

F / MP / 1992 / 027

MEMPELAJARI ANTROPOMETRI, KESTABILAN, DAN KEBUTUHAN TENAGA MANUSIA PADA PENGOPERASIAN BECAK SEBAGAI ALAT TRANSPORTASI KOMODITI PERTANIAN

Oleh
RADEN RORO DYAH RATNA NURUL
F 24. 0806



1 9 9 2
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
B O G O R

RR. Dyah Ratna Nurul. F 24.0806. Human Engineering Study On Becak As Agricultural Transporter. With the advisors Ir. Kusen Morgan, MS and Prof. DR. Isao Nishimura.

ABSTRACT

Becak is a form of traditional vehicle for transporting people and materials. The vehicle is very popular in Indonesia and still very widely used to make a living. The function of becak here, is focused on its capacity as material transporting, especially agriculture commodity, which involves the interaction between becak and its driver. This is considered an important factor, regarding the number of becak manufacturer which do not consider the ergonomic factor during production.

The objectives of this research is to determine the size and dimension of becak's elements which interest directly with the driver, in means of relation with average Indonesian antropometric, determining becak's stability, and also determining human power needed to operate it.

Based on antropometric and biomechanic analysis, it is considered as a need to modify the construction and placement of main the controlling unit in order to sustains the usage of becak as agriculture transportation vehicle.



The modifications include : brake should be activated by hand on the handle bar or by foot near or on the pedal, the optimum distance of seat to handle bar is 54.1 cm, and addition of back rest to the seat.

Becak's twinning angle of 110.85° and inclination of 13.10° are considered to be too large. This condition may endanger the stability of during operation, thus should be reduced to maintain the safety of its driver.

Becak driving is classified as *kerja sangat berat* based on calculation using Relative Metabolic Rate method, that is 5.26496. On the other hand, using another method, Energi Expenditur (KCal/min), the work load can be classified as *sedang*, and rest time needed is 3.42096 minutes.



RR. Dyah Ratna Nurul. F 24.0806. Mempelajari Antropometri, Kestabilan, dan Kebutuhan Tenaga Pada Pengoperasian Becak Sebagai Alat Transportasi Komoditi Pertanian. Di bawah bimbingan Ir. Kusen Morgan, MS. dan Prof. DR. ISAO Nishimura.

RINGKASAN

Becak merupakan alat transportasi tradisional untuk pengangkutan manusia maupun barang. Kendaraan ini masih digunakan oleh sebagian masyarakat Indonesia sebagai lapangan pencari nafkah. Fungsi becak selain sebagai alat angkut penumpang juga digunakan sebagai alat transportasi barang terutama komoditi pertanian. Pengoperasian becak tersebut menyangkut kesesuaian antara becak dengan pengemudinya, oleh karena becak dibuat oleh berbagai perusahaan becak maka faktor ergonomi dalam pembuatannya tidak seragam.

Tujuan dari penelitian ini adalah menentukan ukuran dan dimensi bagian-bagian becak yang bersesuaian dengan pengemudi dan dihubungkan dengan kesesuaian untuk ukuran antropometri orang Indonesia, serta mempelajari tingkat kestabilan becak dan menentukan kebutuhan tenaga manusia dalam pengoperasiannya.

Berdasarkan hasil analisa secara antropometri dan biomekanik perlu diperlukan perbaikan konstruksi dan tata letak peralatan kendali. Beberapa perbaikan yang perlu dilakukan terutama adalah : sistem pengereman dapat



dilakukan dengan tangan yang diletakkan pada batang kemudi atau dengan kaki dan diletakkan di dekat pedal atau pada pedal, jarak sadel ke poros pedal optimum 63.8 cm dan radius pedal 15.4 cm, karena yang terdapat di pasaran adalah 15 cm maka radius pedal yang dapat digunakan adalah 15 cm jarak sadel ke kemudi optimal 54.1 cm, dan dengan melengkapi sadel dengan sandaran.

Becak mempunyai sudut belokan yang terlalu besar yaitu 110.85° dan kemiringan maksimum sebesar 13.10° , keadaan seperti ini akan mengganggu stabilitas becak, karena itu hendaknya dikurangi agar keamanan pengemudi dapat terjamin.

Pekerjaan mengemudikan becak tergolong dalam klasifikasi kerja sangat berat berdasarkan perhitungan dengan menggunakan Laju Metabolisme Relatif yaitu 5.26496, sedang dengan cara perhitungan berdasarkan kebutuhan tenaga total per menit tergolong dalam klasifikasi pekerjaan sedang, dengan waktu istirahat yang dibutuhkan 3.42096 menit.

INSTITUT PERTANIAN BOGOR
FAKULTAS TEKNOLOGI PERTANIAN

MEMPELAJARI ANTROPOMETRI, KESTABILAN, DAN
KEBUTUHAN TENAGA MANUSIA PADA PENGOPERASIAN BECAK
SEBAGAI ALAT TRANSPORTASI KOMODITI PERTANIAN

SKRIPSI

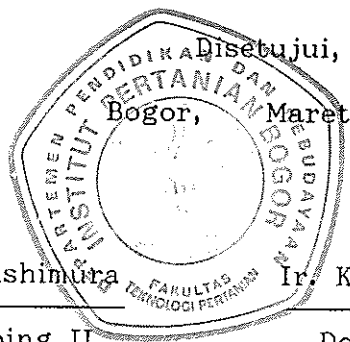
Sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar
SARJANA TEKNOLOGI PERTANIAN
Pada Jurusan Mekanisasi Pertanian
Fakultas Teknologi Pertanian
Institut Pertanian Bogor

Oleh :

RADEN RORO DYAH RATNA NURUL
F 24.0806

Dilahirkan pada tanggal 22 Juli 1968
di Malang

Tanggal lulus : 22 Februari 1992



[Signature]
Prof. DR. Isao Nishimura
Dosen Pembimbing II

[Signature]
Ir. Kusen Morgan, Ms
Dosen Pembimbing I

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke Hadirat Allah Yang Maha Kuasa atas berkat, rahmat dan karunianya, sehingga Penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan skripsi ini sesuai dengan waktu yang direncanakan.

Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan program pendidikan kesarjanaan (S1) di Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Masalah Khusus yang dipilih oleh Penulis dalam rangka penyusunan skripsi ini adalah berkaitan dengan bidang Ergonomika di Jurusan Mekanisasi Pertanian.

Dengan penuh rasa tulus Penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ir. Kusen Morgan, MS sebagai dosen pembimbing utama dan Kepala Laboratorium Ergonomika dan Elektronika Pertanian
2. Prof. DR. Isao Nishimura sebagai dosen pembimbing pendamping dan selaku pencetus ide dalam masalah khusus ini.
3. Ir. Sam Herodian yang telah membina dan membimbing selama Penulis melakukan penelitian.
4. Ir. R. Godfried Sitompul yang telah bersedia menguji skripsi ini

5. Rekan-rekan dan semua pihak yang telah mendorong untuk menyelesaikan skripsi ini.

Penulis menyadari bahwa skripsi masih belum sempurna, oleh karena itu kritik dan saran dari semua pihak sangat Penulis harapkan.

Akhirnya Penulis berharap agar skripsi ini dapat berguna bagi yang memerlukan.

Bogor, Februari 1992

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
A. LATAR BELAKANG	1
B. TUJUAN PENELITIAN	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	4
A. MEKANIKA KENDARAAN ANGKUT	4
1. Keseimbangan Benda Tegar	4
2. Titik Berat	5
B. ERGONOMI	10
1. Peranan Ergonomi	10
2. Potensi Sumber Tenaga Manusia	11
C. ANTROPOMETRI DAN BIOMEKANIK	15
1. Antropometri	17
2. Biomekanik	21
D. BEBAN KERJA FISIK	23
1. Metabolisma	23
2. Kebutuhan Energi Basal	27
3. Laju Metabolisma Relatif	28
4. Waktu Istirahat	29

E.	PERBAIKKAN EFISIENSI KERJA	30
1.	Pemakaian Energi	30
2.	Pengorganisasian Kerja	32
III.	BAHAN DAN METODE	34
A.	WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN	34
1.	Waktu	34
2.	Tempat	34
B.	PERALATAN DAN PERLENGKAPAN	34
1.	Subyek Dan Obyek Penelitian	35
2.	Instrumen Dan Alat Ukur	35
C.	PROSEDUR PENELITIAN	38
1.	Analisa Statika	38
2.	Pengukuran Kebutuhan Tenaga	39
3.	Pengukuran Antropometri	41
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	44
A.	ANALISA ANTROPOMETRI	44
B.	ANALISA KESTABILAN	62
1.	Analisa Statika	62
2.	Analisa Dinamika	63
C.	ANALISA KEBUTUHAN TENAGA	67
V.	KESIMPULAN DAN SARAN	73
A.	KESIMPULAN	73
B.	SARAN	74
	DAFTAR PUSTAKA	77
	LAMPIRAN	79

Halaman ini adalah hak cipta dari IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi website IPB University di www.ipb.ac.id.

DAFTAR GAMBAR

a Huk cpa mitk IPB University

	Halaman
Gambar 1. Penentuan titik berat dengan metoda suspensi	7
Gambar 2. Penentuan titik berat dengan metoda keseimbangan	7
Gambar 3. Aplikasi pembebanan pada penentuan titik berat dengan metoda timbang (posisi normal)	8
Gambar 4. Aplikasi pembebanan pada penentuan titik berat dengan metoda timbang posisi miring)	8
Gambar 5. Batas kemiringan suatu unit kendaraan	9
Gambar 6. Sistem <i>man-task</i>	15
Gambar 7a. Becak tampak samping	16
Gambar 7b. Becak tampak belakang	16
Gambar 8a. Daerah optimum kerja pandangan atas	19
Gambar 8b. Daerah optimum kerja pandangan samping	20
Gambar 9. Gerak persendian lutut dan pinggul	22
Gambar 10. Selang sudut gerak betis	22
Gambar 11. Kekuatan terbesar pada gerakan otot	33
Gambar 12. Penimbangan becak posisi normal	43
Gambar 13. Penimbangan becak posisi miring	43
Gambar 14a. Posisi pengemudi saat mengemudikan becak	47
Gambar 14b. Posisi pengemudi saat membelokkan becak	47

Gambar 15.	Posisi paha abduksi pada pengemudi akibat jarak sadel ke kemudi yang terlalu pendek	49
Gambar 16.	Sketsa penentuan jarak optimal sadel ke kemudi	51
Gambar 17.	Pengemudi melakukan ekstensi kaki agar ujung telapak kaki dapat menca-pai pedal	56
Gambar 18.	Model mekanik mekanisme pengayuhan-an transmisi sepeda	56
Gambar 19.	Sudut belokan pada becak sebesar 110.85°	65
Gambar 20.	Hubungan antara beban kerja dan L.M.R	70
Gambar 21.	Hubungan antara beban kerja dan kebu-tuhan energi	70
Gambar 22.	Hubungan antara beban kerja dan de-nyut jantung	71
Gambar 23.	Perbandingan klasifikasi beban kerja berdasarkan L.M.R., denyut jantung, dan kebutuhan energi.	72

This book is intended for students and lecturers of the Faculty of Mechanical Engineering, IPB University. It is a book that contains the results of research and development in the field of ergonomics. The book is intended for students and lecturers of the Faculty of Mechanical Engineering, IPB University. It is a book that contains the results of research and development in the field of ergonomics.

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Data antropometri pria dan wanita Indonesia persentil 50	18
Tabel 2. Hubungan antara variabel faal dan fenomena metabolisme tubuh	26
Tabel 3. Klasifikasi beban kerja berdasarkan nilai L.M.R.	29
Tabel 4. Hasil pengukuran dimensi bagian-bagian becak yang berhubungan dengan pengemudi	45
Tabel 5. Keluhan yang banyak diderita oleh pengemudi becak	59
Tabel 6. Klasifikasi beban kerja berdasarkan metoda L.M.R.	69
Tabel 7. Klasifikasi beban kerja berdasarkan denyut jantung (denyut jantung)	69
Tabel 8. Klasifikasi beban kerja berdasarkan kebutuhan energi total (KKal/menit)	69

DAFTAR LAMPIRAN

			Halaman
Lampiran 1.	Ukuran rata-rata antropometri berdasarkan negara di berbagai bagian		80
Lampiran 2.	Ukuran rata-rata antropometri orang Indonesia		82
Lampiran 3.	Kebutuhan oksigen pada kondisi basal hasil penelitian di Jepang berdasarkan luas permukaan kulit.		85
Lampiran 4.	Perhitungan penentuan faktor koreksi (fk) dengan menggunakan hasil penelitian konsumsi oksigen pada kondisi basal di Jepang.		86
Lampiran 5.	Kebutuhan oksigen pada kondisi basal berdasarkan luas permukaan kulit setelah koreksi.		87
Lampiran 6.	Konsumsi oksigen pada kondisi basal hasil penelitian Lembaga Gizi Masyarakat Indonesia.		88
Lampiran 7.	Hasil penimbangan becak posisi normal dan posisi miring		89
Lampiran 8.	Hasil pengujian letak titik berat pada becak dengan menggunakan metoda timbang		90
Lampiran 9.	Data hasil pengukuran kebutuhan energi dalam mengemudi becak		91
Lampiran 10.	Diagram alir perhitungan kebutuhan tenaga		92
Lampiran 11.	Program perhitungan menentukan nilai L.M.R.		93
Lampiran 12.	Hasil perhitungan nilai L.M.R. dan klasifikasi beban kerja dalam mengemudi becak		95
Lampiran 13.	Klasifikasi beban kerja berdasarkan kebutuhan energi dalam mengemudi becak		96

a link open with IPB University

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang diterbitkan oleh IPB University. Dokumen ini adalah hak milik IPB University dan tidak boleh disebarluaskan atau digunakan untuk tujuan komersial tanpa izin tertulis dari IPB University.



Lampiran 14.	Klasifikasi beban kerja dalam mengemudi becak berdasarkan denyut jantung	97
Lampiran 15.	Penentuan waktu istirahat berdasarkan kebutuhan energi dalam mengemudi becak	98
Lampiran 16.	Lembar pertanyaan penelitian pengemudi becak	99

Halaman ini merupakan bagian dari dokumen yang bertujuan untuk mempromosikan dan mempromosikan sumber-sumber yang tersedia untuk meningkatkan pendidikan, penelitian, dan layanan masyarakat. IPB University adalah institusi yang berorientasi pada pengembangan sumber daya manusia yang unggul dan berprestasi.

I. PENDAHULUAN

A. LATAR BELAKANG

Indonesia merupakan negara agraris dengan sumber daya manusia yang sebagian besar hidup di bidang pertanian, sehingga bidang ini paling banyak menyerap tenaga kerja dibanding bidang yang lain. Dalam usaha untuk mencapai swasembada pangan, diperlukan suatu usaha dalam meningkatkan persediannya bahan pangan, terutama penanganan hasil setelah panen, karena hasil produksi pertanian mempunyai sifat musiman dan biasanya hanya diproduksi di daerah pertanian saja. Sedangkan konsumsi bahan ini merata sepanjang tahun di setiap tempat. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan suatu alat transportasi.

Penggunaan alat transportasi di Indonesia sudah cukup berkembang pesat. Penggunaan tenaga mekanis seperti motor bakar internal bukan lagi merupakan masalah. Tetapi tidak dapat dipungkiri bahwa sampai saat ini masih banyak alat transportasi tradisional yang digunakan di Indonesia ini. Penggunaannya tidak saja di pedesaan yang dari transportasi maju tetapi juga di beberapa kota besar di Indonesia.

Becak merupakan salah satu alat transportasi semi mekanis baik untuk pengangkutan manusia maupun

Hal ini ditentang oleh beberapa pihak yang beranggapan bahwa alat transportasi ini akan mengganggu keindahan pemandangan kota dan menimbulkan masalah kesehatan. Selain itu, alat transportasi ini juga akan menimbulkan masalah lingkungan. Oleh karena itu, alat transportasi ini harus dikembangkan dengan memperhatikan aspek-aspek tersebut.

barang. Kendaraan ini cukup populer di masyarakat, dan masih digunakan oleh penduduk Indonesia sebagai lapangan pencari nafkah, terutama bagi yang masih terhambat oleh faktor sosial ekonomi, ketrampilan teknis, langkanya sarana penunjang, kesempatan kerja yang terbatas dan lain-lain.

Dalam penelitian ini fungsi becak difokuskan pada penggunaan becak sebagai alat transportasi barang khususnya komoditi pertanian. Hal ini menyangkut kesesuaian antara becak dengan pengemudinya, oleh karena becak dirakit oleh berbagai perusahaan becak, maka faktor ergonomi dalam konstruksi pembuatannya tidak seragam. Apakah konstruksi tersebut sudah menjamin keselamatan dan kesehatan bagi pengemudinya dan berapa besar tenaga yang dibutuhkan sangat penting untuk diketahui.

B. TUJUAN PENELITIAN

Tujuan dari penelitian ini adalah :

1. Menentukan ukuran dan dimensi bagian-bagian becak yang sesuai dengan aspek antropometri pengemudi khusus bagi ukuran antropometri orang Indonesia
2. Mempelajari tingkat kestabilan pada penggunaan becak sebagai alat transportasi barang khususnya komoditi pertanian

3. Mempelajari kebutuhan tenaga manusia dalam mengemudikan becak untuk mengangkut komoditi pertanian pada tingkat beban yang berbeda.

II. TINJAUAN PUSTAKA

A. MEKANIKA KENDARAAN ANGKUT

1. Keseimbangan Benda Tegar

Dasar ilmu mekanika adalah tiga hukum alam yang dikemukakan oleh Isaac Newton (Sears dan Zemansky, 1962) sebagai berikut :

- a. Sebuah benda diam cenderung tinggal diam dan sebuah benda bergerak cenderung bergerak pada garis lurus jika tidak ada gaya lain yang mempengaruhi.
- b. Bila sebuah gaya tunggal bekerja pada sebuah benda, suatu percepatan akan dihasilkan sebanding dengan gaya yang bekerja dan berbanding terbalik dengan massanya.
- c. Untuk setiap gaya yang bekerja mendapat perlawanan yang sama besar dan berlawanan arah.

Menurut Donathus (1982) mekanika dapat dibagi menurut sifat fisik benda tersebut, yaitu

- a. Mekanika benda kaku
- b. Mekanika benda berubah-ubah
- c. Mekanika fluida

Benda kaku atau benda tegar tidak akan mengalami perubahan bentuk atau volume meskipun terdapat gaya yang bekerja pada benda tersebut.

Hal ini ditunjukkan oleh hukum Newton yang menyatakan bahwa benda yang diam cenderung tetap diam dan benda yang bergerak cenderung tetap bergerak dengan kecepatan konstan kecuali jika dipengaruhi oleh gaya luar. Hukum Newton ini merupakan dasar dari mekanika klasik dan merupakan salah satu pilar utama dari fisika modern.

Mekanika benda kaku dapat dibagi menjadi dua bagian yaitu statika dan dinamika. Dalam statika dipelajari benda dalam keadaan diam atau dalam keadaan keseimbangan dengan memperhatikan gaya yang mempengaruhinya, sedang dalam dinamika dipelajari benda dalam keadaan bergerak.

Gaya tetap yang bekerja pada benda yang tidak bergerak disebut gaya statik yang bekerja berdasar prinsip keseimbangan (Hunt et. al., 1973). Keseimbangan dapat diungkapkan dengan persamaan matematik dengan kondisi sebagai berikut :

- a. Penjumlahan gaya mengarah ke atas harus sama dengan penjumlahan gaya yang mengarah ke bawah
- b. Penjumlahan gaya yang mengarah ke kanan harus sama dengan penjumlahan gaya yang mengarah ke kiri
- c. Penjumlahan momen yang searah jarum jam harus sama dengan penjumlahan momen yang berlawanan dengan arah jarum jam

2. Titik Berat

Semua partikel dalam suatu benda akan ditarik oleh gaya yang menuju pusat bumi, jadi pada sebuah benda akan banyak sekali gaya yang bekerja yang mengarah pada pusat bumi. Gaya-gaya terse-

but dianggap sejajar satu sama lain, karena jarak dari pusat bumi yang demikian jauhnya. Gaya tunggal yang merupakan resultan dari semua gaya sejajar disebut sebagai gaya berat benda (Mangunwiyoto, 1984). Titik tangkap gaya tersebut disebut dengan titik berat. Jadi titik berat merupakan titik pada sebuah benda yang letaknya sedemikian sehingga seluruh berat benda dapat dianggap berpusat di titik itu.

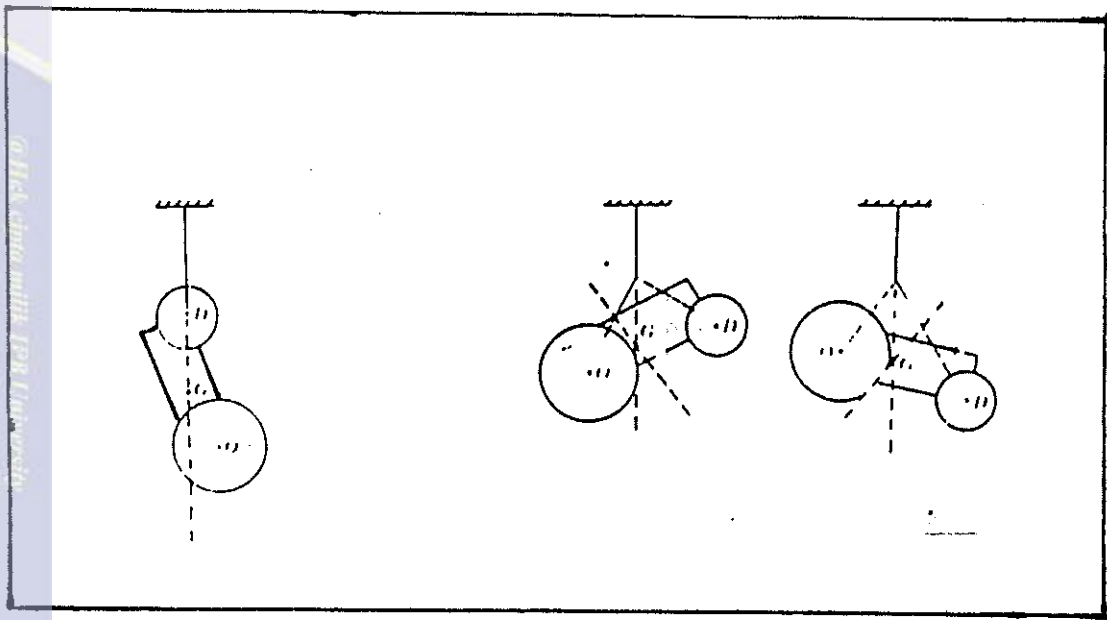
Menurut Barger et al. (1952) dalam Herodian (1986) untuk mengetahui titik berat suatu unit dapat digunakan tiga cara, yaitu Metoda Suspensi, Metoda Keseimbangan, dan Metoda Timbang. Contoh penimbangan dengan metoda suspensi dan metoda keseimbangan dapat dilihat pada Gambar 1. dan 2. yaitu pada sebuah traktor. Metoda yang mudah dilakukan adalah metoda timbang. Pencarian titik berat dilakukan dengan dua macam penimbangan, yaitu penimbangan pada posisi normal dan penimbangan pada posisi miring.

