

MODUL PENGEMBANGAN KEPROFESIAN BERKELANJUTAN

# TURBIN AIR DAN KELENGKAPAN MEKANIK

**PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI HIDRO**

Program Keahlian : Teknik Energi Terbarukan

KELOMPOK  
KOMPETENSI

**9**



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
2015

# **TURBIN AIR DAN KELENGKAPAN MEKANIK**

**PAKET KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI HIDRO**

**PROGRAM KEAHLIAN : TEKNIK ENERGI TERBARUKAN**

**Penyusun:**

**Tim PPPPTK**

**BMTI**



**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

**DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN**

**2015**

## KATA PENGANTAR

Undang–Undang Republik Indonesia Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen mengamanatkan adanya pembinaan dan pengembangan profesi guru secara berkelanjutan sebagai aktualisasi dari profesi pendidik. Pengembangan Keprofesian Berkelanjutan (PKB) dilaksanakan bagi semua guru, baik yang sudah bersertifikat maupun belum bersertifikat. Untuk melaksanakan PKB bagi guru, pemetaan kompetensi telah dilakukan melalui Uji Kompetensi Guru (UKG) bagi semua guru di Indonesia sehingga dapat diketahui kondisi objektif guru saat ini dan kebutuhan peningkatan kompetensinya.

Modul ini disusun sebagai materi utama dalam program peningkatan kompetensi guru mulai tahun 2016 yang diberi nama diklat PKB sesuai dengan mata pelajaran/paket keahlian yang diampu oleh guru dan kelompok kompetensi yang diindikasikan perlu untuk ditingkatkan. Untuk setiap mata pelajaran/paket keahlian telah dikembangkan sepuluh modul kelompok kompetensi yang mengacu pada kebijakan Direktorat Jenderal Guru dan Tenaga Kependidikan tentang pengelompokan kompetensi guru sesuai jabatan Standar Kompetensi Guru (SKG) dan indikator pencapaian kompetensi (IPK) yang ada di dalamnya. Sebelumnya, soal UKG juga telah dikembangkan dalam sepuluh kelompok kompetensi. Sehingga diklat PKB yang ditujukan bagi guru berdasarkan hasil UKG akan langsung dapat menjawab kebutuhan guru dalam peningkatan kompetensinya.

Sasaran program strategi pencapaian target RPJMN tahun 2015–2019 antara lain adalah meningkatnya kompetensi guru dilihat dari *Subject Knowledge* dan *Pedagogical Knowledge* yang diharapkan akan berdampak pada kualitas hasil belajar siswa. Oleh karena itu, materi yang ada di dalam modul ini meliputi kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Dengan menyatukan modul kompetensi pedagogik dalam kompetensi profesional diharapkan dapat mendorong peserta diklat agar dapat langsung menerapkan kompetensi pedagogiknya dalam proses pembelajaran sesuai dengan substansi materi yang diampunya. Selain dalam bentuk *hard-copy*, modul ini dapat diperoleh juga dalam bentuk digital, sehingga guru dapat lebih mudah mengaksesnya kapan saja dan dimana saja meskipun tidak mengikuti diklat secara tatap muka.

Kepada semua pihak yang telah bekerja keras dalam penyusunan modul diklat PKB ini, kami sampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya.

Jakarta, Desember 2015  
Direktur Jenderal,

**Sumarna Surapranata, Ph.D**  
**NIP: 195908011985031002**

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	II
DAFTAR GAMBAR	V
PENDAHULUAN	1
A. Latar Belakang	1
B. TUJUAN	2
C. Peta Kompetensi	iii
D. Ruang Lingkup	iv
E. Saran dan Cara Penggunaan Modul	iv
KEGIATAN PEMBELAJARAN	1
KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PEMANFAATAN PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR	1
A. Tujuan	1
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	1
C. Uraian Materi	2
D. Aktivitas Pembelajaran	41
E. Rangkuman	45
F. Tes Formatif	48
G. Kunci Jawaban	49
KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : DASAR-DASAR HIDROLIKA	55
A. Tujuan	55
B. Indikator Pencapaian Kompetensi	55
C. Uraian Materi	55
D. Aktivitas Pembelajaran	64
E. Rangkuman 2	65
F. Tes Formatif 2	65
KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : DASAR DASAR HIDROLOGI	73
A. Tujuan	73
B. Indikator pencapaian kompetensi	73
C. Uraian Materi	73
D. Aktivitas Pembelajaran	82
E. Rangkuman	82
F. TEST/ LATIHAN	84
G. KUNCI JAWABAN TUGAS KEGIATAN PEMBELAJARAN 3	87
KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : TURBIN AIR	89
A. Tujuan	89
B. Indikator pencapaian Kompetensi	89
C. Uraian Materi	89

- D. Aktifitas pembelajaran  
123
- E. Rangkuman  
123
- F. Tes Formatif  
123
- G. Kunci Jawaban  
124

**KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PERHITUNGAN MEKANIK DAN KOMPONEN**

12

- 5
- A. Tujuan Khusus Pembelajaran :  
125
- B. Indikator Pencapaian Kompetensi  
125
- C. Uraian Materi  
125
- D. Aktivitas Pembelajaran  
146
- E. Rangkuman  
146
- F. Test Formatif  
146
- G. Kunci jawaban  
146

**KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : TATA LETAK TURBIN DILOKASI PLTMH**

14

- 7
- A. Tujuan  
147
- B. Indikator pencapaian kompetensi  
147
- C. Uraian Materi  
147

**KEGIATAN BELAJAR 7 : PERHITUNGAN DAN KARAKTERISTIK TURBIN CROS FLOW**

15

- 3
- D. Aktivitas pembelajaran  
170
- E. Rangkuman  
170
- F. Tes Formatif  
170

G. Kunci Jawaban  
170

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR 1. 1 SKEMA PEMBELAJARAN KONVENSIONAL.....	11
GAMBAR 1. 2 SKEMA PEMBELAJARAN TUNTAS .....	11
GAMBAR 2. 1 PEMAHAMAN TENTANG PRINSIP HIDROLIKA DI DALAM MEMILIH PIPA AKAN MENINGKATKAN EFISIENSI PLTMH.....	55
GAMBAR 2. 2 PEMAHAMAN TENTANG PRINSIP HIDROLIKA DI DALAM MEMILIH PIPA AKAN MENINGKATKAN EFISIENSI PLTMH.....	56
GAMBAR 2. 3 ENERGI DAN GARIS TEKANAN UNTUK SEBUAH PIPA DARI RESERVOAR.....	58
GAMBAR 2. 4.....	60
GAMBAR 2. 5 ALIRAN MANTAP ( $Q = \text{KONSTAN}$ ) YANG SERAGAM DI BEBERAPA BAGIAN DAN BERUBAH DITEMPAT YANG LAIN .....	64
GAMBAR 3. 1 ALIRAN MANTAP ( $Q = \text{KONSTAN}$ ) YANG SERAGAM DI BEBERAPA BAGIAN DAN BERUBAH DITEMPAT YANG LAIN .....	75
GAMBAR 4. 1 TURBIN IMPULS .....	92
GAMBAR 4. 2 TURBIN REAKSI.....	94
GAMBAR 4. 3 APLIKASI UNTUK BATASAN UMUM TIPE-TIPE TURBIN AIR YANG BERBEDA (SUMBER: MHPG PUBLICATION VOL. 11).....	96
GAMBAR 4. 4 CONTOH UNTUK PENAKSIRAN YANG CEPAT UNTUK TIPE DAN KECEPATAN TURBIN YANG SESUAI, DALAM FUNGSI HEAD DAN DEBIT .....	97
GAMBAR 4. 5 MENGUKUR KARAKTERISTIK-KARAKTERISTIK TURBIN DENGAN MENGHENTIKAN TURBIN DARI KECEPATAN RUN-AWAY SAMPAI BERHENTI (POSISI GUIDE VANE KONSTAN).....	100
GAMBAR 4. 6 CONTOH HILL GRAFIK UNTUK TURBIN PROPELLER .....	101
GAMBAR 4. 7 EFFISIENSI TURBIN DENGAN PASOKAN AIR HANYA SEBAGIAN .....	102
GAMBAR 4. 8 GAMBARAN BESARNYA KERUGIAN(LOSES) PADA SISTEM PLTMH. CONTOH SEBUAH SISTEM PLTMH DENGAN EFISIENSI TOTAL 50.2% .....	104
GAMBAR 4. 9 BATAS APLIKASI TURBIN CROSS FLOW T15 DENGAN DIAMETER 300 (SUMBER: ENTEC).....	105
GAMBAR 4. 10 GAMBAR SUSUNAN UTAMA TURBIN CROSS FLOW .....	106
GAMBAR 4. 11 UKURAN-UKURAN UTAMA TURBIN CROSSFLOW. CONTOH T14 DENGAN D 200 x Bo 400 .....	107
GAMBAR 4. 12 ALIRAN FLUIDA MELEWATI RUNNER CROSSFLOW .....	108
GAMBAR 4. 13 BATASAN APLIKASI DARI TURBIN PELTON MIKRO (SUMBER: BUKU PANDUAN SKAT/MHPG VOL. 9) ...	111
GAMBAR 4. 14 GAMBAR SUSUNAN UTAMA TURBIN PELTON .....	113
GAMBAR 4. 15 KONDISI AIR SAAT MENYENTUH MANGKOK PELTON .....	113
GAMBAR 4. 16 NOZZLE, JET DEFLECTOR, DAN MANGKOK PELTON .....	114
GAMBAR 4. 17 ILUSTRASI PERHITUNGAN TURBIN PELTON .....	115
GAMBAR 4. 18 TURBIN PROPELLER OPEN FLUME BUATAN LOKAL.....	118
GAMBAR 4. 19 TURBIN PROPELLER DENGAN HOUSING TUBULAR, DAPAT MENJANGKAU HEAD YANG LEBIH TINGGI DIBANDINGKAN DENGAN TURBIN PROPELLER OPEN FLUME .....	119
GAMBAR 4. 20 ILUSTRASI ALIRAN FLUIDA YANG MELEWATI RUNNER PROPELLER .....	122

GAMBAR 5. 1 MACAM-MACAM KOPLING TETAP.....	131
GAMBAR 5. 2 MACAM – MACAM BANTALAN LUNCUR.....	133
GAMBAR 5. 3 MACAM-MACAM CARA PELUMASAN BANTALAN LUNCUR .....	134
GAMBAR 5. 4 MACAM-MACAM BANTALAN GELINDING .....	137
GAMBAR 5. 5 MACAM-MACAM JENIS SABUK.....	139
GAMBAR 6. 1 CONTOH TATA LETAK KOMPONEN MEKANIK (KONDISI SIAP DI KIRIM KE LOKASI ) .....	148
GAMBAR 6. 2 GENERATOR DIHUBUNGAN LANGSUNG. ILUSTRASI SAAT PELINDUNG RODA GILA DAN KOPLING DIBUKA. .	149
GAMBAR 6. 3 CONTOH DEWATA: GENERATOR YANG DIHUBUNGAN LANGSUNG DENGAN FLY WHEEL PADA SHAFT GENERATOR. KONTROL DEBIT ELEKTRONIK DENGAN SENSOR KECEPATAN DAN POSISI.....	149
GAMBAR 6. 4 CONTOH TENGOCHÉ: GENERATOR YANG DIHUBUNGAN LANGSUNG DENGAN FLYWHEEL PADA SHAFT TURBIN DAN KONTROL MEKANIS YANG DIHUBUNGAN DENGAN GEARBOX .....	150
GAMBAR 6. 5 GENERATOR YANG DIHUBUNGAN TIDAK LANGSUNG MENGGUNAKAN FLAT BELT DRIVE PADA TURBIN DAN GENERATOR .....	151
GAMBAR 6. 6 GENERATOR DAN TURBIN YANG DIHUBUNGAN TIDAK LANGSUNG MENGGUNAKAN FLAT BELT DRIVE DAN FLY WHEEL DENGAN, PLUMMER BLOCK BEARING DAN KOPLING. ....	152
GAMBAR 6. 7 GENERATOR YANG DIHUBUNGAN TIDAK LANGSUNG MENGGUNAKAN GEAR BOX .....	152

# BAB I

## PENDAHULUAN

### A. Latar Belakang

Modul ini menggunakan system pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan, penyelesaian soal-soal dan melakukan percobaan yang dibutuhkan dalam pengembangan sumber daya air dan yang lainnya. Modul Dasar-dasar Teknologi PLTMH (Pusat Listrik Tenaga Micro Hidro) ini meliputi Energy dan Daya, Teknik Hidrolika, Komponen-komponen dasar, Konfigurasi Lokasi, Prinsip dasar pemilihan lokasi dan Syarat-syarat Keseluruhan. Modul ini merupakan dasar perencanaan dalam pembuatan PLTMH

Penekanan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mempelajari modul ini. Modul ini merupakan modul dasar yang bertujuan untuk mempersiapkan dalam meningkatkan pengetahuan hidrolika dan menerapkannya di lapangan pekerjaan

Modul ini menggunakan sistem pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau mengajarkan pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja yang dibutuhkan dalam suatu pekerjaan. Penekanan utamanya adalah tentang apa yang dapat dilakukan seseorang setelah mengikuti pelatihan. Salah satu karakteristik yang paling penting dari pelatihan yang berdasarkan pendekatan kompetensi adalah penguasaan individu secara aktual di tempat kerja.

