

# TURBIN AIR

Pengantar dan Aplikasinya di Lapangan



Purwantono  
Remon Lapisa  
Andre Kurniawan

Penerbit & Percetakan  
**UNP PRESS**

# **TURBIN AIR**

**Pengantar dan Aplikasinya di Lapangan**

**Purwantono  
Remon Lapisa  
Andre Kurniawan**



**2020**

UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA  
NO 19 TAHUN 2002  
TENTANG HAK CIPTA  
PASAL 72  
KETENTUAN PIDANA SANGSI PELANGGARAN

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak mengemukakan atau memperbanyak suatu Ciptaan atau memberi izin untuk itu, dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan denda paling sedikit Rp 1.000.000, 00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan denda paling banyak Rp 5.000.000.000, 00 (lima milyar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyebarkan, menyebarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud dalam ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan denda paling banyak Rp 500.000.000, 00 (lima ratus juta rupiah).

**TURBIN AIR**  
Pengantar dan Aplikasinya di Lapangan  
editor, Tim editor UNP Press  
Penerbit UNP Press, Padang, 2020  
1 (satu) jilid; 14 x 21 cm (AS)  
vi + 351 hal.

ISBN : 978-602-1178-63-8

**TURBIN AIR**  
Pengantar dan Aplikasinya di Lapangan  
Hak Cipta dilindungi oleh undang-undang pada penulis  
Hak penerbitan pada UNP Press  
Penyusun: Purwartono, Remon Lapisa dan Andre Kurniawan  
Editor Substansi: TIM UNP Press  
Editor Bahasa: Prof. Dr. Harris Eberdi Thalib, M.M  
Desain Sampul & Layout : Anis Huda & Rizky Hardian Sakil

## KATA PENGANTAR

Berkat rahmat Allah SWT serta salawat kepada nabi Muhammad saw buku Turbin Air ini dapat tersusun. Buku Turbin Air ini berisikan tentang pengenalan dan pengantar teori Turbin Air. Selanjutnya ada beberapa aplikasi pemasangan turbin di lokasi serta artikel tentang turbin air hasil penelitian yang dilakukan beberapa orang.

Buku ini juga diharapkan dapat bermanfaat bagi mahasiswa Teknik Mesin yang mengambil mata kuliah Energi dan Pengujian Prestasi Mesin sebagai materi tambahan. Penulis mengucapkan terima kasih banyak kepada semua pihak yang telah membantu dalam penyelesaian buku ini. Buku ini masih jauh dari sempurna, diharapkan kritik dan saran dari pembaca untuk memperbaikidan melengkapinya.

Padang, Oktober 2020

Penulis

## DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR .....	iv
DAFTAR ISI .....	v
BAB 1. Pendahuluan .....	1
BAB 2. Teori Dasar Tenaga Air .....	19
BAB 3. Saluran Terbuka ( <i>Open Chan</i> ) .....	42
BAB 4. Lokasi Turbin Air .....	106
BAB 5. Kincir Air ( <i>Water Mill</i> ) .....	123
BAB 6. Kincir Air Screw ( <i>Archimedeian Mill</i> ) .....	152
BAB 7. Kincir Air Aksial .....	197
BAB 8. Turbin Air Vortek ( <i>Gravitation Water</i> ) .....	216
BAB 9. Turbin Air <i>Cross Flow</i> (Banki) .....	241
BAB 10. Turbin Pelton .....	281
BAB 11. Turbin Air Propeler Kaplan .....	305
BAB 12. Turbin Air Francis .....	326

## BAB I PENDAHULUAN

### A. Pengenalan

Energi air merupakan salah satu energi yang berwawasan lingkungan. Artinya bahwa energi ini saling bersinergi antara alam lingkungan sebagai penyedia ketersediaan air dengan energi air yang akan dibangkitkannya. Energi tenaga air yang dimanfaatkan secara luas di Indonesia dalam skala besar digunakan sebagai pembangkit listrik tenaga air atau disebut juga dengan PLTA. Perubahan energi air untuk menghasilkan energi listrik melalui turbin air. Turbin air ini adalah salah satu alternatif untuk merubah energi air menjadi energi putar dan diteruskan untuk memutar generator listrik. Beberapa perusahaan di bidang pertanian bahkan juga memiliki pembangkit listrik sendiri yang bersumber dari energi air. Pada masa mendatang untuk pembangunan pedesaan termasuk industri kecil yang jauh dari jaringan listrik nasional, energi yang dibangkitkan melalui sistem mikrohidro diperkirakan akan tumbuh secara pesat.

Sumatera Barat mempunyai potensi tenaga air yang cukup. Sumatera Barat daerahnya dilintasi Bukit Barisan dan terdiri dari beberapa gunung. Diantaranya gunung Merapi, Singgalang, Kerinci, Talang, dan sebagainya. Sumatera Barat juga dilalui oleh kawasan hutan lindung yaitu Taman Nasional Kerinci Seblat. Daerah perbukitan ini memiliki sumber air atau sungai – sungai yang mengalir, sumber air yang dimiliki dari kawasan hutan nasional, jadi sumber energi air yang dimiliki relatif terjaga.