Pada Gambar 3. dan 4. dapat dilihat cara penimbangan pada sebuah traktor. Penimbangan dengan cara pertama menghasilkan data untuk menentukan letak titik berat pada sumbu horizontal. Penentuan letak titik berat menggunakan persamaan sebagai berikut :

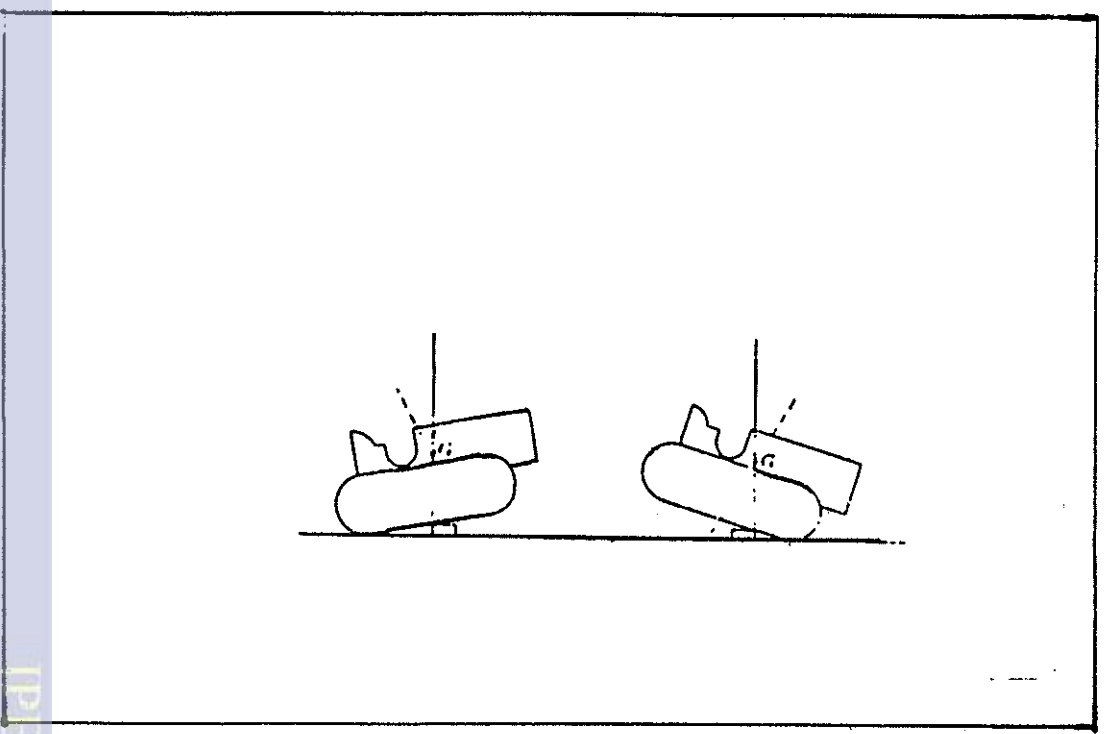
$$X_2 = \frac{R_2 X_1}{W} \dots\dots\dots (1)$$



1. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 2. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 3. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 4. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 5. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 6. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 7. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 8. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 9. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 10. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 11. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 12. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 13. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 14. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 15. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 16. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 17. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 18. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 19. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>
 20. Diakses melalui URL: <http://www.ipb.ac.id>

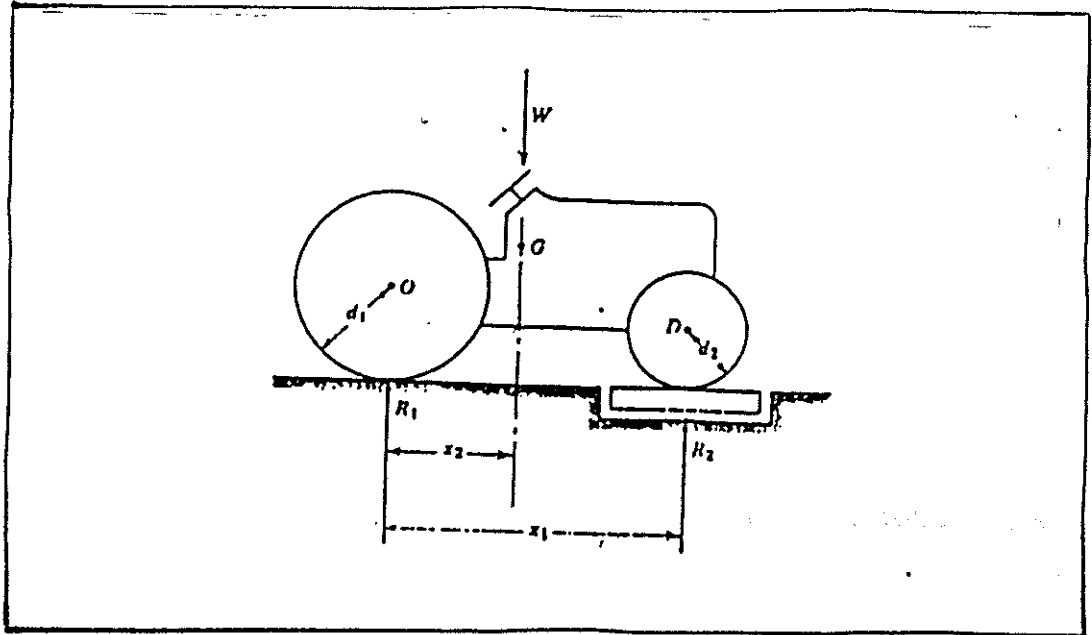


Gambar 1. Penentuan titik berat dengan metoda suspensi

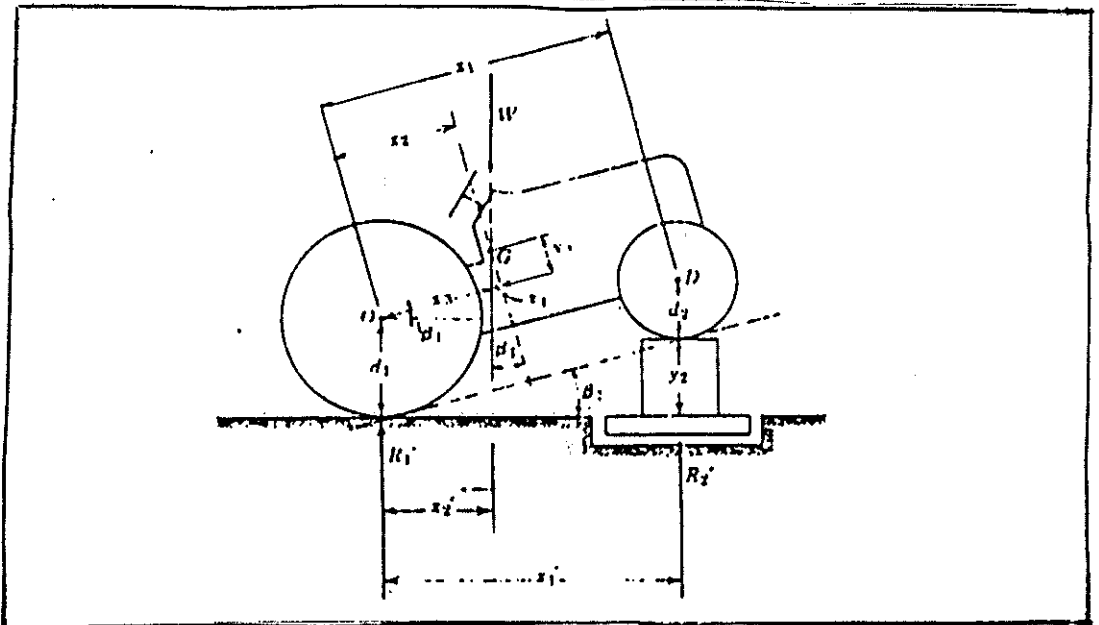


Gambar 2. Penentuan titik berat dengan metoda keseimbangan

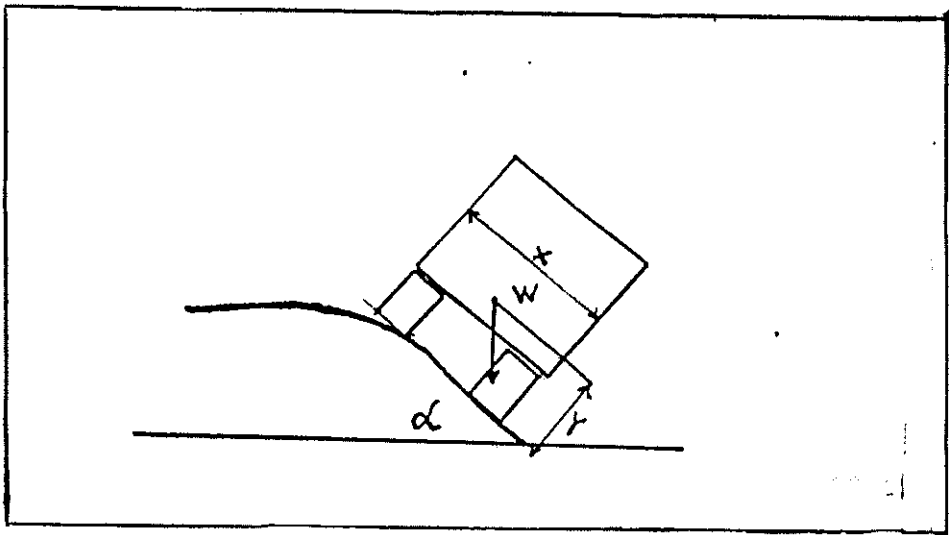
Hasil Guru, Mahasiswa, dan Dosen
 1. Diukur menggunakan jangka sorong atau mistar yang ketelitian dan ketepatan ukurannya
 2. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 3. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 4. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 5. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 6. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 7. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 8. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 9. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi
 10. Pengukuran dilakukan dengan ketelitian dan ketepatan yang tinggi



Gambar 3. Aplikasi pembebanan pada penentuan titik berat dengan metoda timbang (posisi normal)



Gambar 4. Aplikasi pembebanan pada penentuan titik berat dengan metoda timbang (posisi miring)



Gambar 5. Batas kemiringan suatu unit kendaraan penimbangan ke dua menghasilkan data untuk penyelesaian persamaan berikut :

$$X_2' = \frac{R_2' X_1'}{W} \dots\dots\dots(2)$$

Nilai X_1 dihasilkan dengan menggunakan persamaan berikut :

$$X_1' \approx X_1 \cos \beta_1 \dots\dots\dots(3)$$

Dari Gambar 4. didapatkan persamaan - persamaan sebagai berikut :

$$\tan \beta_1 = \frac{X_4}{Y_3} \dots\dots\dots(4)$$

$$\text{dan } \tan \beta_1 = (X_2 - X_3) / Y_3 \dots\dots\dots(5)$$

$$\text{atau } Y_3 = (X_2 - X_3) / \tan \beta_1 \dots\dots\dots(6)$$

$$\text{dan } \cos \beta_1 = X_2' / X_3 \dots\dots\dots(7)$$

$$\text{jadi } Y_3 = \frac{X_2 - (X_2' / \cos \beta_1)}{\tan \beta_1} \dots\dots\dots(8)$$

Bila sebuah benda dalam keadaan kesetim-

bangan digeser sedikit, maka besar arah serta garis kerja gaya yang bekerja terhadapnya bisa berubah semuanya. Bila gaya pada benda yang sudah tergeser ini sedemikian rupa sehingga mengembalikan benda pada posisi semula, maka keseimbangan ini disebut keseimbangan stabil. Bila kerja gaya sedemikian rupa sehingga menambah pergeseran maka keseimbangan benda disebut keseimbangan tidak stabil (Zemansky, 1962).

Letak titik berat akan mempengaruhi stabilitas dari suatu unit. Semakin tinggi letak titik berat suatu unit kendaraan maka stabilitas akan semakin berkurang. Pada batas kemiringan tertentu (kemiringan kritis) maka kendaraan akan terguling apabila dipaksa untuk melewatinya (Herodian, 1986). Besar sudut kritis seperti terlihat pada Gambar 5. adalah :

$$\alpha = \text{arc tan } (X / 2Y) \dots\dots\dots(9)$$

B. ERGONOMI

1. Peranan Ergonomi

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 pemanfaatannya 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 yang seminimal mungkin.
- b. Kesehatan Kerja, artinya hubungan tersebut dirancang untuk untuk mencegah kemungkinan terjadinya penyakit akibat kerja.
- c. Keselamatan Kerja, merupakan perencanaan hubungan kerja yang sedemikian rupa sehingga terjamin suatu sistem 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 di dalamnya terhindarnya kelelahan.

Dari tujuan di atas, maka dalam ergonomi perancangan interaksi antara manusia dengan pekerjaannya harus memperhatikan tiga macam interaksi, yaitu :



- a. interaksi antara manusia dengan peralatan kerjanya
- b. interaksi antara manusia dengan cara kerjanya
- c. interaksi antara manusia dengan lingkungan kerjanya

Keempat unsur tersebut yaitu manusia, alat, cara dan lingkungan kerjanya, mempunyai karakteristik sendiri-sendiri yang merupakan faktor yang harus dipertimbangkan dalam perencanaan interaksi di atas. Raharjani (1978), menyatakan sebagai norma-norma kerja, yaitu hal-hal yang sebaiknya diperhatikan dalam rangka tercapainya kondisi kerja yang optimal serta efisiensi dan kesejahteraan yang tinggi. Beberapa diantaranya adalah :

- a. Beban kerja fisik yang diperkenankan
- b. Sikap tubuh dalam bekerja
- c. Macam kegiatan fisik serta masalah umum lainnya

1. Potensi Sumber Tenaga Manusia

Sumber utama tenaga pertanian di negara-negara maju terutama berasal dari tenaga mekanis seperti motor bakar internal dan listrik. Lain halnya dengan negara-negara yang sedang berkembang, dimana selain sumber tenaga mekanis tersebut juga digunakan sumber tenaga biologis seperti hewan dan manusia.

Hopfen (1969), dalam Kusen (1984) menduga bahwa penggunaan alat pertanian dengan sumber tenaga hewan dan manusia di banyak negara yang sedang berkembang masih akan terus berlangsung cukup lama. Keadaan demikian terutama dirangsang oleh kecepatan pertumbuhan penduduk yang relatif tinggi dengan sarana pendidikan yang tidak seimbang. Salah satu jalan untuk memperluas lapangan kerja bagi mereka ialah melalui penggunaan mesin atau peralatan semi mekanis yang digerakkan oleh tenaga manusia. Desain alat seperti itu hendaknya benar-benar sesuai dengan kondisi pemakainya.

Beberapa keuntungan yang diperoleh dengan penggunaan tenaga manusia adalah (Wood, 1976 dalam Kusen, 1984) :

- a. Dapat bekerja untuk macam-macam variasi gerak, dan lain-lain.
- b. Dapat melakukan bermacam-macam jenis pekerjaan, seperti menanam, menyang, mengolah hasil, dan lain-lain.
- c. Dapat mengurangi pengangguran

Dalam melakukan kegiatan kerja manusia bersama perlengkapan yang digunakan dapat ditinjau sebagai suatu sistem *man-task* yang dikenal dalam tiga kategori (Mc Cormick, 1987), yaitu



sistem manual, sistem mekanik, dan sistem otomatis seperti yang terlihat pada Gambar 6.

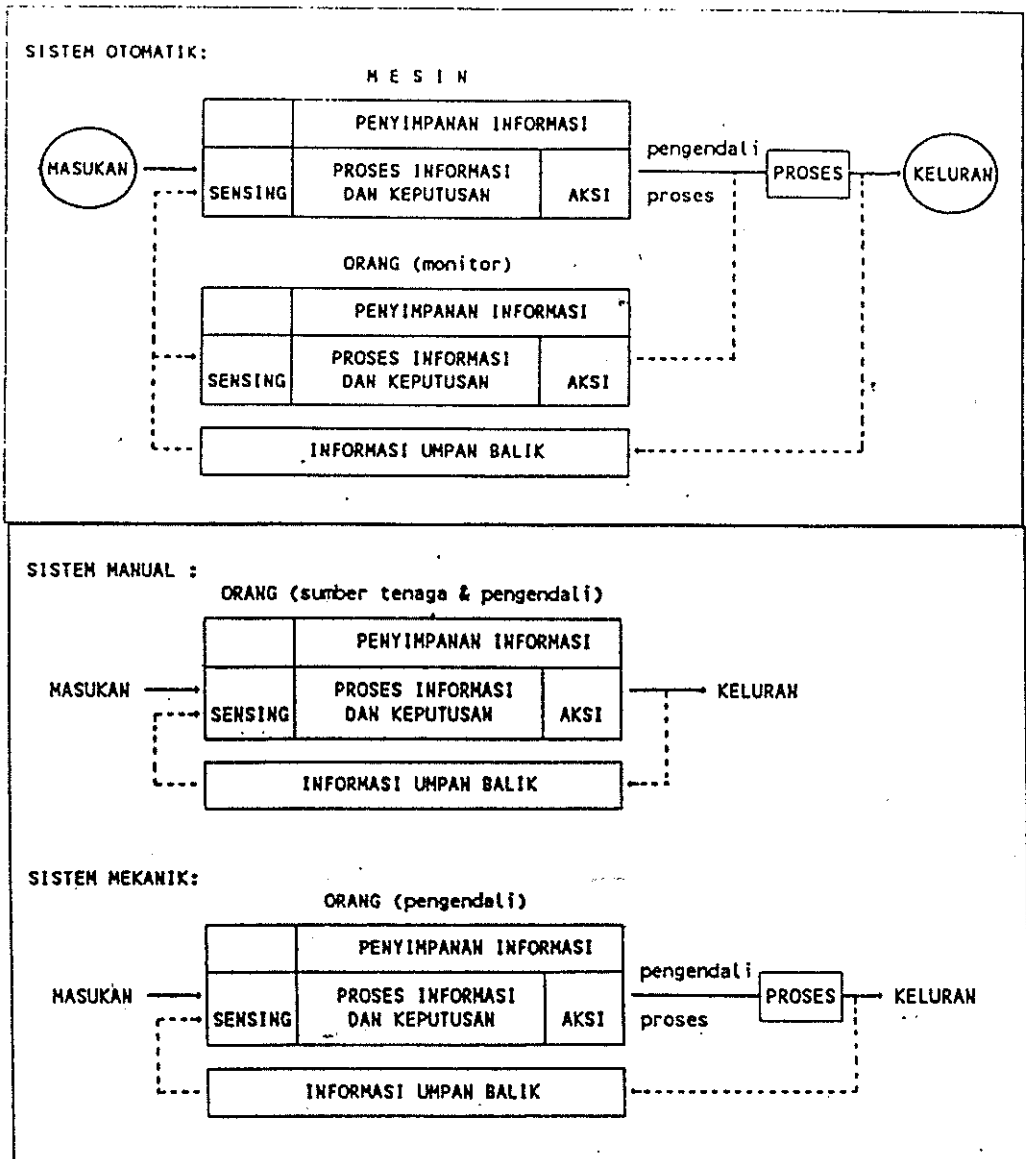
Sistem manual, di sini sumber tenaga utamanya berasal dari manusia yang bersangkutan. Misalnya orang dengan perlengkapan kerja sederhana, seperti cangkul, sepeda, kereta dorong, dan lain-lain.

Sistem mekanik, atau dinamakan juga sistem semi otomatis, misalnya sopir dengan kendaraan bermotor, teknisi bengkel dengan mesin bubut, dan lain-lain. Dalam hal ini orang berfungsi sebagai operator atau pengendali mesin melalui alat kendali tertentu, jadi bukan sebagai sumber tenaga utama.

