

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO  
HIDRO (PLTMH) TURBIN *WHIRLPOOL*  
SKALA *PROTOTYPE***

**SKRIPSI**

**OLEH :  
MUHAMMAD IHSAN  
178130090**



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2022**

**UNIVERSITAS MEDAN AREA**

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22

**PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO  
HIDRO (PLTMH) TURBIN WHIRLPOOL  
SKALA PROTOTYPE**

**SKRIPSI**

Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Program  
Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area



**PROGRAM STUDI TEKNIK MESIN  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS MEDAN AREA  
MEDAN  
2022**

UNIVERSITAS MEDAN AREA

© Hak Cipta Di Lindungi Undang-Undang

1. Dilarang Mengutip sebagian atau seluruh dokumen ini tanpa mencantumkan sumber
2. Pengutipan hanya untuk keperluan pendidikan, penelitian dan penulisan karya ilmiah
3. Dilarang memperbanyak sebagian atau seluruh karya ini dalam bentuk apapun tanpa izin Universitas Medan Area

Document Accepted 28/6/22

Access From (repository.uma.ac.id)28/6/22

## HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR

Judul Skripsi : Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin *Whirlpool* Skala *Prototype*

Nama Mahasiswa : Muhammad Ihsan  
NPM : 178130090  
Bidang Keahlian : Material Manufaktur

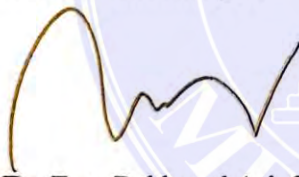
**Diajukan sebagai Salah Satu Syarat untuk Memperoleh Gelar Sarjana di Program Studi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Medan Area.**

Nama Dosen Pembimbing I : Indra Hermawan, ST,MT.  
NIDN : 0114048001

Nama Dosen Pembimbing II : Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST.M.Eng.  
NIP/NIDN : 0111057402


Medan, 29 Maret 2022

Dosen Pembimbing II



(Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST.M.Eng.)  
NIDN. 0111057402

Dosen Pembimbing I



(Indra Hermawan, ST,MT.)  
NIDN. 0114048001

Dekan Fakultas Teknik



(Rahmatullah Syah, S.Kom, M.Kom)

NIDN. 010558804

Diketahui Oleh :

Ketua Program Studi Teknik



(Muhammad Idris, ST, MT.)

NIDN. 0106058104

## HALAMAN PERNYATAAN

Saya menyatakan bahwa skripsi yang saya susun, sebagai syarat memperoleh gelar sarjana merupakan hasil karya tulis saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi dari hasil karya orang lain telah dituliskan secara jelas sesuai norma, kaidah dan etika dalam penulisan ilmiah.

Saya bersedia menerima sanksi pencabutan gelar akademi yang saya peroleh dan sanksi lainnya apabila dikemudian hari ditemukan unsur plagiat dalam skripsi ini.

Medan, 29 Maret 2022

Hormat saya,



Muhammad Ihsan  
(178130090)

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS  
AKHIR / SKRIPSI UNTUK KEPENTINGAN  
AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Medan Area, saya yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama	: Muhammad Ihsan
Fakultas	: TEKNIK
Program Studi	: TEKNIK MESIN
Jenis Karya	: Tugas Akhir / Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Medan Area Hak Bebas Royalti Non eksklusif (*non-exclusiv Royalti-free Right*) atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Whirlpool Skala Prototype”**

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas Royalti, noneklusif ini, Universitas Medan Area berhak menyimpan, mengalih media/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (database), merawat, dan mempublikasikan tugas akhir/skripsi saya selama saya tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis /pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta. Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenar-benarnya.

Medan, 29 Maret 2022

Yang menyatakan,



(Muhammad Ihsan)  
(178130090)

## ABSTRAK

Listrik adalah energi yang paling sering digunakan manusia dalam kehidupan sehari-hari. Seiring dengan perkembangan zaman dan meningkatnya populasi, maka kebutuhan energi listrik juga meningkat. Namun Persediaan energi tenaga listrik yang terbatas maka mengakibatkan krisis energi tenaga listrik di daerah-daerah terpencil. Negara Indonesia sangat berpotensi untuk membangun pembangkit listrik yang menggunakan sumber energi air dikarenakan di wilayah Negara Indonesia masih banyak sumber energi air yang melimpah. Untuk itu maka dilakukanlah penelitian yang berjudul Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) turbin *whirlpool* skala *prototype*. Dalam skripsi ini dijelaskan perancangan dan langkah merancang Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) turbin *whirlpool* skala *prototype* dan hasilnya kemudian akan dievaluasi. Dalam memilih komponen dan material perancangan ini, Metode yang digunakan dalam penelitian ini ialah model preskripsi. Proses perancangan terdiri dari beberapa fase, yaitu identifikasi kebutuhan, analisis masalah dan spesifikasi produk, perancangan produk, evaluasi hasil rancangan, dan penyusunan dokumen berupa gambar-gambar produk hasil rancangan. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin *whirlpool* Skala *Prototype* ini dirancang menggunakan software Autocad 2016. Material yang digunakan adalah besi siku L50 dengan ketebalan 3 mm, besi plat hitam baja dengan ketebalan 3 mm dan menggunakan pipa 4 inch dengan ketebalan 2,5 mm. Dimensi yang dirancang berukuran 2000 mm x 530 mm x 540 mm.

**Kata kunci :** Turbin *whirlpool* skala *prototype*

## ABSTRACT

Electricity is the energy most often used by humans in everyday life. Along with the times and the increasing population, the need for electrical energy has also increased. However, limited electricity supply resulted in an electric energy crisis in remote areas. The State of Indonesia has the potential to build power plants that use water energy sources because in the territory of the Country of Indonesia there are still many abundant sources of water energy. For this reason, a study entitled Micro hydro power plant whirlpool turbine prototype scale . In this thesis explained the design and steps of designing a micro hydro power plant whirlpool turbine prototype scale and the results will then be evaluated. In choosing the components and materials of this design, the method used in this research is the prescription model. The design process consists of several phases, namely identification of needs, analysis of problems and product specifications, product design, evaluation of design results, and preparation of documents in the form of drawings of product designs. The design of the Micro Hydro Power Plant Whirlpool Prototype Scale turbine is designed using Autocad 2016 software. The material used is L50 elbow iron with a thickness of 3 mm, steel black plate iron with a thickness of 3 mm and using a 4 inch pipe with a thickness of 2.5 mm. The designed dimension measures 2000 mm x 530 mm x 540 mm.

**Keywords : Whirlpool turbine scale prototype**

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Muhammad Ihsan, dilahirkan di Medan, Kecamatan Medan Labuhan, Kota Medan, Provinsi Sumatera Utara, pada tanggal 04 November 1998, Ayah bernama Irsyad dan Ibu Almh. Asnur Lamiah, penulis merupakan anak ketiga dari tiga bersaudara. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar pada tahun 2011 di SD Negeri 060968 Pajak Baru, Kecamatan Medan

Belawan, Kota Medan, dan menyelesaikan pendidikan Sekolah Menengah Pertama pada tahun 2014 di MTS YASPI Kecamatan Medan Labuhan, Kota Medan, dan juga penulis menyelesaikan Sekolah Menengah Atas di MAPN 4 MARTUBUNG, Kecamatan Medan Labuhan, Kota Medan, Sumatera Utara pada tahun 2017. Pada Tahun 2017 penulis melanjutkan pendidikan tinggi di Universitas Medan Area, Fakultas Teknik, Program Studi Teknik Mesin dan Selesai Pada Tahun 2022.



## KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia Nya kepada penulis, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“PERANCANGAN PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA MIKRO HIDRO (PLTMH) TURBIN *WHIRLPOOL* SKALA *PROTOTYPE*”** sebagai syarat untuk mendapatkan gelar sarjana teknik pada program sarjana fakultas teknik mesin universitas medan area (UMA).

Selama proses penyelesaian skripsi ini tentu saja penulis melalui perjalanan panjang dan tak terlepas dari berbagai hambatan.

Tetapi berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak hingga akhirnya penulis pun bisa menyelesaikan skripsi ini. Untuk itu penulis ucapkan terima kasih kepada pihak-pihak terkait yang telah membantu baik secara moril dan materil terutama kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Dadan Ramdan, M.Eng. MSc, selaku Rektor Universitas Medan Area.
2. Bapak Dr. Rahmad Syah, S.Kom, M.Kom, selaku dekan Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
3. Ibu Susilawati, S.Kom, M.Kom. selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Medan Area.
4. Bapak Muhammad Idris, ST, MT. selaku Ketua Prodi Teknik Mesin.
5. Dosen Pembimbing I yaitu Bapak Indra Hermawan, ST, MT.
6. Dosen Pembimbing II yaitu Bapak Dr. Eng. Rakhmad Arief Siregar, ST,

M.Eng.

7. Bapak dan Ibu Dosen lainnya, serta para staf dan pegawai di Fakultas Universitas Medan Area.
8. Kedua orang tua, ayahanda tersayang Irsyad dan Almarhumah ibu tercinta Asnur lamiah yang telah memberikan dukungan tiada henti henti nya kepada penulis.
9. Keluarga dan para teman yang telah membantu dan menyemangati dalam penyelesaian skripsi ini.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan di dalam penulisan skripsi ini dikarenakan keterbatasan pengalaman penulis. Dengan segala kerendahan hati untuk itu penulis memohon maaf kepada para pembaca, tak lupa juga penulis mengharapkan kritik serta saran untuk kemajuan penulis agar lebih baik lagi kedepannya. Semoga skripsi ini bermanfaat.

Medan, 29 Maret 2022

Penulis



Muhammad Ihsan

NPM. 178130090

## DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL .....	i
HALAMAN PENGESAHAN TUGAS AKHIR.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN .....	iii
HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI TUGAS .....	iv
ABSTRAK.....	v
ABSTRACT.....	vi
DAFTAR RIWAYAT HIDUP.....	vii
KATA PENGANTAR.....	viii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR .....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiv
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	3
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	5
2.1. Prototype .....	5
2.1.1. Pengertian Prototype.....	5
2.1.2. Fungsi Prototype.....	5
2.1.3. Manfaat Prototype .....	5
2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH).....	6
2.3. Turbin Air .....	7
2.4. Jenis-Jenis Turbin Air.....	8
2.5. Komponen Komponen Turbin Air .....	11
2.6. Turbin Whirlpool.....	13
2.7. Karakteristik Turbin Air .....	14
2.8. Pengertian Perancangan.....	16
2.9. Teori pemilihan konsep .....	18
2.10. Bahan poros.....	35
2.11. pengertian belt .....	40

2.12. Beam (balok).....	46
<b>BAB 3 METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>48</b>
3.1. Waktu dan tempat pelaksanaan.....	48
3.1.1. Tempat Penelitian .....	48
3.1.2. Waktu penelitian.....	48
3.2. Alat dan bahan.....	49
3.2.1. Alat penelitian .....	49
3.2.2. Bahan – Bahan Rancangan.....	52
3.3. Metode Penelitian.....	54
3.4. Diagram Alur Penelitian .....	55
<b>BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>56</b>
4.1. Survey.....	56
4.1.1. Survey Produk .....	56
4.2. Konsep Perancangan .....	64
4.2.1. Konsep A.....	64
4.2.2. Konsep B.....	65
4.2.3. Konsep C.....	66
4.3. Pemilihan konsep Desain.....	68
4.4. Perancangan Dan Hasil Rancangan.....	70
4.5. Pembahasan.....	75
<b>BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>85</b>
5.1. KESIMPULAN .....	85
5.2. SARAN .....	85
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>87</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>.....</b>

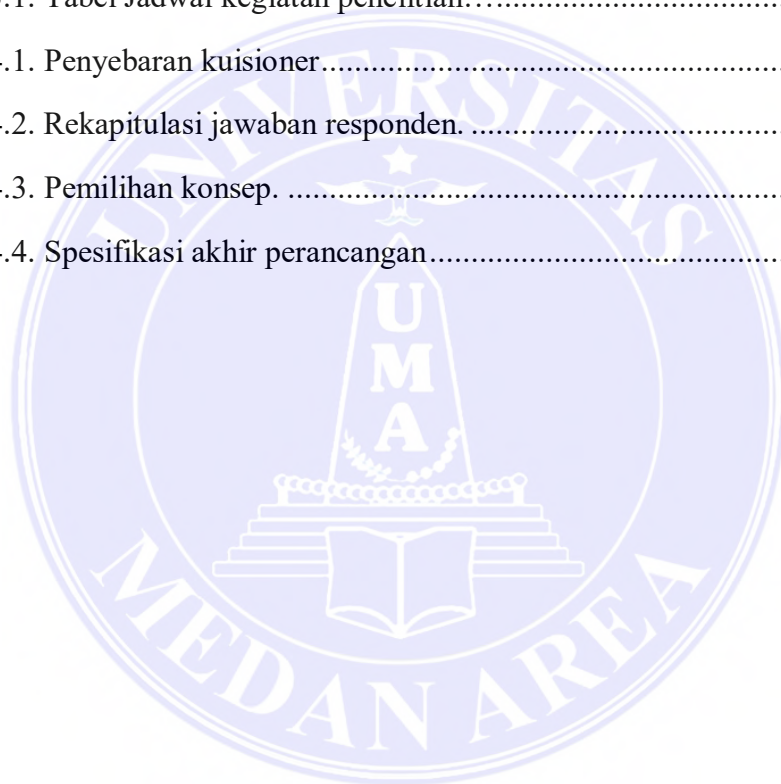
## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Prinsip Kerja Turbin PLTMH .....	6
Gambar 2.2. Turbin Pelton.....	8
Gambar 2.3. Turbin Turgo .....	9
Gambar 2.4. Turbin <i>Cross-Flow</i> .....	9
Gambar 2.5. Turbin Francis .....	10
Gambar 2.6. Turbin Kaplan.....	11
Gambar 2.7. Generator DC.....	12
Gambar 2.8. Pompa Air .....	13
Gambar 2.9. Turbin Whirlpool.....	13
Gambar 2.10. Tujuh konsep untuk jarum suntik rawat jalan.....	21
Gambar 2.11. Pemilihan konsep proses berulang.....	21
Gambar 2.12 Konsep baru dan yang di revisi untuk jarum suntik .....	28
Gambar 2.13. Pembengkokan terbalik atau pembebanan aksial... ..	36
Gambar 2.14. Pembengkokan Torsi.....	37
Gambar 2.15. Sabuk datar Geometri.....	41
Gambar 3.1. Laptop .....	49
Gambar 3.2. Software autoCAD.....	49
Gambar 3.3. Pensil mekanik.....	50
Gambar 3.4. Kertas A3.....	50
Gambar 3.5. Penggaris .....	51
Gambar 3.6. Penghapus.....	51
Gambar 3.7. Besi siku .....	52
Gambar 3.8. Pipa saluran air .....	52
Gambar 3.9. Plat besi baja.....	53
Gambar 3.10. Diagram alur penelitian.....	55
Gambar 4.1. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 1,2, dan 3. ....	58