Potensi air sebagai sumber energi terutama digunakan sebagai penyedia energi listrik melalui pembangkit listrik tenaga air maupun mikrohidro. Potensi tenaga air di seluruh Indonesia diperkirakan sebesar 75684 MW. Potensi ini dapat dimanfaatkan untuk pembangkit tenaga listrik dengan

kapasitas 100 MW ke atas dengan jumlah sekitar 800. Banyaknya sungai dan danau air tawar yang ada di Indonesia merupakan modal awal untuk 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 transformasi dari energi potensial gravitasi dimanfaatkan untuk menggerakkan atau memutar turbin atau kincir. Umumnya turbin digunakan untuk membangkitkan energi listrik sedangkan kincir untuk pemanfaatan energi mekanik secara langsung seperti untuk menumbuk kopi, padi dan lain lain. Pada umumnya untuk mendapatkan energi mekanik aliran air ini, perlu beda tinggi air yang diciptakan dengan menggunakan bendungan. Akan tetapi dalam menggerakkan kincir, aliran air pada sungai dapat dimanfaatkan ketika kecepatan alirannya cukup memadai untuk memutar kincir.

Pembangkit listrik mikrohidro mengacu pada pembangkit listrik dengan skala di bawah 100 kW. Banyak daerah pedesaan di Indonesia yang dekat dengan aliran sungai yang memadai untuk pembangkit listrik pada skala mikro. Diharapkan dengan memanfaatkan potensi yang ada di desa-desa tersebut dapat memenuhi kebutuhan energinya sendiri dalam mengantisipasi kenaikan biaya energi atau kesulitan jaringan listrik nasional (PLN) untuk menjangkaunya.

## B. Perkembangan Turbin Air

### 1. Pengembangan Potensi Tenaga Air

Pemerintah dewasa ini mempermudah prosedur perijinan usaha penyediaan tenaga listrik PLTA, untuk mempercepat pemanfaatan air sebagai sumber energi. Pemerintah mendorong kebijakan dan regulasi untuk

mempercepat pencapaian tingkat pemanfaatan energi aliran dan terjunan air (HIDRO) dalam gambaran energi primer nasional serta menerbitkan Peraturan Menteri ESDM yang mengatur harga energi listrik dari pembangkit listrik yang menggunakan energi air juga menjadi prioritas untuk segera diselesaikan.

Pengembangan pembangunan listrik tenaga air tersebut sejalan dengan Masterplan Percepatan Dan Perluasan Pembangunan Ekonomi (MP3EI). Pengembangan ini menggunakan pendekatan breakthrough yang didasari oleh semangat *not business as usual*. Dalam pengembangan energi air, pihak swasta akan diberikan peran penting dan utama. Hal terkait dengan peningkatan investasi dan penciptaan lapangan kerja. Pihak pemerintah akan berfungsi sebagai regulator, fasilitator dan katalisator. dari sisi regulasi, pemerintah akan melakukan deregulasi (*debtlenecking*) terhadap regulasi yang menghambat pelaksanaan investasi.

Pemerintah menargetkan dalam waktu 5 hingga 7 tahun akan terealisasikan Pembangkit listrik Minihidro (PLTM) sebesar 1.2 GW (240 unit PLTMH @ 5 MW) sehingga akan terdapat Potensi penghematan solar impor = 2,21 juta kL/tahun = 1,92 milyar US\$/tahun dengan perkiraan produksi 7.358.400 MWh/tahun.

Ongkos listrik tenaga air relatif rendah, menjadikannya sumber yang kompetitif untuk energi terbarukan. Pembangkitnya tidak menghabiskan air, tidak seperti pembangkit batu bara atau gas. Ongkos listrik rata-rata untuk pembangkit berukuran lebih dari 10 megawatt adalah 3 - 5 sen dolar AS per kilowatt-jam.<sup>[2]</sup> Dengan bendungan dan reservoir juga membuatnya sumber listrik yang fleksibel karena listrik yang dihasilkan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan. Ketika sebuah kompleks tenaga air dibangun, maka tidak

menghasilkan limbah langsung dan tingkat gas rumah kaca yang relatif lebih rendah daripada pembangkit listrik berbahan bakar fosil.<sup>[1]</sup>

Bentuk utama dari pembangkit listrik jenis ini adalah generator yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari air. Namun, secara luas, pembangkit listrik tenaga air tidak hanya terbatas pada air dari sebuah waduk atau air terjun, melainkan juga meliputi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dalam bentuk lain seperti tenaga ombak.

