

**PERANCANGAN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
PORTABLE DENGAN METODE AXIOMATIC DESIGN**

TUGAS AKHIR

**Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Strata-1
Pada Program Studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri**



Nama : Enggang Aditya Putra

No. Mahasiswa : 13522068

**PROGRAM STUDI TEKNIK INDUSTRI
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA**

2018

PERNYATAAN KEASLIAN

Demi Allah, saya menyatakan bahwa tugas akhir dengan judul "Perancangan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable* Dengan Metode *Axiomatic Design*" adalah hasil karya sendiri kecuali kutipan dan ringkasan yang telah dijelaskan sumbernya. Jika dikemudian hari ternyata pengakuan saya tidak benar dan melanggar peraturan yang sah dalam karya tulis dan hak kekayaan intelektual, maka saya bersedia jika ijazah yang telah saya terima ditarik kembali oleh pihak Universitas Islam Indonesia.

Yogyakarta, Januari 2018



Enggang Aditya Putra



UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
FAKULTAS TEKNOLOGI INDUSTRI

JURUSAN : TEKNIK INDUSTRI, TEKNIK KIMIA, TEKNIK INFORMATIKA, TEKNIK ELEKTRO, DAN TEKNIK MESIN
 Kampus : Jl. Kaliurang Km. 14,5 Telp. (0274) 895287, 895007 / Facs. (0274) 895007 Ext. 148; Kotak Pos 75 Sleman 55501 Yogyakarta
<http://www.uui.ac.id> atau <http://www.fti-uui.org> e-mail : fti@uui.ac.id

Nomor : 18 /Kalab DSK&E & E/70/Lab. DSK & E/I/2018
 Hal : Surat keterangan penelitian

Assalamu'alaikum Wr.Wb.

Kami yang bertanda tangan di bawah ini Kalab DSK & Ergoñomi, Program Studi Teknik Industri Universitas Islam Indonesia, dengan ini ingin memberitahukan bahwa nama yang berada dibawah ini telah melakukan penelitian di Laboratorium Desain Sistem Kerja & Ergonomi

1	Nama Peneliti	: Enggang Aditya Putra
2	NIM	: 13522068
3	Program Studi	: Teknik Industri-FTI-UUI
4	Tempat Penelitian	: Lab Desain Sistem Kerja dan Ergonomi
5	Waktu Penelitian	: 24 Juni - 24 November 2017
6	Judul Penelitian	: Perancangan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Dengan Metode Axiomatic Design
7	Dosen pembimbing	: Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D.

Demikian surat keterangan ini kami buat, atas perhatian dan kerjasamanya kami ucapkan terimakasih

Wassalamu'alaikum Wr.Wb.

Yogyakarta 16 Januari 2018
 Ka.Lab DSK dan Ergonomi

Amarria Dila Sari, ST.M.Sc

LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING

PERANCANGAN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
PORTABLE DENGAN METODE AXIOMATIC DESIGN

**LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI
PERANCANGAN DESAIN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR
PORTABLE DENGAN METODE AXIOMATIC DESIGN**

TUGAS AKHIR

Oleh :

Nama : Enggang Aditya Putra
No. Mahasiswa : 13522068

Telah dipertahankan di depan sidang penguji sebagai satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 Teknik Industri Yogyakarta, Januari 2018

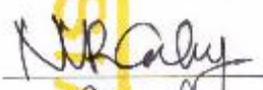
Tim Penguji

Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D.



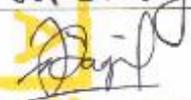
Ketua

Winda Nur Cahyo S.T., M.T., Ph.D.

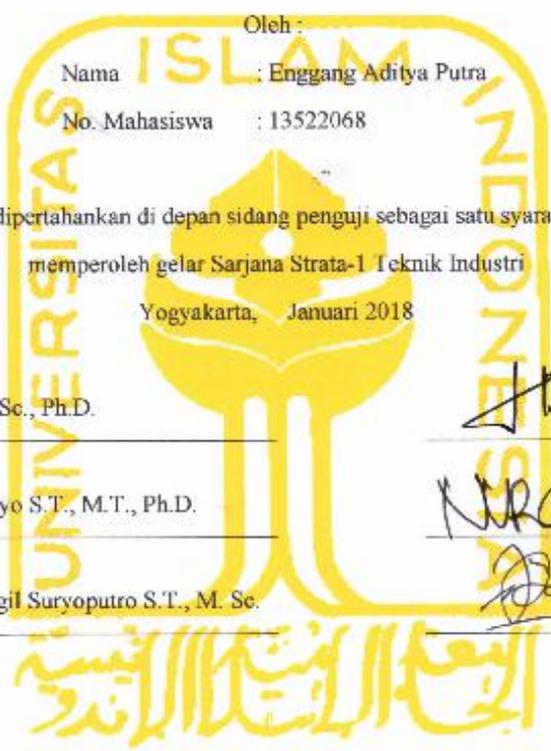


Anggota 1

Muhammad Ragil Suryoputro S.T., M. Sc.



Anggota 2



Mengetahui,

**Ketua Prodi Teknik Industri
Fakultas Teknologi Industri
Universitas Islam Indonesia**




Agus Rochman, S.T., M.Eng

HALAMAN PERSEMBAHAN

*Saya persembahkan karya ini untuk
Ayah dan Ibu tercinta, Bapak Sutrisno dan Ibu Zubaida ,
kakak-kakak saya tercinta, Uline Putri dan Novera Malinda,
Yang tidak pernah lelah memanjatkan doa, memotivasi
Dan selalu memberikan semangat.
Terima kasih untuk segalanya.*

MOTTO

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اصْبِرُوا وَصَابِرُوا وَرَابِطُوا وَاتَّقُوا اللَّهَ لَعَلَّكُمْ تُفْلِحُونَ

“Hai orang-orang yang beriman bersabarlah kamu dan kuatkanlah kesabaranmu dan tetaplah bersiap siaga (diperbatasan negerimu) dan bertawakalah kepada Allah, supaya kamu beruntung.” (QS Al Imran: 200).

يَا أَيُّهَا الَّذِينَ آمَنُوا اسْتَعِينُوا بِالصَّبْرِ وَالصَّلَاةِ إِنَّ اللَّهَ مَعَ الصَّابِرِينَ

"Hai orang-orang yang beriman, jadikanlah sabar dan shalat sebagai penolongmu, sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar." (Al-Baqarah: 153).

KATA PENGANTAR

Assalamu'alaikum Wr' Wb

Alhamdulillah Rabbil 'Alamin, Puji syukur senantiasa kita panjatkan kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat, karunia dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian untuk Tugas Akhir ini. Tak lupa pula shalawat serta salah tecurahkan kepada junjungan kita nabi Muhammad *shallallahu alaihi wasallam*, keluarga, dan para sahabatnya.

Tugas Akhir ini dikerjakan sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Strata-1 program studi Teknik Industri Fakultas Teknologi Industri Universitas Islam Indonesia.

Keberhasilan terselesaikannya Tugas akhir ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu dengan rasa hormat dan terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada :

1. Dr. Drs. Imam Djati Widodo, M.Eng.Sc. Selaku dekan Fakultas Teknologi Industri, Universitas Islam Indonesia.
2. Yuli Agusti Rochman, S.T., M.Eng. Selaku Ketua Program Studi Teknik Industri.
3. Ir. Hartomo, M.Sc., Ph.D selaku pembimbing tugas akhir yang telah memberikan bantuan dan arahnya dalam penyusunan tugas akhir ini.
4. Orang Tua dan kedua saudariku tercinta atas semangat dan doa yang diberikan selama ini.

Penulis menyadari tugas akhir ini jauh dari kata sempurna dan tentunya banyak kekurangan, oleh karena itu penulis mengharapkan kritik dan saran dari pembaca yang tujuannya membangun demi kesempurnaan tugas akhir ini. Semoga tugas akhir ini bermanfaat bagi pengembangan dan kemajuan ilmu pengetahuan.

Wassalamualakum Wr 'Wb

Yogyakarta, Januari 2018

Enggang Aditya Putra

ABSTRAK

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu sumber energi baru terbarukan terbesar di Indonesia. Terdapat beberapa model dari pembangkit listrik yang digunakan di Indonesia, salah satunya yaitu pembangkit listrik tenaga air portable. Namun masih terdapat beberapa permasalahan yang ditemukan dari pembangkit listrik tenaga air portable ini terutama ukuran yang besar, tidak praktis untuk digunakan, desain yang tidak menarik, dan tidak aman untuk digunakan. Permasalahan ini menyebabkan produk yang tidak efektif dan efisien untuk digunakan dan juga membahayakan pengguna. Hal ini terjadi karena desain pembangkit listrik tenaga air portable yang tidak memenuhi kebutuhan pengguna. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk melakukan redesign terhadap pembangkit listrik tenaga air portable dengan mempertimbangkan kebutuhan pengguna. Survey telah dilakukan untuk mengetahui apa saja kebutuhan pelanggan dari produk ini dan axiomatic design digunakan untuk menyusun design parameter dengan menggunakan mapping process dari customer attribute dan functional requirement. Uji statistik juga digunakan untuk menguji hipotesis penelitian. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa desain pembangkit listrik tenaga air portable usulan dapat meningkatkan kepuasan pelanggan sebanyak 73,67% sehingga dapat dikatakan bahwa desain usulan berbeda dengan desain pembangkit listrik tenaga air portable yang ada saat ini. Desain usulan juga memenuhi kebutuhan pengguna dalam tingkat signifikansi sebesar 5% dalam atribut penelitian awet, waterproof, desain menarik, tidak berat, ukuran kecil, dan mudah dibawa.

DAFTAR ISI

PERNYATAAN KEASLIAN.....	II
SURAT KETERANGAN PENELITIAN.....	III
LEMBAR PENGESAHAN PEMBIMBING.....	IV
LEMBAR PENGESAHAN PENGUJI.....	V
HALAMAN PERSEMBAHAN.....	V
MOTTO.....	VII
KATA PENGANTAR.....	VIII
ABSTRAK.....	IX
DAFTAR ISI.....	X
DAFTAR TABEL.....	XIV
DAFTAR GAMBAR.....	XV
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Ruang Lingkup Penelitian.....	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	5
BAB II KAJIAN LITERATUR.....	7
2.1 Kajian Empiris.....	7
2.2 Kajian Teoritis.....	9
2.3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air.....	9
2.3.2 <i>Axiomatic Design</i>	9
2.3.3 Antropometri.....	10
BAB III METODE PENELITIAN.....	14
3.1 Objek dan Data Penelitian.....	14
3.1.1 Objek Penelitian.....	14

3.1.2 Data Penelitian.....	14
3.2 Instrumen Penelitian.....	14
3.3 Metode Pengumpulan Data.....	15
3.3.1 Survey.....	15
3.3.2 Pengukuran Langsung.....	15
3.4 Metode pengolahan data.....	15
3.4.1 <i>Axiomatic Design</i>	15
3.4.2 Anthropometri.....	16
3.5 Metode Analisis Statistik.....	19
3.5.1 Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	19
3.5.2 Uji Beda <i>Wilcoxon Signed-Rank Test</i>	19
3.6 Diagram Alir Penelitian.....	20
BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA.....	24
4.1 Pengumpulan Data.....	24
4.1.1 Karakteristik Responden.....	24
4.1.2 Identifikasi <i>Customer Attribute</i>	25
4.2 Pengolahan Data Statistik.....	26
4.2.1 Uji Validitas.....	26
4.2.2 Uji Kecukupan Data.....	28
4.3 Pengolahan Data Antropometri.....	28
4.3.1 Uji Keseragaman Data Antropometri.....	29
4.3.2 Uji Normalitas Data Antropometri.....	32
4.3.3 Uji Kecukupan Data Antropometri.....	32
4.3.4 Persentil.....	34
4.4 Proses Pemetaan Dengan <i>Axiomatic Design</i>	35
4.4.1 Pemetaan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air <i>Portable</i>	35
4.4.2 Pemetaan dari <i>Customer Attribute (CA)</i> ke <i>Functional Requirement (FR)</i> dan <i>Functional Requirement (FR)</i> ke <i>Design Parameter (DP)</i>	36
4.5 Desain Virtual.....	40
4.5.1 Spesifikasi Material Pembangkit Listrik Tenaga Air <i>Portable</i> Usulan.....	41

4.6 Validasi Desain Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Air <i>Portable</i>	48
4.6.1 Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	48
4.6.2 Uji <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i>	49
4.7 Hasil Simulasi Desain Sebelum dan Desain Usulan.....	43
BAB V PEMBAHASAN.....	52
5.1 Analisis <i>Customer Attribute</i> Pembangkit Listrik Tenaga Air <i>Portable</i>	52
5.1.1 Atribut Awet.....	52
5.1.2 Atribut <i>Waterproof</i>	52
5.1.3 Atribut Desain Menarik.....	53
5.1.4 Atribut Tidak Berat.....	53
5.1.5 Atribut Ukuran Kecil.....	53
5.1.6 Atribut Mudah Dibawa.....	53
5.2 Analisis <i>Functional Requirement</i> Pembangkit Listrik Tenaga Air <i>Portable</i>	53
5.2.1 Atribut Awet.....	53
5.2.2 Atribut <i>Waterproof</i>	54
5.2.3 Atribut Desain Menarik.....	54
5.2.4 Atribut Tidak Berat.....	54
5.2.5 Atribut Ukuran Kecil.....	55
5.2.6 Atribut Mudah Dibawa.....	55
5.3 Analisis <i>Design Parameter</i> Pembangkit Listrik Tenaga Air <i>Portable</i>	55
5.3.1 Atribut Awet.....	55
5.3.2 Atribut <i>Waterproof</i>	55
5.3.3 Atribut Desain Menarik.....	56
5.3.5 Atribut Ukuran Kecil.....	56
5.3.6 Atribut Mudah Dibawa.....	56
5.4 Analisis Validasi Desain Usulan.....	57
5.4.1 Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	57
5.4.2 Uji <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i>	57
5.5 Hasil Simulasi Desain Sebelum dan Desain Usulan.....	58
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN.....	59

6.1 Kesimpulan.....	59
6.2 Saran.....	60
DAFTAR PUSTAKA.....	61
LAMPIRAN.....	64

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Persentil.....	19
Tabel 4.1 Jenis Kelamin Responden.....	24
Tabel 4.2 Usia Responden.....	25
Tabel 4.3 Tingkat Pendidikan Responden.....	25
Tabel 4.4 <i>Customer Attribute</i>	26
Tabel 4.5 <i>Output Uji Validitas Data</i>	26
Tabel 4.6 Uji Normalitas data.....	32
Tabel 4.7 Persentil.....	34
Tabel 4.8 Pemetaan Atribut Awet.....	36
Tabel 4.9 Pemetaan Atribut <i>Waterproof</i>	36
Tabel 4.10 Pemetaan Atribut Desain Menarik.....	37
Tabel 4.11 Pemetaan Atribut Tidak Berat.....	38
Tabel 4.12 Pemetaan Atribut Ukuran Kecil.....	38
Tabel 4.13 Pemetaan Atribut Mudah Dibawa.....	39
Tabel 4.14 Hasil Uji <i>Marginal Homogeneity</i>	48
Tabel 4.15 Hasil Uji <i>Wilcoxon Signed Rank Test</i>	49

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 <i>Floating Hydro</i>	2
Gambar 2.1 Konsep <i>Axiomatic Design</i>	9
Gambar 2.2 Desain <i>Handle</i> Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan.....	11
Gambar 2.3 Dimensi Lebar Telapak Tangan.....	11
Gambar 2.4 Dimensi Panjang Telapak Tangan.....	12
Gambar 2.5 Desain Tombol <i>Power</i> Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan.....	12
Gambar 3.1 Prosedur <i>axiomatic design</i>	15
Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian.....	20
Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian Lanjutan.....	21
Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian Lanjutan.....	22
Gambar 4.1 Grafik Uji Keseragaman Dimensi Lebar Ibu Jari.....	29
Gambar 4.2 Grafik Uji Keseragaman Dimensi Lebar Telapak Tangan.....	30
Gambar 4.3 Grafik Uji Keseragaman Dimensi Panjang Telapak Tangan.....	31
Gambar 4.4 Desain Virtual Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan.....	40
Gambar 4.5 Spesifikasi Material Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan.....	42
Gambar 4.6 Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan.....	40
Gambar 4.7 Hasil Simulasi Desain Sebelum dan Desain Usulan.....	44

BAB I

PENDAHULUAN

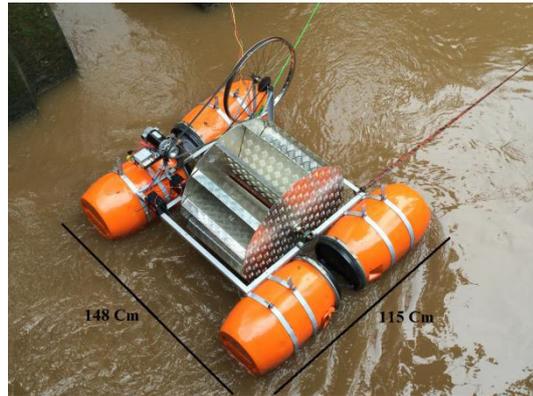
1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan jumlah penduduk terbesar nomor 4 didunia yakni 237.641.326 juta jiwa (BPS, 2010). Peningkatan jumlah penduduk mempengaruhi banyak aspek dalam kehidupan seperti meningkatnya jumlah kemiskinan, jumlah pengangguran, dan salah satu yang paling berdampak adalah pada kebutuhan akan energi listrik.

Sampai pada akhir tahun 2017, Indonesia menempati peringkat kelima negara dengan tingkat konsumsi listrik tertinggi se-Asean yakni sekitar 880 kWh perkapita, padahal pemerintah menargetkan pada tahun 2025 tingkat konsumsi listrik Indonesia mencapai angka 1.500 kWh perkapita (Gultom, 2017). Dilihat dari jenis pembangkit listrik yang di gunakan, sekitar 87% didominasi oleh penggunaan bahan bakar fosil yaitu batu bara dan minyak bumi yang sebenarnya akan habis dalam kurun waktu beberapa tahun kedepan (BPPT, 2016). Sementara itu energi baru terbarukan (EBT) belum dapat dimanfaatkan secara optimal (KESDM, 2015).

