

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro

2.1.1. Pengertian PLTMH

PLTMH merupakan pembangkit tenaga listrik dengan memanfaatkan aliran sungai (skala kecil) untuk menghasilkan daya listrik dengan menggunakan turbin air dengan generator. Turbin air berperan untuk mengubah *energi* air (*energi* potensial, tekanan dan *energi* kinetik) menjadi *energi* mekanik dalam bentuk putaran poros (Haryanto, 2017).

PLTMH memanfaatkan aliran air untuk menghasilkan *energi* listrik. Kapasitas dari PLTMH tidak melebihi dari 100 KW. Indonesia memiliki potensi air yang sangat besar dan belum dimanfaatkan secara optimal (Haryanto, 2017).

Pembangkit listrik tenaga air, merupakan sumber *energi* yang paling murah, karena merupakan transformasi *energi* dari *energi* kinetik berupa pergerakan aliran air menjadi *energi* listrik dengan memanfaatkan generator yang diputar dengan turbin air. Untuk memutar turbin air, diperlukan air dalam jumlah yang konstan sehingga putaran kincir yang memutar generator juga konstan. Semakin besar jumlah air yang memutar kincir maka semakin kuat *energi* kinetik yang dihasilkan, tentunya semakin besar *energi* yang kita dapatkan (Haryanto, 2017).

Sistem pembangkit listrik tenaga air skala kecil di bagi menjadi 3 golongan, yaitu : *pikohydro* dengan kapasitas dari beberapa watt sampai dengan 1 KW, *Microhydro* dengan kapasitas antara 1-100 KW, dan *minihydro* dengan kapasitas 100 KW sampai dengan 1 MW (Haryanto, 2017).

2.1.2. Potensi Air Sebagai Sumber Energi

(Haryanto, 2017) Potensi air sebagai sumber *energi* terutama digunakan sebagai penyedia *energi* listrik melalui pembangkit listrik tenaga air maupun *Microhydro*. Potensi tenaga air diseluruh Indonesia diperkirakan sebesar 75684 MW. Potensi dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik dengan

kapasitas 100 MW ke atas dengan jumlah sekitar 800 pengembangan *energi* air ini. Namun eksploitasi terhadap sumber *energi* yang satu ini juga harus memperhatikan ekosistem lingkungan yang sudah ada.

Pemanfaatan *energi* air pada dasarnya adalah pemanfaatan *energi* potensial gravitasi. *Energi* mekanik aliran air yang merupakan transaformasi dari *energi* potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan *energi* listrik sedangkan kincir air untuk pemanfaatan *energi* mekanik secara langsung. Pada umumnya untuk mendapatkan *energi* mekanik aliran air ini, perlu beda tinggi air yang diciptakan dengan menggunkan bendungan. Akan tetapi dalam menggerakkan kincir air, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya memadai (Haryanto, 2017).

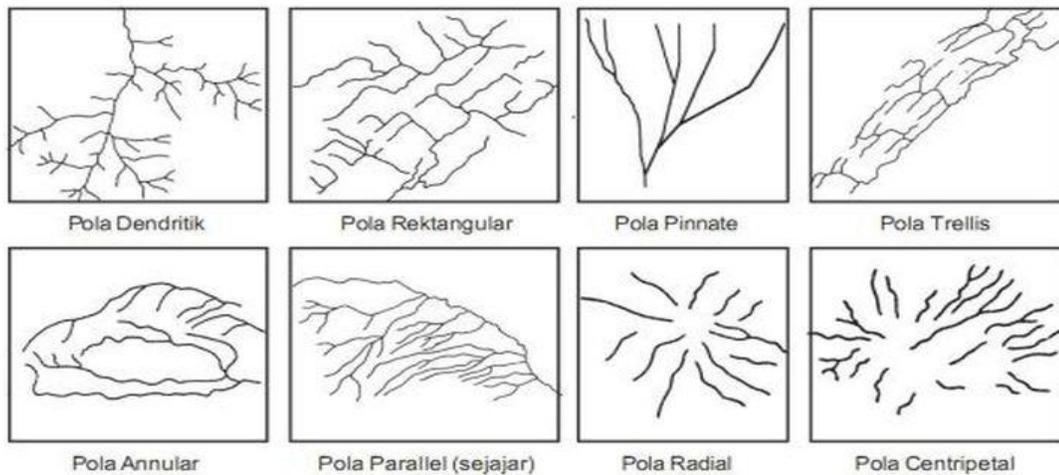
Pembangkit listrik *Prototype Microhydro* mengacu pada pembangkit listrik dengan skala dibawah 100 KW. Banyak daerah pedesaan diindonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik pada skala yang demikian. Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada di desa-desa tersebut dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya *energi* kesulitan jaringan listrik nasional untuk menjangkaunya (Haryanto, 2017).

