu istirahat digunakan rumus (2 - 2).

c. Luas Permukaan Tubuh

Luas permukaan tubuh operator didapatkan dengan menggunakan rumus (2 - 7)

d. Produktivitas Kerja

Setelah mengetahui kebutuhan energi total tubuh dan volume pohon, maka dapat dihitung produktivitas pekerjaan penebangan dengan menggunakan rumus (4 - 8).

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. PENELITIAN PENDAHULUAN

Selama ini untuk mengkonversi denyut jantung ke konsumsi oksigen seseorang digunakan rumus (2 - 5). Rumus tersebut mempunyai kelemahan, yaitu apabila dua orang yang berbeda luas permukaan/ukuran tubuhnya (berat dan tinggi badan) pada saat melakukan suatu pekerjaan, denyut jantung kedua orang tersebut menunjukkan angka yang sama, maka menurut rumus tersebut besarnya tenaga yang dikeluarkan orang tersebut sama besar. Berdasarkan tabel hubungan antara luas permukaan tubuh dengan konsumsi oksigen (Numajiri, 1987), semakin luas permukaan tubuh seseorang semakin besar konsumsi oksigennya, sehingga semakin besar tenaga yang dikeluarkan orang tersebut dalam melakukan suatu pekerjaan. Untuk itu diperlukan rumus yang memperhitungkan luas permukaan tubuh, dalam mengkonversi denyut jantung ke konsumsi oksigen.

Penelitian pendahuluan ini dimaksudkan untuk mendapatkan persamaan regresi yang baru untuk mengkonversi dari denyut jantung ke konsumsi oksigen, sebagai pembandingan terhadap persamaan yang telah ada. Persamaan ini dibuat dengan melibatkan 5 orang operator dengan berat badan 47 - 69 kg serta tinggi badan 156 - 173 cm.

Adapun kegiatan yang dilakukan adalah berjalan di atas *running belt* dengan kecepatan 100 m/menit dengan kemiringan 0% (datar). Dimana sebelum melakukan aktifitas, operator melakukan pemanasan selama kurang lebih lima menit, agar tercapai kondisi pengeluaran tenaga tubuh yang aerobik.

Persamaan regresi baru dihasilkan dengan melibatkan tiga variabel yaitu luas permukaan tubuh dan denyut jantung sebagai variabel bebas (Independent Variable), konsumsi oksigen sebagai variabel tidak bebas/tergantung (Dependent Variable).

Data hasil penelitian pendahuluan dapat dilihat pada lampiran 1. Data tersebut kemudian diolah dengan analisa regresi menggunakan *software microsta*. Adapun persamaan regresi yang baru adalah :

$$Y = -1.4259 + 0.0207X + 0.0202A \dots\dots\dots(4 - 1)$$

dimana :

Y = konsumsi oksigen (liter/menit)

X = denyut jantung (pulsa/menit)

A = luas permukaan tubuh (m²)

B. ANALISA PENGELUARAN TENAGA

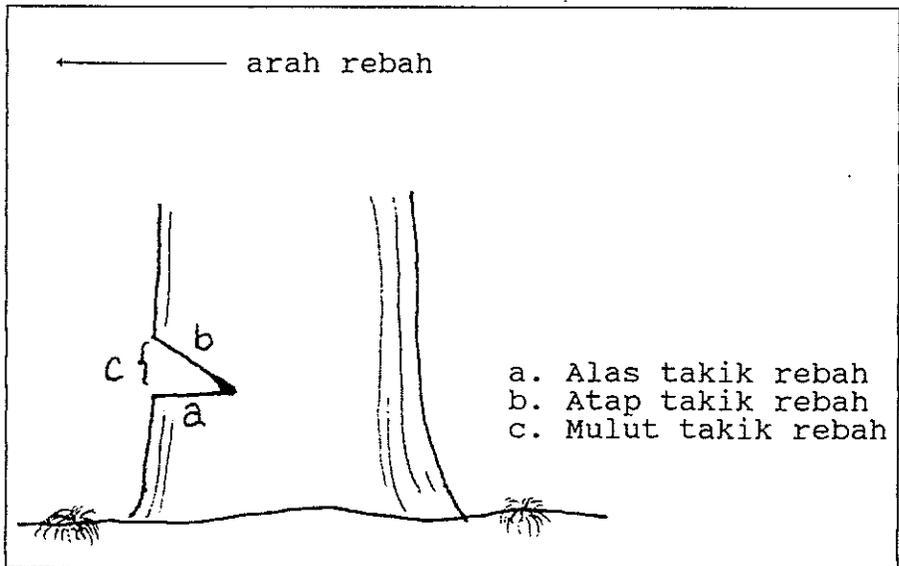
Dalam penelitian ini untuk mengukur kebutuhan tenaga penebang/operator digunakan metode tidak langsung, dengan denyut jantung sebagai parameternya. Untuk menghitung kebutuhan total tenaga operator dilakukan dua

perhitungan yaitu perhitungan I dan perhitungan II sebagai pembandingan.

1. Penebangan

a. Menumbangkan Pohon

Langkah awal dari kegiatan menumbangkan pohon adalah membuat takik rebah. Takik rebah adalah lekukan kedalam yang dibuat serendah mungkin pada pangkal batang dengan maksud agar pada bagian tersebut pohon kehilangan penunjang, sehingga pohon mudah rebah kearah takik tersebut.



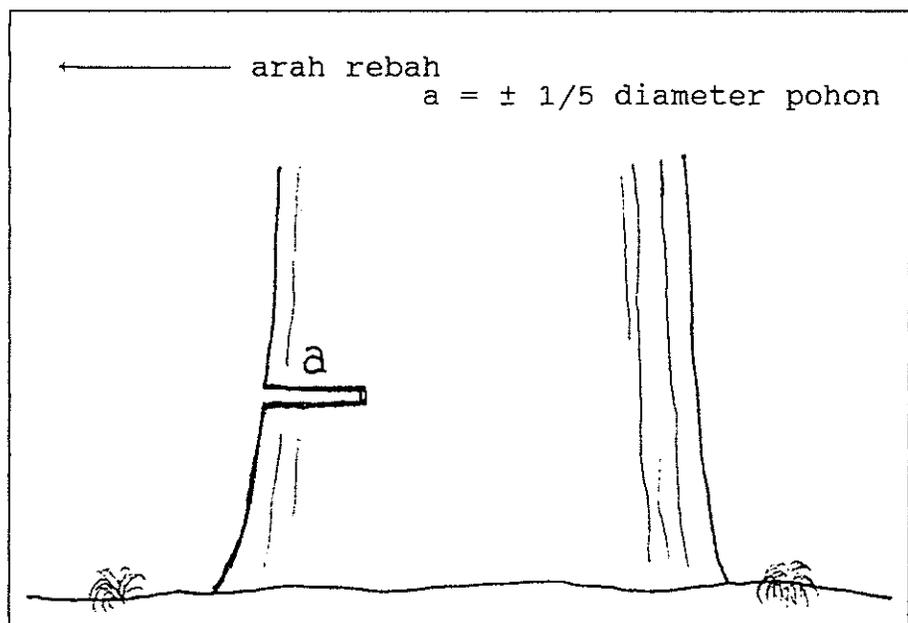
Gambar 10. Takik rebah

Takik rebah terdiri atas : alas takik rebah yang dibuat dengan pemotongan arah mendatar dengan gergaji potong; atap takik rebah, dibuat

dengan kapak dengan pemotongan miring sehingga bertemu dengan alasnya; mulut takik rebah, terbentuk sebagai akibat kedua pemotongan tersebut di atas.

Pembuatan takik rebah untuk berbagai diameter kayu adalah sebagai berikut :

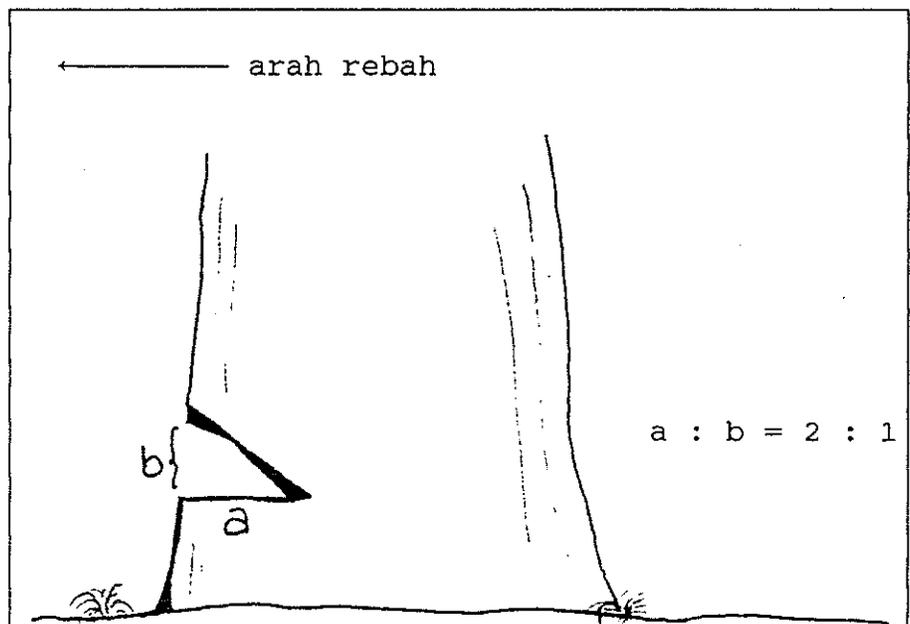
- 1). Pohon berdiameter kurang dari 25 cm, cukup dengan membuat keratan mendatar dengan menggunakan gergaji potong sedalam kurang lebih seperlima diameternya.



Gambar 11. Takik rebah pohon berdiameter < 25 cm

- 2). Pohon berdiameter 25 - 40 cm, dibuat takik rebah yang berbentuk segitiga dengan perbandingan alas terhadap mulut 2 : 1, alas takik rebah kira-kira seperlima sampai

sepertiga diameter pohon. Untuk membuat alas takik rebah digunakan gergaji potong, sedangkan untuk membuat mulut takik rebahnya digunakan alat kapak.



Gambar 12. Takik rebah pohon berdiameter 25-40 cm

Setelah pekerjaan pembuatan takik rebah selesai, dilanjutkan dengan pekerjaan pembuatan takik balas.

