

## DESAIN ERGOMETER KAYAK BERDASARKAN ANTROPOMETRI DAN BIOMEKANIK ATLET

Muhammad Nuzan Rizki<sup>1\*</sup>, Asnawi<sup>1</sup>, Nurul Islami<sup>2</sup>, Rizki Aulia Nanda<sup>3</sup>, Dedi Afandi<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Malikussaleh, Indonesia

<sup>2</sup>Program Studi Teknik Material, Universitas Malikussaleh, Indonesia

<sup>3</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Buana Perjuangan Karawang, Indonesia

<sup>4</sup>Program Studi Teknik Mesin, Universitas Syiah Kuala, Indonesia

\*Corresponding Author: mnuzanrizki@unimal.ac.id

**ABSTRACT** – Muscle strength and leg endurance are very important in producing good upper body rotation. However, upper body strength training takes precedence over other body strength training because of its predominant involvement in the stroke of rowing. Therefore, kayak athletes need training tools that can aid in efforts to increase upper-body strength. One facility that is proven to be able to meet the training needs of these athletes is the kayak ergometer. The kayak ergometer can simulate rowing activities in water and is an easy means of training because it is done on land. In this study, the design of an ergometer kayak was carried out based on the anthropometry and biomechanics of athletes. beginning with identifying needs, compiling technical specifications, measuring athletes' anthropometry and biomechanics, and concluding with the design of an ergometer using CAD software. The results of this study are kayak ergometer designs that are in accordance with the athlete's anthropometry and biomechanics. so that it can help athletes improve comfort and quality during training.

**Keywords:** Ergometer kayak, Identification of needs, Anthropometry, Biomechanics, Athletes, Tool Design

**ABSTRAK** – Kekuatan otot dan daya tahan kaki sangat penting dalam menghasilkan rotasi tubuh bagian atas yang baik. Namun, latihan kekuatan tubuh bagian atas lebih diutamakan dari pada latihan kekuatan tubuh lainnya karena keterlibatannya yang lebih dominan dalam stroke saat mendayung. Oleh karena itu, Atlet kayak memerlukan sarana latihan yang dapat membantu dalam upaya peningkatan kekuatan tubuh bagian atas. Salah satu sarana yang terbukti mampu memenuhi kebutuhan latihan Atlet tersebut yaitu Ergometer Kayak. Ergometer kayak dapat mensimulasikan kegiatan dayung di air dan menjadi sarana pelatihan yang mudah karena dilakukan di daratan. Pada penelitian ini dilakukan perancangan alat ergometer kayak berdasarkan antropometri dan biomekanik Atlet. Diawali dengan melakukan identifikasi kebutuhan, menyusun spesifikasi teknis, pengukuran antropometri & biomekanik Atlet, dan diakhiri dengan mendesain ergometer kayak menggunakan perangkat lunak CAD. Hasil dari penelitian ini yaitu desain ergometer kayak yang sesuai dengan antropometri dan biomekanik Atlet. Sehingga dapat membantu Atlet untuk meningkatkan kenyamanan dan kualitas pada saat pelatihan.

**Keywords:** Ergometer kayak, Identifikasi kebutuhan, Antropometri, Biomekanik, Atlet, Perancangan alat

### 1 Introduction

Kayak adalah salah satu jenis kendaraan air bertenaga manusia yang digunakan untuk transportasi melintasi air. Perbedaan yang mendasar dari kano terlihat pada posisi

diduk pengayuh dan jumlah bilah pada dayungnya [1]. Menurut Hudson dkk [2] kayak menjadi salah satu transportasi air yang murah serta memiliki ukuran relatif kecil sehingga dapat dengan mudah dalam mobilitas menggunakan mobil atau trailer dari satu lokasi ke lokasi

lainnya.

Saat ini kayak menjadi salah satu cabang olahraga pada olimpiade, dimana terdiri dari rangkaian gerakan berulang dan waktu tertentu dibutuhkan untuk menyelesaikan satu putaran perlombaan [3]. Perlombaan kayak pada pertandingan olimpiade dan kejuaraan dunia dipertandingkan pada jarak 200, 500, dan 1000 m. Untuk mempersiapkan diri pada kompetisi tersebut, Atlet kayak menjalani program latihan ketahanan, interval, repetition, dan teknik dayung yang baik di dalam maupun di luar air [4].

Atlet kayak memosisikan diri dalam keadaan duduk dan kaki terlentang kedepan serta menggunakan kayuh ganda untuk mendorong air [4,5]. Pada saat mendorong air, kekuatan rotasi pinggul dan tubuh bagian atas dibutuhkan untuk menghasilkan gaya dorong pada air dengan menggunakan kayuh. Kemudian otot-otot ini tidak hanya secara pasif menyalurkan kekuatan rotasi tersebut, melainkan secara aktif menarik (lengan bawah) dan mendorong (lengan atas) [6,7]. Sehingga kekuatan otot dan daya tahan kaki sangat penting dalam menghasilkan gerakan kayuh yang maksimal.

Kekuatan otot dan daya tahan kaki sangat penting dalam menghasilkan rotasi tubuh bagian atas yang baik. Namun, latihan kekuatan tubuh bagian atas lebih diutamakan dari pada latihan kekuatan bagian tubuh lainnya karena keterlibatannya yang lebih dominan dalam stroke saat mendayung. Oleh karena itu, Atlet kayak memerlukan sarana latihan yang dapat membantu dalam upaya peningkatan kekuatan tubuh bagian atas. Salah satu sarana yang terbukti mampu memenuhi kebutuhan latihan Atlet tersebut yaitu Ergometer Kayak.