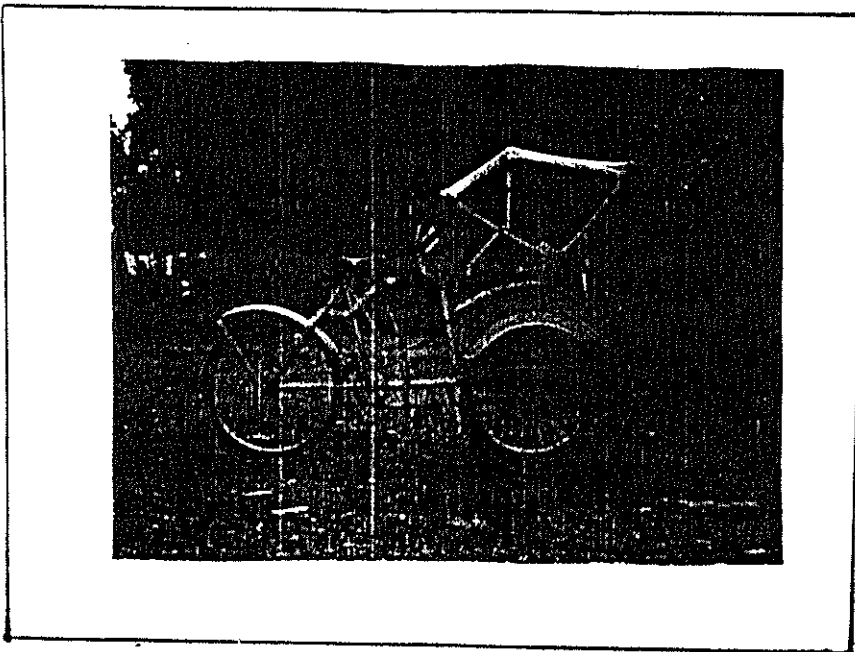
Sistem otomatis, misalnya robot industri dengan pengawasnya, atau mesin-mesin otomatis lainnya yang dapat diprogram. Disini orang hanya berfungsi sebagai monitor, tidak kontak langsung dengan mesin.

Becak (Gambar 7a. dan 7b.) merupakan alat semi mekanis dengan prinsip kerja yang sama dengan mekanisme transmisi sepeda dan tergolong dalam sistem manual. Pada saat pengayuh sedang bekerja secara keseluruhan merupakan unit mesin

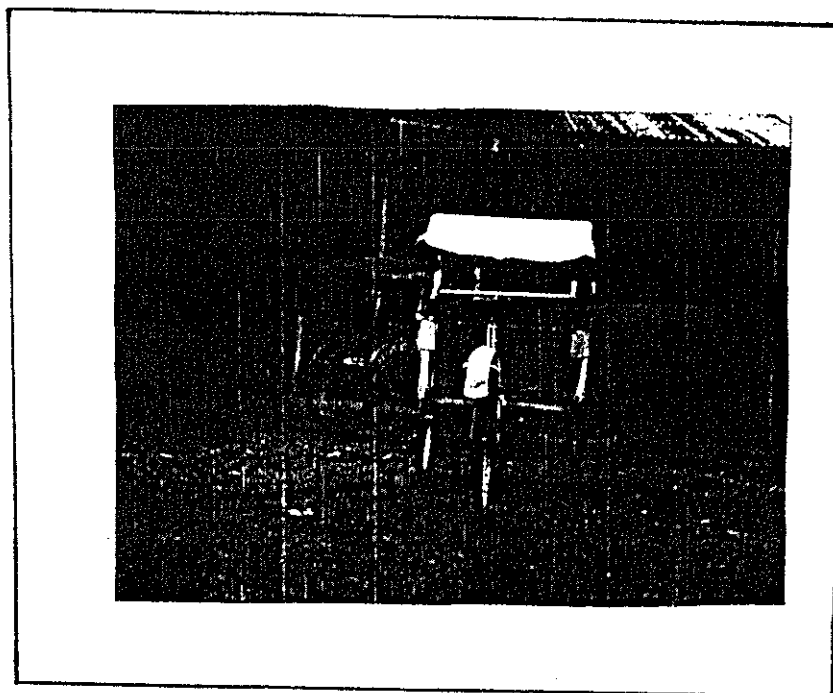
dengan sumber tenaganya. Kontak antara pengayuh dengan transmisi tersebut berlangsung melalui pedal.



Gambar 6. Sistem Man-Task
 a. sistem manual b. sistem mekanik
 (Kusen, 1989.)



Gambar 7a. Becak tampak samping



Gambar 7b. Becak tampak belakang

C. ANTROPOMETRI DAN BIOMEKANIK

Antropometri dan biomekanik adalah bagian dari ilmu ergonomika biasa dipergunakan dalam pengukuran sifat fisik dan mekanik tubuh manusia. Antropometri yang mempelajari tentang ukuran tubuh manusia yang meliputi ukuran anggota tubuh, lebar dan panjang luas anggota tubuh, sedang biomekanik mempelajari tentang pergerakan tubuh dan kekuatannya. Pengkajian tentang aspek-aspek antropometri dan biomekanik sangat diperlukan dalam mendesain berbagai alat perlengkapan kerja serta dimensi ruang kerja, sehingga tercapai kenyamanan, keamanan, dan efisiensi kerja bagi operator.

1. Antropometri

Ukuran tinggi serta lebar dan panjang bagian-bagian tubuh seperti tertera pada Lampiran 1 merupakan data yang diperlukan dalam mendesain ruang serta alat perlengkapan kerja. Menurut Kusen (1983) untuk keperluan desain ruang dan perlengkapan kerja tersebut, data populasi cukup diambil mulai persentil ke 5 sampai persentil ke 95 dan sebagai ukuran rata-rata ialah persentil ke 50. Tabel 1. memberikan data antropometri pria dan wanita Indonesia pada persentil 50.

Pergerakan tubuh yang dapat dilakukan oleh manusia normal mempunyai batas tertentu, hal

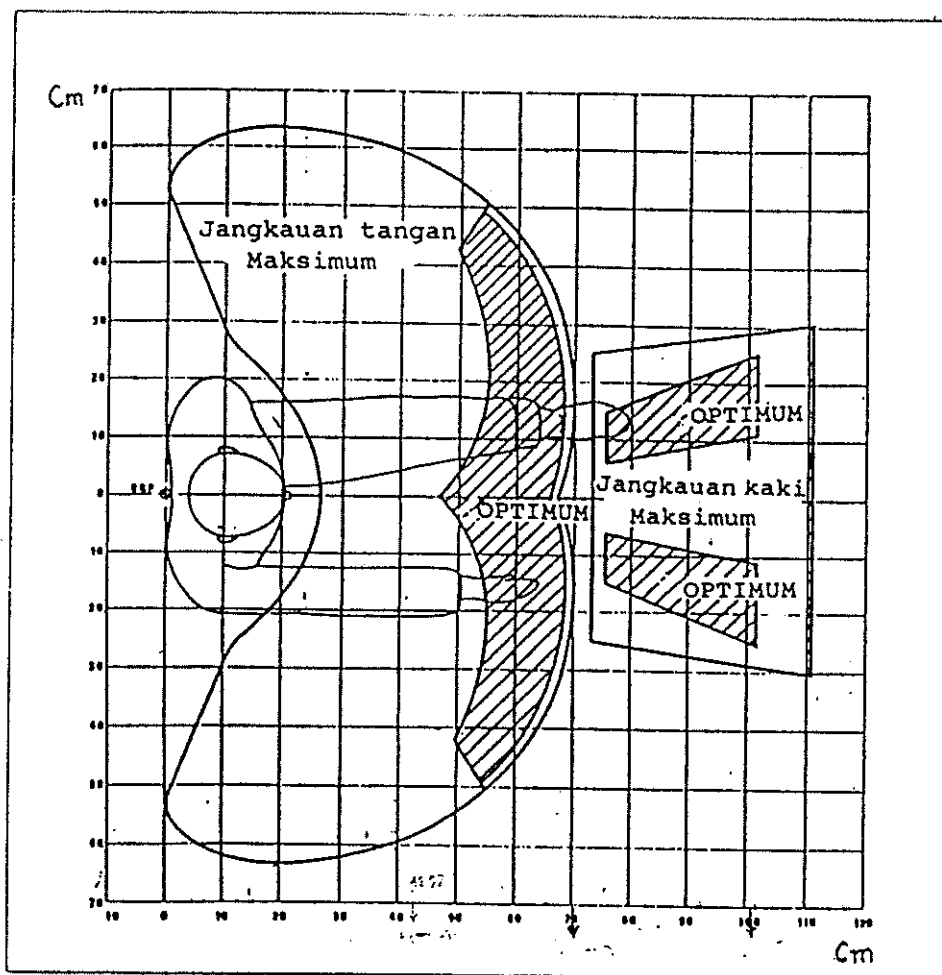


tersebut harus diperhatikan untuk memperoleh performansi yang baik pada alat yang dirancang. Karena keterbatasan pergerakan manusia, maka terdapat daerah yang paling optimum untuk melakukan kerja, daerah optimum tersebut mengikuti antropometri dari masing-masing operator. Pada Gambar 7a. dan 7b. digambarkan daerah optimum antropometri secara umum.

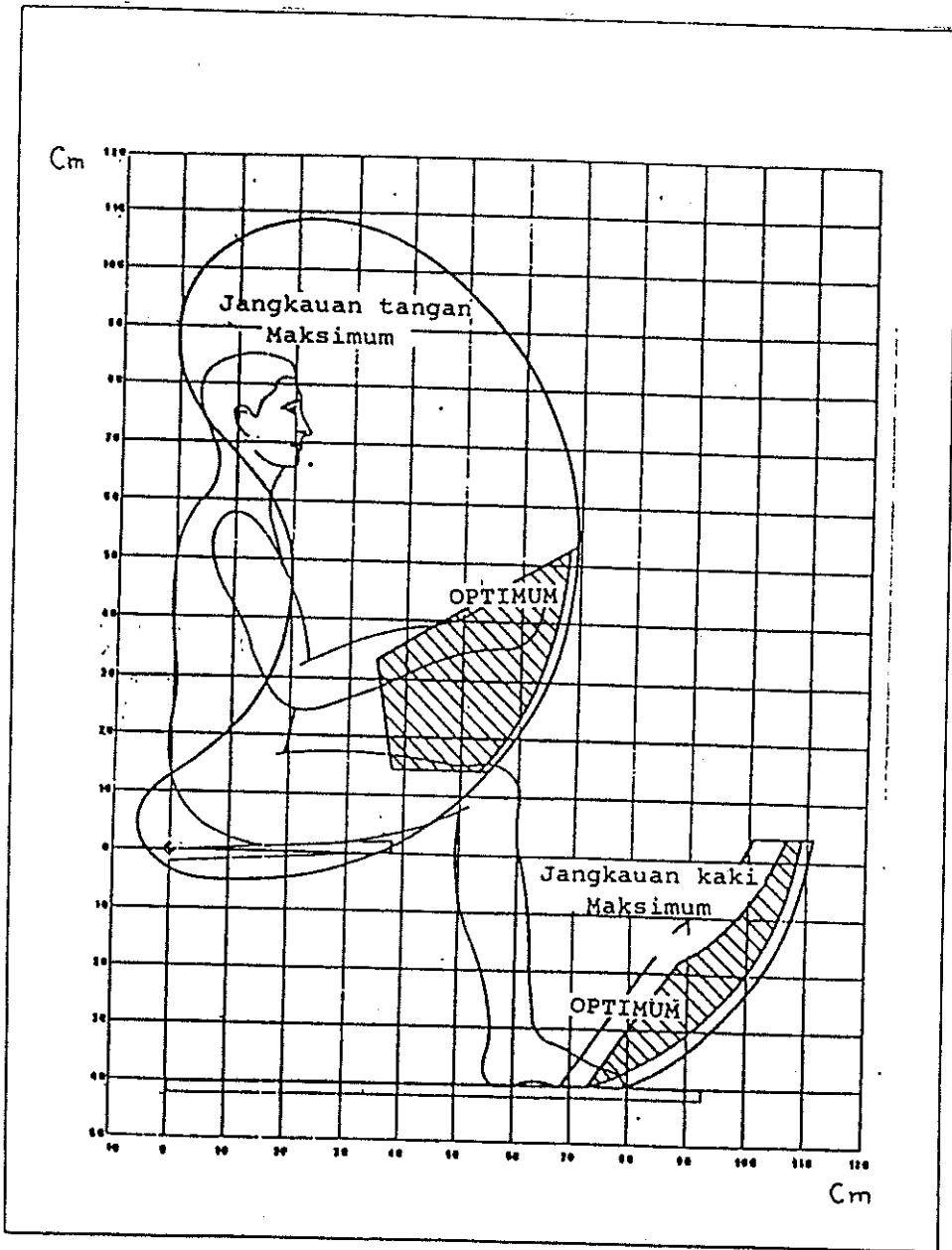
Dalam hal mengayuh sepeda, penyelan posisi tempat duduk/sadel haru sesuai dengan data Antropometri pengayuhnya. Dengan demikian jangkauan normal kaki ke pedal atau tangan ke setang/kemudi dapat diatur sehingga sesuai dengan kebutuhan atau kenyamanan pengayuhnya.

Tabel 1. Pembagian persentil tinggi badan orang Indonesia

Batas Persentil	Laki-laki	Wanita
10	154.1	144.7
30	158.4	148.8
50	161.3	151.6
70	164.2	153.0
90	168.5	158.5



Gambar 8 a. Daerah optimum kerja pandangan atas (Zander, 1972.)



Gambar 8a. Daerah optimum kerja pandangan samping (Zander, 1972.)



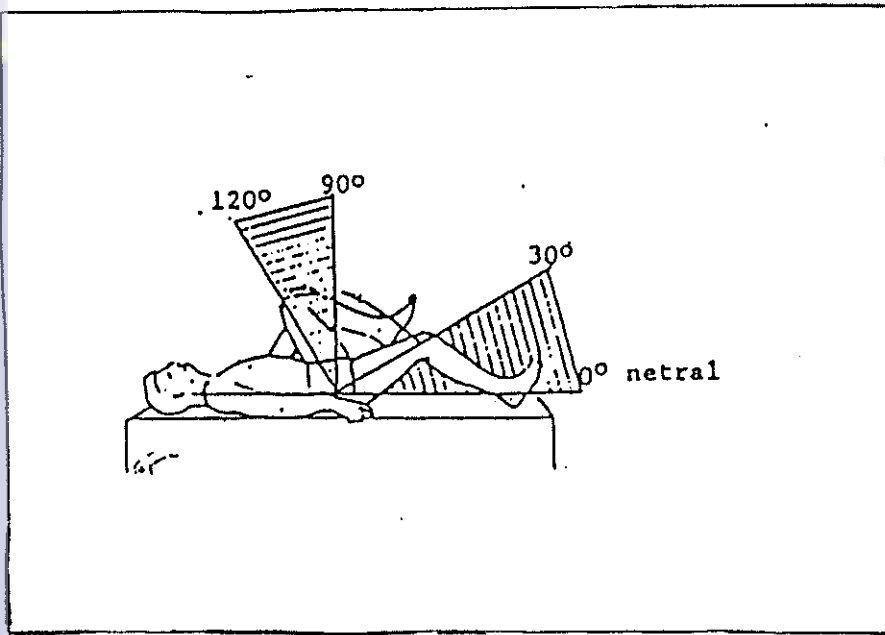
2. Biomekanik

Studi mengenai gerak tubuh atau bagian-bagiannya meliputi selang, kekuatan, daya tahan, kecepatan dan ketelitian gerak termasuk bidang Biomekanik (Mc Cormick, 1987)

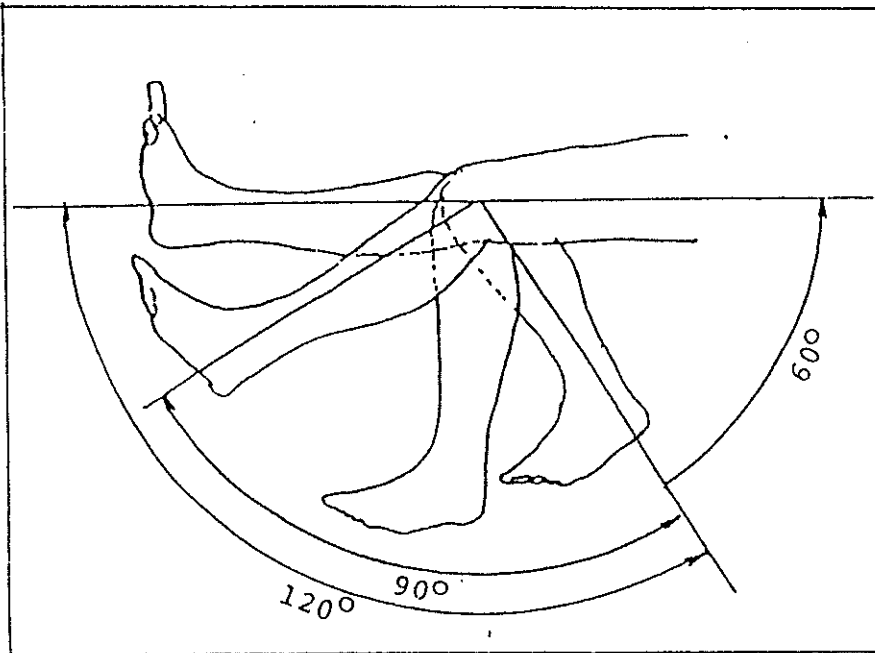
Setiap persendian tubuh mempunyai karakteristik arah dan selang gerak sudut tertentu. Contoh yang berhubungan dengan gerak mengayuh ialah selang gerak sudut persendian lutut seperti tertera pada Gambar 8, dan selang gerak sudut betis pada Gambar 9.

Damon, et all(1966) dalam Kusen (1983) mengemukakan beberapa saran umum dalam membuat desain fasilitas kerja, diantaranya :

- a. Kebutuhan normal untuk menggerakkan alat kendali secara maksimum, tidak melebihi kemampuan maksimum untuk rata-rata operator.
- b. Pekerjaan yang berhubungan dengan alat kendali hendaknya menggunakan desain yang paling efisien dari segi antropometri
- c. Menggerakkan alat kontrol dengan posisi tubuh netral untuk mengurangi kelelahan
- d. Untuk melakukan kerja otot terus menerus hendaknya kegiatan otot terbagi ke seluruh tubuh, tidak tertumpu pada satu bagian saja.
- e. Menggerakkan alat kendali sebaiknya dalam posisi duduk.



Gambar 9. Gerak persendian lutut dan pinggul (Kusen, 1989.)



Gambar 10. Selang sudut gerak betis

Halaman ini adalah bagian dari dokumen yang dihasilkan oleh sistem otomatisasi. Untuk informasi lebih lanjut, silakan kunjungi situs web kami di www.ipb.ac.id.
 1. Dokumen ini adalah dokumen resmi yang dihasilkan oleh sistem otomatisasi.
 2. Dokumen ini tidak boleh diperjualbelikan, disebarkan, atau digunakan untuk tujuan lain tanpa izin dari IPB University.
 3. Dokumen ini adalah dokumen resmi yang dihasilkan oleh sistem otomatisasi.

D. BEBAN KERJA FISIK

1. Metabolisme

Metabolisma merupakan proses kimia yang mengubah makanan menjadi dua bentuk yaitu energi panas dan energi mekanik. Energi panas terjadi akibat kita melakukan suatu pekerjaan dan energi mekanik digunakan untuk kegiatan internal tubuh (proses pernapasan maupun pencernaan) dan kegiatan eksternal seperti bekerja seperti bekerja, berjalan, maupun kegiatan lainnya (Mc Cormick , 1987).

Tenaga mekanis disalurkan ketika otot sedang melakukan kerja, berasal dari proses metabolisme tubuh. Metabolisme ATP (*Adenosin Triphosphate*) oleh otot-otot sel tubuh lainnya dapat berlangsung secara aerobik dan anaerobik. Oksigen untuk proses aerobik berasal dari pernapasan. Sistem pernapasan tersebut berlangsung sangat rumit. Proses ini berlangsung mulai dari proses perubahan makanan sampai pada pembentukan tenaga mekanis. Sumber energi manusia berasal dari bahan makanan sehari-hari yang terdiri dari karbohidrat, lemak, dan protein.

Karbohidrat diubah menjadi beberapa macam gula, lemak menjadi asam lemak, dan protein diubah

menjadi beberapa asam amino. Energi tubuh siap digunakan terutama dalam bentuk glukosa dengan sedikit fruktosa dan galaktosa. Asam lemak berfungsi sebagai energi cadangan yang tersimpan di dalam jaringan tubuh. Asam amino diperlukan untuk pemeliharaan jaringan tubuh dan sisanya dapat diubah menjadi sumber energi. Kebutuhan energi akan meningkat apabila beban kerja meningkat. Pengukuran beban kerja fisik dapat dilakukan dengan tiga cara yaitu dengan memperhatikan parameter fisiologis sebagai berikut (Zander, 1972).

a. Konsumsi Energi

Perubahan karbohidrat, lemak dan protein menjadi energi memerlukan oksigen, dengan demikian konsumsi oksigen dapat dijadikan parameter untuk pengukuran beban kerja. Dengan mengekivalenkan antara kebutuhan energi dan kebutuhan oksigen didapat hubungan yang nyata antara keduanya. Konsumsi energi bersih per kegiatan dapat diukur dengan mengurangi energi yang dibutuhkan untuk metabolisme basal.

b. Laju Ventilasi Dan Frekwensi Pernapasan

Laju pernapasan akan seirama dengan laju denyut paru-paru penghisap oksigen. Dengan mengetahui laju denyut dan frekwensi paru-paru

dapat dihitung besarnya konsumsi oksigen dan akhirnya dapat dihitung tingkat beban kerja.

c. Denyut Jantung

Kebutuhan bahan bakar bagi tubuh untuk melakukan gerak disalurkan oleh darah melalui pembuluh-pembuluh darah ke seluruh bagian tubuh yang membutuhkannya, dengan jantung sebagai penggerakannya. Setiap peningkatan penggunaan tenaga mekanis akan meningkatkan kerja jantung. Laju denyut jantung yang tinggi tetapi diikuti oleh konsumsi oksigen yang rendah biasanya menunjukkan kelelahan otot, terutama untuk pekerjaan statis.

d. Suhu Tubuh

Efisiensi penggunaan tenaga manusia untuk tenaga mekanis maksimum adalah 20%, sebagian besar sisanya keluar dalam bentuk panas. Peningkatan beban kerja akan menaikkan suhu tubuh, sehingga suhu tubuh dapat dijadikan parameter pengukuran beban kerja fisik.