Gambar 4.2. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 4.....	59
Gambar 4.3. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 5.....	59
Gambar 4.4. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 6.....	60
Gambar 4.5. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 7.....	61
Gambar 4.6. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 8.....	61
Gambar 4.7. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 9.....	62
Gambar 4.8. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 10...	63
Gambar 4.9. Grafik jawaban responden dari pertanyaan kuisisioner nomor 11...	63
Gambar 4.10. Konsep A perancangan Turbin whirlpool skala prototype.....	65
Gambar 4.11. Konsep B perancangan Turbin whirlpool skala prototype.....	66
Gambar 4.12. Konsep C perancangan Turbin whirlpool skala prototype.....	67
Gambar 4.13. Desain terpilih untuk perancangan PLTMH turbin whirlpool skala prototype .....	70
Gambar 4.14. Kerangka bagian atas .....	70
Gambar 4.15. Kerangka bagian depan .....	71
Gambar 4.16. Kerangka bagian samping kiri.....	71
Gambar 4.17. Kerangka bagian samping kanan .....	72
Gambar 4.18. Rancangan sudu turbin.....	72
Gambar 4.19. Perancangan rumah turbin.....	73
Gambar 4.20. Tabung Reservoir atas.....	73
Gambar 4.21. Talang air.....	73
Gambar 4.22. Tabung Reservoir bawah.....	74
Gambar 4.23. Hasil rancangan turbin whirlpool skala prototype .....	74

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Matriks penyaringan konsep .....	24
Tabel 2.2. Amplitudo dan koordinat stabil kriteria kegagalan Goodman... ..	38
Tabel 2.3. Amplitudo dan koordinat stabil kriteria kegagalan Langer.....	38
Tabel 2.4. Karakteristik beberapa jenis sabuk umum.....	41
Tabel 2.5. Sifat beberapa bahan flat dari round belt.....	45
Tabel 2.6. Faktor koreksi Pulley $C_p$ untuk flat belt.....	45
Tabel 3.1. Tabel Jadwal kegiatan penelitian.....	48
Tabel 4.1. Penyebaran kuisioner.....	56
Tabel 4.2. Rekapitulasi jawaban responden.....	57
Tabel 4.3. Pemilihan konsep.....	68
Tabel 4.4. Spesifikasi akhir perancangan.....	84



## BAB 1

### PENDAHULUAN

#### 1.1. Latar Belakang

Di era millennial ini, kebutuhan akan listrik sudah sangat awam di kehidupan sehari-hari. Manusia sangat membutuhkan listrik untuk segala aktivitas rumah tangga. Tak hanya itu, meningkatnya populasi manusia dan bertambah banyaknya perusahaan serta pabrik yang berdiri juga mengakibatkan krisis energi listrik. Energi listrik yang dihasilkan tak hanya berasal dari Batubara saja, melainkan bisa didapat juga dari sumber energi lain seperti energi gerak, energi panas, energi matahari, dan bentuk bentuk energi lainnya yang dapat menghasilkan energi listrik. Penggunaan energi listrik didaerah perkotaan lebih pesat dan lebih diutamakan daripada di daerah terpencil seperti pedesaan. Sehingga , banyak daerah terpencil yang tidak terjangkau aliran listrik. Hal ini juga perlu dipertimbangkan karena potensi sumber energi listrik di daerah terpencil cukup besar, hanya saja perlu ide-ide cemerlang agar pemanfaatannya lebih maksimal untuk kehidupan masyarakat di daerah terpencil. [1].

Indonesia merupakan suatu negara yang kaya akan sumber daya alamnya. Begitu juga dengan kekayaan airnya, banyak sekali sungai serta air terjun yang melimpah yang bisa kita temui didaerah Indonesia, hal itu juga merupakan salah satu alasan diindonesia dapat dibangun Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) yang mana bisa dihasilkan energi listrik dalam skala yang besar. Proses pemanfaatannya bisa didapatkan dari air terjun dengan debit air yang besar.

Tak hanya energi listrik dalam skala besar saja yang bisa didapatkan dari sumber daya air di Indonesia, bahkan energi listrik dalam skala kecil pun bisa



dihasilkan dari pemanfaatan kekayaan air indonesia. PLTMH Merupakan pembangkit listrik tenaga mikro hidro dengan memanfaatkan air sungai ataupun air terjun sebagai penggeraknya, pada pemanfaatan pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini membutuhkan komponen utama seperti turbin sebagai penghasil energi mekanis, dan generator lah yang mengubah energi mekanis tersebut menjadi energi listrik. Walaupun skala yang dihasilkan dalam jumlah yang tak banyak yaitu kurang dari 100 kW, tetapi tetap bisa menghasilkan energi listrik. [2].

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro ini sering disebut “energi putih” dikarenakan mikrohidro adalah pembangkit listrik yang ramah lingkungan yang mana proses pemanfaatannya melalui sumber daya alam. Kapasitas aliran air dan jarak jatuhnya air menentukan besar energi listrik yang dihasilkan, semakin besar ketinggian atau kapasitas air tersebut maka semakin banyak pula tenaga listrik yang dihasilkan. [3].

Sistem pengendalian PLTMH adalah memanfaatkan aliran sungai yang ada di bendungan untuk menerima debit air ( $Q$ ) dan ketinggian air terjun ( $H$ ), kemudian air terproduksi dialirkan melalui saluran suplai air ke kolam penenangan. Kolam renang yang nyaman terhubung ke pipa berkecepatan tinggi dan turbin air ditempatkan di ujungnya. Turbin air berputar setelah tekanan air ( $P$ ) diperoleh, dan putaran turbin digunakan untuk memutar generator dan membangkitkan tegangan setelah putaran stator generator. Air yang telah melewati turbin kemudian dikembalikan ke sungai sehingga tidak mempengaruhi ekologi dan habitat sungai.[4].

Berdasarkan premis tersebut, penelitian ini dilakukan dengan diberi judul :

“Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) turbin *whirlpool* skala *prototype*”

## 1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan premis-premis di atas, maka rumusan masalah penelitian adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro(PLTMH) turbin *whirlpool* skala *prototype*?
2. Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin *Whirlpool* Skala *Prototype* dilakukan agar lebih efektif dalam memanfaatkan sumber daya air sebagai sumber energi listrik.

## 1.3. Tujuan Penelitian

1. Untuk merancang Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro(PLTMH) turbin *whirlpool* skala *prototype*.
2. Untuk menentukan komponen – komponen sesuai yang digunakan dalam Perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin *Whirlpool* skala *Prototype*.
3. Untuk mengevaluasi hasil perancangan *Prototype* Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

## 1.4. Batasan Masalah

1. Pengamatan kinerja turbin dengan skala laboratorium.
2. Sudu yang digunakan hanya sudu berjumlah 6 dan berjumlah 4.
3. Penelitian dengan menggunakan Turbin jenis *Whirlpool*.

## 1.5. Manfaat Penelitian

1. Untuk penulis dapat memperdalam pengetahuan tentang turbin *whirlpool*.

2. Dapat menjadi referensi bagi peneliti berikutnya dalam bidang teknologi
3. Menambah pengetahuan tentang perencanaan pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH).



## BAB 2

### TINJAUAN PUSTAKA

#### 2.1. Prototype

##### 2.1.1 Pengertian Prototype

Prototype adalah proses perencanaan sistem dengan membentuk model awal atau karya contoh yang sudah dibuat untuk dilakukan uji coba terhadap perancangan yang sudah diperkenalkan atau pun yang sudah ada. Prototype merupakan proses perencanaan yang dalam benda nyata untuk di uji coba[5].

##### 2.1.2 Fungsi Prototype

Penggunaan prototype dapat membantu untuk meningkatkan pemahaman daya serap mahasiswa terhadap materi yang dipelajari. Fungsi-fungsi dari penggunaan prototype adalah :

- a. Membantu memudahkan belajar bagi mahasiswa.
- b. Memberikan sesuatu pengalaman yang lebih nyata.
- c. Sebagai representasi dari akhir design.
- d. Lebih menambah menarik perhatian dan minat dalam belajar.

##### 2.1.3 Manfaat Prototype

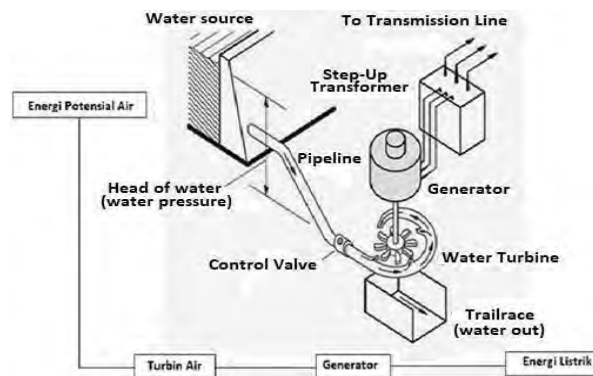
Ada pun manfaat dari Prototype sebagai berikut :

- a. Hemat biaya
- b. Dapat melakukan Inovasi
- c. Pengembangan produk baru
- d. Mendapatkan gambaran konkret

## 2.2. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) merupakan suatu sistem pembangkit listrik skala kecil yang menggunakan tenaga air sebagai tenaga penggerak seperti saluran irigasi, sungai atau air terjun alam dengan cara memanfaatkan ketinggian dan debit air. PLTMH secara teknis terdiri dari tiga komponen utama yaitu : Air sebagai sumber energi, Turbin sebagai pengubah energi potensial menjadi energi gerak / mekanis dan Generator sebagai pengubah energi mekanis menjadi energi listrik[5].

Prinsip dasar Mikro Hidro adalah memanfaatkan energi potensial yang dimiliki oleh aliran air pada jarak ketinggian tertentu dari tempat instalasi pembangkit listrik. Sebuah skema mikro hidro membutuhkan dua hal yaitu debit air dan ketinggian jatuh air (head) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan[5]. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Prinsip kerjanya ialah air mengalir masuk ke turbin air memutar sudu sudu, sudu yang berputar menghantarkan energi ke generator dan generator merubah energi gerak menjadi energi listrik. Skema prinsip kerja mikro hidro dapat dilihat pada gambar 2.1



Gambar 2.1. Prinsip Kerja PLTMH [5]

Maka untuk menghitung Daya dibangkitkan PLTMH dapat dituliskan dengan rumus persamaan sebagai berikut:

$$P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta \dots\dots\dots(Pers 2.1)$$

Dimana:

$P$  = Daya yang dibangkitkan PLTMH (Watt)

$\rho$  = Massa jenis air ( $\text{Kg/m}^3$ )

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

$Q$  = Debit Aliran Air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H$  = Ketinggian (m)

$\eta$  = Efisiensi Sistem PLTMH, Efisiensi Sistem PLTMH Umumnya 0,85

### 2.3 Turbin Air

Turbin air adalah peralatan yang berfungsi mengubah energi kinetik yang dimiliki aliran air menjadi energi kinetik rotasi. Turbin berfungsi mengubah energi potensial fluida menjadi energi mekanik yang kemudian diubah lagi menjadi energi listrik pada generator. Turbin air digerakkan karena adanya dorongan aliran air yang tinggi sehingga dapat memutar sudu-sudu turbin. Adapun turbin air yang digunakan pada prototipe PLTMH ini adalah tipe Turbin Whirlpool[6]. Maka untuk menghitung energi listrik dapat dituliskan persamaan rumus sebagai berikut:

$$P_{\text{listrik}} = V \times I \dots\dots\dots(Pers 2.2)$$

Dimana:

$P_{\text{listrik}}$  = Energi Listrik (W)

$V$  = Tegangan (V)

$I$  = Arus (A)

## 2.4. Jenis-Jenis Turbin Air

Turbin air memiliki bermacam macam jenis untuk pembangkit tenaga listrik. Turbin air dibedakan/dikelompokkan berdasarkan *head* (tinggi jatuh air) dan kapasitas aliran air yang ada. Berdasarkan prinsip kerja turbin dibedakan menjadi dua yaitu:

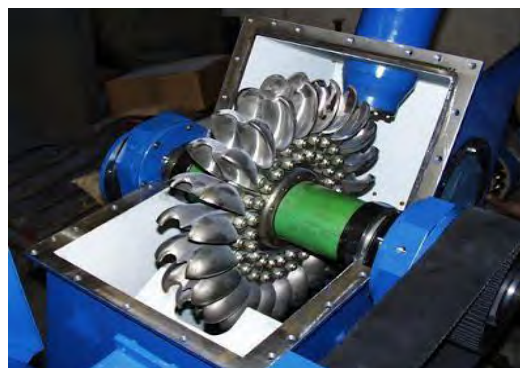
### 1. Turbin Implus

Turbin Implus adalah turbin air yang memiliki tekanan sama pada setiap sudu gerakannya. Aliran air yang masuk dengan aliran air yang keluar dari sudu memiliki besar aliran yang sama. cara kerjanya yaitu merubah seluruh energi air (yang terdiri dari energi potensial+tekanan+kecepatan) yang tersedia menjadi energi kinetik untuk memutar turbin, sehingga menghasilkan energi kinetik.

Contoh dari beberapa jenis turbin Implus :

#### a. Turbin Pelton

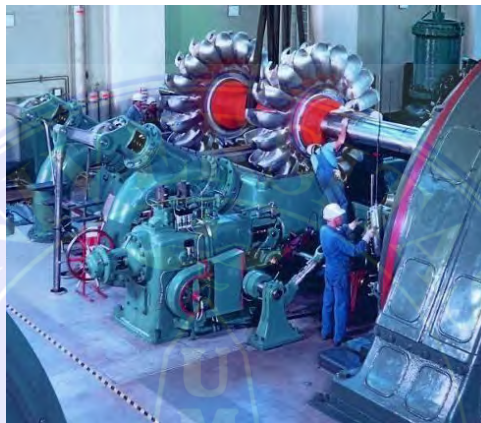
Turbin Pelton adalah turbin yang memiliki satu set sudu, digunakan pada head tinggi. pancaran air yang keluar dari nozel menembak ke arah sudu suduroda jalan sehingga memutar roda jalan. Cara kerjanya Mengubah energi potensial air menjadi energi kinetik. Turbin Pelton dapat dilihat pada gambar 2.2.



Gambar 2.2. Turbin Pelton

### b. Turbin Turgo

Turbin turgo dapat beroperasi pada head (ketinggian) 30 s/d 300 m. Seperti turbin pelton turbin turgo merupakan turbin impuls, perbedaan turbin turgo dengan turbin pelton terletak pada bentuk sudunya. Turbin Turgo dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Turbin Turgo

### c. Turbin *Cross-flow*

Turbin *cross-flow* merupakan turbin yang dapat digunakan pada aliran air yang kecil dengan daya kurang lebih 75 KW. Tinggi jatuhnya air yang biasa digunakan 1 m sampai dengan 200 m. Turbin *Cross-Flow* dapat dilihat pada gambar 2.4.



Gambar 2.4. Turbin *Cross-flow*

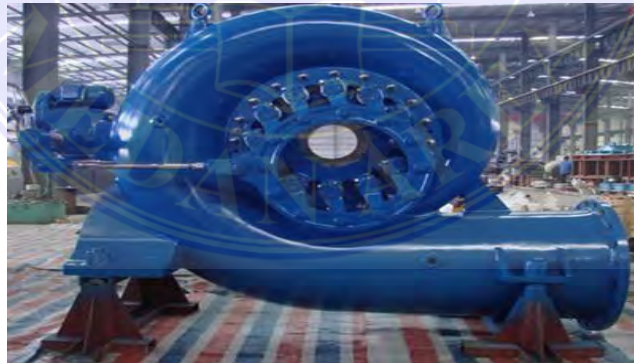


## 2. Turbin Reaksi

Turbin Reaksi adalah turbin dengan prinsip kerja aliran fluida yang masuk ke roda turbin memiliki tekanan lebih besar dari pada tekanan air saat keluar roda turbin. Aliran air yang masuk ke roda turbin menggerakkan sudu sudu turbin dan merubah energi air menjadi energi kinetik. Sudu sudu turbin reaksi mempunyai profil yang khusus yang mengakibatkan terjadinya penurunan tekanan air selama melalui sudu sudu turbin. Beberapa contoh dari turbin reaksi yaitu:

### a. Turbin Francis

Turbin francis merupakan salah satu jenis turbin reaksi. Turbin Francis menggunakan sudu pengarah dan sudu penggerak yang semua sudunya terendam air. Untuk menggerakkan sudu turbin Francis membutuhkan tekanan lebih. Aliran air yang masuk kedalam turbin memiliki tekanan yang tinggi dan air yang keluar betekanan rendah. Turbin Francis dapat dilihat pada gambar 2.5.