Ergometer kayak dapat mensimulasikan kegiatan dayung di air dan menjadi sarana pelatihan yang mudah karena dilakukan di daratan. Hasil studi Marcolina [8] menunjukkan ergometer menjadi perangkat pelatihan yang tepat, dengan mempertimbangkan nilai kekuatan dayung yang lebih baik pada saat mendayung di atas dayung. Ergometer dapat dianggap sebagai *cross training* untuk pendayung dan sarana untuk mempermudah proses pelatihan.

Dalam penelitian ini penulis akan merancang alat ergometer kayak dengan mempertimbangkan antropometri dan biomekanik Atlet dayung. Hal inilah yang melatar belakangi dilakukannya penelitian ini.

## 2 Ergometer

Ergometer dirancang dan dikembangkan secara khusus untuk mensimulasikan kerja suatu olahraga. Penelitian terkait pengembangan ergometer terus berkembang, hingga menghadirkan ergometer pada cabang olah raga kayak. Ergometer kayak mensimulasikan olahraga kayak di dalam air, namun kegiatan ini dapat dilakukan di darat.

Saat ini sudah hadir ergometer kayak dari beberapa produsen luar negeri. Ergometer tersebut umumnya dirancang berdasarkan antropometri dan biomekanik atlet negara asal produsen. Tentu hal ini menyebabkan perbedaan ketika Atlet Asia terkhusus Indonesia dalam penyesuaian dengan ergometer tersebut. sehingga pengguna ergometer kayak di Indonesia khususnya di Aceh mendapatkan beberapa kendala saat penggunaan. Kendala-kendala yang dihadapi pengguna akan dianalisis dengan metode identifikasi kebutuhan, yang akan dibahas pada bagian di bawah ini.

### 2.1 Identifikasi kebutuhan

Proses perancangan suatu alat atau produk terdiri dari dua proses utama, yaitu proses perancangan dan proses pembuatan. Salah satu fase pada proses perancangan yang terpenting yaitu mengidentifikasi kebutuhan pengguna. Dengan bertujuan agar produk yang ingin dirancang sesuai dengan yang dibutuhkan pengguna. Identifikasi kebutuhan atlet merupakan bagian penting dari fase pengembangan konsep produk. Daftar kebutuhan pelanggan yang dihasilkan digunakan untuk menetapkan spesifikasi produk.

Pada perancangan alat ergometer ini, penulis melakukan identifikasi kebutuhan dengan cara menyebarkan kuesioner yang terdiri dari 16 pertanyaan kepada enam Atlet Aceh. Kebutuhan-kebutuhan tersebut yang akan menjadi dasar bagi penulis untuk menentukan spesifikasi teknis produk. Yang selanjutnya akan dijadikan dasar fase perancangan berikutnya. Yaitu fase perancangan konsep produk dan menjadi tolak ukur pada evaluasi hasil produk yang sudah jadi.

Pada hasil identifikasi kebutuhan ini dilakukan uji validitas dan reabilitas. Dalam menentukan layak atau tidaknya suatu item yang digunakan, biasanya digunakan uji signifikansi valid jika berkorelasi signifikan terhadap skor total. Teknik pengujian SPSS sering digunakan untuk uji validitas adalah menggunakan korelasi *Bivariate Pearson* dan *Corrected Item-Total Correlation* [9]. Uji reabilitas digunakan untuk mengetahui konsistensi dalam pengukuran, apakah hasil pengukuran diandalkan dan tetap konsisten jika pengukuran tersebut diulang. Metode yang paling sering digunakan yaitu metode *Cronbach's Alpha* [9]. Pada penelitian ini pengujian validitas dan uji reabilitas menggunakan software IBM SPSS Statistics.

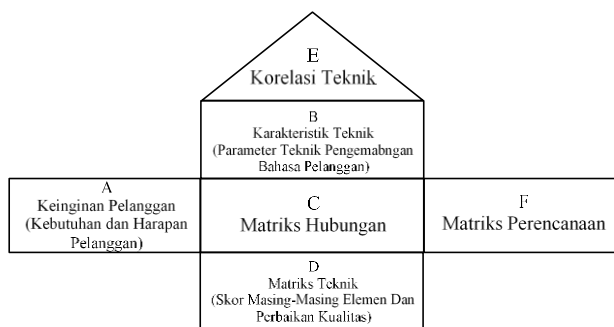
### 2.2 Spesifikasi Teknis

Perancangan produk adalah penyusunan konsep produk yang lebih jelas, terarah, dan sistematis dari pada gagasan produk baru ataupun modifikasi produk lama agar dapat memenuhi kebutuhan pelanggan ataupun memanfaatkan inovasi teknologi [10].

Salah satu metode yang dianjurkan untuk digunakan dalam penyusunan spesifikasi teknis adalah metode

Quality Functional Deployment (QFD) yang dikembangkan di Jepang pada pertengahan tahun 1970-an [11]. Spesifikasi teknis bersifat dinamis, yaitu dapat Spesifikasi mengalami perubahan selama proses perancangan dan pembuatan produk berlangsung.

