

## PERANCANGAN ALAT UNTUK MENGUKUR KEMAMPUAN ANGKAT BEBAN (LIFTING CAPABILITY)

Indah Pratiwi<sup>1</sup>, Etika Muslimah<sup>2</sup>, Frenthit Wijaya<sup>3</sup>

Jurusan Teknik Industri – UMS

Email : [indahpratiwi\\_ums@yahoo.co.id](mailto:indahpratiwi_ums@yahoo.co.id); [indah\\_pratiwi@ums.ac.id](mailto:indah_pratiwi@ums.ac.id)

### Abstrak

Menarik dan mendorong dalam memindahkan barang dari satu tempat ke tempat lain merupakan aktivitas yang biasa dilakukan oleh manusia baik dalam dunia kerja ataupun kehidupan sehari-hari. Penanganan beban secara manual apabila tidak dilakukan secara benar akan menimbulkan kelelahan yang mengakibatkan kerja menjadi tidak maksimal. Manual material handling (MMH) memberikan kontribusi besar terjadinya cedera dalam bekerja.

Tujuan penelitian ini adalah untuk merancang alat yang dapat digunakan untuk mengetahui berapa kemampuan *lifting capability* yang dimiliki. Perancangan disesuaikan dengan menggunakan data antropometri dan bisa digunakan minimal dalam tujuh posisi berbeda. perancangan menggunakan alat ukur yaitu *crane scale*.

Hasil yang tertera dalam *Crane scale* masih mempunyai selisih dengan yang sebenarnya karena menggunakan 2 katrol sehingga perlu dilakukan kalibrasi. dari hasil kalibrasi dapat diketahui bahwa masih terdapat rata-rata galat sebesar 0.001222 kg.

**Kata Kunci:** *Manual Material Handling (MMH)*, Kemampuan Angkat Beban, Kalibrasi.

### Pendahuluan

Pemindahan beban yang sering terjadi merupakan salah satu penyebab terjadinya cedera. Masyarakat harus sadar bahwa pada usia menengah (yaitu diatas 40 tahun) merupakan usia yang berpeluang besar untuk mendapatkan risiko ini, namun kaum muda, diharapkan juga berhati-hati dalam mengangkat beban secara *repetitive* (berulang) (Nurmianto,1996:148). Beberapa parameter yang harus diperhatikan adalah beban yang harus diangkat, perbandingan antara berat beban dan orangnya, jarak horizontal dari beban terhadap orangnya dan ukuran beban yang akan diangkat (beban yang berdimensi besar akan mempunyai jarak *center of gravity* yang lebih jauh dari tubuh dan bisa mengganggu jarak pandangnya).

Kemampuan maksimal adalah kekuatan yang diyakini sebagai batas atas kemampuan beban secara manual, terutama untuk pengangkatan yang frekuensinya besar atau berat benda yang besar pula. Penerapan informasi mengenai batas kemampuan dapat membantu dalam mencegah cedera dalam dua aspek: 1) kekuatan nilai-nilai yang diukur dapat digunakan untuk mendesain ulang pekerjaan yang memerlukan tenaga kerja manual yang berat, sehingga kemampuan yang dibutuhkan untuk melakukan pekerjaan dapat diketahui dan 2) kekuatan nilai dapat digunakan untuk menggambarkan level aman yang mampu dilakukan untuk melakukan pekerjaan tertentu.

Alat yang digunakan untuk mengukur besarnya kemampuan tangan baik itu dorong ataupun tarik, salah satunya adalah *handy scale*. Alat ini digunakan untuk mengukur kemampuan tangan dan hanya satu tangan saja. Cara kerjanya adalah tinggal mengaitkan ujung salah satu alat ke tempat tertentu atau dipegang orang lain kemudian ujung yang lain ditarik oleh orang yang akan diukur. Cukup sederhana namun kapasitas maksimalnya hanya 15 kg saja. (Johansson and Adolfsson,2005). Selain itu terdapat pula *baseline electrical push pull dynamometer* yang cara kerjanya cukup dengan ditarik pada pegangan yang tersedia, sehingga pada digitalnya akan menunjukkan berapa kekuatan *push* atau *pull*.

Alat yang ada nampaknya harus mendapatkan suatu rancangan untuk dapat mengetahui berapa kekuatan yang sebenarnya. Kapasitas pengukuran yang besar juga diperlukan mengingat perancangan alat untuk mengukur satu tangan atau dua tangan sekaligus. Selain itu dilakukan perancangan untuk pengukuran dengan berbagai posisi. Hal ini tentu saja penting karena dalam kenyataannya kegiatan mendorong atau menarik dapat dilakukan dengan berbagai posisi dan tentu saja kekuatan yang ditimbulkan juga akan berbeda-beda. Dengan demikian fleksibilitas alat sangat diperlukan untuk dapat mencapai semuanya. Alat dapat dilepas dan ditempatkan sesuai dengan kebutuhan posisi pengukuran.

### Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang diatas, penulis dapat merumuskan masalah sebagai berikut: 'Bagaimana merancang dan membuat alat pengukur kemampuan mengangkat yang dapat digunakan dalam posisi yang berbeda-beda dan dapat digunakan untuk mengukur dengan satu atau dua tangan sekaligus?'

**Landasan Teori Pengukuran**

Pengukuran adalah membandingkan suatu besaran yang tidak diketahui harganya dengan besaran lain yang telah diketahui harganya. Alat ukur digunakan untuk keperluan pengukuran. Alat ukur adalah instrumen untuk mengetahui harga suatu besaran atau suatu variabel. Prinsip kerja alat ukur harus dipahami agar alat ukur dapat digunakan dengan cermat dan sesuai dengan pemakaian yang telah direncanakan.

Hal yang perlu diperhatikan dari sebuah alat ukur adalah : (1) Ketelitian, (2) Ketepatan, (3) Ukuran dasar, (4) Toleransi, (5)

Kalibrasi adalah mencocokkan harga-harga yang ada pada skala ukur dengan harga-harga harga-harga standar atau harga yang sebenarnya. Kalibrasi tidak hanya dilakukan pada alat-alat ukur yang sudah lama atau habis dipakai tetapi juga untuk alat-alat ukur yang baru dibuat (Munadi, 1998:86). Tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan/ditelusur sampai ke standar yang lebih tinggi/teliti (standar primer nasional dan /internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tak terputus. Manfaat kalibrasi adalah : (1) Untuk mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki, (2) Dengan melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga benar dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur. Hasil kalibrasi adalah : (1) Nilai obyek ukur, (2) Nilai koreksi/penyimpangan, (3) Nilai ketidakpastian pengukuran, (4) Sifat metrologi lain yaitu faktor kalibrasi, kurva kalibrasi.

**Manual Material Handling**

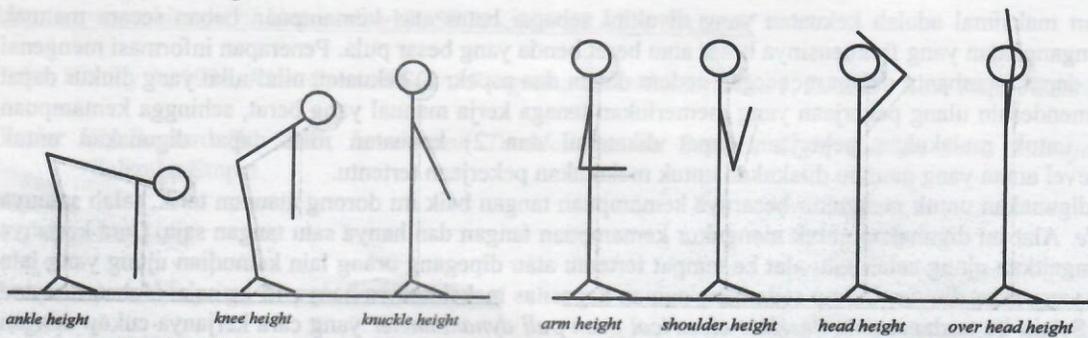
Beberapa faktor yang berpengaruh dalam pemindahan material adalah : (1) Berat beban yang harus dia angkat dan perbandingannya terhadap berat badan operator, (2) Jarak horizontal dari beban *relative* terhadap operator, (3) Ukuran beban yang harus diangkat (beban yang berukuran besar) akan memiliki pusat massa (*centre of gravity*) yang letaknya jauh dari badan operator, hal tersebut juga akan menghalangi pandangan operator, (4) Ketinggian beban yang harus diangkat dan jarak perpindahan beban (mengangkat beban dari permukaan lantai akan relatif lebih sulit daripada mengangkat beban dari ketinggian pada permukaan pinggang).

Beberapa parameter yang harus diperhatikan adalah : (1) Beban yang harus diangkat, (2) Perbandingan antara berat badan dan orangnya, (3) Jarak horiozontal dari beban terhadap orangnya, (4) Ukuran beban yang akan diangkat.

Pendekatan terhadap batasan dari massa beban yang akan diangkut meliputi : (1) Batasan Legal (*legal limitations*), (2) Batasan Biomekanika (*biomechanical limitations*), (3) Batasan fisiologi (*physiological limitations*), (4) Batasan psiko-fisik (*psycho-physical limitations*)

Ada tiga macam kategori posisi angkat yang didapatkan yaitu : (1) Dari permukaan lantai ke ketinggian genggam tangan (*knuckle height*), (2) Dari ketinggian genggam tangan (*knuckle height*) ke ketinggian bahu (*shoulder height*), (3) Dari ketinggian bahu (*shoulder height*) ke maksimum jangkauan tangan vertikal (*vertical arm reach*) (Nurmianto, 1996:155)