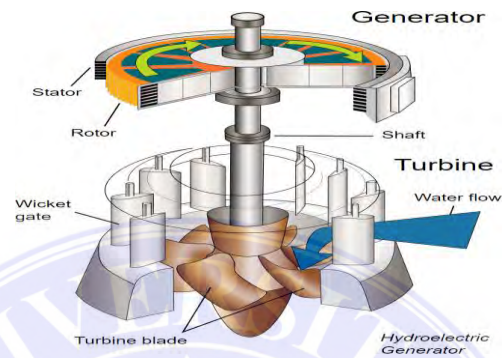


Gambar 2.5. Turbin Francis

### b. Turbin Kaplan

Turbin kaplan bekerja pada head rendah dengan debit air yang besar. Turbin kaplan banyak digunakan pada instalasi pembangkit listrik tenaga air sungai karena turbin kaplan memiliki kelebihan dapat menyesuaikan head

yang berubah ubah. Turbin kaplan mempunyai roda jalan yang miring dengan baling baling pesawat terbang, roda jalan berfungsi untuk menghasilkan gaya yaitu gaya putar yang mendapatkan torsi pada poros turbin. Gambar Turbin Kaplan dapat dilihat pada gambar 2.6.



Gambar 2.6. Turbin Kaplan

## 2.5. Komponen Komponen Turbin Air

Turbin air memiliki beberapa komponen komponen utama diantara nya sebagai berikut :

### 4. Stator

Stator merupakan komponen diam yang terdiri dari 2 bagian yaitu:

#### a. Casing

Casing adalah rumah atau tempat dari komponen turbin yang berbentuk tabung dan tempat diletakkannya rotor

#### b. Sudu

Sudu merupakan lempengan dengan bentuk penampang yang dirangkai menjadi sebuah piringan yang terdiri dari akar sudu, badan sudu dan ujung sudu.

## 5. Rotor

Rotor merupakan bagian komponen turbin yang berputar, rotor terdiri dari beberapa bagian yaitu:

### a. Poros

Poros merupakan bagian yang berputar berbentuk bulat dan berfungsi untuk meyalurkan tenaga yang dihasilkan dari putaran ke generator.

### b. Sudu gerak

Sudu gerak merupakan sudu yang dipasang mengelilingi rotor membentuk sebuah piringan.

### c. Bantalan

Bantalan merupakan komponen yang berfungsi menumpu poros yang memiliki beban dan dapat meredam sebuah getaran. Sehingga rotor yang berputar dapat stabil pada posisinya didalam casing.

## 6. Generator DC

Generator DC adalah sebuah perangkat mesin listrik dinamis yang dapat mengubah energi mekanis menjadi energi listrik. Generator DC menghasilkan arus DC yang searah. Generator DC dapat dilihat pada gambar 2.7.



Gambar 2.7. Generator DC

## 7. Pompa Air

Pompa air adalah mesin yang digunakan untuk menggerakkan atau memindahkan fluida. Pompa memindahkan fluida dari tempat bertekanan rendah ke tempat yang bertekanan lebih tinggi melalui pipa, sebagai energi penggerak menggunakan energi listrik. Pompa air dapat dilihat pada gambar 2.8.



Gambar 2.8. Pompa air

## 2.6. Turbin Whirlpool

Turbin whirlpool adalah suatu rotor sederhana dimana hanya memiliki satu komponen yang bergerak, sehingga memiliki perawatan yang mudah dan umur yang panjang. Turbin ini memanfaatkan pusaran air untuk menggerakkan turbin dengan bantuan rumah keong. Menurut Turbulent, seiring dengan berjalannya waktu pembangkit listrik dengan kapasitas yang besar semakin berkurang keberlanjutannya dan turbin ini bisa mengatasi keberlanjutan energi air[7]. Turbin Whirlpool dapat dilihat pada gambar 2.9.



Gambar 2.9. Turbin *Whirlpool*

## 2.7. Karakteristik Turbin Air

### 1. Debit air (Q)

Debit air adalah besaran yang menyatakan banyaknya air yang mengalir selama satu waktu yang melewati suatu penampang luas [8]. Untuk menghitung nilai debit air, dapat digunakan persamaan sebagai berikut

$$Q = Vt \dots\dots\dots (\text{pers 2.3})$$

Dimana :

V : volume tabung ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

t : waktu (s)

### 2. Daya air (Pa)

Daya hidrolis adalah daya yang dihasilkan oleh air yang mengalir dari suatu ketinggian [8]. Daya air dapat diketahui dengan mempergunakan persamaan (2.4)

$$Pa = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \dots\dots\dots (\text{pers 2.4})$$

Dimana :

$\rho$  = massa jenis air ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )

Q = debit air ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

H = jatuh air ( m )

g = gravitasi ( $\text{m}/\text{s}^2$ )

### 3. Daya turbin (Pt)

Sedangkan untuk mengetahui daya turbin yang direncanakan dapat dihitung dengan melakukan persamaan [8]. (pers 2.5)

$$Pt = T \cdot \omega \dots\dots\dots (\text{pers 2.5})$$

Dimana :

$T = \text{daya air (kw)}$

$\omega = \text{kecepatan keliling turbin}$

#### 4. Kecepatan keliling turbin

Kecepatan keliling turbin atau dikenal dengan kecepatan sudut dapat diperoleh dengan persamaan [8]. (pers 2.6)

$$\omega = 2.\pi.n 60 \dots\dots\dots \text{(pers 2.6)}$$

Dimana :

$\omega = \text{Kecepatan keliling turbin atau kecepatan sudut}$

$n = \text{kecepatan putaran (rpm)}$

#### 5. Torsi (T)

Momen gaya (torsi) adalah sebuah besaran yang menyatakan besarnya gaya yang bekerja pada sebuah benda sehingga mengakibatkan benda tersebut berotasi untuk menghitung torsi dapat menggunakan persamaan berikut [8] :

$$T = F.r \dots\dots\dots \text{(pers 2.7)}$$

Dimana :

$T : \text{Momen torsi (N)}$

$F : \text{Gaya pada poros} = F = (m_2 - m_1) g$

$m_1 \ m_2 = \text{Pembebanan (kg)} \ g = \text{Gravitasi (9,8 m/s}^2\text{)}$

$r : \text{jari jari poros (m)}$

#### 6. Efisiensi turbin ( $\eta_t$ )

Untuk menentukan efisiensi turbin whirlpool dilakukan perbandingan antara input dan output. Maka ditentukan dengan persamaan (pers 2.8) :

$$\eta_t = \frac{P_t}{P_a} \times 100 \% \dots\dots\dots \text{(pers 2.8)}$$

#### 7. Kecepatan spesifik

Kecepatan spesifik (NS) adalah kecepatan putar turbin yang menghasilkan daya sebesar satu satuan daya pada tinggi terjun (Hnetto) satu satuan panjang

$$NS = \frac{n\sqrt{P}}{H^{5/4}} \dots\dots\dots(\text{pers 2.9})$$

P = daya (kw)

H = tinggi terjun netto/efektif (m)

n = putaran spesifik turbin (rpm)

## 8. Generator Listrik

Generator merupakan komponen pembangkit listrik mikro hidro yang berfungsi sebagai penukar energi mekanik berupa putaran poros turbin menjadi energi listrik. Prinsip dasar generator menerapkan hukum Faraday yang menyatakan bahwa, jika ada perubahan garis gaya magnet pada sebuah kumparan kawat, maka akan menimbulkan gaya gerak listrik (GGL)[9].

Untuk mengetahui daya yang dihasilkan generator dapat dihitung dengan menggunakan persamaan

$$Pg = V \cdot I \dots\dots\dots (2.10)$$

Dimana :

Pg : daya (watt)

V : tegangan listrik (volt)

I : arus (ampere)

### 2.8. Pengertian Perancangan

Perancangan adalah kegiatan awal dari suatu rangkaian kegiatan dalam proses pembuatan produk. Kegiatan perancangan dimulai dengan didapatkannya persepsi tentang kebutuhan manusia, penciptaan konsep produk, disusul dengan perancangan, pengembangan produk dan kemudian diakhiri dengan pembuatan

produk. Dalam merancang seorang perancang memakai serta memanfaatkan ilmu pengetahuan, informasi, data data penelitian, dan ilmu dasar teknik. Sebelum membuat sebuah produk maka harus dilakukan perancangan terhadap produk tersebut. Dalam perancangan produk haruslah membuat gambaran terlebih dahulu dapat berupa sebuah sketsa atau sebuah gambar sederhana dari produk yang akan dibuat . Perancangan dan pembuatan produk merupakan dua kegiatan yang sejalan dan memiliki hubungan erat. Artinya, Rancangan tidak akan ada gunanya jika tidak dibuat. Dan sebaliknya pembuatan produk tidak dapat merealistiskan benda teknik terlebih dahulu sebelum gambar rancangannya sudah selesai[10].

#### a) Perancangan Konsep Produk

Konsep produk adalah bentuk fisik dari produk, meskipun masih dalam bentuk sketsa atau gambar. konsep produk dapat dinyatakan dengan sketsa serta dinyatakan dalam bentuk keterangan yang merupakan abstraksi dari produk yang akan dirancang. Pada masa lalu, konsep produk dinyatakan dengan skets. yaitu dalam bentuk fisik produk dengan beberapa alternatif konsep produk.[11]

#### b) Prosedur Perancangan

- a. Tentukan konsep rancangan yg akan dipilih / direncanakan
- b. Siapkan perlengkapan pembuatan rancangan (Komputer dan software).
- c. Siapkan hasil - hasil pengukuran konsep rancangan.
- d. Gambarkan komponen - komponen alat sesuai ukuran konsep rancangan.
- e. Satukan komponen yang telah dirancang pada software AUTOCAD
- f. Selesai. Dan hasil rancangan didapatkan.



## 2.9. Teori pemilihan konsep

1. Pemilihan Konsep Merupakan Bagian Integral dari Produk Proses pengembangan

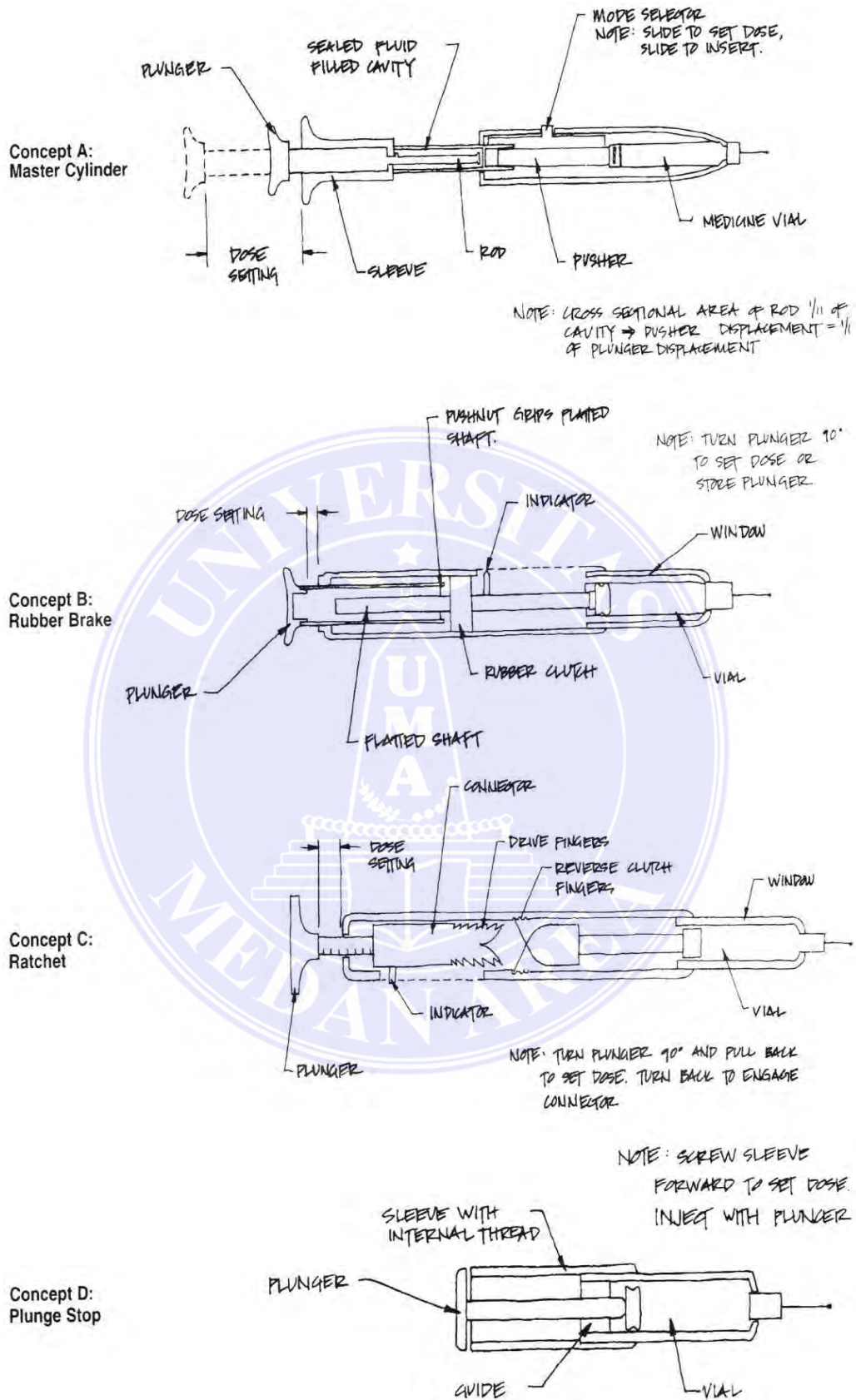
Di awal proses pengembangan, tim pengembangan produk mengidentifikasi serangkaian kebutuhan pelanggan. Dengan menggunakan berbagai metode, tim kemudian menghasilkan alternatif solusi konsep dalam menanggapi kebutuhan ini. Pemilihan konsep adalah proses mengevaluasi konsep sehubungan dengan kebutuhan pelanggan dan kriteria lainnya, membandingkan kekuatan dan kelemahan relatif dari konsep, dan memilih satu atau lebih konsep untuk penyelidikan lebih lanjut, pengujian, atau pengembangan. Meskipun bab ini berfokus pada pemilihan konsep produk secara keseluruhan pada awal proses pengembangan, metode yang saya sajikan juga berguna dalam proses pengembangan ketika tim memilih konsep subsistem, komponen, dan proses produksi[12].