Berdasarkan atas pengujian dengan menggunakan parameter tersebut dibuat tabel untuk menentukan tingkat kerja yang dilakukan (Tabel 2.). Selama berlangsung proses pengeluaran energi tubuh ketika melakukan kerja akan terbentuk limbah metabolisme berupa asam laktat yang tertimbun pada jaringan otot

dan darah. Limbah tersebut sebagai penyebab timbulnya kelelahan otot, oleh karena itu limbah tadi harus segera dibebaskan dari tubuh. Semakin tinggi laju metabolisme atau pengeluaran energi tubuh semakin besar timbunan limbah tersebut. Pembebasan limbah paling intensif berlangsung pada saat melakukan istirahat, dimana melalui proses oksidasi asam laktat akan terurai menjadi CO_2 dan H_2O sehingga mudah dikeluarkan oleh tubuh.

Tabel 2. Hubungan antara variabel faal dengan fenomena metabolisme tubuh (Suma'mur 1989)

variabel	beban kerja					
	sangat ringan	ringan	sedang	berat	sangat berat	luar biasa
konsumsi oksigen (lt/mnt)	0.5	0.5-1.0	1.0-1.5	1.5-2.0	2.0-2.5	2.5
kebutuhan tenaga (KKal/mnt)	2.5	2.5-5.0	5.0-7.5	7.5-10.0	10.0-12.5	12.5
denyut jantung (dyt/mnt)	-	75-100	100-125	125-150	150-175	175
suhu rektal ($^{\circ}\text{C}$)	-	-	37.5-38.	38.-38.5	38.5-39.	39.

2. Kebutuhan Energi Basal

Rahardjani (1979) menyatakan bahwa dalam keadaan tidak bekerja tubuh hanya memerlukan 200-300 cc oksigen per menit. Energi yang dihasilkan dari pembakaran $C_6H_{12}O_6$ dengan O_2 pada jumlah sedikit ini disebut energi basal dan hanya cukup untuk mempertahankan aktivitas tubuh seperti bekerjanya enzim-enzim, aktivitas sel, dan lain-lain.

Besar kecilnya kebutuhan energi basal seseorang dipengaruhi oleh ukuran tubuhnya, makin besar tubuh seseorang makin tinggi kebutuhan energi basalnya. Di Jepang telah dilakukan penelitian yang memperoleh hubungan antara luas permukaan tubuh dan kebutuhan energi basal seperti yang terlihat dalam Lampiran 3. Perhitungan luas permukaan tubuh dapat dicari dengan mengukur tinggi dan berat badan dengan mempergunakan rumus

$$A = W^{0.444} \times H^{0.663} \times 88.3 \dots \dots \dots (10)$$

dimana :

A = Luas permukaan kulit tubuh (cm^2)

W = Berat tubuh (kg)

H = Tinggi badan (cm)



3. Laju Metabolisme Relatif

Menurut Kobayashi (1989) Laju Metabolisme Relatif (L.M.R.) pada dasarnya adalah perbandingan antara selisih laju metabolisme kerja dan istirahat dengan laju metabolisme basal. Dalam bentuk persamaan Laju Metabolisme relatif dinyatakan sebagai berikut :

$$L.M.R. = \frac{\text{keb } O_2 \text{ kerja} - \text{keb } O_2 \text{ istirahat}}{\text{keb } O_2 \text{ basal}} \dots\dots (11)$$

dimana :

keb O_2 kerja = kebutuhan O_2 saat bekerja (cc/menit)

keb O_2 istirahat = kebutuhan O_2 saat istirahat, sebelum kerja (cc/menit)

keb O_2 basal = kebutuhan O_2 minimal yang diperlukan manusia untuk hidup (cc/menit)

Nilai L.M.R. yang diperoleh menunjukkan tingkat beban kerja dari pekerjaan yang dilakukan. Sumber dari *Japan Association of Industrial Health* menetapkan klasifikasi beban kerja berdasarkan L.M.R. seperti yang terlihat pada Tabel 3.

Pengukuran kebutuhan O_2 istirahat dilakukan pada kondisi lingkungan yang sama dengan kondisi kerja, diukur sesaat sebelum melakukan pekerjaan.

Kebutuhan O_2 basal ditentukan dengan mengukur konsumsi oksigen pada pagi hari sebelum makan dalam posisi berbaring relaks.

Tabel 3. Klafisikasi beban kerja berdasar L.M.R.

Nilai L.M.R.	Klasifikasi Beban Kerja
L.M.R. < 1	kerja ringan
L.M.R. < 2	kerja ringan
L.M.R. < 3	kerja ringan
L.M.R. < 4	kerja sedang
L.M.R. < 5	kerja berat
L.M.R. > 5	kerja sangat berat

4. Waktu istirahat

Lama periode pemulihan atau istirahat tergantung dari lama melakukan kerja dan tingkat besar tenaga yang dikeluarkan atau laju metabolisme. Waktu istirahat setelah melakukan kerja lebih baik dilakukan setelah bekerja dalam waktu tertentu, misalnya sekitar 60 menit bekerja, hal ini dapat membantu pemulihan otot yang lebih baik, karena pada dasarnya setelah melakukan kerja otot tertimbun asam laktat yang menimbulkan rasa lelah. Istirahat dilakukan dengan jalan tidak melakukan aktivitas, untuk memberi kesempatan otot mengganti asam laktat yang menyebabkan kelelahan. Waktu istirahat dihitung dengan rumus yang dikemukakan oleh Suma'mur, 1982 :

$$R = (B/4.2 - 1) \times W \dots\dots\dots(12)$$

dimana :

R = Waktu istirahat (menit)

B = Rata-rata energi yang dikeluarkan
(Kkal/menit)

W = Jumlah waktu kerja total

D. PERBAIKAN EFISIENSI KERJA

1. Pemakaian Energi

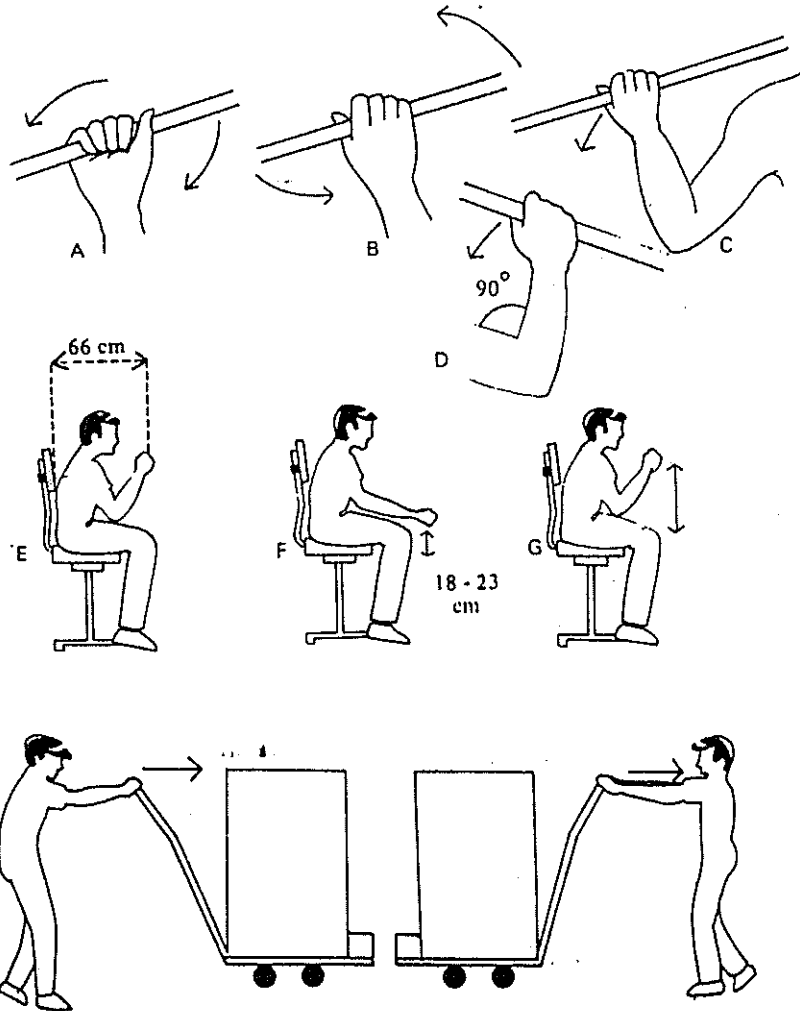
Suatu kegiatan fisik dengan dengan penggunaan energi yang cukup besar harus diorganisasi dalam gerakan-gerakannya, sehingga otot-otot dapat dimanfaatkan dengan tenaga sebesar mungkin, artinya otot-otot bekerja dengan efisiensi yang setinggi-tingginya dengan ketrampilan optimal (Sastrowinoto, 1985).

Otot berkontraksi dengan tenaga terbesar pada saat otot berada pada panjang awalnya dan pada saat kontraksi baru dimulai. Oleh karena itu dianjurkan untuk memanfaatkan posisi awal ini yaitu pada saat otot dalam keadaan ekstensi. Tenaga paling besar juga didapat apabila otot-otot yang berkontraksi sebanyak mungkin.

Sikap tubuh atau anggota tubuh yang bertalian dengan pengerahan tenaga yang paling besar bagi

gerakan-gerakan tertentu antara lain adalah sebagai berikut (Sastrowinoto, 1989) :

- a. Rotasi (perputaran) tangan ke arah dalam paling kuat jika dimulai dengan telapak tangan berada dalam keadaan rotasi keluar secara penuh (supinasi penuh)(Gambar 11A)
- b. Rotasi tangan ke arah luar paling kuat jika dimulai dengan telapak tangan berada dalam keadaan rotasi ke dalam secara penuh (pronasi penuh)(Gambar 11B)
- c. Ekstensi siku (perentangan lengan terhadap siku) paling kuat jika dimulai pada posisi fleksi penuh(Gambar 11C)
- d. Fleksi siku (dengan tangan terbuka) terkuat pada sudut 90° (efek pengungkit)(Gambar 11D)
- e. Pada pekerjaan mendorong dengan tangan sambil duduk kekuatan terbesar didapat pada keadaan siku bersudut $150-160$ dan dengan pegangan tangan pada jarak kira-kira 66 cm dari dataran sandaran pinggang(Gambar 11E)
- f. Secara ungkitan, tenaga terbesar dalam posisi duduk diperoleh jika pegangan tangan berada pada ketinggian diantara bahu dan siku (Gambar 11F)
- g. Sambil duduk, kekuatan terhadap pedal terbesar didapat pada fleksi lutut 160° dan fleksi



Gb. 7. Kekuatan terbesar.

Gambar 11 Kekuatan terbesar pada gerakan otot (Sastrowinoto, 1985.)

III. BAHAN DAN METODE

A. WAKTU DAN TEMPAT PENELITIAN

1. Waktu

Tiga bulan mulai bulan Desember 1991 sampai Februari 1992. Kegiatan yang dilakukan meliputi pengambilan data di lapang antara lain pengukuran sampel dan evaluasi terhadap pengemudi becak melalui kuesioner, dan analisa hasil perhitungan di laboratorium.

2. Tempat

Penelitian dilakukan di :

- a. Laboratorium Ergonomika dan Elektronika Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- b. Bengkel Mekanisasi Pertanian, Jurusan Mekanisasi Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- c. Halaman kampus Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

B. PERALATAN DAN PERLENGKAPAN.

1. Subyek dan obyek penelitian

Subyek atau pekerja yang diuji adalah laki-laki berusia antara 20-30 tahun dan dalam keadaan sehat jasmani dan rohani. Pada selang ini manusia mempunyai kekuatan maksimum (Astrand dan Rodhal, 1971). Ukuran tubuh pekerja meliputi tinggi badan 155-170 cm dan berat badan antara 50-60 kg.

Sebagai obyek dalam penelitian ini adalah becak sebagai alat transportasi dengan memperhatikan berat beban yang diangkut yang berupa komoditi pertanian. Dalam penelitian ini sebagai sampel beban yang diangkut adalah beras.

2. Instrument dan alat ukur

a. Kantong Douglas (*Douglas Bag*)

Kantong *Douglas* berfungsi sebagai penampung sisa udara pernafasan yang akan diukur volumenya. Kantong *Douglas* yang dipergunakan mempunyai kapasitas 150 liter. Kantong ini dilengkapi dengan pipa 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.

b. Balon sampel (balon plastik)

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

c. 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.

d. Thermometer dan Barometer

Thermometer digunakan untuk mengukur suhu udara ekspirasi. Pengukuran suhu udara ekspirasi ini dilakukan bersamaan waktunya dengan volume. Barometer digunakan untuk mengukur tekanan udara setempat pada saat dilakukan pengukuran. Dengan mengukur suhu dan tekanannya, maka volume udara ekspirasi dapat dikonversi ke dalam keadaan STP ($T=0^{\circ}C$, $T=760$ mmHg).

e. Stopwatch

Stopwatch digunakan sebagai alat pengukur waktu selama dilakukan pengambilan udara ekspirasi sehingga konsumsi oksigen per menit

dapat diketahui. Disamping itu dipergunakan sebagai pengukur waktu dalam pengoperasian becak.

f. *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. Pengukuran dilakukan setelah mendapatkan beberapa sampel udara.

g. Timbangan dan meteran

Timbangan digunakan untuk menimbang becak, pengemudi, dan beban dan meteran digunakan untuk mengukur berbagai data yang diperlukan.

h. Bahan kimia untuk pengujian di Laboratorium seperti $CaCl_2$, alkohol, serta bahan pembantu lain seperti kain pembersih, kapas dan lain-lain.

i. *Heart Rate Monitor PE 3000*

Heart Rate monitor adalah pengukur denyut jantung yang digunakan untuk mengukur denyut jantung pekerja



i. Antropometer

Antropometer digunakan untuk pengukuran antropometri becak.

j. Kamera sebagai perlengkapan dokumentasi selama penelitian dilakukan.

D. PROSEDUR PENELITIAN

1. Analisa Statika

Analisa dilakukan dengan menentukan titik berat pada pengoperasian becak untuk mengangkut komoditi pertanian, dengan berat total 0-150 kg, dengan interval berat pengukuran 50 kg. Untuk mengetahui letak titik berat dilakukan uji timbangan pada becak, pengemudi dan beban yang diangkut. Mula-mula becak dalam keadaan kosong ditimbang, kemudian becak dengan pengemudi, selanjutnya setiap penimbangan ditambah beban 50 kg sampai mencapai berat 200 kg.

Penimbangan dilakukan dengan dua cara, yaitu penimbangan pada posisi normal dan penimbangan pada posisi miring. Penimbangan posisi normal (Gambar 12a dan 12b) digunakan untuk menentukan letak titik berat pada sumbu horizontal. Penentuan letak titik berat menggunakan persamaan sebagai berikut :

$$X_2 = R_2 X_1 / W \dots\dots\dots(13)$$

Untuk menentukan titik berat pada sumbu vertikal digunakan penimbangan posisi miring seperti pada Gambar 13. yang menghasilkan persamaan sebagai berikut yaitu :

$$X_2' = R_2' X_1' / W \dots\dots\dots(11)$$

nilai X_3 dihasilkan dari persamaan sebagai berikut

$$X_1' = X_1 \cos \beta \dots\dots\dots(12)$$

kemudian untuk menentukan posisi titik berat pada sumbu vertikal adalah dengan menggunakan persamaan

$$Y = \frac{X_2 - (X_2' / \cos \beta)}{\tan \beta} \dots\dots\dots(14)$$

2. Pengukuran Kebutuhan Tenaga

Pengukuran tenaga total atau laju metabolisme ialah kesetaraan antara konsumsi oksigen pernapasan dengan energi hasil reaksi oksidasi glukosa. Setiap liter oksigen per menit yang dibutuhkan setara dengan jumlah tenaga sebesar 342 Watt (4.93 Kkal/menit). Dengan menggunakan rumus Weir (Passmore dan Robson, 1971):

$$T = \frac{4.92 \times V}{100} \times (20.93 - \%O^2) \times 69.44 \dots(18)$$

keterangan :

T = Tenaga total tubuh (KKal/menit)

V = Uolume udara sisa pernapasan (liter/menit)
pada keadaan STP

%O² = kadar oksigen sisa pernapasan

Dari tenaga total yang dikeluarkan tubuh tersebut dapat diketahui klasifikasi beban kerja berdasarkan Tabel 2.

Kebutuhan tenaga juga ditentukan melalui Laju Metabolisme Relatif demikian juga dengan penentuan tingkat beban kerja. Disamping itu juga dilakukan pengukuran denyut jantung sebagai pembanding.

Pengukuran dilakukan pada jarak kurang lebih 500 m dengan total beban yang diangkut adalah 0-150 kg dengan interval berat 30 kg dengan waktu yang pengukuran 4 menit.

Sebelum dilakukan pengukuran terlebih dahulu pengemudi harus melakukan pemanasan selama 3 - 5 menit dengan mengemudikan becak tersebut. Pemanasan dilakukan untuk mencapai kondisi aerobik pada pengemudi yang bersangkutan. Kerja yang dilakukan pada suatu kondisi aerobik dapat menunjukkan energi total yang dibutuhkan untuk melaku-

kan kerja atau aktivitas. Pada tingkat aktivitas ini darah telah mengandung oksigen dalam kadar jenuh, sehingga oksigen yang dikonsumsi tubuh selanjutnya secara keseluruhan digunakan dalam proses oksidasi yang akan menghasilkan energi (Passmore dan Robson, 1971)

3. Pengukuran Anthropometri Pada Becak

Pengukuran dilakukan dengan menggunakan antropometer. Antropometer diletakkan pada optimal pengemudi dalam mengemudikan becak dengan memperhatikan ukuran antropometri tubuh rata-rata manusia Indonesia. Data hasil pengukuran kemudian dianalisa dan dibandingkan dengan data antropometri standar untuk mengetahui apakah keadaan tersebut optimal atau tidak.

Daerah optimum untuk pergerakan tangan dan kaki dapat dilihat pada Gambar 8. Ukuran yang digunakan dalam gambar tersebut adalah ukuran untuk orang Belanda, sehingga apabila dipergunakan untuk ukuran orang Indonesia maka perlu dilakukan koreksi dengan mengalikan hasil pengukuran dengan faktor koreksi sebesar 1.073. Perhitungan faktor koreksi tersebut adalah merupakan perbandingan rata-rata untuk ukuran tubuh orang Belanda dengan ukuran tubuh orang Indone-

sia. Dengan demikian gambar yang dikutip dari Zander (1972) dapat dipergunakan untuk orang Indonesia.

Data yang diambil meliputi data becak kosong tanpa pengemudi dan beban, dan data becak dengan pengemudi, yaitu dengan memperhatikan posisi pengemudi pada saat mengemudikan becaknya.

Data yang diambil pada becak tanpa pengemudi adalah :

- a. Jarak sadel ke kemudi
- b. Jarak sadel ke poros pedal
- c. Panjang batang pedal
- d. Sudut belokan
- e. Kemiringan maksimum

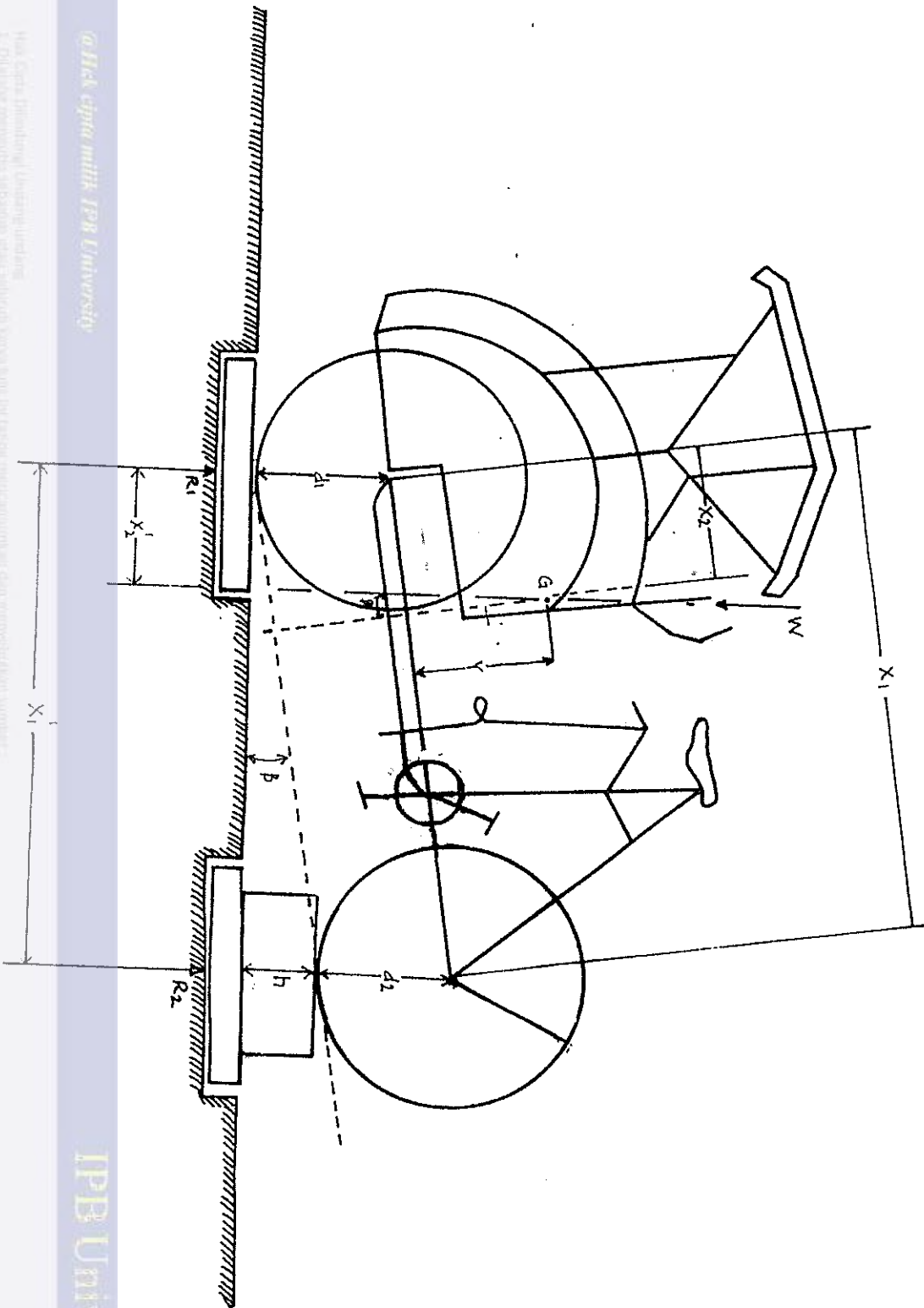
Data yang diambil yang diambil pada becak dengan memperhatikan posisi pengemudi adalah :

- a. Jarak penglihatan terdekat dan terjauh
- b. Jarak bahu ke kemudi pada posisi lurus
- c. Jarak bahu ke kemudi pada posisi belok maksimum
- d. Jarak bahu ke batang rem
- e. Sudut antara tubuh dengan paha
- f. Sudut paha dengan tungkai bawah

Hasil Cara Menimbang Menggunakan

1. Diukur menggunakan jangka sorong atau mistar
2. Diukur menggunakan neraca analitis
3. Diukur menggunakan timbangan
4. Diukur menggunakan neraca analitis
5. Diukur menggunakan neraca analitis
6. Diukur menggunakan neraca analitis
7. Diukur menggunakan neraca analitis
8. Diukur menggunakan neraca analitis
9. Diukur menggunakan neraca analitis
10. Diukur menggunakan neraca analitis

Gambar 13 . Penimbangan becak posisi miring



diplotkan dengan hasil pengukuran alat kendali pada daerah optimum pergerakan tangan dan kaki yang terdapat pada Zander J. (1972), setelah terlebih dahulu dilakukan koreksi dengan mengalikan setiap faktor dengan nilai 1.073 yang merupakan nilai perbandingan rata-rata ukuran tubuh orang Belanda dengan orang Indonesia.

