

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Potensi air dengan head yang memadai di Indonesia sangat cocok untuk pembangkit listrik berskala kecil, dan karena faktor penggunaan yang tidak secara maksimal maka perlu dikembangkan teknologi pembangkit berskala kecil yaitu Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro. Untuk memenuhi kebutuhan listrik di pedesaan dengan melihat potensi yang ada, pengembangan teknologi ini bisa menjadi salah satu terobosan yang terbaik.

PLTMH terdiri dari komponen utama yaitu reservoir, turbin air, generator listrik, dan instalasi perpipaan. Turbin air merupakan penggerak mula yang mengubah energi kinetik dan aliran fluida dengan kecepatan tinggi menjadi energi mekanik berupa putaran roda turbin. Energi mekanik kemudian digunakan untuk memutar generator sehingga menghasilkan listrik. Turbin air yang bisa digunakan salah satunya adalah jenis impuls, sebagai contoh adalah turbin pelton yang pertama kali dibuat oleh Alan Lester Pelton pada tahun 1875.

Dengan melihat pertimbangan tersebut dapat disimpulkan bahwa jenis turbin air yang cocok digunakan adalah turbin pelton. Karena konstruksinya yang tidak begitu rumit dan perhitungannya pun juga tergolong mudah. Salah satu cara yang digunakan untuk melakukan penelitian ini adalah dengan membuat replika turbin untuk PLTMH dengan menggunakan bantuan generator dan pompa air jet pump untuk memompa air yang sudah tersedia agar digunakan untuk memutar

generator dan menghasilkan listrik. Penelitian yang saya lakukan ialah mengetahui pengaruh variasi jumlah sudu terhadap daya output yang dihasilkan turbin pelton pada PLTMH. Pada penelitian ini dilakukan dengan memodifikasi sudu pada turbin dari penelitian ini dapat kita ketahui berapa jumlah sudu yang sesuai terhadap daya output yang dihasilkan sehingga dapat diterapkan di lapangan.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan uraian pada latar belakang diatas dapat diidentifikasi permasalahan nya yaitu berupa upaya untuk mengetahui efisiensi daya yang dihasilkan oleh generator. Secara spesifik permasalahan nya dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh jumlah sudu terhadap daya output pada turbin pembangkit listrik mikrohidro.
2. Apakah dengan memodifikasi jumlah sudu dapat mempengaruhi output daya yang dihasilkan turbin pembangkit listrik mikrohidro.

1.3 Batasan Masalah

Untuk menghindari perluasan pembahasan maka diberikan batasan batasan masalah sebagai berikut:

1. Jenis turbin yang digunakan adalah turbin air jenis pelton horizontal untuk melanjutkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya.
2. Runner yang digunakan pada turbin ialah berdiameter 10 inci dan jumlah sudu di variasikan menjadi 3 variasi.

1.4 Tujuan Penelitian

1. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh sudu yang dengan jumlah 3 variasi sudu dengan diameter yang sama.
2. Untuk mengetahui daya output yang dihasilkan turbin dengan menggunakan jumlah variasi sudu yang berbeda.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang akan didapat apabila penelitian ini berhasil sebagai berikut:

1. Bermanfaat bagi penulis untuk menyelesaikan pendidikan sarjana.
2. Menambah wawasan dari penggunaan PLTMH.
3. Dapat dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai acuan untuk pembuatan PLTMH di pedesaan
4. Bermanfaat untuk peneliti lain nya yang mengembangkan hasil penelitian ini serta dapat dijadikan sebagai pembanding dalam penelitian dengan topik yang sama.

BAB 2

LANDASAN TEORI

2.1 Turbin Air

Turbin air adalah turbin yang menggunakan fluida kerja air. Air mengalir dari tempat tinggi ke tempat rendah. Dalam hal tersebut air memiliki energi potensial. Dalam proses aliran di dalam pipa energi potensial berangsur-angsur berubah menjadi energi kinetik. Di dalam turbin, energi kinetik air diubah menjadi energi mekanis, di mana air memutar roda turbin.

2.1.1 Prinsip Kerja Turbin Air

Pada roda turbin terdapat sudu, yaitu suatu konstruksi lempengan dengan bentuk dan penampang tertentu, air sebagai fluida kerja mengalir melalui ruangan diantara sudu tersebut, dengan demikian roda turbin akan dapat berputar dan pada sudu akan ada gaya yang bekerja. Gaya tersebut akan terjadi karena ada perubahan momentum dari fluida kerja air yang mengalir diantara sudu-sudunya. Sudu hendaknya dibentuk sedemikian rupa sehingga dapat terjadi perubahan momentum pada fluida kerja air tersebut.