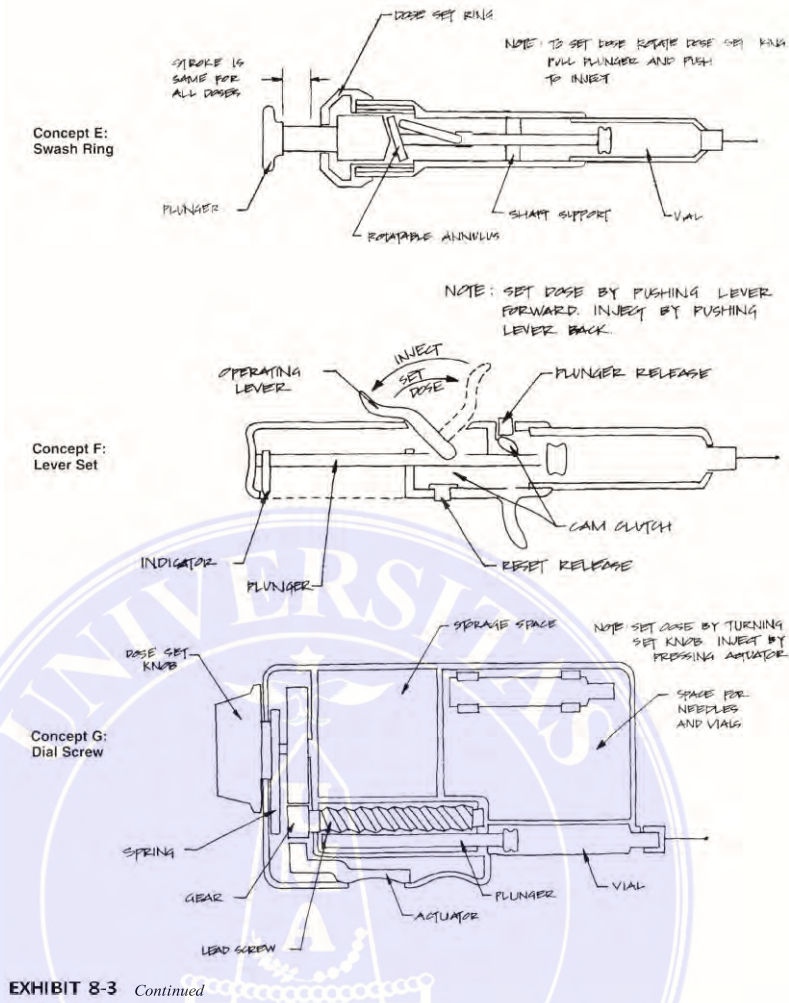
Sementara banyak tahap proses pengembangan mendapat manfaat dari kreativitas tanpa batas dan berpikir divergen. pemilihan konsep adalah proses mempersempit himpunan konsep alternatif yang sedang dipertimbangkan. Meskipun pemilihan konsep adalah proses konvergen, itu akan sering berulang dan mungkin tidak segera menghasilkan konsep yang dominan. Satu set besar konsep awalnya ditampilkan ke set yang lebih kecil tetapi, konsep-konsep ini selanjutnya dapat digabungkan dan ditingkatkan untuk sementara memperbesar rangkaian konsep yang sedang dipertimbangkan. Melalui beberapa literasi sebuah konsep yang dominan akhirnya dipilih. mengilustrasikan penyempitan berturut-turut dan

pelebaran sementara dari serangkaian opsi yang dipertimbangkan selama kegiatan pemilihan konsep.

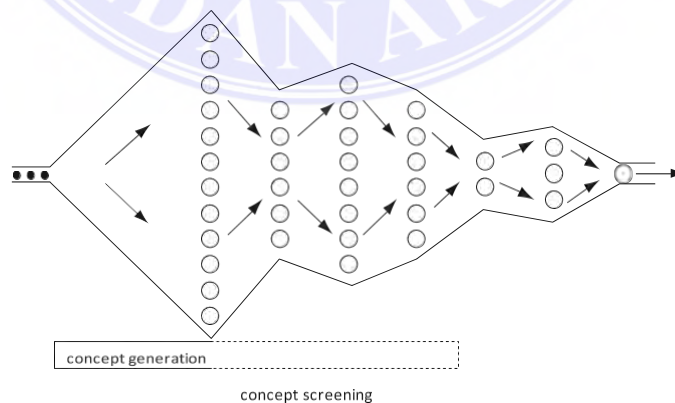
Semua Tim Menggunakan Beberapa Metode untuk Memilih Konsep. Apakah proses pemilihan konsep eksplisit atau tidak. (Bahkan tim yang hanya menghasilkan satu konsep menggunakan metode a (memilih konsep pertama yang mereka pikirkan.) Metode bervariasi dalam keefektifannya dan termasuk yang berikut ini :

- a) Keputusan eksternal: Konsep diserahkan kepada pelanggan, klien, atau entitas eksternal lainnya untuk diseleksi.
- b) Juara produk: Seorang anggota berpengaruh dari tim pengembangan produk memilih konsep a berdasarkan preferensi pribadi.
- c) Intuisi: Konsep dipilih berdasarkan perasaannya. Kriteria eksplisit atau trade-off tidak digunakan. Konsepnya sepertinya lebih baik.
- d) Multivoting: Setiap anggota tim memilih beberapa konsep. Konsep dengan suara terbanyak lah yang dipilih.
- e) Survei berbasis web: Menggunakan alat survei online, setiap konsep dinilai oleh banyak orang untuk menemukan yang terbaik.
- f) Pro dan kontra: Tim membuat daftar kekuatan dan kelemahan setiap konsep dan membuat pilihan berdasarkan pendapat kelompok.
- g) Prototipe dan pengujian: Organisasi membangun dan menguji prototipe dari setiap konsep, membuat pilihan berdasarkan data pengujian.
- h) Matriks keputusan: Tim menilai setiap konsep berdasarkan kriteria seleksi yang telah ditentukan sebelumnya, yang mungkin ditimbang.





Gambar 2.10. Tujuh konsep untuk jarum suntik rawat jalan



Gambar 2.11. Pemilihan konsep adalah proses berulang[12]

Metode pemilihan konsep dalam bab ini dibangun di sekitar penggunaan matriks keputusan untuk mengevaluasi setiap konsep sehubungan dengan seperangkat kriteria pemilihan.

## 2. Ringkasan metodologi

Menyajikan metodologi pemilihan konsep dua tahap, meskipun tahap pertama mungkin cukup untuk keputusan desain yang sederhana. Tahap pertama disebut penyaringan konsep dan tahap kedua disebut penilaian konsep. Masing-masing didukung oleh matriks keputusan yang digunakan oleh tim untuk menilai, memberi peringkat, dan memilih konsep terbaik. Meskipun metode ini terstruktur, kami menekankan peran wawasan kelompok untuk meningkatkan dan menggabungkan konsep[12].

Pemilihan konsep sering dilakukan dalam dua tahap sebagai cara untuk mengelola kompleksitas mengevaluasi puluhan konsep produk. Penerapan kedua metode ini diilustrasikan dalam gambar 2.11. Penyaringan adalah evaluasi perkiraan cepat yang bertujuan untuk menghasilkan beberapa alternatif yang layak. Penilaian adalah analisis yang lebih hati-hati dari konsep-konsep yang relatif sedikit ini untuk memilih konsep tunggal yang paling mungkin mengarah pada kesuksesan produk. Selama penyaringan konsep, konsep awal kasar dievaluasi relatif terhadap konsep referensi menggunakan matriks penyaringan. Pada tahap awal ini, perbandingan kuantitatif yang terperinci sulit diperoleh dan mungkin menyesatkan, sehingga perbandingan kasar sistem penilaian yang digunakan. Setelah beberapa alternatif dihilangkan, tim dapat memilih untuk beralih ke penilaian konsep dan melakukan analisis yang lebih rinci dan kuantitatif yang lebih baik evaluasi konsep yang tersisa menggunakan matriks penilaian sebagai panduan. Sepanjang proses penyaringan

dan penilaian, beberapa literasi dapat dilakukan, dengan alternatif baru yang timbul dari kombinasi fitur beberapa konsep.

Tahap kedua, penyaringan konsep dan penilaian konsep, mengikuti proses enam langkah sebagai berikut :

1. Menyiapkan matriks seleksi.
2. Menilai konsep.
3. Mengurutkan konsep-konsep tersebut.
4. Menggabungkan dan meningkatkan konsep.
5. Memilih antara satu atau lebih konsep.
6. Merenungkan hasil dan prosesnya

i) Penyaringan Konsep

Penyaringan konsep didasarkan pada metode yang dikembangkan oleh Stuart Pugh pada 1980-an dan sering disebut pemilihan konsep Pugh (Pugh, 1990). Tujuan dari tahap ini adalah untuk mempersempit jumlah konsep dengan cepat dan untuk meningkatkan konsep. Tabel 2.1. mengilustrasikan matriks penyaringan yang digunakan selama tahap ini[12].

**Langkah 1:** Siapkan Matriks Seleksi Untuk menyiapkan matriks, tim memilih media fisik yang sesuai dengan masalah di tangan. Individu dan kelompok kecil dengan daftar kriteria yang pendek dapat menggunakan matriks pada kertas yang mirip dengan tabel 2.1. untuk proses pemilihannya.

Tabel 2.1. Matriks penyaringan konsep

Selection Criteria	Concepts						
	A	B	C	D	E	F	G
	Master Cylinder	Rubber Brake	Ratchet	(Reference) Plunge Stop	Swash Ring	Lever Set	Dial Screw
Ease of handling	0	0	-	0	0	-	-
Ease of use	0	-	-	0	0	+	0
Readability of settings	0	0	+	0	+	0	+
Dose metering accuracy	0	0	0	0	-	0	0
Durability	0	0	0	0	0	+	0
Ease of manufacture	+	-	-	0	0	-	0
Portability	+	+	0	0	+	0	0
Sum +’s	2	1	1	0	2	2	1
Sum 0’s	5	4	3	7	4	3	5
Sum -’s	0	2	3	0	1	2	1
Net Score	2	-1	-2	0	1	0	0
Rank	1	6	7	3	2	3	3
Continue?	Yes	No	No	Combine	Yes	Combine	Revise

Selanjutnya (konsep dan kriteria) dimasukkan ke dalam matriks. Meskipun mungkin dihasilkan oleh individu yang berbeda, konsep harus disajikan padatingkat detail yang sama untuk perbandingan yang berarti dan seleksi yang tidak biasa. Konsepnya paling baik digambarkan oleh keduanya dengan deskripsi tertulis dan representasi grafis. Sketsa satu halaman sederhana dari setiap konsep sangat memudahkan komunikasi fitur-fitur utama dari konsep tersebut. Konsep-konsepnya dimasukkan di sepanjang bagian atas matriks, menggunakan label grafis atau tekstual dari beberapa jenis. Jika tim mempertimbangkan lebih dari sekitar 12 konsep, teknik multivote mungkin digunakan untuk dengan cepat memilih selusin atau lebih konsep yang akan dievaluasi dengan matriks penyaringan.

Multivoting adalah teknik di mana anggota tim secara bersamaan memilih tiga untuk lima konsep dengan menerapkan "titik" pada lembar yang menggambarkan konsep pilihan mereka. Identifikasi Peluang, untuk deskripsi multivoting yang diterapkan pada rangkaian luas dari peluang produk. Konsep dengan titik terbanyak dipilih untuk penyaringan konsep. Dimungkinkan juga untuk menggunakan metode matriks penyaringan dengan sejumlah besar konsep. Ini difasilitasi oleh spreadsheet dan kemudian berguna untuk mentranspos baris dan kolom. (Rentangkan konsep di kolom kiri dan kriteria di bagian atas.) Kriteria pemilihan terdaftar di sepanjang sisi kiri matriks penyaringan, seperti ditunjukkan pada tabel 2.1. Kriteria ini dipilih berdasarkan kebutuhan tim yang telah mengidentifikasi, serta pada kebutuhan perusahaan, seperti biaya produksi yang rendah atau risiko minimal kewajiban produk. Kriteria pada tahap ini biasanya dinyatakan pada tingkat abstraksi yang cukup tinggi dan biasanya mencakup 5 hingga 10 dimensi. Kriteria pemilihan harus dipilih untuk membedakan antara konsep-konsep. Namun, karena setiap kriteria diberikan bobot yang sama dalam metode penyaringan konsep, tim harus berhati-hati untuk tidak mencantumkan banyak kriteria yang relatif tidak penting dalam matriks penyaringan. Jika tidak, perbedaan di antara konsep-konsep relatif terhadap kriteria yang lebih penting tidak akan jelas tercermin dalam hasil. Setelah mempertimbangkan dengan cermat, tim memilih konsep untuk menjadi patokan, atau konsep referensi, yang dengannya semua konsep lain dinilai. Referensi umumnya baik standar industri atau konsep langsung yang digunakan oleh anggota tim sangat akrab. Ini bisa menjadi produk yang tersedia secara komersial, tolak ukur terbaik di kelasnya produk yang telah dipelajari tim, generasi produk sebelumnya, salah satu dari konsep yang sedang



dipertimbangkan, atau kombinasi subsistem yang dirakit untuk mewakili fitur terbaik dari produk yang berbeda.

**Langkah 2:** Nilai Konsepnya Skor relatif “lebih baik dari” (+), “sama dengan” (0), atau “lebih buruk dari” (–) ditempatkan di setiap sel matriks untuk mewakili bagaimana setiap konsep menilai dibandingkan dengan konsep referensi relatif terhadap kriteria tertentu. Biasanya disarankan untuk menilai setiap konsep berdasarkan satu kriteria sebelum pindah ke kriteria berikutnya. Namun, dengan sejumlah besar konsep, lebih cepat menggunakan pendekatan yang berlawanan— untuk menilai setiap konsep secara lengkap sebelumnya melanjutkan ke konsep berikutnya. Beberapa orang menganggap sifat kasar dari peringkat relatif sulit untuk dikerjakan. Namun, pada tahap proses desain ini, setiap konsep hanya merupakan gagasan umum tentang produk akhir, dan peringkat yang lebih rinci sebagian besar tidak berarti. Bahkan, mengingat ketidaktepatan deskripsi konsep pada titik ini, sangat sulit untuk konsisten membandingkan konsep satu sama lain kecuali satu konsep (referensi) digunakan secara konsisten sebagai dasar perbandingan.

Jika tersedia, metrik objektif dapat digunakan sebagai dasar untuk menilai suatu konsep. Untuk contoh, perkiraan yang baik dari biaya perakitan adalah jumlah bagian dalam desain. Demikian pula, perkiraan yang baik dari kemudahan penggunaan adalah jumlah operasi yang diperlukan untuk menggunakan perangkat. Metrik semacam itu membantu meminimalkan sifat subjektif dari proses pemeringkatan. Beberapa metrik objektif yang cocok untuk pemilihan konsep mungkin muncul dari proses penetapan spesifikasi target produk. Metrik objektif yang tidak ada, peringkat ditetapkan oleh konsensus tim, meskipun pemungutan

suara rahasia atau metode lain mungkin juga berguna. Pada titik ini tim mungkin juga ingin mencatat kriteria seleksi mana yang memerlukan penyelidikan dan analisis lebih lanjut.

**Langkah 3:** Peringkat Konsep Setelah menilai semua konsep, tim menjumlahkan jumlah “lebih baik dari”, “sama dengan”, dan skor "lebih buruk dari" dan memasukkan jumlah untuk setiap kategori di baris bawah matriks. Dari contoh tabel 2.1. konsep A dinilai memiliki dua kriteria lebih baik dari, lima sama, dan tidak lebih buruk dari konsep referensi. Selanjutnya, skor bersih dapat dihitung dengan mengurangi jumlah peringkat "lebih buruk dari" dari peringkat "lebih baik dari". Setelah penjumlahan selesai, tim mengurutkan konsep. Jelas, di umum konsep-konsep dengan lebih banyak plus dan minus lebih sedikit peringkat lebih tinggi. Sering di titik ini tim dapat mengidentifikasi satu atau dua kriteria yang tampaknya benar-benar membedakan konsep.