Dalam sistem pelatihan, standar kompetensi diharapkan dapat menjadi panduan bagi peserta pelatihan untuk dapat:

- mengidentifikasi apa yang harus dikerjakan peserta pelatihan;
- mengidentifikasi apa yang telah dikerjakan peserta pelatihan;
- memeriksa kemajuan peserta pelatihan; dan
- meyakinkan bahwa semua standar kompetensi, kompetensi dasar dan indikator telah dimasukkan dalam pelatihan dan penilaian.

Mudul ini merupakan modul inti yang bertujuan untuk mempersiapkan seorang teknisi PLTMH agar memiliki pengetahuan, keterampilan dan sikap kerja tentang dasar-dasar penggunaan dan pengoperasian mesin-mesin perkakas, peralatan las dan fabrikasi logam dalam pembuatan komponen-komponen PLTMH.

## **B. TUJUAN**

Setelah pelatihan peserta dapat :

1. Menganalisis dasar-dasar pembangkit listrik tenaga mikro hidro (PLTMH)
2. Menganalisis energi, daya dan teknik hidrolika
3. Menganalisis dasar-dasar hidrologi dan beda tinggi
4. Membaca gambar kerja dan mampu mengerjakan komponen tersebut dengan bantuan mesin-mesin produksi dan fabrikasi logam.
5. Menganalisis jenis-jenis turbin; terutama turbin crossflow, turbin pelton, dan turbin propeller. Dapat memilih jenis turbin yang cocok untuk untuk suatu situasi tertentu.
6. Menganalisis komponen-komponen utama berikut fungsinya dari tiap-tiap jenis turbin.
7. Menganalisis bagian-bagian mekanik turbin.

Setelah mempelajari modul ini, peserta diharapkan mampu:

1. Membaca gambar kerja dan mampu mengerjakan komponen tersebut dengan bantuan mesin-mesin produksi dan fabrikasi logam.
2. Mengetahui dan mampu mengidentifikasi Jenis-jenis turbin; terutama turbin crossflow, turbin pelton, dan turbin propeller. Dapat memilih jenis turbin yang cocok untuk untuk suatu situasi tertentu.
3. Mengetahui komponen-komponen utama berikut fungsinya dari tiap-tiap jenis turbin.
4. Mengetahui komponen-komponen utama PLTMH terutama bagian Mekanik.

### C. Peta Kompetensi

#### STANDAR KOMPETENSI GURU TEKNIK ENERGI HIDRO

##### Modul Turbin Air dan kelengkapan Mekanik

20.28	Menganalisis karakteristik turbin air	<p>20.27.1 Menganalisis karakteristik dan perhitungan turbin <i>crossflow</i>.</p> <p>20.27.2 Menganalisis karakteristik dan perhitungan turbin pelton</p> <p>20.27.3 Menganalisis karakteristik dan perhitungan turbin propeller/ kaplan</p>
20.29	Merencanakan turbin <i>crossflow</i>	<p>20.28.1 Mengevaluasi potensi daya hidrolik.</p> <p>20.28.2 Menentukan ukuran turbin <i>crossflow</i> sesuai hasil studi kelayakan</p> <p>20.28.3 Membuat gambar turbin <i>crossflow</i></p>
20.30	Merencanakan sistem kelengkapan mekanik untuk turbin <i>cross flow</i>	<p>20.29.1 Merancang sistem penggerak <i>guide vane</i>. (<i>flow control</i>)</p> <p>20.29.2 Merancang sistem transmisi turbin - generator</p>
20.31	Membuat turbin <i>cross flow</i>	<p>20.30.1 Membuat rumah runner dan adaptor</p> <p>20.30.2 Membuat runner</p> <p>20.30.3 Merakit bagian-bagian turbin <i>crossflow</i></p>
20.32	Membuat sistem kelengkapan mekanik untuk turbin <i>cross flow</i>	<p>20.31.1 Membuat mekanisme penggerak <i>guide vane</i>. (<i>flow control</i>)</p> <p>20.31.2 Membuat sistem transmisi turbin - generator</p>
20.33	Menguji statis turbin <i>cross flow</i> dan kelengkapan mekaniknya	<p>20.32.1 Menguji kebocoran air dan getran dari sistem turbin. pada putaran rendah dan sedang</p> <p>20.32.2 Melaksanakan inspeksi pada turbin - generator pada pembangkit listrik tenaga</p>

		mikro hidro (PLTMH)
--	--	---------------------

#### D. Ruang Lingkup

1. Karakteristik turbin air
2. Perencanaan turbin *crossflow*
3. Perencanaan sistem kelengkapan mekanik untuk turbin *cross flow*
4. Pembuatan turbin cross flow
5. Pembuatan sistem kelengkapan mekanik untuk untuk turbin *cross flow*
6. Pengujian statis turbin *cross flow* dan kelengkapan mekaniknya.

#### E. Saran dan Cara Penggunaan Modul

Meskipun modul ini disusun oleh tim yang terlatih, para penulis tidak bertanggungjawab atas luka-luka atau kematian yang diakibatkan dari penerapan atau interpretasi yang salah atas modul ini. Tanggungjawab penuh untuk kualitas, ketahanan dan keselamatan tetap pada perancang, pelaksana dan operator PLTMH. Oleh karena itu sangat dianjurkan bahwa setiap rancangan dan tugas-tugas perencanaan dilakukan dan/ atau diawasi serta diperiksa oleh tim teknisi yang memenuhi syarat, para ahli, atau orang-orang yang telah dilatih secara baik.

Untuk menyamakan persepsi para pelatih dalam melaksanakan pelatihan, akan digunakan sistem unit standar yang dikenal dengan "*SI unit*" atau sistem metrik, dimana satuan meter untuk panjang, detik untuk waktu, kg untuk massa, Newton (N) untuk gaya: dimana berat massa 1 kg sama dengan 9,81 N atau dibulatkan 10 N

1. Baca semua isi dan petunjuk pembelajaran modul mulai halaman judul hingga akhir modul ini. Ikuti semua petunjuk pembelajaran yang harus diikuti pada setiap Kegiatan Belajar
2. Belajar dan bekerjalah dengan penuh tanggung jawab dan sepenuh hati, baik secara kelompok maupun individual sesuai dengan tugas yang diberikan.
3. Kerjakan semua tugas yang diberikan dan kumpulkan sebanyak mungkin informasi yang dibutuhkan untuk meningkatkan pemahaman Anda terhadap modul ini.

4. Jagalah keselamatan dan keamanan kerja dan peralatan baik di kelas, laboratorium maupun di lapangan.
5. Laporkan semua pengalaman belajar yang Anda peroleh baik tertulis maupun lisan sesuai dengan tugas setiap modul.

Modul ini dirancang agar pengguna modul ini dapat belajar sendiri tanpa bimbingan langsung dari pembimbing atau melalui bimbingan. Adapun hal-hal yang teknis dapat didemonstrasikan secara bersama-sama (grup) dalam waktu yang bersamaan.

Agar dapat menguasai materi modul ini, maka beberapa hal yang harus Anda perhatikan adalah:

- Pahami terlebih dahulu tujuan yang hendak dicapai setelah Anda mempelajari modul ini.
- Pelajari dan kuasai yakinkan dari Anda bahwa Anda telah benar-benar menguasai kompetensi tersebut sebelum Anda mempelajari kompetensi selanjutnya.
- Jika Anda mempelajari modul ini melalui bimbingan maka Anda boleh bertanya dan meminta mendemonstrasikan hal-hal yang belum Anda pahami.
- Kerjakanlah latihan / tugas / evaluasi yang diberikan setelah Anda mempelajari dan kuasai materi tersebut, agar Anda dapat mengukur kemampuan Anda.
- Untuk memberikan kebenaran dari hasil latihan / tugas / evaluasi Anda, gunakan kunci jawaban yang disediakan.
- Untuk kegiatan praktek, gunakan format penilaian yang disediakan, agar kompetensi yang diharapkan dapat tercapai.

## **BAB II**

### **KEGIATAN PEMBELAJARAN**

#### **KEGIATAN PEMBELAJARAN 1: PEMANFAATAN PENILAIAN PROSES DAN HASIL BELAJAR**

##### **A. Tujuan**

Tujuan dari kegiatan pembelajaran 1 ini adalah:

1. Melalui diskusi kelompok peserta diklat dapat menelaah tentang konsep ketuntasan belajar.
2. Melalui pemahaman materi modul ini peserta diklat dapat menentukan program remedial dengan tepat untuk peserta didik.
3. Melalui pemahaman materi modul ini peserta diklat dapat menentukan program pengayaan yang mencukupi dengan tepat untuk peserta didik.

##### **B. Indikator Pencapaian Kompetensi**

Indikator pencapaian kompetensi yang harus dikuasai setelah mengikuti kegiatan belajar ini adalah, peserta diklat dapat:

1. Merancang dan melaksanakan program remedial berdasarkan hasil penilaian proses dan hasil belajar peserta didik guna mencapai penguasaan minimal terhadap materi atau kompetensi yang dipersyaratkan.
2. Merancang dan melaksanakan program pengayaan dalam rangka mengembangkan kompetensi peserta didik lebih mendalam dan optimal.

## C. Uraian Materi

### 1. Ketuntasan Belajar

#### a. Belajar Tuntas

Salah satu di antara masalah besar dalam bidang pendidikan di Indonesia yang banyak diperbincangkan adalah rendahnya mutu pendidikan yang tercermin dari rendahnya rata-rata prestasi belajar, khususnya peserta didik Sekolah Menengah Kejuruan (SMK). Masalah lain adalah bahwa pendekatan dalam pembelajaran masih terlalu didominasi peran guru (*teacher centered*). Guru lebih banyak menempatkan peserta didik sebagai objek dan bukan sebagai subjek didik. Pendidikan kita kurang memberikan kesempatan kepada peserta didik dalam berbagai mata pelajaran, untuk mengembangkan kemampuan berpikir holistik (menyeluruh), kreatif, objektif, dan logis, belum memanfaatkan *quantum learning* sebagai salah satu paradigma menarik dalam pembelajaran, serta kurang memperhatikan ketuntasan belajar secara individual.

Demikian juga proses pendidikan dalam sistem persekolahan kita, umumnya belum menerapkan pembelajaran sampai peserta didik menguasai materi pembelajaran secara tuntas. Akibatnya, banyak peserta didik yang tidak menguasai materi pembelajaran meskipun sudah dinyatakan tamat dari sekolah. Tidak heran kalau mutu pendidikan secara nasional masih rendah.