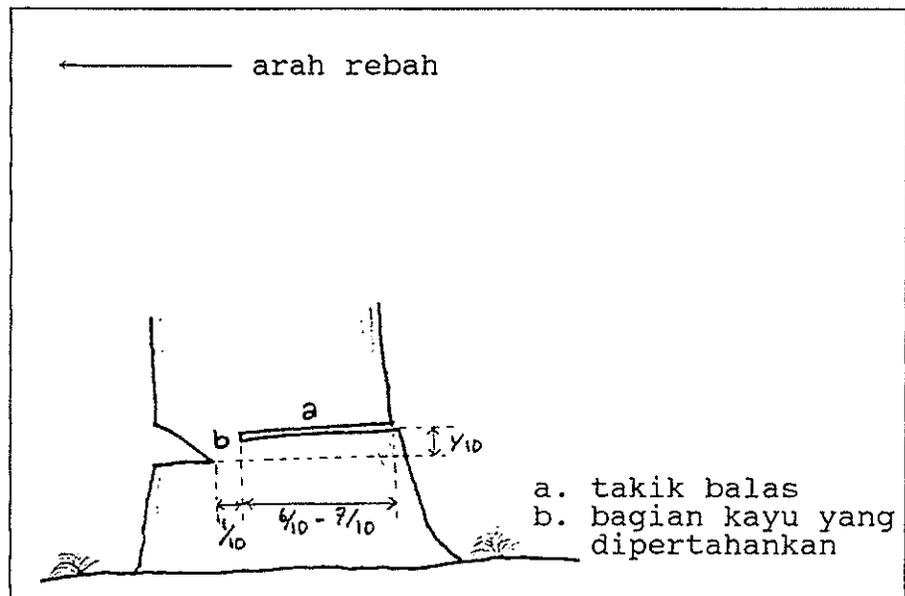
Takik balas adalah keratan mendatar yang dibuat dengan gergaji potong dari arah yang berlawanan dengan takik rebah, dengan maksud agar kekuatan pohon pada bagian tersebut menjadi lemah, sehingga mempermudah rebahnya pohon. Dalam pekerjaan pembuatan takik balas ini selain

gergaji potong dipergunakan juga alat bantu yaitu baji, agar gergaji potong tidak terjepit oleh batang, melancarkan pekerjaan menggergaji dan mempercepat rebahnya pohon.



Gambar 13. Pembuatan takik rebah.

Takik balas dibuat kira-kira $1/10$ diameter pohon lebih tinggi daripada alas takik rebah. Dalamnya pengeratan tergantung dari diameter pohon yaitu $6/10 - 7/10$ dari diameter pohon.



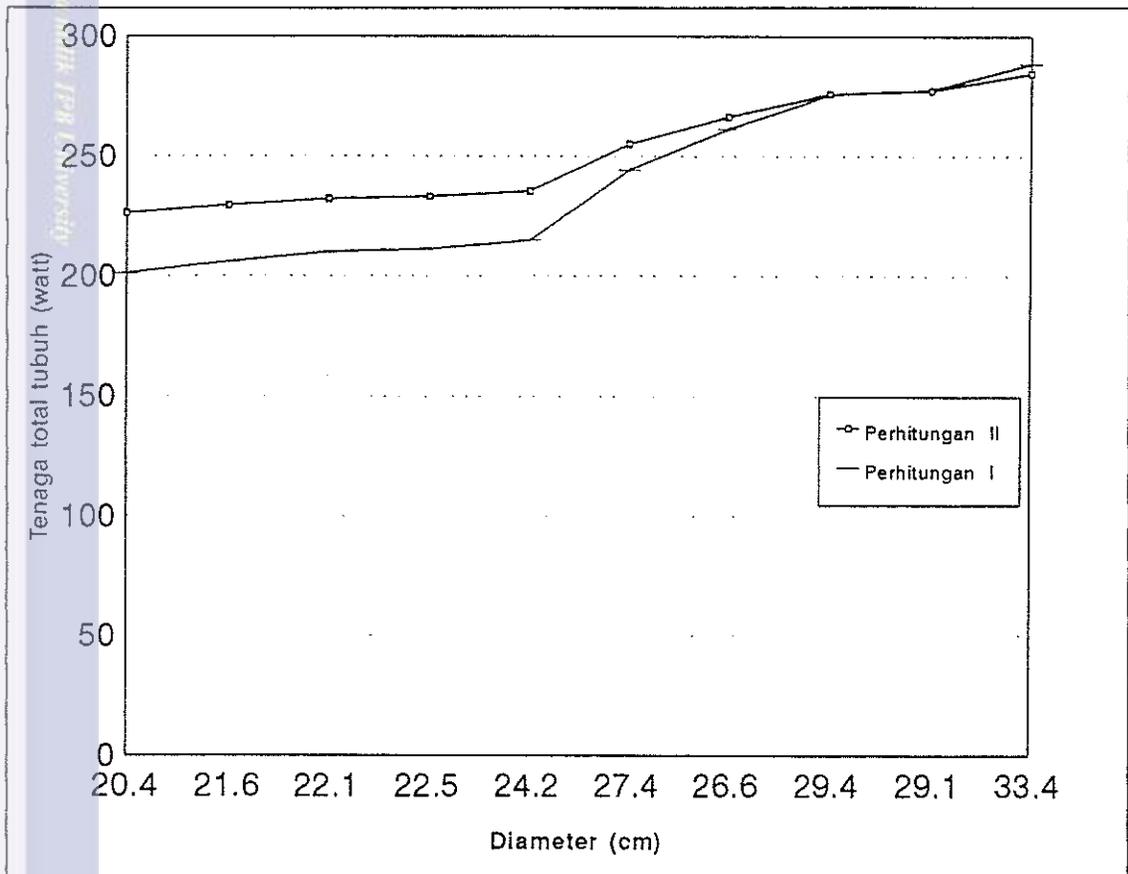
Gambar 14. Takik balas.

Adapun tenaga total yang dibutuhkan dalam pekerjaan penumbangan pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm menurut perhitungan I berkisar 201.18 - 288.57 watt, sedangkan menurut perhitungan II berkisar 226.34 - 284.61 watt.

Tabel 5. Kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan penumbangan pohon

| Diameter (cm) | Kebutuhan tenaga total (watt) | |
|--------------------|-------------------------------|----------------|
| | Perhitungan I | Perhitungan II |
| 20.4 | 201.18 | 226.34 |
| 21.6 | 205.96 | 229.53 |
| 22.1 | 210.06 | 232.26 |
| 22.5 | 211.42 | 233.17 |
| 24.2 | 214.84 | 235.45 |
| 26.6 | 244.19 | 255.02 |
| 27.4 | 261.26 | 266.40 |
| 29.1 | 275.60 | 275.96 |
| 29.4 | 277.65 | 277.32 |
| 33.4 | 288.57 | 284.61 |

Pada gambar 15 dapat dilihat hubungan antara diameter pohon dengan kebutuhan tenaga total untuk menumbangkan pohon.



Gambar 15. Hubungan diameter pohon dengan kebutuhan tenaga total untuk menumbangkan pohon.

Pengolahan data hasil pengukuran kebutuhan tenaga untuk menumbangkan pohon, diolah dengan menggunakan program "microsta" untuk analisis regresi. Hasil pengolahan data disajikan pada tabel 6.

Tabel 6. Hasil analisis regresi kebutuhan tenaga untuk menumbangkan pada diameter pohon sengon.

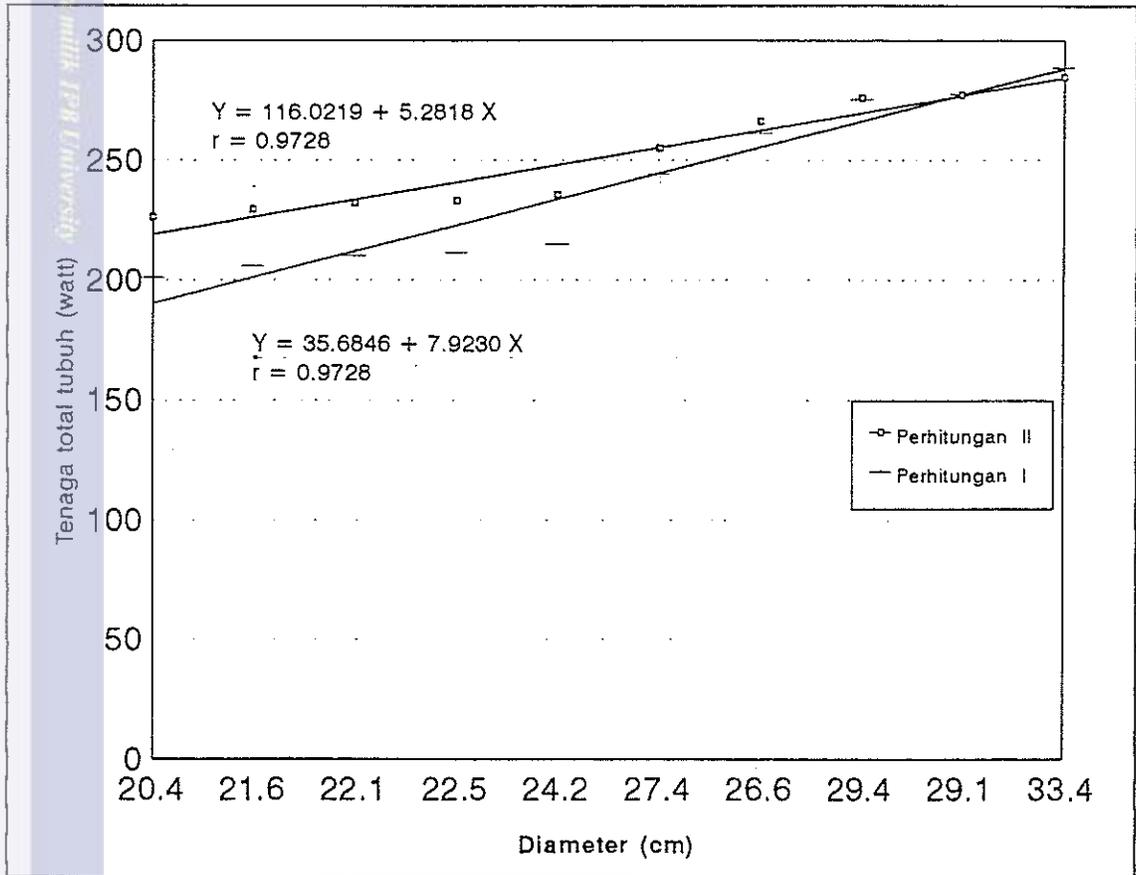
| Hasil analisa regresi | Penumbangan pohon | |
|---|-------------------|----------------|
| | Perhitungan I | Perhitungan II |
| Rata-rata diameter (cm) | 25.67 | 25.67 |
| Rata-rata kebutuhan tenaga total (watt) | 239.07 | 255.61 |
| Konstanta | 35.68 | 116.02 |
| Koefisien regresi | 7.92 **) | 5.28 **) |
| Koefisien korelasi (r) | 0.97 **) | 0.97 **) |
| Koefisien determinasi (r^2) | 0.95 **) | 0.95 **) |

Keterangan : **) : nyata sekali

Hasil regresi pada tabel 6 menunjukkan bahwa regresi linier kebutuhan tenaga untuk menumbangkan pada diameter pohon, semuanya sangat nyata (*highly significant*, baik koefisien regresi maupun koefisien determinasi dan koefisien korelasinya. Hal ini berarti bahwa kebutuhan tenaga untuk pekerjaan menumbangkan pohon dapat ditaksir dengan menggunakan diameter pohon secara tepat.

Berdasarkan hasil analisis regresi, rumus regresi antara tenaga yang dibutuhkan dengan diameter pohon dapat ditulis sebagai berikut :

- 1) Perhitungan I
 $Y = 35.6846 + 7.9230 X \dots\dots\dots(4 - 2)$
- 2) Perhitungan II
 $Y = 116.0219 + 5.2818 X \dots\dots\dots(4 - 3)$



Gambar 16. Regresi Kebutuhan tenaga total tubuh untuk menumbangkan terhadap diameter pohon.

b. Membersihkan Cabang.