2.1.3. Aliran Sungai

(Haryanto, 2017) Aliran sungai bias diartikan sebagai suatu pola dari sebuah organisasi atau kolerasi keruangan antara lembah-lembah dialiri sungai dan juga yang tidak dialiri sungai atau rawa kering. Pola aliran sungai ini dipengaruhi, Beberapa faktor antara lain lereng atau kemiringan, struktur, kekerasan bebatuan, sejarah geologi, sejarah diastrofisme, topografi, litologi bebatuan dasar serta gemorfologi. Oleh karena faktor tersebut maka pola aliran sungai juga bermanfaat digunakan dalam tenaga air pada dasarnya adalah sebuah kekuatan yang berasal dari *energi* air yang mengalir. Hal pertama yang perl diketahui adalah tenaga air merupakan sumber *energi* bersih yang terbarukan dan

tidak mencemari planet kita dengan emisi CO² yang berbahaya, tidak seperti pembakaran pada bahan bakar fosil. Meskipun tenaga air tidak menimbulkan polusi udara dan tidak berkontribusi pada masalah perubahan iklim seperti pada bahan bakar fosil, tenaga air tidak sepenuhnya merupakan sumber energi ramah lingkungan.

Energi air adalah energi yang telah dimanfaatkan secara luas di Indonesia yang dalam skala besar telah digunakan sebagai pembangkit listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari *energi* air. Dimasa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industry kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, *energi* yang dibangkitkan melalui system *Microhydro* diperkirakan akan tumbuh secara pesat (Haryanto, 2017).



Gambar 2.1 Pola Aliran sungai
Sumber: Haryanto, Agus. 2017

(Haryanto, 2017) mengungkapkan bahwa Pada dasarnya, ada 7 jenis pola aliran sungai. Pembagian ini didasarkan pada pola yang dibentuk sungai tersebut. Adapun jenis-jenis yang dimaksud sebagai berikut :

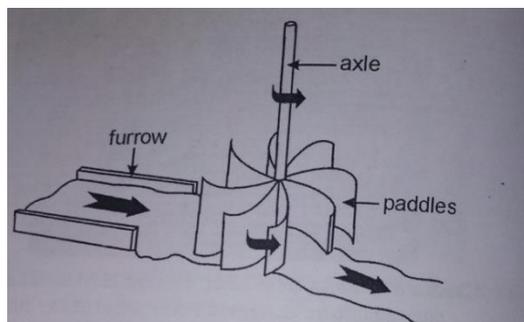
1. Pola aliran sungai *dendritik* merupakan pola aliran yang mempunyai percabangan batang pohon, percabangannya tidak teratur dan memiliki arah sudut yang beragam pola ini berkembang di bebatuan yang cenderung homogen dan tidak melalui control struktur. Pola aliran sungai yang satu ini tidaklah teratur dan umumnya dijumpai di wilayah dataran atau wilayah berpantai.
2. Pola aliran parallel merupakan pola yang cenderung sejajar ia dijumpai di wilayah perbukitan yang memanjang. Kemiringan lereng pada pola ini cenderung curam dan terjal.
3. Pola aliran *annular* merupakan pola aliran yang arahnya menyebar secara radial dimulai dari suatu titik yang tinggi dan kemudian berjalan ke arah hilir untuk selanjutnya kemudian menyatu dalam satu aliran.
4. Pola aliran sungai selanjutnya adalah *rectangular*, pola ini dibentuk cabang-cabang yang cenderung berkelok menyambung dan membentuk sudut-sudut yang tegak lurus dan memiliki liku-liku. Pola aliran yang satu ini umumnya dikendalikan oleh pola kekar atau juga bisa oleh potongan yang tegak lurus. *Rectangular* ini bisa terbentuk di bebatuan keras dengan lapis horizontal dan juga batuan kriptalin.
5. Pola aliran *trellis* memiliki bentuk yang panjang-panjang. Ia kerap juga disebut dengan nama pola trail pagar. Pola ini sering dijumpai pada sungai yang terletak di bebatuan dengan lupatan dan kemiringan yang kuat. Sungai-sungai besar dengan pola ini umumnya mengikuti singkapat bebatuan yang subsekan dan juga linak cabang sungainya dari arah kanan juga kiri merupakan jenis resekuensi atau juga obsekuensi.
6. Pola aliran radial biasa juga dikenal dengan nama pola aliran menyebar, ciri utamanya adalah aliran yang berbeda dalam hal arah. Menyebar ke segala penjuru baik itu ke utara, barat, timur maupun selatan. Pola ini umumnya ada pada wilayah penggunaan bentuk kerucut.
7. Pola aliran multi-basinal atau yang juga dikenal dengan nama pola aliran sungai memusat.