Penerapan Standar Isi yang berbasis pendekatan kompetensi sebagai upaya perbaikan kondisi pendidikan di tanah air ini memiliki beberapa alasan, di antaranya:

1. potensi peserta didik berbeda-beda, dan potensi tersebut akan berkembang jika stimulusnya tepat;
2. mutu hasil pendidikan yang masih rendah serta mengabaikan aspek-aspek moral, akhlak, budi pekerti, seni & olah raga, serta kecakapan hidup (*life skill*);
3. persaingan global yang memungkinkan hanya mereka yang mampu akan berhasil;

- 4- persaingan kemampuan SDM (Sumber Daya Manusia) produk lembaga pendidikan;
5. persaingan yang terjadi pada lembaga pendidikan, sehingga perlu rumusan yang jelas mengenai standar kompetensi lulusan.

Upaya-upaya dalam rangka perbaikan dan pengembangan kurikulum berbasis kompetensi meliputi: kewenangan pengembangan, pendekatan pembelajaran, penataan isi/konten, serta model sosialisasi, lebih disesuaikan dengan perkembangan situasi dan kondisi serta era yang terjadi saat ini. Pendekatan pembelajaran diarahkan pada upaya mengembangkan kemampuan peserta didik dalam mengelola perolehan belajar (kompetensi) yang paling sesuai dengan kondisi masing-masing. Dengan demikian proses pembelajaran lebih mengacu kepada bagaimana peserta didik belajar dan bukan lagi pada apa yang dipelajari.

Sesuai dengan cita-cita dari tujuan pendidikan nasional, guru perlu memiliki beberapa prinsip mengajar yang mengacu pada peningkatan kemampuan internal peserta didik di dalam merancang strategi dan melaksanakan pembelajaran. Peningkatan potensi internal itu misalnya dengan menerapkan jenis-jenis strategi pembelajaran yang memungkinkan peserta didik mampu mencapai kompetensi secara penuh, utuh dan kontekstual.

Berbicara tentang rendahnya daya serap atau prestasi belajar, atau belum terwujudnya keterampilan proses dan pembelajaran yang menekankan pada peran aktif peserta didik, inti persoalannya adalah pada masalah "ketuntasan belajar" yakni pencapaian taraf penguasaan minimal yang ditetapkan bagi setiap kompetensi secara perorangan. Masalah ketuntasan belajar merupakan masalah yang penting, sebab menyangkut masa depan peserta didik, terutama mereka yang mengalami kesulitan belajar.

Pendekatan pembelajaran tuntas adalah salah satu usaha dalam pendidikan yang bertujuan untuk memotivasi peserta didik mencapai penguasaan (*mastery level*) terhadap kompetensi tertentu. Dengan menempatkan pembelajaran tuntas (*mastery learning*) sebagai salah satu prinsip utama dalam mendukung

pelaksanaan kurikulum berbasis kompetensi, berarti pembelajaran tuntas merupakan sesuatu yang harus dipahami dan dilaksanakan dengan sebaik-baiknya oleh seluruh warga sekolah. Untuk itu perlu adanya panduan yang memberikan arah serta petunjuk bagi guru dan warga sekolah tentang bagaimana pembelajaran tuntas seharusnya dilaksanakan.

Tujuan pada bahasan ini Anda akan mempelajari dan dipandu untuk :

1. memberikan kesamaan pemahaman mengenai pembelajaran tuntas (mastery learning);
2. memberikan alternatif penyelenggaraan pembelajaran tuntas yang diselenggarakan oleh satuan pendidikan dan pendidik sesuai dengan mata pelajaran dan karakteristik peserta didik.

#### **b. Asumsi Dasar dan Pengertian Belajar Tuntas**

Pengertian model pembelajaran yang berasal dari kata model dimaknai sebagai objek atau konsep yang digunakan untuk mempresentasikan sesuatu hal. Sedangkan pembelajaran adalah suatu kegiatan dimana guru melakukan peranan-peranan tertentu agar dapat belajar untuk mencapai tujuan pendidikan yang diharapkan. (Trianto, *Mendesain Model Pembelajaran Inovatif-Progresif* (Jakarta: Kharisma Putra Utama, 2009-21), (Rusman & Laksmi Dewi, *Kurikulum dan Pembelajaran* (Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2011-216), (Rusman & Laksmi Dewi, *Kurikulum*,198).

Model pembelajaran menurut Joyce adalah suatu rencana atau pola yang dapat kita gunakan untuk merancang pembelajaran tatap muka di dalam kelas atau dalam latar tutorial dan dalam membentuk materiil-materiil pembelajaran termasuk buku-buku, film-film, pita kaset dan program media komputer dan kurikulum (serangkaian studi jangka panjang).

Model pembelajaran menjadikan suatu proses pembelajaran menjadi lebih sistematis dan tertata. Setiap pengajar memakai model pembelajaran yang

berbeda satu sama lain, karena penggunaan model pembelajaran harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi siswa.

Adapun dasar pertimbangan pemilihan model pembelajaran yang harus diperhatikan oleh guru adalah:

- a. Pertimbangan terhadap tujuan yang akan dicapai
- b. Pertimbangan tentang bahan atau materi pembelajaran
- c. Pertimbangan dari sudut siswa
- d. Pertimbangan lainnya yang bersifat nonteknis

(Rusman, *Model-Model Pembelajaran* (Jakarta: PT Rajagrafindo Persada, 2011-133.)

Selain model pembelajaran, dalam dunia pendidikan saat ini telah dikenal banyak istilah yang digunakan untuk mencapai tujuan pembelajaran dan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran agar menjadi lebih baik, diantaranya yaitu strategi, pendekatan, metode, teknik dan taktik.

Strategi pembelajaran adalah suatu kegiatan pembelajaran yang harus dikerjakan guru dan siswa agar tujuan pembelajaran dapat dicapai secara efektif dan efisien. Upaya yang harus dilakuakn agar tujuan pembelajaran yang telah disusun dapat tercapai secara optimal, memerlukan suatu metode yang digunakan untuk merealisasikan strategi yang telah ditetapkan. Dengan kata lain, strategi dan metode memiliki pengertian yang berbeda, jika strategi menunjukkan pada sebuah perencanaan untuk mencapai sesuatu, maka metode adalah cara yang digunakan untuk melaksanakan strategi tersebut.

Pendekatan dapat diartikan sebagai titik tolak atau sudut pandang terhadap proses pembelajaran. Ada dua pendekatan dalam pembelajaran, yaitu pendekatan yang berpusat pada guru (*teacher centered*) dan pendekatan berpusat pada siswa (*student centered*).

Dari semua istilah-istilah di atas, istilah model pembelajaran mempunyai makna yang lebih luas dari pada strategi, metode dan pendekatan. Model

pembelajaran memiliki ciri khusus yang tidak dimiliki oleh ketiganya. Ciri-ciri tersebut adalah :

- a. Rasional teoritis logis yang disusun oleh para pencipta atau pengembangnya
- b. Landasan pemikiran tentang apa dan bagaimana siswa belajar (tujuan pembelajaran yang akan dicapai)
- c. Tingkah laku mengajar yang diperlukan agar model tersebut dapat dilaksanakan dengan berhasil
- d. Lingkungan belajar yang diperlukan agar tujuan pembelajaran itu dapat dicapai

### **Model Belajar Tuntas (Mastery Learning)**

Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) adalah pencapaian taraf penguasaan minimal yang ditetapkan untuk setiap unit bahan pelajaran baik secara perseorangan maupun kelompok, dengan kata lain apa yang dipelajari siswa dapat dikuasai sepenuhnya. (Moh. User Usman, *Upaya Optimalisasi Kegiatan Belajar Mengajar* (Bandung : PT Remaja Rosdakarya, 1993-96), (Made Wena, *Strategi Pembelajaran Inovatif Kontemporer*, (Jakarta: Bumi Aksara, 2011-184)

Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dikembangkan oleh John B. Carroll (1971) dan Benjamin Bloom (1971). Di Indonesia model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dipopulerkan oleh Badan Pengembangan Penelitian Pendidikan dan Kebudayaan.

Belajar tuntas menyajikan suatu cara yang sistematis, menarik dan ringkas untuk meningkatkan unjuk kerja siswa ke tingkat pencapaian suatu pokok bahasan yang lebih memuaskan.

### **Tahap Model Belajar Tuntas (Mastery Learning)**

Model belajar tuntas ini terdiri atas lima tahap, yaitu orientasi (*orientation*), penyajian (*presentation*), latihan terstruktur (*structured practice*), latihan terbimbing (*guided practice*) dan latihan mandiri (*independent practice*).

#### a) Orientasi

Pada tahap ini dilakukan penetapan suatu kerangka isi pembelajaran. Guru akan menjelaskan tujuan pembelajaran, tugas-tugas yang akan dikerjakan dan mengembangkan tanggung jawab siswa selama proses pembelajaran.

#### b) Penyajian

Pada tahap ini guru menjelaskan konsep-konsep atau keterampilan baru disertai dengan contoh-contoh. Jika yang diajarkan adalah konsep baru, maka penting untuk mengajak siswa mendiskusikan karakteristik konsep, definisi serta konsep. Jika yang diajarkan berupa keterampilan baru, maka penting untuk mengajar siswa mengidentifikasi langkah-langkah kerja

keterampilan dan berikan contoh untuk setiap langkah-langkah keterampilan yang diajarkan.

c) Latihan Terstruktur

Pada tahap ini guru memberi siswa contoh praktik penyelesaian masalah/tugas. Dalam tahap ini, siswa perlu diberi beberapa pertanyaan, kemudian guru memberi balikan atas jawaban siswa.

d) Latihan Terbimbing

Pada tahap ini guru memberi kesempatan pada siswa untuk latihan menyelesaikan suatu permasalahan, tetapi masih dibawah bimbingan dalam menyelesaikannya. Melalui kegiatan terbimbing ini memungkinkan guru untuk menilai kemampuan siswa dalam menyelesaikan sejumlah tugas dan melihat kesalahan-kesalahan yang dilakukan siswa. Jadi peran guru dalam tahap ini adalah memantau kegiatan siswa dan memberikan umpan balik yang bersifat korektif jika diperlukan.

e) Latihan Mandiri

Tahap latihan mandiri adalah inti dari strategi ini. Latihan mandiri dilakukan apabila siswa telah mencapai skor unjuk kerja antara 85%-90% dalam tahap latihan terbimbing. Tujuan latihan terbimbing adalah memperkokoh bahan ajar yang baru dipelajari, memastikan daya ingat, serta untuk meningkatkan kelancaran siswa dalam menyelesaikan suatu permasalahan. Dalam tahap ini siswa menyelesaikan tugas tanpa bimbingan ataupun umpan balik dari guru. Kegiatan ini dapat dikerjakan di kelas ataupun berupa PR (Pekerjaan Rumah). Adapun peran guru pada tahap ini adalah memberi nilai hasil kerja siswa setelah selesai mengerjakan tugas secara tuntas. Guru perlu memberikan umpan balik kembali jika siswa masih ada kesalahan dalam pengerjaannya.

### **Keuntungan Penerapan Model Belajar (Mastery Learning)**

- a) Model ini sejalan dengan pandangan psikologi belajar modern yang berpegang pada prinsip perbedaan individual, belajar kelompok.

- b) Model ini memungkinkan siswa belajar lebih aktif yang memberi kesempatan kepada siswa untuk mengembangkan diri sendiri, memecahkan masalah sendiri dengan menemukan dan bekerja sendiri.
- c) Dalam model ini guru dan siswa diminta bekerja sama secara partisipatif dan persuasif, baik dalam proses belajar maupun dalam proses bimbingan terhadap siswa lainnya.
- d) Model ini berorientasi kepada peningkatan produktifitas hasil belajar.
- e) Penilaian yang dilakukan terhadap kemajuan belajar siswa mengandung unsur objektivitas yang tinggi.