Tabel 4. Hasil pengukuran dimensi bagian-bagian becak yang berhubungan dengan pengemudi

no	Posisi	jarak(cm)	sudut(°)
1.	sadel ke sumbu pedal	73.25	14.27
2.	sadel ke kemudi	36.27	40.1 110.85
3.	kemiringan maksimum		
	a. kanan		13.10
	b. kiri		12.36
4.	bahu ke kemudi		
	a. posisi lurus	80.21	
	b. posisi miring	113.61	
5.	bahu ke batang rem	74.21	
6.	kemiringan punggung		24.79
7.	punggung ke paha		149.38

Dari hasil pengukuran tersebut ternyata banyak dijumpai jarak yang tidak optimum pada peralatan utama di dalam proses pengemudian becak, yaitu :

1. Jarak sadel ke kemudi

Pada proses pengemudian becak dijumpai dua macam penggunaan tenaga, yaitu tenaga untuk mengayuh pedal dan tenaga untuk mengemudikan

becak. Dalam sistem pengemudian, gerakan yang digunakan harus memenuhi dua hal, yaitu terjaminnya kecepatan gerak dan ketepatan kemudi pada posisi tertentu. Untuk mendapatkan gerakan yang demikian, menurut Singleton (1972) dibutuhkan suatu ketepatan gerak maksimum dimana gerakan ini akan diperoleh apabila gerakan sendi pada kelompok otot penggerak utamanya seimbang dengan kelompok antagonisnya.

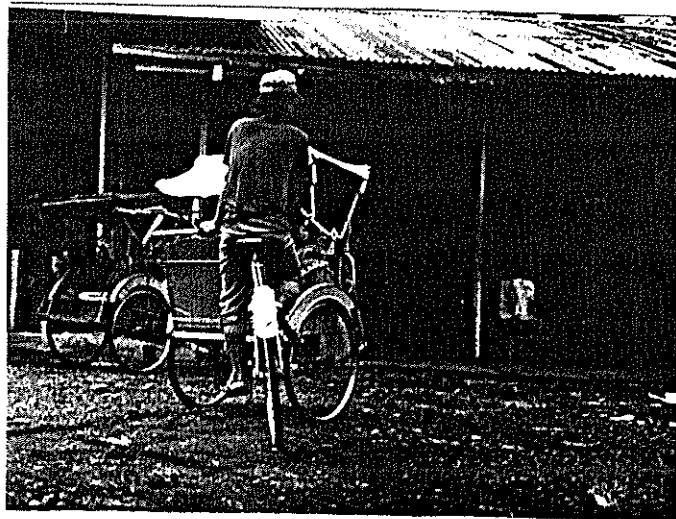
Apabila ketentuan tersebut diterapkan pada sistem pengemudian becak, ternyata masalah ketepatan dan kestabilan kemudi tidak terpenuhi. Hal ini disebabkan karena jarak sadel ke kemudi hanya 40.1 cm dan letaknya yang terlalu rendah. Jarak ini merupakan hambatan untuk mencapai ketepatan gerak dalam proses pengemudian. Akibat jarak yang terlalu pendek dan terlalu rendah ini menyebabkan terjadinya beberapa posisi tubuh yang tidak dikehendaki dalam proses pengemudiannya (Gambar 14a.), yaitu :

- a. Posisi badan pengemudi harus condong ke depan sebesar 24.8°
- b. Posisi lengan lurus (ekstensi)
- c. Posisi paha abduksi

Menurut Sastrowinoto (1985), dalam melakukan suatu gerakan bila mungkin hendaknya dilakukan



Gambar 14a. Posisi pengemudi saat mengemudi becaknya



Gambar 14b. Posisi pengemudi saat membelokkan becak.



gerakan horizontal, karena gerak horizontal lebih efisien dibandingkan gerak vertikal. Pergerakan pada batang kemudi dilakukan oleh kedua lengan. Lengan tersebut dalam keadaan ekstensi dan tenaga gerak terutama diperoleh dari rotasi tubuh. Dalam posisi tubuh yang demikian posisi lengan mendekati arah vertikal, sedangkan batang kemudi bergerak pada bidang horizontal. Dengan demikian beban pada lengan menjadi cukup besar, beban lengan yang besar ini menyebabkan gaya yang dibutuhkan untuk menggerakkan batang kemudi menjadi lebih besar.

Pada proses pembelokan becak terjadi rotasi lateral pada tubuh yang diikuti dengan sedikit fleksi dan ekstensi pada lengan, seperti yang terlihat pada Gambar 14b., akibat selanjutnya badan pengemudi harus lebih condong lagi ke depan. Gerakan dan posisi demikian sama sekali tidak stabil dan sulit sekali untuk memperoleh ketepatan. Untuk memenuhi syarat ketepatan dan kestabilan, proses pengemudian yang paling baik harus dilakukan oleh kedua lengan atas dengan kontraksi otot-otot lengan atas (Singleton, 1972). Untuk itu jarak bahu ke batang kemudi harus lebih kecil daripada panjang lengan, termasuk pada saat terjadi pembelokan maksimum.

Disamping itu terdapat masalah lain pada saat terjadi pembelokan. Pada saat pengemudi membelokkan kendaraannya berarti dia juga menggerakkan kedua roda depan dengan seluruh beban yang tertumpu pada kedua roda tersebut, yaitu seluruh bangunan becak dan muatannya, sehingga tenaga dorong yang dikerahkan pengemudi untuk melawan beban harus cukup besar, apalagi bila beban yang dibawa oleh pengemudi cukup berat. Hal tersebut sebenarnya bisa dihindari bila roda yang digerakkan hanya sebuah saja dan tidak menompang beban becak serta muatannya.



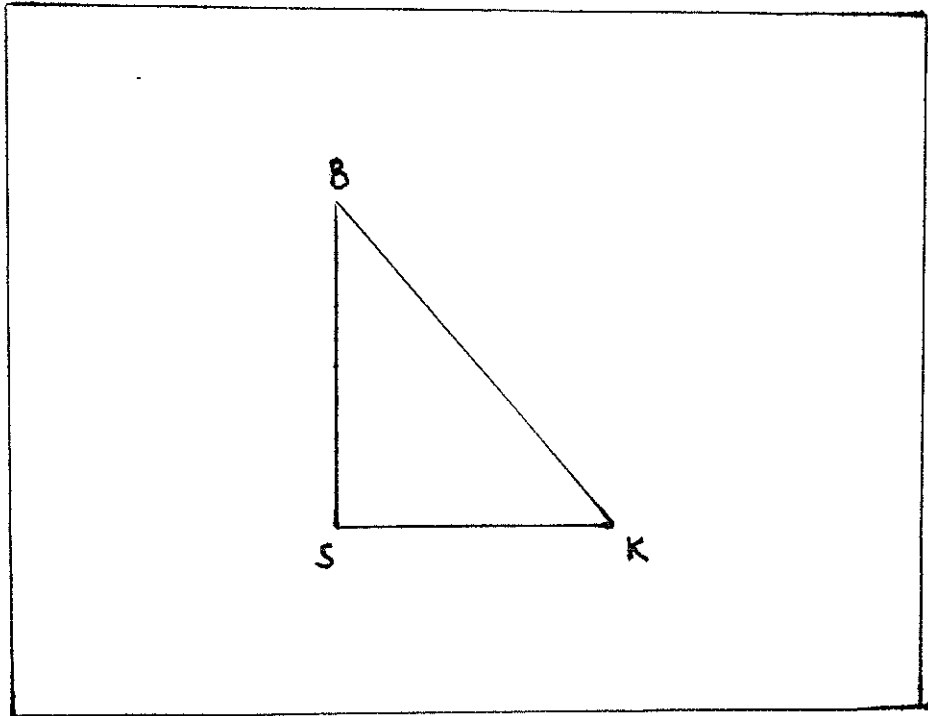
Gambar 15. Posisi paha abduksi pada pengemudi akibat jarak sadel ke kemudi yang terlalu pendek

Masalah selanjutnya adalah posisi abduksi paha pada waktu mengayuh becak seperti pada Gambar 15. Posisi ini terjadi karena jarak sadel ke kemudi lebih pendek daripada panjang paha rata-rata menurut data antropometri orang Indonesia pada Lampiran 1. Dalam posisi demikian tenaga yang diperoleh tidak sebesar apabila posisi paha adduksi, karena posisi paha yang ideal untuk dapat menghasilkan tenaga maksimum pada penekanan pedal adalah posisi adduksi (Singleton, 1972).

Dari banyaknya permasalahan yang timbul akibat terlalu dekatnya jarak sadel ke kemudi maka hendaknya perlu diadakan perbaikan dalam ukuran jarak tersebut. Jarak yang ideal dapat dicari dengan menggunakan rumus Phytagoras dan sketsa tersebut dapat dilihat pada Gambar 16.

Dengan memperhatikan segitiga siku-siku BSK dimana B adalah bahu, S adalah sadel dan K adalah kemudi; maka $BK^2 = BS^2 + SK^2$. Nilai BS dapat diperoleh dari selisih antara tinggi bahu dan tinggi pinggul pada Lampiran 1., yaitu 39.0 cm. Nilai BK diperoleh atas dasar kesetaraan dengan panjang lengan, sehingga diperoleh nilai SK sebesar 54.1 cm. Jarak tersebut adalah cukup ideal karena lebih kecil dari panjang lengan

rata-rata menurut data antropometri, sehingga posisi lengan tidak lagi lurus. Disamping itu perlu diperhatikan pula posisi kemudi, posisi tersebut hendaknya terletak diantara siku dan bahu agar didapatkan kerja yang efisien (Sastrowinoto, 1985).



Gambar 16. Sketsa penentuan jarak optimal sadel ke kemudi

2. Jarak batang rem

Gerakan untuk pengereman adalah gerakan kombinasi antara kekuatan dan ketepatan. Pada kendaraan becak yang diteliti, sistem pengereman terdiri atas suatu batang rem yang terletak dibawah sadel dan dihubungkan melalui sistem pengungkit dengan kampas rem yang bersinggungan dengan bagian besi roda belakang. Pada posisi tersebut aspek kekuatan pengereman sudah dapat dipenuhi, sebab tenaga gerak untuk mendorong batang rem ke bawah digunakan gaya berat tubuh pengemudi yang searah dengan gravitasi. Hal ini sesuai dengan prinsip aplikasi kekuatan untuk memperoleh gerak ekonomis (Singleton, 1972). Akan tetapi pada posisi demikian unsur ketepatan gerak kurang dapat dikontrol karena adanya gaya antagonis terhadap gravitasi yang merupakan kontraksi otot-otot ekstensor pada punggung atau fleksi pada lengan. Disamping itu fleksi lengan harus diimbangi dengan pengalihan berat badan pada lengan yang lain yang memegang kemudi, keadaan yang demikian tersebut sulit untuk diimbangi.

Dari hasil pengeplotan pada Zander J. (1972) setelah dikalikan dengan faktor koreksi sebesar 1.073 didapatkan bahwa batang rem tersebut terletak diluar jangkauan tangan optimum



bahkan terletak di luar jangkauan tangan maksimum, akibatnya pengereman hanya mungkin dilakukan dengan melakukan fleksi dan rotasi punggung agar salah satu tangan pengemudi dapat mencapai batang rem. Gerakan tersebut kurang efisien, karena dalam tatanan komponen dan peralatan harus menjamin lancarnya gerakan. Menurut Sastrowinoto (1985) semua kebutuhan peralatan harus ditata secara setengah lingkaran didepan operator. Kecermatan terbesar pada gerakan meraih terjadi apabila obyek ditaruh di depan pusat badan dan setinggi perut operator. Wilayah kerja dan raihan optimal berada pada busur yang beradius 34-35 cm yang diukur dari siku dengan lengan atas yang menggantung sejajar.

3. Jarak Sadel ke Poros Pedal

Tenaga untuk mengayuh pedal sebagai sumber tenaga untuk melajukan becak dilakukan oleh kedua kaki pengemudi yang ditekankan secara bergantian pada pedal. Tenaga tekan dilakukan oleh telapak kaki.

Menurut Singleton (1972) untuk memperoleh tenaga yang maksimum pada gerakan penekanan pedal, posisi ideal sudut antara punggung dan paha sekitar 90° , sudut paha dengan tungkai

sekitar 160° , dan sudut tungkai bawah dengan kaki sekitar 90° dengan dorongan miring ke depan mendekati arah horizontal.

Pada becak diperoleh bahwa jarak sadel dan pedal adalah 73.25 cm. dan panjang pedal 18.00 cm. Dari hasil kuesioner didapatkan bahwa posisi tumit pengemudi tidak efisien yaitu 36% pengemudi melakukan ekstensi kaki (*jinjit*) agar ujung telapak kaki dapat mencapai pedal (Gambar 15.),¹⁷ dan 64% pengemudi bahkan samasekali tidak dapat mencapainya sehingga posisi kaki menggantung. Keadaan tersebut tidak memungkinkan dilakukan penekanan pedal dengan tumit sebagai titik aplikasi tenaga tekan. Untuk itu perlu dianalisa lebih lanjut mengenai jarak sadel ke pedal dan panjang radius pedal pada becak, agar diperoleh penggunaan tenaga yang efisien.

Untuk menentukan ukuran panjang radius pedal dan jarak antara sadel dan poros pedal yang dianggap dapat menghasilkan efisiensi tenaga secara optimal ialah dengan menggunakan data penunjang dari aspek antropometri. Dasar antropometri yang digunakan adalah panjang paha dan tinggi lutut seperti yang terdapat pada Lampiran 1.

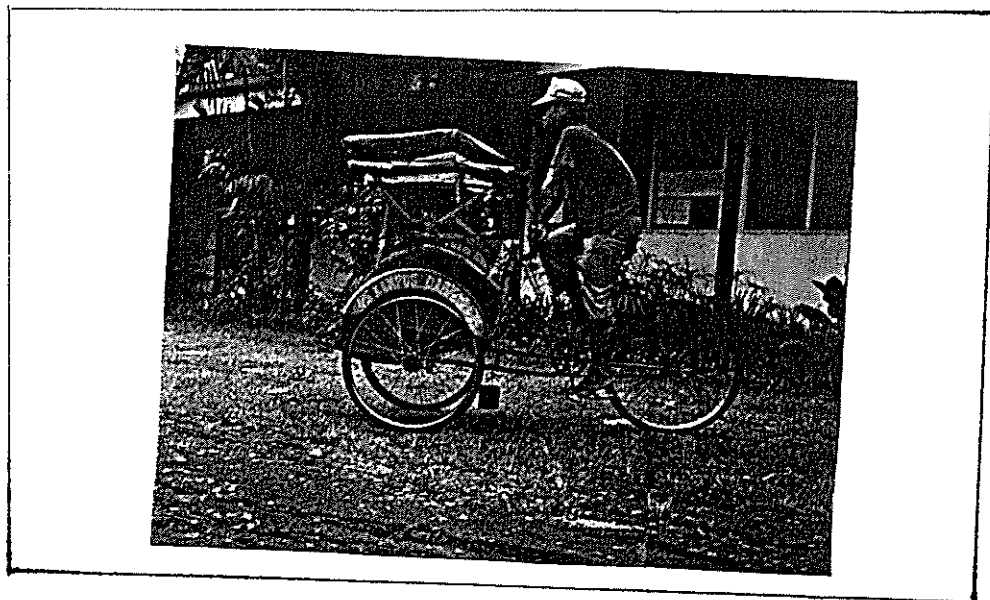
Kusen (1983), menyatakan bahwa panjang paha dan tinggi lutut dapat disetarakan dengan piston

dan lengan piston pada motor bakar internal. Pada manusia kedua ukuran tersebut sudah tetap dan menjadi faktor pembatas dalam menentukan panjang langkah atau *stroke* yang sesuai dengan mekanisme pedal. Oleh karena itu ukuran radius pedal yang sesuai akan terikat oleh ukuran panjang paha dan tinggi lutut.

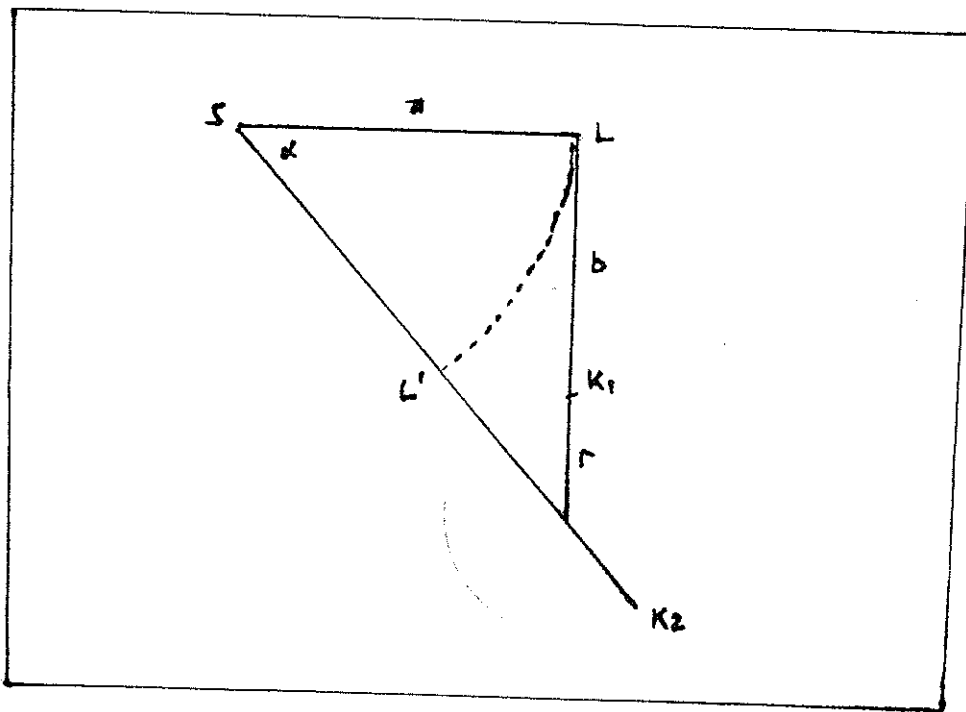
Dari segi biomekanik, gerak paha dan betis terbatas terhadap selang tertentu, yang terpenting diantaranya adalah :

- a. Selang sudut gerak paha terhadap betis optimum sebesar 120° atau sudut terkecil sekitar 60° (Woodson, 1960 dalam Kusen, 1983).
- b. Selang sudut antara paha dan betis atau *knee-flexion* untuk menekan gaya pedal mulai dari 130 sampai 165 (Damon, et all, 1966 dalam Kusen, 1983).

Dengan memperhitungkan persyaratan teknis dari dari segi antropometer, Kusen (1983) telah membuat model mekanik seperti yang tertera pada Gambar 18



Gambar 17. Pengemudi melakukan ekstensi kaki agar ujung telapak kaki dapat mencapai pedal.



Gambar 18. Model mekanik mekanisme pengayuhan transmisi sepeda

keterangan :

S = posisi sadel

L = posisi lutut

a = panjang paha

b = titik pusat radius pedal

P = posisi titik pusat radius pedal

K = posisi telapak kaki

Telapak kaki (K) akan bergerak pada lintasan busur radius pedal (r). Jarak maksimum pedal atau sadel ke telapak kaki ($S+K$) tidak boleh melebihi panjang paha dan tinggi lutut ($a+b$). Pada posisi tersebut a dan b bergerak pada posisi garis lurus dan akan menghimpit r . Titik perpotongan LK_1 (b pada posisi tegak) dengan poros garis L_1K_2 (ketika a dan b satu poros) ialah pusat radius pedal (P).

Sistem mekanisme model mekanik tersebut terikat oleh ukuran a , b dan r . Dengan memperhatikan segitiga siku-siku SLP, $SL = a$, $LP = (b+r)$ dan $SP = (a+b)-r$, maka $SP^2 = SL^2 + LP^2$. Dengan demikian untuk segitiga siku-siku SLP berlaku :

$$SP^2 = SL^2 + LP^2$$

$$(a + b) - r)^2 = a^2 + (b+r)^2$$

maka diperoleh



$$r = \frac{a \times b}{(a + 2b)} \dots\dots\dots(18)$$

dari rumus tersebut diperoleh panjang ruas pedal yang optimal berdasarkan data antropometri rata-rata orang Indonesia pada Lampiran 1. adalah 15.4 cm maka jarak sadel ke poros pedal yang optimum adalah 63.8 cm.