2.1.2 Jenis-jenis Turbin

Pengelompokkan jenis turbin dapat didasarkan dari cara kerjanya, konstruksinya (susunan poros dan pemasukkan air) dan kecepatan spesifiknya.

a. Jenis turbin menurut cara kerjanya:

1. Turbin aksi atau turbin impuls

Adalah turbin yang berputar karena adanya gaya impuls dari air. Yang termasuk kedalam turbin jenis ini yaitu turbin pelton.

2. Turbin reaksi

Air masuk kedalam jaringan dalam keadaan bertekanan dan kemudian mengalir ke sudu. Yang termasuk kedalam jenis ini adalah turbin francis dan kaplan.

b. Jenis turbin berdasarkan susunan poros:

1. Turbin poros horisontal, yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin propeller dan turbin pelton.
2. Turbin poros vertikal, yang termasuk turbin jenis ini adalah turbin crossflow, francis dan kaplan.

2.1.3 Klasifikasi Turbin Air Berdasarkan Sistem Aliran

Air Pendorong Turbin air digerakkan karena adanya dorongan aliran air yang tinggi sehingga dapat memutar sudu-sudu turbin.

Berikut klasifikasi turbin air berdasarkan aliran arah tembak fluida yaitu Overshot, Undershot dan Breastshot.

1. Overshot Tipe overshot adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian atas turbin. Keuntungan dari penggunaan tipe overshot ialah:
 - a. Tingkat efisiensi yang tinggi dapat mencapai 85%.
 - b. Tidak membutuhkan aliran yang deras.
 - c. Konstruksi yang sederhana.
 - d. Mudah dalam perawatan.

- e. Teknologi yang sederhana mudah diterapkan di daerah yang terpencil.

Sedangkan kerugian dari tipe overshoot yaitu:

- a. Karena aliran air berasal dari atas maka biasanya reservoir air atau bendungan air memerlukan investasi lebih banyak.
- b. Tidak dapat digunakan untuk mesin putaran tinggi.
- c. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.

2. Undershot Tipe undershot adalah turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian bawah turbin. Keuntungan dari penggunaan tipe undershot ialah:

- a. Membutuhkan ruang yang lebih luas untuk penempatan.
- b. Konstruksi lebih sederhana.
- c. Lebih ekonomis.
- d. Mudah untuk di pindahkan.

Sedangkan kerugian dari tipe undershot yaitu:

- a. Efisiensi kecil(25%-70%)
- b. Daya yang dihasilkan relatif kecil

3. Breastshot Tipe breastshot adalah tipe turbin air yang aliran air pendorongnya menabrak sudu pada bagian tengah turbin. Keuntungan dari tipe Breastshot yaitu:

- a. Tipe ini lebih efisiensi dari tipe undershot.
- b. Dibandingkan tipe overshoot tinggi jatuhnya lebih pendek.
- c. Dapat diaplikasikan pada sumber air aliran rata.

Sedangkan kerugian dari tipe breastshot yaitu:

- a. Sudu-sudu dari tipe ini tidak rata seperti tipe undershot (lebihrumit).
- b. Diperlukan pada arus aliranrata.
- c. Efisiensi lebih kecil daripada tipe overshoot (20% -75%).

2.2 Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) adalah pembangkit listrik berskala kecil (< 100 kW) yang memanfaatkan tenaga (aliran) air sebagai sumber penghasil energi. PLTMH termasuk sumber energi terbarukan dan layak disebut clean energy karena ramah lingkungan. Tenaga air berasal dari aliran sungai kecil atau danau yang dibendung dan kemudian dari ketinggian tertentu dan memiliki debit yang sesuai akan menggerakkan turbin yang dihubungkan dengan generator listrik. Semakin tinggi jatuhan air maka semakin besar energi potensial air yang dapat diubah menjadi energi listrik. Klasifikasi umum pembangkit listrik tenaga air dapat dilihat pada tabel 2.1

Tabel 2.1 Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air

Tipe	Kapasitas(kW)
MikroHidro	< 100
MiniHidro	101 – 2000
SmallHidro	2001 – 25000
LargeHidro	>25000

Pembangkit tenaga air merupakan suatu bentuk perubahan tenaga dari tenaga air dengan ketinggian dan debit tertentu menjadi tenaga listrik, dengan menggunakan turbin air dan generator. Bentuk pembangkit tenaga mikro hidro bervariasi, tetapi prinsip kerjanya adalah sama yaitu perubahan tenaga potensial menjadi tenaga listrik. Perubahan energi tersebut tidak terjadi secara langsung, tetapi berturut-turut melalui perubahan sebagai berikut.