#### **Kelemahan Penerapan Model Belajar (Mastery Learning)**

- a) Para guru umumnya masih mengalami kesulitan dalam membuat perencanaan belajar tuntas karena penyusunan satuan-satuan pelajaran yang lengkap dan menyeluruh.
- b) Model ini sulit dalam pelaksanaannya karena melibatkan berbagai kegiatan, yang berarti menuntut macam-macam kemampuan yang memadai.
- c) Guru-guru yang sudah terbiasa dengan cara-cara lama akan mengalami hambatan untuk menyelenggarakan model ini yang relatif lebih sulit dan masih baru.
- d) Model ini membutuhkan berbagai fasilitas, perlengkapan, alat, dana. Dan waktu yang cukup besar.
- e) Untuk melaksanakan model ini mengacu kepada penguasaan materi belajar secara tuntas sehingga menuntut para guru agar menguasai materi tersebut secara lebih luas, menyeluruh, dan lebih lengkap. Sehingga para guru harus lebih banyak menggunakan sumber-sumber yang lebih luas.

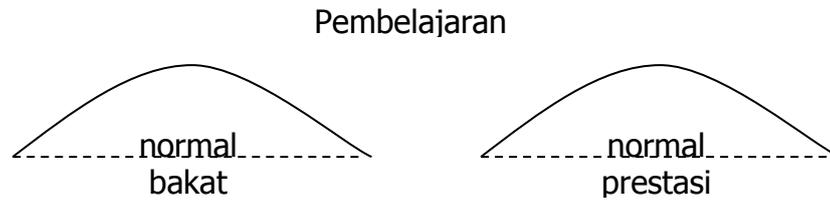
Pembelajaran tuntas (*mastery learning*) dalam proses pembelajaran berbasis kompetensi dimaksudkan adalah pendekatan dalam pembelajaran yang mempersyaratkan peserta didik menguasai secara tuntas seluruh standar kompetensi maupun kompetensi dasar mata pelajaran tertentu. Dalam model

yang paling sederhana, dikemukakan bahwa jika setiap peserta didik diberikan waktu sesuai dengan yang diperlukan untuk mencapai suatu tingkat penguasaan, dan jika dia menghabiskan waktu yang diperlukan, maka besar kemungkinan peserta didik akan mencapai tingkat penguasaan kompetensi. Tetapi jika peserta didik tidak diberi cukup waktu atau dia tidak dapat menggunakan waktu yang diperlukan secara penuh, maka tingkat penguasaan kompetensi peserta didik tersebut belum optimal. Block (1971) menyatakan tingkat penguasaan kompetensi peserta didik sebagai berikut :

$$\text{Degree of learning} = \frac{\text{time actually}}{\text{time needed}}$$

Model ini menggambarkan bahwa tingkat penguasaan kompetensi (*degree of learning*) ditentukan oleh seberapa banyak waktu yang benar-benar digunakan (*time actually spent*) untuk belajar dibagi dengan waktu yang diperlukan (*time needed*) untuk menguasai kompetensi tertentu.

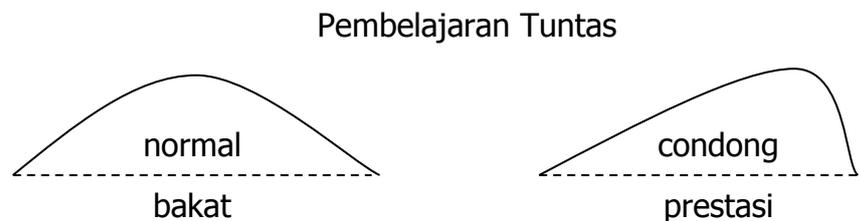
Dalam pembelajaran konvensional, bakat (*aptitude*) peserta didik tersebar secara normal. Jika kepada mereka diberikan pembelajaran yang sama dalam jumlah pembelajaran dan waktu yang tersedia untuk belajar, maka hasil belajar yang dicapai akan tersebar secara normal pula. Dalam hal ini dapat dikatakan bahwa hubungan antara bakat dan tingkat penguasaan adalah tinggi. Secara skematis konsep tentang prestasi belajar sebagai dampak pembelajaran dengan pendekatan konvensional dapat digambarkan sebagai berikut:



**Gambar 1. 1 Skema Pembelajaran Konvensional**

Sebaliknya, apabila bakat peserta didik tersebar secara normal, dan kepada mereka diberi kesempatan belajar yang sama untuk setiap peserta didik, tetapi diberikan perlakuan yang berbeda dalam kualitas pembelajarannya, maka besar kemungkinan bahwa peserta didik yang dapat mencapai penguasaan akan bertambah banyak. Dalam hal ini hubungan antara bakat dengan keberhasilan akan menjadi semakin kecil.

Secara skematis konsep prestasi belajar sebagai dampak pembelajaran dengan pendekatan pembelajaran tuntas, dapat digambarkan sebagai berikut :



**Gambar 1. 2 Skema Pembelajaran Tuntas**

Dari konsep-konsep di atas, kiranya cukup jelas bahwa harapan dari proses pembelajaran dengan pendekatan belajar tuntas adalah untuk mempertinggi rata-rata prestasi peserta didik dalam belajar dengan memberikan kualitas pembelajaran yang lebih sesuai, bantuan, serta perhatian khusus bagi peserta didik yang lambat agar menguasai standar kompetensi atau kompetensi dasar.

Dari konsep tersebut, dapat dikemukakan prinsip-prinsip utama pembelajaran tuntas adalah:

1. Kompetensi yang harus dicapai peserta didik dirumuskan dengan urutan yang hirarkis,
2. Evaluasi yang digunakan adalah penilaian acuan patokan, dan setiap kompetensi harus diberikan *feedback*,
3. Pemberian pembelajaran remedial serta bimbingan yang diperlukan,
4. Pemberian program pengayaan bagi peserta didik yang mencapai ketuntasan belajar lebih awal. (Gentile & Lalley: 2003)

**c. Perbedaan antara Pembelajaran Tuntas dengan Pembelajaran Konvensional**

Pembelajaran tuntas adalah pola pembelajaran yang menggunakan prinsip ketuntasan secara individual. Dalam hal pemberian kebebasan belajar, serta untuk mengurangi kegagalan peserta didik dalam belajar, strategi belajar tuntas menganut pendekatan individual, dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada sekelompok peserta didik (klasikal), tetapi mengakui dan melayani perbedaan-perbedaan perorangan peserta didik sedemikian rupa, sehingga dengan penerapan pembelajaran tuntas memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing peserta didik secara optimal. Dasar pemikiran dari belajar tuntas dengan pendekatan individual ialah adanya pengakuan terhadap perbedaan individual masing-masing peserta didik.

Untuk merealisasikan pengakuan dan pelayanan terhadap perbedaan individu, pembelajaran harus menggunakan strategi pembelajaran yang berasaskan maju berkelanjutan (*continuous progress*). Untuk itu, pendekatan sistem yang merupakan salah satu prinsip dasar dalam teknologi pembelajaran harus benar-benar dapat diimplementasikan. Salah satu caranya adalah standar kompetensi dan kompetensi dasar harus dinyatakan secara jelas, dan pembelajaran dipecah-pecah ke dalam satuan-satuan (*cremental units*). Peserta didik belajar selangkah demi selangkah dan boleh mempelajari kompetensi dasar berikutnya

setelah menguasai sejumlah kompetensi dasar yang ditetapkan menurut kriteria tertentu. Dalam pola ini, seorang peserta didik yang mempelajari unit satuan pembelajaran tertentu dapat berpindah ke unit satuan pembelajaran berikutnya jika peserta didik yang bersangkutan telah menguasai sekurang-kurangnya **75%** dari kompetensi dasar yang ditetapkan. Sedangkan pembelajaran konvensional dalam kaitan ini diartikan sebagai pembelajaran dalam konteks klasikal yang sudah terbiasa dilakukan, sifatnya berpusat pada guru, sehingga pelaksanaannya kurang memperhatikan keseluruhan situasi belajar (non belajar tuntas).

Dengan memperhatikan uraian di atas dapat dikemukakan bahwa perbedaan antara pembelajaran tuntas dengan pembelajaran konvensional adalah bahwa pembelajaran tuntas dilakukan melalui asas-asas ketuntasan belajar, sedangkan pembelajaran konvensional pada umumnya kurang memperhatikan ketuntasan belajar khususnya ketuntasan peserta didik secara individual. Secara kualitatif perbandingan ke dua pola tersebut dapat dicermati pada Tabel 2.1.1 berikut.

**Tabel 1. 1 Perbandingan Kualitatif antara Pembelajaran Tuntas dengan Pembelajaran Konvensional**

Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
A.Persiapan	1. Tingkat ketuntasan	Diukur dari performance peserta didik dalam setiap unit (satuan kompetensi atau kemampuan dasar). Setiap peserta didik harus mencapai nilai 75	Diukur dari <i>performance</i> peserta didik yang dilakukan secara acak
	2. Satuan Acara Pembelajaran	Dibuat untuk satu minggu pembelajaran, dan dipakai sebagai pedoman guru serta diberikan kepada peserta didik	Dibuat untuk satu minggu pembelajaran, dan hanya dipakai sebagai pedoman guru
	3. Pandangan terhadap kemampuan peserta didik saat memasuki satuan pembelajaran tertentu	Kemampuan hampir sama, namun tetap ada variasi	Kemampuan peserta didik dianggap sama

Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
B.Pelaksanaan pembelajaran	4. Bentuk pembelajaran dalam satu unit kompetensi atau kemampuan dasar	Dilaksanakan melalui pendekatan klasikal, kelompok dan individual	Dilaksanakan sepenuhnya melalui pendekatan klasikal
	5. Cara pembelajaran dalam setiap standar kompetensi atau kompetensi dasar	Pembelajaran dilakukan melalui penjelasan guru ( <i>lecture</i> ), membaca secara mandiri dan terkontrol, berdiskusi, dan belajar secara individual	Dilakukan melalui mendengarkan ( <i>lecture</i> ), tanya jawab, dan membaca (tidak terkontrol)
	Orientasi pembelajaran	Pada terminal performance peserta didik (kompetensi atau kemampuan dasar) secara individual	Pada bahan pembelajaran

Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
	7. Peranan guru	Sebagai pengelola pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan peserta didik secara individual	Sebagai pengelola pembelajaran untuk memenuhi kebutuhan seluruh peserta didik dalam kelas
	8. Fokus kegiatan pembelajaran	Ditujukan kepada masing-masing peserta didik secara individual	Ditujukan kepada peserta didik dengan kemampuan menengah
	9. Penentuan keputusan mengenai satuan pembelajaran	Ditentukan oleh peserta didik dengan bantuan guru	Ditentukan sepenuhnya oleh guru

Langkah	Aspek Pembeda	Pembelajaran Tuntas	Pembelajaran Konvensional
C.Umpan Balik	10. Instrumen umpan balik	Menggunakan berbagai jenis serta bentuk tagihan secara berkelanjutan	Lebih mengandalkan pada penggunaan tes objektif untuk penggalan waktu tertentu
	11. Cara membantu peserta didik	Menggunakan sistem tutor dalam diskusi kelompok ( <i>small-group learning activities</i> ) dan tutor yang dilakukan secara individual	Dilakukan oleh guru dalam bentuk tanya jawab secara klasikal

#### d. Indikator Pelaksanaan Pembelajaran Tuntas

Suatu pembelajaran di kelas dikatakan melaksanakan pembelajaran tuntas jika terdapat indikator-indikator sebagai berikut:

1. Metode pembelajaran yang dipakai adalah pendekatan diagnostik preskriptif

Maksudnya adalah pendekatan individual dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada kelompok siswa (kelas), tetapi mengakui dan melayani perbedaan-perbedaan perorangan siswa sedemikian rupa,

- sehingga pembelajaran memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing siswa secara optimal.
2. Peran guru harus intensif dalam mendorong keberhasilan siswa secara individual.  
Hal-hal yang dapat dilakukan oleh guru, misalnya sebagai berikut:
    - a. Menjabarkan/memecah KD ke dalam satuan-satuan yang lebih kecil.
    - b. Menata indikator berdasarkan cakupan serta urutan unit.
    - c. Menyajikan materi dalam bentuk yang bervariasi.
    - d. Memonitor seluruh pekerjaan siswa.
    - e. Menilai perkembangan siswa dalam pencapaian kompetensi.
    - f. Menyediakan sejumlah alternatif strategi pembelajaran bagi siswa yang menjumpai kesulitan.
  3. Peran siswa lebih leluasa dalam menentukan jumlah waktu belajar yang diperlukan.  
Artinya siswa diberikan kebebasan dalam menetapkan kecepatan pencapaian kompetensi. Kemajuan siswa sangat tertumpu pada usaha serta ketekunan siswa secara individual.
  4. Sistem penilaian menggunakan penilaian berkelanjutan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:
    - a. Penilaian dengan sistem blok.
    - b. Tiap blok terdiri dari satu atau lebih kompetensi dasar (KD).
    - c. Hasil penilaian dianalisis dan ditindaklanjuti melalui program remedial, program pengayaan, dan program percepatan.
    - d. Penilaian mencakup aspek kognitif dan psikomotor.
    - e. Aspek afektif dinilai melalui pengamatan dan kuesioner.