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan, didapatkan bahwa kontruksi becak yang ada mempunyai banyak kelemahan dari segi antropometri, akibatnya tujuan ergonomi seperti yang dikemukakan sebelumnya tidak terpenuhi.

Masalah penggunaan tenaga yang tidak efisien telah dibahas diatas, selanjutnya dari hasil kuesioner diperoleh data mengenai keluhan pengemudi seperti yang tertera pada Tabel 5.

Keluhan yang banyak dialami oleh pengemudi adalah rasa sakit pada tengkuk, punggung dan pinggang. Akibat jarak bahu ke kemudi yang lebih panjang dari ukuran panjang lengan maka posisi pengemudi harus condong ke depan sebesar 24.79° terhadap bidang koronal dan ditopang oleh tiga titik tumpu, yaitu kedua lengan pada batang kemudi dan pantat pada sadel. Pada posisi demikian berarti banyak otot yang harus berkontraksi untuk mempertahankan keseimbangan tubuhnya.

Tabel 5. Keluhan yang banyak di derita pengemudi becak

No	Keluhan	Jumlah
1.	Mengenai tengkuk	85%
2.	Mengenai punggung	80%
3.	Mengenai pinggang	80%
4.	Mengenai lengan dan tangan	21%
5.	Mengenai lutut dan kaki	55%
6.	Tanpa keluhan	15%

Otot-otot ekstensor pada kepala dan leher akan bekerja karena kepala terletak di luar bidang tumpu kedua lengan, sehingga untuk mempertahankan posisinya kepala harus ditegakkan oleh otot-otot ekstensor. Apalagi dengan adanya atap yang menghalangi pandangan

pengemudi, usaha pengemudi untuk melihat jalan yang di depannya dengan cara menegakkan kepalanya akan menyebabkan otot-otot ekstensor pada daerah leher atas yaitu tengkuk akan berkontraksi terus menerus dalam waktu yang lama. Adanya atap di depan pengemudi juga merupakan faktor yang perlu dikoreksi demi terjaminnya keamanan pengemudi. Dari hasil penelitian diperoleh bahwa jarak terdekat yang dapat dilihat pengemudi adalah 340.0 cm dan jarak terjauh adalah 650.0 cm. Dari kenyataan tersebut berarti pengemudi tidak dapat melihat keadaan jalan yang akan dilalui yang berada diantara becak dengan jarak terdekat tersebut.

Selain bekerjanya otot-otot ekstensor pada tengkuk, pada punggung dan pinggangpun bekerja otot-otot yang sama agar posisi miring tersebut dapat dipertahankan, sehingga rasa sakit pada daerah pinggang juga banyak dikeluhkan oleh pengemudi becak.

Keluhan lain yang dialami pengemudi adalah pada kaki terutama pada bagian paha. Keluhan ini kemungkinan besar terjadi karena kerja gaya yang berlebihan pada otot-otot kaki, seperti yang telah dikemukakan sebelumnya. Keluhan ini mungkin dapat dikurangi apabila tenaga pengayuhan pedal digunakan secara lebih efisien, yaitu dengan kedudukan paha adduksi.

Rasa sakit pada lengan mungkin terjadi karena kontraksi otot yang berlebihan akibat besar beban

yang berlebihan maupun dalam rangka menompang badan pengemudi yang condong tersebut.

Keluhan-keluhan yang dialami oleh pengemudi di atas kebanyakan disebabkan karena terjadinya otot-otot ekstensor yang terlalu berat sehingga terjadi kerja otot statik. Pada kerja otot statik, saluran darah akan terdesak karena naiknya tekanan dalam otot jumlah darah yang mengalir ke situ menjadi berkurang, sehingga hanya sedikit menerima gula maupun oksigen dari darah, jadi darah harus memakan cadangannya sendiri. Disamping itu akan menyebabkan terjadinya penimbunan asam laktat, yang mengakibatkan rasa sakit dan lelah pada otot.

Posisi pengemudi yang ideal dalam hal kenyamanan akan diperoleh bila kerja otot statik dapat dihindari, dan bila beban kepala dan badan pengemudi ditopang oleh *columna vertebralis* yang dibantu oleh penompang dari luar. Dengan demikian kerja kedua lengan dan kontraksi otot ekstensor pada punggung tidak terlibat. Hal ini dapat dicapai apabila posisi punggung lurus dan sedikit condong ke belakang. Kecondongan ini dapat ditopang oleh sandaran yang dipasang di belakang di atas sadel, dengan kecondongan antara 5° sampai 10° (Suwarno, dkk 1981 dalam Pratiknya 1984). Dengan posisi demikian berat

tubuh ditopang oleh sandaran ke arah belakang dan oleh *columna vertebralis* dan oleh sadel ke arah bawah.

B. ANALISA STABILITAS

1. Analisa Statika

Stabilitas suatu benda diperoleh apabila proyeksi titik berat benda berada dalam bidang tumpu. Proyeksi tersebut adalah merupakan gaya gravitasi yang bekerja pada benda tersebut.

Untuk menentukan letak titik berat pada becak dilakukan metoda timbang. Dengan menggunakan Persamaan 13. dan 14. didapatkan nilai untuk letak titik berat pada sumbu horizontal dan untuk mendapatkan letak titik berat pada sumbu vertikal digunakan persamaan 17. Hasil penimbangan tersebut dapat dilihat pada Lampiran 6. dan Lampiran 7.

Sistem penimbangan tersebut dilakukan dengan berbagai variasi beban dan posisi pembebanan yang berubah-ubah agar didapatkan data yang presentatif. Dari hasil penimbangan tersebut didapatkan titik berat rata-rata pada sumbu horizontal adalah 31.55 cm dan 32.17 cm, sedang titik berat rata-rata pada sumbu vertikal adalah 29.59 cm diukur dari poros penyangga roda.

Pada suatu kemiringan tertentu letak titik berat akan mempengaruhi keseimbangan suatu unit kendaraan, bahaya terguling akan terjadi apabila garis kerja berat berhimpit dengan salah satu titik tumpu roda. Seperti yang telah dikemukakan sebelumnya bahwa keseimbangan suatu kendaraan juga dipengaruhi oleh ketinggian letak titik berat. Semakin tinggi letak titik berat maka keseimbangan akan semakin berkurang. Pada batas kemiringan tertentu (kemiringan kritis) kendaraan akan terguling. Dari hasil Persamaan 9. diperoleh besar sudut kritis sebesar 13.72°

2. Analisa Dinamik

Pada benda yang bergerak, termasuk kendaraan disamping gaya tarik bumi perlu diperhatikan bekerjanya gaya kedua pada benda tersebut, dan seberapa jauh benda yang bergerak tersebut berada dalam keseimbangan dinamis. Gaya kedua tersebut akan menarik benda pada titik beratnya ke suatu arah tertentu. Besar kecilnya gaya kedua ini akan mempengaruhi pergeseran titik berat kendaraan. Pergeseran proyeksi titik berat tersebut akan menyebabkan bergeraknya kendaraan ke arah pergeseran sehingga dijumpai keseimbangan dinamis. Apabila keseimbangan tersebut terganggu,

misalnya karena adanya gaya ketiga yang arahnya berlawanan dengan arah gaya kedua secara tiba-tiba, maka gerakan terhadap pergeseran proyeksi titik berat tidak efektif lagi, sehingga proyeksi tersebut akan berada di luar bidang tumpu, akibatnya kendaraan akan terguling. Misalnya pada waktu kendaraan melaju dengan cepat dan tiba-tiba saja dilakukan pengereman, atau kendaraan harus melalui suatu gundukan maka stabilitas kendaraan akan terganggu.

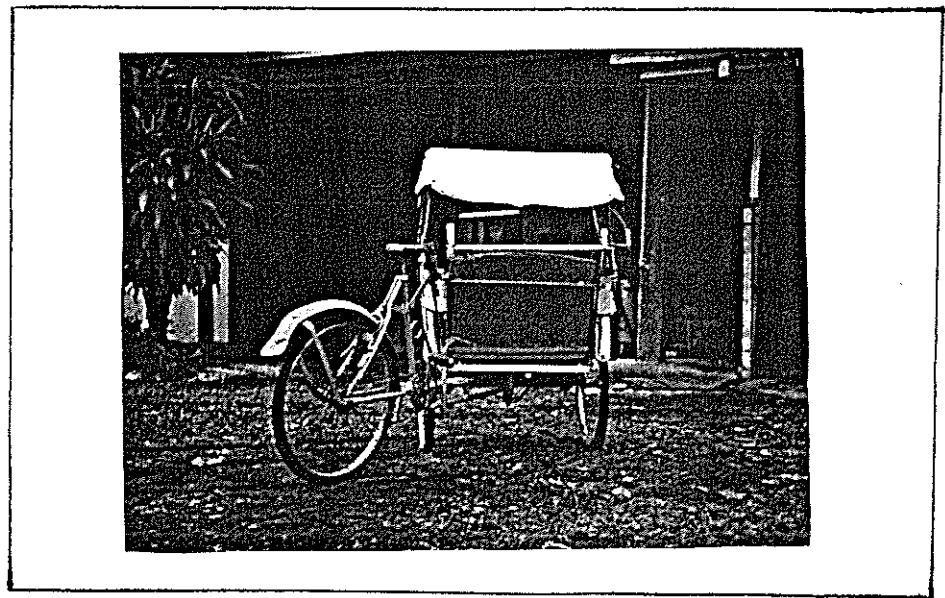
Apabila becak berjalan dengan kecepatan tertentu kemudian tiba-tiba salah satu ban harus melewati suatu gundukan maka becak dapat terguling ke arah yang berlawanan.

Sudut belokan pada becak adalah 110.85° , nilai ini terlalu besar karena akan mengganggu stabilitas becak. Pada suatu kendaraan sudut belokan tidak boleh melebihi 90° atau masing-masing tidak boleh melebihi 45° ke arah dua sisi. Gaya hasil pengayuhan yaitu gaya dorong roda belakang dapat diuraikan menjadi dua komponen gaya yaitu gaya yang searah roda depan dan gaya yang tegak lurus roda depan. Bila sudut belokan semakin besar maka gaya yang tegak lurus roda depan akan semakin besar dan gaya yang searah roda depan akan semakin kecil, akibatnya gaya



tegak lurus akan menggeser proyeksi titik berat sampai melewati bidang tumpu, sehingga keseimbangan becak akan terganggu.

Disamping itu besarnya sudut belokan ini akan mempersempit bidang tumpu pada saat kendaraan membelok. Seperti yang diketahui bidang tumpu becak merupakan bidang segitiga dengan titik sudut persinggungan ketiga roda kendaraan dengan tanah. Pada saat terjadi belokan kedua roda depan akan bergeser mendekati sumbu longitudinal pada kendaraan. Dengan mendekatnya kedua sisi samping segitiga ini maka bidang tumpu akan dipersempit, sehingga gaya tegak lurus pada roda depan yang cukup besar akan dapat menggulingkan kendaraan ke samping.



Gambar 19. Sudut belokan pada becak sebesar 110.85°

Pada saat becak membelok maksimum ke kanan atau ke kiri becak mempunyai sudut kemiringan sebesar 13.10° . Kemiringan ini akan menyebabkan laterisasi proyeksi titik berat pada becak sementara bidang tumpu telah menyempit, sehingga proyeksi titik berat akan berada di luar bidang tumpu.

Dari analisis secara antropometri banyak dijumpai ketidaktepatan, antara lain jarak sadel ke kemudi yang terlalu dekat dan letak kemudi yang terlalu rendah. Sistem pengemudian seperti ini akan melemahkan stabilitas kendaraan karena pengemudi tidak dapat sepenuhnya menguasai batang kemudi. Seperti yang telah dikemukakan di atas pengemudi terpaksa melakukan fleksi tubuh dan mengemudi dengan lengan ekstensi untuk dapat mencapai batang kemudi. Pada saat memebelok tubuh pengemudi akan semakin condong. Keadaan seperti ini tidak menjamin penguasaan batang secara penuh, yang berarti pula kelemahan pada stabilitas kendaraan.

Letak batang rem yang berada di luar jangkauan maksimum tanganpun akan berpengaruh pada stabilitas becak, terutama pada saat pengereman dilakukan. Pada saat itu pengemudi harus melepas salah satu tangannya dari batang kemudi untuk me-



nekan batang rem, sehingga proses pengemudian hanya dilakukan dengan satu tangan saja. Pada hal saat dilakukan pengereman biasanya dibutuhkan penguasaan yang sepenuhnya pada kemudi, misalnya pada saat kendaraan menurun atau pada saat membelok.

Disamping terganggunya stabilitas kendaraan, sistem pengereman tersebut tidak menjamin stabilitas kedudukan pengemudi di atas becak. Titik tumpu pengemudi pada saat melajukan kendaraan ada tiga yaitu pantat pada sadel dan kedua tangan pada batang kemudi. Pada saat pengereman dilakukan berarti hanya tinggal dua titik tumpu yang secara efektif menumpu berat tubuh. Keadaan ini tidak menguntungkan terhadap stabilitas kedudukan pengemudi di atas becak.

C. ANALISA KEBUTUHAN TENAGA

Konsumsi oksigen untuk kondisi basal yang digunakan dalam perhitungan adalah hasil penelitian di Jepang yang telah dikalibrasi dari hasil penelitian dari 'Studi Pendahuluan Mengenai Metabolisme Basal Wanita dan Laki-laki Dewasa Indonesia' yang dilakukan oleh Lembaga Gizi Masyarakat Indonesia.

Apabila dibandingkan dengan hasil penelitian di Jepang, tingkat konsumsi oksigen (cc/menit) untuk



orang dengan luas permukaan kulit yang sama memberikan hasil yang berbeda. Karena belum tersedianya data mengenai kebutuhan kebutuhan energi basal untuk tiap tingkat luasan permukaan kulit yang berbeda, digunakan data konsumsi oksigen pada kondisi basal dengan memberikan satu faktor koreksi. Perhitungan menentukan faktor koreksi tersebut telah dilakukan oleh Sarwono (1990), seperti yang terdapat dalam Lampiran 4. dan tabel hasil perhitungan tersebut dapat dilihat pada Lampiran 5.

Dari hasil perhitungan Laju Metabolisme Relatif dalam mengemudikan becak dengan beban kerja mulai dari 0-150 kg dihasilkan klasifikasi beban fisik yang terus meningkat sesuai dengan bertambahnya beban yang diberikan (Gambar 20). Penentuan klasifikasi beban kerja berdasarkan perhitungan Laju Metabolisma Relatif dapat dilihat pada Lampiran 12.

Seperti halnya penentuan klasifikasi beban kerja dengan menggunakan metoda L.M.R., penentuan klasifikasi beban kerja berdasarkan energi total yang diperlukan oleh tubuh dengan menggunakan rumus Weir dihasilkan klasifikasi beban kerja yang terus meningkat sesuai dengan bertambahnya beban (Gambar 21.)

Perbandingan penentuan klasifikasi beban kerja berdasarkan Metoda L.M.R., Rumus Weir, dan pengukuran denyut jantung dapat dilihat pada Tabel 6., 7., dan 8.

Tabel 6. Klasifikasi beban kerja berdasarkan Metoda L.M.R.

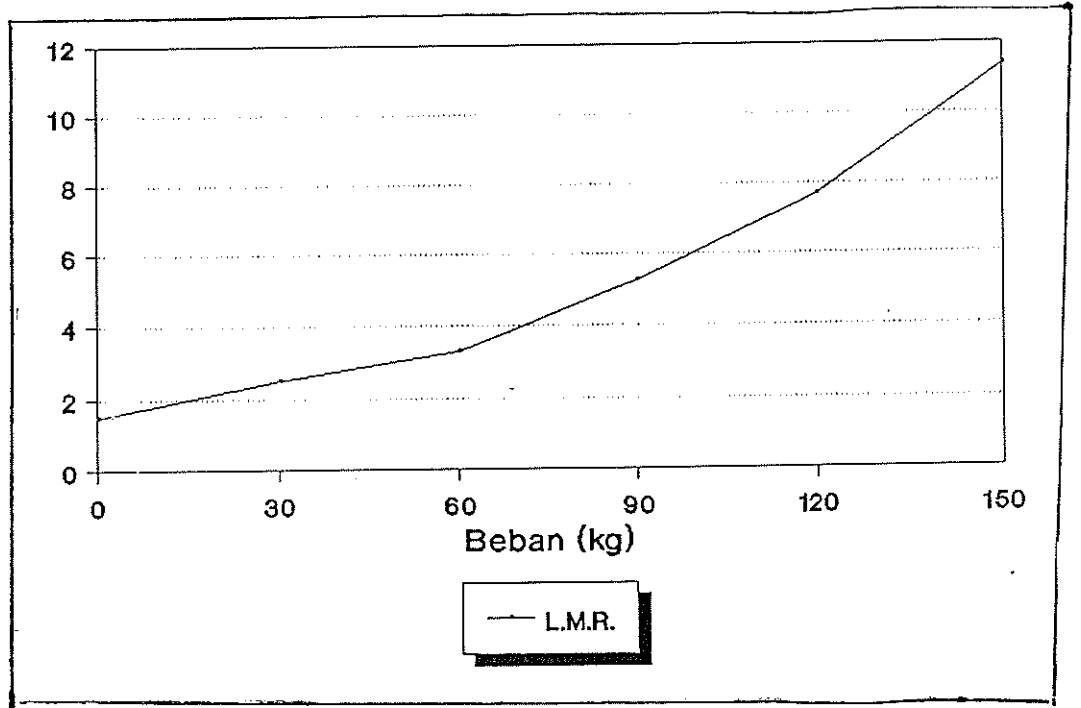
No	Beban (kg)	L.M.R.	Klasifikasi beban kerja
1.	-	1.49834	Ringan
2.	30	2.49787	Ringan
3.	60	3.30062	Sedang
4.	90	5.27866	Sangat Berat
5.	120	7.68502	Sangat Berat
6.	150	11.32926	Sangat Berat

Tabel 7. Klasifikasi beban kerja berdasar denyut jantung (denyut/menit)

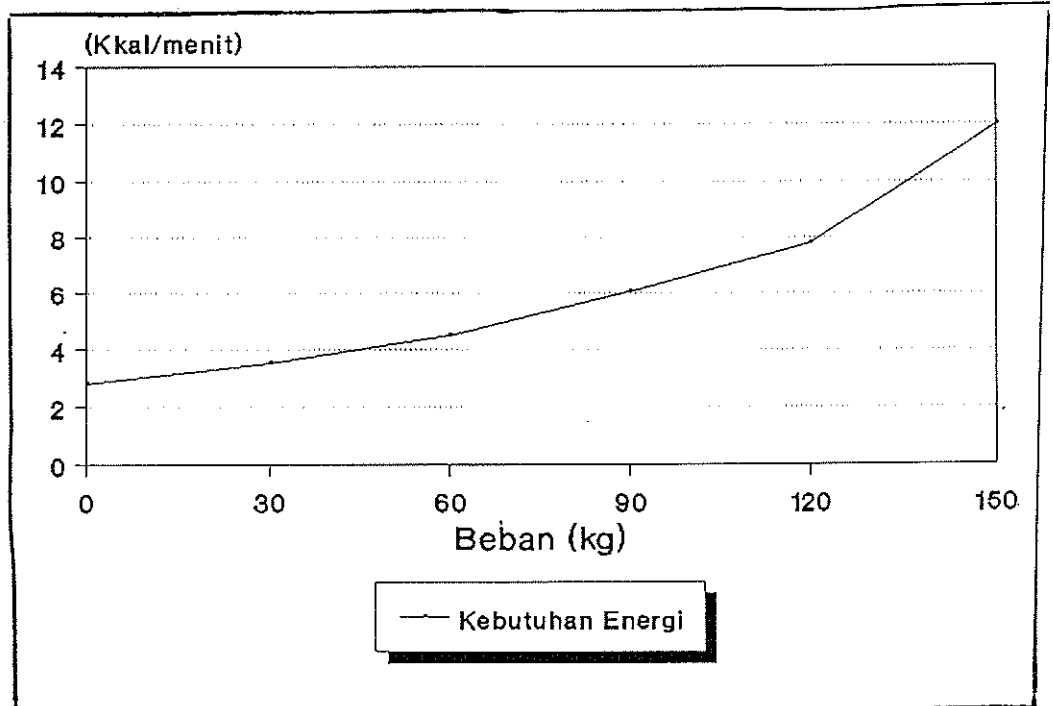
No	Beban (kg)	denyut jantung	Klasifikasi beban kerja
1.	-	85	Ringan
2.	30	93	Ringan
3.	60	95	Ringan
4.	90	111	Sedang
5.	120	139	Berat
6.	150	154	Sangat Berat

Tabel 8. Klasifikasi beban kerja berdasarkan kebutuhan energi total (KKal/menit)