### C. Syarat Pembangunan Turbin Air

Pencluseran yang terkait dengan Syarat teknis membangun Tenaga air dilihat tabel berikut:

**Tabel 1. Syarat teknis membangun tenaga air**

No	Komponen	Peraturan
1	syarat pembangunan plta	permen esdm no. 50 tahun 2017
2	cara membuat pembangkit listrik tenaga air turbin listrik tenaga air penggerak utama generator pada pembangkit listrik tenaga air adalah pembangkit listrik tenaga kincir air aturan jaringan sistem tenaga listrik	permen esdm no. 12 tahun 2017 uu ketenagalistrikan yang baru permen esdm no. 10 tahun 2017

#### Syarat pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA)

Untuk melakukan pembangunan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA), harus memiliki izin pembangunan terlebih dahulu.

1. Adanya sumber air yang cukup. Kemudian adanya beda tinggi, jadi dengan adanya beda tinggi, tentu menyebabkan ada aliran air bisa untuk menggerakkan turbin, kincir air untuk listrik. Kemudian kualitas air harus dipertimbangkan yaitu ada tiga, ada kuantitas, kualitas, sumber daya. Jadi kondisi ini kita sebutkan dengan sumber daya air.

2. Adanya tempat bendungan/waduk atau tempat penampungan air.

Kekhususan Pembuatan pembangkit listrik dengan tenaga air ini, harus dipersiapkan lokasi untuk semua komponen yang dibutuhkan.

1. Adanya elevasi ketinggian air. Secara teknis harus diperhitungkan agar letak turbin harus pada elevasi yang lebih rendah dari elevasi waduk bawah. Dengan elevasi turbin yang lebih rendah tersebut maka diharapkan dapat dihindari timbulnya kavitasi yang akan menyebabkan hilangnya energi yang besar serta kerusakan pada sudu turbin.

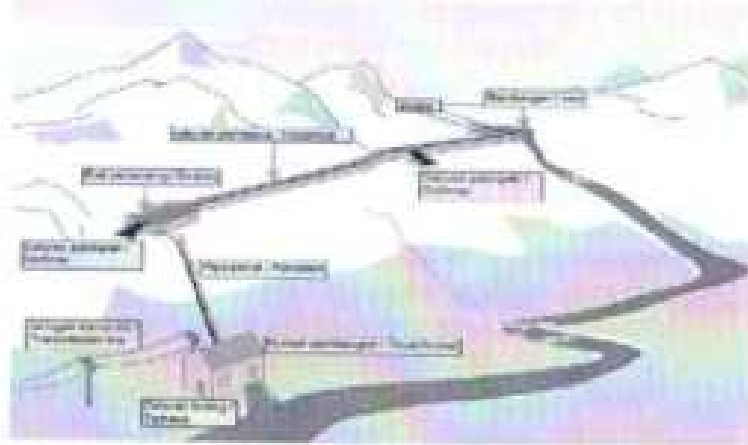
2. Kapasitas waduk dan tinggi jatuh. Besarnya jumlah/debit air (Q) dan tinggi jatuh (H) secara langsung akan berbanding lurus dengan kapasitas terpasang PLTA. Misalnya jika terdapat potensi debit air sebesar 100 m<sup>3</sup> per detik dan tinggi jatuh sebesar 10 meter, maka kapasitas terpasang yang dapat dibangkitkan oleh PLTA tersebut sekitar  $Q.H.g.p = 9,81$  M watt

3. Adanya kesepakatan masyarakat dilingkungan tempat dibangunnya pembangkit listrik

4. Survey (fisibility study) pada lokasi tempat pembangkit yang akan dibangun.

#### D. Parameter Pembangunan Turbin

Parameter pembangunan untuk pembangkit listrik tenaga air ini ditentukan dengan kondisi dan lokasi serta kebutuhan dari listrik yang dihasilkan.



Gambar 1. 1 Bagian Penting pada Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro

Pada gambar diatas memperlihatkan beberapa komponen dan bagian penting yang digunakan untuk Pembangkit Listrik Tenaga Mikrohidro baik komponen utama maupun bangunan penunjang antara lain :

1. Dam/Bendungan air Pengalih (*intake*). Dam pengalih berfungsi untuk mengalihkan air atau mengalirkan air ke waduk/bak penampungan air. Aliran air dari sungai /saluran diarahkan ketempat pengumpulan air sebelum dialirkan ke turbin melalui pipa pesat. Dam/bendungan ini merupakan konstruksi pekerjaan sipil. PLTA membutuhkan pekerjaan sipil yang relatif besar, tetapi pada pekerjaan PLTMH ataupun Mikrohidro pekerjaan sipil untuk bendungan ini disesuaikan dengan kondisi lokasi serta jumlah aliran yang dibutuhkan.