Langkah awal yang harus dilakukan dalam proses desain menggunakan QFD adalah melakukan perencanaan produk yang dimulai dengan menerjemahkan kebutuhan konsumen dalam bentuk matriks House of Quality (HOQ). Matriks HOQ menggambarkan struktur desain yang membentuk suatu siklus dan bentuknya menyerupai sebuah rumah (Gambar 1).



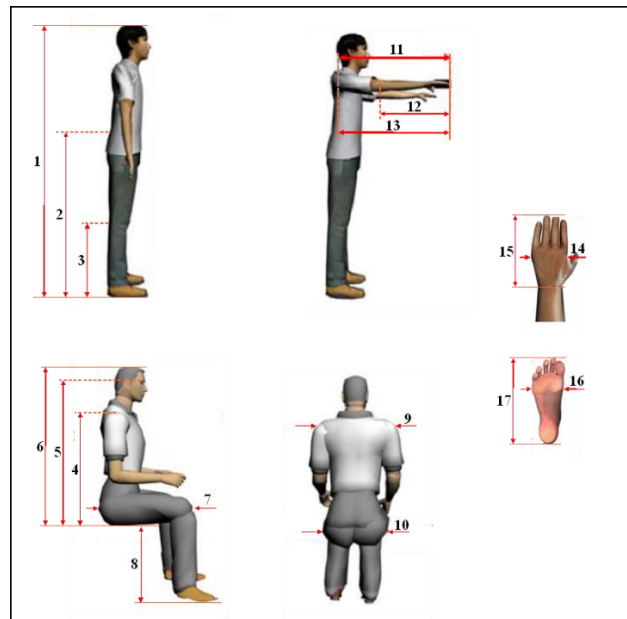
Gambar 1. Matriks House of Quality (HOQ).

### 2.3 Antropometri

Antropometri adalah cabang dari ilmu yang mempelajari tentang manusia yang berhubungan dengan pengukuran, terutama pada pengukuran tubuh, bentuk, kekuatan dan kapasitas kerja [12]. Secara literal antropometri adalah suatu kumpulan data numerik yang berhubungan dengan karakteristik fisik tubuh manusia yaitu ukuran, bentuk, dan kekuatan serta penerapan dari data tersebut untuk penanganan masalah desain [13]. Berdasarkan hal tersebut maka dapat disimpulkan bahwa data antropometri akan menentukan bentuk, dan dimensi yang tepat berkaitan dengan produk yang akan dirancang sesuai dengan manusia yang akan mengoperasikan atau menggunakan produk tersebut [14].

### 2.4 Dimensi Antropometri

Pendekatan untuk menghasilkan alat ergometer dayung yang nyaman dan dapat mensimulasikan gerakan dayung di air harus didasari pada data antropometri yang tepat. Maka dalam penelitian ini, terdapat 17 dimensi antropometri pengguna yang penting untuk diketahui karena sangat berkaitan dengan penentuan bentuk dan dimensi alat ergometer dayung ini [15]. Dimensi-dimensi antropometri yang penting untuk diketahui dalam suatu perancangan alat ergometer dayung dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Dimensi antropometri yang diukur pada sampel

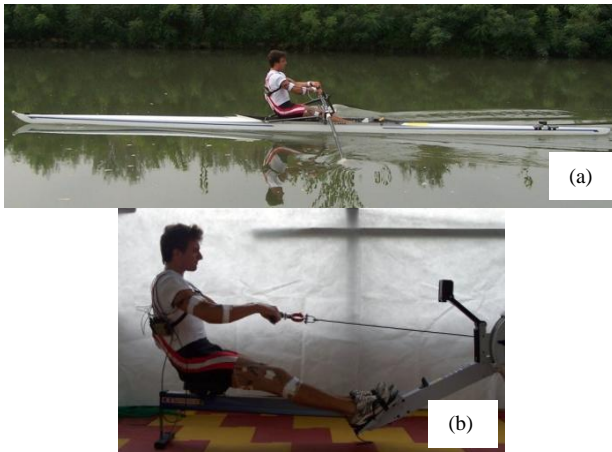
Tabel 1. Keterangan dari Gambar 2.

No	Dimensi	No	Dimensi
1.	Tinggi Badan Tegak	10.	Lebar Pinggul
2.	Tinggi Pinggang Berdiri	11.	Jangkauan Tangan Kedepan
3.	Tinggi Lutut Berdiri	12.	Panjang Lengan Bawah
4.	Tinggi Bahu Duduk	13.	Panjang Lengan Atas
5.	Tinggi Mata Duduk	14.	Lebar Tangan
6.	Tinggi Duduk	15.	Panjang Telapak Tangan
7.	Pantat Kelutut	16.	Lebar Kaki
8.	Tinggi Popiteal	17.	Panjang Telapak Kaki
9.	Lebar Bahu		

### 2.5 Biomekanik

Biomekanika merupakan salah satu dari empat bidang penelitian informasi hasil ergonomi. Yaitu penelitian tentang kekuatan fisik manusia yang mencakup kekuatan atau daya fisik manusia ketika bekerja dan mempelajari bagaimana cara kerja serta peralatan harus dirancang agar sesuai dengan kemampuan fisik manusia ketika melakukan aktivitas kerja tersebut.