2.2 Jenis-Jenis Kincir Air

Kincir air dapat didefinisikan sebagai perlatan mekanis berbentuk roda (*wheel*), dengan sudu (*blades, bucket atau vane*) pada sekeliling tepi-tepinya, yang diletakan pada poros horizontal. Kincir air berarti kincir dengan media kerja air, disamping ada juga kincir angin dengan media kerja angin. Pada kincir air, air berpotensi pada tekanan atmosfer dan air mengalir melalui sudu-sudu, yang mengakibatkan kincir berputar pada putaran yang tertentu. Air mengalir dari permukaan atas (*head race*) ke permukaan bawah (*tail race*) melalui sudu-sudu tersebut. Berbagai jenis kincir air dapat ditemukan tergantung pada topografi daerah atau kebutuhan. Berdasarkan posisi dan pemasangannya, kincir dibedakan menjadi kincir horizontal dan vertikal (Haryanto, 2017).

2.2.1 Kincir Horizontal

Kincir horizontal memiliki sumbu vertikal, biasa disebut kincir tub atau kincir Norse. Kincir horizontal pada dasarnya adalah bentuk turbin modern yang sangat primitif dan tidak efisien. Biasanya dipasang didalam gedung di bawah lantai kerja. Sebuah semburan air diarahkan ke bilah kincir air, menyebabkan kincir itu berputar. Air keluar di bawah kincir, menyebabkan kincir itu berputar. Air keluar di bawah kincir, umumnya melalui bagian tengah. Ini adalah system yang sederhana, biasanya digunakan tanpa roda gigi sehingga poros vertikal kincir air menjadi poros penggerak penggiling.



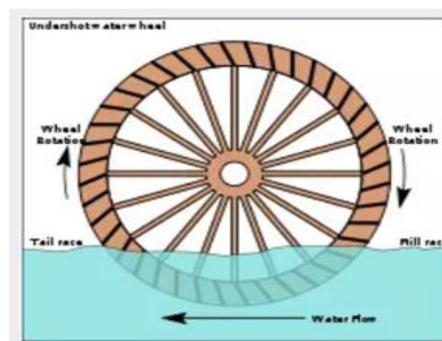
Gambar 2.2 kincir air horizontal

Sumber: Haryanto, Agus. 2017

2.2.2 Kincir Vertikal

Kincir vertikal memiliki sumbu horizontal dan dapat dibedakan menjadi 3 tipe yang didasarkan pada posisi dimana air menumbuk kincir.

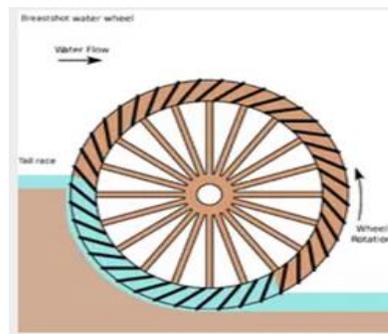
1. Kincir Arus (*Undershot*). Kincir *undershot* (juga disebut kincir arus) adalah kincir air yang dipasang secara vertikal yang diputar oleh dayung bilah di bagian bawah roda. Nama *undershot* berasal dari pukulan dibagian bawah kincir ini. Kincir air ini adalah yang paling tua. Keuntungan dari kincir *undershot* adalah biaya pembuatan lebih murah dan mudah, dan memiliki dampak lingkungan yang rendah karena tidak memerlukan perubahan yang besar pada sungai. Kelemahannya adalah seperti disebutkan sebelumnya efisiensinya rendah, yang berarti mengahilkan sedikit daya dan hanya dapat digunakan di mana laju air cukup untuk menghasilkan sedikit daya dan hanya dapat digunakan di mana laju air cukup untuk menghasilkan torsi. Kincir *undershot* tidak bisa memanfaatkan keuntungan dari tinggi head. Kincir ini paling cocok untuk aliran dangkal di wilayah datar. Kincir *undershot* juga cocok untuk instalasi pada *platform* mengambang. Kadang-kadang kincir ini dipasang pas di hilir dari jembatan dimana aliran air meningkat.