2. Bak Penenang (*forebay* ) atau dengan kata lain bak pengendap digunakan untuk memindahkan partikel-partikel pasir dan kotoran lainnya dari air. Fungsi dari bak pengendap adalah sangat penting untuk melindungi komponen-komponen lainnya sehingga aliran air dapat lancar mengalir keturbin. Bak penampung air ini juga berfungsi untuk menstabilkan ketinggian air atau mengontrol jumlah air masuk ke turbin. Pada bagian bak penenang ini dilengkapi saringan air masuk melalui pintu air, pada sisi air masuk kepipa penstock turbin sebaiknya juga dilengkapi dengan penyaring sehingga air yang masuk turbin dapat terjaga kebersihannya. Disamping itu pada bagian bak penenang ini ada saluran buang , fungsinya untuk membuang air lebih yang masuk ke pipa turbin. Bak penenang berada di ujung saluran pembawa yang berfungsi untuk mencegah turbulensi air sebelum diterjunkan melalui pipa pesat

3. Saluran Pembawa (*Headrace*). Saluran pembawa mengikuti kontur dari sisi bukit untuk menjaga elevasi dari sumber air yang disalurkan. Saluran air pembawa ini umumnya panjang tergantung dari kondisi sumber air sampai ketempat waduk penenang. Saluran pembawa dibuat dengan konstruksi saluran terbuka (*open channel*), hal ini dipertimbangkan berdasarkan biaya pengerjaan jika menggunakan pipa.

4. Pipa Pesat (*Penstock*). *Penstock* dihubungkan pada sebuah elevasi yang lebih rendah dari bak penenang ke sebuah roda/ runner , dikenal sebagai sebuah turbin. Pipa ini terbuat dari bahan baja atau sejenisnya, dikerjakan dengan pekerjaan mekanikal. Apabila dibutuhkan pipa yang panjang biasanya pipa tersebut disambung dengan menggunakan flens. Kondisi ini mengingatk untuk mobilsasi pemasangannya di lapangan.



5. Turbin air (*Water Turbine*). Turbin ini berfungsi untuk mengkonversi energi aliran air menjadi energi putaran mekanis. Kemudian ditransmisikan generator melalui pully dan belt atau jika putarannya memungkinkan dapat digunakan kopleng langsung dari turbin ke generator. Jika putarannya rendah seperti pada kincir air dapat menggunakan transmisi bertingkat untuk mencapai putaran yang disesuaikan Generator. Pada tabel berikut ini dapat dilihat kesesuaian pemilihan jenis turbin berdasarkan ketinggian air jatuh.

**Tabel 2. Petunjuk Pemilihan Turbin Berdasarkan Head**

	Head (meter)		Tipe
	Plah	Melintang	
Jangka	Pelton	Francis/Brun	Crescent
	Turbin	Turbin	
	Shaltz - jet Pelton	Shaltz - jet pelton	
Rendah	-	Francis	Propeller
	-	Pompa air tenaga	Kapiler

6. Pipa Hisap, (*draft tube*). Pipa hisap berfungsi untuk menghisap air, mengembalikan tekanan aliran yang masih tinggi ke tekanan atmosfer.
7. Generator listrik. Generator berfungsi untuk menghasilkan listrik dari putaran mekanis. Generator ini diputar oleh turbin menggunakan transmisi. Transmisi yang digunakan ini untuk memudahkan pengaturan posisi generator di rumah pembangkit.
8. Panel kontrol (*Control Panel*). Panel kontrol berfungsi untuk menstabilkan tegangan, juga digunakan untuk mendistribusikan daya ke pemakai. Panel kontrol ini merupakan pekerjaan elektrikal.
9. Pengalih Beban (*Ballast load*). Pengalih beban berfungsi sebagai beban sekunder (*dummy*) ketika beban konsumen

mengalami perubahan pemakaian apakah turun dan naik. Kinerja pengalihan beban ini diatur oleh panel kontrol.

10. Rumah Pembangkit (*Power House*). Rumah pembangkit ini berfungsi untuk tempat turbin air, generator, dan panel kontrol. Posisi rumah pembangkit ini harus dipertimbangkan terhadap lingkungan khususnya jika terjadi banjir air bah.
11. Saluran buang (*Tail race*). Saluran buang ini berfungsi sebagai saluran buangan air dari turbin. Saluran buang ini harus diperhitungkan perbedaan ketinggian air dari turbin ke posisi permukaan air pada saluran buang.

Penggunaan beberapa komponen dan konstruksi disesuaikan dengan tempat instalasi dari semua komponen (kondisi geografis, baik potensi sumber air, aliran air serta ketinggian tempat) serta budaya masyarakat. Selanjutnya harus dipertimbangkan lingkungan tempat pembangkit listrik dikerjakan. Sehingga terdapat kemungkinan terjadi perbedaan desain mikrohidro serta komponen yang digunakan antara satu daerah dengan daerah yang lain.