Posisi ketinggian yang digunakan *ankle height, knee height, knuckle height, arm height, shoulder height, head height and over head height.*



**Gambar 1 Posisi Mengangkat** (Sumber : Te-Shiang Cheng and Tzu-Hsien Lee, 2005:213)

**Analisa Galat Analisis Galat (error) dan Angka Signifikan**

Penyelesaian secara numerik dari suatu persamaan matematik hanya memberikan nilai perkiraan yang mendekati nilai eksak (yang benar) dari penyelesaian analitis. Berarti dalam penyelesaian numerik tersebut terdapat kesalahan (galat) terhadap nilai ekstrak. Ada tiga macam galat : (1) Galat bawaan, galat (kesalahan dari nilai data) terjadi karena kekeliruan dalam menyalin data, salah membaca skala atau galat karena kurangnya pengertian mengenai hukum-hukum fisik dari data yang diukur, (2) Galat pembulatan ,terjadi karena tidak diperhitungkannya beberapa angka terakhir dari suatu bilangan Contoh : 8632574 dapat dibulatkan menjadi 8633000 3,1415926 dapat dibulatkan menjadi 3,14, (3) Galat pemotongan, terjadi karena tidak dilakukannya hitungan sesuai dengan prosedur matematik yang benar. Contoh : suatu proses tak terhingga diganti dengan proses hingga.

**Metodologi Penelitian**

**Obyek Penelitian**

Penelitian dilakukan di Laboratorium Teknik Industri, Universitas Muhammadiyah Surakarta pada mahasiswa sebanyak 40 orang.