1. Tenaga potensial menjadi tenaga kinetik.
2. Tenaga kinetik menjadi tenaga mekanik.
3. Tenaga mekanik menjadi tenaga listrik.

Tenaga potensial adalah tenaga air karena berada pada ketinggian. Energi kinetik adalah tenaga air karena mempunyai kecepatan. Tenaga mekanik adalah tenaga kecepatan air yang terus memutar kincir atau turbin. Tenaga listrik adalah hasil dari generator yang berputar akibat berputarnya kincir atau turbin. Keuntungan Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro (PLTMH) ialah:

1. PLTMH ini cukup murah karena menggunakan energi alam.
2. Memiliki konstruksi yang sederhana dan dapat dioperasikan di daerah terpencil.
3. Tidak menimbulkan pencemaran pada lingkungan.
4. Dapat dipadukan dengan program lainnya seperti irigasi dan perikanan.
5. Dapat mendorong masyarakat agar dapat menjaga kelestarian hutan sehingga ketersediaan air terjamin.

Peningkatan kebutuhan suplai daya ke daerah-daerah pedesaan di sejumlah negara, sebagian untuk mendukung industri-industri dan sebagian untuk

menyediakan penerangan di malam hari. Kemampuan pemerintah yang terhalang oleh biaya yang tinggi untuk perluasan jaringan listrik, membuat Mikrohidro memberikan sebuah alternatif ekonomi ke dalam jaringan. Hal ini di karenakan Skema Mikrohidro yang mandiri dapat menghemat dari jaringan transmisi, karena skema perluasan jaringan tersebut biasanya memerlukan biaya peralatan dan pegawai yang mahal. Potensi sumber daya air yang melimpah di Indonesia karena banyak terdapatnya hutan hujan tropis, membuat kita harus bisa mengembangkan potensi ini, karena air adalah sebagai sumber energi yang dapat terbarukan dan alami. Bila hal ini dapat terus dieksplorasi, konversi air menjadi energi listrik sangat menguntungkan bagi negeri ini. Di Indonesia telah terdapat banyak sekali PLTMH dan waduk untuk menampung air, tinggal bagaimana kita dapat mengembangkan PLTMH menjadi lebih baik lagi dan lebih efisien. Pada umumnya dalam sebuah PLTMH terdapat beberapa komponen-komponen besar diantaranya yaitu:

1. Bangunan Pemasok Air

Pada umumnya bangunan pemasok air pada PLTMH adalah bangunan terjun (airterjun) dan saluran irigasi yang memiliki potensi air tinggi.

2. Bak Penenang

Bak penenang berfungsi menampung aliran air dari saluran irigasi sebagai cadangan kekurangan debit air yang akan digunakan, untuk kemudian dialirkan melalui pipa pesat.

3. Pipa Pesat

Syarat – syarat pipa pesat harus dapat bertugas sebagai pengantar air dan tidak bocor serta harus dapat mengimbangi tekanan air.

4. Turbin

Turbin merupakan bagian penting dari sistem mikro hidro yang menerima energi potensial dari air dan mengubahnya menjadi energi mekanik (putaran). Kemudian energi mekanik ini akan memutar sumbu turbin pada generator.

5. Generator

Berdasarkan arus yang dihasilkan, generator dapat dibedakan menjadi dua macam, yaitu generator AC dan generator DC. Generator AC menghasilkan arus bolak-balik (AC) dan generator DC menghasilkan arus searah (DC). Baik arus bolak-balik maupun searah dapat digunakan untuk penerangan dan alat-alat pemanas.

2.3 Prinsip Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro (PLTMH)

PLTMH pada prinsipnya memanfaatkan beda ketinggian dan jumlah debit air per detik yang ada pada aliran air saluran irigasi, sungai atau air terjun. Aliran air ini akan memutar poros turbin sehingga menghasilkan energi mekanik. Energi ini selanjutnya menggerakkan generator dan generator menghasilkan listrik.