Salah satu sumber potensi terbesar energi baru terbarukan di Indonesia adalah dari air. Menurut BPPT (2017) potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air mencapai angka 65.764 MW, sementara yang dapat dimanfaatkan hanya 17,4% saja, Kendala terbesar dari EBT adalah biaya investasi yang sangat tinggi, sumber daya manusia yang kurang terlatih, sistem regulasi yang panjang dan juga lokasinya yang tidak terjangkau. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk memanfaatkan potensi energi yang ada dengan biaya yang murah adalah dengan penggunaan pembangkit listrik *portable* (Shantika dan Ridwan, 2013).

Balansay *et al* (2015) mendefinisikan pembangkit listrik *portable* sebagai suatu peralatan yang digunakan untuk menghasilkan energi listrik dengan cara menghubungkan antara generator listrik dengan tenaga penggerak lalu peralatan tersebut dikemas secara sederhana. Berikut ini merupakan pembangkit listrik tenaga air *portable* yang dikembangkan di Indonesia dengan nama *floating hydro*.



Gambar 1.1 *Floating Hydro*

Sumber : *Japan Institute of Invention and Innovation* (2014)

Di beberapa daerah di Indonesia telah mengimplementasikan teknologi ini, namun dari hasil studi pendahuluan ditemukan beberapa masalah dari produk *floating hydro* ini, yaitu 59,2% pengguna merasa produk ini tidak praktis untuk digunakan, 18,8% mengatakan bahwa produk ini memiliki ukuran yang besar, 12,1% mengatakan bahwa desainnya tidak menarik, dan 9,9% pengguna merasa bahwa produk ini tidak aman untuk digunakan. Beberapa permasalahan tersebut mengindikasikan bahwa pembangkit listrik tenaga air *portable* yang ada saat ini tidak dapat digunakan secara efektif dan efisien serta membahayakan pengguna. Dari permasalahan tersebutlah kemudian penting untuk dilakukan sebuah penelitian yang melibatkan *customer requirement* dalam membuat pembangkit listrik tenaga air *portable* guna meningkatkan kepuasan pengguna. Salah satu metode desain produk yang dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan *axiomatic design*.

Axiomatic Desain adalah sebuah teori yang digunakan untuk mengembangkan sebuah produk baru yang didasarkan atas keinginan konsumen berdasarkan dari 4 domain yaitu *customer domain*, *functional domain*, *physical domain*, dan *process domain*. *Customer domain* merupakan sebuah domain yang berisikan *customer attribute*

yang dibutuhkan dalam desain. Sedangkan *functional domain* merupakan sebuah *domain* yang berisikan tentang *functional requirement* atau fungsi yang ingin dicapai dalam produk. *Physical domain* merupakan sebuah *domain* yang berisikan desain parameter atau realisasi dari *functional domain*. Dan *process domain* merupakan domain yang menunjukkan bagaimana realisasi dari *physical domain* yang telah dibentuk (Lee & Suh, 2006). Secara garis besar, metode *axiomatic design* mengkombinasikan antara *customer requirement* yang diinginkan oleh pengguna dengan kreatifitas desainer melalui proses pemetaan *functional requirement* dan *design parameter* berdasarkan atribut yang diinginkan *customer* guna menghasilkan desain produk yang dapat meningkatkan kepuasan *customer*.

Setelah terbentuk desain virtual produk dari hasil *process domain*, dilakukan uji validasi untuk mengetahui kesesuaian antara desain virtual yang dibuat dengan *customer requirement* yang diperoleh dan juga mengetahui apakah terdapat perbedaan atau tidak antara desain dari hasil *process domain* dengan desain yang telah ada sebelumnya.

Beberapa penelitian mengenai pembangkit listrik *portable* telah dilakukan. Zhou dan Deng (2017) melakukan penelitian mengenai pembangkit listrik tenaga air dengan memanfaatkan arus air lambat. Penelitian ini terfokus pada pengembangan tipe turbin yang digunakan, tipe generator, dan biaya pengembangannya. Selanjutnya Patel dan Pakale (2015) mengembangkan pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan menggunakan turbin tipe *crossflow water*. Hasil penelitian ini menemukan bahwa produk yang mereka kembangkan memiliki nilai efisiensi mencapai 70%. Appriyanto *et al* (2013) juga melakukan penelitian tentang pembuatan pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan menggunakan tipe turbin *spiral shape*. Penelitian ini menghasilkan nilai efisiensi produk mencapai angka 90%. Semua penelitian yang dilakukan hanya berfokus pada pembuatan produk dan pengujian mengenai energi yang dapat dihasilkan oleh produk tersebut tanpa mempertimbangkan keinginan yang dimiliki konsumen saat menggunakan produk tersebut.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang disampaikan diatas, maka rumusan masalah yang diangkat dalam tugas akhir ini adalah:

1. Atribut apa sajakah dari pembangkit listrik tenaga air *portable* yang di inginkan oleh pengguna ?
2. *Design Parameter* apa saja yang diperlukan untuk mendesain pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan menggunakan *axioamatic design method* yang sesuai kebutuhan pengguna ?
3. Seberapa valid pembangkit listrik tenaga air *portable* yang dikembangkan dapat memenuhi kebutuhan pengguna ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian yang dilakukan adalah :

1. Mengidentifikasi atribut pembangkit listrik tenaga air *portable* yang dibutuhkan oleh pengguna.
2. Menentukan *Design Parameter* pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan menggunakan metode *axiomatic design method*.
3. Melakukan uji validasi pembangkit listrik tenaga air *portable* yang dikembangkan untuk memenuhi kebutuhan pengguna.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup penelitian digunakan untuk membatasi permasalahan dan fokus penelitian sehingga tidak membahas permasalahan yang terlalu luas. Asumsi yang digunakan dalam penelitian ini adalah.

1. Produk secara subjektif dapat di gunakan
2. Hasil simulasi yang dilakukan merepresentasikan produk ketika digunakan.

Sedangkan batasan yang di gunakan dalam penelitian ini adalah :

1. Proses desain produk menggunakan metode *Axiomatic Design* dengan mengacu kepada *independent axiom*.
2. Proses desain produk menggunakan aplikasi Sketchup Pro 2017.
3. Simulasi produk menggunakan aplikasi Ansys 18,2

4. Penelitian hanya sampai pada tahapan desain virtual dan pengujian validitas desain usulan.
5. Tidak terdapat uji usabilitas.
6. Tidak mempertimbangkan aspek ekonomi

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini di harapkan dapat bermanfaat bagi semua pihak, adapun manfaat yang di harapkan dari penelitian ini adalah :

1. Bermanfaat bagi perkembangan ilmu pengetahuan yang berkaitan dengan pemanfaatan sumber energi baru terbarukan.
2. Kontribusi ide pengembangan produk pembangkit listrik ramah lingkungan.

1.6 Sistematika Penulisan

Untuk lebih terstrukturanya laporan hasil penelitian, tugas akhir ini disusun dengan sistematika penulisan sebagai berikut :

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menguraikan tentang latar belakang masalah, rumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penulisan. Uraian bab ini dimaksudkan untuk menjelaskan latar belakang penelitian yang dilakukan sehingga dapat memberikan manfaat sesuai dengan tujuan penelitian dengan batasan-batasan serta asumsi yang digunakan.

BAB II KAJIAN LITERATUR

Bab ini berisi tentang uraian teori baik itu kajian empiris maupun kajian teoritis yang sesuai dengan kebutuhan penelitian. Kajian empiris digunakan untuk mengetahui letak *state of the art* dari peneltiian dengan penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Sedangkan kajian teoritis digunakan untuk menjabarkan landasan umum secara ilmiah mengenai metode yang digunakan.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tentang tahapan yang dilakukan selama penelitian. Didalam bab ini juga dijelaskan mengenai objek penelitian, instrumen penelitian, metode analisis, serta diagram alir penelitian.

BAB IV PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

Bab ini berisi tentang hasil pengumpulan data, uji statistik data, serta uji dengan menggunakan metode *Axiomatic Design*.

BAB V PEMBAHASAN

Bab ini berisi pembahasan terhadap hasil yang didapatkan pada bab sebelumnya.

BAB VI PENUTUP

Bab ini berisi kesimpulan yang memuat pernyataan yang dapat menjawab rumusan masalah yang telah ditentukan sebelumnya. Kemudian bab ini juga berisi saran yang ditujukan kepada penelitian selanjutnya dimana saran ini dibuat guna menyempurnakan penelitian dengan objek serupa.

DAFTAR PUSTAKA

Daftar pustakan merupakan kumpulan sumber-sumber informasi yang menjadi pendukung dalam penyelesaian laporan tugas akhir. Daftar pustaka ini berguna sebagai referensi kepada pembaca mengenai penelitian-penelitian yang telah dilakukan dan juga bertujuan untuk menghindari *plagiarism* atau penjiplakan karangan, pendapat, dan sebagainya.

BAB II

KAJIAN LITERATUR

2.1 Kajian Empiris

Kajian empiris merupakan kajian dari beberapa penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Dalam penelitian ini kajian empiris yang digunakan adalah beberapa penelitian yang telah dilakukan terhadap pembangkit listrik *portable*.

Devrim et al (2015) melakukan penelitian tentang pembuatan suatu pembangkit listrik *portable* dengan menggunakan eksperimen terhadap *polymer electrolyte membrane fuel cell* (PEMFC). dalam eksperimennya, reaksi dari PEMFC mampu menghasilkan energi sebesar 0,9 V pada suhu 65° C. performa terbaik yang diperoleh dari eksperimen ini adalah tenaga sebesar 647 W pada suhu 65° C dan dalam 50 A.

Patel dan Pakale (2015) melakukan pengembangan sebuah pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan menggunakan turbin *cross flow water* (CFWT) yang diterapkan pada sebuah pembangkit listrik tenaga *micro hidro* (PLTMH). Dari penelitian ini diperoleh kesimpulan bahwa terdapat delapan keunggulan dari penggunaan CFWT yaitu tidak dibutuhkannya arus untuk memulai kinerja CFWT, tipe turbin ini juga mampu bekerja secara efisien dalam jangka waktu yang lama, tidak ada proses penguapan air, mengoptimalkan kinerja part-part turbin, tidak membutuhkan perawatan secara rutin, desain yang simpel, tipe turbin ini mampu membuang sampah yang dibawa arus air, dan yang terakhir adalah mampu digunakan pada arus air yang kecil.

Penelitian juga dilakukan oleh Aprillianto et al (2013) dengan menggunakan turbin tipe *hydro coil*. Dari hasil eksperimen yang dilakukan diperoleh hasil bahwa kecepatan putaran dari turbin ini mencapai angka 965 rpm jika tidak terdapat beban sementara kecepatan putaran konstan pada angka 500 rpm jika diberikan beban. Dari

eksperimen juga diketahui bahwa produk yang dikembangkan memiliki tingkat efisiensi sampai dengan 92,93%.

Huparikar dan Naik (2015) melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH). dari penelitian ini didapatkan hasil bahwa produk yang dibuat mampu digunakan untuk mensuplai listrik ke desa terdekat dan untuk penerangan jalan dengan daya output mencapai 0,2 kW.

Sedangkan Zhou dan Deng (2017) melakukan perancangan pembangkit listrik tenaga air portable dengan memanfaatkan energi arus air lemah. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa terdapat beberapa alternatif pilihan turbin, dan generator yang dapat dipilih untuk merakit pembangkit listrik tenaga air *portable*. Penelitian ini juga mempertimbangkan aspek biaya pembuatan produk.

Saisirirat dan Joommanee (2017) juga melakukan perancangan sebuah pembangkit listrik *portable* dengan memanfaatkan reaksi kimia dari *micro direct ethanol fuel cell* (Micro-DEFC). Hasil dari penelitian ini menemukan bahwa reaksi tersebut mampu menghasilkan energi listrik sebesar 0,9 mV.

Hampir semua penelitian yang sudah dilakukan hanya berfokus terhadap perancangan produk untuk menghasilkan energi tanpa mempertimbangkan aspek kebutuhan pengguna dalam menggunakan pembangkit listrik tenaga air *portable*. Padahal kebutuhan pengguna sangat penting untuk dipertimbangkan agar mampu meningkatkan kepuasan pengguna terhadap produk tersebut. Untuk itulah penting untuk dilakukan sebuah penelitian desain pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan melibatkan *customer requirement* untuk merancang produk yang sesuai dengan keinginan pengguna. Salah satu metode yang dapat digunakan untuk merancang produk dengan mempertimbangkan *customer requirement* adalah dengan metode *axiomatic design*.

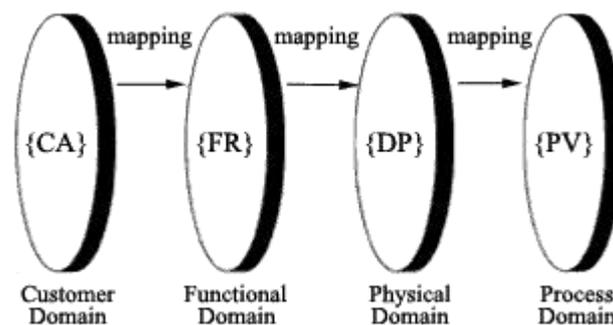
2.2 Kajian Teoritis

2.3.1 Pembangkit Listrik Tenaga Air

Pembangkit listrik tenaga air merupakan salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi energi terbesar di Indonesia. Menurut BPPT (2017) potensi energi yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air mencapai angka 65.764 MW, sementara yang dapat dimanfaatkan hanya 17,4% saja, Kendala terbesar dari EBT adalah biaya investasi yang sangat tinggi dan juga lokasinya yang tidak terjangkau.

2.3.2 *Axiomatic Design*

Axiomatic Desain adalah sebuah teori yang digunakan untuk mengembangkan sebuah produk baru yang didasarkan atas keinginan konsumen berdasarkan dari 4 domain (Lee & Suh, 2006). Gambar 2.1 menunjukkan konsep domain yang digunakan dalam *axiomatic design*.



Gambar 2.1 Konsep *Axiomatic Design*.

Sumber: Lee & Suh, 2006

Keempat domain yang digunakan adalah *customer domain*, *functional domain*, *physical domain*, dan *process domain*. *Customer domain* merupakan sebuah *domain* yang berisikan tentang atribut apa saja yang diinginkan oleh konsumen pada produk yang akan dikembangkan. Kemudian *functional domain* merupakan domain yang berisikan mengenai semua fungsi yang ingin dicapai dari produk. Lalu *physical domain*

merupakan sebuah *domain* yang berisikan bagaimana cara merealisasikan *functional domain*. Dan yang terakhir *process domain* adalah sebuah *domain* yang menjelaskan bagaimana sebuah produk itu diciptakan berdasarkan *physical domain* yang telah ditentukan sebelumnya (Lee & Suh, 2006). keempat domain tersebut terkoneksi melalui proses *zigzagging*.. Pada bagian dasar dalam suatu hirarki desain, kumpulan *functional requirements* yang mendefinisikan tujuan desain merupakan vektor dari *functional domain*, sedangkan *design parameter* dalam *physical domain* di pilih untuk memuaskan *functional requirements*.

2.3.3 Antropometri

Antropometri merupakan sebuah cabang ilmu pengetahuan tentang pengukuran tubuh manusia yang meliputi posisi ketika duduk, berdiri, dan sebagainya guna mendesain suatu lingkungan kerja yang nyaman (Wignjosoebroto, 2008). Data antropometri ini sendiri dipengaruhi oleh banyak hal, diantaranya adalah jenis kelamin, usia, suku bangsa, dan jenis pekerjaan.

Terdapat 2 pembagian antropometri, yaitu :

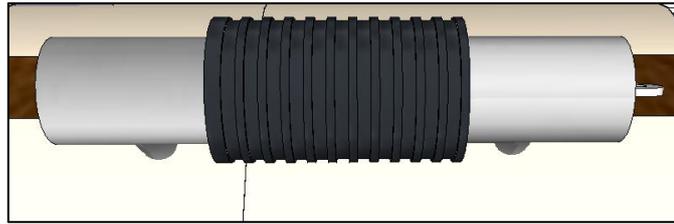
1. Antropometri statis

Antropometri statis merupakan sebuah pengukuran tubuh manusia dimana objek dalam keadaan diam.

2. Antropometri dinamis

Antropometri dinamis merupakan sebuah pengukuran tubuh manusia dimana objek dalam keadaan bergerak.

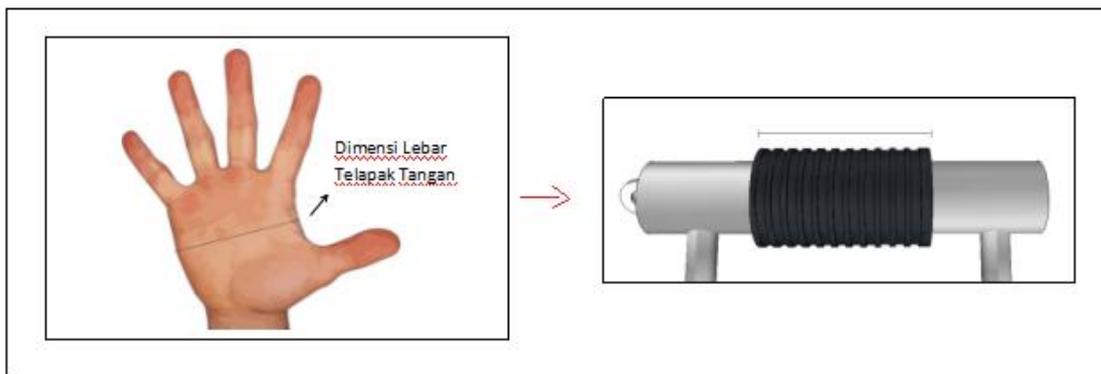
Dalam penelitian ini, antropometri digunakan untuk mendesain beberapa fitur dalam pembangkit listrik tenaga air *portable* yaitu bagian *handle* dan tombol *power*. *Handle* dibuat untuk memudahkan proses pengangkatan produk sehingga menghasilkan produk yang praktis untuk diangkat dan digunakan. Berikut ini merupakan desain *handle* yang akan diterapkan dalam pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan.