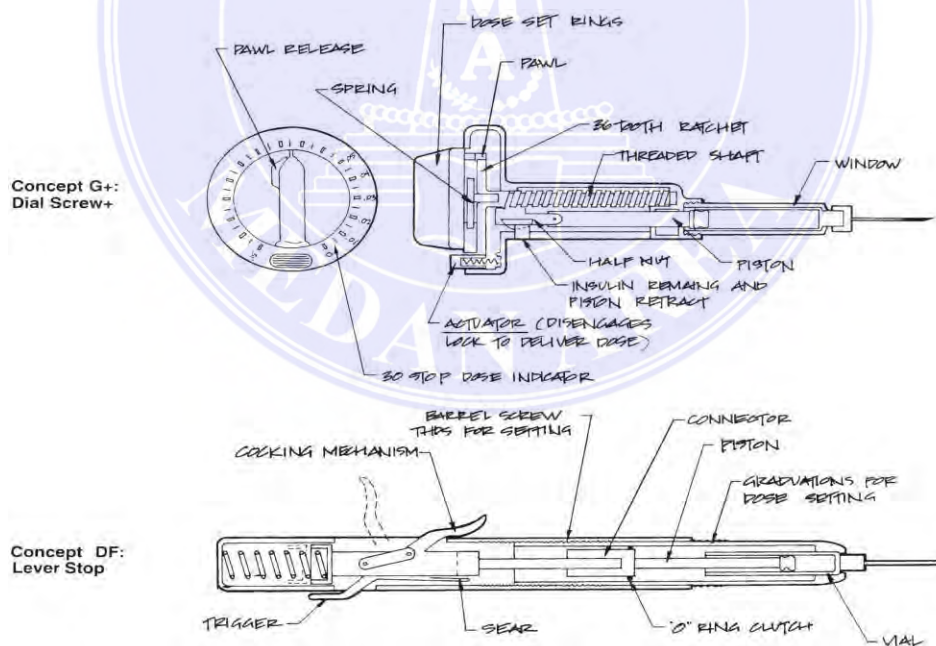
**Langkah 4:** Gabungkan dan Tingkatkan Konsep Setelah menilai dan memberi peringkat pada konsep, tim harus memverifikasi bahwa hasilnya masuk akal dan kemudian mempertimbangkan apakah ada cara untuk menggabungkan dan meningkatkan konsep-konsep tertentu. Dua masalah untuk dipertimbangkan adalah:

- a) Apakah ada konsep yang umumnya baik yang terdegradasi oleh satu fitur yang buruk? Bisakah anak di bawah umur? modifikasi meningkatkan konsep keseluruhan namun tetap mempertahankan perbedaan dari yang lain konsep?

- b) Apakah ada dua konsep yang dapat digabungkan untuk mempertahankan kualitas "lebih baik dari"? sambil membatalkan kualitas "lebih buruk dari"

Konsep yang digabungkan dan ditingkatkan kemudian ditambahkan ke matriks, dinilai oleh tim, dan diberi peringkat bersama dengan konsep aslinya.

**Langkah 5:** Pilih Satu atau Lebih Konsep Setelah anggota tim puas dengan pemahaman mereka tentang setiap konsep dan kualitas relatif, mereka memutuskan konsep mana yang akan dipilih untuk penyempurnaan lebih lanjut dan analisis. Berdasarkan langkah langkah, tim kemungkinan akan mengembangkan pemahaman yang jelas tentang mana adalah konsep yang paling menjanjikan. Jumlah konsep yang dipilih untuk ditinjau lebih lanjut akan dibatasi oleh sumber daya tim (personil, dana , dan waktu).



Gambar 2.12. Konsep baru dan yang direvisi untuk jarum suntik.

konsep DF. Setelah menentukan konsep untuk analisis lebih lanjut, tim harus mengklarifikasi masalah mana yang perlu diselidiki lebih lanjut sebelum pemilihan akhir dapat dibuat. Tim juga harus memutuskan apakah putaran penyaringan konsep akan dilakukan lagi atau apakah penilaian konsep akan diterapkan selanjutnya. Jika matriks penyaringan tidak terlihat memberikan resolusi yang cukup untuk langkah evaluasi dan seleksi selanjutnya, maka tahap penilaian konsep dengan kriteria pemilihan berbobot dan skema penilaian yang lebih rinci akan digunakan.

#### j) Pengujian Konsep

emPower Corporation, sebuah perusahaan rintisan, telah mengembangkan konsep produk baru untuk mengatasi pasar transportasi pribadi. Gambar 2.12. menunjukkan foto jenis proto produk. Konsepnya adalah skuter bertenaga listrik roda tiga yang bisa dilipat dan dibawa dengan mudah. emPower ingin menilai tanggapan pelanggan terhadap ini konsep untuk memutuskan apakah akan melanjutkan pengembangannya dan untuk mendukung upaya pembiayaan perusahaan.

kami fokus terutama pada pengujian yang dilakukan selama pengembangan konsep fase. Dalam tes konsep, tim pengembangan meminta tanggapan terhadap deskripsi konsep produk dari calon pelanggan di pasar sasaran. Jenis pengujian ini mungkin digunakan untuk memilih mana dari dua atau lebih konsep yang harus dikejar, untuk mengumpulkan informasi dari pelanggan potensial tentang cara meningkatkan konsep, dan memperkirakan potensi penjualan dari produk. Perhatikan bahwa berbagai jenis pengujian lainnya dengan calon pelanggan mungkin diselesaikan pada waktu selain selama pengembangan konsep. Misalnya,

semacam tes pelanggan, biasanya hanya berdasarkan deskripsi verbal dari suatu konsep, dapat digunakan dalam mengidentifikasi peluang produk asli yang menjadi dasar pernyataan misi untuk proyeknya. Sebuah tes juga dapat digunakan untuk memperbaiki ramalan permintaan setelah pengembangan produk hampir selesai, tetapi sebelum perusahaan berkomitmen untuk produksi penuh dan meluncurkan.

Tabel 2.1. menunjukkan pengujian konsep relatif terhadap kegiatan pengembangan konsep lainnya. Pengujian konsep terkait erat dengan pemilihan konsep di mana kedua kegiatan bertujuan untuk lebih mempersempit rangkaian konsep yang sedang dipertimbangkan. Namun, pengujian konsep berbeda karena didasarkan pada data yang dikumpulkan langsung dari pelanggan potensial dan bergantung pada tingkat yang lebih rendah pada penilaian yang dibuat oleh tim pengembangan. Alasan konsep itu pengujian umumnya mengikuti pemilihan konsep adalah bahwa tim tidak dapat menguji lebih dari beberapa konsep langsung dengan pelanggan potensial. Alhasil, tim harus menyempit terlebih dahulu serangkaian alternatif yang dipertimbangkan menjadi sangat sedikit. Salah satu hasil akhir dari Uji konsep mungkin merupakan perkiraan berapa banyak unit produk yang kemungkinan besar akan diproduksi oleh perusahaan penjual.

Sebuah tim dapat memilih untuk tidak melakukan pengujian konsep sama sekali jika waktu yang dibutuhkan untuk menguji konsep relatif besar terhadap siklus hidup produk dalam kategori produk, atau jika biaya pengujian relatif besar terhadap biaya peluncuran produk. Misalnya, di Bisnis perangkat lunak internet, beberapa pengamat dan praktisi berpendapat bahwa hanya meluncurkan sebuah produk dan menyempurnakannya secara berulang dengan generasi produk berikutnya adalah strategi yang lebih baik daripada menguji konsep dengan cermat

sebelum mengembangkannya sepenuhnya. Meskipun mungkin cocok untuk beberapa produk, strategi ini tidak akan berhasil dalam pengembangan, misalnya, produk baru pesawat komersial, di mana biaya dan waktu pengembangan sangat besar dan kegagalan bisa menjadi bencana. Sebagian besar kategori produk berada di antara ekstrem ini, dan dalam banyak kasus beberapa bentuk pengujian konsep dijamin.

metode tujuh langkah untuk menguji konsep produk:

1. Tentukan tujuan tes konsep.
2. Pilih populasi survei.
3. Pilih format survei.
4. Mengkomunikasikan konsep.
5. Mengukur respon pelanggan.
6. Menafsirkan hasilnya.

**Langkah 1:** Tentukan Tujuan Tes Konsep Sebagai langkah pertama dalam pengujian konsep, kami merekomendasikan agar tim secara eksplisit mengartikulasikan dalam menulis pertanyaan yang ingin dijawab oleh tim dengan tes. Pengujian konsep pada dasarnya adalah kegiatan eksperimental, dan seperti halnya eksperimen apa pun, mengetahui tujuan dari eksperimen sangat penting untuk merancang metode eksperimen yang efektif. Langkah ini adalah sangat mirip dengan "mendefinisikan tujuan" dalam pembuatan prototipe. Pertanyaan utama yang dibahas dalam pengujian konsep biasanya:

- a) Manakah dari beberapa konsep alternatif yang harus dikejar?

- b) Bagaimana konsep dapat ditingkatkan untuk lebih memenuhi kebutuhan pelanggan?
- c) Kira-kira berapa unit yang kemungkinan akan terjual?
- d) Haruskah pembangunan dilanjutkan?

**Langkah 2:** Pilih Populasi Survei Asumsi yang mendasari pengujian konsep adalah bahwa populasi calon pelanggan yang disurvei mencerminkan target pasar produk tersebut. Jika populasi survei adalah lebih atau kurang antusias tentang produk daripada yang akan menjadi target audiens akhirnya untuk produk, maka inferensi berdasarkan uji konsep akan menjadi bias. Akibatnya, tim harus memilih populasi survei yang mencerminkan pasar sasaran dalam banyak cara: mungkin Dalam survei yang sebenarnya, beberapa pertanyaan pertama disebut pertanyaan penyaring dan umumnya digunakan untuk memverifikasi bahwa responden sesuai dengan definisi pasar sasaran untuk produk.

Seringkali suatu produk menangani beberapa segmen pasar. Dalam kasus seperti itu, akurat uji konsep mengharuskan pelanggan potensial dari setiap segmen sasaran disurvei. Mensurvei setiap segmen yang mungkin mungkin sangat mahal dalam biaya atau waktu, dan dalam kasus seperti itu, tim dapat memilih untuk mensurvei calon pelanggan hanya dari segmen terbesar. Namun, ketika hanya satu segmen yang dijadikan sampel, kesimpulan tentang respons seluruh pasar cenderung bias.

**Langkah 3:** Pilih Format Survei Format berikut biasanya digunakan dalam pengujian konsep:

- a) Interaksi tatap muka: Dalam format ini, pewawancara berinteraksi langsung dengan responden. Interaksi tatap muka dapat berbentuk penyadapan (yaitu, berhenti orang-orang di mal, di taman, atau di jalan kota), wawancara yang telah diatur sebelumnya melalui telepon, wawancara dengan calon pelanggan di stan pameran dagang, atau kelompok fokus (yaitu, diskusi kelompok jarak jauh yang telah ditentukan sebelumnya dengan 6-12 orang) [12].
- b) Telepon: Wawancara telepon mungkin telah diatur sebelumnya dan ditargetkan pada yang sangat spesifik individu (misalnya, dokter gigi anak) atau mungkin "panggilan dingin" konsumen dari target populasi.
- c) Surat pos: Dalam survei surat, materi pengujian konsep dikirim dan responden diminta untuk mengembalikan formulir yang sudah diisi. Survei pos agak lebih lambat dari yang lain metode dan menderita tingkat respons yang relatif buruk. Beberapa jenis insentif—seringkali uang tunai atau hadiah—kadang-kadang ditawarkan untuk meningkatkan respons.
- d) Surat elektronik: Survei surat elektronik sangat mirip dengan survei surat pos, kecuali bahwa (sampai tulisan ini dibuat) responden tampaknya sedikit lebih mungkin untuk membalas daripada melalui surat pos. Dengan proliferasi email yang tidak diinginkan, kecenderungan ini mungkin tidak bertahan. Banyak pengguna surat elektronik bereaksi sangat negatif terhadap tanggapan komersil yang tidak diminta. Oleh karena itu, kami menyarankan agar survei surat elektronik digunakan hanya jika: responden cenderung merasakan manfaat dari partisipasi mereka, atau ketika tim



memiliki sudah membangun semacam hubungan positif dengan populasi sasaran.

- e) Internet: Menggunakan Internet, sebuah tim dapat membuat situs pengujian konsep virtual di mana: peserta survei dapat mengamati konsep dan memberikan tanggapan. Sebuah surat elektronik pesan biasanya digunakan untuk merekrut responden untuk mengunjungi lokasi pengujian.

Masing-masing format ini menghadirkan risiko bias sampel. Misalnya, penggunaan elektronik format mungkin bias sampel terhadap mereka yang berteknologi canggih. Untuk beberapa produk, kecanggihan ini merupakan bagian dari profil target pasar (misalnya, pasar sasaran untuk produk perangkat lunak Internet cenderung nyaman dengan format survei elektronik). Sebaliknya, survei Internet mungkin merupakan format pengujian yang sangat buruk sebuah konsep komputer berbasis televisi yang ditargetkan pada orang-orang tanpa komputer pribadi.

Pengujian eksplorasi, tipikal pada fase awal pengembangan konsep, mendapat manfaat dari: format interaktif terbuka. Kami merekomendasikan agar tim menggunakan format tatap muka ketika mempresentasikan beberapa alternatif konsep atau ketika meminta ide untuk meningkatkan konsep. Dalam pengaturan ini, pengembang produk sendiri mendapat manfaat dari melakukan wawancara karena mereka dapat secara langsung mengamati reaksi terhadap produk dengan detail yang kaya. sebagai tujuan tes konsep menjadi lebih fokus, format yang lebih terstruktur seperti surat dan telepon menjadi lebih tepat. Jika pertanyaannya sangat terfokus, tim dapat menyewa sebuah perusahaan riset pasar untuk menerapkan tes konsep. Saat mengumpulkan data yang dimaksudkan terutama untuk digunakan

dalam peramalan permintaan, pihak ketiga umumnya digunakan untuk mengumpulkan data dalam format tatap muka. Ini membantu untuk menghindari bias simpati responden menunjukkan bahwa mereka menyukai konsep untuk menyenangkan pengembang produk yang cemas.

#### **Langkah 4: Komunikasikan Konsepnya**

Pilihan format survei terkait erat dengan cara konsep yang akan dibuat dikomunikasikan. Konsep dapat dikomunikasikan dengan salah satu cara berikut, tercantum dalam: urutan peningkatan kekayaan deskripsi.

Deskripsi verbal: Deskripsi verbal umumnya berupa paragraf pendek atau kumpulan poin-poin yang meringkas konsep produk. Deskripsi ini boleh dibaca oleh responden atau dapat dibacakan oleh orang yang melakukan survei.

#### **2.10. Bahan poros**

Poros adalah bagian berputar yang biasanya berbentuk silindris memanjang dengan berpenampang bulat dan digunakan untuk meneruskan gerak. Gerak ini memberikan sumbu rotasi atau osilasi elemen seperti roda gigi, katrol, roda gila, engkol, sproket, dan sejenisnya. Poros juga digunakan untuk mengontrol geometri gerakan[13].