Sebuah skema mikro hidro memerlukan dua hal yaitu, debit air dan ketinggian jatuh (*head*) untuk menghasilkan tenaga yang dapat dimanfaatkan. Hal ini adalah sebuah sistem konversi energi dari bentuk ketinggian dan aliran (energi potensial) ke dalam bentuk energi mekanik dan energi listrik. Donald, 1994.

2.4 Klasifikasi Jenis-jenis Turbin

Berikut jenis-jenis turbin yang digunakan sesuai dengan head air jatuh yang dapat dilihat pada tabel 2.2

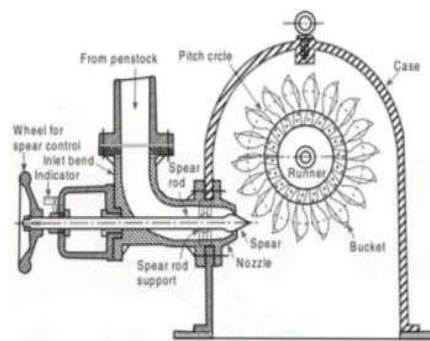
Tabel 2.2 Jenis-jenis Turbin dengan Head Air Jatuh

Jenis Turbin	Head(m)
Kaplan	$2 < H < 20$
Francis	$10 < H < 350$
Pelton	$50 < H < 1000$
Crossflow	$6 < H < 100$
Turgo	$50 < H < 250$

a. Turbin Pelton

Turbin Pelton merupakan pengembangan dari turbin impuls yang ditemukan oleh S.N.Knight (1872) dan N.J.Colena (1873) dengan pasang mangkok-mangkok pada roda turbin. Setelah itu turbin impuls dikembangkan oleh orang Amerika Lester G.Pelton (1880) yang melakukan perbaikan dengan penerapan mangkok ganda simetris, punggung membelah membagi jet menjadi dua paruh yang sama yang dibalikan menyamping. Pada turbin pelton putaran terjadi akibat pembelokan pada mangkok ganda runner. Oleh sebab itu, turbin pelton disebut juga sebagai turbin pancaran bebas. Jenis turbin yang mengandalkan suatu reaksi impuls dari suatu daya yang dihasilkan dari daya hidrolisis. Semakin tinggi head yang dimiliki maka semakin baik untuk turbin jenis ini. Walaupun N_s (kecepatan spesifik) relatif kecil tapi memungkinkan untuk kecepatan yang tinggi dengan

ketentuan jumlah nozel yang banyak dalam meningkatkan daya yang lebih tinggi. Sehingga jika putaran dari generator yang dikopel ke turbin semakin tinggi, maka generator yang digunakan akan semakin murah. Penampilan dari turbin Pelton ditunjukkan pada gambar dibawah ini.



Gambar2.1Turbin Pelton

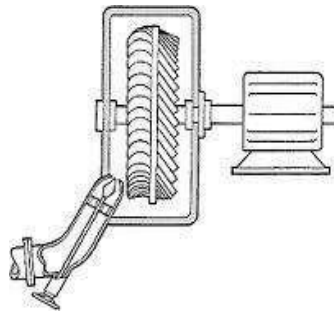
Turbin Pelton terdiri dari satu set sudu jalan yang diputar oleh pancaran air yang disemprotkan dari satu atau lebih alat yang disebut nozel. Turbin Pelton adalah salah satu dari jenis turbin air yang paling efisien. Turbin Pelton adalah turbin yang cocok digunakan untuk head tinggi. Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian sehingga pancaran air akan mengenai tengah-tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya gaya samping. Untuk turbin dengan daya yang besar sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa nozel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan sudu lebih kecil. Semburan air dari nozel akan menumbuk sudu ditengah-tengah nya dan sesuai dengan perimbangan tempatnya, air pancar tersebut akan belok kedua arah supaya ada kemungkinan membalikinya.

Air bisa diarahkan tegak lurus, untuk itu penampung sudu sebelah luar harus ditinjau. Supaya mendapatkan efisiensi yang baik turbin Pelton harus mempunyai hubungan antara kecepatan tangensial dan kecepatan pancaran air. Kecepatan pancaran dan kecepatan tangensial turbin Pelton mempunyai arah yang sama untuk aliran masuk. Dengan adanya head yang telah ditentukan mengakibatkan adanya pancaran air yang menggerakkan roda turbin Pelton dengan kecepatan tangensial. Karena tinggi jatuh sudah pasti tidak dapat dirubah lagi, maka dalam penyelesaian turbin selanjutnya ada dua alternatif pilihan yaitu kecepatan putar roda dan jumlah nozel.