Banyak penelitian mengenai biomekanik mendayung telah dilakukan. Sebagai contoh, hasil studi menunjukkan ergometer sebagai perangkat pelatihan yang tepat, dengan mempertimbangkan nilai kekuatan pegangan yang lebih tinggi pada saat mendayung di atas perahu seperti pada Gambar 3. Antropometri adalah cabang dari ilmu yang mempelajari tentang



Gambar 3. Biomekanik pendayung pada dayung (a), dan pada alat ergometer (b) [8].

### 3 Metode Perancangan

Identifikasi kebutuhan salah satu hal penting dalam perancangan dengan bertujuan agar produk yang ingin dirancang sesuai dengan yang dibutuhkan pengguna. Untuk menentukan kebutuhan yang ingin dipenuhi maka dilakukan pembagian kuesioner kepada sampel yang terdiri dari sejumlah pertanyaan. Lalu jawaban yang diperoleh dari kuesioner akan direkap sebagai acuan awal dalam perancangan produk menggunakan metode QFD.

Untuk pengumpulan data perancangan, Pada penelitian ini untuk memperoleh data yang dibutuhkan untuk merancang alat ergometer dayung dilakukan dengan pengambilan data antropometri dan biomekanik pada enam atlet Aceh. Dengan menggunakan teknik field research yaitu secara langsung ke lapangan untuk memperoleh data dengan cara tes kondisi fisik.

#### 3.1 Identifikasi Antropometri

Secara umum terdapat 36 parameter ukur pada tubuh manusia. Namun dalam penelitian ini yang digunakan hanya 17 parameter karena memiliki pengaruh besar pada rancangan ergometer kayak ini [15]. Pengolahan data antropometri menggunakan konsep persentil.

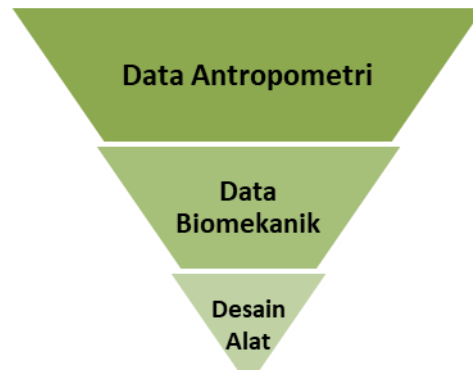
#### 3.2 Identifikasi Biomekanik

Dalam menentukan penggunaan material pada alat ergometer dayung ini dipengaruhi oleh data biomekanik. Identifikasi biomekanik dengan mengukur kekuatan-kekuatan maksimum tangan/otot lengan bawah, punggung, kaki, dan kekuatan tarik/dorong lengan atlet. Pengukuran menggunakan alat ukur *Grip strenght dynamometer*, *Back and leg dynamometer*, dan *Expanding dynamometer*.

#### 3.3 Pengolahan data

Deskripsi proses rancangan penelitian seperti pada Gambar 4 diawali dengan pengambilan data

antropometri Atlet. Kemudian pengolahan data dilakukan dengan menggunakan konsep persentil. Lalu identifikasi biomekanik dengan mengukur kekuatan maksimum tangan/otot lengan bawah, punggung, kaki, dan kekuatan tarik/dorong lengan atlet. Sehingga dari data antropometri dan biomekanik tersebut dapat menjadi acuan dalam menentukan konsep rancangan alat ergometer ini.



Gambar 4. Tahapan rancangan

## 4 Hasil dan Pembahasan

#### 4.1 Uji validitas dan realibilitas data kuisioner

Perolehan data kemudian dipertimbangkan tingkat kepentingannya menggunakan kuesioner tingkat kepentingan pengguna. Hasil tersebut kemudian diuji validitas dan reabilitas untuk mengetahui apakah data valid atau tidak dan apakah data tersebut realibel atau tidak.

Penelitian ini menggunakan tingkat kepercayaan 95 % dengan jumlah responden 6 orang sehingga diperoleh nilai signifikan dari  $r$  tabel sebesar 0,811. Data diolah menggunakan software SPSS dan dikatakan valid apabila nilai person correlation melebihi nilai signifikan. Berikut hasil dari uji validitas kuesioner (Tabel 2).

Tabel 2. Nilai pengujian validitas

No	Nilai <i>pearson correlation</i>	R tabel ( $n=6, \alpha = 0.05$ )	Keterangan
1.	0,840	0,811	valid
2.	0,818	0,811	valid
3.	0,865	0,811	valid
4.	0,909	0,811	valid
5.	0,820	0,811	valid
6.	0,865	0,811	valid
7.	0,909	0,811	valid
8.	0,858	0,811	valid
9.	0,823	0,811	valid
10	0,840	0,811	valid

Hasil pengamatan pada R Lampiran B.2 didapatkan nilai dari sampel sebanyak 6 koresponden sebesar 0,811.

Merujuk pada hasil uji validitas menggunakan software SPSS dihasilkan bahwa semua variabel soal adalah valid.