Setelah pohon rebah, untuk mempermudah pekerjaan selanjutnya, cabang-cabang dibersihkan dari batangnya dengan menggunakan kapak atau gergaji busur bagi cabang-cabang yang kecil,

Halaman ini merupakan bagian dari buku yang diterbitkan oleh IPB University dan merupakan hak cipta IPB University. Tidak diperkenankan untuk menyalin, mendistribusikan, atau melakukan tindakan lain yang melanggar hukum tanpa izin tertulis dari IPB University.

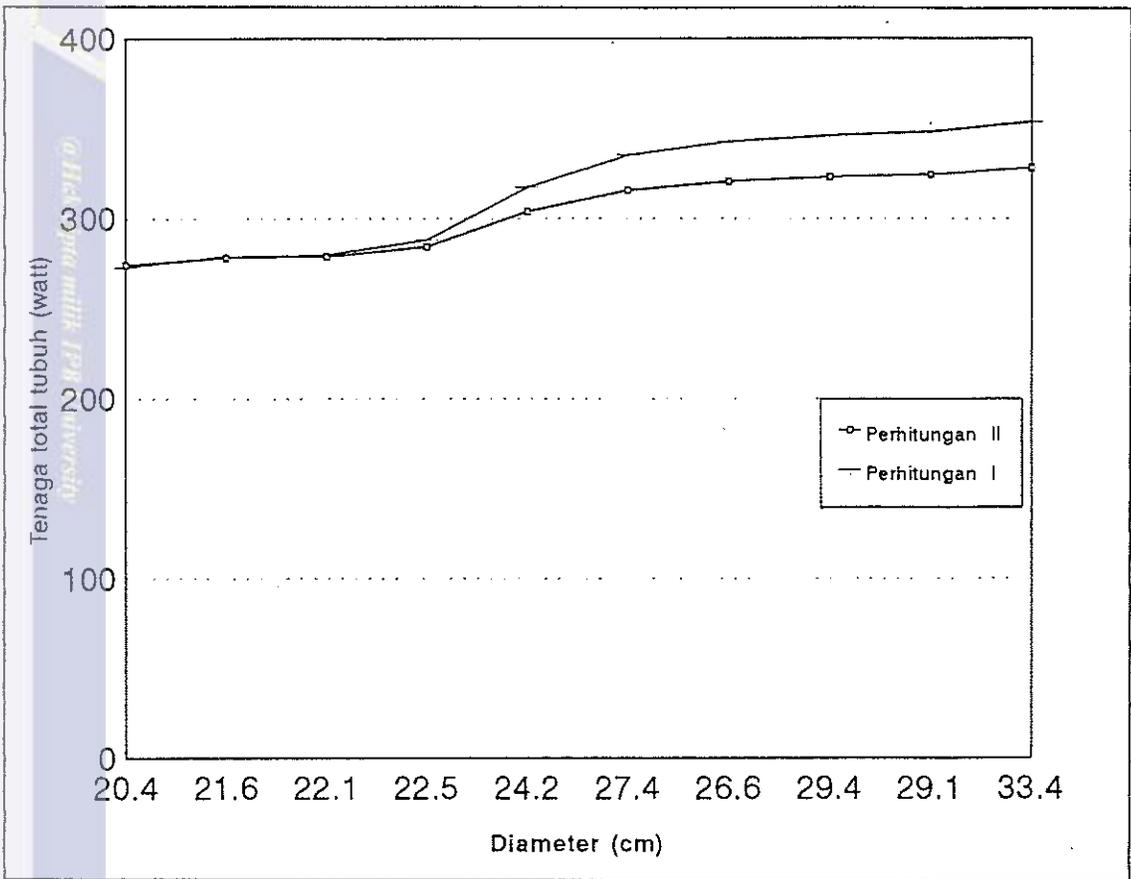
atau dengan gergaji potong untuk cabang-cabang yang besar.

Adapun tenaga yang dibutuhkan dalam pekerjaan membersihkan cabang, menurut perhitungan I adalah 272.87 - 353.44 watt , dan menurut perhitungan II adalah 274.14 - 327.85 watt . Hasil selengkapnya dari kebutuhan tenaga total tubuh pada pekerjaan ini dapat dilihat di tabel 7.

Tabel 7. Kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan membersihkan cabang pohon.

| Diameter (cm) | Kebutuhan tenaga total (watt) | |
|--------------------|-------------------------------|----------------|
| | Perhitungan I | Perhitungan II |
| 20.4 | 272.87 | 274.14 |
| 21.6 | 279.02 | 278.23 |
| 22.1 | 279.70 | 278.69 |
| 22.5 | 287.89 | 284.15 |
| 24.2 | 317.25 | 303.72 |
| 26.6 | 335.00 | 315.56 |
| 27.4 | 342.51 | 320.56 |
| 29.1 | 345.93 | 322.84 |
| 29.4 | 347.97 | 324.21 |
| 33.4 | 353.44 | 327.85 |

Pada gambar 17 dapat dilihat hubungan antara tenaga total yang dibutuhkan dalam pekerjaan membersihkan cabang dengan diameter pohon.



Gambar 17. Hubungan diameter pohon dengan kebutuhan tenaga total untuk membersihkan cabang pohon.

Hasil analisis regresi seperti terlihat pada tabel 8, menunjukkan bahwa regresi linier kebutuhan tenaga untuk membersihkan cabang pada diameter pohon, semuanya sangat nyata. Hal ini berarti bahwa kebutuhan tenaga untuk pekerjaan membersihkan cabang dapat diduga dengan menggunakan diameter pohon secara tepat.

Tabel 8. Hasil analisis regresi kebutuhan tenaga untuk membersihkan cabang pada diameter pohon sengon.

| Hasil analisa regresi | Membersihkan Cabang | |
|---|---------------------|----------------|
| | Perhitungan I | Perhitungan II |
| Rata-rata diameter (cm) | 25.67 | 25.67 |
| Rata-rata kebutuhan tenaga total (watt) | 316.16 | 303.00 |
| Konstanta | 126.84 | 176.78 |
| Koefisien regresi | 7.37 **) | 4.92 **) |
| Koefisien korelasi (r) | 0.94 **) | 0.94 **) |
| Koefisien determinasi (r ²) | 0.89 **) | 0.89 **) |

Keterangan : **) : nyata sekali

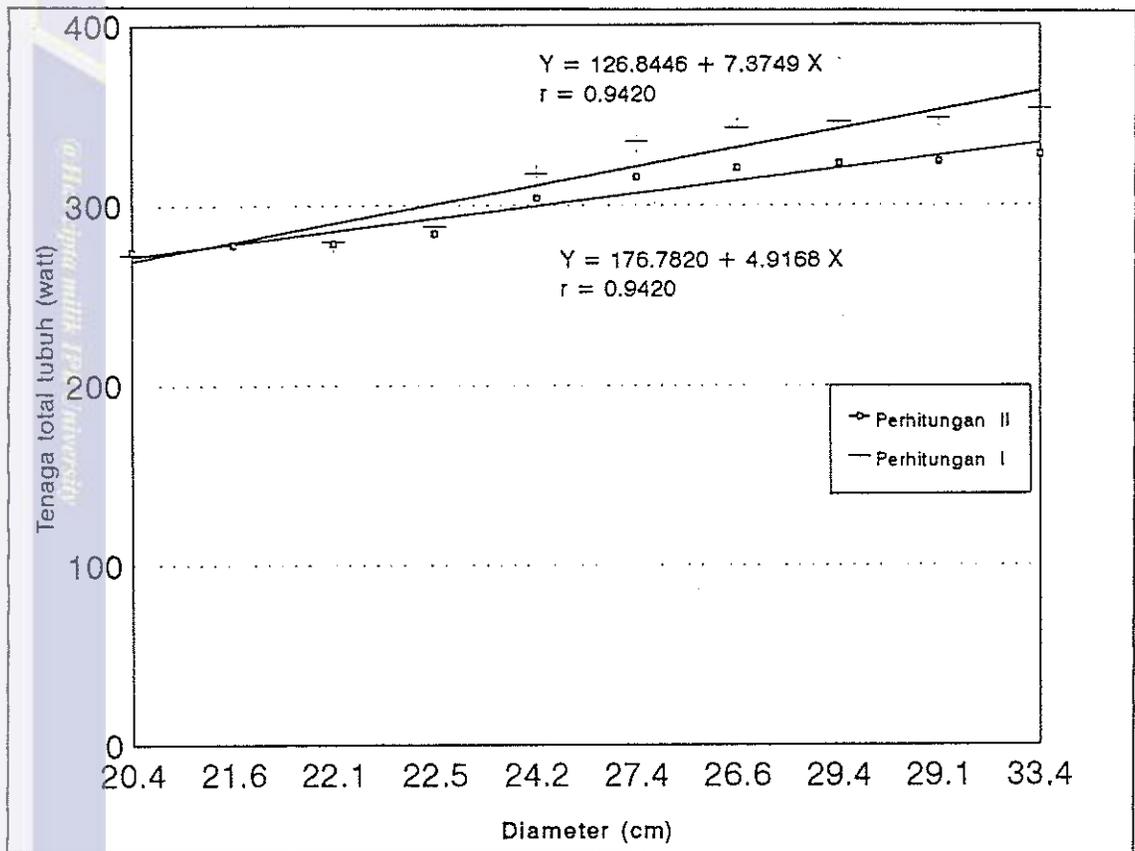
Berdasarkan hasil analisis regresi, rumus regresi antara tenaga yang dibutuhkan dalam pekerjaan membersihkan cabang dengan diameter pohon dapat ditulis sebagai berikut :

1) Perhitungan I

$$Y = 126.8446 + 7.3749 X \dots(4-4)$$

2) Perhitungan II

$$Y = 176.7820 + 4.9168 X \dots(4-5)$$



Gambar 18. Regresi Kebutuhan tenaga total untuk membersihkan cabang terhadap diameter pohon.



Gambar 19. Pekerjaan membersihkan cabang

c. Memotongan batang

Pemotongan batang dengan kapak sedapat mungkin dihindari, karena selain menurunkan kualitas akibat tidak rataanya bidang pemotongan, juga banyak kayu yang terbuang. Alat yang digunakan dalam pekerjaan ini adalah gergaji potong dan baji sebagai alat bantu. Baji digunakan apabila ketika menggergaji batang, daun gergaji terjepit oleh batang yang sedang dipotong. Baji digunakan dengan cara dipukulkan diantara batang yang menjepit daun gergaji.



Gambar 20. Pekerjaan memotong batang.

Tenaga total tubuh yang dibutuhkan dalam pekerjaan memotong batang adalah 367.09 - 411.47 watt (perhitungan I) dan 336.95 - 366.54 watt (perhitungan II).