Mikro Bentuk sudu turbin terdiri dari dua bagian yang simetris. Sudu dibentuk sedemikian rupa sehingga pancaran air akan mengenai bagian tengah sudu dan pancaran air tersebut akan berbelok ke kedua arah sehingga bisa membalikkan pancaran air dengan baik dan membebaskan sudu dari gaya samping. Untuk turbin dengan daya besar, sistem penyemprotan airnya lewat beberapa nozel. Dengan demikian diameter pancaran air bisa diperkecil dan ember sudu lebih kecil. Turbin Pelton untuk pembangkit skala besar membutuhkan head ± 150 meter tetapi untuk skala head 20 meter sudah mencukupi.

b. Turbin Turgo

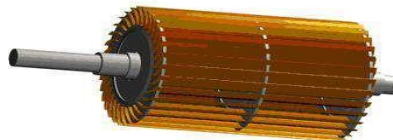
Turbin Turgo dapat beroperasi pada head 30 s/d 300 m. Seperti halnya dengan turbin pelton, turbin turgo juga merupakan turbin impuls, tetapi sudunya berbeda yakni memiliki konstruksi sudu yang disusun secara sinusoidal.



Gambar 2.2 TurbinTurgo

c. Turbin Crossflow

Salah satu jenis turbin impuls ini juga dikenal dengan nama Turbin Michell-Banki yang merupakan penemunya. Selain itu juga disebut Turbin Osberger yang merupakan perusahaan yang memproduksi turbin crossflow. Turbin crossflow dapat dioperasikan pada debit 20 L/sekon hingga 10000 L/ sekon dan head antara 1 s/d 200 m.



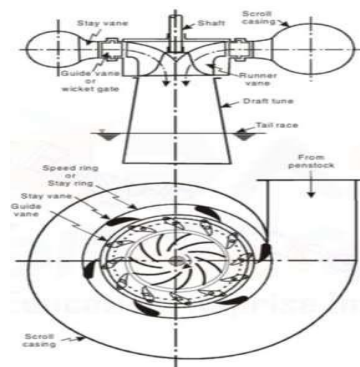
Gambar 2.3 Turbin Crossflow

b. Turbin Francis

Turbin Francis paling banyak digunakan di Indonesia. Turbin ini digunakan pada PLTA (Pembangkit Listrik Tenaga Air) dengan tinggi terjun sedang, yaitu antara 20-400 meter. Turbin Francis digunakan untuk memanfaatkan energi potensial pada ketinggian menengah (dari beberapa puluh meter sampai 100 m). Selain itu turbin Francis dapat menghasilkan kecepatan putaran poros tinggi yang biasanya digunakan untuk menggerakkan generator. Teknik mengkonversikan energi

potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui proses reaksi sehingga turbin Francis juga disebut sebagai turbin reaksi. Bagian-bagian utama turbin Francis ialah:

1. Rumah spiral (scroll-case) yang menerima air dari pipa pesat dan mengarahkan aliran air ke turbin. Fungsi rumah spiral adalah membagi rata air yang di terima dari pipa pesat sekeliling turbin.
2. Runner (sudu gerak) dan Sudu pengarah (nozzle) yang meneruskan air dari turbin kesaluran pembuangan. Dixon, 2010.

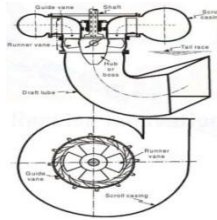


Gambar 2.4 Turbin Francis

c. Turbin Kaplan/Propeller

Disebut turbin Propeller apabila mangkok-mangkok turbinnya tetap, sedangkan turbin Kaplan memiliki mangkok-mangkok turbin yang dapat diatur. Turbin Kaplan/Propeller baik digunakan pada PLTA dengan tinggi terjun yang rendah, yaitu dibawah 20 meter. Teknik mengkonversikan energi potensial air menjadi energi mekanik pada roda air turbin dilakukan melalui pemanfaatan kecepatan air. Bagian-bagian utama sama dengan turbin Kaplan/Propeller yaitu:

1. Rumah spiral (scroll-case)
2. Runner
3. Pipa pelepasair (drafttube)



Gambar 2.5 Turbin Kaplan/Propeller

Pemilihan jenis turbin dapat ditentukan berdasarkan kelebihan dan kekurangan dari jenis-jenis turbin untuk desain yang sangat spesifik. Tahap awal, pemilihan jenis turbin dapat diperhitungkan dengan memperhitungkan parameter-parameter khusus yang mempengaruhi sistem operasi turbin yaitu:

1. Faktor tinggi jatuh efektif air (tinggi jatuh net) atau aliran air (kecepatan) dan debit air yang akan mempengaruhi pemilihan jenis turbin.
2. Faktor daya yang diinginkan berkaitan dengan debit dan tinggi jatuh yang tersedia.
3. Faktor kecepatan putar turbin yang akan di transmisikan kegenerator. Sebagai contoh, untuk sssystem transmisi derect couple antara generator dan turbin pada tinggi jatuh rendah, sebuah turbin reaksi (propeller) dapat mencapai putaran yang diinginkan, sementara turbin pelton dan crossflow berputar sangat lambat (low speed) yang akan menyebabkan system tidak beroperasi.

Ketiga faktor diatas sering digunakan untuk menentukan (kecepatan spesifik turbin). Pemilihan jenis turbin dapat dilakukan dengan melihat grafik karakteristik hubungan antara tinggi jauh net (m) dan debit aliran (m^3/s) agar didapatkan jenis turbin yang cocok sesuai dengan kondisi pengoperasiannya.

2.5 Teori Dasar Aliran

Air yang mengalir mempunyai energi yang dapat digunakan untuk memutar roda turbin, karena itu pusat-pusat tenaga air dibangun di sungai sungai dan di pegunungan. Pusat tenaga air tersebut dibedakan dalam dua golongan yaitu pusat tenaga air tekanan tinggi dan pusat tenaga air tekanan rendah. Dengan didirikannya bendungan di daerah yang tinggi mempunyai energi daya yang besar dan terdapat sebuah reservoir air yang cukup besar. Dengan menggunakan pipa, air tersebut dialirkan ke rumah pesat tenaga yang dibangun dibagian bawah bendungan dan didalam rumah tersebutlah dipasang nosel. Melalui nosel air memancarkan keluar dan memutar roda turbin.

2.6 Debit Aliran

Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk volume air) yang melewatisuatu penampang melintang sungai per satuan waktu. Sistem satuan SI besarnya debit dinyatakan dalam satuan meter kubik per detik (m^3/dt). Dalam laporan-laporan teknis, debit biasanya ditunjukkan dalam bentuk hidrograf aliran. ChayAsdak, 2007:190.

Pengukuran debit aliran dapat dilakukan dengan mengukur waktu tempuh pelampung untuk panjang atau jarak tertentu yang ditentukan. Dari besaran jarak

dan waktu dapat dihitung kecepatan air. Karena pelampung hanyam engukur kecepatan pada permukaan air diperlukan modifikasi (mengisi pelampung dengan air agar massa jenis nya hamper sama dengan air sehingga melayang agar kecepatan nya bisa mewakili seluruh luas penampang. MenikWindarti,2014. PLTMH skala kecil sangat tergantung dengan ketersediaan air dan kondisi alam sekitar pembangkit, untuk itu perkiraan debit air dan maksimum sangat penting dalam suatu perencanaan.

2.7. Aliran Melalui Sudu

Pola Aliran Pada *Inlet* dari sudu yang berputar dengan kecepatan sudut ω konstan dapat dijelaskan melalui segitiga kecepatan. Kecepatan absolut C_1 pada *Inlet* sudu edibagi menjadi komponen dengan arah meridian dari kecepatan keliling $U_1 = \omega r_1$ dari kecepatan relative W_1 . Komponen dengan arah meridian dari kecepatan absolut adalah C_{r1} dan komponen arah tangensial yang searah dengan kecepatan keliling adalah C_{u1} . Kecepatan absolut pada sisi outlet C_2 dibagi menjadi komponen kecepatan keliling $U_2 = \omega \cdot r_2$ dan kecepatan relative W_2 Sudut antara vector kecepatan relative W_1 dan ecepatan peripheral U_1 disebut β_1 . Sedangkan sudut antara Vektor dengan kecepatan absolut C_1 dan kecepatan tangensial C_1 disebut α_1 . pada turbin velton sudut α_1 adalah nol karena aliran masuk sudu adalah arah tangensial sehingga arah komponen kecepatan U_1, W_1 dan C_1 adalah sama arahnya sehingga diperoleh Hubungan yaitu $C_{u1} = C_u = W_1 + U_1$. Harga kecepatan U_1 akan sama dengan U_2 jika aliran yang melewati bucket tidak megalami kerugian energi. Maka aliran yang terbentuk akan mengalir secara tangensial terhadap kelengkungan sudu sampai ujung keluar sudu dimana antara