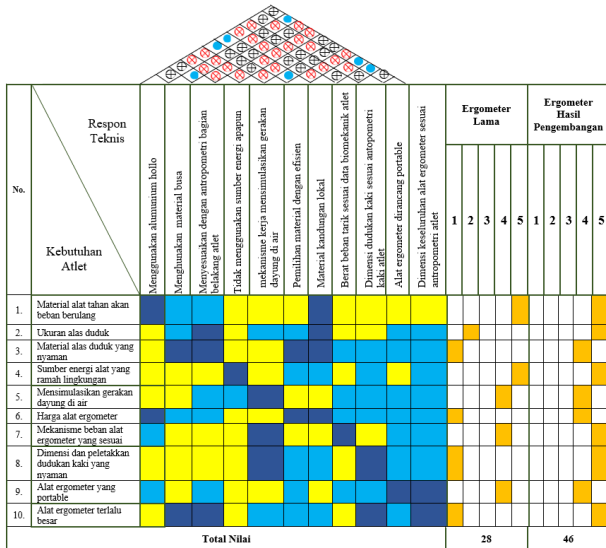
Tabel 3. Nilai pengujian reabilitas

Cronbach's Alpha	N of Items
0,955	10

Dari hasil uji reabilitas didapatkan semua nilai dari hasil variabel pada Tabel 4.3 menghasilkan nilai alpha cronbach >0.90. Sehingga dapat disimpulkan nilai tersebut menunjukkan reabilitas yang kuat.

4.2 Penyusunan spesifikasi teknis

Spesifikasi teknis tersusun sebagai hasil analisis yang mendalam tentang fungsi dan karakteristik produk sebagaimana dinyatakan dalam customer need. Metode yang digunakan untuk menyusun spesifikasi teknis pada perencanaan ini yaitu metode quality function deployment (QFD). Berdasarkan identifikasi kebutuhan pengguna dapat dihasilkan QFD seperti pada Gambar 5.

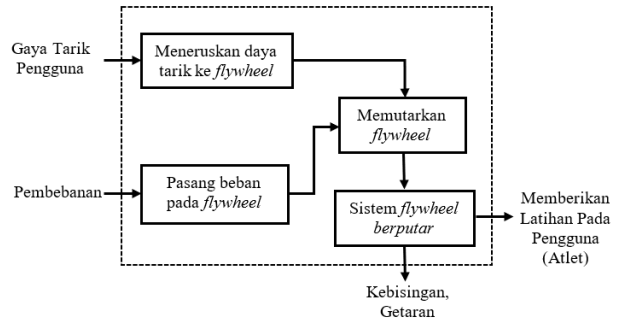


Gambar 5. Quality Function Deployment

4.3 Perancangan konsep produk

Rancangan konsep produk diperoleh menggunakan metode morfologi. Namun sebelum menyusun matriks morfologi, penting untuk mendefinisikan fungsi dari alat ergometer kayak ini. Pada alat ergometer kayak yang ingin dirancang. Energi masukan berupa daya tarik dari pengguna (Atlet). Lalu pembebanan masukan berupa pembebanan pada flywheel dengan berat beban tertentu. Kemudian sistem mengubah energi kinetik dari tarikan menjadi energi putar yang menggerakkan beban. Keluaran dari sistem gerak ini menghasilkan latihan untuk pengguna (Atlet).

Kemudian pada tahap selanjutnya yaitu ditentukan kinerja secara umum dari setiap elemen melalui diagram blok fungsi dibawah ini.



Gambar 6. Diagram blok fungsi

Kemudian dari struktur fungsi diatas dikombinasikan dengan beberapa alternatif sehingga dapat disusun matriks morfologi seperti tabel 4 dibawah ini.

Tabel 4. Matriks morfologi

Fungsi	Sub Fungsi	Solusi
Meneruskan Daya Tarik	Pegangan	Pipa Aluminium (A.1) Pipa Besi (A.2)
	Penyalur Daya Tarik	Rantai (B.1) Tali Prusik (B.2) Sabuk (B.3)
Pembebanan	Penerus Putaran	Pulley (D.1) Sproket (D.2)
	Perangkat Berputar	Flywheel (E.1) Sudu Sentrifugal (E.2) Impeller (E.3)
Struktur		Aluminium Hollow (F.1) Baja paduan rendah (F.2)

Dari tabel 4 diatas maka dapat disusun beberapa alternatif konsep produk sebagai berikut :

- a. Konsep 1 = A1+ B2 + C1 + D1 + E1 + F.1
- b. Konsep 2 = A2 + B1 + C2 + D2 + E2 + F.1
- c. Konsep 3 = A1 + B3 + C3 + D1 + E3 + F.2

Tahap selanjutnya yaitu melakukan evaluasi untuk setiap konsep produk yang telah didapat. Dengan menggunakan metode Pugh maka didapat hasil seperti pada tabel 5 dibawah ini.

Tabel 5. Matriks pengambilan keputusan

No	Kriteria persyaratan dan spesifikasi	Bobot	Alternatif		
			Konsep 1	Konsep 2	Konsep 3
1.	Material alat tahan akan beban berulang	10	10	9	10
2.	Ukuran alas duduk	8	8	8	8
3.	Material alas duduk yang nyaman	7	7	7	7
4.	Sumber energi alat yang ramah lingkungan	7	5	7	6
5.	Mensimulasikan gerakan dayung di air	7	7	6	7
6.	Harga alat ergometer	7	6	3	4
7.	Mekanisme beban alat ergometer yang sesuai	7	7	6	6
8.	Dimensi dan peletakkan dudukan kaki yang nyaman	9	9	9	9
9.	Alat ergometer yang portable	9	9	8	8
10	Dimensi alat ergometer sesuai dengan pengguna	10	10	10	10
	Jumlah	<b>81</b>	<b>78</b>	<b>73</b>	<b>75</b>
	Jumlah (%)	<b>100</b>	<b>96,3</b>	<b>90,1</b>	<b>92,6</b>

Dari matriks pengambil keputusan maka konsep alat yang memiliki skor tertinggi adalah **konsep alat 1**. Sehingga konsep produk inilah yang akan dikembangkan selanjutnya menjadi alat ergometer kayak. Pada sub-bab selanjutnya akan dilakukan pemberian bentuk atau pemodelan solid dari alat berdasarkan konsep alat 1.