Gambar 2.2 Desain *Handle* Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan

Terdapat 2 dimensi tubuh yang digunakan untuk mendesain handle tersebut, yaitu dimensi lebar telapak tangan (LTT) dan dimensi panjang telapak tangan (PTT). Berikut ini merupakan penjelasan fungsi dari kedua dimensi tubuh yang digunakan untuk mendesain *handle*.

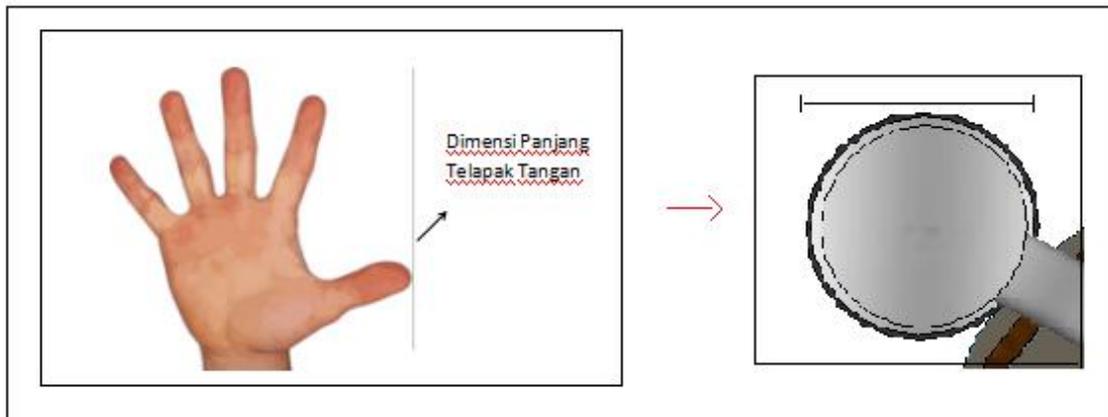
A. Dimensi Lebar Telapak Tangan



Gambar 2.3 Dimensi Lebar Telapak Tangan

Dimensi ini digunakan untuk mendesain ukuran lebar dari *handle*. Dimensi ini penting digunakan untuk membuat sebuah desain lebar handle yang nyaman dan ukurannya tidak terlalu besar atau kecil.

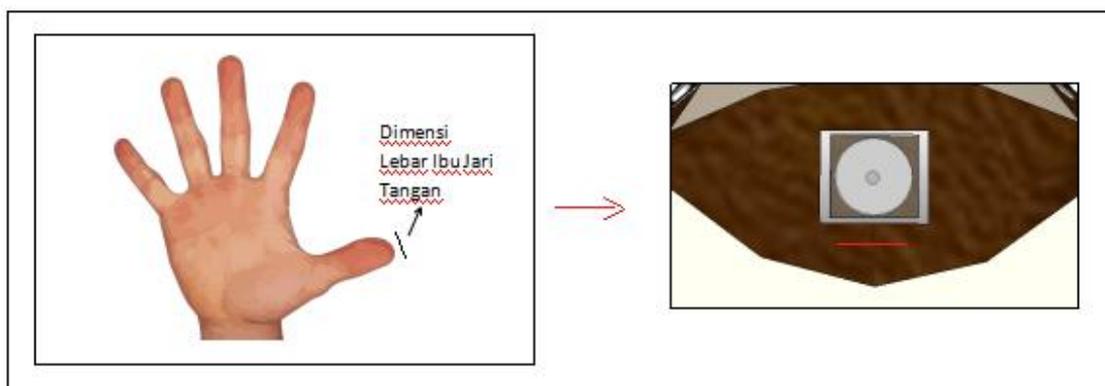
B. Dimensi Panjang Telapak Tangan.



Gambar 2.4 Dimensi Panjang Telapak Tangan

Dimensi ini digunakan untuk mendesain ukuran diameter dari *handle*. Dimensi ini penting digunakan untuk membuat sebuah desain diameter *handle* yang nyaman dan ukurannya tidak terlalu besar atau kecil.

Selain penambahan *handle* pada produk, ditambahkan juga fitur tombol *power* yang berfungsi untuk membuka atau menutup bagian turbin. Berikut ini merupakan bentuk tombol power yang digunakan dalam desain.



Gambar 2.5 Desain Tombol *Power* Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable Usulan*

Dimensi ini penting digunakan untuk membuat sebuah desain tombol power yang sesuai dengan ukuran jari manusia agar nyaman saat digunakan dan meminimalisir missclick ketika akan digunakan.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Objek dan Data Penelitian

3.1.1 Objek Penelitian

Objek penelitian dilakukan pada proses *redesign* pembangkit listrik tenaga air *portable* dimana proses ini melibatkan *user's requirement* sebagai parameter desainnya.

3.1.2 Data Penelitian

Penelitian ini menggunakan data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian ini adalah data *customer attribute* yang dibutuhkan oleh pengguna dalam pembangkit listrik tenaga air *portable* dari hasil kuisisioner dan data antropometri dimensi lebar ibu jari, panjang telapak tangan, lebar telapak tangan dari hasil pengukuran langsung terhadap 32 orang sampel.

Sedangkan data sekunder yang digunakan dalam penelitian ini adalah desain serta spesifikasi pembangkit listrik tenaga air *portable* yang ada di Indonesia.

3.2 Instrumen Penelitian

Berikut ini merupakan beberapa instrumen yang digunakan selama penelitian :

1. Kuisisioner dibagi menjadi dua bagian. Bagian pertama digunakan untuk mengidentifikasi customer needs dan yang kedua digunakan untuk melakukan uji validasi desain usulan.
2. Sketchup Pro 2017 digunakan untuk pembuatan desain virtual

3. Ansys 18.2 digunakan untuk melakukan simulasi desain usulan
4. SPSS 20 digunakan untuk uji statistik
5. Alat ukur antropometer

3.3 Metode Pengumpulan Data

3.3.1 Survey

Survey dilakukan dengan menggunakan media kuisioner untuk mengetahui atribut apa saja yang diperlukan pengguna dalam sebuah pembangkit listrik tenaga air *portable*. Selain itu survey dengan kuisioner juga dilakukan untuk melakukan uji validitas desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan.

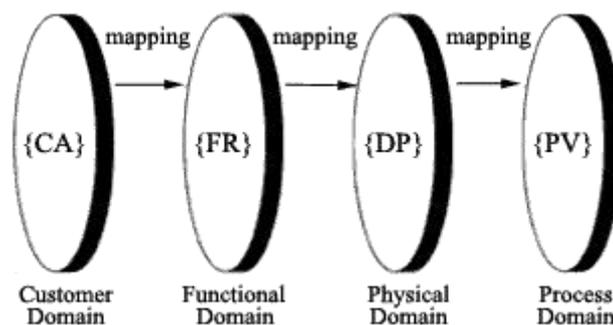
3.3.2 Pengukuran Langsung

Pengukuran langsung dilakukan untuk memperoleh data antropometri. Pengukuran ini dilakukan terhadap tiga dimensi tubuh manusia yaitu dimensi lebar ibu jari, lebar telapak tangan, dan panjang telapak tangan.

3.4 Metode pengolahan data

3.4.1 *Axiomatic Design*

Gambar 3.1 menjelaskan konsep desain dengan menggunakan metode *axiomatic design*.



Gambar 3.1 **Prosedur *axiomatic design***

Sumber : Lee & Suh, 2006

Prosedur pengerjaan desain ulang pembangkit listrik tenaga air *portable* dengan metode *axiomatic design* dijelaskan dalam beberapa poin berikut.

1. Mengidentifikasi keinginan pengguna terhadap pembangkit listrik tenaga air *portable* melalui kuisisioner. Proses identifikasi ini akan menghasilkan *customer attribute* (CA). *Customer attribute* (CA) merupakan sebuah domain yang digunakan sebagai parameter dalam melakukan redesain pembangkit listrik tenaga air *portable*.
2. Melakukan pemetaan dari *customer attribute* (CA) ke *functional requirement* (FR). *functional requirement* (FR) merupakan sebuah domain yang berisi kalimat fungsi yang ingin dicapai dalam produk.
3. Melakukan pemetaan dari *functional requirement* (FR) ke *design parameter* (DP). *design parameter* (DP) merupakan domain yang berisikan bagaimana cara merealisasikan *functional requirement* (FR).
4. Langkah terakhir yang dilakukan adalah penerjemahan *design parameter* (DP) kedalam *process variable* (PV). Dalam langkah ini penerjemahan dari *design parameter* (DP) kedalam *process variable* (PV) lewat desain virtual pembangkit listrik tenaga air *portable*.
5. Prosedur terakhir adalah *process domain* (PV) adalah sebuah domain yang menjelaskan bagaimana sebuah produk itu diciptakan berdasarkan *physical domain* yang telah ditentukan sebelumnya.

3.4.2 Anthropometri

Anthropometri digunakan untuk mendesain beberapa fitur dalam pembangkit listrik tenaga air *portable*. Terdapat tiga dimensi anthropometri yang digunakan yaitu lebar ibu jari tangan, lebar telapak tangan, dan panjang telapak tangan. Dalam penelitian ini, data anthropometri diperoleh dengan cara pengukuran langsung terhadap 32 orang. Setelah data pengukuran diperoleh, dilakukan uji statistik untuk memperoleh informasi persentil data. Berikut ini merupakan beberapa uji statistik yang dilakukan.

3.4.2.1 Uji Keseragaman Data Antropometri

Uji keseragaman data digunakan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berasal dari sistem yang sama ataukah tidak. Rumus yang digunakan untuk melakukan uji keseragaman data adalah :

$$BKA = \bar{x} + k\sigma$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma$$

Dimana :

BKA = Batas control atas

BKB = Batas control bawah

\bar{x} = Nilai rata-rata data

σ = Standar deviasi

k = Tingkat kepercayaan (Bila tingkat kepercayaan 99%, $k = 3$)

(Bila tingkat kepercayaan 95%, $k = 2$)

(Bila tingkat kepercayaan 68%, $k = 1$)

Untuk mencari nilai standar deviasi dapat digunakan rumus :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

Dimana :

σ = Standar deviasi

x = Nilai data

\bar{x} = Nilai rata-rata data

N = Jumlah data

3.4.2.2 Uji Normalitas Data

Uji normalitas adalah sebuah uji yang dilakukan untuk menilai sebaran data pada sebuah kelompok data atau variabel apakah sebaran data tersebut berasal dari populasi yang normal atau tidak (Sheskin, 2004). Pada penelitian ini uji normalitas menggunakan metode kolmogorov smirnov. Uji normalitas kolmogorov smirnov dapat dilakukan dengan mengisi tabel perhitungan uji normalitas. Berikut ini merupakan hipotesis yang digunakan dalam uji normalitas.

H_0 = Data berdistribusi normal

H_a = Data tidak berdistribusi normal

Data penelitian yang telah didapatkan kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus yang sudah tersedia pada tabel uji normalitas kolmogorov-smirnov.

3.4.2.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data digunakan untuk memastikan bahwa data yang telah di kumpulkan dan di sajikan dalam laporan telah cukup secara objektif. Rumus yang digunakan adalah:

$$N_i = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

Dimana :

K = Tingkat kepercayaan (Bila tingkat kepercayaan 99%, $k = 3$)

(Bila tingkat kepercayaan 95%, $k = 2$)

(Bila tingkat kepercayaan 68%, $k = 1$)

s = Tingkat ketelitian (Bila tingkat ketelitian 99%, $s = 1\%$ atau 0,01)

(Bila tingkat ketelitian 95%, $s = 5\%$ atau 0,05)

N = Jumlah Data Pengamatan

x = jumlah data pengamatan

Suatu data dikatakan jumlahnya cukup jika nilai $N^l \leq N$ dan sebaliknya, jika $N^l \geq N$ maka data di anggap tidak cukup sehingga perlu di lakukan penambahan data.

3.4.2.4 Persentil

Persentil adalah suatu nilai yang menunjukkan persentase tertentu dari suatu kelompok data antropometri. Terdapat 3 pembangian persentil yakni persentil 95% yang menunjukkan bahwa 95% data yang digunakan berada diangka tertinggi dari data, persentil 5% yang menunjukkan bahwa 5% data yang digunakan berada pada diangka terendah dari data, dan persentil 50% yang menunjukkan bahwa nilai data yang digunakan berada dinilai rata-rata. Berikut ini merupakan tabel perhitungan persentil :

Tabel 3.1 **Persentil**

Persentil	Rumus
P5%	$\bar{X} - 1.645\sigma$
P50%	\bar{X}
P95%	$\bar{X} + 1.645\sigma$

3.5 Metode Analisis Statistik

3.5.1 Uji *Marginal Homogeneity*

Uji *Marginal Homogeneity* termasuk dalam uji statistik non-parametrik. Uji ini dilakukan untuk melakukan tes pada dua sampel yang saling berhubungan apakah terdapat perbedaan atau perubahan antara 2 peristiwa sebelum dan sesudahnya, uji ini merupakan perluasan dari uji McNemar. Pada kasus 2 peristiwa untuk 2 kategori lebih dari 2x2 dan bersifat multinominal digunakan metode *stuart-maxwell test of marginal homogeneity* (Yamin & Kurniawan, 2009).

3.5.2 Uji Beda *Wilcoxon Signed-Rank Test*

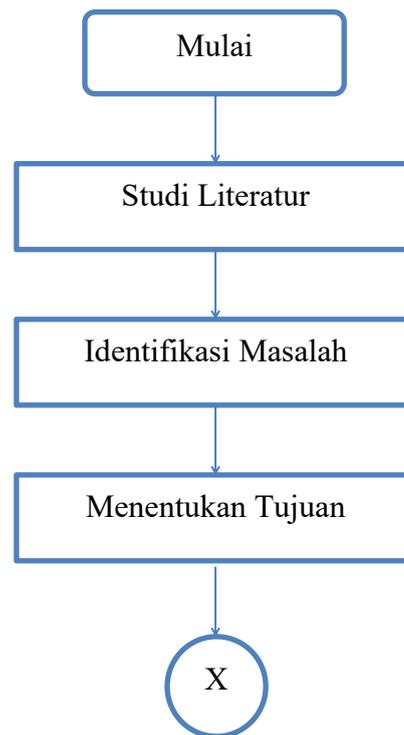
Uji beda wilcoxon adalah uji non-parametris yang digunakan untuk mengukur signifikansi perbedaan antara dua kelompok data berpasangan skala ordinal atau interval yang berdistribusi tidak normal (Sheskin, 2004). Asumsi atau syarat uji wilcoxon antara lain :

- A. Variabel dependen berskala data ordinal atau interval tetapi berdistribusi tidak normal.
- B. Variabel independen terdiri dari dua kategori yang berpasangan.
- C. Bentuk dan sebaran data antara kedua kelompok yang berpasangan adalah simetris.
- D. Bentuk dan sebaran data antara kedua kelompok yang berpasangan adalah simetris.

3.6 Diagram Alir Penelitian

Terdapat 3 tahapan penelitian yang dilakukan peneliti yaitu tahap persiapan, tahap pengambilan dan pengolahan data, dan tahap pengambilan keputusan. Alur penelitian dapat dilihat dalam diagram alir dibawah ini :

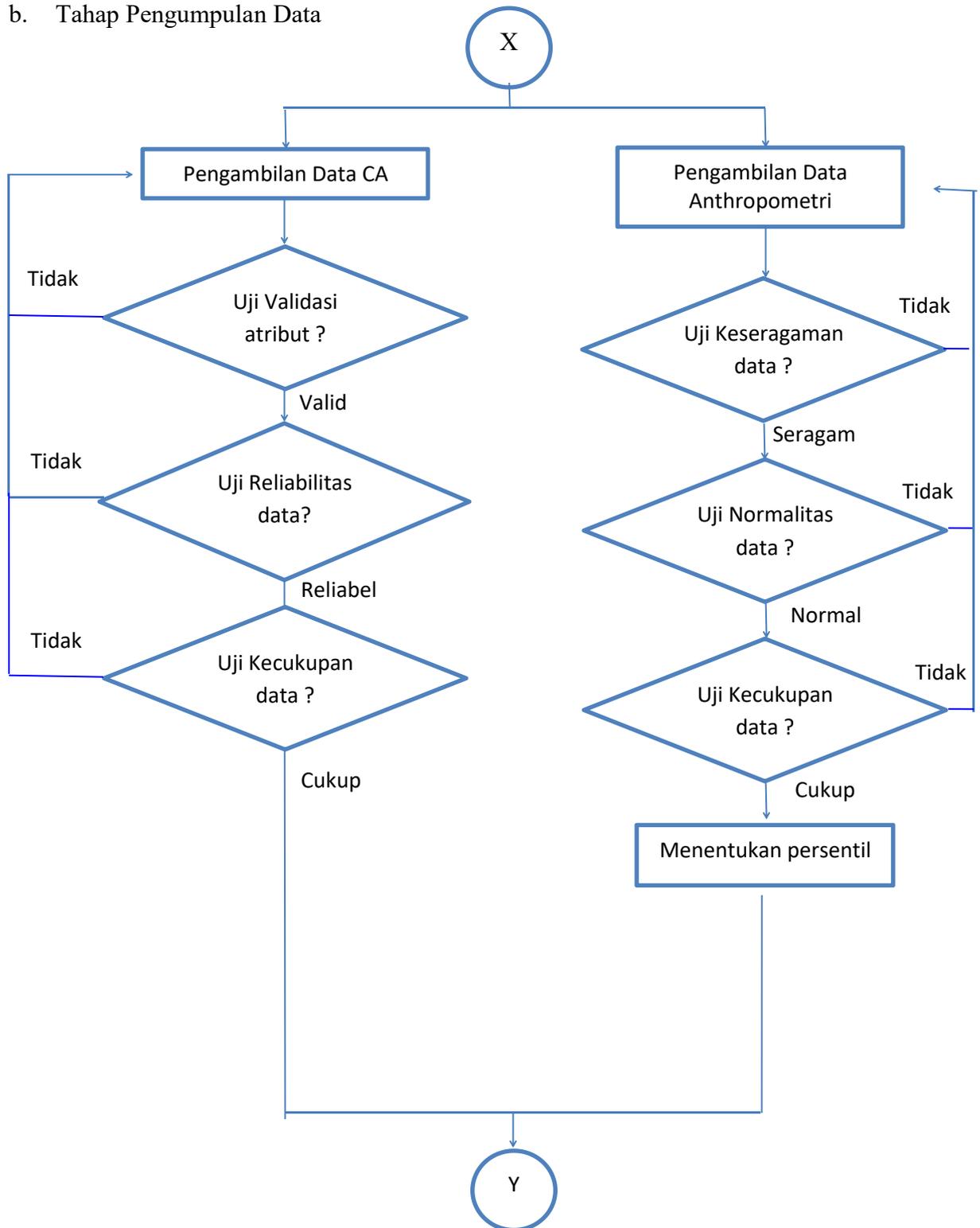
a. Tahap Persiapan



Gambar 3.2 Diagram Alir Penelitian

Tahap persiapan dimulai dengan studi literatur tentang topik yang akan diteliti, kemudian dilakukan identifikasi masalah yang ada. Langkah selanjutnya adalah menentukan tujuan dari penelitian yang akan dilakukan.