Sumber lain menyatakan, beberapa indikator pelaksanaan pembelajaran tuntas adalah:

## 1. Metode Pembelajaran

Strategi pembelajaran tuntas sebenarnya menganut pendekatan individual, dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada sekelompok peserta didik (klasikal), tetapi juga mengakui dan memberikan layanan sesuai dengan perbedaan-perbedaan individual peserta didik, sehingga pembelajaran memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing peserta didik secara optimal.

Adapun langkah-langkahnya adalah :

- a. mengidentifikasi prasyarat (*prerequisite*),
- b. membuat tes untuk mengukur perkembangan dan pencapaian kompetensi,
- c. mengukur pencapaian kompetensi peserta didik.

Metode pembelajaran yang sangat ditekankan dalam pembelajaran tuntas adalah pembelajaran individual, pembelajaran dengan teman atau sejawat (*peer instruction*), dan bekerja dalam kelompok kecil. Berbagai jenis metode (multi metode) pembelajaran harus digunakan untuk kelas atau kelompok. Pembelajaran tuntas sangat mengandalkan pada pendekatan tutorial dengan session-session kelompok kecil, tutorial orang perorang, pembelajaran terprogram, buku-buku kerja, permainan dan pembelajaran berbasis komputer (Kindsvatter, 1996)

## 2. Peran Guru

Strategi pembelajaran tuntas menekankan pada peran atau tanggung jawab guru dalam mendorong keberhasilan peserta didik secara individual. Pendekatan yang digunakan mendekati model *Personalized System of Instruction (PSI)* seperti dikembangkan oleh Keller, yang lebih menekankan pada interaksi antara peserta didik dengan materi/objek belajar.

Peran guru harus intensif dalam hal-hal berikut:

- a. Menjabarkan/memecah KD (Kompetensi Dasar) ke dalam satuan-satuan (unit-unit) yang lebih kecil dengan memperhatikan pengetahuan prasyaratnya.
- b. Mengembangkan indikator berdasarkan SK/KD.
- c. Menyajikan materi pembelajaran dalam bentuk yang bervariasi
- d. Memonitor seluruh pekerjaan peserta didik
- e. Menilai perkembangan peserta didik dalam pencapaian kompetensi (kognitif, psikomotor, dan afektif)
- f. Menggunakan teknik diagnostik
- g. Menyediakan sejumlah alternatif strategi pembelajaran bagi peserta didik yang mengalami kesulitan

### 3. Peran Peserta didik

Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan yang memiliki pendekatan berbasis kompetensi sangat menjunjung tinggi dan menempatkan peran peserta didik sebagai subjek didik. Fokus program pembelajaran bukan pada “Guru dan yang akan dikerjakannya” melainkan pada “Peserta didik dan yang akan dikerjakannya”. Oleh karena itu, pembelajaran tuntas memungkinkan peserta didik lebih leluasa dalam menentukan jumlah waktu belajar yang diperlukan. Artinya, peserta didik diberi kebebasan dalam menetapkan kecepatan pencapaian kompetensinya. Kemajuan peserta didik sangat bertumpu pada usaha serta ketekunannya secara individual.

### 4. Evaluasi

Penting untuk dicatat bahwa ketuntasan belajar dalam KTSP ditetapkan dengan penilaian acuan patokan (*criterion referenced*) pada setiap kompetensi dasar dan tidak ditetapkan berdasarkan norma (*norm referenced*). Dalam hal ini batas ketuntasan belajar harus ditetapkan oleh guru, misalnya apakah peserta didik harus mencapai nilai 75, 65, 55, atau

sampai nilai berapa seorang peserta didik dinyatakan mencapai ketuntasan dalam belajar.

Asumsi dasarnya adalah:

- a. bahwa semua orang bisa belajar apa saja, hanya waktu yang diperlukan berbeda,
- b. standar harus ditetapkan terlebih dahulu, dan hasil evaluasi adalah *lulus* atau *tidak lulus*. (Gentile & Lalley: 2003)

Sistem evaluasi menggunakan penilaian berkelanjutan, yang ciri-cirinya adalah:

- a. Ulangan dilaksanakan untuk melihat ketuntasan setiap Kompetensi Dasar
- b. Ulangan dapat dilaksanakan terdiri atas satu atau lebih Kompetensi Dasar (KD)
- c. Hasil ulangan dianalisis dan ditindaklanjuti melalui program remedial dan program pengayaan.
- d. Ulangan mencakup aspek kognitif dan psikomotor
- e. Aspek afektif diukur melalui kegiatan inventori afektif seperti pengamatan, kuesioner, dsb.

Sistem penilaian mencakup jenis tagihan serta bentuk instrumen/soal. Dalam pembelajaran tuntas tes diusahakan disusun berdasarkan indikator sebagai alat diagnosis terhadap program pembelajaran. Dengan menggunakan tes diagnostik yang dirancang secara baik, peserta didik dimungkinkan dapat menilai sendiri hasil tesnya, termasuk mengenali di mana ia mengalami kesulitan dengan segera. Sedangkan penentuan batas pencapaian ketuntasan belajar, meskipun umumnya disepakati pada skor/nilai 75 (75%) namun batas ketuntasan yang paling realistik atau paling

sesuai adalah ditetapkan oleh guru mata pelajaran, sehingga memungkinkan adanya perbedaan dalam penentuan batas ketuntasan untuk setiap KD maupun pada setiap sekolah dan atau daerah.

Sebagai tindak lanjut dari pembelajaran tuntas adalah program remedial dan pengayaan. Program remedial dilakukan bilamana peserta didik belum memenuhi yang dipersyaratkan, sedangkan program pengayaan diberikan bilamana peserta didik telah mampu bahkan melebihi yang telah dipersyaratkan.

## **2. Program Remedial**

Dalam kegiatan pembelajaran termasuk pembelajaran mandiri selalu dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan dalam mencapai standar kompetensi, kompetensi dasar dan penguasaan materi pembelajaran yang telah ditentukan. Secara garis besar kesulitan dimaksud dapat berupa kurangnya pengetahuan prasyarat, kesulitan memahami materi pembelajaran, maupun kesulitan dalam mengerjakan tugas-tugas latihan dan menyelesaikan soal-soal ulangan. Secara khusus, kesulitan yang dijumpai peserta didik dapat berupa tidak dikuasainya kompetensi dasar mata pelajaran tertentu, misalnya operasi bilangan dalam matematika; atau membaca dan menulis dalam pelajaran bahasa. Agar peserta didik dapat memecahkan kesulitan tersebut perlu adanya bantuan. Bantuan dimaksud berupa pemberian pembelajaran remedial atau perbaikan. Untuk keperluan pemberian pembelajaran remedial perlu dipilih strategi dan langkah-langkah yang tepat setelah terlebih dahulu diadakan diagnosis terhadap kesulitan belajar yang dialami peserta didik.

Sehubungan dengan hal-hal tersebut, satuan pendidikan perlu menyusun rencana sistematis pemberian pembelajaran remedial untuk membantu mengatasi kesulitan belajar peserta didik.

Penyusunan materi modul ini bertujuan:

1. Memberikan pemahaman lebih luas bagaimana menyelenggarakan pembelajaran remedial.
2. Memberikan alternatif penyelenggaraan pembelajaran remedial yang diselenggarakan oleh satuan pendidikan atau pendidik.
3. Memberikan layanan optimal melalui proses pembelajaran remedial.

Ruang lingkup modul ini meliputi: pembelajaran remedial, hakikat pembelajaran remedial, dan pelaksanaan pembelajaran remedial.

### **Pembelajaran Remedial**

Standar nasional pendidikan bertujuan menjamin mutu pendidikan nasional dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, Peraturan Pemerintah nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan (PP No. 19/2005) menetapkan 8 standar yang harus dipenuhi dalam melaksanakan pendidikan. Kedelapan standar dimaksud meliputi standar isi, standar proses, standar kompetensi lulusan, standar pendidik dan tenaga kependidikan, standar sarana dan prasarana, standar pengelolaan, standar pembiayaan, dan standar penilaian pendidikan.

Secara khusus, dalam rangka mencapai tujuan pendidikan nasional tersebut, kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran ditetapkan dalam standar isi dan standar kompetensi kelulusan. Standar isi memuat standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik dalam mempelajari suatu mata pelajaran. Standar kompetensi lulusan (SKL) berisikan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik pada setiap satuan pendidikan. Berkenaan dengan materi yang harus dipelajari, diatur dalam silabus dan RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) yang dikembangkan oleh pendidik. Menurut pasal 6 PP no.19 Tahun 2005, terdapat 5 kelompok mata pelajaran yang harus dipelajari peserta didik pada

jenjang pendidikan dasar dan menengah untuk jenis pendidikan umum, kejuruan dan khusus. Kelima kelompok mata pelajaran tersebut meliputi kelompok mata pelajaran: agama dan akhlak mulia, kewarganegaraan dan kepribadian, ilmu pengetahuan dan teknologi, estetika, jasmani, olah raga, dan kesehatan.

Dalam rangka membantu peserta didik mencapai standar isi dan standar kompetensi lulusan, pelaksanaan atau proses pembelajaran perlu diusahakan agar interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan kesempatan yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Tidak dapat dipungkiri bahwa untuk mencapai tujuan dan prinsip-prinsip pembelajaran tersebut pasti dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan atau masalah belajar. Untuk mengatasi masalah-masalah tersebut, setiap satuan pendidikan perlu menyelenggarakan program pembelajaran remedial atau perbaikan.

### **Hakikat Pembelajaran Remedial**

Pembelajaran remedial merupakan layanan pendidikan yang diberikan kepada peserta didik untuk memperbaiki prestasi belajarnya sehingga mencapai kriteria ketuntasan yang ditetapkan. Untuk memahami konsep penyelenggaraan model pembelajaran remedial, terlebih dahulu perlu diperhatikan bahwa Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) yang diberlakukan berdasarkan Permendiknas 22, 23, 24 Tahun 2006 dan Permendiknas No. 6 Tahun 2007 menerapkan sistem pembelajaran berbasis kompetensi, sistem belajar tuntas, dan sistem pembelajaran yang memperhatikan perbedaan individual peserta didik. Sistem dimaksud ditandai dengan dirumuskannya secara jelas standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik. Penguasaan SK dan KD setiap peserta didik diukur menggunakan sistem penilaian acuan kriteria. Jika seorang

peserta didik mencapai standar tertentu maka peserta didik dinyatakan telah mencapai ketuntasan.