Gambar 2.3 Kincir Air *Undershot*
Sumber: Haryanto, Agus. 2017

2. Kincir *Breastshot* kincir air yang dipasang vertikal dan diputar oleh air yang jatuh menumbuk tepi kincir di ketinggian setengah kincir, atau di

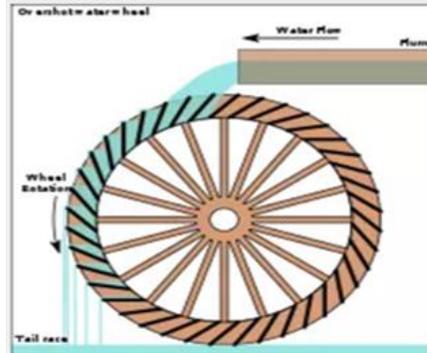
atasnya sedikit, dinamakan sebagai kincir *breastshot*. Kincir ini adalah yang paling umum di Amerika Serikat dan telah menghidupkan revolusi industri Amerika. Kincir breastshot kurang efisiensi dibanding kincir *overshot* tetapi lebih efisien dibanding kincir *undershot*. Bilah individu dari kincir breastshot sebenarnya adalah mangkok, dan tidak sederhana bilah pada kincir *undershot*. Kincir breastshot lebih diutamakan untuk aliran arus mantap dan bervolume tinggi.



Gambar 2.4 Kincir Air *Breastshot*
Sumber: Haryanto, Agus. 2017

3. Kincir *Overshot* kincir air yang dipasang vertikal yang diputar oleh air yang menumbuk bilah atau ember di dekat bagian atas kincir dinamakan kincir *overshot*. Kincir *overshot* sejati, air melewati bagian atas kincir, namun istilah *overshot* kadang-kadang juga dipakai pada kincir *pitchback* dimana airnya turun dibelakang kincir air. Kincir *overshot* biasanya memiliki air yang disalurkan ke roda di bagian atas dan sedikit diatas as kincir. Air yang terkumpul di ember di sisi kincir, membuatnya lebih berat daripada sisi lain yang “kosong”. Bobot akan memutar kincir, dan air terbuang saat putaran kincir untuk membalikan ember. Kincir *overshot* dapat menggunakan semua aliran air untuk daya dan tidak memerlukan aliran yang cepat. Tidak seperti kincir *undershot*, kincir *overshot* mendapatkan keuntungan ganda dari gravitasi. Pertama, momentum air yang mengalir sebagian ditransfer ke roda, dan kedua, berat air yang turun di ember kincir juga memberi

energi tambahan. Tenaga mekanik yang diperoleh dari kincir *overshot* ditentukan oleh ukuran fisik kincir dan tinggi head yang tersedia, sehingga sangat ideal untuk wilayah berbukit atau bergunung-gunung.



Gambar 2.5 Kincir *Overshot*
Sumber: Haryanto, Agus. 2017

2.3 Jenis-Jenis Turbin

Energi potensial air dapat dikonversi menjadi energi mekanis di dalam turbin melalui dua mekanisme fundamental yang sangat berbeda :

- Turbin Reaksi

Turbin reaksi. Tekan air dapat memberikan gaya pada permukaan bilah turbin, yang akan menurun ketika melewati turbin. Turbin yang bekerja dengan mekanisme ini dinamakan turbin reaksi. Turbin-turbin ini sepenuhnya tenggelam di dalam aliran air. Turbin *francis* dan *Kaplan* termasuk dalam kategori turbin reaksi. Turbin ini sesuai untuk ketinggian head dan laju alir yang besar. Turbin reaksi diputar oleh gaya reaksi air yang memukul bilah rotor. Tekanan cairan yang turun saat melewati bilah turbin, memberi sedikit energi pada bilah. Turbin ini dapat beroperasi pada ketinggian air yang sangat kecil hingga 0,6 m, namun membutuhkan jumlah air yang jauh lebih besar dibandingkan dengan turbin implus. Konsep ini diterapkan pada turbin *francis* dan kebanyakan turbin uap. Bentuk reaksi lainnya adalah efek hidrodinamika dari profil bilah yang digunakan oleh perancang untuk meningkatkan efisiensi daya turbin. Bilah kincir air yang didesain dengan baik dapat mencapai batas koefisien ($< 0,59$)