Persamaan rumus untuk poros adalah :

$$K_f = 1 + q(K_t - 1) \text{ atau } K_f s = 1 + q_{\text{shear}}(K_{ts} - 1) \dots\dots\dots (\text{pers 2.11})$$

Keterangan:

$k_f$  = faktor modifikasi efek lain-lain

$q$  = tegangan sensitivitas

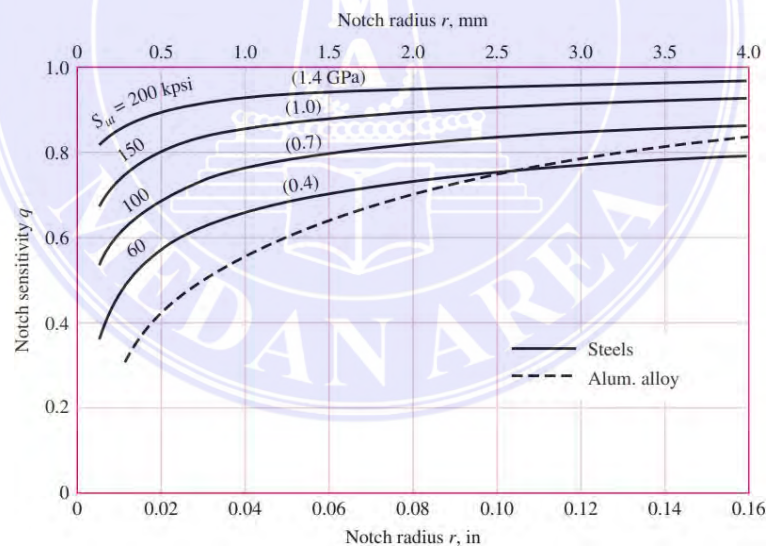
$K_t$  = faktor konsentrasi tegangan  $K_t$  atau  $K_{ts}$  digunakan untuk menghubungkan tegangan maksimum aktual pada diskontinuitas terhadap tegangan nominal.

dimana  $K_t$  digunakan untuk tegangan normal dan  $K_{ts}$  untuk tegangan geser.

$q_s$  = tegangan geser

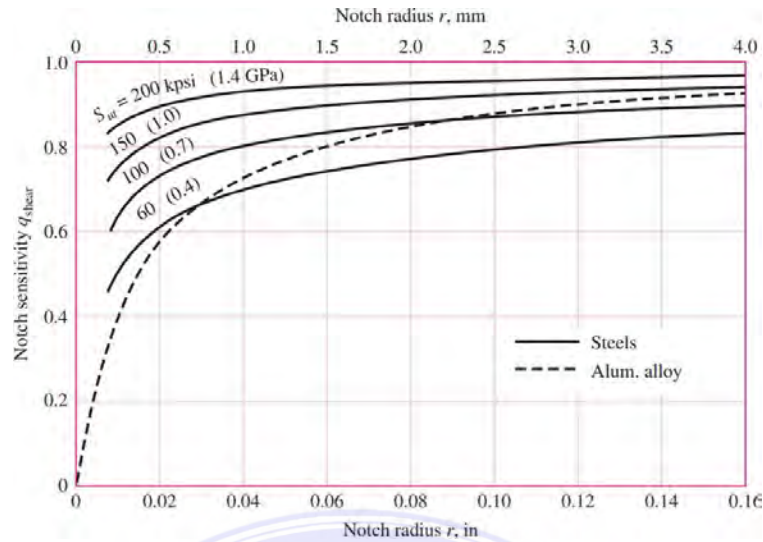
Sensitivitas takik untuk bahan tertentu diperoleh secara eksperimental.

Diterbitkan nilai eksperimental terbatas, tetapi beberapa nilai tersedia untuk baja dan aluminium. Tren sensitivitas takik sebagai fungsi radius takik dan kekuatan pamungkas adalah ditunjukkan pada Gambar 2.13. untuk pembengkokan terbalik atau pembebanan aksial, dan Gambar. 2.14. untuk pembengkokan torsi



Gambar 2.13. pembengkokan terbalik atau pembebanan aksial

Dimana ini merupakan grafik sensitivitas takik untuk baja dan paduan aluminium tempa UNS A92024-T yang mengalami pembengkokan terbalik atau beban aksial terbalik. Untuk jari-jari yang lebih besar, gunakan nilai  $q$  yang sesuai dengan ordinat  $r = 0,16$ -in (4-mm).



Gambar 2.14. pembengkokan torsi

Gambar 2.14. merupakan grafik kurva sensitivitas takik untuk material dengan torsi terbalik. Untuk jari-jari yang lebih besar, gunakan nilai  $q_{shear}$  yang sesuai dengan  $r = 0,16$  inci (4mm).

Dalam menggunakan grafik ini, perlu diketahui bahwa hasil tes yang sebenarnya dari mana kurva yang diturunkan menunjukkan sejumlah besar pencar. Karena pencar ini adalah selalu aman untuk digunakan  $K_f = K_t$  jika ada keraguan tentang nilai sebenarnya dari  $q$ . Juga mencatat bahwa  $q$  tidak jauh dari satu untuk jari jari takik yang besar. Gambar 2.14. memiliki dasar persamaan Neuber

Persamaan..... 2.12

$$S'_e = f(x) = \begin{cases} 0,5S_{ut} & S_{ut} \leq 200 \text{ kpsi (1400 Mpa)} \\ 100 \text{ kpsi} & S_{ut} > 200 \text{ kpsi} \\ 700 \text{ Mpa} & S_{ut} \geq 1400 \text{ Mpa} \end{cases}$$

dimana  $S_{ut}$  adalah kekuatan tarik minimum. Tanda prima pada  $S'_e$  dalam persamaan ini mengacu pada benda uji balok putar itu sendiri.

$$k_a = aS_{ut}^b \dots \dots \dots \text{(Pers 2.13)}$$

$S_{ut}$  = adalah kekuatan tarik minimum dan a dan b dapat ditemukan di tabel 2.2.

Tabel 2.2 merupakan Amplitudo dan koordinat stabil kekuatan dan persimpangan penting di Kuadran pertama untuk kriteria kegagalan Goodman dan Langer yang di modifikasi.

Tabel 2.2. Amplitudo dan koordinat stabil kriteria kegagalan Goodman

Surface Finish	Factor a		Exponent b
	$S_{ut}$ , kpsi	$S_{ut}$ , MPa	
Ground	1.34	1.58	-0.085
Machined or cold-drawn	2.70	4.51	-0.265
Hot-rolled	14.4	57.7	-0.718
As-forged	39.9	272.	-0.995

From C.J. Noll and C. Lipson, "Allowable Working Stresses," *Society for Experimental Stress Analysis*, vol. 3, no. 2, 1946 p. 29. Reproduced by O.J. Horger (ed.) *Metals Engineering Design ASME Handbook*, McGraw-Hill, New York. Copyright © 1953 by The McGraw-Hill Companies, Inc. Reprinted by permission.

Tabel 2.3. merupakan Amplitudo dan koordinat stabil kekuatan dan persimpangan penting di Kuadran pertama untuk Gerber dan kriteria kegagalan Langer.

Tabel 2.3. Amplitudo dan koordinat stabil kriteria kegagalan Langer

Intersecting Equations	Intersection Coordinates
$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1$ Load line $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_a = \frac{r S_e S_{ut}}{r S_{ut} + S_e}$ $S_m = \frac{S_a}{r}$
$\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$ Load line $r = \frac{S_a}{S_m}$	$S_a = \frac{r S_y}{1 + r}$ $S_m = \frac{S_y}{1 + r}$
$\frac{S_a}{S_e} + \frac{S_m}{S_{ut}} = 1$ $\frac{S_a}{S_y} + \frac{S_m}{S_y} = 1$	$S_m = \frac{(S_y - S_e) S_{ut}}{S_{ut} - S_e}$ $S_a = S_y - S_m, r_{crit} = S_a / S_m$

Fatigue factor of safety

$$n_f = \frac{1}{\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}}}$$

$$\sigma' = (\sigma_a^2 + 3r^2)^{1/2} = \left[ \left( \frac{32 K}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16 K T}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(Pers 2.14)$$

$$\sigma' = (\sigma_m^2 + 3r^2)^{1/2} = \left[ \left( \frac{32 K}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16 K T}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2} \dots\dots\dots(Pers 2.15)$$

Keterangan :

$\sigma_a$  = komponen amplitudo

$\sigma_m$  = komponen rentang tengah

$k_f$  = faktor modifikasi efek lain-lain

Persamaan yang dihasilkan untuk beberapa kurva kegagalan yang umum digunakan diringkas di bawah ini. Nama-nama diberikan kepada setiap set persamaan mengidentifikasi teori kegagalan yang signifikan, diikuti oleh kelelahan kegagalan locus nama. Misalnya, DE-Gerber menunjukkan tekanan digabungkan menggunakan teori energi distorsi (DE), dan kriteria Gerber digunakan untuk kegagalan kelelahan[13].

$$\frac{1}{n} = \frac{16}{\pi d^3} \left\{ \left[ 4(K_f m_a)^2 + 3(K_{fs} T_a)^2 \right]^{1/2} + \frac{1}{S_{ut}} \left[ 4(K_f m_m)^2 + 3(K_{fs} T_m)^2 \right]^{1/2} \right\}$$

DE-Goodman..... (pers 2.16)

$$\frac{\sigma_a}{S_e} + \frac{\sigma_m}{S_{ut}} = \frac{1}{n}$$

$$\sigma' = \left[ \left( \frac{32 K_{max}}{\pi d^3} \right)^2 + 3 \left( \frac{16 K_{max} T}{\pi d^3} \right)^2 \right]^{1/2}$$

$$(T) = \left[ \left( \frac{f(M_m M_a)}{\pi d^3} \right) + 3 \left( \frac{f_s^2 m a}{\pi d^3} \right) \right] \text{ mod-Goodman..... (pers 2.17)}$$



Keterangan :

$\sigma_a$  = komponen amplitudo

$\sigma_m$  = komponen rentang tengah

kf = faktor modifikasi efek lain-lain

$\sigma_{max}$  = stres maksimum

$$n_y = \frac{S_v}{\sigma'_{max}} \dots\dots\dots \text{(Pers 2.17)}$$





### 2.11. pengertian belt

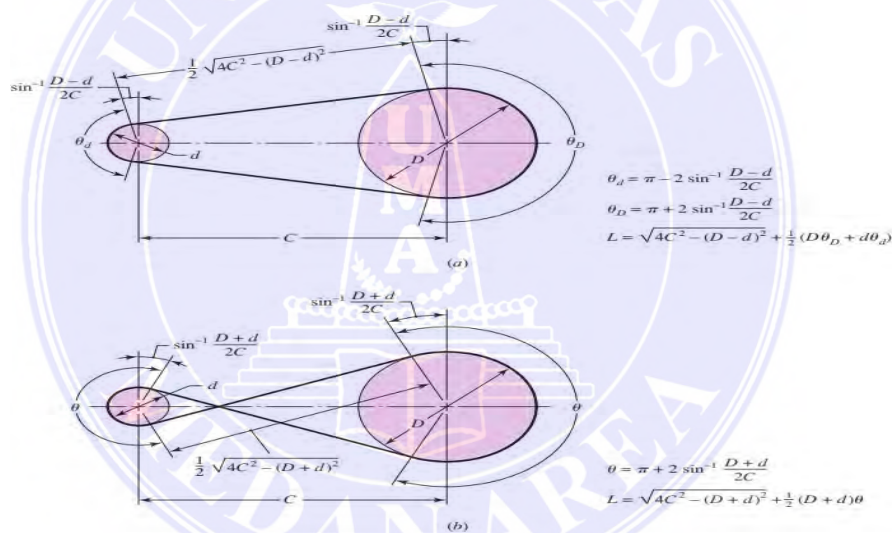
sabuk atau belt adalah bahan fleksibel yang melingkar tanpa ujung, belt biasanya digunakan untuk menghubungkan dua poros yang berputar secara mekanis. Belt berfungsi untuk menstramisikan daya dari satu poros ke poros lain[13]. Empat jenis utama sabuk ditampilkan dengan beberapa karakteristiknya, Katrol bermahkota digunakan untuk belt datar, dan katrol beralur, atau katrol, untuk belt bulat dan V. Timing belt membutuhkan roda bergigi, atau sprocket dapat dilihat pada tabel 2.4.

dan sabuk datar geometri dapat dilihat pada gambar 2.15.



Tabel 2.4. Karakteristik Beberapa Jenis Sabuk Umum (Angka adalah silang bagian kecuali untuk sabuk waktu, yang merupakan tampak samping

Belt Type	Figure	Joint	Size Range	Center Distance
Flat		Yes	$t = \begin{cases} 0.03 \text{ to } 0.20 \text{ in} \\ 0.75 \text{ to } 5 \text{ mm} \end{cases}$	No upper limit
Round		Yes	$d = \frac{1}{8} \text{ to } \frac{3}{4} \text{ in}$	No upper limit
V		None	$b = \begin{cases} 0.31 \text{ to } 0.91 \text{ in} \\ 8 \text{ to } 19 \text{ mm} \end{cases}$	Limited
Timing		None	$p = 2 \text{ mm and up}$	Limited



Gambar 2.15. sabuk datar geometri (a) Sabuk terbuka. (b) Sabuk bersilang

Penggerak sabuk datar modern terdiri dari inti elastis yang kuat yang dikelilingi oleh elastomer; drive ini memiliki keunggulan yang berbeda dibandingkan drive gigi atau drive V-belt. Penggerak sabuk datar memiliki efisiensi sekitar 98 persen, yang hampir sama dengan penggerak roda gigi. pada Di sisi lain, efisiensi penggerak V-belt berkisar antara 70 hingga 96 persen. 1 Flat-belt drive

menghasilkan sedikit kebisingan dan menyerap lebih banyak getaran torsional dari sistem daripada baik V-belt atau penggerak roda gigi[13].

Ketika penggerak sabuk terbuka (Gbr. 2.15-a) digunakan, sudut kontakny adalah:

$$\theta_d = \pi - 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \dots\dots\dots(Pers 2.18)$$

$$\theta_D = \pi + 2 \sin^{-1} \frac{D-d}{2C} \dots\dots\dots(Pers 2.19)$$

dimana: D = diameter katrol besar

d = diameter katrol kecil

C = jarak pusat

$\theta$  = sudut kontak

Panjang sabuk diperoleh dengan menjumlahkan dua panjang busur dengan jarak dua kali lipat antara awal dan akhir kontak. Hasilnya adalah

$$L = [4C^2 - (D - d)^2]^{1/2} + \frac{1}{2} (D\theta_D + d\theta_d) \dots\dots\dots(Pers 2.20)$$

Berat w dari satu kaki sabuk diberikan dalam hal kepadatan berat dalam lbf/in<sup>3</sup> sebagai  $w = 12\gamma$  bt lbf/ft di mana b dan t dalam inci. w = berat per kaki sabuk, lbf / ft

g = percepatan gravitasi, ft/s.

F<sub>c</sub> ditulis sebagai

$$F_c = \frac{w}{g} \left(\frac{V}{60}\right)^2 = \frac{w}{32.17} \left(\frac{V}{60}\right)^2 \dots\dots\dots(Pers 2.21)$$

$$F1 = Fi + Fc + \Delta F/2 = Fi + Fc + T/d \dots\dots\dots (Persamaan f)$$

$$2 = Fi + Fc - \Delta F/2 = Fi + Fc - T/d \dots\dots\dots (Persamaan g)$$

dimana  $F_i$  = tegangan awal

$F_c$  = tegangan lingkaran karena gaya sentrifugal

$\Delta F/2$  = tegangan akibat torsi yang ditransmisikan T

d = diameter katrol

Perbedaan antara  $F_1$  dan  $F_2$  terkait dengan torsi katrol. Mengurangi Persamaan. (G) dari Persamaan. (f) memberikan persamaan (h)

$$F1 - F2 = 2T d$$

Diturunkan menjadi

$$F1 + F2 = 2F_i + 2F$$

Sekarang kita bisa menulis persamaan 2.22

$$\frac{F1 - mr \ 2\omega^2}{F2 - mr \ 2\omega^2} = \frac{F1 - Fc}{F2 - Fc} = \exp(f \ \varphi) \dots\dots\dots (pers \ 2.22)$$

Periksa perkembangan gesekan

$$f' = \frac{1}{\varphi \ln} \ln \frac{(F1)a - Fc}{F2 - F}$$

$$F1 - F2 = (F1 - Fc) = \frac{\exp(f \ \varphi) - 1}{\exp(f \ \varphi)} \dots\dots\dots (Pers \ 2.23)$$

Sekarang  $F_c$  ditemukan sebagai berikut: dengan n adalah kecepatan rotasi, dalam putaran/menit, dari katrol diameter d, kecepatan sabuk adalah

$$V = \pi \ dn/12 \ ft/min$$

Persamaan i

$$F_i = \frac{F_1 + F_2}{2} - F_c$$

beban dari nominal, diterapkan pada daya nominal sebagai  $H_d = H_{nom} K_{snd}$ ,

Dimana  $n_d$  adalah faktor desain untuk urgensi [13].