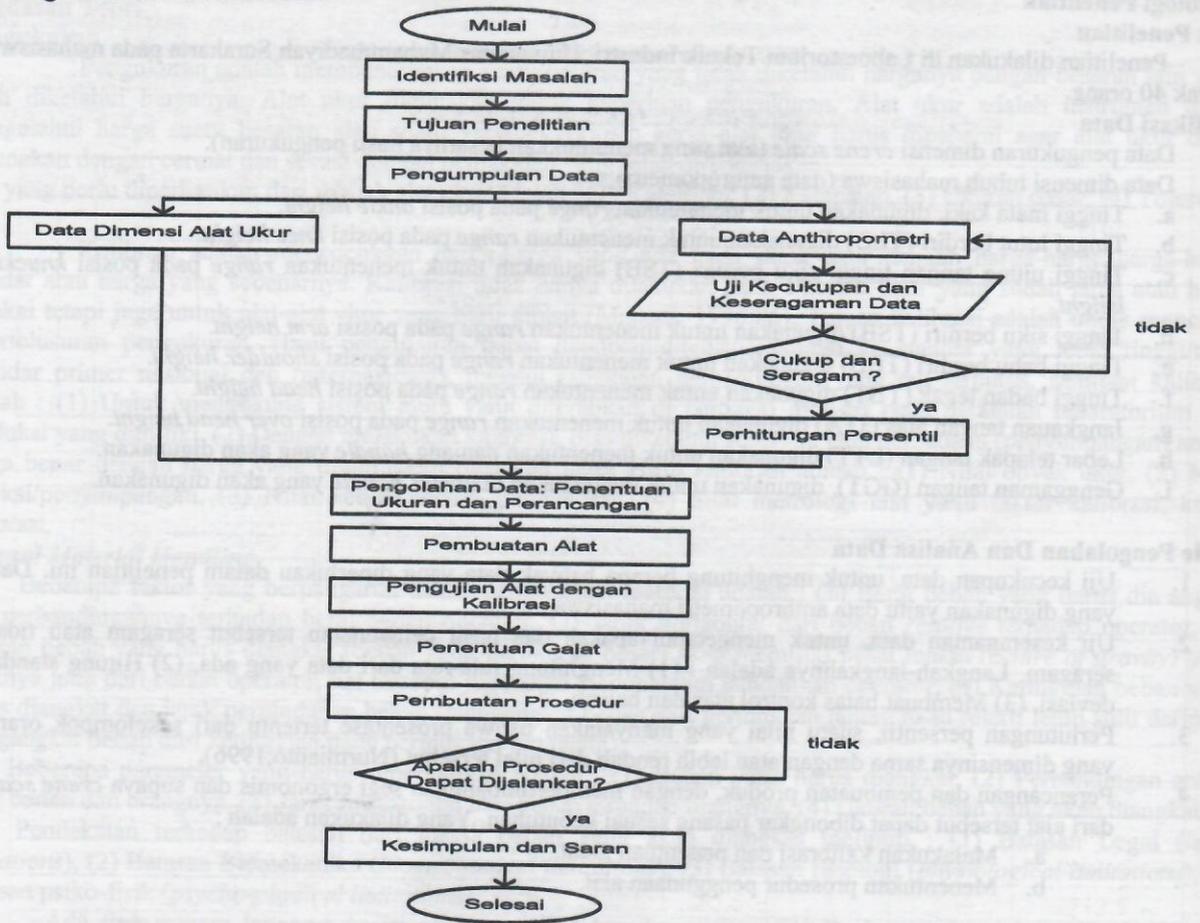
**Identifikasi Data**

1. Data pengukuran dimensi *crene scale* (alat yang menunjukkan besarnya hasil pengukuran).
2. Data dimensi tubuh mahasiswa (data anthropometri)
  - a. Tinggi mata kaki, digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *ankle height*.
  - b. Tinggi lutut berdiri (TLB) digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *knee height*.
  - c. Tinggi ujung tangan tinggi siku berdiri (TSB) digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *knuckle height*.
  - d. Tinggi siku berdiri (TSB) digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *arm height*.
  - e. Tinggi bahu berdiri (TBB) digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *shoulder height*.
  - f. Tinggi badan tegak (TBT) digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *head height*.
  - g. Jangkauan tangan atas (JTA) digunakan untuk menentukan *range* pada posisi *over head height*.
  - h. Lebar telapak tangan (LTT) digunakan untuk menentukan panjang *handle* yang akan digunakan.
  - i. Genggaman tangan (GGT), digunakan untuk menentukan diameter *handle* yang akan digunakan.

**Metode Pengolahan Dan Analisa Data**

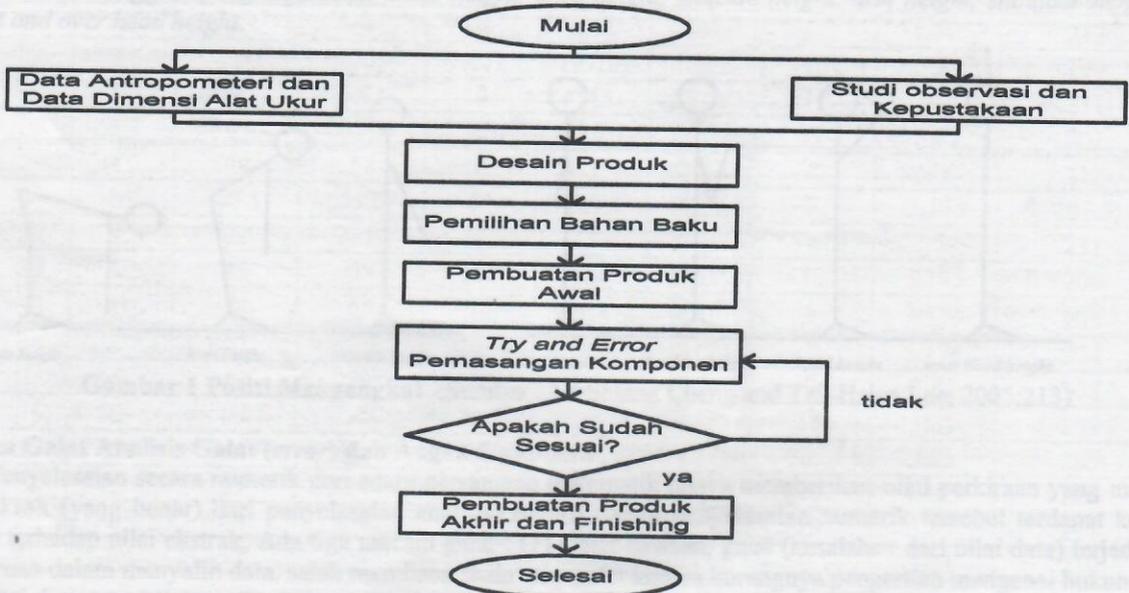
1. Uji kecukupan data, untuk menghitung berapa banyak data yang diperlukan dalam penelitian ini. Data yang digunakan yaitu data anthropometri mahasiswa.
2. Uji keseragaman data, untuk mengetahui apakah daa hasil pengamatan tersebut seragam atau tidak seragam. Langkah-langkahnya adalah : (1) Menghitung rata-rata dari data yang ada, (2) Hitung standar deviasi, (3) Membuat batas kontrol atas dan bawah
3. Perhitungan persentil, suatu nilai yang menyatakan bahwa prosentase tertentu dari sekelompok orang yang dimensinya sama dengan atau lebih rendah dari nilai tersebut (Nurmianto,1996).
4. Perancangan dan pembuatan produk, dengan mempertimbangkan segi ergonomis dan supaya *crene scale* dari alat tersebut dapat dibongkar pasang sesuai kebutuhan. Yang dilakukan adalah :
  - a. Melakukan kalibrasi dan penentuan galat.
  - b. Menentukan prosedur penggunaan alat.

**Kerangka Pemecahan Masalah**



**Gambar 2 Kerangka Pemecahan Masalah**

**Flow Chart Pembuatan Alat**



**Gambar 3 Flow Chart Pembuatan Alat**

**Pengumpulan dan Pengolahan Data**

**Pengumpulan Data**

Peralatan yang digunakan, adalah : (1) Jangka sorong, (2) Pita meteran, (3) Tabung ukur genggam.