- Turbin Implus

Turbin implus. Tekanan air konversi menjadi energi kinetik sebelum memasuki turbin. Energi kinetik ini berbentuk semburan (jet) berkecepatan tinggi yang bekerja pada beberapa bilah, yang dipasang pada bagian tepi (periferi) turbin. Turbin yang bekerja dengan mekanisme ini dinamakan turbin implus. Daya yang dihasilkan oleh turbin implus secara integral merupakan hasil dari momen benturan air pada bilah turbin. Aliran air menciptakan dorongan langsung atau implus dari bilah, dan inilah alasan untuk nama turbin implus. Turbin *implus* yang paling umum adalah turbin *pelton* dan turbin *turgo*. Turbin ini sesuai untuk ketinggian head besar dan laju alir yang kecil.

2.4 Transmisi Sabuk / Belt



Gambar 2.6 V-Belt

Sumber : dokumentasi pribadi

Transmisi Sabuk / Belt : Belt adalah suatu elemen fleksibel yang dapat digunakan dengan mudah mentranmisi torsi dan gerakan berputar dari suatu komponen ke komponen lainnya, dimana belt tersebut dililitkan pada puli yang melekat pada poros yang akan berputar.

Belt digunakan jarak antara proses dengan motor penggerak yang relatif jauh, sehingga jika menggunakan sistem roda gigi cukup menjadi masalah baik dalam pembuatan maupun dalam biaya, sebab biaya pembuatan roda gigi relatif mahal jika dibandingkan dengan biaya pembuatan puli. Belt memindahkan tenaga melalui kontak antara *belt* dengan *pulley* penggerak dan pulley yang digerakkan. *Belt* digerakkan oleh gaya gesek penggerak, kemampuan belt untuk memindahkan tenaga tergantung pada kriteria berikut ini.

- Tegangan *belt* terhadap *pulley*.
- Gesekan antara *belt* dan *pulley*.
- Sudut kontak antara *belt* dan *pulley*.
- Kecepatan *belt*.

Kelebihan V-Belts

V-belts banyak digunakan untuk memindahkan beban antara pulley yang berjarak pendek. Gaya jepit ditimbulkan oleh bentuk alur V. Gaya tarik atau load yang lebih besar menghasilkan gaya jepit *belt* yang kuat. Keuntungan *V-belts* adalah seperti berikut.

- Gaya jepit *belt* memungkinkan sudut kontak yang lebih kecil dan perbandingan kecepatan yang lebih tinggi.
- Meredam kejutan terhadap motor dan bearing akibat perubahan beban.
- Memiliki level *vibrasi* dan noise yang lebih rendah.
- Mudah dan cepat dalam melakukan penggantian dan perawatan.
- Efisiensi transmisinya tinggi (mencapai 45%).

2.5 Pully

Pully merupakan salah satu dari berbagai macam transmisi. Puli dalam bahasa Inggris yaitu *pulley* (mungkin kata puli berasal dari kata *pulley*). Puli berbentuk seperti roda. Pada penggunaannya puli selalu berpasangan dan dihubungkan dengan sabuk (*belt*).



Gambar 2.7 Pully

Sumber : dokumentasi pribadi

2.5.1 Fungsi Puli

Puli memiliki fungsi antara lain:

- Mentransmisikan daya dari penggerak menuju komponen yang digerakkan,
- Mereduksi putaran,
- Mempercepat putaran,
- Memperbesar torsi,
- Memperkecil torsi.

2.5.2 Macam-macam Puli

Saat ini ada berbagai macam puli yang telah dikembangkan. Berikut beberapa macam puli yang ada di pasaran:

- Puli rata (*flat pulley*),
- Puli V (*V-pulley*),
- Puli poly-V
- Puli synchronous, dll.

2.5.3 Material Puli

Selain jenisnya yang beragam, material yang digunakan pada puli juga beragam. Berikut beberapa material yang digunakan untuk membuat puli:

- Baja (*steels*),
- Besi tuang (*cast irons*),
- Aluminium (*aluminum*),
- Plastik, dll.