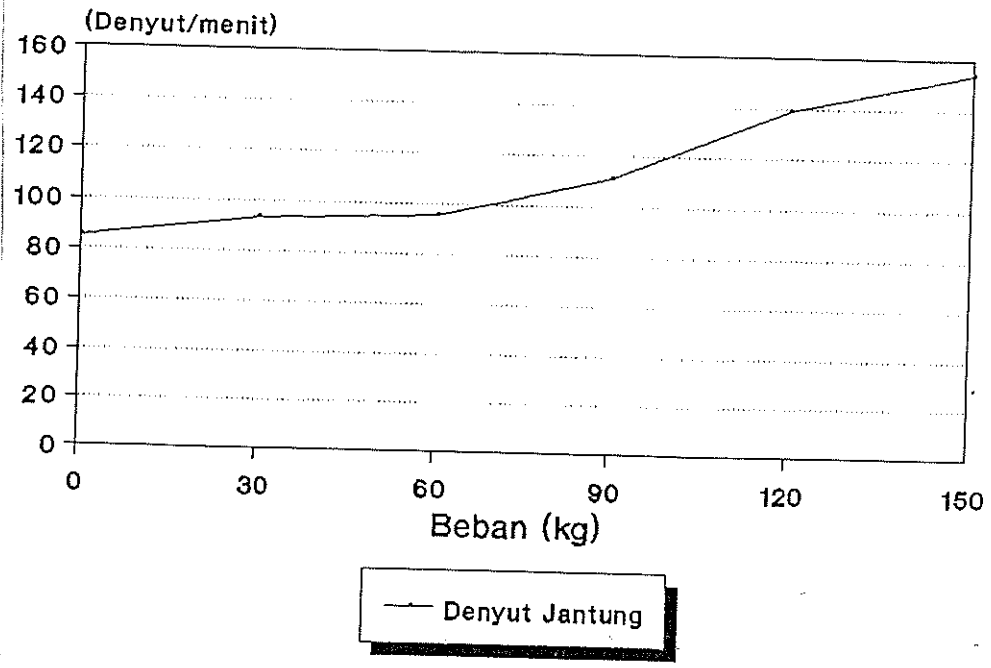
No	Beban (kg)	Kebutuhan energi	Klasifikasi beban kerja
1.	-	2.82922	Ringan
2.	30	3.52355	Ringan
3.	60	4.52255	Ringan
4.	90	6.05013	Sedang
5.	120	7.80509	Berat
6.	150	11.98105	Sangat Berat



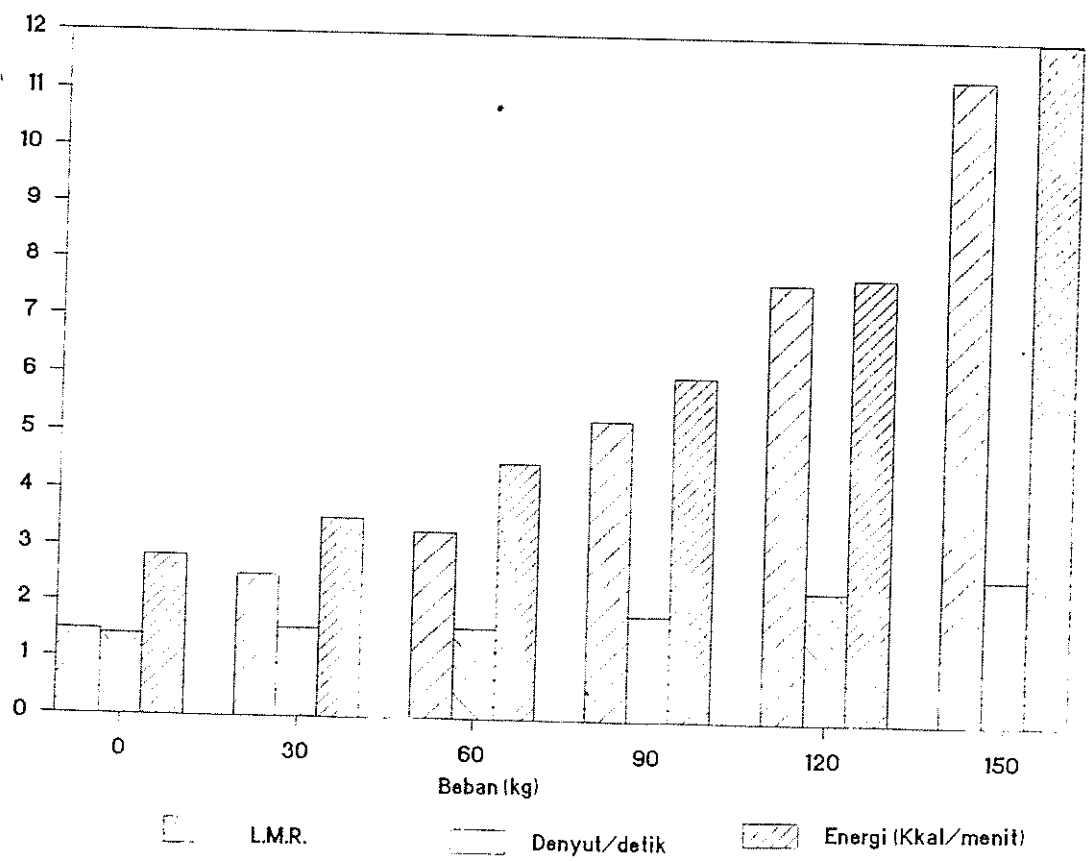
Gambar 20. Hubungan antara beban kerja dan L.M.R.



Gambar 21. Hubungan antara beban kerja dan kebutuhan energi



Gambar 22. Hubungan antara beban kerja dan denyut jantung yang terjadi



Gambar 23. Perbandingan klasifikasi beban kerja berdasarkan L.M.R., denyut jantung, dan kebutuhan energi

Klasifikasi beban kerja berdasarkan Rumus Weir (kebutuhan energi) dan denyut jantung memberikan hasil yang sama. Sedangkan penentuan berdasarkan L.M.R memberikan hasil yang berbeda, jumlah energi yang dikeluarkan per menit apabila dibandingkan dengan standart berdasarkan nilai L.M.R memberikan hasil yang sama untuk tingkat beban kerja 0 - 30 kg, pada tingkat beban 60 - 120 kg hasil yang diberikan berbeda, dan pada tingkat beban 150 kg hasil yang diberikan kembali sama.

Klasifikasi beban berdasarkan nilai L.M.R. dirasakan lebih sesuai bila dibandingkan dengan penggolongan berdasarkan kebutuhan energi per satuan waktu dan berdasarkan pengukuran denyut jantung yang selama ini digunakan. Klasifikasi beban kerja berdasarkan kebutuhan energi per satuan waktu yang dikeluarkan tidak menggambarkan kelelahan yang sebenarnya, karena menggunakan standart yang dibuat oleh orang Eropa, sehingga tidak sesuai bagi orang Indonesia yang mempunyai rata-rata ukuran antropometri yang lebih kecil.

Penentuan tingkat kelelahan dengan menggunakan L.M.R. memberikan nilai yang lebih seragam dan menggambarkan tingkat kelelahan yang sebenarnya karena merupakan nilai perbandingan kebutuhan energi seseorang saat bekerja, saat istirahat, dan kebutuhan energi pada saat basal.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

Dari hasil penelitian ini dapat diambil beberapa kesimpulan, yaitu sebagai berikut :

1. Berdasarkan analisa secara antropometri didapatkan bahwa pada konstruksi becak yang ada terdapat beberapa segi ketidaktepatan dalam konstruksinya, yaitu :
 - a. Terhalangnya pandangan pengemudi oleh atap kendaraan. Jarak terdekat yang dapat dilihat oleh pengemudi adalah 340.0 cm dan jarak terjauh adalah 650.0 cm, sehingga pengemudi tidak dapat melihat jalan yang akan dilaluinya. Akibatnya keamanan pengemudi kurang terjamin.
 - b. Jarak antara sadel ke kemudi yang terlalu pendek yaitu 40.0 cm sedangkan panjang paha menurut data antropometri adalah 44.2 cm, sehingga tenaga yang dihasilkan tidak efisien karena posisi paha abduksi.
 - c. Letak batang rem yang berada di luar jangkauan tangan optimum, akibatnya :
 - sistem pengereman menjadi kurang tepat
 - stabilitas kendaraan terganggu
 - terdapat gangguan pada sistem pengemudian

2. Pengemudian pada becak dilakukan dengan rotasi bagian depan pada kedua roda depannya, sehingga beban untuk membelokkan kendaraan terlalu berat. Disamping itu becak mempunyai sudut belokan yang terlalu besar yaitu 110.85° , sehingga stabilitas kendaraan akan terganggu.
3. Berdasarkan Laju Metabolisma Relatif rata-rata dalam mengemudi becak didapatkan nilai 5.26496 berarti pekerjaan ini tergolong dalam kerja sangat berat. Waktu istirahat rata-rata yang dibutuhkan adalah 3.42096 menit.
4. Berdasarkan kebutuhan tenaga total dalam mengemudi becak diperoleh nilai 6.11590 KKal/menit, dan tergolong dalam klasifikasi beban kerja sedang. Perhitungan dengan cara ini dirasa kurang sesuai dengan kondisi rata-rata orang Indonesia, karena ukuran tubuh orang Indonesia relatif lebih kecil daripada orang Eropa.

B. SARAN

Dari hasil penelitian tersebut didapatkan berbagai segi ketidaktepatan pada becak dari segi antropometri termasuk disini ergonomika, dan stabilitas kendaraan. Apabila fungsi becak sebagai kendaraan angkutan, khususnya untuk komoditi pertanian masih

ingin dipertahankan, maka hendaknya dipertimbangkan saran-saran berikut :

1. Batang kemudi dibuat setinggi siku dan berjarak rata-rata 54.1 cm dari pengemudi, sehingga tangan pengemudi dapat mencapai seluruh bagian kemudi tanpa merubah posisi tubuh.
3. Sistem pengereman dapat dilakukan dengan tangan atau kaki. Apabila dilakukan dengan tangan maka batang rem diletakkan pada batang kemudi, sehingga pada saat pengereman pengemudi tetap dapat melakukan pengemudian dengan kedua tangan. Apabila pengereman dengan kaki, pedal rem harus terletak di dekat pedal atau bahkan disatukan dengan pedal misalnya dengan arah pengayuhan ke belakang. Sistem pengereman sebaiknya berlangsung dengan memperlambat laju putaran semua roda, agar diperoleh stabilitas semua kendaraan.
4. Jarak sadel ke poros pedal optimum adalah 63.8 cm. Dan sebaiknya sadel dapat disetel naik turun sehingga sesuai dengan panjang kaki pengemudi. Ukuran radius pedal yang efisien dapat ditetapkan dengan rumus $r = a \times b / (a + b)$, dimana a = panjang paha dan b = tinggi lutut. Dari hasil perhitungan diperoleh ukuran radius pedal adalah 15.4 cm.

5. Posisi badan pengemudi di atas sadel hendaknya dibuat sedikit condong ke belakang (5° - 10°) dengan jalan melengkapi sadel dengan sandaran badan yang berfungsi untuk menopang berat badan pengemudi.

DAFTAR PUSTAKA

- Astrand, R. dan J.S. Robson. 1971. Textbook of Work Physiology. Mc Graw-Hill Kogakusha, Ltd., Tokyo.
- Daniel, K. Ergonomi. Di dalam Higene Perusahaan, Kesehatan dan Keselamatan Kerja 16:10
- Donathus, P. 1982. Statika Dinamika. Jurusan Mekanisasi Pertanian, IPB, Bogor.
- Herodian, S. 1986. Studi Teknis Penggunaan Gandengan (Trailer) di Pabrik Gula Bunga Mayang. Skripsi. IPB, Bogor.
- Hunt, D.R. dan Garver, L.W. 1973. Farm Machinery Mechanics. Iowa State University Press. Iowa
- Kobayashi, K.Y.O. 1989. Ergonomics in Farm Work. National Agriculture Research center, Tokyo.
- Kusen. 1978. Double Acting Freewheel System For Human Energi Trasmision. LH Landbowtechmick, Bogor.
- Kusen. 1983. Studi Transformasi Tenaga Manusia Ke Tenaga Mekanis Melalui Sistem Transmisi Sepeda. Tesis. IPB, Bogor.
- Kusen. 1989. Penerapan Asas Ergonomi pada Desain Alsin untuk Efisien, Kenyamanan dan Keselamatan Kerja. MP, FATETA, IPB. Bogor.
- Mangunwiyaoto, W. 1984. Buku Pelajaran Fisika. Erlangga, Jakarta.
- Manuaba, A. 1975. Anthropological Aspect of Asta KOsala Kosali, Proceeding. Pertemuan Nasional Anthropologi, Yogyakarta.
- Mc. Cormick, E. J. 1987. Human Factor in Engineering and Design. 6th. ed. McGraw-Hill Co., New York.
- Passmore, R dan J.S. Robson. 1971. A Companion to Medical Studies. Blackwell scientitic Publication, Oxford and Edinburg.
- Pratiknya, A.W. dan Risananto, S. Ergonomic Aspect of Driving. 1980. A Preliminary Report, Pertemuan Nasional PAAI, Semarang

- Purcell, W.F.H. 1980. The Human Factor In Farm And Industrial Equipment Design, American Society of Agricultural Engineers, New York.
- Rahardjani, B. 1978. Peranan Faal Kerja Dan Ergonomi. Lembaga Nasional Hygiene Perusahaan Dan Kesehatan Kerja.
- Sarwono, S. 1990. Menentukan Kebutuhan Tenaga dan Kebisingan Pada Unjuk Kerja Traktor Tangan Kubota K - 75. Skripsi. IPB, Bogor.
- Sastrowinoto, S. 1985. Meningkatkan Produktivitas Dengan Ergonomika. PT Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
- Sears, F.W. and Zemansky, M.W. 1962. Fisika Untuk Universitas. Binacipta. Bandung.
- Singleton, W.T. 1972. Introduction to Eragonomics. World Health Organization, Geneva.
- Suma'mur, P.K. 1989. Ergonomi Untuk Produktivitas Kerja. Yayasan Swabhawa Karya, Jakarta.
- Veau, B.L. 1977. Biomechanics of Human Motion. W.B. Saunders co, Philadelphia.
- Zander, J. 1972. Ergonomics in Machine Design, N.V. Veeman and Zonen, Wageningen.



Makalah Praktikum/ Ujian Akhir Semester

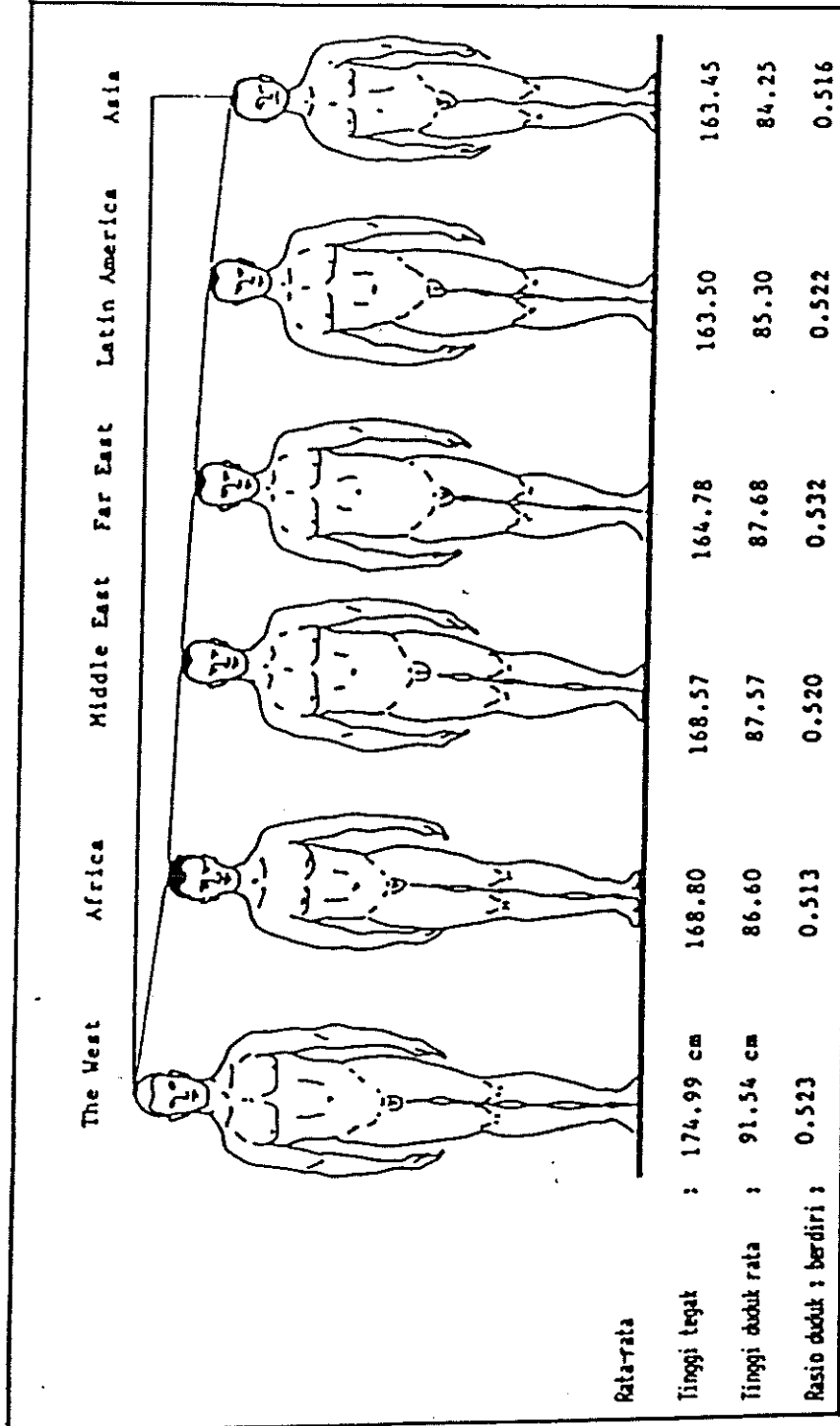
1. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
2. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
3. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
4. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
5. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
6. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
7. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
8. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
9. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.
10. Pengertian zoogeografi sebagai ilmu yang mempelajari tentang persebaran makhluk hidup.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Ukuran rata-rata antropometri berdasarkan negara di berbagai bagian dunia

Bagian dunia	Negara	Tinggi badan rata-rata (cm)	
		PRIA	WANITA
EROPA	Belgia	179.9	-
	Norwegia	177.5	-
	Inggris	177.4	-
	Swedia	175.8	163.8
	Jerman barat	174.9	-
	Perancis	171.3	-
	Italia	170.6	-
	Polandia	169.7	-
	Canada	177.4	-
AMERIKA	USA	177.2	162.0
	Tanzania	170.0	150.0
AFRIKA	Afrika selatan	169.0	156.9
	Tunisia	169.0	-
	Sudan	168.5	-
	Sahel	167.8	158.6
	Zimbabwe	165.0	155.0
	Ethiopia	170.0	160.0
	Zambia	168.0	-
	Turki	169.3	-
	Mesir	168.3	-
AMERIKA LATIN	Iran	168.1	-
	Kuwait	167.0	-
	Chili	170.0	160.0
	Amerika latin	166.4	-
ASIA TIMUR	Kosta Rika	165.0	160.0
	Bolivia	160.1	-
	Korea	170.0	160.0
	Philipina	170.0	157.5
	Cina	167.2	157.4
	Jepang	166.7	-
	Malaysia	165.6	153.9
	Thailand	164.8	155.0
	Indonesia	161.3	151.6
ASIA BARAT	Vietnam	160.5	-
	Pakistan	167.5	-
	Bangladesh	165.0	150.0
	Sri Lanka	163.9	152.3
	India	163.0	152.0

*' Sumber : Abeysekara, 1978



Gambar i. Perbedaan tinggi badan manusia di berbagai bagian dunia (Beyssetera,1978)

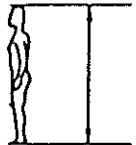
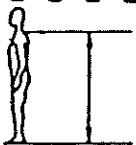
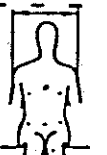
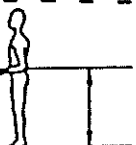
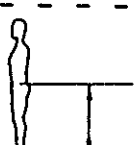

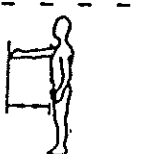
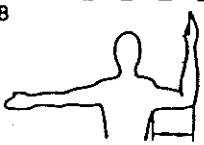
Lampiran 2. Ukuran rata-rata antropometri orang Indonesia

Ukuran Anthropometri	Laki-laki		Wanita	
	rata ² (cm)	SD(cm)	rata ² (cm)	SD(cm)
<u>Berdiri</u>				
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 ver- tikal tangan	202.1	8.0	186.9	8.0
11. Jangkauan hori- zontal tangan	165.6	6.9	151.7	6.8
<u>Duduk</u>				
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. Panjang paha	44.8	6.3	42.1	2.9
6. Tinggi pantat ke lantai	41.4	5.3	39.0	2.8

Sumber : Suma'mur, 1985

Lanjutan Lampiran 2.

Definisi ukuran anthropometri

Ukuran Anthropometri	Gambar
Berdiri	
1. Tinggi	1 
2. Tinggi bahu	2 
3. Lebar bahu	3 
4. Tinggi siku	4 
5. Tinggi pinggul	5 
6. Lebar pinggul	6 
7. Panjang tangan	7 
8. Panjang lengan atas	8 

Lanjutan Lampiran 2.