**Pengukuran Anthropometri**

**Tabel 1 Data Anthropometri Pengukuran Berdiri (cm)**

No	TMK	TLB	TK	TSB	TBB	TBT	LTT	GT	JTA
1	7	46	50	95	129	156	8.3	3.81	196
2	8.4	42	55	100	135	167	8.1	3.81	210
3	8	45.5	63.5	103	136	165.5	7.9	3.175	207
4	8.4	42	55	160	135	167	8.2	4.445	200
5	8.2	46	70.5	109	148.5	173.5	8.2	3.81	221
6	8.3	48.5	65.5	106	140.5	165.5	7.2	3.175	212.5
7	7.2	45	73	107	138	156	9.8	4.445	248
8	7.1	49	58	102	133	161	7.2	3.175	212
9	7.5	45.5	59.5	99.5	136	166	7.5	2.54	210.5
10	8	49.2	65.7	106	145.6	167.3	9.1	3.81	211
11	8.5	45	50.5	101	132.5	162	10.4	4.445	207
12	8	44.5	46.9	93.7	127.9	156.2	9.2	3.81	144
13	7.3	40.5	53.5	98	129.5	157.8	7.6	3.81	201.5
14	7.8	49.2	65.1	106	145	167.3	9.1	3.81	211
15	8.2	44.5	46.9	93.7	127.9	156.2	7.5	3.81	199
16	7.9	38.5	51	98	130	157	6.8	3.81	202.2
17	7	45	61.5	101	133.5	162	8	3.81	207
18	7.6	44.5	49.9	93.7	127.9	156.2	11	3.81	199
19	7.4	40.5	53.5	98	129.5	157.8	8	4.445	201.5
20	7	48.5	65	106	140	165.5	8	2.54	212.5
21	7.8	42	55	100	135	167	9	4.445	210
22	7	41.2	57.5	91.2	128	156	10	3.175	193.6
23	7.5	42	70	109	148	165.5	8	3.81	221
24	7.6	48	59	100	135	173	9	3.81	210
25	8	43	68	106	140	167	11	4.445	212
26	7.6	44.5	46.29	93.7	127.29	156.2	10	3.81	199
27	8.9	49.2	65.1	106	145	167.3	11	3.81	211
28	8.3	45	61.5	101	133.5	162	8	3.81	207
29	7.9	49	58	102	133	161.2	8	3.81	212
30	7.8	40.5	53.5	98	129.5	157.8	7	3.175	201.5
31	10	52	73	115	151	180	8	2.54	231
32	8.2	45	67	103	136	163	10	3.175	209
33	8.2	44	65	106	134	161	8	3.175	205
34	9	47	76	113	148	173	8	3.175	224
35	9	41	60	103	128	165	9	3.81	208
36	8	43	70	106	139	164	10	3.81	209
37	7.9	44	77	102	146	161	10.3	3.81	205
38	9	51	74	114	144	170	10	4.445	220
39	9.5	48	64	100	141	175	10	3.81	221
40	7.4	43	67	98	130	158	10.5	3.81	210

**Pengolahan Data**

1. Uji Kecukupan dan Keseragaman Data

**Tabel 2 Rekapitulasi Kecukupan dan Keseragaman Data**

No.	Deskripsi Data	N	N <sup>2</sup>	$\bar{x}$	$\sigma$	BKA	BKB	Max	Min	Kesimpulan
1	Tinggi mata kaki	40	11.76	7.99	0.69	10.06	5.90	10	7	Data cukup dan seragam
2	Tinggi lutut berdiri (TLB)	40	7.95	45.05	3.22	54.69	35.39	52	38.5	Data cukup dan seragam
3	Tinggi ujung tangan	40	30.12	61.16	8.50	86.65	35.66	77	46.29	Data cukup dan seragam
4	Tinggi siku berdiri (TSB)	40	4.77	102.24	5.66	119.20	85.26	115	91.2	Data cukup dan seragam
5	Tinggi Bahu Berdiri (TBB)	40	4.03	136.29	6.93	157.08	115.49	151	127.29	Data cukup dan seragam
6	Tinggi Badan Tegak (TBT)	40	2.13	163.65	6.05	181.78	145.50	180	156	Data cukup dan seragam
7	Jangkauan Tangan Atas (JTA)	40	2.71	209.05	8.72	235.21	182.87	231	193.6	Data cukup dan seragam
8	Lebar telapak tangan (LTT)	40	29.73	8.79	1.21	12.44	5.15	11	6.8	Data cukup dan seragam
9	Genggaman tangan (GGT)	40	30.3856	3.69	0.51	5.24	2.15	4.44	2.54	Data cukup dan seragam