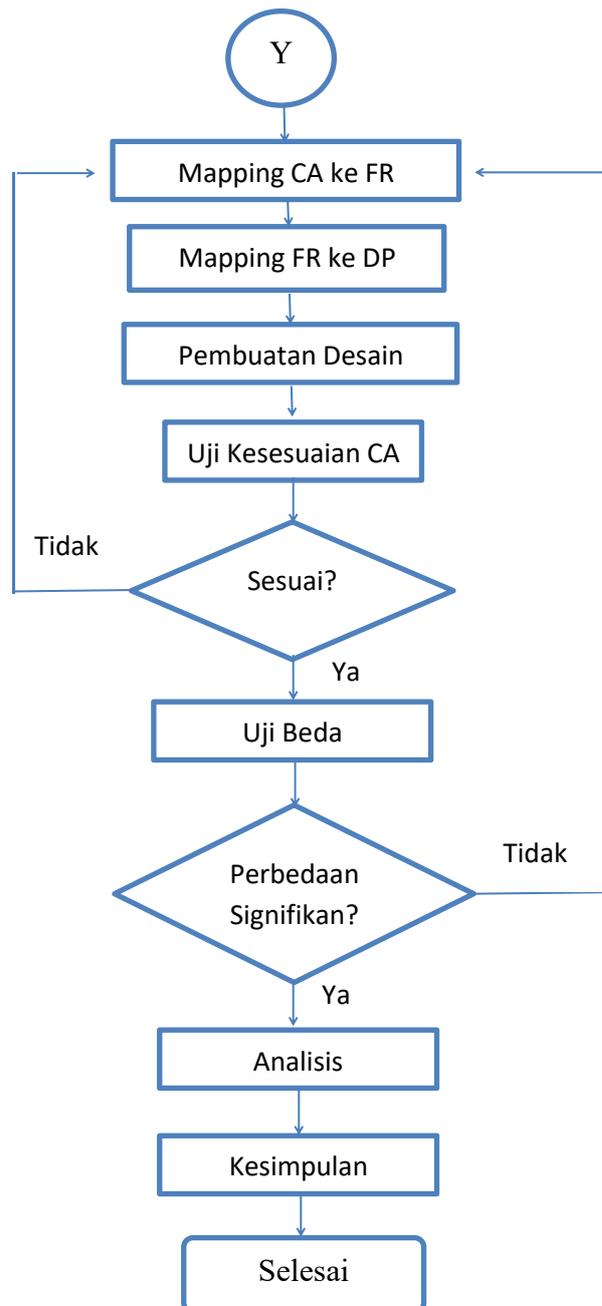
b. Tahap Pengumpulan Data



Gambar 3.3 Diagram Alir Penelitian Lanjutan

Tahapan kedua adalah pengumpulan data *customer Attribute* dengan kuisioner. Setelah terkumpul selanjutnya dibagikan kuisioner kedua untuk uji validitas dan uji normalitas data. Jika terdapat salah atribut yang tidak lolos uji, maka akan dilakukan pengumpulan data ulang.

c. Tahap Pengolahan Data



Gambar 3.4 Diagram Alir Penelitian Lanjutan

Customer attribute yang telah diperoleh kemudian dipetakan kedalam bentuk *functional requirement* dan juga *design parameter*. Setelah didapatkan hasil pemetaan desain parameter, dibuatlah desain virtual. Selanjutnya dilakukan uji validasi terhadap desain usulan yang dibuat.

Terdapat dua uji validasi yang dilakukan, yakni uji *marginal homogeneity* dan uji *wilcoxon signed rank test*. Uji *marginal homogeneity* dilakukan untuk mengetahui kesesuaian antara desain usulan yang dibuat dengan *customer attribute* yang didapatkan. Sedangkan uji *wilcoxon signed rank test* digunakan untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang signifikan antara desain pembangkit listrik tenaga air *portable* sebelum (*floating hydro*) dan desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan.

BAB IV

PENGUMPULAN DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Pengumpulan Data

4.1.1 Karakteristik Responden

Karakteristik responden yang digunakan dalam penelitian ini dibedakan berdasarkan jenis kelamin, usia, tingkat pendidikan. Tabel 4.1 menunjukkan prosentase jenis kelamin yang digunakan dalam penelitian.

Tabel 4.1 **Jenis Kelamin Responden**

Jenis Kelamin	Prosentase
Laki-Laki	80%
Perempuan	20%

Karakteristik jenis kelamin responden yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh laki-laki dengan prosentase sebesar 80%, sedangkan sisanya adalah perempuan dengan prosentase 20%. karakteristik selanjutnya adalah usia responden yang disajikan dalam tabel 4.2.

Tabel 4.2 **Usia Responden**

Usia	Prosentase
19-20 tahun	4%
21-25 tahun	93%
> 25 Tahun	3%

Karakteristik usia responden yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh responden berusia 21-25 tahun dengan prosentase sebesar 93%. karakteristik responden yang terakhir adalah tingkat pendidikan yang disajikan dalam tabel 4.3.

Tabel 4.3 **Tingkat Pendidikan Responden**

Tingkat Pendidikan	Prosentase
SMA/ sederajat	49%
S1	42%
S2	9%

Karakteristik tingkat pendidikan responden yang digunakan dalam penelitian ini didominasi oleh SMA/ sederajat dengan prosentase sebesar 49%, S1 dengan prosentase sebesar 42%, dan S2 dengan prosentase sebesar 9%.

4.1.2 Identifikasi *Customer Attribute*

Dari hasil pengumpulan data kuisisioner diperoleh beberapa *customer attribute* yang dibutuhkan oleh responden dari sebuah produk pembangkit listrik tenaga air *portable*. *Customer attribute* yang didapatkan dapat dilihat dalam tabel 4.4 dibawah ini.

Tabel 4.4 *Customer Attribute*

No	<i>Customer Attribute</i>	Jumlah	No	<i>Customer Attribute</i>	Jumlah
1	Tidak Berat	43	6	Harga Terjangkau	15
2	Mudah Digunakan	43	7	<i>Waterproof</i>	14
3	Mudah Dibawa	42	8	Desain Menarik	13
4	Aman Digunakan	37	9	Ukuran Kecil	10
5	Awet	34	10	Perawatan mudah	10

4.2 Pengolahan Data Statistik

4.2.1 Uji Validitas

Validitas merupakan ketepatan antara data yang terjadi pada objek penelitian dengan data yang di laporkan oleh peneliti, artinya tidak ada perbedaan antara data yang di laporkan peneliti dengan data sesungguhnya yang terjadi pada objek penelitian (Sheskin, 2004). Artinya hasil pengukuran tersebut merupakan besaran yang mencerminkan secara tepat keadaan yang sesungguhnya.

Suatu data dikatakan valid jika nilai *Corrected Item-Total Correlation* lebih dari *r table*. Dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 5%, nilai *r* yang diperoleh untuk jumlah responden 76 orang adalah 0,1901. Tabel 4.5 merupakan hasil uji validitas terhadap *customer attribute* yang diperoleh.

Tabel 4.5 *Output Uji Validitas Data*

<i>Attribute</i>	<i>Corrected Item-Total Correlation</i>	<i>Keterangan</i>
Tidak Berat	0,750	Valid
Mudah Digunakan	0,164	Tidak Valid
Mudah Dibawa	0,526	Valid
Aman Digunakan	0,160	Tidak Valid
Awet	0,524	Valid
Harga Terjangkau	0,123	Tidak Valid
<i>Waterproof</i>	0,511	Valid
Desain Menarik	0,530	Valid
Ukuran Kecil	0,651	Valid
Perawatan Mudah	0,101	Tidak Valid

Dapat dilihat pada tabel 4.5 bahwa hanya terdapat enam atribut yang lolos uji validitas yaitu atribut tidak berat, atribut mudah dibawa, atribut awet, atribut *waterproof*, atribut desain menarik, dan atribut ukuran kecil.

4.2.2 Uji Reliabilitas

Uji reliabilitas data di lakukan untuk mengetahui tingkat kekonsistenan kuisisioner yang di gunakan dalam penelitian sehingga hasil kuisisioner tersebut benar-benar dapat di percaya. Uji reliabilitas data ini di lakukan terhadap ke tujuh buah atribut yang di peroleh dari hasil kuisisioner, pengujian menggunakan bantuan software SPSS 20. berikut ini merupakan *output* yang di hasilkan :

Tabel 4.6 *Output* Uji Reliabilitas Data

Reliability Statistics	
Cronbach's Alpha	N of Items
.743	6

Dapat dilihat dalam *output reliability statistics* pada baris *Cronbach's Alpha* di hasilkan nilai 0,743. Untuk mengetahui apakah hasil pengujian ini bersifat *reliable* atau tidak, perlu di lakukan perbandingan antara nilai *alpha* dengan nilai *r* tabel. Seperti pada pengujian validitas data, nilai *r* tabel yang di gunakan dengan tingkat signifikansi 5% dan jumlah data yang di gunakan adalah $n-2$ atau 35 data dengan nilai *r* tabel adalah 0,3246. Jika nilai *alpha* > *r* tabel, maka data bersifat *reliable*. Dari hasil perbandingan dapat di lihat bahwa nilai $0,743 > 0,3246$, artinya data yang di gunakan bersifat *reliable*.

4.2.3 Uji Kecukupan Data

Uji kecukupan data dalam penelitian ini menggunakan

$$N = \frac{Z^2 pq}{e^2}$$

$$N = \frac{1.64^2 \times 0.97 \times 0.03}{0.05^2}$$

$$N = 33$$

Dengan :

- N = Jumlah pengamatan yang seharusnya dilakukan
- Z = Tabel z
- P = Prosentase kuisisioner layak (total kuisisioner - kuisisioner cacat/total kuisisioner)
- Q = Prosentase kuisisioner cacat (1-p)
- e = Tingkat ketelitian

Untuk mengetahui apakah data yang digunakan cukup tidak perlu dilakukan perbandingan antara nilai N dengan jumlah sampel yang digunakan. Dari hasil perhitungan diperoleh nilai N = 33 dengan jumlah sampel sebanyak 64 orang. Dari perhitungan tersebut dapat disimpulkan bahwa sampel yang digunakan cukup karena nilai $N < n$.

4.3 Pengolahan Data Antropometri

Dalam penelitian ini terdapat 3 dimensi tubuh yang digunakan untuk membantu mendesain produk pembangkit listrik tenaga air portable. Ketiga dimensi tubuh yang digunakan adalah dimensi lebar tangan, dimensi panjang tangan, dan dimensi lebar ibu jari. Beberapa pengujian data antropometri dapat dilihat dalam sub-sub bab dibawah ini.

4.3.1 Uji Keseragaman Data Antropometri

Uji keseragaman data digunakan untuk mengetahui apakah data yang digunakan berasal dari sistem yang sama atautkah tidak. Berikut ini merupakan hasil uji keseragaman data terhadap ketiga dimensi tubuh yang digunakan dalam penelitian :

4.3.1.1 Uji keseragaman data dimensi lebar ibu jari

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (2.5 - 2.36)^2 + (2.3 - 2.36)^2 + (2.2 - 2.36)^2 + \dots + (2 - 2.36)^2}{32 - 1}}$$

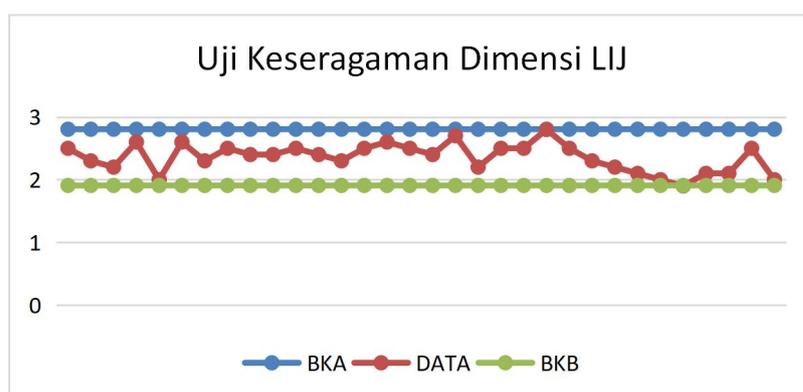
$$\sigma = 0.22$$

$$BKA = \bar{x} + k\sigma$$

$$= 2.36 + 2(0.22) = 2.804$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma$$

$$= 2.36 - 2(0.22) = 1,908$$



Gambar 4.1 Grafik Uji Keseragaman Dimensi Lebar Ibu Jari

Dari gambar 4.1 grafik uji keseragaman dimensi lebar ibu jari diatas diketahui bahwa tidak ada data yang melewati batas kontrol atas maupun batas kontrol bawah sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada data ekstrem yang digunakan.

4.3.1.2 Uji keseragaman data dimensi lebar telapak tangan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (8.5 - 8.28)^2 + (8.7 - 8.28)^2 + (8.3 - 8.28)^2 + \dots + (8.5 - 8.28)^2}{32 - 1}}$$

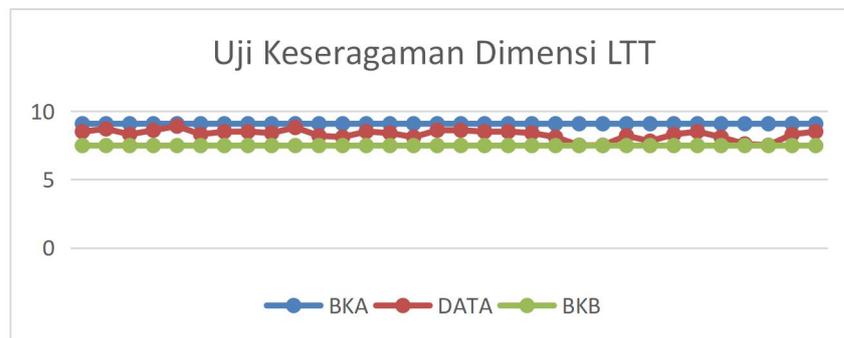
$$\sigma = 0.399$$

$$BKA = \bar{x} + k\sigma$$

$$= 8.278 + 2(0.399) = 9.077$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma$$

$$= 8.278 - 2(0.399) = 7.479$$



Gambar 4.2 Grafik Uji Keseragaman Dimensi Lebar Telapak Tangan

Dari gambar 4.2 grafik uji keseragaman dimensi lebar telapak tangan diatas diketahui bahwa tidak ada data yang melewati batas kontrol atas maupun batas kontrol bawah sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada data ekstrem yang digunakan.

4.3.1.3 Uji keseragaman data dimensi panjang telapak tangan

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (18.5 - 18.196)^2 + (18 - 18.196)^2 + (18.9 - 18.196)^2 + \dots + (17.6 - 18.196)^2}{32 - 1}}$$

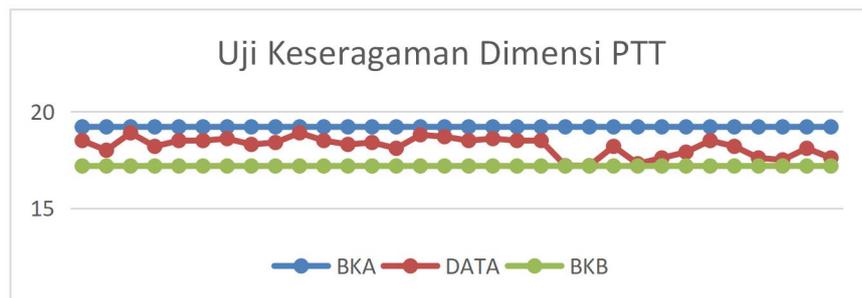
$$\sigma = 0.506$$

$$BKA = \bar{x} + k\sigma$$

$$= 18.197 + 2(0.506) = 19.210$$

$$BKB = \bar{x} - k\sigma$$

$$= 18.197 - 2(0.506) = 17.184$$



Gambar 4.3 Grafik Uji Keseragaman Dimensi Panjang Telapak Tangan

Dari gambar 4.3 grafik uji keseragaman dimensi panjang telapak tangan diatas diketahui bahwa tidak ada data yang melewati batas kontrol atas maupun batas kontrol bawah sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada data ekstrem yang digunakan.

4.3.2 Uji Normalitas Data Antropometri

Uji normalitas untuk data antropometri menggunakan metode kolmogorov-smirnov. Untuk dapat mengetahui apakah data yang di gunakan bersifat normal atau tidak adalah dengan menguji hipotesis yang di gunakan dalam penelitian dengan tingkat signifikansi yang di gunakan yaitu 0,05. Berikut ini adalah hipotesis dan hasil uji normalitas.