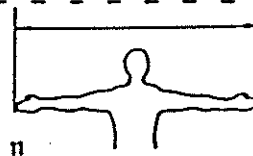
9. Panjang lengan bawah



10. Jangkauan vertikal tangan



11. Jangkauan horizontal tangan



Duduk

1. Tinggi duduk



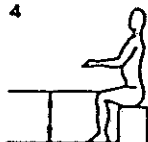
2. Tinggi siku



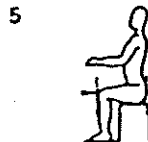
3. Tinggi pinggul



4. Tinggi lutut



5. Panjang paha



6. Tinggi pantat ke lantai



Lampiran 3. Kebutuhan oksigen pada kondisi basal hasil penelitian di Jepang berdasarkan luas permukaan kulit

Luas Per mukaan kulit m	Laki-laki (1/100 m)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	125	126	128	129	130	131	133	134	135	136
1.1	138	139	140	141	143	144	145	146	148	149
1.2	150	151	153	154	155	156	158	159	160	161
1.3	163	164	165	166	168	169	170	171	173	174
1.4	175	176	178	179	180	181	183	184	185	186
1.5	188	189	191	191	193	194	195	196	198	199
1.6	200	201	203	204	205	206	208	209	210	211
1.7	213	214	215	216	218	219	220	221	223	224
1.8	225	226	228	229	230	231	233	234	235	236
1.9	238	239	240	241	243	244	245	246	248	249
2.0	250	251	253	254	255	256	258	259	260	261
2.1	263	264	265	266	268	269	270	271	273	274

Luas Per mukaan kulit m	Wanita (1/100 m)									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.0	114	115	116	117	119	120	121	122	123	124
1.1	125	127	128	129	130	131	132	133	135	136
1.2	137	138	139	140	140	143	144	145	146	147
1.3	148	149	150	152	153	154	155	156	157	158
1.4	160	161	162	163	164	165	166	168	169	170
1.5	171	172	172	174	176	177	178	179	180	181
1.6	182	184	185	186	187	188	189	190	192	193
1.7	194	195	196	197	198	200	201	202	203	204
1.8	205	206	207	209	210	211	212	213	214	215
1.9	217	218	219	220	221	222	223	225	226	227

Sumber : Numajiri, 1987

Keterangan : konsumsi O_2 pada tabel dalam satuan $cc O_2$ /menit

Lampiran 4. Perhitungan penentuan faktor koreksi (fk) dengan menggunakan hasil penelitian konsumsi oksigen pada kondisi basal di Jepang

* Hasil pengukuran Lembaga Gizi Masyarakat Indonesia

Kebutuhan oksigen rata-rata pada kondisi basal :

- . untuk pria = 180 cc/menit
- . untuk wanita = 152 cc/menit

- Tinggi badan rata-rata orang Indonesia (Suma'mur, 1985) :

- . pria = 161.3 cm
- . wanita = 151.6 cm

- Berat badan, diasumsikan untuk kondisi ideal :

- . pria = 51.3 kg
- . wanita = 41.6 kg

- Luas permukaan kulit :

$$\begin{aligned} \text{. Pria} &= 51.3^{0.444} \times 161.3^{0.663} \times 88.3 \\ &= 14715.8 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 1.472 \text{ m}^2$$

$$\begin{aligned} \text{. Wanita} &= 41.6^{0.444} \times 151.6^{0.633} \times 88.3 \\ &= 12818.6 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

$$= 1.282 \text{ m}^2$$

- Dengan menggunakan tabel kebutuhan basal dan luas permukaan kulit yang terdapat pada lampiran 10 dapat ditentukan kebutuhannya :

- . pria = 183 cc/menit
- . wanita = 146 cc/menit

- Faktor koreksi (fk) :

$$fk = \frac{\text{kebutuhan } O_2 \text{ berdasarkan tabel}}{\text{kebutuhan } O_2 \text{ hasil penelitian}}$$

$$\begin{aligned} \text{. untuk pria} \quad fk &= 180 / 183 \\ &= 0.9836 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{. untuk wanita} \quad fk &= 152 / 146 \\ &= 1.041 \end{aligned}$$

— 1001 1001/15

Lampiran 5. Konsumsi oksigen kondisi basal untuk orang Indonesia berdasarkan luas permukaan kulit setelah koreksi

Luas Per mukaan kulit m	Laki-laki									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1/100 m)									
1.0	123	124	126	127	128	129	131	132	133	134
1.1	136	138	138	139	141	142	143	144	146	147
1.2	148	149	151	152	153	154	155	156	157	158
1.3	160	161	162	163	165	166	167	168	170	171
1.4	172	173	175	176	177	178	180	181	182	183
1.5	185	186	188	189	190	191	192	193	196	196
1.6	197	198	200	201	202	203	205	206	207	208
1.7	209	210	211	212	214	259	215	216	217	220
1.8	221	222	224	225	226	227	229	230	231	232
1.9	234	235	236	237	239	240	241	242	244	245
2.0	246	247	249	250	251	252	254	255	256	257
2.1	259	260	261	262	264	265	266	267	268	268

Luas Per mukaan kulit m	Wanita									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	(1/100 m)									
1.0	118	119	120	121	123	124	125	126	127	128
1.1	129	131	132	133	134	135	137	138	140	142
1.2	143	144	145	146	147	149	150	151	152	153
1.3	154	155	156	158	159	160	161	162	163	164
1.4	166	167	168	169	170	171	173	174	176	177
1.5	178	179	180	181	183	184	185	186	187	188
1.6	189	191	192	193	194	195	196	197	199	201
1.7	202	203	204	205	206	208	209	210	211	212
1.8	213	214	215	217	218	219	220	221	222	224
1.9	216	226	225	229	230	231	232	234	235	236

Keterangan : Konsumsi O_2 pada tabel dalam satuan $cc O_2$ /menit

88

Lampiran 6. Konsumsi oksigen pada kondisi basal hasil penelitian Lembaga Gizi Masyarakat Indonesia

Analisa dilakukan terhadap : - 15 wanita
 - 17 laki-laki

Umur : 20 - 29 tahun

Asumsi :

Tinggi rata-rata pria : 161.0 cm
 wanita : 151.6 cm

Berat rata-rata pria : 50.0 kg
 wanita : 44.7 kg

Suhu lingkungan : 25°C

Hasil penelitian :

Konsumsi oksigen rata-rata pada kondisi basal :

PRIA = 180 cc O₂ / menit

WANITA = 152 cc O₂ / menit

Catatan :

Alat yang dipergunakan yaitu :

- Respirometer : Fukuda Irika Ken Kyo
- Breath Analyzer : Fukuda Irika

Lampiran 7. Hasil penimbangan becak pada posisi normal dan posisi miring.

No.	Total berat(kg)	R2 (kg)	R3 (kg)	R3' (kg)
1.	101.35	39.1	19.5	17.5
2.	162.85	41.5	58.5	52.4
3.	210.35	79.0	60.5	54.1
4.	210.35	60.0	60.5	54.1
5.	210.35	69.3	64.0	57.3
6.	218.85	83.9	66.0	59.0
7.	218.85	56.7	62.0	55.4
8.	218.35	68.3	62.0	58.8
9.	220.85	86.9	63.5	56.8
10.	220.85	55.8	63.5	54.6
11.	220.85	71.0	61.0	60.4
12.	259.85	89.5	67.5	60.4
13.	259.85	91.5	70.9	63.4
14.	262.35	89.0	66.2	59.2
15.	262.35	93.5	70.0	62.5
16.	261.85	90.5	70.9	63.5
17.	261.85	89.5	66.9	59.9
18.	260.35	82.2	68.7	61.4
19.	311.35	118.5	71.1	63.3
20.	311.35	114.0	66.5	59.5
21.	311.35	118.0	58.5	52.6
22.	311.35	119.5	61.1	54.7
23.	311.35	117.0	59.6	53.3
24.	311.35	116.0	59.3	53.1



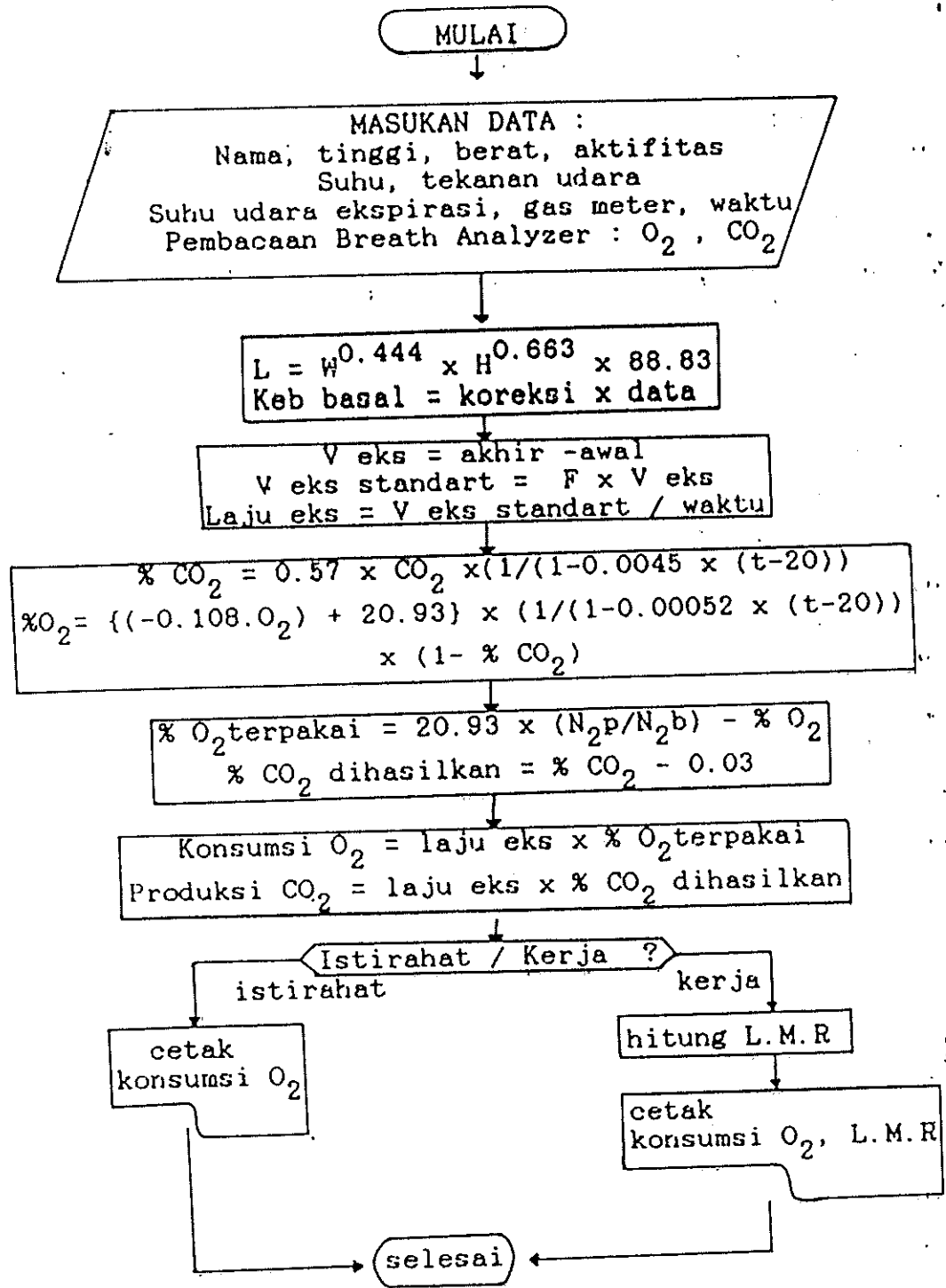
Lampiran 8. Hasil pengujian letak titik berat pada becak dengan menggunakan metoda timbang

No.	Total berat(kg)	X_2 (cm)	X_4 (cm)	Y (cm)
1.	101.35	35.88	23.89	22.32
2.	162.85	23.70	44.54	39.72
3.	210.35	34.93	35.66	30.97
4.	210.35	26.53	35.66	30.97
5.	210.35	30.64	37.73	32.84
6.	218.85	35.65	37.40	33.35
7.	218.85	24.09	35.13	31.23
8.	218.35	29.02	35.98	22.49
9.	220.85	36.59	35.65	31.57
10.	220.85	23.49	34.25	30.55
11.	220.85	29.89	37.90	33.77
12.	259.85	32.03	32.21	28.77
13.	259.85	32.75	33.83	30.12
14.	262.35	31.55	31.29	28.00
15.	262.35	33.14	33.09	29.53
16.	261.85	32.08	33.51	29.87
17.	261.85	31.97	31.86	28.35
18.	260.35	29.36	32.72	29.11
19.	311.35	35.40	28.32	25.29
20.	311.35	34.05	26.48	23.59
21.	311.35	35.25	23.34	20.20
22.	311.35	35.69	24.33	21.64
23.	311.35	34.95	23.74	23.30
24.	311.35	34.65	23.62	21.04

Lampiran 9. Data hasil pengukuran kebutuhan energi dalam mengemudikan becak

No.	Beban kg	Nama	V udara m ³	CO ₂ %	O ₂ %	T °C	P cmHg
1.	-	Didik	0.10161	43.7	19.0	34	74.41
2.		Wana	0.10942	47.4	20.0	34	74.39
3.		Tulus	0.10019	42.6	18.9	34	74.42
4.		Ujang	0.10294	38.8	17.0	34	74.40
5.	30	Didik	0.11481	43.0	22.5	37	74.40
6.		Wana	0.11388	44.5	20.0	37	74.30
7.		Tulus	0.11275	47.2	21.0	36	74.38
8.		Ujang	0.11764	50.3	21.4	37	74.40
9.	60	Didik	0.13485	44.5	24.8	33	74.36
10.		Wana	0.13784	51.0	24.8	33	74.35
11.		Tulus	0.13572	57.6	33.0	33.5	74.34
12.		Ujang	0.13656	44.2	22.0	33.5	74.34
13.	90	Didik	0.14942	56.4	25.8	37	74.84
14.		Wana	0.15381	47.5	25.9	35.5	74.85
15.		Tulus	0.14834	51.2	31.1	36.5	74.85
16.		Ujang	0.14983	43.5	33.8	36.5	74.85
17.	120	Didik	0.16755	58.0	33.0	36	74.68
18.		Wana	0.18465	62.1	30.9	36.5	74.71
19.		Tulus	0.18005	57.6	33.0	37	74.74
20.		Ujang	0.17228	43.5	33.8	37	74.71
21.	150	Didik	0.22862	57.0	36.0	37.5	74.28
22.		Wana	0.23208	58.9	35.9	37.5	74.26
23.		Tulus	0.23222	62.0	37.9	37	74.26
24.		Ujang	0.22528	61.0	37.5	37	74.26

Lampiran 10. Diagram alir perhitungan kebutuhan tenaga



This file is intended for internal use only. It is not to be distributed outside the institution. Any unauthorized distribution or use of this file is strictly prohibited.

Lampiran 11. Program perhitungan menentukan nilai
L.M.R.

PROGRAM PERHITUNGAN KEBUTUHAN TENAGA

BERDASARKAN ALAT *BREATH ANALIZER*

DIBUAT OLEH RR. DYAH RATNA NURUL

Darmaga, awal Februari 1992

```

=====
Locate 15.8
Print "Masukkan data anda"
For I = 1 to 200
Next I
CLS
Print "Berat beban berapa ?"
Print "Berat beban 0 kg = A, Berat beban 30 kg = B,
      Berat beban 60 kg = C, Berat beban 90 kg = D,
      Berat beban 120 kg = E, Berat beban 150 kg = F"
Print "Masukkan A, B, C, D, E, F"
Input "Pilih berat beban yang diuji (A/B/C/D/E/F)
      :";beban$
If beban$="A" then beban$ = "0 kg"
If beban$="B" then beban$ = "30 kg"
If beban$="C" then beban$ = "60 kg"
If beban$="D" then beban$ = "90 kg"
If beban$="E" then beban$ = "120 kg"
If beban$="F" then beban$ = "150 kg"
Print
5 Input "Nama pengemudi" : "Nama$:
If Nama$ = "Didik" Go To 9
If Nama$ = "Didik" Then Gosub A
If Nama$ = "Wana" Then Gosub B
If Nama$ = "Didik" Then Gosub C
If Nama$ = "Didik" Then Gosub D
Go To 100
10 Input "Tinggi pengemudi [cm]:" ; Tinggi :
15 Input "Berat pengemudi [kg]:" ; Berat :
20 Input "Kebutuhan O2 Basal:" ; Basal :
Go To 100
A:
  Berat= 59.5 : Tinggi=162 : Basal=196
  Return
B:
  Berat=56.35 : Tinggi=160 : Basal=192
  Return
C:
  Berat=50.00 : Tinggi=155 : Basal=178
  Return

```

```

D:
  Berat = 10000      Tinggi = 155      Basal = 178
  Return
100 Lprint "-----"
    Lprint "
    Lprint "          HASIL PENGUKURAN KEBUTUHAN TENAGA
    Lprint "
    Lprint "-----"
    Luas = ( Berat^0.444 * Tinggi^0.623 * 88.83)/10000
    Lprint "          Luas permukaan tubuh :"; Luas
    Input "Berapa tekanan Udara (cmHg)      "; P1
    P2 = P1 + 101,3 KPa / 760
    Input "Berapa Suhu Udara (Celcius)      "; Suhu
    Suhu = Int (Suhu)
    For S = 20 To 40 step 1
    Read FC(S)
    If S = Suhu Go To 120
    Next S
    Data 2.34, 2.49, 2.64, 2.81, 2.98, 3.17, 3.36, 3.56,
          3.78, 4.00, 4.24, 4.49, 4.75, 5.03, 5.32, 5.62,
          5.94, 6.27, , ,
120 F = 273 * ( P2 - FC(S))/(273 + t)101.3
    Print "koreksi=";F
    Lprint "          Suhu dalam bag :"; Suhu "celcius"
    Lprint "          Tekanan Udara      "; Tekanan2
    Lprint "Faktor koreksi          "; F
    Input "Waktu pengambilan sampel:"; Waktu
    Input "volum gasmeter:"; Volum
    VolumK = Volum * 1000
    DNTP= F * VolumK
    Print "DNTP =";DNTP
    Input "Hasil pengukuran CO2 ="; HCO2
    Input "Hasil pengukuran O2 ="; HO2

```


Lampiran 12. Hasil perhitungan nilai L.M.R. dan klasifikasi beban kerja dalam mengemudi becak

No.	Beban(kg)	Nama	L.M.R.	Klasifikasi beban
1.	-	Didik	1.31010	Ringan
2.		Wana	1.50911	Ringan
3.		Tulus	1.44349	Ringan
4.		Ujang	1.73064	Ringan
5.	30	Didik	2.22928	Ringan
6.		Wana	1.99668	Ringan
7.		Tulus	2.72771	Ringan
8.		Ujang	3.03782	Sedang
9.	60	Didik	3.36729	Sedang
10.		Wana	3.52723	Sedang
11.		Tulus	3.17204	Sedang
12.		Ujang	3.13591	Sedang
13.	90	Didik	4.52135	Berat
14.		Wana	4.81559	Berat
15.		Tulus	5.53024	Sangat berat
16.		Ujang	6.24744	Sangat berat
17.	120	Didik	9.39249	Sangat berat
18.		Wana	6.64089	Sangat berat
19.		Tulus	7.38407	Sangat berat
20.		Ujang	7.32263	Sangat berat
21.	150	Didik	11.12841	Sangat berat
22.		Wana	11.50662	Sangat berat
23.		Tulus	11.64538	Sangat berat
24.		Ujang	11.03664	Sangat berat

Lampiran 13. Klasifikasi beban kerja berdasarkan kebutuhan energi dalam mengemudi becak

No.	Beban (kg)	Nama	Kebut. energi (KKal/menit)	Klasifikasi beban
1.	-	Didik	2.70431	Ringan
2.		Wana	3.09654	Ringan
3.		Tulus	2.65493	Ringan
4.		Ujang	2.86108	Ringan
5.	30	Didik	3.53496	Ringan
6.		Wana	3.37111	Ringan
7.		Tulus	3.44739	Ringan
8.		Ujang	3.74074	Ringan
9.	60	Didik	4.60384	Sedang
10.		Wana	4.81493	Sedang
11.		Tulus	4.47501	Sedang
12.		Ujang	4.19640	Sedang
13.	90	Didik	5.98186	Berat
14.		Wana	5.94045	Berat
15.		Tulus	5.77381	Berat
16.		Ujang	6.59440	Berat
17.	120	Didik	7.53293	Berat
18.		Wana	8.06053	Berat
19.		Tulus	8.04247	Berat
20.		Ujang	7.58444	Berat
21.	150	Didik	12.25977	Sangat berat
22.		Wana	12.50011	Sangat berat
23.		Tulus	11.75450	Sangat berat
24.		Ujang	11.40982	Sangat berat

Lampiran 15. Penentuan waktu istirahat berdasarkan kebutuhan energi dalam mengemudikan becak

No.	Beban (kg)	Nama	Kebut. energi (KKal/menit)	Waktu istira- hat (menit)
1.	-	Didik	2.70431	-
2.		Wana	3.09654	-
3.		Tulus	2.65493	-
4.		Ujang	2.86108	-
5.	30	Didik	3.53496	-
6.		Wana	3.37111	-
7.		Tulus	3.44739	-
8.		Ujang	3.74074	-
9.	60	Didik	4.60384	0.38461
10.		Wana	4.81493	0.58565
11.		Tulus	4.47501	0.26191
12.		Ujang	4.19640	-
13.	90	Didik	5.98186	1.61130
14.		Wana	5.94045	1.65757
15.		Tulus	5.77381	1.49887
16.		Ujang	6.59440	2.28038
17.	120	Didik	7.53293	2.83259
18.		Wana	8.06053	3.67669
19.		Tulus	8.04247	3.65949
20.		Ujang	7.58444	3.22328
21.	150	Didik	12.25977	7.67597
22.		Wana	12.50011	7.90487
23.		Tulus	11.75450	7.19476
24.		Ujang	11.40982	6.86649

Lampiran 16 . Lembar pertanyaan penelitian pengemudi becak

IDENTITAS PENGEMUDI

N A M A :
 U M U R :
 ALAMAT DI BOGOR :
 S T A T U S :
 JUMLAH ANAK :
 JUMLAH TANGGUNGAN :

DATA KONDISI TUBUH

BERAT BADAN :
 TINGGI BADAN :
 SAKIT YANG PERNAH DIALAMI :
 KELUHAN YANG SERING DIALAMI :

BECAK

IDENTITAS BECAK :
 JARAK SADEL KE POROS PEDAL :
 PANJANG BATANG PEDAL :
 JARAK SADEL KE KEMUDI :
 SUDUT BELOKAN :

KEMIRINGAN MAKSIMUM :
 BERAT MAKSIMUM YANG BIASA DIBAWA :
 BERAT RATA-RATA YANG BIASA DIBAWA :
 BERAT KOSONG :

KEBIASAAN KERJA

BANGUN TIDUR : pk.
 BERANGKAT DARI RUMAH : pk.
 KEMBALI KE RUMAH : pk.
 JARAK TEMPUH TERJAUH : km.
 JARAK TEMPUH TERPENDEK : km.
 JARAK TEMPUH RATA-RATA : km.
 JUMLAH HARI KERJA/MINGGU : hari.

KETERANGAN TAMBAHAN

PENDAPATAN BERSIH PER HARI : Rp.

Bogor

1992

Enumerator