2. Perhitungan Persentil

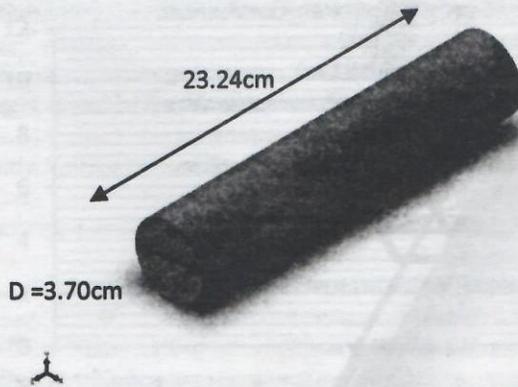
**Tabel 3 Rekapitulasi Persentil**

Deskripsi Data	Persentil				
	1	10	50	90	99
Tinggi mata kaki	6.37	7.10	7.99	8.87	9.60
Tinggi lutut berdiri (TLB)	37.57	40.93	45.05	49.16	52.52
Tinggi ujung tangan	41.40	50.28	61.16	72.04	80.92
Tinggi siku berdiri (TSB)	89.08	95.00	102.24	109.48	115.39
Tinggi Bahu Berdiri (TBB)	120.18	127.42	136.29	145.16	152.40
Tinggi Badan Tegak (TBT)	149.58	155.90	163.65	171.39	177.71
Jangkauan Tangan Atas (JTA)	188.76	197.88	209.05	220.21	229.33
Lebar telapak tangan (LTT)	5.97	7.24	8.80	10.35	11.62
Genggaman tangan (GGT)	2.50	3.04	3.70	4.36	4.90

**Analisa Data Dimensi Alat**

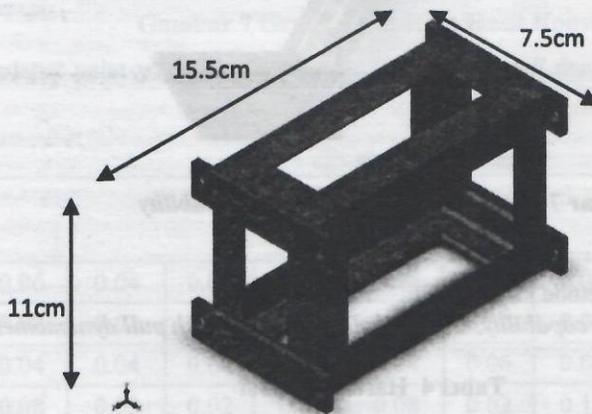
Alat *lifting capability* yang dibuat terbagi menjadi 2 alat, yaitu :

- (1) menggunakan *crane scale* (dengan cara ditarik), untuk posisi *ankle height, knee height, knuckle height, arm height*
  - a. *Handle*, menggunakan data antropometri yaitu Genggaman Tangan (GGT) untuk menentukan diameter dan Lebar Telapak Tangan (LTT) untuk menentukan panjang dari *handle* tersebut. Untuk diameter menggunakan perhitungan persentil 50 =  $\bar{x} = 3.70$  cm.  
Hal ini dengan asumsi bahwa alat ini akan bisa digunakan dengan dimensi rata-rata populasi. Untuk menentukan panjang *handle* menggunakan persentil 99 =  $\bar{x} + 2.325 \sigma = 11.62$   
Karena *handle* menggunakan akan digunakan juga dengan dua tangan maka panjang dikalikan dua sehingga menjadi 23.24cm. Untuk panjang *handle* menggunakan persentil yang besar karena di tengah-tengah *handle* terdapat tali.