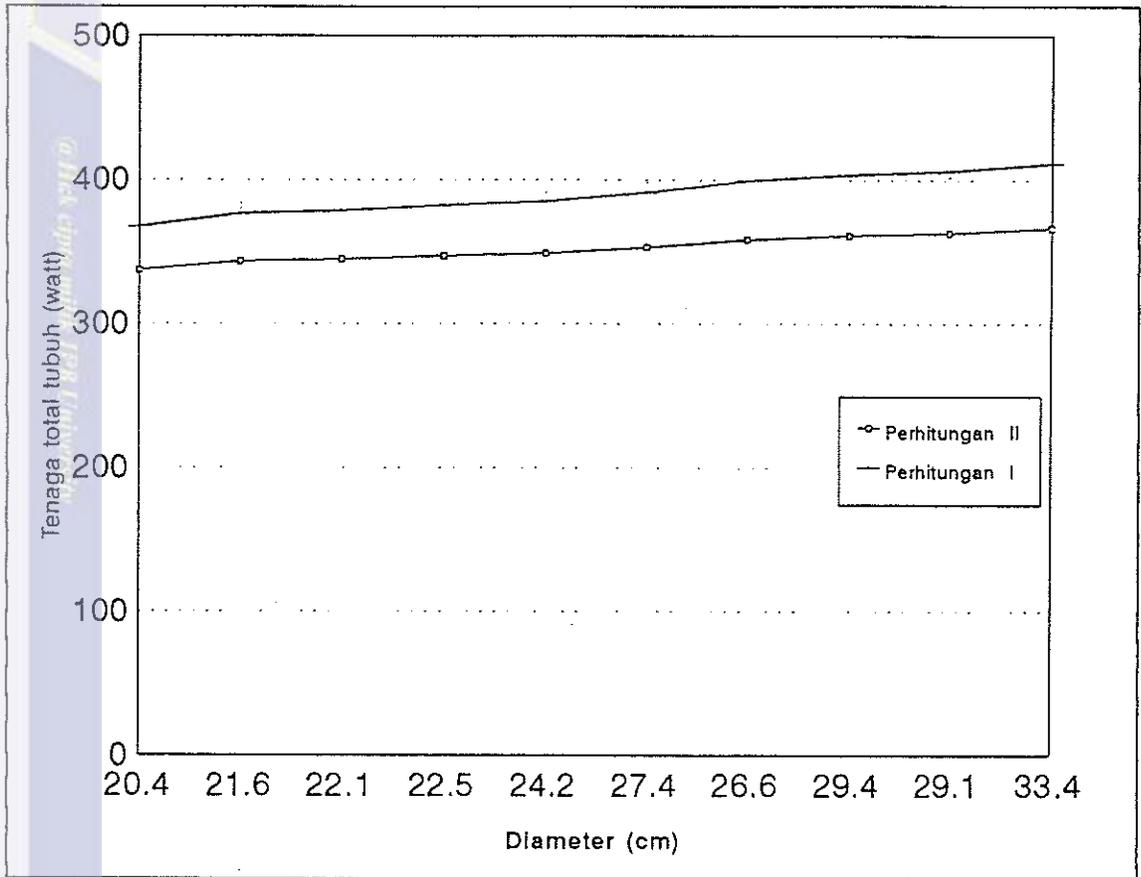
Tabel 9. Kebutuhan tenaga total tubuh dalam pekerjaan memotong batang.

| Diameter (cm) | Kebutuhan tenaga total (watt) | |
|--------------------|-------------------------------|----------------|
| | Perhitungan I | Perhitungan II |
| 20.4 | 367.09 | 336.95 |
| 21.6 | 376.65 | 343.32 |
| 22.1 | 378.70 | 344.69 |
| 22.5 | 382.11 | 346.97 |
| 24.2 | 384.84 | 348.79 |
| 26.6 | 390.99 | 352.88 |
| 27.4 | 399.18 | 358.34 |
| 29.1 | 403.28 | 361.08 |
| 29.4 | 406.01 | 362.90 |
| 33.4 | 411.47 | 366.54 |

Tabel 10. Hasil analisis regresi kebutuhan tenaga untuk memotong batang pada diameter pohon sengon.

| Hasil analisa regresi | Memotong Batang | |
|---|-----------------|----------------|
| | Perhitungan I | Perhitungan II |
| Rata-rata diameter (cm) | 25.67 | 25.67 |
| Rata-rata kebutuhan tenaga total (watt) | 390.03 | 352.25 |
| Konstanta | 303.26 | 294.40 |
| Koefisien regresi | 3.38 **) | 2.25 **) |
| Koefisien korelasi (r) | 0.98 **) | 0.98 **) |
| Koefisien determinasi (r ²) | 0.95 **) | 0.95 **) |

Keterangan : **) : nyata sekali



Gambar 21. Hubungan diameter pohon dengan kebutuhan tenaga total untuk memotong batang pohon.

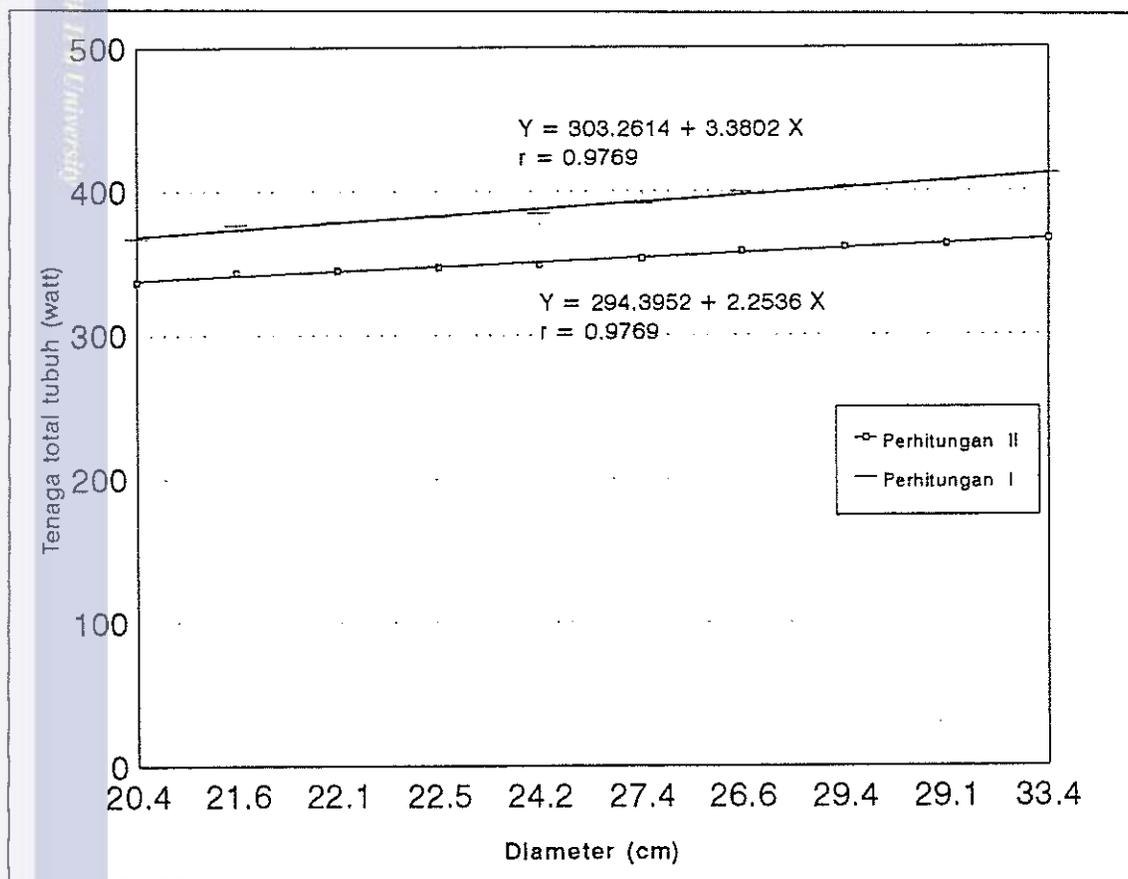
Kebutuhan tenaga total tubuh untuk pekerjaan pemotongan batang dapat diduga dari diameter pohon, hal ini disebabkan karena regresi linier kebutuhan tenaga untuk pekerjaan tersebut pada diameter pohon semuanya menunjukkan hasil yang sangat nyata (baik koefisien regresi, koefisien korelasi, maupun koefisien determinasinya). Rumus-rumus regresinya dapat dituliskan sebagai berikut :

1) Perhitungan I

$$Y = 303.2614 + 3.3802 X \dots(4-6)$$

2) Perhitungan II

$$Y = 294.3952 + 2.2536 X \dots(4-7)$$



Gambar 22. Regresi Kebutuhan tenaga total untuk memotong batang terhadap diameter pohon.

Semakin besar diameter batang pohon sengon, maka semakin besar juga tenaga total yang dibutuhkan dalam pekerjaan penebangan (penumbangan pohon, pembersihan cabang dan pemotongan batang). Hal ini

disebabkan karena semakin besar ukuran diameter suatu batang pohon, maka semakin banyak serat kayu penyusunnya. Serat-serat kayu ini sangat berpengaruh terhadap kekuatan kayu (daya kohesi antar serat), dengan demikian kayu akan bertambah kuat apabila serat-serat penyusunnya banyak.

Kayu mempunyai beberapa sifat mekanik untuk mengatasi beban yang datangnya dari luar. Adapun gaya yang digunakan untuk mengatasi beban yang datangnya dari luar tersebut menurut Waangard (1950), salah satunya adalah keteguhan belah yang artinya adalah gaya yang diberikan oleh kayu untuk mengatasi beban yang datangnya sejajar atau tegak lurus arah serat dengan satuan kg/cm^2 .

Penelitian menunjukkan, bahwa tenaga yang dibutuhkan dalam pekerjaan penebangan berdasarkan hasil perhitungan I dan perhitungan II berbeda. Apabila denyut jantung operator/ penebang menunjukkan angka dibawah 108 pulsa/menit, maka kebutuhan tenaga berdasarkan perhitungan I lebih kecil dibandingkan berdasarkan perhitungan II. Untuk denyut jantung operator di atas 108 pulsa/menit kebutuhan tenaga berdasarkan perhitungan I lebih besar dibandingkan dengan hasil perhitungan II.

Hal tersebut disebabkan karena pada perhitungan I dalam mengkonversi denyut jantung ke konsumsi



oksigen memperhitungkan luas permukaan tubuh operator sebagai variabelnya, sedangkan perhitungan II tidak memperhitungkan luas permukaan tubuh. Dalam penelitian ini operator mempunyai luas permukaan tubuh sebesar 1.485 m^2 . Sehingga untuk denyut jantung operator yang lebih besar atau lebih kecil dari 180 pulsa/menit, jika dianalisa dengan menggunakan perhitungan I dan perhitungan II akan memberikan hasil yang berbeda.

Semakin luas permukaan tubuh seseorang, semakin besar konsumsi oksigen orang tersebut. Maka semakin besar juga tenaga yang dibutuhkan untuk melakukan suatu pekerjaan. Sehingga untuk mengukur besarnya tenaga yang dibutuhkan seseorang dalam melakukan suatu pekerjaan dengan metode denyut jantung, sebaiknya digunakan rumus untuk mengkonversi denyut jantung ke konsumsi oksigen yang memperhitungkan luas permukaan tubuh. Tetapi rumus tersebut tidak berlaku untuk masalah tertentu, misalnya pada wanita yang sedang hamil. Wanita yang sedang hamil 8 bulan, mempunyai luas permukaan tubuh yang lebih besar dari wanita yang sedang hamil 1 bulan. Menurut rumus tersebut, tenaga yang dapat dikeluarkan oleh wanita yang sedang hamil 8 bulan, lebih besar dibandingkan dengan tenaga ketika usia kandungannya berumur 1 bulan.