Efek ini digabungkan sebagai berikut:

$$(F_1)_a = b F_a C_p C_v \dots \dots \dots \text{(pers 2.24)}$$

$(F_1)_a$  = tegangan terbesar yang diijinkan, lbf

$b$  = lebar sabuk, in

$F_a$  = tegangan yang diizinkan pabrikan, lbf/in

$C_p$  = faktor koreksi katrol

$C_v$  = faktor koreksi kecepatan

sifat Beberapa Bahan Flat-dan Round-Belt dapat dilihat pada tabel 2.5. Dan

Faktor Koreksi Pulley CP untuk Flat Belt dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.5. sifat Beberapa Bahan Flat-dan Round-Belt. (Diameter = d, tebal = sampai, lebar = w)

Material	Specification	Size, in	Minimum Pulley Diameter, in	Allowable Tension per Unit Width at 600 ft/min, lbf/in	Specific Weight, lbf/in <sup>3</sup>	Coefficient of Friction
Leather	1 ply	$t = \frac{11}{64}$	3	30	0.035–0.045	0.4
		$t = \frac{13}{64}$	$3\frac{1}{2}$	33	0.035–0.045	0.4
	2 ply	$t = \frac{18}{64}$	$4\frac{1}{2}$	41	0.035–0.045	0.4
		$t = \frac{20}{64}$	6 <sup>a</sup>	50	0.035–0.045	0.4
		$t = \frac{23}{64}$	9 <sup>a</sup>	60	0.035–0.045	0.4
Polyamide <sup>b</sup>	F-0 <sup>c</sup>	$t = 0.03$	0.60	10	0.035	0.5
	F-1 <sup>c</sup>	$t = 0.05$	1.0	35	0.035	0.5
	F-2 <sup>c</sup>	$t = 0.07$	2.4	60	0.051	0.5
	A-2 <sup>c</sup>	$t = 0.11$	2.4	60	0.037	0.8
	A-3 <sup>c</sup>	$t = 0.13$	4.3	100	0.042	0.8
	A-4 <sup>c</sup>	$t = 0.20$	9.5	175	0.039	0.8
	A-5 <sup>c</sup>	$t = 0.25$	13.5	275	0.039	0.8
Urethane <sup>d</sup>	w = 0.50	$t = 0.062$	See	5.2 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7
	w = 0.75	$t = 0.078$	Table	9.8 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7
	w = 1.25	$t = 0.090$	17–3	18.9 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7
	Round	$d = \frac{1}{4}$	See	8.3 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7
		$d = \frac{3}{8}$	Table	18.6 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7
		$d = \frac{1}{2}$	17–3	33.0 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7
		$d = \frac{3}{4}$		74.3 <sup>e</sup>	0.038–0.045	0.7

Tambahkan 2 ke ukuran katrol untuk sabuk dengan lebar 8 inci atau lebih.

Tabel 2.6. Faktor Koreksi Pulley CP untuk Flat Belt

Material	Small-Pulley Diameter, in					
	1.6 to 4	4.5 to 8	9 to 12.5	14, 16	18 to 31.5	Over 31.5
Leather	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0
Polyamide, F-0	0.95	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
F-1	0.70	0.92	0.95	1.0	1.0	1.0
F-2	0.73	0.86	0.96	1.0	1.0	1.0
A-2	0.73	0.86	0.96	1.0	1.0	1.0
A-3	—	0.70	0.87	0.94	0.96	1.0
A-4	—	—	0.71	0.80	0.85	0.92
A-5	—	—	—	0.72	0.77	0.91

Langkah-langkah dalam menganalisis penggerak sabuk datar dapat mencakup:

- (1) Temukan  $\exp (f)$  dari geometri penggerak sabuk dan gesekan
- (2) Dari geometri sabuk dan kecepatan temukan  $F_c$
- (3) Dari  $T = 63025H_{nom}K_{smd}/n$  temukan torsi yang diperlukan
- (4) Dari torsi  $T$  temukan yang diperlukan  $(F_1)a - F_2 = 2T/d$
- (5) Dari Tabel 2.4 dan Persamaan (2.23) tentukan  $(F_1)a$
- (6) Cari  $F_2$  dari  $(F_1)a$  [ $(F_1)a - F_2$ ]
- (7) Dari Eq. (i) temukan ketegangan awal yang diperlukan  $F_i$
- (8) Periksa perkembangan gesekan  $f' < f$  Gunakan Persamaan. (2.22) dipecahkan untuk  $f$

$$f' = \frac{1}{\phi \ln} \ln \frac{(F_1)a - F_c}{F_2 - F_c}$$

- (9) Tentukan faktor keamanan dari  $n_f = H_a/(H_{nom}K_s)$

## 2.12. Beam (balok)

Balok (beam) adalah suatu batang struktural yang didesain untuk menahan gaya-gaya yang bekerja dalam arah transversal terhadap sumbunya. Jadi, berdasarkan pada arah bekerjanya beban yang diberikan, maka balok berbeda dari batang yang mengalami tarik dan batang yang mengalami puntiran [14].

Keterangan :

$M$  = moment

$V$  = gaya geser

$R_A$  = moment pada  $R_A$

$R_B$  = moment pada  $R_B$

$X_1$  = jarak ke penampang

$M_{max}$  = moment Maksimal

$S$  = modulus penampang

$\sigma_{allow}$  = tekanan pembengkokan yang diijinkan

$q$  = beban seragam

untuk mencari  $V$  dapat menggunakan persamaan 2.25 :

$$V = R_A - qx_1 = 0 \dots\dots\dots (pers 2.25)$$

Untuk mencari nilai  $x_1$  dapat menggunakan persamaan 2.26:

$$x_1 = \frac{R_A}{q} = \frac{188.6 \text{ kN}}{60 \text{ kN/m}} = 3.14 \text{ m} \dots\dots\dots (pers 2.26)$$

untuk mencari nilai  $M_{max}$  dapat menggunakan persamaan 2.27:

$$M_{max} = R_A x_1 - \frac{q x_1^2}{2} = 296.3 \text{ kN.m} \dots\dots\dots (pers 2.27)$$

Untuk mencari nilai modulus penampang dapat menggunakan persamaan 2.28 :

$$S = \frac{M_{max}}{\sigma_{allow}} = \frac{296.3 \times 10^6 \text{ N.mm}}{110 \text{ Mpa}} = 2.694 \text{ mm}^3 \dots\dots\dots (pers 2.28)$$

## BAB 3

### METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan tempat pelaksanaan

##### 3.1.1 Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di laboratorium teknik mesin Universitas medan area yang ber alamat di Jl. Kolam No.1 Medan, Kec. Percut Sei Tuan, Kabupaten Deli Serdang, Sumatera Utara 20223. Penelitian ini dilakukan sejak proposal tugas akhir disetujui oleh pengelola program sampai dengan penyelesaian yang dijadwalkan diumumkan pada waktu yang ditentukan.

##### 3.1.2 Waktu penelitian

Jadwal kegiatan penelitian dapat dilihat pada gambar 3.1.

Tabel 3.1. Jadwal Kegiatan Penelitian

No	Kegiatan	Waktu (Per Bulan)							
		Mar	Apr	Mei	Ags	sep	Feb	Mar	
1	Studi literatur	■	■	■	■	■	■	■	■
2	Perencanaan alat	■	■	■	■	■	■	■	■
3	Penyusunan proposal	■	■	■	■	■	■	■	■
4	Seminar proposal	■	■	■	■	■	■	■	■
5	Perancangan alat	■	■	■	■	■	■	■	■
6	Pengumpulan data	■	■	■	■	■	■	■	■
7	Analisa data	■	■	■	■	■	■	■	■
8	Penulisan laporan	■	■	■	■	■	■	■	■
9	Seminar hasil	■	■	■	■	■	■	■	■
10	Perbaikan	■	■	■	■	■	■	■	■
11	Ujian sidang	■	■	■	■	■	■	■	■



### 3.2 Alat dan bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam praktikum ini adalah :

#### 3.2.1 Alat penelitian

##### a. Laptop

spesifikasi laptop lenovo IdeaPad Slim 3 21ID

- prosesor : AMD Ryzen 3 4300U quad-core
- sistem operasi : Microsoft Windows 10 Home x 64
- Memory Ram : 8 Gb , storage SSd 512Gb

Laptop dapat dilihat pada gambar 3.1



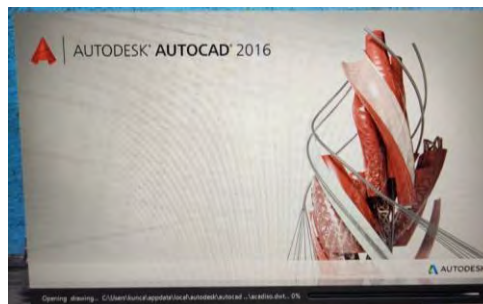
Gambar 3.1 Laptop

##### b. Software AUTOCAD 2016

Spesifikasi

- Operasi system : Microsoft Windows 8 or 7
- Display : 1920 x 1080 resolution with true color
- Disk space : 6.0 GB

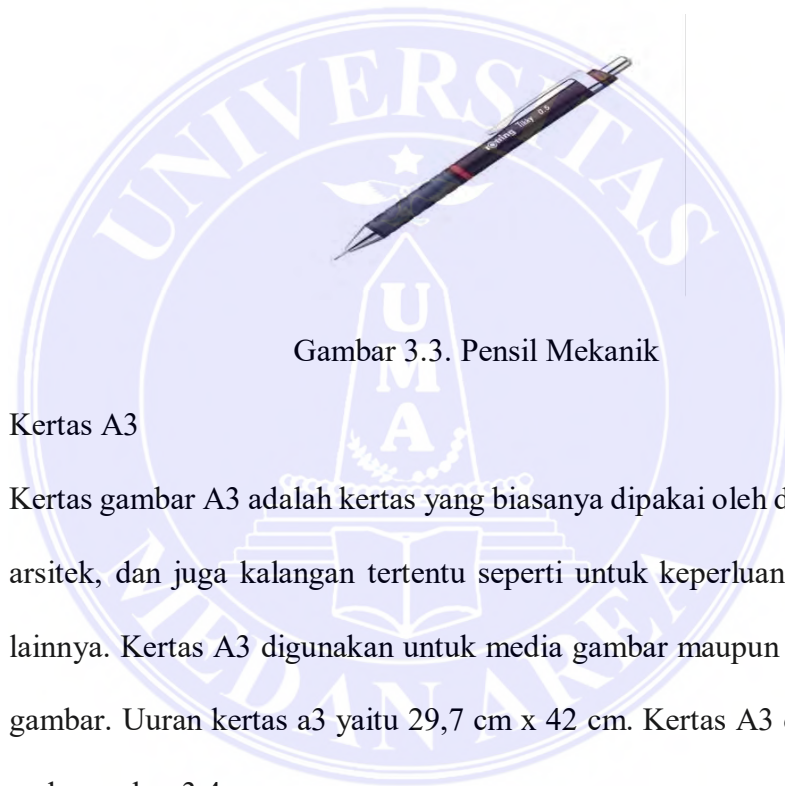
Software Autocad dapat dilihat pada gambar 3.2.



Gambar 3.2. Software AutoCAD

c. Pensil Mekanik

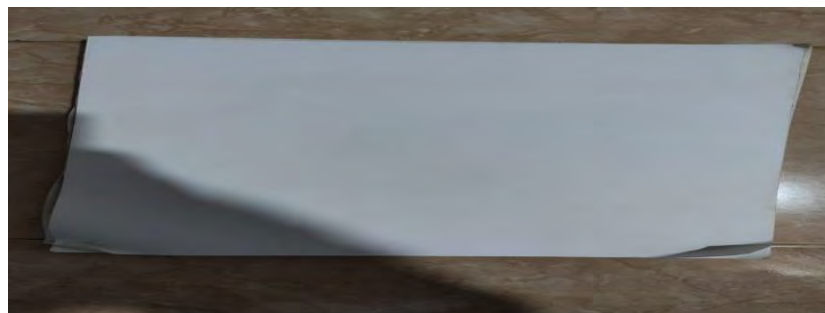
Pensil mekanik adalah pensil yang digunakan untuk menggambar teknik. Pensil mekanik dapat membuat membuat garis dengan ketebalan yang konsisten. Pensil mekanik tidak memerlukan penajaman karena pensil mekanik dapat diisi ulang. Ada berbagai ukuran pensil di pasar pensil mekanik seperti ukuran 0,3 ,0,5 , 0,7 dan 0,9 mm. Pensil mekanik dapat dilihat pada gambar 3.3.



Gambar 3.3. Pensil Mekanik

d. Kertas A3

Kertas gambar A3 adalah kertas yang biasanya dipakai oleh desain grafis, arsitek, dan juga kalangan tertentu seperti untuk keperluan kuliah atau lainnya. Kertas A3 digunakan untuk media gambar maupun media cetak gambar. Uuran kertas a3 yaitu 29,7 cm x 42 cm. Kertas A3 dapat dilihat pada gambar 3.4.



Gambar 3.4. kertas A3

e. Penggaris

Penggaris adalah alat menggambar untuk menggambar garis lurus dan bisa juga digunakan sebagai alat ukur. Penggaris memiliki berbagai macam bentuk, dari garis lurus hingga segitiga. Penggaris segitiga umumnya adalah segitiga siku-siku sama kaki dan segitiga siku-siku 30°-60°. Penggaris dapat dilihat pada gambar 3.5.



Gambar 3.5. Penggaris

f. Step Penghapus

Step penghapus adalah alat untuk menghapus garis atau coretan pensil pada kertas gambar. Step penghapus dapat dpat dilihat pada gambar 3.6.



Gambar 3.6. Penghapus

### 3.2.2 Bahan – Bahan Rancangan

#### a. Besi Siku

Besi siku yang digunakan dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Whirlpool Skala Prototype adalah besi siku jenis L50 dengan ketebalan 2,5 mm. Besi siku digunakan untuk kerangka alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Whirlpool Skala Prototype. Besi siku dapat dilihat pada gambar 3.7.



Gambar 3.7. Besi siku

#### b. Pipa Saluran Air

Pipa yang dipilih dan dipakai dalam perancangan PLTMH Turbin Whirlpool Skala Prototype adalah pipa besi baja dengan diameter 4 inch dan ketebalan 2,5 mm. pipa saluran air bisa dilihat pada gambar 3.8.



Gambar 3.8. pipa saluran air

c. Plat Besi baja

Jenis plat besi baja yang digunakan dalam perancangan PLTMH turbin whirlpool skala prototype dengan ketebalan 3mm. Plat besi baja dapat dilihat pada gambar 3.9.



Gambar 3.9. Plat besi baja

### 3.3. Metode Penelitian

Saat memilih komponen dan bahan untuk desain ini, komponen dan bahan yang digunakan harus sesuai dengan skala turbin prototipe Whirlpool Mikro Hidro (PLTMH). Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah model peresepan yang dibuat oleh Pahl dan Beitz.[10]

Proses perancangan terdiri dari fase fase berikut, yaitu : (1) diidentifikasi kebutuhan, (2) analisis masalah dan spesifikasi produk, (3) perancangan produk, (4) evaluasi hasil rancangan, (5) penyusunan dokumen berupa gambar gambar produk hasil rancangan. Fase fase tersebut merupakan urutan kegiatan yang terjadi selama proses perancangan. Proses desain yang dikembangkan dianggap sebagai metode desain atau metode desain yang direkomendasikan untuk digunakan dalam desain. [15].