Pelaksanaan pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, dimulai dari penilaian kemampuan awal peserta didik terhadap kompetensi atau materi yang akan dipelajari. Kemudian dilaksanakan pembelajaran menggunakan berbagai metode seperti ceramah, demonstrasi, pembelajaran kolaboratif/kooperatif, inkuiri, diskoveri, dsb. Melengkapi metode pembelajaran digunakan juga berbagai media seperti media audio, video, dan audiovisual dalam berbagai format, mulai dari kaset audio, slide, video, komputer, multimedia, dsb. Di tengah pelaksanaan pembelajaran atau pada saat kegiatan pembelajaran sedang berlangsung, diadakan penilaian proses menggunakan berbagai teknik dan instrumen dengan tujuan untuk mengetahui kemajuan belajar serta seberapa jauh penguasaan peserta didik terhadap kompetensi yang telah atau sedang dipelajari. Pada akhir program pembelajaran, diadakan penilaian yang lebih formal berupa ulangan harian. Ulangan harian dimaksudkan untuk menentukan tingkat pencapaian belajar peserta didik, apakah seorang peserta didik gagal atau berhasil mencapai tingkat penguasaan tertentu yang telah dirumuskan pada saat pembelajaran direncanakan.

Apabila dijumpai adanya peserta didik yang tidak mencapai penguasaan kompetensi yang telah ditentukan, maka muncul permasalahan mengenai apa yang harus dilakukan oleh pendidik. Salah satu tindakan yang diperlukan adalah pemberian program pembelajaran remedial atau perbaikan. Dengan kata lain, remedial diperlukan bagi peserta didik yang belum mencapai kemampuan minimal yang ditetapkan dalam rencana pelaksanaan pembelajaran. Pemberian program pembelajaran remedial didasarkan atas latar belakang bahwa pendidik perlu memperhatikan perbedaan individual peserta didik.

Dengan diberikannya pembelajaran remedial bagi peserta didik yang belum mencapai tingkat ketuntasan belajar, maka peserta didik ini memerlukan waktu lebih lama daripada mereka yang telah mencapai tingkat penguasaan. Mereka juga perlu menempuh penilaian kembali setelah mendapatkan program pembelajaran remedial.

### **Prinsip Pembelajaran Remedial**

Pembelajaran remedial merupakan pemberian perlakuan khusus terhadap peserta didik yang mengalami hambatan dalam kegiatan belajarnya. Hambatan yang terjadi dapat berupa kurangnya pengetahuan dan keterampilan prasyarat atau lambat dalam mencapai kompetensi. Beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam pembelajaran remedial sesuai dengan sifatnya sebagai pelayanan khusus antara lain:

1. Adaptif

Setiap peserta didik memiliki keunikan sendiri-sendiri. Oleh karena itu program pembelajaran remedial hendaknya memungkinkan peserta didik untuk belajar sesuai dengan kecepatan, kesempatan, dan gaya belajar masing-masing. Dengan kata lain, pembelajaran remedial harus mengakomodasi perbedaan individual peserta didik.

2. Interaktif

Pembelajaran remedial hendaknya memungkinkan peserta didik untuk secara intensif berinteraksi dengan pendidik dan sumber belajar yang tersedia. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa kegiatan belajar peserta didik yang bersifat perbaikan perlu selalu mendapatkan monitoring dan pengawasan agar diketahui kemajuan belajarnya. Jika dijumpai adanya peserta didik yang mengalami kesulitan segera diberikan bantuan.

3. Fleksibilitas dalam Metode Pembelajaran dan Penilaian

Sejalan dengan sifat keunikan dan kesulitan belajar peserta didik yang berbeda-beda, maka dalam pembelajaran remedial perlu digunakan berbagai metode mengajar dan metode penilaian yang sesuai dengan karakteristik peserta didik.

4. Pemberian Umpan Balik Sesegera Mungkin

Umpan balik berupa informasi yang diberikan kepada peserta didik mengenai kemajuan belajarnya perlu diberikan sesegera mungkin. Umpan balik dapat bersifat

korektif maupun konfirmatif. Dengan sesegera mungkin memberikan umpan balik dapat dihindari kekeliruan belajar yang berlarut-larut yang dialami peserta didik.

5. Kesiambungan dan Ketersediaan dalam Pemberian Pelayanan

Program pembelajaran reguler dengan pembelajaran remedial merupakan satu kesatuan, dengan demikian program pembelajaran reguler dengan remedial harus berkesinambungan dan programnya selalu tersedia agar setiap saat peserta didik dapat mengaksesnya sesuai dengan kesempatan masing-masing.

### **Bentuk Kegiatan Remedial**

Dengan memperhatikan pengertian dan prinsip pembelajaran remedial tersebut, maka pembelajaran remedial dapat diselenggarakan dengan berbagai kegiatanantara lain:

1. Memberikan tambahan penjelasan atau contoh

Peserta didik kadang-kadang mengalami kesulitan memahami penyampaian materi pembelajaran untuk mencapai kompetensi yang disajikan hanya sekali, apalagi kurang ilustrasi dan contoh. Pemberian tambahan ilustrasi, contoh dan bukan contoh untuk pembelajaran konsep misalnya akan membantu pembentukan konsep pada diri peserta didik.

2. Menggunakan strategi pembelajaran yang berbeda dengan sebelumnya

Penggunaan alternatif berbagai strategipembelajaran akan memungkinkan peserta didik dapat mengatasi masalah pembelajaran yang dihadapi.

3. Mengkaji ulang pembelajaran yang lalu.

Penerapan prinsip pengulangan dalam pembelajaran akan membantu peserta didik menangkap pesan pembelajaran. Pengulangan dapat dilakukan dengan menggunakan metode dan media yang sama atau metode dan media yang berbeda.

#### 4. Menggunakan berbagai jenis media

Penggunaan berbagai jenis media dapat menarik perhatian peserta didik. Perhatian memegang peranan penting dalam proses pembelajaran. Semakin memperhatikan, hasil belajar akan lebih baik. Namun peserta didik seringkali mengalami kesulitan untuk memperhatikan atau berkonsentrasi dalam waktu yang lama. Agar perhatian peserta didik terkonsentrasi pada materi pelajaran perlu digunakan berbagai media untuk mengendalikan perhatian peserta didik.

### **Pelaksanaan Pembelajaran Remedial**

Pembelajaran remedial pada hakikatnya adalah pemberian bantuan bagi peserta didik yang mengalami kesulitan atau kelambatan belajar. Sehubungan dengan itu, langkah-langkah yang perlu dikerjakan dalam pemberian pembelajaran remedial meliputi dua langkah pokok, yaitu pertama mendiagnosis kesulitan belajar, dan kedua memberikan perlakuan (*treatment*) pembelajaran remedial.

#### **1) Diagnosis Kesulitan Belajar**

##### **Tujuan**

Diagnosis kesulitan belajar dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kesulitan belajar peserta didik. Kesulitan belajar dapat dibedakan menjadi kesulitan ringan, sedang dan berat.

Kesulitan belajar ringan biasanya dijumpai pada peserta didik yang kurang perhatian di saat mengikuti pembelajaran.

Kesulitan belajar sedang dijumpai pada peserta didik yang mengalami gangguan belajar yang berasal dari luar diri peserta didik, misalnya faktor keluarga, lingkungan tempat tinggal, pergaulan, dsb.

Kesulitan belajar berat dijumpai pada peserta didik yang mengalami ketunaan pada diri mereka, misalnya tuna rungu, tuna netra, tuna daksa, dsb.

### **Teknik**

Teknik yang dapat digunakan untuk mendiagnosis kesulitan belajar antara lain: tes prasyarat (prasyarat pengetahuan, prasyarat keterampilan), tes diagnostik, wawancara, pengamatan, dsb.

Tes prasyarat adalah tes yang digunakan untuk mengetahui apakah prasyarat yang diperlukan untuk mencapai penguasaan kompetensi tertentu terpenuhi atau belum. Prasyarat ini meliputi prasyarat pengetahuan dan prasyarat keterampilan.

Tes diagnostik digunakan untuk mengetahui kesulitan peserta didik dalam menguasai kompetensi tertentu. Misalnya dalam mempelajari operasi bilangan, apakah peserta didik mengalami kesulitan pada kompetensi penambahan, pengurangan, pembagian, atau perkalian.

Wawancara dilakukan dengan mengadakan interaksi lisan dengan peserta didik untuk menggali lebih dalam mengenai kesulitan belajar yang dijumpai peserta didik.

Pengamatan (observasi) dilakukan dengan jalan melihat secara cermat perilaku belajar peserta didik. Dari pengamatan tersebut diharapkan dapat diketahui jenis maupun penyebab kesulitan belajar peserta didik.

## **2) Bentuk Pelaksanaan Pembelajaran Remedial**

Setelah diketahui kesulitan belajar yang dihadapi peserta didik, langkah berikutnya adalah memberikan perlakuan berupa pembelajaran remedial.

Bentuk-bentuk pelaksanaan pembelajaran remedial antara lain:

1. Pemberian pembelajaran ulang dengan metode dan media yang berbeda.  
Pembelajaran ulang dapat disampaikan dengan cara penyederhanaan materi, variasi cara penyajian, penyederhanaan tes/pertanyaan. Pembelajaran ulang dilakukan bilamana sebagian besar atau semua peserta didik belum mencapai ketuntasan belajar atau mengalami kesulitan belajar.

- Pendidik perlu memberikan penjelasan kembali dengan menggunakan metode dan/atau media yang lebih tepat.
2. Pemberian bimbingan secara khusus, misalnya bimbingan perorangan. Dalam hal pembelajaran klasikal peserta didik mengalami kesulitan, perlu dipilih alternatif tindak lanjut berupa pemberian bimbingan secara individual. Pemberian bimbingan perorangan merupakan implikasi peran pendidik sebagai tutor. Sistem tutorial dilaksanakan bilamana terdapat satu atau beberapa peserta didik yang belum berhasil mencapai ketuntasan.
  3. Pemberian tugas-tugas latihan secara khusus. Dalam rangka menerapkan prinsip pengulangan, tugas-tugas latihan perlu diperbanyak agar peserta didik tidak mengalami kesulitan dalam mengerjakan tes akhir. Peserta didik perlu diberi latihan intensif (*drill*) untuk membantu menguasai kompetensi yang ditetapkan.
  4. Pemanfaatan tutor sebaya. Tutor sebaya adalah teman sekelas yang memiliki kecepatan belajar lebih. Mereka perlu dimanfaatkan untuk memberikan tutorial kepada rekannya yang mengalami kelambatan belajar. Dengan teman sebaya diharapkan peserta didik yang mengalami kesulitan belajar akan lebih terbuka dan akrab.

Hasil belajar yang menunjukkan tingkat pencapaian kompetensi melalui penilaian diperoleh dari penilaian proses dan penilaian hasil. Penilaian proses diperoleh melalui postes, tes kinerja, observasi dan lain-lain. Sedangkan penilaian hasil diperoleh melalui ulangan harian, ulangan tengah semester dan ulangan akhir semester.

Jika peserta didik tidak lulus karena penilaian hasil maka sebaiknya hanya mengulang tes tersebut dengan pembelajaran ulang jika diperlukan. Namun apabila ketidaklulusan akibat penilaian proses yang tidak diikuti (misalnya

kinerja praktik, diskusi/presentasi kelompok) maka sebaiknya peserta didik mengulang semua proses yang harus diikuti.