2.6 Poliuretane

Pengertian Poliuretane

Poliuretana yang umumnya disingkat **PU**, adalah *polimer* yang terdiri atas sebuah rantai unit *organik* yang dihubungkan oleh tautan uretana (*karbamat*). Polimer poliuretana dibentuk oleh reaksi sebuah monomer yang mengandung setidaknya dua *gugus fungsionalisiasiat* dengan monomer

lainnya yang mengandung setidaknya dua gugus *alkohol* didorong dengan *katalis*. Perumusan poliuretana meliputi kekakuan, kekerasan, serta kepadatan yang amat beragam. Bahan-bahan ini di antaranya adalah:

- Busa fleksibel berdensitas (kepadatan) rendah yang digunakan dalam bekleding dan pelapisan,
- Busa kaku berdensitas rendah yang digunakan untuk isolasi termal dan dasbor mobil,
- Elastomer padat yang empuk yang digunakan untuk bantalan gel serta penggiling cetakan, dan
- Plastik padat yang keras yang digunakan sebagai bagian struktural dan bezel instrumen elektronik.

Poliuretana digunakan secara meluas dalam dudukan busa fleksibel berdaya lenting (daya pegas) tinggi, panel isolator busa yang kaku, segel busa mikroseluler dan gasket, roda dan ban karet yang tahan lama, senyawa pot elektrik, segel dan lem berkinerja tinggi, serat Spandeks, alas karpet, dan bagian plastik yang keras.

Berbagai produk dari poliuretana sering disebut "uretana". Jangan samakan poliuretana dengan substansi uretana yang spesifik, yang juga dikenal sebagai etil karbamat. Poliuretana tidak mengandung dan bukan hasil dari etil karbonat (Anonim, 2018).

2.7 Metode Penelitian

2.7.1 Metode Taguchi

(Anonim, 2018) mengungkapkan bahwa Metode Taguchi dicetuskan oleh Dr. Genichi Taguchi pada tahun 1949 saat mendapatkan tugas untuk memperbaiki sistem telekomunikasi di Jepang. Metode ini merupakan metodologi baru dalam bidang teknik yang bertujuan untuk memperbaiki kualitas produk dan proses serta dalam dapat menekan biaya dan *resources* seminimal mungkin. Sasaran metode Taguchi adalah menjadikan produk *robust* terhadap *noise*, karena itu sering disebut sebagai *Robust Design*. Definisi kualitas menurut Taguchi adalah kerugian yang diterima oleh masyarakat sejak produk tersebut dikirimkan. Filosofi Taguchi terhadap kualitas terdiri dari tiga buah konsep, yaitu:

1. Kualitas harus didesain ke dalam produk dan bukan sekedar memeriksanya.
2. Kualitas terbaik dicapai dengan meminimumkan deviasi dari target.
3. Produk harus didesain sehingga *robust* terhadap faktor lingkungan yang tidak dapat dikontrol.
4. Biaya kualitas harus diukur sebagai fungsi deviasi dari standar tertentu dan kerugian harus diukur pada seluruh sistem.

Langkah Penelitian Taguchi

(Anonim, 2018) mengungkapkan bahwa langkah-langkah penelitian dibagi menjadi tiga fase utama yang meliputi keseluruhan pendekatan eksperimen. Tiga fase tersebut adalah (1) fase perencanaan, (2) fase pelaksanaan, dan (3) fase analisis. Fase perencanaan merupakan fase yang paling penting dari eksperimen untuk menyediakan informasi yang diharapkan. Fase perencanaan adalah ketika faktor dan levelnya dipilih, dan oleh karena itu, merupakan langkah yang terpenting dalam eksperimen. Fase terpenting kedua adalah fase pelaksanaan, ketika hasil eksperimen telah didapatkan. Jika eksperimen direncanakan dan dilaksanakan dengan baik, analisis akan lebih mudah dan cenderung untuk dapat menghasilkan informasi yang positif tentang faktor dan

level. Fase analisis adalah ketika informasi positif atau negatif berkaitan dengan faktor dan level yang telah dipilih dihasilkan berdasarkan dua fase sebelumnya. Fase analisis adalah hal penting terakhir yang mana apakah peneliti akan dapat menghasilkan hasil yang positif. Langkah utama untuk melengkapi desain eksperimen yang efektif adalah sebagai berikut :