Komponen komponen pendukung yang dibutuhkan dalam perancangan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Whirlpool skala Prototype sebagai berikut :

a. Bak penampung air

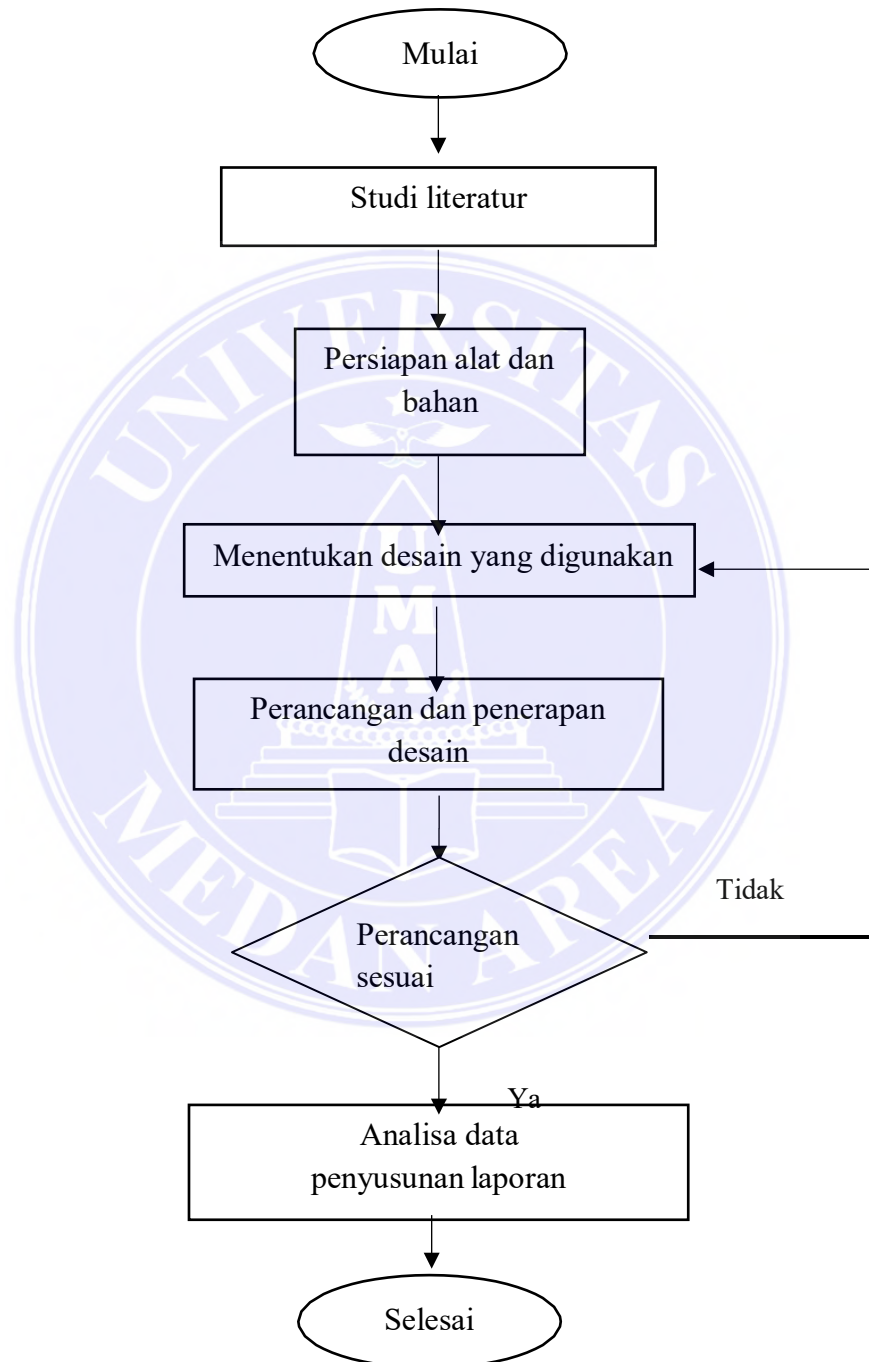
air yang masuk kerumah turbin menuju sudu dan di alirkan ke saluran pelepasan. Bak penampung air berguna untuk menampung air yang keluar dari rumah turbin.

b. Pipa saluran air

Pipa air berfungsi untuk mengalirkan air dari tangki ke bak bak penampung air. Sehingga air di tangki air tidak menjadi penuh.

### 3.4. Diagram Alur Penelitian

Berikut ini adalah flowchart dari beberapa langkah dalam penelitian yang diilustrasikan pada gambar 3.10.



Gambar 3.10. Diagram Alur Penelitian

## BAB 4

### HASIL DAN PEMBAHASAN

#### 4.1. Survey

##### 4.1.1. Survey Produk

Hasil dari penelitian ini disimpulkan dari survey yang telah peneliti lakukan. yaitu dengan cara menyebarkan lembar kuisisioner kepada 15 Responden yang kemudian diisi dengan pilihan jawaban sang responden. Respondennya sendiri merupakan mahasiswa dari Universitas Medan Area. Kuisisioner tersebut terdiri dari 11 pertanyaan yang mana 3 pertanyaan nya terdapat opsi sikap “ya” dan “tidak” , dan 8 pertanyaan lain tersedia beberapa pilihan jawaban yang dapat dipilih sesuai pendapat responden berdasarkan subjek yang telah di sediakan.

Peneliti melakukan survey melalui penyebaran kuisisioner juga tentunya sudah mendapatkan izin serta arahan penelitian dari dosen pembimbing.

Tabel 4.1. Penyebaran kuisisioner

Keterangan	Jumlah
Distribusi kuesioner	15
Kuisisioner yang tidak kembali	0
Kuisisioner yang di kembalikan	15
Kuisisioner yang tidak dapat diproses	0
Kuisisioner yang dapat diproses	15

Hasil rangkuman dari penyebaran kuisisioner yang peneliti lakukan berdasarkan tabel 4.1. yaitu, secara keseluruhan kuisisioner yang disebarakan ada 15 kuisisioner, tidak ada kuisisioner yang tidak kembali karena 100 % kuisisioner di



kembalikan oleh Responden setelah diisi, dan seluruh kuisisioner tersebut dapat diolah oleh peneliti karena Responden mengisinya dengan baik.

Tabel 4.2. Rekapitulasi jawaban responden

No pertanyaan	Jawaban		
	Ya	Tidak	
1	15	0	
2	2	13	
3	10	5	
	Digital	Manual	
4	4	11	
	Aliran air sungai	Pompa air	
5	0	15	
	Pompa air celup	Pompa air sumur dangkal	
6	13	2	
	60 liter / menit	30 liter / menit	
7	13	2	
	300 Watt	200 Watt	500 Watt
8	13	1	1
	Rp 7.500.000	Rp 9.000.000	Rp 11.000.000
9	12	3	0
	6 bulan sekali	1 tahun sekali	Tidak ada maintenance
10	8	5	2
	Kaca pelindung	Kotak alat dan bahan	
11	2	13	

Tabel 4.2. merupakan data jawaban kuisisioner dari 15 Responden, dari data ini jawaban responden akan dicatat dan dijumlahkan dengan nomor lain yang

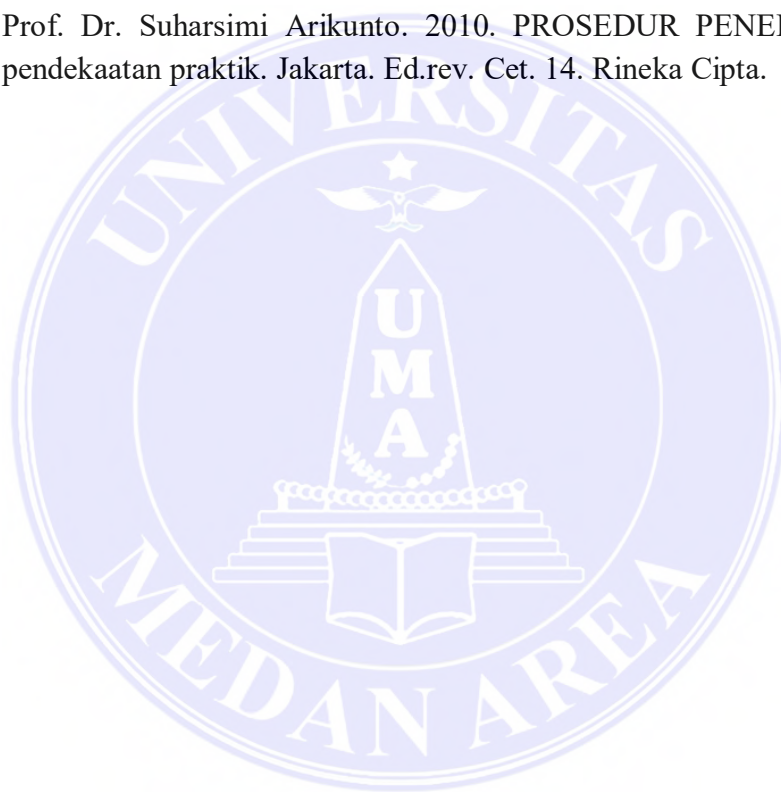
cadang dan peralatan. Hindari menimbulkan bahan tambahan, suku cadang dan biaya.



## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Muliawan and A. Yani, "Analisis Daya dan Efisiensi Turbin Air Kinetis Akibat Perubahan Putaran Runner," *J. Sainstek*, vol. 8, no. 1, pp. 1–9, 2016.
- [2] Jurnal inovasi ilmu pengetahuan dan Teknologi, "Rancang Bangun prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)," ISSN: 2686-5157, vol. 21, no. 1, pp. 1–9, 2020.
- [3] P. T. D. Rompas, "Analisis pembangkit listrik tenaga mikrohidro (PLTMH) pada daerah aliran Sungai Ongkak Mongondow di Desa Muntoi Kabupaten Bolaang Mongondow," *J. Penelit. Sainstek*, vol. 16, no. 2, pp. 160–171, 2011.
- [4] J. Desember, S. Sukamta, and A. Kusmanto, "Perencanaan Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Jantur Tabalas Kalimantan Timur," *J. Tek. Elektro Unnes*, vol. 5, no. 2, pp. 58–63, 2013, doi: 10.15294/jte.v5i2.3555.
- [5] Hendry T. B. Komplen, "Pembangkit mikrohidro terintegrasi beban komplemen," pp. 55–66, 2017.
- [6] P. Ayu Armi and Sepdian, "Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro," *J. Elektron. List. dan Teknol. Inf. Terap.*, vol. 1, no. 1, pp. 28–32, 2019, [Online]. Available: <https://ojs.politeknikjambi.ac.id/elti>.
- [7] K. Umurani, A. M. Siregar, and S. Al-Amin, "Pengaruh Jumlah Sudu Prototype Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro Tipe Whirlpool Terhadap Kinerja," *J. Rekayasa Mater. Manufaktur dan Energi*, vol. 3, no. 2, pp. 103–111, 2020, doi: 10.30596/rmme.v3i2.5272.
- [8] I. G. W. Putra, A. I. Weking, and L. Jasa, "Analisa Pengaruh Tekanan Air Terhadap Kinerja PLTMH dengan Menggunakan Turbin Archimedes Screw," *Maj. Ilm. Teknol. Elektro*, vol. 17, no. 3, p. 385, 2018, doi: 10.24843/mite.2018.v17i03.p13.
- [9] Shofiyul Qolbi, Aladin Eko Purkuncoro, "PERENCANAAN KELISTRIKAN PLTMH SEBAGAI SUMBER ENERGI LISTRIK TERBARUKAN M. Shofiyul Qolbi, Aladin Eko Purkuncoro," *Jurnal Mahasiswa Teknik Mesin D3 ITN Malang Vol. 03, No.01, Agustus 2019*
- [10] H. Darmawan Harsokoemo. 2000. Pengantar Perancangan Teknik/Perancangan produk. Bandung : Direktorat Jendral Pendidikan Tinggi Departemen Pendidikan Nasional
- [11] Ir.Ohan Juhana and M. Suratman, S.Pd. 2012. Menggambar Teknik Mesin Dengan STANDAR ISO. Bandung ; CV PUSTAKA GRAFIKA.

- [12] Karl T. Ulrich and Steven D. Eppinger. 2012. Product Design and Development. Fifth Edition. Published by McGraw-Hill, a business unit of The McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York. E-book.
- [13] Richard G. Budynas and J. Keith Nisbett. 2008. Shigley's Mechanical Engineering Design. Ninth Edition. by McGraw-Hill Companies, Inc., 1221 Avenue of the Americas, New York. E-book.
- [14] James M. Gere and Barry J. Goodno. 2013. Mechanics of Materials. Eighth Edition, SI. Global Engineering : Christopher M. Shortt 200 First Stamford Place, Suite 400 Stamford, CT 06902 USA. E-book.
- [15] Prof. Dr. Suharsimi Arikunto. 2010. PROSEDUR PENELITIAN suatu pendekatan praktik. Jakarta. Ed.rev. Cet. 14. Rineka Cipta.





## Lembar Kuisisioner Produk “Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Whirlpool Skala Prototype”

### Identitas Responden

Nama :  
 Usia :  
 Jenis Kelamin :  
 Fakultas/ Prodi :  
 Jabatan : Dosen/ Karyawan/ Mahasiswa  
 (coret yang tidak perlu)

### Petunjuk pengisian

Para pengisi kuisisioner di harapkan membaca petunjuk pengisian kuisisioner terlebih dahulu. Jawablah pertanyaan dibawah ini yang menyangkut harapan anda dalam memilih alat Turbin Whirlpool Skala Prototype yang anda inginkan dengan memberikan tanda silang (×) di kolom yang sesuai dengan jawaban anda :

1. Apakah anda setuju jika prodi mesin UMA memiliki alat Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH) Turbin Whirlpool Skala Prototype ?

YA                       TIDAK

2. Apakah anda pernah menggunakan turbin whirlpool skala prototype ?

YA                       TIDAK

3. Apakah Anda berniat untuk membeli alat turbin whirlpool skala prototype ?

YA                       TIDAK

4. Pengoperasian turbin whirlpool seperti apakah yang anda inginkan ?

Digital                       Manual

5. Alat penggerak jenis apa yang anda inginkan pada turbin whirlpool skala prototype ?

Aliran air sungai                       pompa air

6. Jenis pompa air apa yang anda ingin gunakan pada turbin whirlpool skala prototype ?

pompa air celup                       pompa air sumur dangkal

7. Berapakah kapasitas debit pompa air yang ingin anda gunakan pada turbin whirlpool skala prototype ?

66 liter/menit                       30 liter/menit

8. Berapakah kapasitas generator yang anda inginkan pada turbin whirlpool skala prototype ?

300 watt                       200 watt                       500 watt

9. Berapakah range harga yang anda inginkan untuk membeli sebuah alat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) turbin whirlpool skala prototype?

Rp. 7.500.000

Rp. 9.000.000

Rp. 11.000.000

10. Seberapa sering servis atau maintenance yang anda inginkan ?

6 bulan sekali

1 tahun sekali

tidak ada maintenance

11. Komponen pendukung apa yang anda harapkan ada pada alat pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH) turbin whirlpool skala prototype ?

kaca pelindung

kotak alat dan bahan

Saran dan Masukan : .....

.....