### **3) Waktu Pelaksanaan Pembelajaran Remedial**

Terdapat beberapa alternatif berkenaan dengan waktu atau kapan pembelajaran remedial dilaksanakan. Pertanyaan yang timbul, apakah pembelajaran remedial diberikan pada setiap akhir ulangan harian, mingguan, akhir bulan, tengah semester, atau akhir semester. Ataukah pembelajaran remedial itu diberikan setelah peserta didik mempelajari SK atau KD tertentu? Pembelajaran remedial dapat diberikan setelah peserta didik mempelajari KD tertentu. Namun karena dalam setiap SK terdapat beberapa KD, maka terlalu sulit bagi pendidik untuk melaksanakan pembelajaran remedial setiap selesai mempelajari KD tertentu. Mengingat indikator keberhasilan belajar peserta didik adalah tingkat ketuntasan dalam mencapai SK yang terdiri dari beberapa KD, maka pembelajaran remedial dapat juga diberikan setelah peserta didik menempuh tes SK yang terdiri dari beberapa KD. Hal ini didasarkan atas pertimbangan bahwa SK merupakan satu kebulatan kemampuan yang terdiri dari beberapa KD. Mereka yang belum mencapai penguasaan SK tertentu perlu mengikuti program pembelajaran remedial.

### **4) Tes Ulang**

Tes ulang diberikan kepada peserta didik yang telah mengikuti program pembelajaran remedial agar dapat diketahui apakah peserta didik telah mencapai ketuntasan dalam penguasaan kompetensi yang telah ditentukan.

## 5) Nilai Hasil Remedial

Nilai hasil remedial tidak melebihi nilai KKM.

Peserta didik memiliki kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda. Sesuai dengan kemampuan dan karakteristik yang berbeda-beda tersebut maka permasalahan yang dihadapi berbeda-beda pula. Dalam melaksanakan pembelajaran, pendidik perlu tanggap terhadap kesulitan yang dihadapi peserta didik.

Dalam rangka pelaksanaan pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, peserta didik yang gagal mencapai tingkat pencapaian kompetensi yang telah ditentukan perlu diberikan pembelajaran remedial (perbaikan). Beberapa prinsip yang perlu diperhatikan dalam pemberian pembelajaran remedial antara lain adaptif, interaktif, fleksibel, pemberian umpan balik, dan ketersediaan program sepanjang waktu.

Sebelum memberikan pembelajaran remedial, terlebih dahulu pendidik perlu melaksanakan diagnosis terhadap kesulitan belajar peserta didik. Banyak teknik yang dapat digunakan, antara lain menggunakan tes, wawancara, pengamatan, dan sebagainya.

Setelah diketahui kesulitan belajarnya, peserta didik diberikan pembelajaran remedial. Banyak teknik dapat digunakan, misalnya pembelajaran ulang dengan metode dan media yang berbeda, penyederhanaan materi, pemanfaatan tutor sebaya, dan sebagainya.

Dalam memberikan pembelajaran remedial perlu dipertimbangkan kapan pembelajaran tersebut diberikan. Sesuai dengan prinsip pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, maka pembelajaran remedial dapat diberikan setelah peserta didik satu atau beberapa kompetensi dasar. Untuk mengetahui tingkat penguasaan peserta didik setelah menempuh remedial, perlu diberikan tes ulang.

### 3. Program Pengayaan

Dalam kegiatan pembelajaran tidak jarang dijumpai adanya peserta didik yang lebih cepat dalam mencapai standar kompetensi, kompetensi dasar dan penguasaan materi pelajaran yang telah ditentukan. Peserta didik kelompok ini tidak mengalami kesulitan dalam memahami materi pembelajaran maupun mengerjakan tugas-tugas atau latihan dan menyelesaikan soal-soal ulangan sebagai indikator penguasaan kompetensi. Peserta didik yang telah mencapai kompetensi lebih cepat dari peserta didik lain dapat mengembangkan dan memperdalam kecakapannya secara optimal melalui pembelajaran pengayaan. Untuk keperluan pemberian pembelajaran pengayaan perlu dipilih strategi dan langkah-langkah yang tepat setelah terlebih dahulu dilakukan identifikasi terhadap potensi lebih yang dimiliki peserta didik.

Sehubungan dengan hal-hal tersebut, sekolah perlu menyusun rencana sistematis pemberian pembelajaran pengayaan untuk membantu perkembangan potensi peserta didik secara optimal.

Panduan pembelajaran pengayaan ini bertujuan untuk menyamakan pemahaman mengenai pengayaan dan membantu guru mengembangkan pembelajaran pengayaan. Ruang lingkup panduan ini menyajikan latar belakang dan tujuan penyusunan panduan pembelajaran pengayaan, hakikat pembelajaran pengayaan, pelaksanaan, dan penilaian pembelajaran pengayaan.

#### a. Pembelajaran Menurut Standar Nasional Pendidikan

Standar nasional pendidikan bertujuan menjamin mutu pendidikan nasional dalam rangka mencerdaskan kehidupan bangsa dan membentuk watak serta peradaban bangsa yang bermartabat. Dalam rangka mencapai tujuan tersebut, Peraturan Pemerintah nomor 19 Tahun 2005 tentang Standar Nasional Pendidikan menetapkan 8 standar yang harus dipenuhi dalam melaksanakan pendidikan. Kedelapan standar dimaksud meliputi standar isi, standar proses, standar kompetensi lulusan, standar pendidik dan tenaga kependidikan, standar sarana dan

prasarana, standar pengelolaan, standar pembiayaan, dan standar penilaian pendidikan.

Dalam rangka mencapai tujuan pendidikan nasional tersebut, kompetensi yang harus dikuasai oleh peserta didik setelah melaksanakan kegiatan pembelajaran ditetapkan dalam standar isi dan standar kompetensi lulusan. Standar isi (SI) memuat standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik dalam mempelajari mata pelajaran tertentu. Standar kompetensi lulusan (SKL) berisikan kompetensi yang harus dikuasai peserta didik pada setiap satuan pendidikan. Sementara berkenaan dengan materi yang harus dipelajari, disajikan dalam silabus dan RPP (Rencana Pelaksanaan Pembelajaran) yang dikembangkan oleh guru. Menurut pasal 6 PP. 19 Th. 2005, terdapat 5 kelompok mata pelajaran yang harus dipelajari peserta didik pada jenjang pendidikan dasar dan menengah untuk jenis pendidikan umum, kejuruan, dan khusus. Kelima kelompok mata pelajaran tersebut meliputi: agama dan akhlak mulia; kewarganegaraan dan kepribadian; ilmu pengetahuan dan teknologi; estetika; jasmani, olah raga, dan kesehatan.

Dalam rangka membantu peserta didik mencapai standar isi dan standar kompetensi lulusan, pelaksanaan atau proses pembelajaran perlu diusahakan agar interaktif, inspiratif, menyenangkan, menantang, memotivasi peserta didik untuk berpartisipasi aktif, serta memberikan kesempatan yang cukup bagi prakarsa, kreativitas, dan kemandirian sesuai dengan bakat, minat, dan perkembangan fisik serta psikologis peserta didik.

Untuk mencapai tujuan dan prinsip-prinsip pembelajaran tersebut tidak jarang dijumpai adanya peserta didik yang memerlukan tantangan berlebih untuk mengoptimalkan perkembangan prakarsa, kreativitas, partisipasi, kemandirian, minat, bakat, keterampilan fisik, dsb. Untuk mengantisipasi potensi lebih yang dimiliki peserta didik tersebut, setiap satuan pendidikan perlu menyelenggarakan program pembelajaran pengayaan.

### **Hakikat Pembelajaran Pengayaan**

Secara umum pengayaan dapat diartikan sebagai pengalaman atau kegiatan peserta didik yang melampaui persyaratan minimal yang ditentukan oleh kurikulum dan tidak semua peserta didik dapat melakukannya.

Untuk memahami pengertian program pembelajaran pengayaan, terlebih dahulu perlu diperhatikan bahwa Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan (KTSP) yang berlaku berdasar Permendiknas 22, 23, dan 24 Tahun 2006 pada dasarnya menganut sistem pembelajaran berbasis kompetensi, sistem pembelajaran tuntas, dan sistem pembelajaran yang memperhatikan dan melayani perbedaan individual peserta didik. Sistem dimaksud ditandai dengan dirumuskannya secara jelas standar kompetensi (SK) dan kompetensi dasar (KD) yang harus dikuasai peserta didik. Penguasaan SK dan KD setiap peserta didik diukur dengan menggunakan sistem penilaian acuan kriteria (PAK). Jika seorang peserta didik mencapai standar tertentu maka peserta didik tersebut dipandang telah mencapai ketuntasan.

Dalam pelaksanaan pembelajaran berbasis kompetensi dan pembelajaran tuntas, lazimnya guru mengadakan penilaian awal untuk mengetahui kemampuan peserta didik terhadap kompetensi atau materi yang akan dipelajari sebelum pembelajaran dimulai. Kemudian dilaksanakan pembelajaran dengan menggunakan berbagai strategi seperti ceramah, demonstrasi, pembelajaran kolaboratif/kooperatif, inkuiri, diskoveri, dsb. Melengkapi strategi pembelajaran digunakan juga berbagai media seperti media audio, video, dan audiovisual dalam berbagai format, mulai dari kaset audio, slide, video, komputer multimedia, dsb. Di tengah pelaksanaan pembelajaran atau pada saat kegiatan pembelajaran sedang berlangsung, diadakan penilaian proses dengan menggunakan berbagai teknik dan instrumen dengan tujuan untuk mengetahui kemajuan belajar serta seberapa jauh penguasaan peserta didik terhadap kompetensi yang telah atau sedang dipelajari. Penilaian proses juga

digunakan untuk memperbaiki proses pembelajaran bila dijumpai hambatan-hambatan.

Pada akhir program pembelajaran, diadakan penilaian yang lebih formal berupa ulangan harian. Ulangan harian dimaksudkan untuk menentukan tingkat pencapaian belajar, apakah seorang peserta didik gagal atau berhasil mencapai tingkat penguasaan kompetensi tertentu. Penilaian akhir program ini dimaksudkan untuk menjawab pertanyaan apakah peserta didik telah mencapai kompetensi (tingkat penguasaan) minimal atau ketuntasan belajar seperti yang telah dirumuskan pada saat pembelajaran direncanakan.

Jika ada peserta didik yang lebih mudah dan cepat mencapai penguasaan kompetensi minimal yang ditetapkan, maka sekolah perlu memberikan perlakuan khusus berupa program pembelajaran pengayaan. Pembelajaran pengayaan merupakan pembelajaran tambahan dengan tujuan untuk memberikan kesempatan pembelajaran baru bagi peserta didik yang memiliki kelebihan sedemikian rupa sehingga mereka dapat mengoptimalkan perkembangan minat, bakat, dan kecakapannya. Pembelajaran pengayaan berupaya mengembangkan keterampilan berpikir, kreativitas, keterampilan memecahkan masalah, eksperimentasi, inovasi, penemuan, keterampilan seni, keterampilan gerak, dsb. Pembelajaran pengayaan memberikan pelayanan kepada peserta didik yang memiliki kecerdasan lebih dengan tantangan belajar yang lebih tinggi untuk membantu mereka mencapai kapasitas optimal dalam belajarnya.

### **Jenis Pembelajaran Pengayaan**

Ada tiga jenis pembelajaran pengayaan, yaitu:

1. Kegiatan eksploratori yang bersifat umum yang dirancang untuk disajikan kepada peserta didik. Sajian dimaksud berupa peristiwa sejarah, buku, tokoh masyarakat, dsb, yang secara reguler tidak tercakup dalam kurikulum.

2. Keterampilan proses yang diperlukan oleh peserta didik agar berhasil dalam melakukan pendalaman dan investigasi terhadap topik yang diminati dalam bentuk pembelajaran mandiri.
3. Pemecahan masalah yang diberikan kepada peserta didik yang memiliki kemampuan belajar lebih tinggi berupa pemecahan masalah nyata dengan menggunakan pendekatan pemecahan masalah atau pendekatan investigatif/ penelitian ilmiah.