2. Tingkat beban kerja

Berdasarkan Hubungan beban kerja dengan fenomena metabolisme tubuh orang Indonesia (Djumadias dan Sumawang, 1970), maka (perhitungan I) pekerjaan penumbangan pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm dan pekerjaan membersihkan cabang pohon berdiameter 20.4 - 24.2 cm merupakan kerja dengan beban sedang. Sedangkan pekerjaan membersihkan cabang pohon berdiameter 26.6 - 33.4 cm dan pekerjaan memotong batang pohon berdiameter 20.4 - 33.4 cm merupakan kerja dengan beban berat.

Berdasarkan perhitungan II, pekerjaan menumbangkan pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm dan pekerjaan membersihkan cabang pohon berdiameter 20.4 - 26.6 cm merupakan kerja dengan tingkat beban sedang. Sedangkan pekerjaan membersihkan cabang pohon berdiameter 27.4 - 33.4 cm dan pekerjaan memotong batang pohon berdiameter 20.4 - 33.4 cm merupakan kerja dengan tingkat beban berat.

Hasil selengkapnya dari tingkat beban kerja pada penebangan sengon dapat dilihat pada tabel 11.

3. Waktu Istirahat

(Suma'mur, 1967) Untuk pengeluaran tenaga tubuh sebesar 4.2 kkal/menit, tidak diperlukan waktu istirahat. Hasil perhitungan I dan perhitungan II

Tabel 11. Tingkat beban kerja pada penebangan sengon

| Diameter (cm) | Jenis Pekerjaan | | | | | | | | | | | |
|------------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|------------------------------|---------------|
| | Menumbangkan pohon | | | | Membersihkan Cabang | | | | Memotong Batang | | | |
| | Perhitungan I | | Perhitungan II | | Perhitungan I | | Perhitungan II | | Perhitungan I | | Perhitungan II | |
| | Konsumsi Energi (kkal/menit) | Tingkat Kerja |
| 20.4 | 2.897 | sedang | 3.260 | sedang | 3.930 | sedang | 3.948 | sedang | 5.286 | berat | 4.852 | berat |
| 21.6 | 2.966 | sedang | 3.305 | sedang | 4.018 | sedang | 4.007 | sedang | 5.424 | berat | 4.944 | berat |
| 22.1 | 3.025 | sedang | 3.345 | sedang | 4.028 | sedang | 4.013 | sedang | 5.454 | berat | 4.964 | berat |
| 22.5 | 3.045 | sedang | 3.358 | sedang | 4.146 | sedang | 4.092 | sedang | 5.503 | berat | 4.997 | berat |
| 24.2 | 3.094 | sedang | 3.391 | sedang | 4.569 | sedang | 4.374 | sedang | 5.542 | berat | 5.023 | berat |
| 26.6 | 3.517 | sedang | 3.673 | sedang | 4.824 | berat | 4.544 | sedang | 5.631 | berat | 5.082 | berat |
| 27.4 | 3.762 | sedang | 3.836 | sedang | 4.932 | berat | 4.616 | berat | 5.749 | berat | 5.160 | berat |
| 29.1 | 3.969 | sedang | 3.974 | sedang | 4.982 | berat | 4.650 | berat | 5.808 | berat | 5.200 | berat |
| 29.4 | 3.998 | sedang | 3.994 | sedang | 5.011 | berat | 4.669 | berat | 5.847 | berat | 5.226 | berat |
| 33.4 | 4.156 | sedang | 4.099 | sedang | 5.090 | berat | 4.721 | berat | 5.926 | berat | 5.278 | berat |

menunjukkan, bahwa pekerjaan menumbangkan pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm dan pekerjaan membersihkan cabang pohon berdiameter 20.4 - 22.5 cm belum memerlukan waktu istirahat. Sedangkan pekerjaan membersihkan cabang pohon berdiameter 24.2 - 33.4 cm dan pekerjaan memotong batang pohon berdiameter 20.4 - 33.4 cm memerlukan waktu istirahat .

Berdasarkan perhitungan I, Waktu yang diperlukan dalam penebangan pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm adalah 22.37 - 51.40 menit dengan waktu istirahat 3.34 - 13.08 menit, maka total waktu yang diperlukan untuk menebang pohon sengon adalah 25.72 - 64.48 menit setiap pohonnya. Dengan mempertimbangkan dalih ergonomi dimana satu hari kerja adalah 8 jam, maka dalam satu hari pohon sengon yang dapat ditebang adalah 7 - 18 pohon.

Hasil perhitungan II menunjukkan , waktu yang diperlukan dalam penebangan (menumbangkan, membersihkan cabang dan memotong batang) pohon sengon berdiameter 20.4 cm sampai 33.4 cm adalah 22.37 menit sampai 51.40 menit, dengan waktu istirahat berkisar dari 2.01 menit sampai 8.05 menit. Maka dengan dalih ergonomi, jumlah pohon sengon yang dapat ditebang dalam satu hari 8-19 pohon. Hasil selengkapnya dari kebutuhan waktu istirahat pada penebangan sengon dapat dilihat pada tabel 12.



Tabel 12. Kebutuhan waktu istirahat pada penebangan sengon

| Diameter (cm) | Menumbangkan pohon | | | | | | Membersihkan Cabang | | | | | | Memotong Batang | | | | | | | |
|------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|------------------------------|-------------------------|-------|------|
| | Perhitungan I | | | Perhitungan II | | | Perhitungan I | | | Perhitungan II | | | Perhitungan I | | | Perhitungan II | | | | |
| | Konsumsi Energi (kkal/menit) | Waktu Istirahat (menit) | | |
| | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20.4 | 2.897 | - | 3.260 | - | 3.930 | - | 3.948 | - | 5.286 | 3.35 | 4.852 | 2.01 | 5.286 | 3.35 | 4.852 | 2.01 | 5.286 | 3.35 | 4.852 | 2.01 |
| 21.6 | 2.966 | - | 3.305 | - | 4.018 | - | 4.007 | - | 5.424 | 4.01 | 4.944 | 2.44 | 5.424 | 4.01 | 4.944 | 2.44 | 5.424 | 4.01 | 4.944 | 2.44 |
| 22.1 | 3.025 | - | 3.345 | - | 4.028 | - | 4.013 | - | 5.454 | 4.14 | 4.964 | 2.52 | 5.454 | 4.14 | 4.964 | 2.52 | 5.454 | 4.14 | 4.964 | 2.52 |
| 22.5 | 3.045 | - | 3.358 | - | 4.146 | - | 4.092 | - | 5.503 | 4.43 | 4.997 | 2.71 | 5.503 | 4.43 | 4.997 | 2.71 | 5.503 | 4.43 | 4.997 | 2.71 |
| 24.2 | 3.094 | - | 3.391 | - | 4.569 | 0.74 | 4.374 | 0.35 | 5.542 | 4.86 | 5.023 | 2.98 | 5.542 | 4.86 | 5.023 | 2.98 | 5.542 | 4.86 | 5.023 | 2.98 |
| 26.6 | 3.517 | - | 3.673 | - | 4.824 | 1.61 | 4.544 | 0.89 | 5.631 | 5.46 | 5.082 | 3.36 | 5.631 | 5.46 | 5.082 | 3.36 | 5.631 | 5.46 | 5.082 | 3.36 |
| 27.4 | 3.762 | - | 3.836 | - | 4.932 | 2.06 | 4.616 | 1.17 | 5.749 | 6.11 | 5.160 | 3.79 | 5.749 | 6.11 | 5.160 | 3.79 | 5.749 | 6.11 | 5.160 | 3.79 |
| 29.1 | 3.969 | - | 3.974 | - | 4.982 | 2.43 | 4.650 | 1.39 | 5.808 | 7.34 | 5.200 | 4.57 | 5.808 | 7.34 | 5.200 | 4.57 | 5.808 | 7.34 | 5.200 | 4.57 |
| 29.4 | 3.998 | - | 3.994 | - | 5.011 | 2.58 | 4.669 | 1.49 | 5.847 | 7.97 | 5.226 | 4.97 | 5.847 | 7.97 | 5.226 | 4.97 | 5.847 | 7.97 | 5.226 | 4.97 |
| 33.4 | 4.156 | - | 4.099 | - | 5.090 | 3.20 | 4.721 | 1.88 | 5.926 | 9.87 | 5.278 | 6.17 | 5.926 | 9.87 | 5.278 | 6.17 | 5.926 | 9.87 | 5.278 | 6.17 |

4. Produktivitas

Produktivitas kerja adalah gambaran perbandingan antara keluaran dan masukan (Sastrowinoto, 1985):

$$\text{Produktivitas} = \frac{\text{Keluaran}}{\text{Masukan}} \dots\dots\dots(4 - 8)$$

Jadi produktivitas meningkat apabila : Volume keluaran semakin besar, tanpa menambah jumlah masukan; Volume keluaran tidak berubah, akan tetapi masukan berkurang; Volume keluaran bertambah besar sedangkan masukannya berkurang; Volume masukannya bertambah, asalkan volume keluaran bertambah berlipat ganda.

Keluaran yang dimaksudkan dalam penelitian ini adalah volume kayu hasil penebangan, sedangkan masukannya berupa konsumsi energi untuk melakukan pekerjaan tersebut.