Vektor kecepatan relative outlet W_2 dan vector kecepatan keliling U_2 akan membentuk β_2 biasanya pada turbin pelton berkisar antara 40° sampai 10° karena tidak mungkin untuk mendefleksikan aliran sampai 180° . Tiar , 2010.

2.8 Sudu atau Bucket

Sudu turbin pelton berbentuk seperti mangkuk dengan bagian dalam yang melengkung ke arah dalam dan bagian atasnya berbentuk runcing seperti pada Gambar 2.6. Pemanfaatan tinggi air jatuh (*head*) memiliki hubungan yang erat dengan bentuk sudu turbin. Untuk *head* jatuh air yang tinggi kelengkungan sudu akan lebih tajam semakin tinggi *head* jatuh air bentuk sudu akan semakin melengkung kedalam. Untuk tinggi air jatuh yang rendah kelengkungan sudu tidak terlalu melengkung. Pembuatan sudu dari belahan pipa atau konstruksi las dengan bahan plat baja sama sekali tidak dianjurkan karena kekokohannya kurang dan efisiensinya rendah. Sudu bisa dibuat dari beragam bahan. Gambar 2.6 sudu(*bucket*) dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2.6 Bucket

2.9 Runner

Runner turbin pelton terdiri atas cakra dan beberapa sudu yang terpasang disekelilingnya seperti pada Gambar 2.7. Sudu dipasang dengan pengunci baut ataupun dapat di las senyawa dengan cakra. Cakra dipasang ke poros dengan

sambungan pasak atau dengan pengunci baut. Besarnya *head* jatuh air yang dirancang menentukan ukuran besarnya diameter runner yang digunakan, semakin tinggi ataupun besar *head* jatuh air maka ukuran *runner* akan lebih baik jika semakin besar. Pemilihan diameter runner tergantung kepada kecepatan spesifik yang telah dirancang untuk turbin. Untuk turbin dengan pemilihan kecepatan putar yang tinggi maka akan dapat ukuran roda turbin yang kecil, momen yang kecil, dan poros yang kecil. Gambar 2.7 runner dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2.7 Runner

2.10 Generator

Generator adalah suatu alat atau mesin yang merubah energi mekanik menjadi energi listrik. Dimana energi mekanik didapatkan dari energi potensial dan kinetik yang akan menggerakkan rotor melalui poros penghubung pada generator. Untuk PLTMH, energi potensial diperoleh dari sumber daya air. Energi potensial akan mendorong sudu atau impeler pada turbin sehingga timbul energi kinetik. Energi ini diubah oleh generator menjadi energi listrik melalui lilitan kumparan stator dan magnet rotor. Indriani, 2015.

Generator dikelompokkan menjadi generator sinkron dan unsinkron dimana generator sinkron bekerja pada kecepatan dan frekuensi konstan. Keluaran dari generator unsinkron adalah arus searah (DC).

Pada penelitian ini yang digunakan adalah generator unsinkron atau juga bisa disebut generator DC (arus searah). Generator tersebut dikopel dengan turbin. Berdasarkan *Pulley* yang terdapat pada ujung belakang poros turbin memutar generator. Listrik yang dihubungkan dengan *pulley* pada generator menggunakan *belt*. Semakin cepatnya perputaran turbin, maka putaran generator juga akan semakin cepat. Generator sinkron terdiri atas komponen stator (rangka, inti, slot dan gigi, kumparan), rotor (slip ring, kumparan, poros) dan prime mover. Stator berfungsi sebagai penerima induksi magnet dari rotor dimana arus AC disalurkan melalui armature ke beban. Stator berbentuk rangka silinder dengan jumlah lilitan kawat konduktor yang banyak. Stator terbuat dari bahan ferromagnetik dan dilaminasi untuk mengurangi rugi-rugi arus pusar. Kualitas inti ferromagnetik yang baik akan memiliki permeabilitas dan resistivitas bahan tinggi. Rotor berfungsi untuk menghasilkan tegangan yang dibangkitkan oleh medan magnet dan diinduksikan ke stator. Bentuk rotor pada generator ada yang berbentuk kutub sepatu (*salient pole*) dan silindris (celah udara yang sama jaraknya).