- **Perumusan masalah:** Perumusan masalah harus spesifik dan jelas batasannya dan secara teknis harus dapat dituangkan ke dalam percobaan yang akan dilakukan.
- **Tujuan eksperimen:** Tujuan yang melandasi percobaan harus dapat menjawab apa yang telah dinyatakan pada perumusan masalah, yaitu mencari sebab yang menjadi akibat pada masalah yang kita amati.
- **Memilih karakteristik kualitas (Variabel Tak Bebas):** Variabel tak bebas adalah variabel yang perubahannya tergantung pada variabel-variabel lain. Dalam merencanakan suatu percobaan harus dipilih dan ditentukan dengan jelas variabel tak bebas yang akan diselediki.
- **Memilih faktor yang berpengaruh terhadap karakteristik kualitas (Variabel Bebas):** Variabel bebas (faktor) adalah variabel yang perubahannya tidak tergantung pada variabel lain. Pada tahap ini akan dipilih faktor-faktor yang akan diselediki pengaruhnya terhadap variabel tak bebas yang bersangkutan. Dalam seluruh percobaan tidak seluruh faktor yang diperkirakan mempengaruhi variabel yang diselediki, sebab hal ini akan membuat pelaksanaan percobaan dan analisisnya menjadi kompleks. Hanya faktor-faktor yang dianggap penting saja yang diselediki. Beberapa metode yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang akan diteliti adalah *brainstorming*, *flowcharting*, dan *cause effect diagram*.
- **Mengidentifikasi faktor terkontrol dan tidak terkontrol:** Dalam metode Taguchi, faktor-faktor tersebut perlu diidentifikasi dengan jelas karena pengaruh antara kedua jenis faktor tersebut berbeda. Faktor terkontrol (*control factors*) adalah faktor yang nilainya dapat diatur atau dikendalikan,

atau faktor yang nilainya ingin kita atur atau kendalikan. Sedangkan faktor gangguan (*noise factors*) adalah faktor yang nilainya tidak bisa kita atur atau dikendalikan, atau faktor yang tidak ingin kita atur atau kendalikan.

- ***Penentuan jumlah level dan nilai faktor:*** Pemilihan jumlah level penting artinya untuk ketelitian hasil percobaan dan ongkos pelaksanaan percobaan. Makin banyak level yang diteliti maka hasil percobaan akan lebih teliti karena data yang diperoleh akan lebih banyak, tetapi banyaknya level juga akan meningkatkan ongkos percobaan.
- ***Identifikasi Interaksi antar Faktor Kontrol:*** Interaksi muncul ketika dua faktor atau lebih mengalami perlakuan secara bersama akan memberikan hasil yang berbeda pada karakteristik kualitas dibandingkan jika faktor mengalami perlakuan secara sendiri-sendiri. Kesalahan dalam penentuan interaksi akan berpengaruh pada kesalahan interpretasi data dan kegagalan dalam penentuab proses yang optimal. Tetapi Taguchi lebih mementingkan pengamatan pada *main effect* (penyebab utama) sehingga adanya interaksi diusahakan seminimal mungkin, tetapi tidak dihilangkan sehingga perlu dipelajari kemungkinan adanya interaksi.
- ***Perhitungan derajat kebebasan (degrees of freedom/dof):*** Perhitungan derajat kebebasan dilakukan untuk menghitung jumlah minimum percobaan yang harus dilakukan untuk menyelidiki faktor yang diamati.
- ***Pemilihan Orthogonal Array (OA):*** Dalam memilih jenis *Orthogonal Array* harus diperhatikan jumlah level faktor yang diamati yaitu:
 - Jika semua faktor adalah dua level: pilih jenis OA untuk level dua faktor
 - Jika semua faktor adalah tiga level: pilih jenis OA untuk level tiga faktor
 - Jika beberapa faktor adalah dua level dan lainnya tiga level: pilih yang mana yang dominan dan gunakan *Dummy Treatment*, Metode Kombinasi, atau *Metode Idle Column*.