H_0 = Data berdistribusi normal

H_a = Data tidak berdistribusi normal

Tabel 4.6 Uji Normalitas data

	Kolmogorov-smirnov			Shapiro-wilk		
	statistic	df	Sig	statistic	df	Sig
LIB	.103	32	.082	.958	32	.293
LTT	.089	32	.128	.922	32	.428
PTT	.113	32	.079	.977	32	.276

Dari hasil uji normalitas data diatas dapat dilihat bahwa semua nilai asymp.sig (2-tailed) untuk ketiga dimensi tubuh memiliki nilai lebih dari 0,05 sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti bahwa data yang digunakan berdistribusi normal.

4.3.3 Uji Kecukupan Data Antropometri

Langkah terakhir dalam mengolah data anthropometri adalah uji kecukupan data yang bertujuan untuk memastikan bahwa data yang telah di kumpulkan dan di sajikan dalam laporan telah cukup secara objektif ataukah belum. Berikut ini merupakan hasil uji kecukupan data terhadap ketiga dimensi tubuh yang digunakan dalam penelitian.

4.3.1.1 Uji kecukupan data dimensi lebar ibu jari

$$N_i = \left[\frac{\frac{k}{s} \sqrt{N \sum x^2 - (\sum x)^2}}{\sum x} \right]^2$$

$$N_i = \left[\frac{\frac{2}{0,1} \sqrt{32 \times 179,22 - 5685,16}}{75,4} \right]^2$$

$$N_i = 3.509$$

Suatu data dikatakan cukup jumlahnya jika nilai $N^l < N$. Jika nilai tersebut dibandingkan maka dapat dikatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini sudah cukup karena $32 > 3,509$.

4.3.1.2 Uji kecukupan data dimensi lebar tangan

$$N_i = \left[\frac{\frac{2}{0,1} \sqrt{32 \times 2197,83 - 70172,01}}{264,9} \right]^2$$

$$N_i = 0.904$$

Suatu data dikatakan cukup jumlahnya jika nilai $N^l < N$. Jika nilai tersebut dibandingkan maka dapat dikatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini sudah cukup karena $32 > 0,904$.

4.3.1.3 Uji kecukupan data dimensi panjang tangan.

$$N_i = \left[\frac{\frac{2}{0,1} \sqrt{32 \times 10603,99 - 339073,29}}{582,3} \right]^2$$

$$N_i = 0.300$$

Suatu data dikatakan cukup jumlahnya jika nilai $N^l < N$. Jika nilai tersebut dibandingkan maka dapat dikatakan bahwa data yang digunakan dalam penelitian ini sudah cukup karena $32 > 0,300$.

4.3.4 Persentil

Dalam penelitian ini terdapat 3 persentil yang digunakan, yaitu persentil 5, persentil 50, dan persentil 95. berikut ini merupakan hasil perhitungan persentil dari ketiga dimensi tubuh yang digunakan :

Tabel 4.7 **Persentil**

Persentil	Dimensi Tubuh		
	LIJ	LTT	PTT
P5	1.987	7.620	17.364
P50	2.356	8.278	18.197
P95	2.725	8.936	19.030

Dimensi lebar ibu jari (LIB) merupakan dimensi yang digunakan untuk mendesain diameter tombol power agar nyaman saat digunakan dan meminimalisir *missclick*. Pada dimensi lebar ibu jari digunakan persentil 95 karena mampu digunakan untuk ukuran persentil yang lebih kecil.

Dimensi tubuh selanjutnya yang digunakan yaitu dimensi lebar telapak tangan, dimensi ini digunakan untuk mendesain lebar *handle* yang nyaman ditangan. Pada dimensi ini digunakan Persentil 95 karena *handle* yang didesain membutuhkan sebuah dimensi yang lebar agar mampu digunakan oleh persentil yang lebih kecil.

Dimensi tubuh terakhir yang digunakan adalah dimensi panjang telapak tangan. Dimensi ini digunakan untuk mendesain *handle* agar memiliki ukuran diameter yang tidak terlalu kecil atau besar sehingga nyaman saat digunakan. Diameter *handle* didesain dengan menggunakan persentil 5 dimensi panjang telapak tangan dengan tujuan agar meminimalisir ukuran *handle* yang terlalu besar sehingga tidak nyaman saat digunakan oleh pengguna yang memiliki tangan berukuran kecil..

4.4 Proses Pemetaan Dengan *Axiomatic Design*

4.4.1 Pemetaan Desain Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable*

Pemetaan pertama dilakukan pada atribut awet. Atribut awet didefinisikan sebagai produk yang tidak mudah rusak dan memiliki umur yang panjang. Atribut awet dipengaruhi oleh penggunaan material yang berkualitas pada produk, khususnya pada bagian *body* dan turbin. Atribut kedua yang dipetakan adalah *waterproof*. *Waterproof* adalah sebuah penambahan *synthetic organic polymers* ke dalam sebuah material untuk mencegah kebocoran (Wang *et al*, 2017). Agar dapat mencegah masuknya air ke dalam mesin, harus digunakan sebuah material *waterproof* yang tepat. Atribut ketiga yakni desain menarik. Desain menarik merupakan sebuah strategi yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan nilai dari produk (Ceschin & Gaziulusoy, 2016). Pemetaan terhadap atribut ini mencakup beberapa hal seperti bentuk, warna, dan juga fitur tambahan untuk mempermudah penggunaan produk. Pemetaan selanjutnya dilakukan pada atribut tidak berat. Atribut ini berfungsi untuk memudahkan pengguna untuk mengangkat atau membawa produk. Atribut selanjutnya adalah ukuran kecil. Tujuan dari ukuran kecil adalah untuk memungkinkan penyimpanan ataupun penggunaan produk yang tidak membutuhkan ruang yang luas. Atribut terakhir adalah mudah dibawa. Atribut ini memungkinkan pengguna untuk membawa atau mengangkat produk secara mudah dengan penambahan fungsi *handle*.

Untuk lebih detailnya, pemetaan terhadap semua atribut dapat dilihat pada tabel 4.8 sampai dengan tabel 4.13 dibawah ini.

4.4.2 Pemetaan dari *Customer Attribute* (CA) ke *Functional Requirement* (FR) dan *Functional Requirement* (FR) ke *Design Parameter* (DP).

Tabel 4.8 Pemetaan Atribut Awet

Kode	<i>Customer Attribute</i>	Kode	<i>Functional Requirement</i>	Kode	<i>Design Parameter</i>
		FR1	Meningkatkan ketahanan produk	DP1	Produk yang <i>durable</i>
CA1	Awet	FR1.1	Meningkatkan ketahanan terhadap kondisi lingkungan	DP1.1	Material yang kokoh pada produk
		FR1.1.1	Melindungi bagian body dari perubahan temperatur	DP1.1.1	Material dari plastik
		FR1.1.2	Melindungi turbin dari objek yang menghambat putaran (ranting, daun, dll)	DP1.1.2	Material dari besi

Tabel 4.9 Pemetaan Atribut *Waterproof*

Kode	<i>Customer Attribute</i>	Kode	<i>Functional Requirement</i>	Kode	<i>Design Parameter</i>
		FR2	Meningkatkan ketahanan terhadap kebocoran	DP2	<i>Waterproof</i> material
CA2	Waterproof	FR2.1	Meningkatkan ketahanan produk terhadap arus air	DP2.1	Material dengan serat tinggi
		FR2.1.1	Menahan air agar tidak masuk ke mesin	DP2.1.1	Material dari plastik abs

Tabel 4.10 Pemetaan Atrribut Desain Menarik

Kode	Customer Attribute	Kode	Functional Requirement	Kode	Design Parameter
		FR3	Menyediakan desain dan fitur produk yang unik	DP3	<i>Innovative design</i>
		FR3.1	Meminimalisir gesekan terhadap arus air	DP3.1	<i>Hydrodynamic design</i>
		FR3.1.1	Memaksimalkan putaran turbin	DP3.1.1	Produk berbentuk tabung
		FR3.1.1.1	Mengefisienkan putaran turbin	DP3.1.1.1	Desain 3 baling pada turbin
		FR3.2	Memberikan kemudahan penggunaan produk	DP3.2	Desain tombol <i>power</i> dan lampu indikator ergonomis
		FR3.2.1	Meminimalisir <i>missclick</i> tombol power	DP3.2.1	Bentuk tombol yang bulat dengan cekungan kedalam
CA3	Desain Menarik	FR3.2.1.1	Meminimalisir kebingungan	DP3.2.1.1	Dimensi tombol yang tepat
		FR3.2.1.1.1	Mencegah ketidaknyamanan pada jari tangan	DP3.2.1.1.1	Persentil 95% lebar ibu jari : 2,75 cm
		FR3.2.1.1.2	Meningkatkan kejelasan simbol	DP3.2.1.1.2	Warna putih (225,225,225)
		FR3.2.2	Meminimalisir penggunaan energi besar pada lampu indikator	DP3.2.2	Lampu LED putih
		FR3.3	Memaksimalkan penyimpanan energi	DP3.3	Baterai
		FR3.3.1	Mengefisienkan penyimpanan energi	DP3.3.1	Deep cycle battery
		FR3.4	Memberikan warna produk yang menarik	DP3.4	Kombinasi warna putih (248,243,222) dan coklat (74,0,12)

Tabel 4.11 Pemetaan Atribut Tidak Berat

Kode	Customer Attribute	Kode	Functional Requirement	Kode	Design Parameter
CA4	Tidak berat	FR4	Memberikan kemudahan untuk dibawa	DP4	<i>lightweight design</i>
		FR4.1	Mengurangi beban berlebih	DP4.1	Bobot produk yang ringan
		FR4.1.1	Mengurangi resiko cedera karena bobot terlalu berat	DP4.1.1	Bobot produk 4.83 kg

Tabel 4.12 Pemetaan Atribut Ukuran Kecil

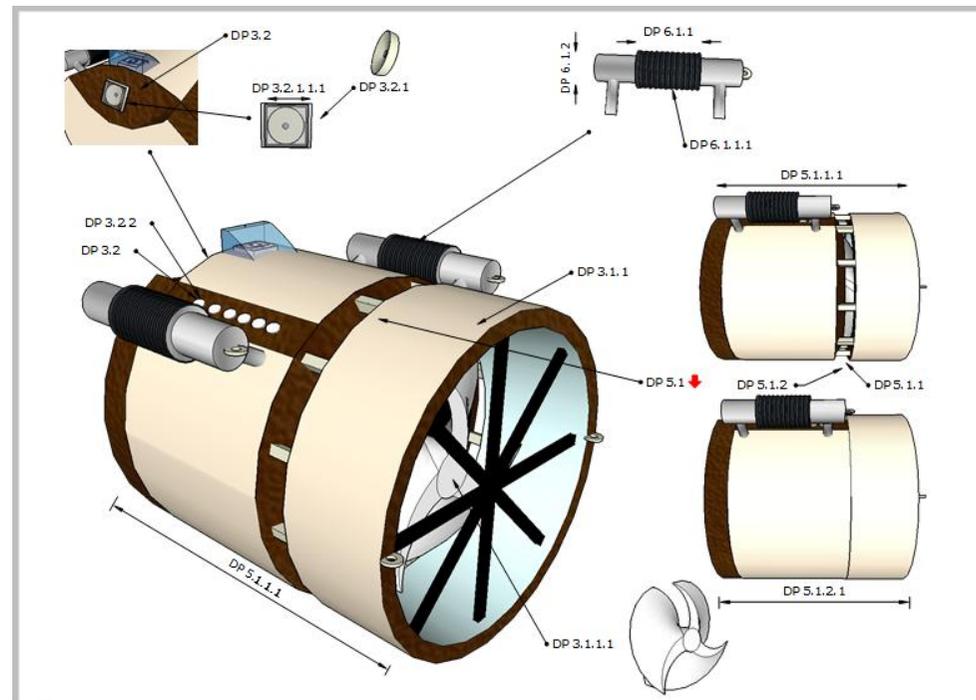
Kode	Customer Attribute	Kode	Functional Requirement	Kode	Design Parameter
CA5	Ukuran Kecil	FR5	Memberikan kepraktisan dalam penggunaan	DP5	<i>Adjustable design</i>
		FR5.1	Memberikan kemudahan perubahan ukuran	DP5.1	2 level penyesuaian bentuk
		FR5.1.1	Mengefisienkan aliran arus air keluar dari bagian turbin	DP5.1.1	Penutup turbin dapat terbuka otomatis melalui tombol <i>power</i>
		FR5.1.1.1	Memberikan space untuk aliran arus air keluar dari bagian turbin	DP5.1.1.1	Panjang total body dan space untuk arus air = 90 cm
		FR5.1.2	Memberikan penyesuaian untuk meringkas kemasan produk	DP5.1.2	Penutup turbin dapat tertutup otomatis melalui tombol <i>power</i>
		FR5.1.2.1	Mengurangi <i>space</i> untuk penyimpanan	DP5.1.2.1	Panjang body 80 cm

Tabel 4.13 Pemetaan Atribut Mudah Dibawa

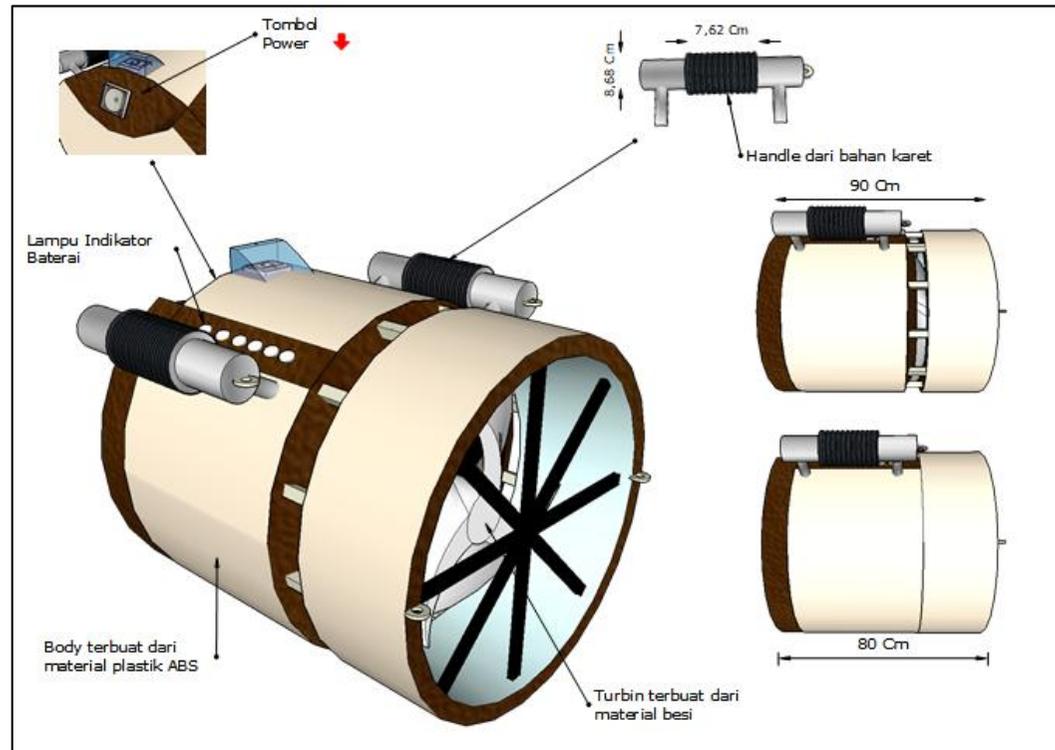
Kode	Customer Attribute	Kode	Functional Requirement	Kode	Design Parameter
		FR6	Memberikan kenyamanan saat digunakan	DP6	<i>ergonomichandle design</i>
		FR6.1	Memberikan kenyamanan saat menggunakan <i>handle</i>	DP6.1	Dimensi panjang dan diameter handle sesuai data antropometri
CA6	Mudah Dibawa	FR6.1.1	Meminimalisir <i>handle</i> yang licin saat dipegang	DP6.1.1	Bahan karet
		FR6.1.1.1	Mencegah ketidaknyamanan di telapak tangan karena handle yang oversize	DP6.1.1.1	Persentil 95% panjang telapak tangan : 8,68 cm
		FR6.1.1.2	Mencegah ketidaknyamanan di telapak tangan karena ukuran terlalu lebar	DP6.1.1.2	Persentil 5% lebar telapak tangan : 7,62 cm

4.5 Desain Virtual

Gambar 4.4 menunjukkan desain virtual pembangkit listrik tenaga air *portable* berdasarkan pemetaan *customer attribute*, *functional requirement*, serta *design parameter*.



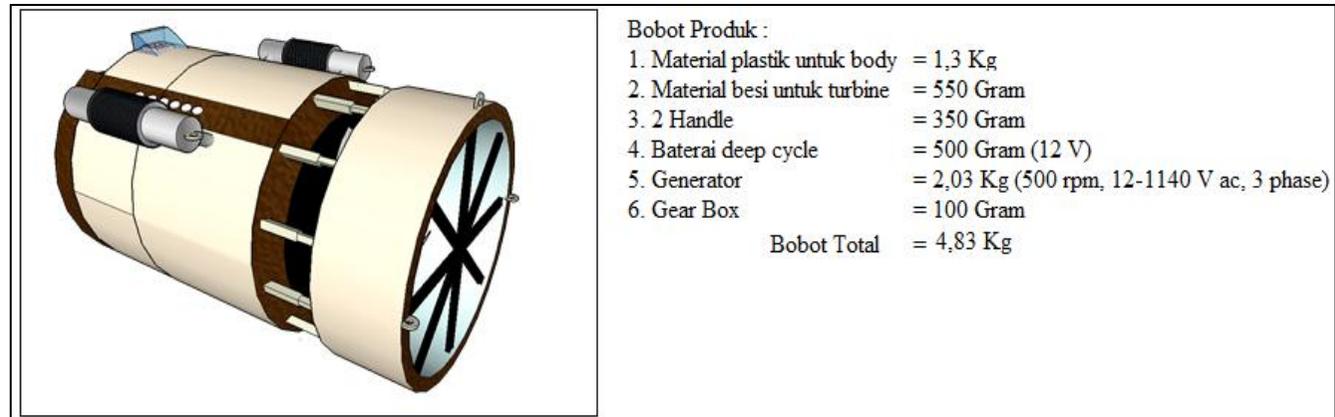
Gambar 4.4 Desain Virtual Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan



Gambar 4.5 Desain Virtual Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan

4.5.1 Spesifikasi Material Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable* Usulan

Gambar 4.5 merupakan rincian dari spesifikasi bobot produk yang disebutkan dalam DP4.1.1.