#### E. Aplikasi Pemasangan Turbin Air

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit yang mengandalkan energi potensial dan kinetik dari air untuk menghasilkan energi listrik. Pada tahun 2015 tenaga air menghasilkan 16.6% total listrik dunia dan 70% dari seluruh energi terbarukan,<sup>[1]</sup> dan diperkirakan akan naik 3.1% per tahun sampai 25 tahun ke depan.

sistem tenaga mikrohidro memiliki semua komponen. Pastikan semuanya masih utuh. Periksa apakah turbin beroperasi. Dapat menguji ini dengan memutarinya menggunakan tangan



Gambar 1.4 Pemeliharaan Turbin Air

Pemeliharaan adalah suatu kegiatan yang sangat dibutuhkan, karena pemeliharaan yang baik akan memperpanjang umur peralatan serta menjamin fungsinya peralatan dengan baik. Pemeliharaan suatu peralatan tidak memperlihatkan bekas yang berarti tetapi besar pengaruhnya terhadap operasional alat tersebut. Turbin air, jaringan listrik juga membutuhkan pemeliharaan yang baik, walaupun terlihat sederhana tetapi apabila turbin air, jaringan listrik ini tidak dipelihara dengan baik akan mengakibatkan bahaya. Bahaya-bahaya yang sering terjadi akibat kerusakan jaringan ini adalah kebakaran. Awal penyebabnya sangat sederhana yakni terjadinya hubungan singkat antara kabel-kabel listrik yang bersentuhan. Hubungan singkat ini menimbulkan

percikan bunga api yang dapat membakar apa yang ada di sekitarnya.

Pada konstruksi turbin air, listrik yang dihasilkan adalah dari putaran turbin dan ditransmisikan ke generator listrik. Jika terjadi trouble atau hubungan singkat pada jaringan maka akan menyebabkan terjadinya kerusakan pada generator listrik, maka kegiatan pemeliharaan sangat dibutuhkan. Contoh sederhana : Jaringan listrik yang ada di desa Muaro Sako Tapan ini sangat sederhana. Kabel-kabel listriknya hanya dikaitkan ke batang-batang pohon yang ada disekitar kincir sampai ke rumah-rumah penduduk. Hanya beberapa bagian yang ditopang oleh tonggak kayu. Apabila ada hujan lebat dan angin kencang besar terjadi kemungkinan dahan kayu sebagai tempat gantungan kabel listrik patah, atau dahan kayu yang lain menimpa kabel listrik. Kondisi ini akan menyebabkan terjadinya kerusakan diantaranya kabel putus atau terjadinya hubungan singkat yang dapat menyebabkan kerusakan pada sistem kelistrikan dan generator.

Tujuan perawatan dan perbaikan adalah mengupayakan agar assets mampu dioperasikan secara kontinyu dalam jangka waktu tertentu sesuai dengan rencana tanpa mengalami kerusakan. Perawatan dan perbaikan ini dapat dikelompokkan berdasarkan waktu pelaksanaan perawatan dan jenis bagian-bagian utama yang dirawat yang dirawat. Setiap jenis turbin, kincir air mempunyai spesifikasi tersendiri sesuai dengan fungsinya. Turbin, Kincir air terdiri dari roda (*runner*) dengan diameter yang relatif besar, sehingga membutuhkan bearing yang juga besar. Pendekatan perawatan dan perbaikan mengalami perkembangan sejalan dengan kemajuan teknologi.

Sistem *maintenance* manajemen banyak ditemukan dan diaplikasikan sesuai dengan perkembangan dan

bertujuan untuk mencapai keuntungan. Perkembangan perawatan dan perbaikan ini dimulai dengan penggunaan mesin sampai rusak, kemudian berkembang dengan pemeliharaan berkala. Pemeliharaan *preventive* dikembangkan menjadi *prediktive* selanjutnya dikembangkan menjadi *proactive maintenance* serta mengkombinasikan dengan sistem yang lain. Sistem perawatan ini menjadikan penyelamatan pada ribuan industri kecil dan menengah.

Pendekatan perawatan mesin-mesin ini (Sumarno:2009) diantaranya: *Breakdown, Preventive, Predictive, Proactive* Perawatan dan perbaikan Turbin, kincir air ini dibutuhkan suatu perawatan *preventive* yang dilakukan secara berkala seperti pelumasan bearing, transmisi atau bagian yang berputar. Penyetelan terhadap baut dan mur yang mengalami getaran biasanya secara bertahap akan longgar hal ini harus diperhatikan agar jangan sampai terjadi perubahan posisi terhadap komponen kincir air. Perawatan terhadap saluran air yang harus dibersihkan dari kayu dan daun yang terbawa arus sungai serta rerumputan yang tumbuh disekitar saluran.

### 3. Jenis-jenis *Maintenance* (Perawatan)

Yang dimaksud dengan *Maintenance* adalah suatu kegiatan untuk merawat atau memelihara dan menjaga Mesin/peralatan dalam kondisi yang terbaik supaya dapat digunakan untuk melakukan produksi sesuai dengan perencanaan. *Maintenance* adalah kegiatan yang diperlukan untuk mempertahankan (*retaining*) dan mengembalikan (*restoring*) mesin ataupun peralatan kerja ke kondisi yang terbaik sehingga dapat melakukan produksi dengan optimal.

Tingkat kerusakan mesin dan peralatan kerja, kualitas, produktivitas dan efisiensi produksi akan meningkat dan menghasilkan profitabilitas yang tinggi bagi perusahaan.