Generator bekerja berdasarkan prinsip kerja induksi elektromagnetik atau fluksi yang kemudian mengubah energi listrik. Azas generator yang bekerja berdasarkan : Hukum Induksi Faraday : “Apabila jumlah garis gaya yang melalui kumparan diubah, maka gaya gerak listrik diinduksikan dalam kumparan itu. Besarnya gaya

gerak listrik yang diinduksikan berbanding lurus dengan laju perubahan jumlah garis gaya melalui kumparan”.



Gambar 2.8 Generator

2.11 Nozzle

Nozzle merupakan bagian dari turbin, didalam *nozzle* tekanan air dirubah menjadi kecepatan. Nozzle terdiri atas bagian selubung serupa hidung yang dipasang pada belokan pipa, dan jarum nosel yang bisa digerakkan didalam belokan pipa. Kerucut jarum dan selubung, yang cepat aus, dibuat dari bahan bermutu tinggi serta mudah untuk diganti. Diameter *nozzle* suatu turbin juga disesuaikan dengan tinggi jatuh air (*head*) dan kapasitas air yang masuk , untuk turbin dengan tinggi jatuh yang besar dan daya yang besar sistem penyemprotan airnya dibagi lewat beberapa *nozzle*. Gambar 2.9 *nozzle* dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2.9 Nozzle

Parameter dan bagian utama dari nozzle ke turbin pelton dapat ditentukan dengan persamaan sebagai berikut :

Debit air yang masuk ke pipa

$$Q = v/t \dots\dots\dots(2.7)$$

Dimana : Q = Debit Air (m/s)

v = Volume Tabung ukur (m)

t = waktu (s)

Kecepatan Pancaran Keluar nozzle :

$$V = Q/A_n \dots\dots\dots(2.8)$$

Dimana : v = Kecepatan pancaran jet keluar nozzle (m/s)

Q = Debit Air (m/s)

A_n = Luas penampang Nozzle (m³)

2.12 Bantalan

Bantalan merupakan bagian penting dari turbin, alat ini berfungsi sebagai penompang dari poros turbin. Putaran poros turbin dapat berlangsung secara halus, aman dan panjang umur. Bantalan harus cukup kokoh untuk memungkinkan poros bekerja dengan baik.

Bantalan yang dimana sebagai penahan antara poros agar tidak melakukan gaya yg tidak di inginkan dari poros penggerak dimana pada bantalan ini menggunakan bering agar memaksimalkan putaran dari poros turbin agar kinerja

lebih maksimal untuk memberikan putaran yg di butuhkan dalam kinerja turbin pelton.



Gambar 2.11 Bantalan

2.13 Pompa Air

Pompa air yg di gunakan sebagai media pengganti debit air atau tendangan air yang nanti di salurkan ke pipa dan nozzle baik singgel maupun lebih banyak nozzle yang di gunakan tergantung kebutuhan untuk dalam penelitian ini yang dimana bertujuan untuk menembakkan tekanan air ke sudu turbin.



Gambar 2.11 Pompa air

2.14 Piringan

Piringan adalah bagian dari runner. Bahan disk yang baik digunakan adalah bahan yang kuat, dan diusahakan seringan mungkin. Piringan berfungsi sebagai tempat bucket dipasang. Gambar 2.1.2 piringan dapat dilihat dibawah ini.



Gambar 2.12 Piringan

2.15 Belting

Belting adalah sabuk atau belt yang terbuat dari karet dan mempunyai penampang trapesium, tenunan, dan teteron. Belting digunakan sebagai inti sabuk untuk membawa tarikan yang besar. Belting berfungsi untuk menyambungkan putaran dari poros ke generator. belting dapat dilihat dibawah ini. v-belt atau belting adalah salah satu komponen permesinan yang dimana sangat di perlukan baik itu dalam hal otomotif dan juga kebutuhan perancangan yang berhubungan dengan kontruksi permesinan yang membutuhkan penerus antara putaran pulley awal dan pulley yang akan di gerakkan dan merupakan salah satu dari sistem transmisi mekanik yang sering di pakai pada PLTMH. Untuk mengubah kecepatan putaran dari satu poros ke poros yang lain.