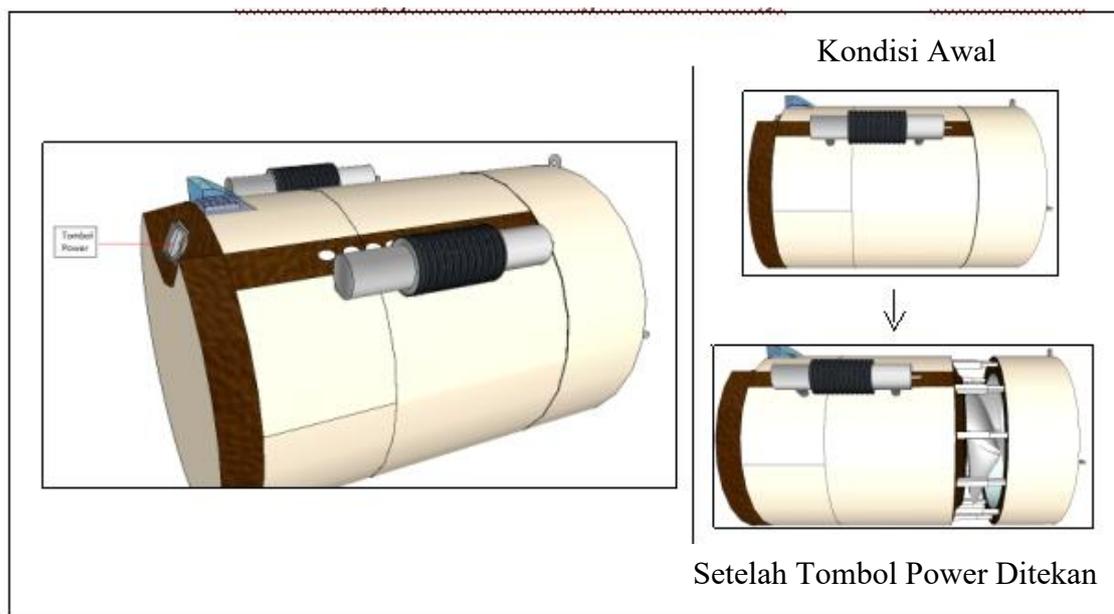


Gambar 4.6 Spesifikasi Material Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Usulan

4.5.3 Prosedur Pengoperasian Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Desain Usulan

Terdapat beberapa prosedur yang harus dilakukan agar pembangkit listrik tenaga air portable desain usulan ini dapat bekerja. Berikut ini merupakan beberapa prosedur yang harus dilakukan :

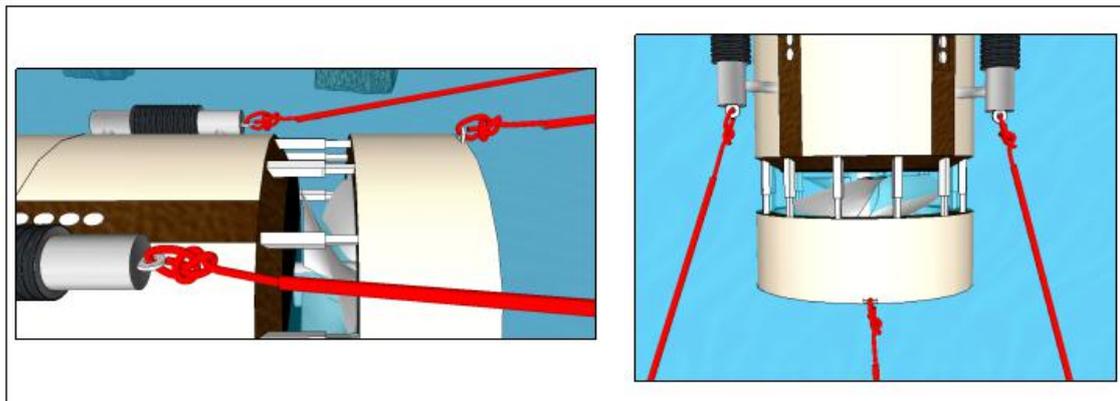
1. Membuka Penutup Turbin



Gambar 4.9 Prosedur pengoperasian pertama

Langkah pertama yang harus dilakukan untuk mengoperasikan pembangkit listrik tenaga air portable desain usulan ini adalah dengan menekan tombol power pada bagian belakang. Tombol power ini berfungsi untuk membuka penutup turbin sehingga turbin dapat berputar dan aliran air dapat keluar dari bagian samping.

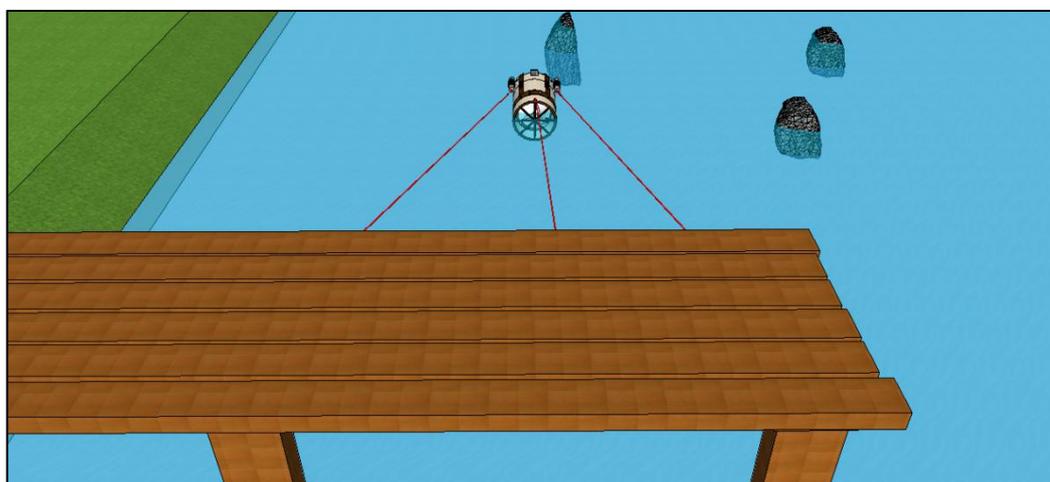
2. Mengikat Produk Dengan Tali



Gambar 4.10 **Prosedur Pengoperasian Kedua**

Setelah bagian penutup turbin terbuka, ikatkan tali pada bagian *handle* sampai ke bagian atas penutup turbin depan. Tali digunakan untuk menyetabilkan posisi produk tidak berubah posisi ketika digunakan.

3. Mengikatkan tali ke tumpuan



Gambar 4.11 **Prosedur Pengoperasian Ketiga**

Prosedur terakhir yang harus dilakukan adalah mengikatkan tali dari prosedur sebelumnya ke tumpuan yang kokoh. Fungsi ikatan ini adalah untuk menjaga agar pembangkit listrik tenaga air portable desain usulan tidak hanyut oleh arus air.

4.6.1.1 Perhitungan Daya Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Desain Lama

Rumus yang digunakan untuk perhitungan daya listrik yang dihasilkan dari suatu pembangkit listrik tenaga air adalah sebagai berikut :

$$P = Q \times g \times h_{\text{net}} \times \eta$$

Dimana nilai h_{net} dapat diketahui melalui perhitungan berikut:

$$h_{\text{net}} = h_{\text{gross}} \times 0,9$$

$$h_{\text{net}} = 2,5 \times 0,9$$

$$h_{\text{net}} = 2,25$$

Keterangan :

$$h_{\text{gross}} = \text{Relative low gross}$$

Berdasarkan rumus diatas, maka perhitungan daya yang dapat dihasilkan oleh pembangkit listrik tenaga air *portable* desain lama adalah sebagai berikut :

$$P = Q \times g \times h_{\text{net}} \times \eta$$

$$P = 5,56 \text{ m} \times 9,81 \times 2,25 \times 0,864$$

$$P = 106,033 \text{ Watt}$$

Keterangan :

$$P_e = \text{Power (Watt)}$$

$$g = \text{Grafitasi (9,81 m/s}^2\text{)}$$

$$h_{\text{net}} = \text{The net head (} h_{\text{gross}} \times 0,9\text{)}$$

$$Q = \text{Arus air}$$

$$n = \text{Efisiensi (nilai efisiensi 86,4\% berdasarkan hasil simulasi)}$$

B. Perhitungan Daya Listrik Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Desain Usulan

Perhitungan yang sama juga dilakukan untuk mengetahui daya yang dihasilkan pembangkit listrik tenaga air portable desain usulan. Berikut ini merupakan perhitungan yang dilakukan :

$$P = Q \times g \times h_{\text{net}} \times \eta$$

$$P = 5,56 \text{ m} \times 9,81 \times 2,25 \times 0,916$$

$$P = 112,414 \text{ Watt}$$

Keterangan :

P_e = Power (Watt)

g = Gravitasi (9,81 m/s²)

h_{net} = *The net head* ($h_{\text{gross}} \times 0,9$)

Q = Arus air

n = Efisiensi (nilai efisiensi 86,4% berdasarkan hasil simulasi)

Setelah dilakukan perhitungan daya antara pembangkit listrik tenaga air portable desain lama dan pembangkit listrik tenaga air portable desain usulan, diketahui bahwa pembangkit listrik tenaga air portable desain usulan mampu menghasilkan daya listrik lebih besar yaitu 112,414 Watt/Jam, sedangkan pembangkit listrik tenaga air portable desain lama hanya 106,033 Watt/Jam.

4.7 Validasi Desain Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable*

4.7.1 Uji *Marginal Homogeneity*

Uji *marginal homogeneity* digunakan untuk mengidentifikasi apakah desain yang diusulkan sesuai dengan *customer attribute* atau tidak. Hipotesis yang digunakan adalah sebagai berikut :

Ho : Tidak ada perbedaan yang signifikan antara *users requirement* dengan desain usulan yang dibuat

Ha : Ada perbedaan yang signifikan antara *users requirement* dengan desain usulan yang dibuat

Dengan tingkat signifikansi 5%, didapatkan hasil uji sebagai berikut :

Tabel 4.14 Hasil Uji *Marginal Homogeneity*

<i>Attribute</i>	Asymp.sig (2-tailed)
Awet	0.11
Waterproof	0.190
Desain Menarik	0.137
Tidak Berat	0.09
Ukuran Kecil	0.61
Mudah Dibawa	0.12

Dapat dilihat pada tabel uji marginal homogeneity diatas bahwa nilai asymp. Sig (2-tailed) yang didapatkan untuk atribut awet adalah 0,11, atribut *waterproof* adalah 0,190, atribut desain menarik adalah 0,137, atribut tidak berat adalah 0,09, atribut ukuran kecil adalah 0,61, dan atribut mudah dibawa adalah 0,12. Sehingga dapat disimpulkan bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara *users requirement* dengan desain usulan yang dibuat.

4.7.2 Uji *Wilcoxon Signed Rank Test*

Wilcoxon signed rank test digunakan untuk menguji signifikansi perbedaan antara 2 data berpasangan, dalam hal ini adalah desain pembangkit listrik tenaga air *portable* sebelum desain dan setelah didesain ulang. Hipotesis yang digunakan dalam pengujian ini adalah :

Ho : Tidak ada perbedaan desain pembangkit listrik tenaga *airportable* sebelum dan setelah didesain ulang

Ha : Ada perbedaan desain pembangkit listrik tenaga *airportable* sebelum dan setelah didesain ulang

Dengan menggunakan tingkat signifikansi sebesar 5%, diperoleh hasil pengujian sebagai berikut :

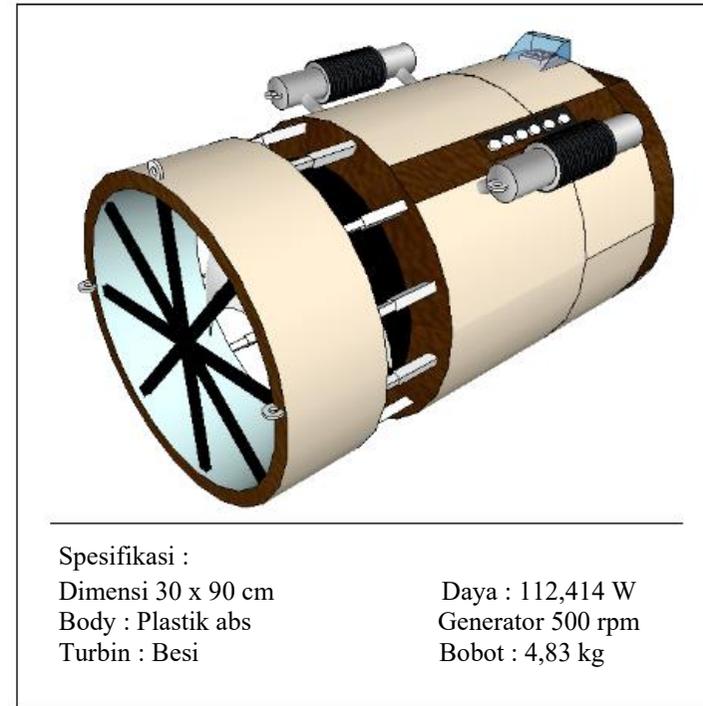
Tabel 4.15 Hasil Uji *Wilcoxon Signed Rank Test*

<i>Attribute</i>	Asymp.sig (2-tailed)
Awet	0.00
Waterproof	0.03
Desain Menarik	0.00
Tidak Berat	0.01
Ukuran Kecil	0.01
Mudah Dibawa	0.00

Dapat dilihat pada tabel uji *wilcoxon Signed Rank Test* diatas bahwa semua nilainya berada antara 0.00 sampai dengan 0.03 yang berarti hipotesis diterima karena nilai yang didapatkan berada didaerah penerimaan tingkat signifikansi yang digunakan yaitu 0.05

Dari hasil perhitungan uji *wilcoxon signed rank test* semua atribut uji memiliki nilai *asymp.sig (2-tailed)* yang berada diluar tingkat signifikansi yang digunakan yaitu 0.05, sehingga dapat disimpulkan bahwa hipotesis nol (Ho) ditolak yang berarti bahwa ada perbedaan antara desain pembangkit listrik tenaga air *portable* sebelum dan setelah redesain.

4.8 Perbandingan Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Desain Lama dan Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable Desain Usulan.



Gambar 14. Perbandingan Spesifikasi Desain Sebelum dan Setelah

Dapat disimpulkan dari penelitian ini bahwa desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan memiliki dimensi 30 x 90 cm dengan material body yang terbuat dari plastik jenis abs dan bagian turbin dari besi sedangkan desain lama pembangkit listrik tenaga air portable memiliki dimensi 148 x 115 cm dengan material body dari plastik dan turbin dari aluminium. Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, diketahui bahwa nilai efisiensi putaran turbin yang dihasilkan desain lama pembangkit listrik tenaga air portable sebesar 86,4%, sedangkan nilai efisiensi dari desain usulan adalah sebesar 91,6%, artinya desain usulan memiliki nilai efisiensi lebih baik sebesar 5,2% daripada desain lama. Dalam penelitian ini juga dilakukan perhitungan output daya dengan inputan data hasil simulasi dan diketahui bahwa output daya yang dihasilkan oleh desain lama adalah sebesar 106,033 Watt. Sedangkan desain usulan memiliki output daya sebesar 112,414 Watt.

BAB V

PEMBAHASAN

5.1 Analisis *Customer Attribute* Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable*

Dari *output* uji validitas pada tabel 4.5, ditunjukkan bahwa hanya terdapat 6 atribut yang lolos uji karena memiliki nilai *output* lebih dari nilai tabel *r* yaitu 0.1901. keenam atribut tersebut adalah atribut tidak berat dengan nilai 0.750, atribut mudah dibawa 0.526, atribut awet 0.524, atribut *waterproof* 0.511, atribut desain menarik 0.530, dan atribut ukuran kecil 0.651. Definisi dari setiap atribut yang digunakan dalam perancangan pembangkit listrik tenaga air *portable* dapat dilihat pada sub-sub bab dibawah ini.

5.1.1 Atribut Awet

Awet menjadi salah satu atribut yang dibutuhkan pengguna dalam desain pembangkit listrik tenaga air *portable*. Awet didefinisikan sebagai produk yang tidak mudah rusak dan memiliki umur yang panjang dimana atribut ini dipengaruhi oleh jenis material yang digunakan pada produk. Dalam penelitian ini, atribut awet di khususkan pada penggunaan material bagian *body* dan turbin.

5.1.2 Atribut *Waterproof*

Waterproof adalah sebuah penambahan *synthetic organic polymers* kedalam sebuah material untuk mencegah kebocoran (Wang *et al*, 2017). Atribut *waterproof* yang digunakan dalam penelitian ini fokus pada material yang digunakan dalam menyusun bagian *body* produk dengan tujuan untuk mencegah kebocoran. Material *waterproof*

yang digunakan dalam penelitian ini merupakan material yang lebih spesifik daripada material dalam atribut awet.

5.1.3 Atribut Desain Menarik

Desain menarik merupakan sebuah strategi yang digunakan dengan tujuan untuk meningkatkan nilai dari produk (Ceschin & Gaziulusoy, 2016). Dalam penelitian ini, pemetaan atribut desain menarik mencakup beberapa hal, yaitu bentuk, warna, dan juga fitur tambahan untuk mempermudah penggunaan produk.

5.1.4 Atribut Tidak Berat

Atribut ini berfungsi untuk memudahkan pengguna untuk mengangkat atau membawa produk karena produk ini didesain dengan bobot yang tidak berat. Dalam atribut ini dijelaskan mengenai part-part apa saja serta bobot dari setiap part yang digunakan.