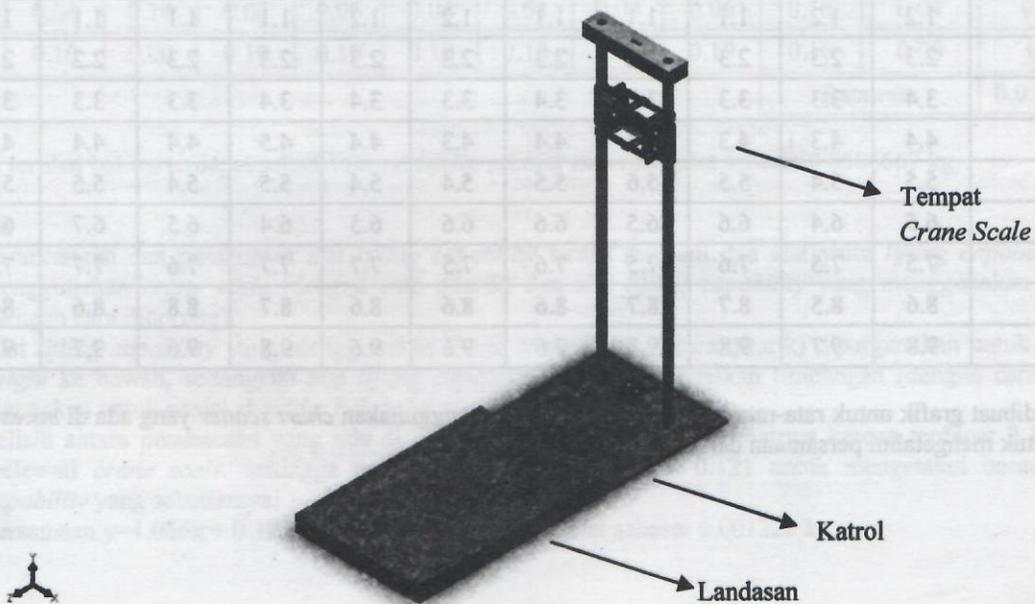


Gambar 4 Handle

- b. Tempat crane scale., perlu dibuatkan suatu wadah agar lebih terhindar dari hal-hal yang tidak diinginkan. Dimensi dari tempat crane scale adalah panjang 15.5cm lebar 7.5cm dan tinggi 11cm.

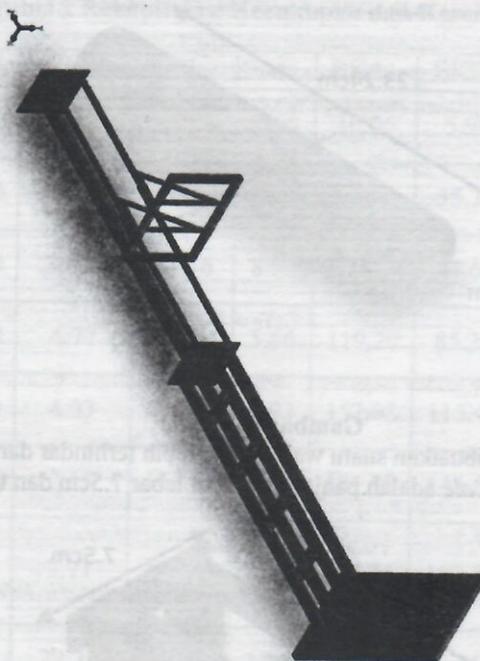


Gambar 5 Tempat Crane Scale



Gambar 6 Desain Alat Ukur *Lifting Capability*

- (2). menggunakan timbangan (dengan cara didorong), untuk posisi *shoulder height*, *head height* and *over head height*. Dari data persentil anthropometri maka dapat dirancang atau desain dari alat ukur *lifting capability*.



Gambar 7 Desain Alat Ukur *Lifting Capability*

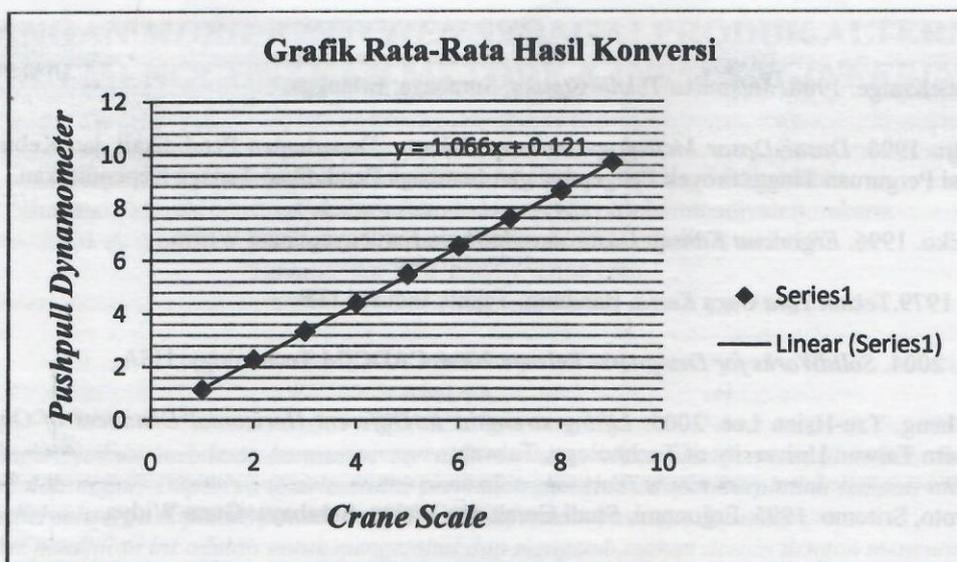
**Pengujian**

1. Metode Pengujian, menggunakan metode kalibrasi.
  - a. Pengujian kalibrasi, Alat ukur *lifting capability*, *Crane scale*, Alat ukur *push pull dynamometer*
2. Hasil pengujian.