#### 4.4 Data antropometri

Dengan 17 kriteria pengukuran yang akan diambil sesuai dengan kebutuhan desain. Data pengukuran antropometri yang digunakan dalam perancangan ini dapat dilihat pada Tabel 6 dibawah ini.

Tabel 6. Hasil persentil data antropometri atlet

No	Dimensi Tubuh	Dimensi	Persentil (mm)		
			5 <sup>th</sup>	50 <sup>th</sup>	95 <sup>th</sup>
1	Tinggi Badan Tegak	D1	157,21	167,68	178,15
2	Tinggi Pinggang Berdiri	D2	85,48	91,15	101,82
3	Tinggi Lutut	D7	43,13	46,27	49,40
4	Tinggi Duduk	D3	82,32	89,02	95,71
5	Tinggi Mata Duduk	D4	69,62	77,17	84,71
6	Tinggi Bahu Duduk	D5	58,43	60,42	62,40
7	Panjang Lengan Atas	D10	34,31	37,28	40,25
8	Panjang Lengan Bawah	D11	41,67	45,58	49,49
9	Jangkauan Tangan Ke depan	D12	75,39	82,53	89,68
10	Lebar Bahu	D13	35,11	37,90	40,69
11	Lebar Pinggul	D9	30,20	32,92	35,62
12	Panjang Lutut	D6	52,92	57,35	61,78
13	Tinggi Popliteal	D8	44,38	45,75	47,12
14	Lebar Tangan	D16	8,23	8,92	9,60
15	Panjang Tangan	D15	16,99	18,62	20,24
16	Panjang Kaki	D17	23,47	25,77	28,06
17	Lebar Kaki	D18	7,07	7,43	7,80
	Jumlah	<b>81</b>	<b>78</b>	<b>73</b>	<b>75</b>
	Jumlah (%)	<b>100</b>	<b>96,3</b>	<b>90,1</b>	<b>92,6</b>

Berdasarkan perhitungan persentil data antropometri Atlet Aceh, maka langkah selanjutnya adalah menentukan dimensi dari bagian-bagian alat ergometer ini. Dimensi-dimensi alat ergometer dapat dilihat pada Tabel 7 berikut :

Tabel 7. Nilai pengujian validitas

No	Dimensi Tubuh	Dimensi Alat Ergometer Dayung	Persentil	Ukuran Desain (cm)
1.	Tinggi Badan Tegak	Panjang Alat	95	178.15
2.	Tinggi Pinggang Berdiri	Jarak Antar Dudukan Kaki Dengan Kursi	95	101.82
3.	Tinggi Lutut Berdiri	Jarak Antar Kursi Dengan Dudukan Kaki	95	49.40
4.	Tinggi Duduk	Ketinggian Alat	95	95.71
5.	Tinggi Mata Duduk	Ketinggian Indikator Kekuatan	5	69.62
6.	Tinggi Bahu Duduk	Ketinggian Pegangan Jarak	5	58.43
7.	Panjang Lengan Atas	Pegangan Ke Tubuh Pengguna Jarak	5	34.31
8.	Panjang Lengan Bawah	Pegangan Ke Tubuh Pengguna Jarak	5	41.67
9.	Jangkauan Tangan Kedepan	Pegangan Ke Tubuh Pengguna	5	75.39
10.	Lebar Bahu	Panjang Pegangan	95	40.69
11.	Lebar Pinggul	Panjang Kursi	95	35.62
12.	Pantat Kelutut	Lebar Kursi	50	57.35
13.	Tinggi Popiteal	Ketinggian Kursi	50	45.75
14.	Lebar Tangan	Ukuran Pegangan	95	9.60
15.	Panjang Telapak Tangan	Diameter Pegangan	5	16.99
16.	Panjang Telapak Kaki	Panjang Dudukan Kaki	95	28.06
17.	Lebar Kaki	Lebar Dudukan Kaki	95	7.80

#### 4.5 Data biomekanik

Data biomekanik penting untuk diketahui sebagai dasar penentuan bentuk dan material yang akan digunakan pada bagian-bagian tertentu alat ergometer dayung ini. Bertujuan untuk menciptakan bentuk alat yang efektif sesuai dengan teknik dayung yang digunakan di air. Juga untuk menentukan batas maksimum kekuatan yang akan dialami material pada komponen alat ergometer dayung.

Terdapat tiga parameter ukur yang dilakukan dalam penelitian ini yaitu pengukuran kekuatan tangan (*Handgrip Strenght*), kekuatan punggung dan tungkai (*Back and Leg Strenght*), dan kekuatan lengan (*Pull and Push Strenght*). Berikut hasil pengukuran terhadap subjek sebanyak 6 Atlet.