5.1.5 Atribut Ukuran Kecil

Tujuan dari atribut ukuran kecil adalah untuk memungkinkan penyimpanan ataupun penggunaan produk yang tidak membutuhkan ruang yang luas.

5.1.6 Atribut Mudah Dibawa

Atribut ini memungkinkan pengguna untuk membawa atau mengangkat produk secara mudah dengan penambahan fungsi *handle*. *Handle* dibuat berdasarkan data antropometri sehingga dapat menghasilkan *handle* yang nyaman untuk digunakan.

5.2 Analisis *Functional Requirement* Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable*

5.2.1 Atribut Awet

Atribut awet memiliki fungsi untuk meningkatkan ketahanan produk (FR1) dimana ketahanan ini mencakup ketahanan terhadap kondisi lingkungan (FR1.1) yaitu

perubahan temperatur pada bagian *body* (FR1.1.1) dan juga melindungi turbin dari objek yang dapat menghambat putaran turbin (FR1.1.2).

5.2.2 Atribut *Waterproof*

Atribut *waterproof* memiliki fungsi untuk meningkatkan ketahanan terhadap kebocoran (FR2) yakni ketahanan terhadap arus air (FR2.1) sehingga mampu menahan air agar tidak masuk ke dalam mesin (FR2.1.1).

5.2.3 Atribut Desain Menarik

Atribut desain menarik berfungsi untuk menyediakan desain dan fitur produk yang unik. Terdapat tiga pembagian dalam atribut ini yaitu pada bentuk, warna, dan fitur pendukung. Produk ini didesain untuk meminimalisir gesekan terhadap arus air (FR3.1) sehingga dapat memaksimalkan putaran turbin (FR3.1.1) serta mampu menghasilkan putaran turbin yang efisien (FR3.1.1.1). Selain dari bentuk yang tepat, produk ini juga didesain untuk memudahkan *user* dalam penggunaan (FR3.2) dengan sebuah tombol *power* yang didesain untuk meminimalisir *miss click* (FR3.2.1), meminimalisir kebingungan (FR3.2.1.1) serta mencegah ketidaknyamanan pada jari tangan saat tekan (FR3.2.1.1.1). Tombol *power* yang digunakan juga memiliki warna yang berfungsi untuk meningkatkan kejelasan simbol (FR3.2.1.1.2). selain itu, produk ini juga dilengkapi dengan lampu indikator LED yang berfungsi untuk meminimalisir penggunaan energi yang berlebih untuk lampu indikator (FR3.2.2). salah satu fitur unggulan yang dimiliki adalah sebuah fungsi untuk memaksimalkan penyimpanan energi (FR3.3) dengan tujuan agar energi yang dihasilkan menjadi efisien (FR3.3.1). Untuk mampu menarik minat pengguna secara visual, produk ini dilengkapi dengan warna yang menarik (FR3.4).

5.2.4 Atribut Tidak Berat.

Atribut ini berfungsi untuk memberikan kemudahan untuk dibawa (FR4) untuk itu produk ini didesain untuk mengurangi beban berlebih (FR4.1) guna mengurangi resiko cedera karena bobot yang terlalu berat (FR4.1.1).

5.2.5 Atribut Ukuran Kecil

Atribut ini berfungsi untuk memberikan kepraktisan dalam penggunaan (FR5) dengan cara memberikan kemudahan perubahan ukuran (FR5.1). tujuan dari perubahan ukuran ini adalah untuk mengefisienkan aliran air keluar dari bagian turbin (FR5.1.1) dengan cara memberikan *space* untuk aliran arus air keluar dari bagian turbin (FR5.1.1.1). selain itu produk ini juga didesain dengan tujuan untuk memberikan penyesuaian untuk meringkas kemasan (FR5.1.2) agar mengurangi *space* untuk penyimpanan (FR5.1.2.1).

5.2.6 Atribut Mudah Dibawa

Atribut ini berfungsi untuk memberikan kenyamanan saat diangkat (FR6) dengan cara memberikan kenyamanan untuk digunakan pada bagian *handle* (FR6.1) dan juga meminimalisir *handle* yang licin saat dipegang (FR6.1.1). *Handle* ini didesain untuk mencegah ketidaknyamanan ditelapak tangan karena *oversize* (FR6.1.1.1) dan ukuran *handle* yang terlalu lebar (FR6.1.1.2).

5.3 Analisis Design Parameter Pembangkit Listrik Tenaga Air Portable

5.3.1 Atribut Awet

Design parameter untuk pada atribut iniyaitu sebuah produk yang *durable* (DP1). Untuk dapat mencapai hal tersebut, maka perlu digunakan sebuah material yang kokoh pada produk (DP1.1) yakni material dari plastik untuk bagian *body* (DP1.1.1) dan material dari besi pada bagian turbin (DP1.1.2).

5.3.2 Atribut *Waterproof*

Design parameter untuk pada atribut iniyaitu sebuah material *waterproof* pada produk (DP2) yaitu sebuah material yang memiliki serat yang tinggi (DP2.1). material yang digunakan untuk mencegah kebocoran yang digunakan adalah dari plastik jenis abs (DP2.1.1).

5.3.3 Atribut Desain Menarik

Design parameter untuk pada atribut ini yaitu sebuah produk yang inovatif (DP3) yaitu dengan menggunakan konsep *hydrodynamic design* pada bentuk *body* (DP3.1) yaitu sebuah produk yang berbentuk tabung (DP3.1.1) dengan 3 baling pada bagian turbin (DP3.1.1.1). produk ini juga dilengkapi dengan tombol *power* dan lampu indikator yang ergonomis (DP3.2). tombol *power* didesain dengan bentuk bulat dengan cekungan kedalam (DP3.2.1) berwarna putih (DP3.2.1.1.2) dan menggunakan dimensi tombol yang tepat (DP3.2.1.1) yaitu menggunakan persentil 95% dimensi lebar ibu jari tangan 2,75 cm (DP3.2.1.1.1). Pada bagian lampu indikator, produk ini menggunakan sebuah lampu LED putih (DP3.2.2). sebagai media penyimpanan energi, produk ini menggunakan sebuah baterai (DP3.3) dengan jenis *deep cycle* (DP3.3.1). sebagai warna produk, digunakan kombinasi antara warna putih (248, 243, 222) dan warna coklat (74, 0, 12).

5.3.4 Atribut Tidak Berat

Design parameter untuk pada atribut ini yaitu sebuah produk dengan *lightweight design* (DP4) yang diperoleh dari bobot produk yang ringan (DP4.1) yaitu 4,83 Kg (DP4.1.1).

5.3.5 Atribut Ukuran Kecil

Design parameter untuk pada atribut ini yaitu sebuah produk yang *adjustable design* (DP5) dengan dua level penyesuaian bentuk. Bentuk pertama yaitu sebuah penutup bagian turbin yang dapat terbuka secara otomatis melalui tombol *power* (DP5.1.1). Jika menggunakan bentuk ini, panjang produk menjadi lebih kurang 90 cm (DP5.1.1.1). sedangkan jika menggunakan bentuk kedua yaitu penutup turbin yang dapat tertutup secara otomatis melalui tombol *power* (DP5.1.2), panjang produk menjadi 80 cm (DP5.1.2.1).

5.3.6 Atribut Mudah Dibawa

Design parameter untuk pada atribut ini yaitu sebuah *ergonomic handle design* (DP6) dimana dimensi lebar dan diameternya sesuai dengan data antropometri (DP6.1).

Handle yang digunakan berbahan dasar dari karet (DP6.1.1) dengan ukuran diameter setengah dari persentil 5% dimensi panjang telapak tangan yaitu 8,68 cm (DP6.1.1.1) dan lebar dari persentil 95% dimensi lebar telapak tangan yaitu 7,62 cm (DP6.1.1.2).

5.4 Analisis Validasi Desain Usulan

5.4.1 Uji *Marginal Homogeneity*

Dari hasil uji *marginal homogeneity* pada tabel 4.13 diperoleh hasil asymp. Sig (2-tailed) 0.11 pada atribut awet, 0.190 pada atribut *waterproof*, 0.137 pada atribut desain menarik, 0.09 pada atribut tidak berat, 0.61 pada atribut ukuran kecil, dan 0.12 pada atribut mudah dibawa. Untuk dapat menarik kesimpulan dari pengujian ini maka perlu dilakukan perbandingan nilai uji dengan tingkat signifikansi yang digunakan yaitu sebesar 0,05.

Hasil perbandingan nilai *asymp. Sig (2-tailed)* dengan tingkat signifikansi menyatakan bahwa semua nilai *asymp. Sig (2-tailed) attribute* uji berada diatas tingkat signifikansi sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 diterima yang berarti bahwa tidak ada perbedaan yang signifikan antara *users requirement* dengan desain usulan yang dibuat.

5.4.2 Uji *Wilcoxon Signed Rank Test*

Dari hasil uji *wilcoxon signed rank test* pada tabel 4.14 diperoleh hasil asymp. Sig (2-tailed) 0.00 pada atribut awet, 0.03 pada atribut *waterproof*, 0.00 pada atribut desain menarik, 0.01 pada atribut tidak berat, 0.01 pada atribut ukuran kecil, dan 0.00 pada atribut mudah dibawa. Untuk dapat menarik kesimpulan dari pengujian ini maka perlu dilakukan perbandingan nilai uji dengan tingkat signifikansi yang digunakan yaitu sebesar 0,05.

Hasil perbandingan nilai *asymp. Sig (2-tailed)* dengan tingkat signifikansi menyatakan bahwa semua nilai *asymp. Sig (2-tailed) attribute* uji berada dibawah tingkat signifikansi sehingga dapat disimpulkan bahwa H_0 ditolak yang berarti bahwa ada perbedaan yang signifikan antara desain pembangkit listrik tenaga air portable

sebelum dengan desain usulan. Prosentase rata-rata kepuasan pengguna terhadap desain usulan yang dibuat mencapai 73,67%.

5.5 Hasil Simulasi Desain Sebelum dan Desain Usulan

Simulasi dilakukan untuk mengetahui seberapa efisien desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan yang dibuat dalam melakukan putaran untuk menghasilkan energi dibandingkan dengan desain pembangkit listrik tenaga air *portable* yang sudah ada dengan menggunakan *software Ansys workbench* 18.2. Beberapa asumsi yang digunakan pada simulasi ini yaitu :

1. Arus atau debit aliran air yang digunakan yaitu $20 \text{ m}^3/\text{s}$
2. Kapasitas putaran dan daya yang dihasilkan generator yaitu 500 rpm, 12-1140 V.

Dari hasil simulasi pada gambar 4.3 dapat dilihat bahwa nilai efisiensi putaran yang dihasilkan oleh turbin desain usulan lebih tinggi 5,2% daripada putaran turbin desain sebelumnya, sehingga dapat disimpulkan bahwa desain usulan ini lebih efisien 5,2% daripada desain sebelumnya

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa:

1. Terdapat enam atribut yang dibutuhkan pengguna untuk melakukan desain ulang pembangkit listrik tenaga air *portable* ini. Keenam atribut yang dibutuhkan pengguna yaitu yaitu awet, *waterproof*, desain menarik, tidak berat, ukuran kecil, dan mudah dibawa.
2. *Design parameter* untuk pada produk iniyaitu sebuah pembangkit listrik *portable* berbentuk tabung yang memiliki kombinasi warna putih dengan RGB (248, 243, 222) dan warna coklat dengan RGB (74, 0, 12) dengan tiga buah baling pada bagian turbin dimana material yang digunakan pada bagian body berasal dari bahan plastik jenis plastik abs yang mampu tahan terhadap air dan material besi pada bagian turbin. Bobot dari produk ini berkisar antara 4,83 kg dengan dua level perubahan ukuran panjang produk yaitu antara 80 cm - 90cm. Produk ini dilengkapi dengan sebuah tombol *power* berwarna putih berbentuk bulat dengan cekungan kedalam yang didesain sesuai dengan data antropometri yang berukuran 2,75 cm, lampu LED berwarna putih, sebuah baterai tipe *deep cycle battery* sebagai media penyimpanan daya, dan sebuah *handle* dari karet dengan ukuran diameter 8,68 cm dan lebar 7,62 cm.

3. Dari hasil uji validitas kesesuaian desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan dengan *customer attribute* penelitian menggunakan *marginal homogeneity* diketahui bahwa desain usulan yang dibuat valid untuk memenuhi *customer attribute* dalam tingkat signifikansi sebesar 5%. Sedangkan dari hasil uji beda antara desain pembangkit listrik tenaga air *portable* yang ada dengan desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan diketahui bahwa terdapat perbedaan antara keduanya dalam tingkat signifikansi 5% dengan rata-rata kepuasan pada setiap atribut uji sebesar 73,67%. kemudian dari hasil simulasi yang dilakukan pada desain pembangkit listrik tenaga air *portable* usulan diketahui juga bahwa desain usulan yang dibuat ini memiliki nilai efisiensi lebih baik yaitu sebesar 5.2% daripada pembangkit listrik tenaga air *portable* yang ada.

6.2 Saran

Saran yang diberikan untuk penelitian selanjutnya adalah :

1. Diharapkan pada penelitian selanjutnya untuk menggunakan *attribute* uji yang lebih bervariasi guna menghasilkan desain usulan yang lebih detail.
2. Melakukan uji efisiensi dengan produk yang nyata untuk mengetahui mana yang lebih efisien antara desain sebelum dengan desain usulan.
3. Mempertimbangkan aspek biaya pengembangan produk
4. Melakukan analisis kelayakan produk untuk diterima dipasar.

DAFTAR PUSTAKA

- Appriyanto, A., Indarto., & Prajitno. 2013. Design of Prototype Hydro Coil Turbine Applied as Micro Hydro Solution. *ASEAN Journal of System Engineering* **1(2)**, 72-76.
- Balansay, M, L, V., Añonuevo, M, R, Q., Cuenca, R, M., & Garbin, R, V. 2015. Portable hybrid Powered Water Filtration Device. *Asia Pacific Journal of Multidiciplinary Research***3(3)**, 136- 140.
- BPPT. 2016. *Outlook Energi Indonesia 2016*. Jakarta : Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.
- BPPT. 2017. *Outlook Energi Indonesia 2017*. Jakarta : Badan Pengkaji dan Penerapan Teknologi.
- BPS. 2010. Jumlah dan Distribusi Penduduk Indonesia. (Online): <http://sp2010.bps.go.id/> (25 April 2017).
- Ceschin, F., & Gaziulusoy, I. 2016. Evolution of Design for Sustainability: From Product Design to Design for System Innovations and Transitions. *Design Studies* **47**, 118-163.
- Devrim, Y., Devrim, H., & Eoglu, I. 2015. Development of 500 W PEM Fuel Cell Stack For Portable Power Generators. *International Journal of Hydrogen Energy* **40**, 7707-7719.
- Gultom, T, T. 2017. Pemenuhan Sumber Tenaga Listrik di Indonesia. *Jurnal Ilmiah Research Sains***3(1)**, 130-138.
- Huparikar.k, P., & Naik, G, R. 2015. Development of Prototype Turbine Model for Ultra-low Head Hydro Power Potential in Western Maharashtra. *Journal of Mechanical and Civil Engineering* **12(6)**, 14-20.
- Japan Institute of Invention and Innovation. 2014. Green Technology. (Online): http://koueki.jiii.or.jp/ieyi2017/works/nationality/Indonesia_02.html.
- KESDM. 2015. *Statistik Ketenagalistrikan Tahun 2015*. Jakarta: Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral
- Lee, D, G., & Suh, N, P. 2006. *Axiomatic Design and Fabrication of Composite Structures: Application in Robots, Machine Tools, and Automobiles*. New York: Oxford University Press.
- Patel, S, U., & Pakale, P, N. 2015. Study on Power Generation Using Cross Flow Water Turbine in Micro Hydro Power Plant. *International Journal of Research in Engineering and Technology***4(5)**, 1-4.
- Saisirirat, P., & Joommanee, B. 2017. Study on the Performance of the Micro Direct Ethanol Fuel Cell (Micro-DEFC) for Applying with the Portable Electronic Devices. *Energy Procedia* **138**, 187-192.
- Shantika, T., & Ridwan, M. 2013. Perancangan Prototipe Pikohidro Portable 200 Watt. Seminar Nasional XII Rekayasa dan Aplikasi Teknik Mesin di Industri, 39-48.

- Soewardi, H., & Pradana, V. 2016. Developing Features of Water Faucet by Using User Centered Design Approach. *ARNP Journal of Engineering and Applied Sciences* **11(7)**, 4734-4738.
- Sheskin, D. 2004. *Handbook of Parametric and Nonparametric Statistical Procedures Third Edition*. Washington : Chapman & Hall/CRC.
- Wang, W., Zhao, Y., Liu, H., & Song, S. 2017. Fabrication and Mechanism of Cement-Based Waterproof Material Using Silicate Tailings From Reverse Flotation. *Powder Tecnology***315**, 422-429.
- Wignjosoebroto, S. 2008. *Ergonomi, Studi Gerak dan Waktu*. Jakarta: Guna Widya
- Yamin, S., & Kurniawan, H. 2009. *SPSS Complete*. Jakarta : Salemba Infotek.
- Zhou, D., & Deng, Z, D. 2017. Ultra-Low-Head Hydroelectric Tecnology : a Review. *Reneable and Sustainable Review***78**, 23-30.