- Jika terdapat campuran dua, tiga, atau empat level faktor: lakukan modifikasi OA dengan metode *Merging Column*
- **Penugasan untuk faktor dan interaksinya pada orthogonal array:** Penugasan faktor-faktor baik faktor kontrol maupun faktor gangguan dan interaksi-interaksinya pada orthogonal array terpilih dengan memperhatikan grafik linier dan tabel triangular. Kedua hal tersebut merupakan alat bantu penugasan faktor yang dirancang oleh Taguchi. Grafik linier mengindikasikan berbagai kolom ke mana faktor-faktor tersebut. Tabel triangular berisi semua hubungan interaksi-interaksi yang mungkin antara faktor-faktor (kolom-kolom) dalam suatu OA.
- **Persiapan dan Pelaksanaan Percobaan:** Persiapan percobaan meliputi penentuan jumlah replikasi percobaan dan randomisasi pelaksanaan percobaan.
- **Jumlah Replikasi:** Replikasi adalah pengulangan kembali perlakuan yang sama dalam suatu percobaan dengan kondisi yang sama untuk memperoleh ketelitian yang lebih tinggi. Replikasi bertujuan untuk: 1) Mengurangi tingkat kesalahan percobaan, 2) Menambah ketelitian data percobaan, dan 3) Mendapatkan harga estimasi kesalahan percobaan sehingga memungkinkan diadakan test signifikansi hasil eksperimen.
 - **Randomisasi:** Secara umum randomisasi dimaksudkan untuk:
 - 1) Meratakan pengaruh dari faktor-faktor yang tidak dapat dikendalikan pada semua unit percobaan,
 - 2) Memberikan kesempatan yang sama pada semua unit percobaan untuk menerima suatu perlakuan sehingga diharapkan ada kehomogenan pengaruh pada setiap perlakuan yang sama, dan
 - 3) Mendapatkan hasil pengamatan yang bebas (independen) satu sama lain. Pelaksanaan percobaan Taguchi adalah pengerjaan berdasarkan setting faktor pada OA dengan jumlah percobaan sesuai jumlah replikasi dan urutan seperti randomisasi.

- **Analisis Data:** Pada analisis dilakukan pengumpulan data dan pengolahan data yaitu meliputi pengumpulan data, pengaturan data, perhitungan serta penyajian data dalam suatu *lay out* tertentu yang sesuai dengan desain yang dipilih untuk suatu percobaan yang dipilih. Selain itu dilakukan perhitungan dan penyajian data dengan statistik analisis variansi, tes hipotesa dan penerapan rumus-rumus empiris pada data hasil percobaan.
- **Interpretasi Hasil:** Interpretasi hasil merupakan langkah yang dilakukan setelah percobaan dan analisis telah dilakukan. Interpretasi yang dilakukan antara lain dengan menghitung persentase kontribusi dan perhitungan selang kepercayaan faktor untuk kondisi perlakuan saat percobaan.
- **Percobaan Konfirmasi:** Percobaan konfirmasi adalah percobaan yang dilakukan untuk memeriksa kesimpulan yang didapat. Tujuan percobaan konfirmasi adalah untuk memverifikasi: 1) Dugaan yang dibuat pada saat model performansi penentuan faktor dan interaksinya, dan 2) setting parameter (faktor) yang optimum hasil analisis hasil percobaan pada performansi yang diharapkan.

2.7.2 Metode Eksperimental

Metode eksperimental adalah sebuah percobaan yang dilakukan melalui perubahan-perubahan terencana terhadap variabel input suatu proses atau sistem sehingga dapat ditelusuri penyebab dan faktor-faktor sehingga membawa perubahan pada output sebagai respon dari eksperimen yang telah dilakukan.

Metode penelitian ini diartikan sebagai metode yang digunakan untuk mencari pengaruh perlakuan terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Dalam hal ini penulis menggunakan kelas control variable sampel sebagai perbandingan maka penelitian ini juga bisa disebut eksperimen murni. Metode ini digunakan atas dasar pertimbangan bahwa sifat penelitian eksperimental yaitu mencoba sesuatu untuk mengetahui atau akibat dari suatu perlakuan. Disamping itu peneliti ingin mengetahui pengaruh variabel bebas

terhadap variabel terikat yang diselidiki atau diamati. Mengenai metode eksperimen ini Sugiono (2008:3) mengemukakan bahwa“secara umum metode penelitian diartikan sebagai cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu. Dan eksperimen menurut Sugiono (2008:107) adalah suatu penelitian yang digunakan untuk mencari perlakuan tertentu terhadap yang lain dalam kondisi yang terkendalikan. Berdasarkan metode penelitian tersebut peneliti menggunakan metode eksperimen. Jadi metode penelitian eksperimen merupakan rangkaian kegiatan percobaan dengan tujuan untuk menyelidiki sesuatu hal atau masalah sehingga diperoleh hasil.

Oleh sebab itu dalam metode eksperimen harus ada faktor yang di ujikan, dalam hal ini faktor yang di ujikan adalah pengaruh varisasi penambahan belah pipa, rasio pully dan jumlah sudu yang digunakan pada turbin air yang di buat