Tabel 4 Hasil Konversi

Beban (kg) ( <i>crane scale</i> )	Jumlah Percobaan ( <i>push pull dynamometer</i> )										Rata-rata
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.14
2	2.3	2.3	2.3	2.2	2.3	2.3	2.3	2.3	2.3	2.2	2.28
3	3.4	3.3	3.3	3.3	3.4	3.3	3.4	3.4	3.3	3.3	3.34
4	4.4	4.3	4.3	4.4	4.4	4.3	4.4	4.5	4.4	4.4	4.38
5	5.5	5.4	5.5	5.6	5.5	5.4	5.4	5.5	5.4	5.5	5.47
6	6.5	6.4	6.6	6.5	6.6	6.6	6.5	6.4	6.5	6.7	6.53
7	7.5	7.5	7.6	7.5	7.6	7.5	7.7	7.7	7.6	7.7	7.59
8	8.6	8.5	8.7	8.7	8.6	8.6	8.6	8.7	8.8	8.6	8.64
9	9.8	9.7	9.8	9.8	9.6	9.6	9.6	9.8	9.6	9.7	9.70

Dari tabel 4 dibuat grafik untuk rata-rata hasil kalibrasi dengan menggunakan *chart scatter* yang ada di *ms.exel*. Hal ini dilakukan untuk mengetahui persamaan dari data tersebut.



Gambar 7 Grafik Rata-Rata Hasil Konversi

Dari tabel 4 terlihat terdapat galat yaitu selisih antara rata-rata *pushpull* dengan pengambilan untuk masing-masing percobaan.

Tabel 8 Galat

Crane Scale	Galat (harga mutlak)										Rata-rata
	1	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.06	0.04	0.04	
2	0.02	0.02	0.02	0.08	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.08	0.032
3	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.04	0.06	0.06	0.04	0.04	0.048
4	0.02	0.08	0.08	0.02	0.02	0.08	0.02	0.12	0.02	0.02	0.048
5	0.03	0.07	0.03	0.13	0.03	0.07	0.07	0.03	0.07	0.03	0.056
6	0.03	0.13	0.07	0.03	0.07	0.07	0.03	0.13	0.03	0.17	0.076
7	0.09	0.09	0.01	0.09	0.01	0.09	0.11	0.11	0.01	0.11	0.072
8	0.04	0.14	0.06	0.06	0.04	0.04	0.04	0.06	0.16	0.04	0.068
9	0.10	0.00	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.00	0.08
Rata-rata											0.0586667

Dari tabel 8 terlihat bahwa terdapat selisih rata-rata yaitu sebesar rata-rata galat sebesar 0.0586667 kg.

**Kesimpulan**

1. Perancangan dan pembuatan alat *lifting capability* terdiri menjadi dua alat yaitu *lifting capability* dengan menggunakan *crane scale* (dengan cara ditarik) dan alat *lifting capability* yang menggunakan timbangan (dengan cara didorong).
2. Alat *lifting capability* yang menggunakan *crane scale* (dengan cara ditarik) dipergunakan untuk posisi *arm height* ke bawah, sedangkan alat *lifting capability* yang menggunakan timbangan (dengan cara didorong) digunakan untuk posisi *shoulder height* ke atas.
3. Selisih antara pembacaan yang ada di *crane scale* dengan yang sebenarnya karena terdapat 2 katrol yang melewati *crane scale*, sehingga perlu persamaan  $y=1.066x + 0.121$  untuk mengetahui besarnya *lifting capability* yang sebenarnya.
4. Persamaan  $y=1.066x + 0.121$  masih terdapat rata-rata galat sebesar 0.001222 kg.

Referensi

Jl Meriam, LG Kraige. 1988. *Mekanika Teknik Statika*, Surabaya: Erlangga.

Munadi, Sudji. 1998. *Dasar-Dasar Metrology Industry*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jendral Perguruan Tinggi Proyek Pengembangan Lembaga Pendidikan Tenaga Kependidikan.

Nurmianto, Eko. 1996. *Ergonomi Konsep Dasar dan Aplikasi*, Surabaya: Guna Widya,.

Sutalaksana. 1979. *Teknik Tata Cara Kerja*. Bandung: Teknik Industri ITB.

Tickoo, Sam. 2004. *SolidWorks for Designers: Release 2004*, CAD/CIM Technology, USA.

Te-Shiang Cheng, Tzu-Hsien Lee. 2005. *Lifting strengths in Different Horizontal Distances of Objects to be Lifted*. Southern Taiwan University of Technology, Taiwan.

Wignjosoebroto, Sritomo. 1995. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Surabaya: Guna Widya.

Yuh-chuan shih, mao-jiun j, Wang shin-ling fu. 2002. *Evaluating Height Effect on Isometric Lifting Capability of Young People in Taiwan*.

<http://erfad.890m.com/ar-instrument/01-Kalibrasi%20.php>

<http://one.indoskripsi.com/node/5735>

Order	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
2	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02
3	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03
4	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04	0.04
5	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
6	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06	0.06
7	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07	0.07
8	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08	0.08
9	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09	0.09
10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10	0.10
11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11	0.11
12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12	0.12