LAMPIRAN

1. Kuisisioner Identifikasi *Customer Attribute*

KUISIONER 1

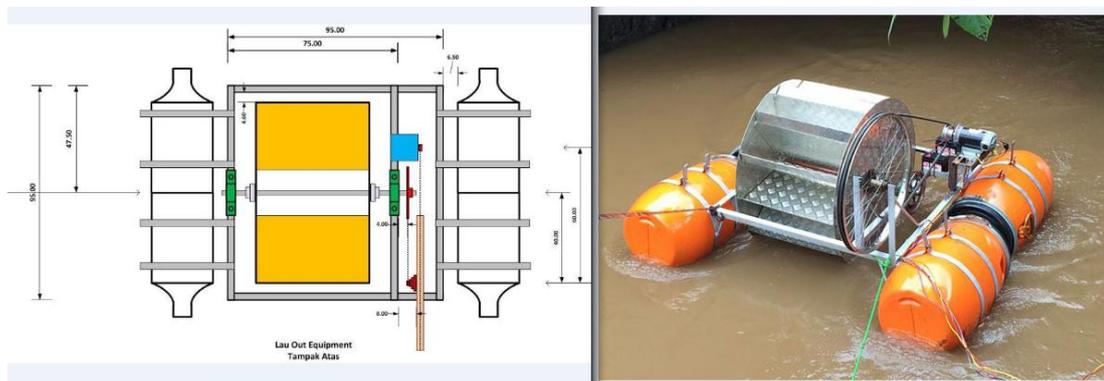
IDENTIFIKASI CUSTOMER ATTRIBUTE

Assalamualaikum wr wb

Perkenalkan saya Enggang Aditya Putra, mahasiswa S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sedang melakukan penelitian tugas akhir mengenai perancangan produk pembangkit listrik tenaga air portable. adapun kuisisioner penelitian ini digunakan sebagai data pendukung dalam penyelesaian penelitian saya. atas bantuannya saya ucapkan terima kasih.

wassalamualaikum wr wb

Pendahuluan



Gambar diatas merupakan produk pembangkit listrik tenaga air portable yang dikembangkan di Indonesia dengan nama floatinghydro. dari hasil kuisisioner sebelumnya didapatkan hasil bahwa 59,2% masyarakat mengatakan produk ini tidak mudah dibawa kemana-mana, 21,1% mengatakan bahwa ukurannya terlalu besar, dan lain-lain. dari alasan tersebutlah peneliti ingin melakukan perancangan sebuah pembangkit listrik tenaga air yang benar-benar portable dengan menggunakan metode Axiomatic Design.

A. Profil Responden

1. Nama :

.....

2. Jenis Kelamin :

- Laki-laki
- Perempuan

3. Usia :

.....

4. Pendidikan Terakhir :

- SMA/Sederajat
- D3
- S1
- S2

2. Identifikasi Kebutuhan Customer

Pertanyaan ini digunakan untuk mengetahui apa saja yang diinginkan oleh responden dalam sebuah produk pembangkit listrik tenaga air portable yang akan dirancang dalam penelitian.

1. Kriteria apakah yang anda inginkan dari sebuah pembangkit listrik tenaga air?

- Mudah Dibawa
- Mudah Digunakan
- Tidak Berat
- Bahan Waterproof
- Awet
- Aman untuk digunakan
- Lain-lain :

1.1 Rekapitulasi Data *Customer Attribute*

No	<i>Customer Attribute</i>
1	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat
2	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Aman digunakan, bentuknya menarik
3	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, murah
4	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan
5	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
6	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Aman digunakan, harga murah
7	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan
8	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Aman digunakan, harga murah, tidak gampang rusak
9	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan
10	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan
11	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, ukurannya kecil
12	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan, murah
13	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan
14	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Aman digunakan

No	<i>Customer Attribute</i>
15	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, murah
16	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Bahan waterproof, Awet, Aman digunakan, murah
17	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
18	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, harga terjangkau
19	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet
20	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, harga terjangkau
21	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, harga terjangkau
22	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Aman digunakan
23	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
24	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, mudah dalam proses perawatannya
25	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
26	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet
27	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, harganya murah
28	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet
29	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, bentuknya unik
30	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan

No	<i>Customer Attribute</i>
31	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, murah
32	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
33	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, harganya murah
34	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
35	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Aman digunakan
36	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
37	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, murah, bentuknya bagus
38	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
39	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, murah
40	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
41	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Aman digunakan
42	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan
43	Mudah dibawa, Mudah digunakan, Tidak berat, Awet, Aman digunakan, harga murah

3. Kuisisioner Desain Parameter Produk

KUISISIONER 3

DESAIN PARAMETER PRODUK

Assalamualaikum wr wb

Perkenalkan saya Enggang Aditya Putra, mahasiswa S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sedang melakukan penelitian tugas akhir mengenai perancangan desain produk pembangkit listrik tenaga air portable. adapun kuisisioner penelitian ini digunakan sebagai data pendukung dalam penyelesaian penelitian saya. atas bantuannya saya ucapkan terima kasih.

wassalamualaikum wr wb

A. Profil Responden

1. Nama :

.....

2. Jenis Kelamin :

- Laki-laki
- Perempuan

3. Usia :

.....

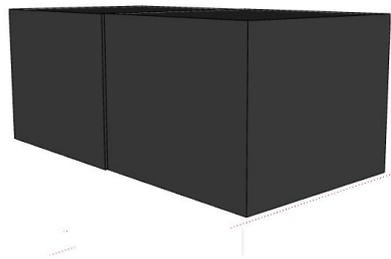
4. Pendidikan Terakhir :

- SMA/Sederajat D3
- S1 S2

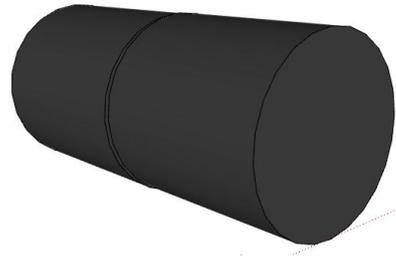
B. Desain Parameter Produk

Pada bagian ini anda akan disuguhkan beberapa pertanyaan mengenai bentuk, fitur, warna, serta material apa yang cocok untuk diimplementasikan terhadap produk pembangkit listrik tenaga air portable. Cara pengisiannya adalah dengan memilih salah satu opsi yang diberikan yang kiranya sesuai dengan keinginan anda.

1. Untuk mendapatkan sebuah produk pembangkit listrik tenaga air portable yang menarik, bentuk seperti apakah yang anda inginkan?



Balok



Tabung

2. Untuk mendapatkan body yang kokoh, material apakah yang anda inginkan untuk produk?



Aluminium

Aluminium



Plastik

Plastik



Besi

Besi

3. Untuk mendapatkan turbin yang kokoh, material apakah yang anda inginkan untuk produk?



Aluminium

Plastik

Aluminium Plastik

4. Untuk mendapatkan warna produk yang menarik, warna apakah yang cocok untuk diterapkan pada produk?

Biru Coklat Hitam
 Merah Putih Lainnya :

5. Untuk mendapatkan warna turbin yang menarik, warna apakah yang cocok untuk diterapkan pada turbin?

Biru Coklat Hitam
 Merah Putih lainnya :

6. Jika terdapat fitur lampu indikator, jenis lampu indikator apakah yang anda inginkan?

LED Digital

7. Untuk mendapatkan warna lampu yang menarik, warna apakah yang cocok diterapkan pada produk?

Putih Biru

8. Jika terdapat fitur handle yang nyaman, jenis gantungan apakah yang anda inginkan?

Tali Karet Besi

9. Untuk mendapatkan warna gantungan yang menarik, warna apakah yang cocok untuk diterapkan pada produk?

Coklat Hitam lainnya :

10. Jika terdapat fitur tombol power, bentuk seperti apakah yang anda inginkan?

Bulat Oval

11. Untuk mendapatkan warna tombol power yang menarik, warna apakah yang cocok untuk diterapkan?

Biru Coklat Hitam

Merah Putih lainnya :

3.1 Rekapitulasi Data Desain Parameter

No	Bentuk	Material Body	Material Turbin	Warna Body	Warna Turbin	Jenis Lampu indikator	Warna lampu indikator	Material handle	Warna handle	Bentuk tombol power	Warna tombol power
1	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	putih	Lampu	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	merah
2	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Merah	putih	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
3	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
4	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Digital	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
5	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
6	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	biru	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
7	Bentuk Tabung	Besi	Besi	Hitam	biru	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
8	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Digital	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
9	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	putih	Lampu	Biru	Handle Karet	Putih	Oval	putih
10	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
11	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Hitam	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Putih	Oval	putih
12	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Merah	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih

13	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Biru	putih	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
14	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
15	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	hitam	Digital	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
16	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
17	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
18	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Hitam	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
19	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
20	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Biru	biru	Digital	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
21	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
22	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Biru	putih	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
23	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Biru	putih	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
24	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Hitam	merah	Digital	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
25	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
26	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
27	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	merah	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
28	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	coklat	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih

29	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Hitam	biru	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
30	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Merah	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
31	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
32	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	merah	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
33	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	hitam	Digital	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
34	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Digital	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
35	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	putih	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
36	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet		Bulat	putih
37	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
38	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
39	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
40	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
41	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
42	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Coklat	coklat	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
43	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Hitam	merah	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
44	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Biru	biru	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih

45	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	hitam	Digital	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
46	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Hitam	hitam	Lampu	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
47	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
48	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Hitam	hitam	Digital	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
49	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	putih	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
50	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
51	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Biru	biru	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
52	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	hitam	Digital	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
53	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	merah
54	Bentuk Balok	Besi	Besi	Hitam	merah	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
55	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	putih	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
56	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	putih	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
57	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Biru	biru	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
58	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
59	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Hitam	merah	Lampu	Putih	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
60	Bentuk Balok	Besi	Besi	Merah	hitam	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih

61	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
62	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Hitam	putih	Lampu	putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
63	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	putih	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
64	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Merah	putih	Digital	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
65	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
66	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
67	Bentuk Tabung	Besi	Plastik	Coklat	hitam	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
68	Bentuk Tabung	Plastik	Plastik	Coklat	biru	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
69	Bentuk Tabung	Plastik	Besi	Hitam	biru	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
70	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
71	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	putih	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	hitam
72	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Merah	hitam	Lampu	Biru	Handle Karet	Putih	Bulat	putih
73	Bentuk Balok	Besi	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Putih	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih
74	Bentuk Balok	Plastik	Plastik	Coklat	coklat	Lampu	Biru	Handle Karet	Hitam	Bulat	putih

4. Kuisisioner Uji Kesesuaian Produk

KUISISIONER 4

UJI KESESUAIAN PRODUK

Assalamualaikum wr wb

Perkenalkan saya Enggang Aditya Putra, mahasiswa S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sedang melakukan penelitian tugas akhir mengenai perancangan desain produk pembangkit listrik tenaga air portable. adapun kuisisioner penelitian ini digunakan sebagai data pendukung dalam penyelesaian penelitian saya. atas bantuannya saya ucapkan terima kasih.

wassalamualaikum wr wb

C. Profil Responden

1. Nama :

.....

2. Jenis Kelamin :

- Laki-laki
- Perempuan

3. Usia :

.....

4. Pendidikan Terakhir :

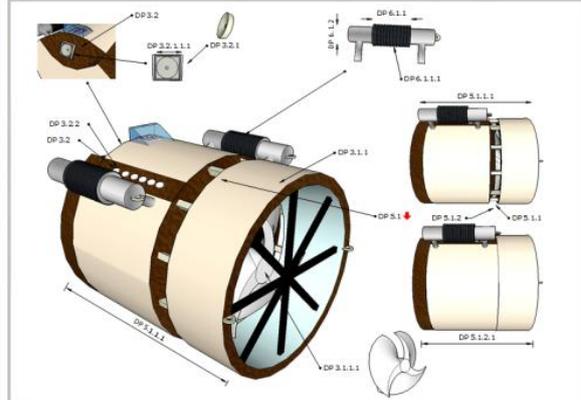
- SMA/Sederajat D3
- S1 S2

B. Kuisisioner Validasi desain usulan

Berikut ini adalah desain pembangkit listrik tenaga air *portable* sebelum dan setelah redesain. Bagaimanakah pendapat anda tentang kesesuaian kedua produk ini dengan *customer attribute*?



Desain pembangkit listrik tenaga air *portable* sebelum redesain



Desain pembangkit listrik tenaga air *portable* setelah redesain

Cara pengisiannya dengan memilih poin 1-5 terhadap masing-masing kolom bagian desain sebelum dan desain usulan.

Poin 1 = Sangat tidak sesuai

Poin 4 = sesuai

Poin 2 = Tidak sesuai

Poin 5 = Sangat sesuai

Poin 3 = Sedikit sesuai

No	Attribute	Desain Sebelum					Desain Usulan				
		1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	Awet										
2	Waterproof										
3	Desain Menarik										
4	Tidak Berat										
5	Ukuran Kecil										
6	Mudah Dibawa										

5. Kuisisioner Uji Beda Produk

KUISISIONER 5

UJI BEDA PRODUK

Assalamualaikum wr wb

Perkenalkan saya Enggang Aditya Putra, mahasiswa S1 Teknik Industri Universitas Islam Indonesia sedang melakukan penelitian tugas akhir mengenai perancangan desain produk pembangkit listrik tenaga air portable. adapun kuisisioner penelitian ini digunakan sebagai data pendukung dalam penyelesaian penelitian saya. atas bantuannya saya ucapkan terima kasih.

wassalamualaikum wr wb

D. Profil Responden

1. Nama :

.....

2. Jenis Kelamin :

- Laki-laki
- Perempuan

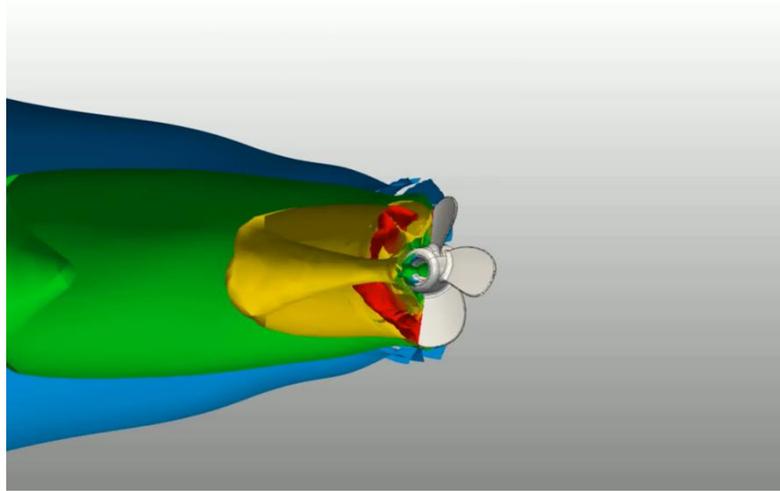
3. Usia :

.....

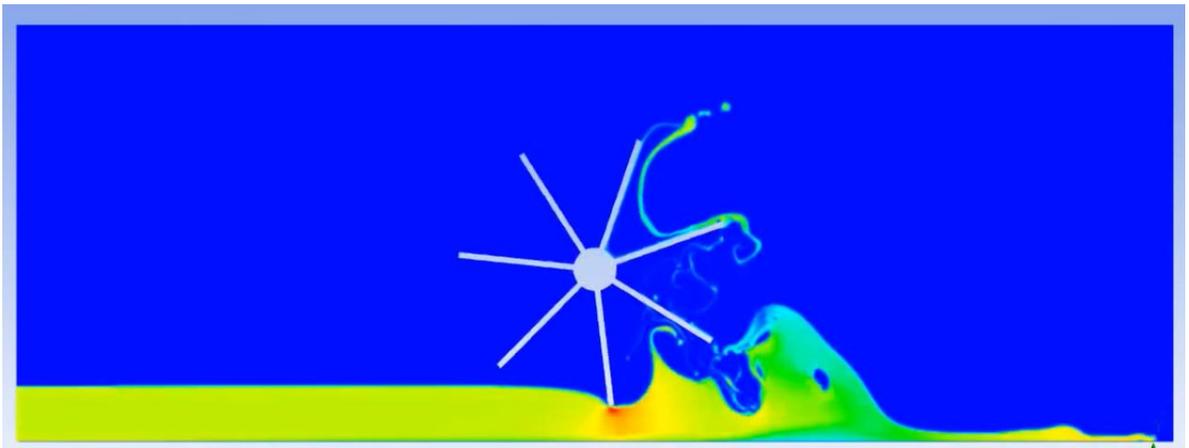
4. Pendidikan Terakhir :

- SMA/Sederajat D3
- S1 S2

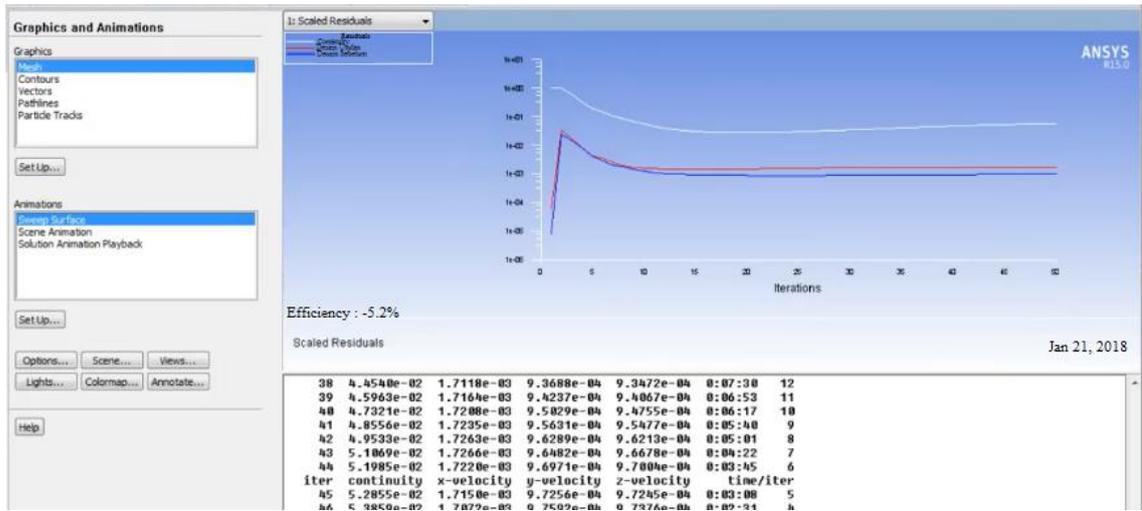
6. Hasil Simulasi Pembangkit Listrik Tenaga Air *Portable*



Gambar 6.1 Simulasi Desain Usulan



Gambar 6.2 Simulasi Desain yang ada



Gambar 6.3 Grafik Hasil Simulasi Efisiensi Desain Sebelum dan Desain Usulan