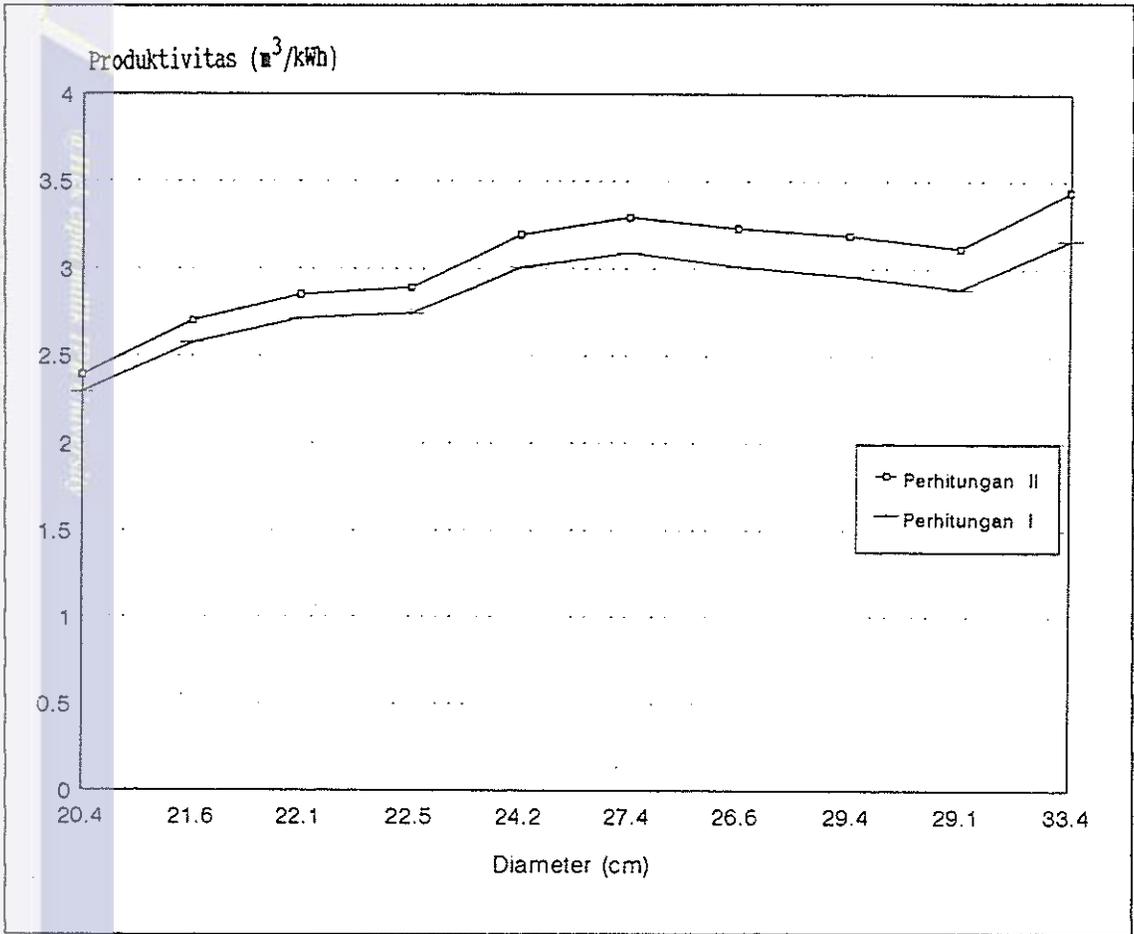
Hasil perhitungan I menunjukkan, energi total yang dibutuhkan untuk menebang pohon berkisar dari 0.1174 kWh sampai 0.3128 kWh. (Perum Perhutani, 1992) Volume pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm adalah 0.2692 - 0.9890 m³, Maka produktivitas dari pekerjaan penebangan ini adalah sebesar 2.2935 - 3.1620 m³/kWh. Sedangkan perhitungan II menunjukkan, produktivitas kerja dari pekerjaan ini adalah berkisar dari 2.3901 sampai 3.4397 m³/kWh.

Tabel 13. Produktivitas kerja penebangan

| DIAMETER (M) | VOLUME* (M ³) | PERHITUNGAN I | | PERHITUNGAN II | |
|-----------------|------------------------------|------------------------------|---|------------------------------|---|
| | | KEBUTUHAN ENERGI (kWh) | PRODUK- TIVITAS (M ³ /kWh) | KEBUTUHAN ENERGI (kWh) | PRODUK- TIVITAS (M ³ /kWh) |
| 20,4 | 0,2692 | 0.1174 | 2.2935 | 0.1126 | 2.3901 |
| 21,6 | 0,3357 | 0.1304 | 2.5744 | 0.1243 | 2.7005 |
| 22,1 | 0,3633 | 0.1339 | 2.7139 | 0.1275 | 2.8502 |
| 22,5 | 0,3855 | 0.1405 | 2.7435 | 0.1333 | 2.8918 |
| 24,2 | 0,4796 | 0.1595 | 3.0073 | 0.1501 | 3.1952 |
| 26,6 | 0,6125 | 0.1982 | 3.0909 | 0.1860 | 3.2938 |
| 27,4 | 0,6568 | 0.2180 | 3.0126 | 0.2032 | 3.2320 |
| 29,1 | 0,7509 | 0.2538 | 2.9581 | 0.2354 | 3.1900 |
| 29,4 | 0,7675 | 0.2662 | 2.8831 | 0.2463 | 3.1167 |
| 33,4 | 0,9890 | 0.3128 | 3.1620 | 0.2875 | 3.4397 |

*) Sumber : Perum Perhutani (1992)

Pada gambar 23 terlihat adanya penurunan produktivitas kerja (perhitungan I dan II) pada pohon berdiameter 27.4 - 29.4 cm, hal ini disebabkan karena kenaikan masukan (energi total tubuh) lebih besar dibandingkan dengan kenaikan keluaran (volume pohon). Disamping itu terlihat juga, bahwa produktivitas kerja penebangan hasil perhitungan II lebih besar dibandingkan dengan hasil perhitungan I. Hal tersebut terjadi karena, untuk menghasilkan setiap m³ kayu dari pohon yang sama, menurut perhitungan I diperlukan energi yang lebih besar dari perhitungan II.



Gambar 23. Produktivitas kerja penebangan.

KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

1. Kebutuhan rata-rata energi total tubuh dalam penebangan pohon sengon berdiameter 20.4 - 33.4 cm sebesar 0.1931 kWh (perhitungan I) dan 0.1806 kWh (perhitungan II).
2. a. Kebutuhan rata-rata tenaga total tubuh (perhitungan I) : menumbangkan pohon sebesar 239.07 watt, membersihkan cabang pohon sebesar 316.16 watt dan memotong batang sebesar 390.03 watt.
b. Kebutuhan rata-rata tenaga total tubuh (perhitungan II) : menumbangkan pohon sebesar 255.60 watt, membersihkan cabang pohon sebesar 303.00 watt dan memotong batang sebesar 352.27 watt.
3. Tahapan-tahapan kerja dari kegiatan penebangan, merupakan kerja dengan tingkat beban sedang sampai berat berdasarkan perhitungan I maupun perhitungan II.
4. Waktu yang dibutuhkan untuk menebang setiap pohonnya berkisar dari 25.72 - 64.48 menit (termasuk waktu kerja dan waktu istirahat), maka jumlah pohon yang dapat ditebang dalam satu harinya 7 - 18 pohon (perhitungan I). Berdasarkan perhitungan II, jumlah pohon yang dapat ditebang setiap harinya 8 - 19 pohon.

1. Meningkatkan kualitas sumber daya manusia yang memiliki kemampuan dan keterampilan untuk:
a. Menghasilkan tenaga kerja yang berkualitas, produktif, inovatif, kreatif, etis, profesional, disiplin, jujur, dan berprestasi.
b. Menghasilkan tenaga kerja yang memiliki kemampuan kejuruan yang sesuai dengan kebutuhan dunia kerja.
2. Meningkatkan kompetensi dan keterampilan tenaga kerja yang memiliki kemampuan untuk:
a. Menghasilkan tenaga kerja yang berkualitas, produktif, inovatif, kreatif, etis, profesional, disiplin, jujur, dan berprestasi.
b. Menghasilkan tenaga kerja yang memiliki kemampuan kejuruan yang sesuai dengan kebutuhan dunia kerja.

5. Rata-rata Produktivitas kerja dari penebangan pohon sengon sebesar $2.8439 \text{ m}^3/\text{kWh}$ (perhitungan I) dan $3.0300 \text{ m}^3/\text{kWh}$ (perhitungan II).

B. SARAN

1. Untuk mengetahui besarnya kebutuhan tenaga manusia dengan metode denyut jantung, sebaiknya menggunakan faktor koreksi luas permukaan tubuh yang diperitungkan dari tinggi dan berat badan [rumus (4 - 1)].
2. Agar didapatkan persamaan regresi hubungan denyut jantung dengan konsumsi oksigen yang lebih teliti, maka perlu diadakan penelitian serupa dengan jumlah sampel dan perlakuan yang lebih banyak.
3. Sebelum melakukan pekerjaan penebangan hendaknya diperhatikan arah rebah pohon, sehingga dapat memudahkan pekerjaan selanjutnya. Disamping itu perlu diperhatikan juga keselamatan bagi penebangnya itu sendiri, maupun bagi orang-orang yang berada di sekitar pohon yang akan ditebang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akmadi, 1981. Mempelajari Pengaruh Kecepatan Putar Pedal dan Pembebanan Fisik Terhadap Pengerahan Tenaga Manusia pada Dua Kelompok Kerja. Skripsi. FATETA. IPB. Bogor.
- Astrand, P. O. and K. Rodahl. 1971. Textbook of Work Physiology. McGraw-Hill Kogakisha, Ltd. Tokyo.
- Atmosuseno, B. S. 1994. Budi Daya, Kegunaan, dan Prospek Sengon. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Djumadias, A. N. and Sumawang. 1970. The Recommended Dictary Allowances for Use in Indonesia. Gizi Indonesia, II No. 1 - 2.
- Durnin, J. V. G. A. and Passmore. 1967. Energy, Work and Leisure. Heinemann Educational Book Ltd. London.
- Kasmudjo, 1992. Sifat Kayu Sengon Umur 5 - 7 Tahun, Duta Rimba, Mei-Juni. Jakarta.
- Krendel, E. S. 1958. Man and Animal Generated Power. Standard Hand Book for Mechanical Engineers. McGraw-Hill Book Co. New York.
- McCormick, E. J. and M. S. Sanders. 1970. Human Factor in Engineering. 3rd ed. McGraw-Hill Book Co, New York, N.Y., USA.
- Morgan, K. 1983. Studi Transformasi Tenaga Manusia ke Tenaga Mekanis Melalui Sistem Transmisi Sepeda. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor
- Morgan, K. 1989. Penerapan Asas Ergonomi Pada Desain Alsin Untuk Efisiensi, Kenyamanan dan Keselamatan Kerja. Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.
- Perum Perhutani. 1992. Pedoman Penjarangan Hutan. Jakarta.



- Purcell, W. F. H. 1980. The Human Factor in Farm and Industrial Equipment Design. ASAE. St. Joseph.
- Sam Herodian, Morgan K. dan Syuaib, M. F. 1990. Ergonomika. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi. IPB. Bogor.
- Sastrowinoto, S. 1985. Meningkatkan Produktivitas dengan Ergonomi. P. T. Pustaka Binaman Pressindo. Jakarta.
- Singleton, W. T. 1972. Introduction to Ergonomic. WHO, Geneva.
- Soenarso, R. dkk. 1972. Penuntun Penebangan Dengan Gergaji Tangan dan Kampak, Publikasi Khusus no. 7 Lembaga Penelitian Hasil Hutan Bogor. Indonesia.
- Steel, R. G. D. and J. H. Torrie. 1981. Principles and Procedures of Statistics : A Biometrical Approach. Second Edition. McGraw-Hill International Book Co. Singapore.
- Tarwotjo, I. dkk. 1976. Penggunaan Energi Karyawan di Pelbagai Bidang Pekerjaan. PUSLITBANG GIZI. Bogor.
- Suma'mur, P.K, 1967. Hygiene Perusahaan dan Keselamatan Kerja. Gunung Agung. Jakarta.
- Suma'mur, P.K, 1989. Ergonomi untuk Produktifitas Kerja. Gunung Agung. Jakarta.
- Waangard, F. F. 1950. The Mechanical Properties of Wood. John Wiley and Sons, Inc. New York.
- Wasono, A. B, 1982. Mempelajari Kebutuhan Tenaga dalam Penggunaan Gergaji Mesin dan Gergaji Biasa pada Berbagai Diameter Kayu Karet (Hevea Brasiliensis) di Tempat Terik dan Ternaung. Skripsi. Jurusan Mekanisasi Pertanian , Fakultas Teknologi Pertanian. IPB. Bogor.