Pada dasarnya *Maintenance* atau Perawatan Mesin/Peralatan kerja memerlukan beberapa kegiatan seperti dibawah ini:

- a. Kegiatan Pemeriksaan/Pengecekan
- b. Kegiatan Meminyaki (*Lubrication*)
- c. Kegiatan Perbaikan/Reparasi pada kerusakan (*Repairing*)
- d. Kegiatan Penggantian Suku Cadang (*Spare Part*) atau Komponen

*Maintenance* atau Perawatan dapat dibagi menjadi beberapa jenis, diantaranya adalah:

#### a. *Breakdown Maintenance* (Perawatan saat terjadi Kerusakan)

*Breakdown Maintenance* adalah perawatan yang dilakukan ketika sudah terjadi kerusakan pada mesin atau peralatan kerja sehingga Mesin tersebut tidak dapat beroperasi secara normal atau terhentinya operasional secara total dalam kondisi mendadak. *Breakdown Maintenance* ini harus dihindari karena akan terjadi kerugian akibat berhentinya Mesin produksi yang menyebabkan tidak tercapai Kualitas ataupun Output Produksi.

#### b. *Preventive Maintenance* (Perawatan Pencegahan)

*Preventive Maintenance* atau kadang disebut juga *Preventative Maintenance* adalah jenis *Maintenance* yang dilakukan untuk mencegah terjadinya kerusakan pada mesin selama operasi berlangsung. Contoh *Preventive maintenance* adalah melakukan penjadwalan untuk pengecekan (*inspection*) dan pembersihan (*cleaning*) atau pergantian suku cadang secara rutin dan berkala. *Preventive Maintenance* terdiri dua jenis, yakni:

##### 1) *Periodic Maintenance* (Perawatan berkala)

*Periodic Maintenance* ini diantaranya adalah perawatan berkala yang terjadwal dalam melakukan pembersihan mesin, Inspeksi mesin, meminyaki mesin

dan juga pergantian suku cadang yang terjadwal untuk mencegah terjadi kerusakan mesin secara mendadak yang dapat mengganggu kelancaran produksi. *Periodic Maintenance* biasanya dilakukan dalam harian, mingguan, bulanan ataupun tahunan.

2) **Predictive Maintenance (Perawatan Prediktif)**

*Predictive Maintenance* adalah perawatan yang dilakukan untuk mengantisipasi kegagalan sebelum terjadi kerusakan total. *Predictive Maintenance* ini akan memprediksi kapan akan terjadinya kerusakan pada komponen tertentu pada mesin dengan cara melakukan analisa *trend* perilaku mesin/peralatan kerja. Berbeda dengan *Periodic maintenance* yang dilakukan berdasarkan waktu (*Time Based*), *Predictive Maintenance* lebih menitikberatkan pada Kondisi Mesin (*Condition Based*).

c. **Corrective Maintenance (Perawatan Korektif)**

*Corrective Maintenance* adalah Perawatan yang dilakukan dengan cara mengidentifikasi penyebab kerusakan dan kemudian memperbaikinya sehingga Mesin atau peralatan Produksi dapat beroperasi normal kembali. *Corrective Maintenance* biasanya dilakukan pada mesin atau peralatan produksi yang sedang beroperasi secara abnormal (Mesin masih dapat beroperasi tetapi tidak optimal).

Jenis-jenis Perawatan atau *Maintenance* diatas perlu dipelajari dan diketahui dalam menerapkan *Total Productive Maintenance (TPM)*. Untuk mengukur kinerja Mesin, kita dapat menghitungnya dengan rumus OEE (*Overall Equipment Effectiveness*).

## BAB II TEORI DASAR TENAGA AIR

### A. Pengenalan

Konsep dasar terjadinya aliran air pada saluran terbuka adalah karena adanya perbedaan tekanan. Tekanan yang dimaksud pada aliran ini adalah perbedaan ketinggian atau dikenal dengan slope hidrolis. Asumsi dasar awalnya adalah air mengalir dari tempat tinggi ke tempat yang lebih rendah asumsi ini hanya berlaku pada aliran terbuka saja. Semakin besar perbedaan ketinggian ini maka kecepatan air akan bertambah. Bertambahnya kecepatan air ini tentunya akan meningkatkan energi kinetik air yaitu  $E_k = \frac{1}{2} m \cdot v^2$ . Parameter kecepatan air merupakan parameter yang sangat berpengaruh pada tenaga yang ditimbulkan air atau dikenal dengan Tenaga Air. Tenaga air merupakan sumber daya terpenting. Tenaga air memiliki beberapa keuntungan yang tidak dapat dipisahkan. Bahan bakar untuk PLTU adalah batubara. Berdasarkan pengertian yang sama, kita dapat mengatakan bahwa bahan bakar untuk PLTA adalah air. Nyatanya suatu jurnal teknis mengatakan tenaga air dinamakannya sebagai batubara putih. Keunggulan untuk bahan bakar PLTA ini sama sekali tidak akan habis terpakai ataupun berubah menjadi yang lain.