- Kekuatan tangan (*Handgrip Strenght*)

Tabel 8. Hasil pengukuran kekuatan tangan

No	Nama	Percobaan	Nilai kekuatan tangan (Kg)	
			Kanan	Kiri
1	Sampel 1	Pertama	48	46
		Kedua	48	45
		Ketiga	47	46
2	Sampel 2	Pertama	57	52
		Kedua	55	52
		Ketiga	57	51
3	Sampel 3	Pertama	54	31
		Kedua	53	30
		Ketiga	53	31
4	Sampel 4	Pertama	32	30
		Kedua	32	29
		Ketiga	31	28
5	Sampel 5	Pertama	45	53
		Kedua	49	53
		Ketiga	45	50
6	Sampel 6	Pertama	51	53
		Kedua	50	53
		Ketiga	50	53
Nilai Maksimum			<b>57</b>	<b>53</b>

Berdasarkan tabel hasil pengukuran kekuatan tangan diatas, didapat bahwa nilai maksimum sebesar 57 Kg untuk tangan kanan, dan 53 Kg untuk tangan kiri. Maka bentuk dan material yang dipilih harus mampu menahan kekuatan sebesar nilai maksimum tersebut.

Kemudian berdasarkan konsep desain yang telah ditentukan, material yang digunakan pada pegangan alat ergometer ini yaitu alumunium pipe 3003. Alumunium pipe 3003 memiliki kekuatan tarik sebesar 1325.63 Kg/cm<sup>2</sup> (Asm 21) sehingga jauh lebih besar dibanding nilai kekuatan tangan maksimum pengguna alat ergometer yakni 57 Kg. Dengan demikian material alumunium pipe 3003 sesuai digunakan pada alat ergometer kayak ini.

- Kekuatan punggung dan tungkai (*Back and Leg Strength*), dan Kekuatan lengan (*Pull and Push Strength*)

Tabel 9. Hasil pengukuran kekuatan otot punggung dan tungkai

No	Nama	Percobaan	Nilai kekuatan otot (Kg)	
			Punggung	Tungkai
1	Sampel 1	Pertama	109	152
		Kedua	105	151
		Ketiga	107	148
2	Sampel 2	Pertama	131	139
		Kedua	130	139
		Ketiga	128	135
3	Sampel 3	Pertama	110	215
		Kedua	108	200
		Ketiga	108	210
4	Sampel 4	Pertama	85	80
		Kedua	82	80
		Ketiga	84	78
5	Sampel 5	Pertama	180	220
		Kedua	180	218
		Ketiga	176	220
6	Sampel 6	Pertama	192	231
		Kedua	190	230
		Ketiga	189	230
Nilai Maksimum			<b>192</b>	<b>231</b>

Tabel 10. Hasil pengukuran kekuatan otot tarik

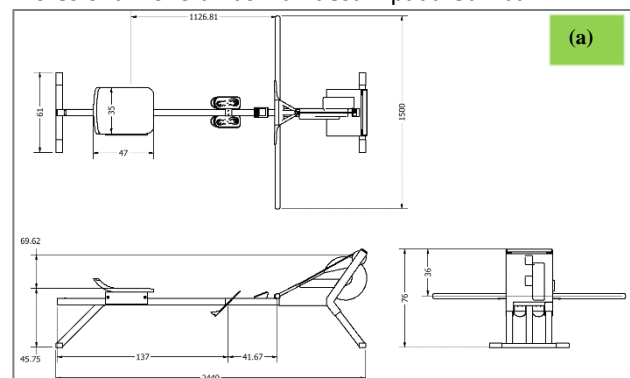
No	Nama	Percobaan	Nilai kekuatan otot (Kg)
			Tarik
1	Sampel 1	Pertama	33
		Kedua	33
		Ketiga	30
2	Sampel 2	Pertama	30
		Kedua	28
		Ketiga	28
3	Sampel 3	Pertama	28
		Kedua	28
		Ketiga	27
4	Sampel 4	Pertama	21
		Kedua	19
		Ketiga	20
5	Sampel 5	Pertama	44
		Kedua	40
		Ketiga	43
6	Sampel 6	Pertama	46
		Kedua	44
		Ketiga	46
Nilai Maksimum			<b>46</b>

Berdasarkan tabel hasil pengukuran diatas, didapat bahwa nilai maksimum kekuatan punggung, tungkai, dan tarik masing-masing sebesar 192 Kg, 231 Kg dan 46 Kg. Maka jumlah tarikan maksimum yang dapat dialami penyalur daya yaitu sebesar 469 Kg.

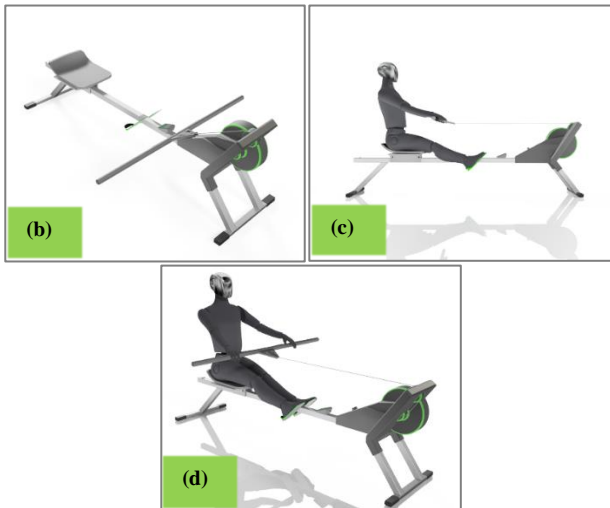
Kemudian berdasarkan konsep desain yang telah ditentukan, material yang digunakan sebagai penyalur daya tarikan tersebut yaitu tali prusik yang mampu menahan kekuatan tarik maksimum sebesar 600 Kg (Simond 22). Sehingga jauh lebih besar dibanding nilai kekuatan tarik maksimum pengguna alat ergometer yakni 469 Kg. Dengan demikian material tali prusik sesuai digunakan pada alat ergometer dayung ini.