L A M P I R A N

Lampiran 1. Data operator dalam penelitian pendahuluan.

| Nama operator | Konsumsi O ₂ Rata-rata (liter/mnt) | Denyut jantung Rata-rata (pulsa/mnt) | Luas permukaan tubuh Rata-rata (m ²) |
|---------------|---|--|--|
| Agus | 1.55 | 142 | 1.478 |
| Rahmat | 1.58 | 143 | 1.562 |
| Hari | 1.60 | 145 | 1.642 |
| Oki | 1.67 | 148 | 1.673 |
| Iwan | 1.71 | 149 | 1.750 |

Keterangan : Data berasal dari 3 ulangan

Lampiran 2. Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh terhadap diameter pohon pada pekerjaan menumbangkan pohon (perhitungan I).

-----REGRESSION ANALYSIS-----

HEADER DATA FOR: A: COBA1 LABEL:
NUMBER OF CASES: 10 NUMBER OF VARIABLES: 2

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV |
|-------------|----------|----------|---------|
| 1 | DIAMETER | 25.6700 | 4.1976 |
| DEP. VAR. : | TENAGA | 239.0680 | 34.1886 |

DEPENDENT VARIABLE: TENAGA TOTAL TUBUH

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD. ERROR | T(DF= 8) | PROB. |
|----------|------------------------|------------|----------|--------|
| DIAMETER | 7.9230 | .6673 | 11.872 | .00000 |
| CONSTANT | 35.6846 | | | |

STD. ERROR OF EST. = 8.4038

r SQUARED = .9436
r = .9728

ANLYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|
| REGRESSION | 9954.7546 | 1 | 9954.7546 | 140.956 | 2.326E-06 |
| RESIDUAL | 564.9864 | 8 | 70.6233 | | |
| TOTAL | 10519.7410 | 9 | | | |



Lampiran 3. Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh terhadap diameter pohon pada pekerjaan membersihkan cabang (perhitungan I).

-----REGRESSION ANALYSIS-----

HEADER DATA FOR: A: COBA2 LABEL:
NUMBER OF CASES: 10 NUMBER OF VARIABLES: 2

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV |
|-------------|----------|----------|---------|
| 1 | DIAMETER | 25.6700 | 4.1976 |
| DEP. VAR. : | TENAGA | 316.1580 | 32.8639 |

DEPENDENT VARIABLE: TENAGA TOTAL TUBUH

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD. ERROR | T(DF= 8) | PROB. |
|----------|------------------------|------------|----------|--------|
| DIAMETER | 7.3749 | .9292 | 7.937 | .00005 |
| CONSTANT | 126.8446 | | | |

STD. ERROR OF EST. = 11.7007

r SQUARED = .8873
 r = .9420

ANLYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|
| REGRESSION | 8625.0619 | 1 | 8625.0619 | 63.000 | 4.621E-05 |
| RESIDUAL | 1095.2498 | 8 | 136.9062 | | |
| TOTAL | 9720.3118 | 9 | | | |

Lampiran 4. Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh terhadap diameter pohon pada pekerjaan memotong batang (perhitungan I).

-----REGRESSION ANALYSIS-----

HEADER DATA FOR: A: COBA3 LABEL:
NUMBER OF CASES: 10 NUMBER OF VARIABLES: 2

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV |
|-------------|----------|----------|---------|
| 1 | DIAMETER | 25.6700 | 4.1976 |
| DEP. VAR. : | TENAGA | 390.0320 | 14.5241 |

DEPENDENT VARIABLE: . TENAGA TOTAL TUBUH

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD. ERROR | T(DF= 8) | PROB. |
|----------|------------------------|------------|----------|--------|
| DIAMETER | 3.3802 | .2613 | 12.938 | .00000 |
| CONSTANT | 303.2614 | | | |

STD. ERROR OF EST. = 3.2901

r SQUARED = .9544
r = .9769

ANLYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|
| REGRESSION | 1811.9417 | 1 | 8411.9417 | 167.388 | 1.206E-06 |
| RESIDUAL | 86.5983 | 8 | 10.8248 | | |
| TOTAL | 1898.5400 | 9 | | | |

Lampiran 5. Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh terhadap diameter pohon pada pekerjaan menumbangkan pohon (perhitungan II).

-----REGRESSION ANALYSIS-----

HEADER DATA FOR: A: COBA4 LABEL:
NUMBER OF CASES: 10 NUMBER OF VARIABLES: 2

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV |
|-------------|----------|----------|---------|
| 1 | DIAMETER | 25.6700 | 4.1976 |
| DEP. VAR. : | TENAGA | 251.6060 | 22.7913 |

DEPENDENT VARIABLE: TENAGA TOTAL TUBUH

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD. ERROR | T(DF= 8) | PROB. |
|----------|------------------------|------------|----------|--------|
| DIAMETER | 5.2818 | .4448 | 11.875 | .00000 |
| CONSTANT | 116.0219 | | | |

STD. ERROR OF EST. = 5.6011

r SQUARED = .9463
 r = .9728

ANLYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|
| REGRESSION | 4424.0171 | 1 | 4424.0171 | 141.014 | 2.322E-06 |
| RESIDUAL | 250.9826 | 8 | 31.3728 | | |
| TOTAL | 4674.9996 | 9 | | | |

Lampiran 6. Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh terhadap diameter pohon pada pekerjaan membersihkan cabang (perhitungan II).

-----REGRESSION ANALYSIS-----

HEADER DATA FOR: A: COBA5 LABEL:
NUMBER OF CASES: 10 NUMBER OF VARIABLES: 2

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV |
|-------------|----------|----------|---------|
| 1 | DIAMETER | 25.6700 | 4.1976 |
| DEP. VAR. : | TENAGA | 302.9950 | 21.9099 |

DEPENDENT VARIABLE: TENAGA TOTAL TUBUH

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD. ERROR | T(DF= 8) | PROB. |
|----------|------------------------|------------|----------|--------|
| DIAMETER | 4.9168 | .6194 | 7.937 | .00005 |
| CONSTANT | 176.7820 | | | |

STD. ERROR OF EST. = 7.8005

r SQUARED = .8837
 r = .9420

ANLYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|
| REGRESSION | 3833.6090 | 1 | 3833.6090 | 63.004 | 4.620E-05 |
| RESIDUAL | 486.7797 | 8 | 60.8475 | | |
| TOTAL | 4320.3886 | 9 | | | |

Lampiran 7. Hasil analisa regresi kebutuhan tenaga total tubuh terhadap diameter pohon pada pekerjaan memotong batang (perhitungan II).

-----REGRESSION ANALYSIS-----

HEADER DATA FOR: A: COBA6 LABEL:
NUMBER OF CASES: 10 NUMBER OF VARIABLES: 2

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV |
|-------------|----------|----------|---------|
| 1 | DIAMETER | 25.6700 | 4.1976 |
| DEP. VAR. : | TENAGA | 352.2460 | 9.6834 |

DEPENDENT VARIABLE: TENAGA TOTAL TUBUH

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD. ERROR | T(DF= 8) | PROB. |
|----------|------------------------|------------|----------|--------|
| DIAMETER | 2.2536 | .1742 | 12.936 | .00000 |
| CONSTANT | 294.3952 | | | |

STD. ERROR OF EST. = 2.1939

r SQUARED = .9544

r = .9769

ANLYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-----------|
| REGRESSION | 805.4129 | 1 | 805.4129 | 167.333 | 1.207E-06 |
| RESIDUAL | 38.5060 | 8 | 4.8132 | | |
| TOTAL | 843.9188 | 9 | | | |

Lampiran 8. Hasil analisa regresi dari data penelitian pendahuluan.

-----REGRESSION ANALISYS-----

HEADER DATA FOR: D: DATA LABEL:
 NUMBER OF CASES: 5 NUMBER OF VARIABLES: 3

| INDEX | NAME | MEAN | STD.DEV. |
|-------------|----------------|----------|----------|
| 1 | DENYUT JANTUNG | 145.4000 | 3.0496 |
| 2 | LUAS TUBUH | 1.6210 | .1045 |
| DEP. VAR. : | OKSIGEN | 1.6220 | .0661 |

DEPENDENT VARIABLE : OKSIGEN

| VAR. | REGRESSION COEFFICIENT | STD.ERROR | T(DF= 2) | PROB. | PARTIAL r ² |
|----------------|------------------------|-----------|----------|--------|------------------------|
| DENYUT JANTUNG | .0207 | .0083 | 2.488 | .13062 | .7558 |
| LUAS TUBUH | .0202 | .2431 | .083 | .94147 | .0034 |
| CONSTANT | -1.4259 | | | | |

STD. ERROR OF EST. = .0149

ADJUSTED R SQUARED = .9470

R SQUARED = .9745

MULTIPLE R = .9872

ANALYSIS OF VARIANCE TABLE

| SOURCE | SUM OF SQUARES | D.F. | MEAN SQUARE | F RATIO | PROB. |
|------------|----------------|------|-------------|---------|-------|
| REGRESSION | .0170 | 2 | .0085 | 38.212 | .0255 |
| RESIDUAL | 4.45779E-04 | 2 | 2.22890E-04 | | |
| TOTAL | .0175 | 4 | | | |