PLTA tidak menghadapi masalah pembuangan limbah. PLTA merupakan suatu sumber energy yang abadi. Air melintas melalui turbin tanpa kehilangan kemampuan pelayanan untuk wilayah di hilirnya. Biaya pengoperasian dan pemeliharaan PLTA sangat rendah, tetapi untuk pembangunan awalnya butuh investasi besar. Pembangunan pembangkit listrik berskala mikro atau piko hidro, biaya pembangunan awalnya relatif kecil. Dewasa ini banyak alternatif pemilihan jenis turbin. Bahan pertimbangan

## KEPUSTAKAAN

- Alex Arter (1990) *Hydraulics Engineering Manual*. Swiss : SKAT, Swiss Center for Appropriate Technology St.Gallen, Switzerland
- Bagus Kurniawan (2008). *Pembangkit Listrik Mikro Hidro* (on line) diakses tanggal 21 Oktober .
- Banki, Emil Mosyonyi (1986). *Water Power*, Budafest Mc Graw Hill
- Bapeda Sumbar (2013), *Sumbar Dalam Angka*, Biro Statistik Sumatera Barat
- Djayusman Hadi dan Budiharto (2008) *Kincir Kaki Angsa* (on line) diakses tanggal 28 September 2010.
- Emil Mosyonyi (1964) *Water Power* , Mc Graw Hill. Budapest Hungaria
- Emil Mosyonyi (1964) *Water Power* , Mc Graw Hill. Budapest
- Suryono (1993) *Rekayasa Tenaga Air* BPPT Jakarta
- Hasbullah (2000). *Kincir Air Tradisional Untuk Mengairi Sawah* On-line  
<http://www.antarasumbar.com/index.php?sumbar=foto-utama&id=9393> 2012 diakses tanggal 6 April 2013
- Herman Darnel Ibrahim (2013), *Konsensus Nasional untuk Ketahanan Energi*, Rubrik Opini Padang Ekspres Selasa, 2 April 2013

- Ismail (2007) *Kincir Air Roda Sudu Bergerak* (on line) diakses tanggal 7 Oktober 2010 : *Journal of Fluids Engineering* JANUARY 2006, Vol. 128 / 189)
- Marc. Leclerc (2006). *Hydro Turbine Generating Set For Very Low Head*. (on line) diakses tanggal 15 September 20010 [marc.leclerc@vlh-turbine.com](mailto:marc.leclerc@vlh-turbine.com) June 2006
- Purwantono dkk (2015). *Model Pengemangan Kincir Screw Aksial sebagai Penggerak Pembangkit Listrik Mini Hidro (PLTMH)*, Laporan Penelitian UNP Padang
- RM Enoch (2005). *Laporan Evaluasi Pembangkit Listrik Mikrohidro di Sumatera Barat* . P3MH T.Mesin FT UNP : Padang
- Soemarno Adibroto  
<http://soemarno.org/2009/01/pemeliharaan/>
- Soemarno Adibroto (2009) *Perawatan dan Perbaikan Mesin* (on line) diakses tanggal 5 Agustus 2010:  
<http://soemarno.org/2009/01/pemeliharaan/>
- Subhan Nafis (2006). *Kincir Air (Water Wheel)* (on line), diakses tanggal 3 September 2010:  
<http://osv.org/education/WaterPower>
- Subhan Nafis [http://www.ccitonline.com/mckanikal/tiki-read\\_](http://www.ccitonline.com/mckanikal/tiki-read_)
- Suryono (1993) *Rekayasa Tenaga Air* BPPT Jakarta
- Suryono (1993) *Rekayasa Tenaga Air* BPPT Jakarta
- Suryono (1993), *Rekayasa Pembangkit Listrik Skala Mikrohidro*. BPPT : Jakarta

- Ulle Mospar Dewanto (2013), *Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hydro* online: MThttp://bumn.go.id/jasatirta/berita/732/PLTM.serba.serbi Diakses tanggal 3 Pebruari 2016
- Vivace (2008). *Pembangkit Listrik Tenaga Air Arus Rendah (on line )* diakses tanggal 12 Nopember 2010 (<http://www.vortexhydroenergy.com/>)
- Waskito (2005). *Rancangan Konstruksi Turbin Cross Flow untuk Pengujian Mesin*. Labor Perencanaan dan Pengujian Mesin.
- A. Georgescu, S. Georgescu, C. L. Cosoiu, and N. Alboiu, "Efficiency of marine hydropower farms consisting of multiple vertical axis cross-flow turbines," *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 150–160, 2011. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
- A. Inagaki and T. Kanemoto, "Performance of gyro-type hydraulic turbine suitable for shallow stream," *Turbomachinery*, vol. 33, no. 10, pp. 614–621, 2005. View at: [Google Scholar](#)
1. C. Nicolet, A. Zobeiri, P. Maruzewski, and F. Avellan, "Experimental investigations on upper part load vortex rope pressure fluctuations in francis turbine draft tube," *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, vol. 4, no. 1, pp. 179–190, 2011. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
  2. C. Power, A. McNabola, and P. Coughlan, "A parametric experimental investigation of the operating conditions of gravitational vortex hydropower (GVHP)," *Journal of*