#### 4.6 Desain ergometer kayak

Berdasarkan hasil dari pengolahan data antropometri dan data biomekanik kita mampu menentukan dimensi dan bentuk dari alat ergometer ini. Dengan menggunakan perangkat lunak Autodesk Inventor Profesional 2023 dihasilkan desain pada Gambar 7.







Gambar 7. Gambar Kerja Ergometer Kayak (a), Tampak Isometri (b), Tampak Samping (c), Ergometer kayak dengan mannequin (d).

## 5 Kesimpulan

Terdapat tujuh belas dimensi antropometri atlet yang berpengaruh pada desain alat ergometer ini. Maka diperlukan pengambilan data antropometri dari sampel 6 orang Atlet. Berdasarkan data yang diambil, dilakukan pengujian keseragaman data, uji kecukupan data, dan penentuan persentil sebagai dasar perancangan. Dari hasil pengujian, ketujuh belas dimensi antropometri tersebut dinyatakan data seragam dan dapat dikatakan cukup melalui uji kecukupan data. Kemudian didapati persentil 95-th, 50-th, dan 5-th. Hasil penentuan nilai persentil yang dipilih kemudian menjadi dasar perancangan alat ergometer kayak.

Nilai maksimum dari data biomekanik digunakan sebagai dasar penentuan jenis komponen dan material yang akan digunakan pada alat ergometer kayak ini. Luaran akhir dari penelitian ini menghasilkan desain ergometer kayak yang sesuai dengan antropometri dan biomekanik Atlet.

## Referensi

- [1] Ghazali, H., Mas'aud, N. H., and Rahman, N. A., 2021, "Design and Fabrication of Kayak Carrier," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, **1176**(1), p. 012022.
- [2] Hudson S, and Beedie P, 2007, "Water-Based Tourism, Sport, Leisure, and Recreation Experiences," pp. 171–186.
- [3] Kukić, F., Petrović, M., Greco, G., Cataldi, S., and Fischetti, F., 2022, "Association of Anthropometrics and Body Composition with Maximal and Relative Force and Power of Kayak Stroke in Competitive Kayak Athletes," *Int J Environ Res Public Health*, **19**(5).
- [4] Oliveira Borges, T., Bullock, N., Duff, C., and Coutts, A. J., *METHODS FOR QUANTIFYING TRAINING IN SPRINT KAYAK*.
- [5] Michael, J. S., Smith, R., and Rooney, K. B., 2009, "Determinants of Kayak Paddling Performance," *Sports Biomech*, **8**(2), pp. 167–179.
- [6] Barney Wainwright, Carlton Cooke, and Chris Low, 2016, "Performance Related Technique Factors in Olympic Sprint Kayaking," *ISBS 33rd International Conference on Biomechanics in Sports*, Colloud Floren, Monnet Tony, and Domalain Mathieu, eds., International Society of Biomechanics in Sports, Poitiers, pp. 1275–1278.

- [7] McDonnell, L. K., Hume, P. A., and Nolte, V., 2012, "An Observational Model for Biomechanical Assessment of Sprint Kayaking Technique," *Sports Biomech*, **11**(4), pp. 507–523.
- [8] Marcolin, G., Lentola, A., Paoli, A., and Petrone, N., 2015, "Rowing on a Boat Versus Rowing on an Ergo-Meter: A Biomechanical and Electromyographical Preliminary Study," *Procedia Eng*, **112**, pp. 461–466.
- [9] Seprianti, D., 2015, "RANCANGAN ALAT PENGIRIS MOTIF MANISAN PALA MENGGUNAKAN METODE THEORY OF INVENTIVE PROBLEM SOLVING (TRIZ)."
- [10] Alkindi, M., 2019, "Perancangan Dan Pengembangan Mesin Peuneurah Nilam Portable (PNP) Versi 1.0," Universitas Syiah Kuala.
- [11] Harsokoesoemo, H. D., 2004, *Pengantar Perancangan Teknik Edisi 2*, Penerbit ITB, Bandung.
- [12] Pheasant, S., and Haslegrave, C. M., 2018, *Bodyspace*, CRC Press.
- [13] Stevenson, M. G., 1999, *Notes on the Principles of Ergonomics*, University of New South Wales, Balgowlah NSW.
- [14] Wignjosoebroto, S., 2006, *Ergonomi, Studi Gerak Dan Waktu*, Guna Widya.
- [15] Hasanuddin, I., Husaini, Rizki, M. N., Akhyar, Nasruddin, M., Amir, N., Marlina, Y., and Asmawati, L., 2020, "The Design of Rowing Ergometer Based on the Anthropometry of Acehese Male Athletes," *IOP Conf Ser Mater Sci Eng*, **931**(1), p. 012022.