Lampiran 9. Tabel luas permukaan tubuh

$A(m^2) = W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.83$

| H (cm) | W (kg) | 41 | 42 | 43 | 44 | 45 | 46 | 47 | 48 | 49 | 50 | 51 | 52 | 53 | 54 | |
|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 145 | 1 219 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 146 | 1 244 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 147 | 1 269 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 148 | 1 285 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 149 | 1 297 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | 1 308 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 151 | 1 317 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 152 | 1 325 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 153 | 1 332 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 154 | 1 339 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 155 | 1 345 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 156 | 1 351 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 157 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 158 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 159 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 161 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 162 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 163 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 164 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 165 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 166 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 167 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 168 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 169 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 170 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 171 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 172 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 173 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 174 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 175 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 176 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 177 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 178 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 179 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 180 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 145 | 1 427 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 146 | 1 434 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 147 | 1 441 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 148 | 1 448 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 149 | 1 451 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | 1 458 | 1 471 | | | | | | | | | | | | | | |
| 151 | 1 465 | 1 477 | 1 488 | | | | | | | | | | | | | |
| 152 | 1 472 | 1 484 | 1 496 | 1 494 | | | | | | | | | | | | |
| 153 | 1 478 | 1 491 | 1 502 | 1 511 | 1 517 | | | | | | | | | | | |
| 154 | 1 485 | 1 497 | 1 508 | 1 517 | 1 524 | 1 529 | | | | | | | | | | |
| 155 | 1 491 | 1 503 | 1 515 | 1 527 | 1 538 | 1 548 | 1 554 | | | | | | | | | |
| 156 | 1 498 | 1 509 | 1 521 | 1 533 | 1 545 | 1 558 | 1 567 | 1 574 | | | | | | | | |
| 157 | 1 504 | 1 515 | 1 527 | 1 540 | 1 553 | 1 567 | 1 577 | 1 584 | 1 594 | | | | | | | |
| 158 | 1 510 | 1 521 | 1 533 | 1 546 | 1 559 | 1 573 | 1 583 | 1 591 | 1 599 | 1 609 | | | | | | |
| 159 | 1 516 | 1 527 | 1 540 | 1 553 | 1 566 | 1 580 | 1 590 | 1 598 | 1 606 | 1 615 | 1 626 | | | | | |
| 160 | 1 521 | 1 533 | 1 546 | 1 559 | 1 571 | 1 585 | 1 595 | 1 603 | 1 611 | 1 620 | 1 629 | 1 640 | | | | |
| 161 | 1 528 | 1 540 | 1 553 | 1 566 | 1 578 | 1 591 | 1 601 | 1 610 | 1 618 | 1 627 | 1 636 | 1 645 | 1 656 | | | |
| 162 | 1 534 | 1 546 | 1 559 | 1 572 | 1 584 | 1 597 | 1 607 | 1 616 | 1 624 | 1 633 | 1 642 | 1 651 | 1 660 | 1 671 | | |
| 163 | 1 542 | 1 554 | 1 567 | 1 579 | 1 591 | 1 603 | 1 613 | 1 622 | 1 630 | 1 639 | 1 648 | 1 657 | 1 666 | 1 675 | 1 685 | |
| 164 | 1 548 | 1 560 | 1 573 | 1 585 | 1 597 | 1 609 | 1 618 | 1 627 | 1 635 | 1 644 | 1 653 | 1 662 | 1 671 | 1 680 | 1 689 | 1 698 |
| 165 | 1 555 | 1 567 | 1 579 | 1 591 | 1 603 | 1 615 | 1 624 | 1 633 | 1 641 | 1 650 | 1 659 | 1 668 | 1 677 | 1 686 | 1 694 | 1 705 |
| 166 | 1 562 | 1 573 | 1 585 | 1 597 | 1 609 | 1 621 | 1 630 | 1 639 | 1 647 | 1 656 | 1 665 | 1 674 | 1 683 | 1 691 | 1 701 | 1 712 |
| 167 | 1 567 | 1 579 | 1 591 | 1 603 | 1 615 | 1 627 | 1 636 | 1 645 | 1 653 | 1 662 | 1 671 | 1 680 | 1 689 | 1 697 | 1 707 | 1 718 |
| 168 | 1 573 | 1 585 | 1 597 | 1 609 | 1 621 | 1 633 | 1 642 | 1 651 | 1 659 | 1 668 | 1 677 | 1 686 | 1 694 | 1 704 | 1 714 | 1 725 |
| 169 | 1 578 | 1 591 | 1 603 | 1 615 | 1 627 | 1 639 | 1 648 | 1 657 | 1 665 | 1 674 | 1 683 | 1 692 | 1 701 | 1 710 | 1 719 | 1 729 |
| 170 | 1 583 | 1 604 | 1 615 | 1 627 | 1 639 | 1 651 | 1 660 | 1 669 | 1 677 | 1 686 | 1 695 | 1 704 | 1 713 | 1 721 | 1 731 | 1 741 |
| 171 | 1 588 | 1 609 | 1 621 | 1 633 | 1 645 | 1 657 | 1 666 | 1 675 | 1 683 | 1 692 | 1 701 | 1 710 | 1 719 | 1 727 | 1 736 | 1 745 |
| 172 | 1 594 | 1 615 | 1 627 | 1 639 | 1 651 | 1 663 | 1 672 | 1 681 | 1 689 | 1 698 | 1 707 | 1 716 | 1 724 | 1 733 | 1 741 | 1 750 |
| 173 | 1 604 | 1 617 | 1 629 | 1 641 | 1 653 | 1 665 | 1 674 | 1 683 | 1 691 | 1 700 | 1 709 | 1 717 | 1 726 | 1 734 | 1 743 | 1 751 |
| 174 | 1 610 | 1 623 | 1 635 | 1 647 | 1 659 | 1 671 | 1 680 | 1 689 | 1 697 | 1 706 | 1 714 | 1 723 | 1 731 | 1 740 | 1 748 | 1 756 |
| 175 | 1 616 | 1 629 | 1 641 | 1 653 | 1 665 | 1 677 | 1 686 | 1 695 | 1 703 | 1 712 | 1 720 | 1 729 | 1 737 | 1 745 | 1 754 | 1 762 |
| 176 | 1 622 | 1 635 | 1 647 | 1 659 | 1 671 | 1 683 | 1 692 | 1 701 | 1 709 | 1 717 | 1 726 | 1 734 | 1 743 | 1 751 | 1 759 | 1 767 |
| 177 | 1 628 | 1 641 | 1 653 | 1 665 | 1 677 | 1 689 | 1 698 | 1 707 | 1 715 | 1 723 | 1 732 | 1 740 | 1 749 | 1 757 | 1 765 | 1 773 |
| 178 | 1 634 | 1 647 | 1 659 | 1 671 | 1 683 | 1 695 | 1 704 | 1 713 | 1 721 | 1 729 | 1 737 | 1 746 | 1 754 | 1 762 | 1 770 | 1 778 |
| 179 | 1 641 | 1 654 | 1 666 | 1 678 | 1 690 | 1 702 | 1 711 | 1 719 | 1 727 | 1 735 | 1 743 | 1 752 | 1 760 | 1 768 | 1 776 | 1 784 |
| 180 | 1 647 | 1 660 | 1 672 | 1 684 | 1 696 | 1 708 | 1 717 | 1 725 | 1 733 | 1 741 | 1 749 | 1 757 | 1 765 | 1 773 | 1 781 | 1 789 |



1. Online repository website akan dibuat hanya untuk keperluan akademik dan penelitian saja.
 2. Tidak diperkenankan untuk melakukan penyalinan, distribusi, penjualan, atau tindakan lainnya yang melanggar hak cipta.
 3. Seluruh isi dari website ini merupakan kekayaan intelektual PB University.

Lampiran 10. Tabel luas permukaan tubuh (lanjutan)

| W (kg) H (cm) | 70 | 71 | 72 | 73 | 74 | 75 | 76 | 77 | 78 | 79 | 80 | 81 | 82 | 83 |
|------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 145 | | | | | | | | | | | | | | |
| 146 | | | | | | | | | | | | | | |
| 147 | | | | | | | | | | | | | | |
| 148 | | | | | | | | | | | | | | |
| 149 | | | | | | | | | | | | | | |
| 150 | | | | | | | | | | | | | | |
| 151 | | | | | | | | | | | | | | |
| 152 | | | | | | | | | | | | | | |
| 153 | | | | | | | | | | | | | | |
| 154 | 1 652 | | | | | | | | | | | | | |
| 155 | 1 659 | | | | | | | | | | | | | |
| 156 | 1 666 | | | | | | | | | | | | | |
| 157 | 1 674 | | | | | | | | | | | | | |
| 158 | 1 681 | | | | | | | | | | | | | |
| 159 | 1 688 | | | | | | | | | | | | | |
| 160 | 1 695 | 1 706 | 1 716 | 1 726 | 1 737 | 1 747 | 1 758 | | | | | | | |
| 161 | 1 702 | 1 712 | 1 723 | 1 733 | 1 744 | 1 755 | 1 766 | | | | | | | |
| 162 | 1 709 | 1 720 | 1 730 | 1 741 | 1 751 | 1 762 | 1 773 | | | | | | | |
| 163 | 1 716 | 1 727 | 1 737 | 1 747 | 1 758 | 1 769 | 1 780 | | | | | | | |
| 164 | 1 723 | 1 734 | 1 744 | 1 755 | 1 766 | 1 777 | 1 787 | | | | | | | |
| 165 | 1 730 | 1 741 | 1 751 | 1 762 | 1 773 | 1 784 | 1 794 | | | | | | | |
| 166 | 1 737 | 1 748 | 1 758 | 1 769 | 1 780 | 1 791 | 1 801 | 1 812 | 1 822 | 1 837 | 1 855 | 1 866 | 1 875 | 1 883 |
| 167 | 1 744 | 1 755 | 1 766 | 1 777 | 1 787 | 1 798 | 1 809 | 1 819 | 1 830 | 1 842 | 1 851 | 1 861 | 1 871 | 1 882 |
| 168 | 1 751 | 1 762 | 1 773 | 1 783 | 1 794 | 1 805 | 1 816 | 1 826 | 1 837 | 1 848 | 1 858 | 1 869 | 1 881 | 1 889 |
| 169 | 1 758 | 1 767 | 1 778 | 1 789 | 1 799 | 1 811 | 1 822 | 1 832 | 1 841 | 1 854 | 1 864 | 1 876 | 1 887 | 1 896 |
| 170 | 1 765 | 1 772 | 1 783 | 1 794 | 1 804 | 1 816 | 1 827 | 1 838 | 1 848 | 1 859 | 1 869 | 1 881 | 1 893 | 1 902 |
| 171 | 1 769 | 1 781 | 1 792 | 1 802 | 1 813 | 1 824 | 1 835 | 1 846 | 1 857 | 1 868 | 1 878 | 1 890 | 1 902 | 1 911 |
| 172 | 1 778 | 1 789 | 1 800 | 1 811 | 1 822 | 1 833 | 1 844 | 1 855 | 1 866 | 1 877 | 1 887 | 1 899 | 1 911 | 1 919 |
| 173 | 1 785 | 1 796 | 1 807 | 1 818 | 1 829 | 1 841 | 1 852 | 1 861 | 1 873 | 1 884 | 1 895 | 1 907 | 1 919 | 1 927 |
| 174 | 1 792 | 1 803 | 1 814 | 1 826 | 1 837 | 1 848 | 1 859 | 1 870 | 1 880 | 1 891 | 1 902 | 1 914 | 1 926 | 1 935 |
| 175 | 1 799 | 1 810 | 1 821 | 1 833 | 1 844 | 1 855 | 1 866 | 1 877 | 1 888 | 1 899 | 1 909 | 1 921 | 1 933 | 1 942 |
| 176 | 1 806 | 1 817 | 1 828 | 1 840 | 1 851 | 1 862 | 1 873 | 1 884 | 1 895 | 1 906 | 1 916 | 1 928 | 1 940 | 1 949 |
| 177 | 1 813 | 1 824 | 1 835 | 1 847 | 1 858 | 1 869 | 1 880 | 1 891 | 1 902 | 1 913 | 1 923 | 1 935 | 1 948 | 1 957 |
| 178 | 1 819 | 1 831 | 1 842 | 1 853 | 1 864 | 1 876 | 1 887 | 1 898 | 1 909 | 1 920 | 1 930 | 1 942 | 1 955 | 1 964 |
| 179 | 1 826 | 1 838 | 1 849 | 1 860 | 1 871 | 1 883 | 1 894 | 1 905 | 1 916 | 1 927 | 1 937 | 1 950 | 1 963 | 1 971 |
| 180 | 1 833 | 1 845 | 1 856 | 1 867 | 1 878 | 1 890 | 1 901 | 1 912 | 1 923 | 1 934 | 1 944 | 1 957 | 1 970 | 1 979 |

Fakultas Kesehatan Masyarakat
 IPB University



Nama: ...
 No. ...
 ...