- Clean Energy Technologies*, vol. 4, no. 2, pp. 112–119, 2015. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
3. C. W. Hirt and B. D. Nichols, "Volume of fluid (VOF) method for the dynamics of free boundaries," *Journal of Computational Physics*, vol. 39, no. 1, pp. 201–225, 1981. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#) | [Zentralblatt MATH](#)
  4. F. R. Menter, "Two-equation eddy-viscosity turbulence models for engineering applications," *AIJA journal*, vol. 32, no. 8, pp. 1598–1605, 1994. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
  5. F. Zoflötterer, "Hydroelectric power plant," Patent WO 2004/061295 A3, 2004. View at: [Google Scholar](#)
  6. H. M. Shabara, O. B. Yaakob, Y. M. Ahmed, A. H. Elbutran, and M. S. M. Faddir, "CFD validation for efficient gravitational vortex pool system," *Jurnal Teknologi*, vol. 74, no. 5, pp. 97–100, 2015. View at: [Google Scholar](#)
  7. J. Matsui, "Internal flow and performance of the spiral water turbine," *Turbomachinery*, vol. 38, no. 6, pp. 358–364, 2010. View at: [Google Scholar](#)
  8. J. Riglin, W. Chris Schleicher, L-H. Liu, and A. Oztekin, "Characterization of a micro-hydrokinetic turbine in close proximity to the free surface," *Ocean Engineering*, vol. 110, pp. 270–280, 2015. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
  9. M Rahman, et al: "A review on the development of gravitational water vortex power plant as alternative renewable energy resources", 2017 IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. Eng.

10. M. Atiyi and B. Kirke, "Evaluation of small axial flow hydrokinetic turbines for remote communities," *Energy for Sustainable Development*, vol. 14, no. 2, pp. 110–116, 2010. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
11. M. Nakajima, S. Ito, and T. Ikeda, "Performance of savonius rotor for environmentally friendly hydraulic turbine," *Journal of Fluid Science and Technology*, vol. 3, no. 3, pp. 420–429, 2008. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
12. N. Kolekar and A. Banerjee, "Performance characterization and placement of a marine hydrokinetic turbine in a tidal channel under boundary proximity and blockage effects," *Applied Energy*, vol. 148, pp. 121–133, 2015. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
13. S. Dhakal, et al: "Mathematical modeling, design optimisation and experimental verification of conical basin: Gravitational water vortex power plant".
14. S. Mulligan: "Design and optimisation of a water vortex hydropower plant", Department of Civil Engineering and Construction, IT Sligo. A Research Article | Open Access Volume 2017 | Article ID 2610508 | 11 pages | <https://doi.org/10.1155/2017/2610508>
15. S. Dhakal, S. Nakarmi, P. Pun, A. B. Thapa, and T. R. Bajracharya, "Development and testing of runner and conical basin for gravitational water vortex power plant," *Journal of the Institute of Engineering*, vol. 10, no. 1, pp. 140–148, 2014. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
16. S. Wanchat, R. Suntivarakorn, S. Wanchat, K. Tonmit, and P. Kayanyiem, "A parametric study of a gravitation vortex power plant," *Advanced Materials Research*, vol.

805-806, pp. 811–817, 2013. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)

17. T. Vu, M. Koller, M. Gauthier, and C. Deschenes, "Flow simulation and efficiency hill chart prediction for a Propeller turbine," *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, vol. 4, no. 2, pp. 243–254, 2011. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
18. Y. Nishi, T. Inagaki, K. Okubo, and N. Kikuchi, "Study on an axial flow hydraulic turbine with collection device," *International Journal of Rotating Machinery*, vol. 2014, Article ID 308058, 11 pages, 2014. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
19. Y. Nishi, T. Inagaki, Y. Li, and K. Hatano, "Study on an undershot cross-flow water turbine with straight blades," *International Journal of Rotating Machinery*, vol. 2015, Article ID 817926, 10 pages, 2015. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)
20. Y. Nishi, T. Inagaki, Y. Li, R. Omiya, and K. Hatano, "The flow field of undershot cross-flow water turbines based on PIV measurements and numerical analysis," *International Journal of Fluid Machinery and Systems*, vol. 7, no. 4, pp. 174–182, 2014. View at: [Publisher Site](#) | [Google Scholar](#)



ISBN 978-602-1178-63-8



**PENERBIT & PERCETAKAN UNP PRESS**

Jl. Prof. Dr. Soekarno No. 100, Padang, Sumatera Barat  
Telp. (075) 812 4111 Fax. (075) 812 4112