Pemecahan masalah ditandai dengan:

- a. Identifikasi bidang permasalahan yang akan dikerjakan;
- b. Penentuan fokus masalah/problem yang akan dipecahkan;
- c. Penggunaan berbagai sumber;
- d. Pengumpulan data menggunakan teknik yang relevan;
- e. Analisis data;
- f. Penyimpulan hasil investigasi.

Sekolah tertentu, khususnya yang memiliki peserta didik lebih cepat belajar dibanding sekolah-sekolah pada umumnya, dapat menaikkan tuntutan kompetensi melebihi standar isi. Misalnya sekolah-sekolah yang menginginkan memiliki keunggulan khusus.

### **Pelaksanaan Pembelajaran Pengayaan**

Pemberian pembelajaran pengayaan pada hakikatnya adalah pemberian bantuan bagi peserta didik yang memiliki kemampuan lebih, baik dalam kecepatan maupun kualitas belajarnya. Agar pemberian pengayaan tepat sasaran maka perlu ditempuh langkah-langkah sistematis, yaitu pertama mengidentifikasi kelebihan kemampuan peserta didik, dan kedua memberikan perlakuan (*treatment*) pembelajaran pengayaan.

#### **1) Identifikasi Kelebihan Kemampuan Belajar**

Identifikasi kemampuan berlebih peserta didik dimaksudkan untuk mengetahui jenis serta tingkat kelebihan belajar peserta didik. Kelebihan kemampuan belajar itu antara lain meliputi:

a. Belajar lebih cepat.

Peserta didik yang memiliki kecepatan belajar tinggi ditandai dengan cepatnya penguasaan kompetensi (SK/KD) mata pelajaran tertentu.

b. Menyimpan informasi lebih mudah

Peserta didik yang memiliki kemampuan menyimpan informasi lebih mudah, akan memiliki banyak informasi yang tersimpan dalam memori/ingatan dan mudah diakses untuk digunakan.

b. Keingintahuan yang tinggi

Banyak bertanya dan menyelidiki merupakan tanda bahwa seorang peserta didik memiliki hasrat ingin tahu yang tinggi.

c. Berpikir mandiri.

Peserta didik dengan kemampuan berpikir mandiri umumnya lebih menyukai tugas mandiri serta mempunyai kapasitas sebagai pemimpin.

d. Superior dalam berpikir abstrak.

Peserta didik yang superior dalam berpikir abstrak umumnya menyukai kegiatan pemecahan masalah.

e. Memiliki banyak minat.

Mudah termotivasi untuk meminati masalah baru dan berpartisipasi dalam banyak kegiatan.

Teknik yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi kemampuan berlebih peserta didik dapat dilakukan antara lain melalui : tes IQ, tes inventori, wawancara, pengamatan, dsb.

- a. Tes IQ (*Intelligence Quotient*) adalah tes yang digunakan untuk mengetahui tingkat kecerdasan peserta didik. Dari tes ini dapat diketahui tingkat kemampuan spasial, interpersonal, musikal, intrapersonal, verbal, logik/matematik, kinestetik, naturalistik, dsb.

b. Tes inventori

Tes inventori digunakan untuk menemukan dan mengumpulkan data mengenai bakat, minat, hobi, kebiasaan belajar, dsb.

c. Wawancara

Wawancara dilakukan dengan mengadakan interaksi lisan dengan peserta didik untuk menggali lebih dalam mengenai program pengayaan yang diminati peserta didik.

d. Pengamatan (observasi)

Pengamatan dilakukan dengan jalan melihat secara cermat perilaku belajar peserta didik. Dari pengamatan tersebut diharapkan dapat diketahui jenis maupun tingkat pengayaan yang perlu diprogramkan untuk peserta didik.

## 2) Bentuk Pelaksanaan Pembelajaran Pengayaan

Bentuk-bentuk pelaksanaan pembelajaran pengayaan dapat dilakukan antara lain melalui:

1. Belajar Kelompok

Sekelompok peserta didik yang memiliki minat tertentu diberikan pembelajaran bersama pada jam-jam pelajaran sekolah biasa, sambil menunggu teman-temannya yang mengikuti pembelajaran remedial karena belum mencapai ketuntasan.

2. Belajar mandiri.

Secara mandiri peserta didik belajar mengenai sesuatu yang diminati.

3. Pembelajaran berbasis tema.

Memadukan kurikulum di bawah tema besar sehingga peserta didik dapat mempelajari hubungan antara berbagai disiplin ilmu.

4. Pemadatan kurikulum.

Pemberian pembelajaran hanya untuk kompetensi/materi yang belum diketahui peserta didik. Dengan demikian tersedia waktu bagi peserta didik

untuk memperoleh kompetensi/materi baru, atau bekerja dalam proyek secara mandiri sesuai dengan kapasitas maupun kapabilitas masing-masing.

Perlu dijelaskan bahwa materi penyelenggaraan pembelajaran pengayaan ini terutama terkait dengan kegiatan tatap muka untuk jam-jam pelajaran sekolah biasa. Namun demikian kegiatan pembelajaran pengayaan dapat pula dikaitkan dengan kegiatan tugas terstruktur dan kegiatan mandiri tidak terstruktur. Sekolah dapat juga memfasilitasi peserta didik dengan kelebihan kecerdasan dalam bentuk kegiatan pengembangan diri dengan spesifikasi pengayaan kompetensi tertentu, misalnya untuk bidang sains. Pembelajaran seperti ini diselenggarakan untuk membantu peserta didik mempersiapkan diri mengikuti kompetisi tingkat nasional maupun internasional seperti olimpiade internasional fisika, kimia dan biologi.

#### **D. Aktivitas Pembelajaran**

Dalam kegiatan ini Anda akan melakukan serangkaian kegiatan untuk mencapai kompetensi berkaitan dengan Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar. Kegiatan ini memuat topik, di antaranya adalah:

- a. Ketuntasan Belajar, pada bagian ini dibahas tentang ketuntasan belajar.
- b. Program Remedial, pada bagian ini dibahas tentang program remedial, bentuk kegiatan remedial dan pelaksanaan remedial.
- c. Program Pengayaan, pada bagian ini dibahas tentang program pengayaan, jenis pembelajaran pengayaan dan pelaksanaan pembelajaran pengayaan.

Kegiatan-kegiatan tersebut akan terbagi ke dalam beberapa aktivitas atau sub materi pokok dan berhubungan dgn lembar kerja yang harus dilengkapi atau dilaksanakan, baik secara individu maupun kelompok, diantaranya:

- a. Menganalisis dan mereview bahan atau sumber belajar.
- b. Merancang dan membuat pertanyaan mendasar berkaitan dengan Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar yang sedang dipelajari.
- c. Mengeksplorasi dan mengembangkan materi pelatihan dari aspek substansial.
- d. Mengembangkan materi pelatihan ke dalam aspek penerapan dan aplikasi bidang kejuruan di SMK (bidang keahlian Teknologi dan Rekayasa).
- e. Mengkomunikasikan dan mempresentasikan hasil kerja atau aktivitas analisis, desain, eksplorasi, dan pengembangan (applied) materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar.

### **Aktivitas 1: Menganalisis dan Review Isi Materi**

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian hubungkan dengan indikator pencapaian kompetensinya. Untuk mendapatkan hasil analisis/kajian dan review lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini.

Lakukan analisis dan review terhadap cakupan indikator pencapaian kompetensi dan berikan tanggapan atau masukan, seperti pada lembar kerja 1.1 dan 1.2 (Lampiran Kegiatan Belajar 1).

### **Aktivitas 2 : merancang dan membuat pertanyaan mendasar**

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian rancang dan susunlah permasalahan dan pertanyaan mendasar yang berkaitan dengan materi pokok graph, baik dari aspek materi (*content*)

maupun dari aspek metodologi pembelajaran (pedagogik). Untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini. Hasil rancangan dan penyusunan pertanyaan/permasalahan mendasar berkaitan dengan materi ajar himpunan ini dapat Anda tuangkan dalam lembar kerja 2, seperti pada Lampiran Kegiatan Belajar 1.

### **Aktivitas 3 : Eksplorasi dan pengembangan materi**

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian lakukan eksplorasi dan pengembangan terhadap materi yang berkaitan dengan materi pokok graph. Eksplorasi dan pengembangan ini merujuk pada hasil kerja Anda pada aktivitas 1, lembar kerja 1.2. Untuk mendapatkan hasil rancangan yang lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini. Hasil rancangan eksplorasi dan pengembangan yang berkaitan dengan materi ajar graph ini dapat Anda tuangkan dalam lembar kerja 3, seperti pada Lampiran Kegiatan Belajar 1.

### **Aktivitas 4: Pengembangan aplikasi dan penerapan**

Pelajari dengan seksama materi pokok Pemanfaatan Penilaian Proses dan Hasil Belajar dalam modul ini, kemudian analisis kembali indikator-indikator pencapaian kompetensi

yang tercantum pada peta kompetensi yang berkaitan dan merujuk pula pada hasil analisis dan *review* pada LK 1.1 dan 1.2 sebelumnya, terutama yang berhubungan dengan penerapan atau aplikasi teori graph pada masalah sehari-hari di bidang kejuruan atau bidang teknologi dan rekayasa. Untuk mendapatkan hasil rancangan dan lebih mendalam dan komprehensif, kegiatan pada aktivitas ini dilakukan melalui atau secara berkelompok. Hal ini dilakukan dengan tujuan atau sebagai *brainstorming*, mendapatkan wawasan lebih luas dan *sharing* antar peserta diklat. Jika ada permasalahan dan hal-hal yang tidak dipahami dan diselesaikan, Anda bisa konsultasikan dengan widyaiswara/instruktur yang mengampu atau penanggungjawab materi ini. Hasil rancangan pengembangan aplikasi dan penerapan yang berkaitan dengan materi ajar ini dapat Anda tuangkan dalam lembar kerja 4, seperti pada Lampiran Kegiatan Belajar 1. Idealnya dan secara lebih spesifik, aplikasi dan penerapan ini dirancang berdasarkan program keahlian yang ada di SMK tempat Anda bekerja atau mengajar. Hal ini bertujuan agar aplikasi dan penerapannya lebih mengena dan bermakna bagi semua peserta diklat..

### **Aktivitas 5: Mengkomunikasikan dan presentasi hasil diskusi**

Pada aktivitas ini, Anda sebagai peserta diklat akan melaporkan atau mempresentasikan hasil kerja/aktivitas, mulai dari aktivitas 1 sampai dengan aktivitas 4 berikut Lembar Kerja yang berkaitan.

Teknis pelaksanaannya diatur bersama dan dibawah bimbingan widyaiswara/instruktur Anda. Rancang dan alokasikan waktu agar semua kelompok bisa tampil dalam mempresentasikan hasil kerja kelompoknya, supaya semua permasalahan, ide, gagasan dan masukan dapat dipecahkan/diselesaikan secara tuntas.

Penampilan dan aktivitas Anda pada tahap ini dijadikan sebagai unsur penilaian dalam dimensi keterampilan, mulai dari aspek percaya diri, toleransi atau menghargai sesama, argumentasi, wawasan, sampai dengan menyimpulkan atau menutup diskusi.

## E. Rangkuman

Salah satu manfaat hasil evaluasi adalah untuk memberikan umpan balik (*feed-back*) kepada semua pihak yang terlibat dalam pembelajaran, baik secara langsung maupun tidak langsung. Umpan balik dapat dijadikan sebagai alat bagi guru untuk membuat belajar peserta didik menjadi lebih baik dan meningkatkan kinerjanya. Umpan balik tersebut dapat dilakukan secara langsung, tertulis atau demonstrasi. Paling tidak ada tiga manfaat penting dari hasil evaluasi, yaitu untuk membantu pemahaman peserta didik menjadi lebih baik, untuk menjelaskan pertumbuhan dan perkembangan peserta didik kepada orang tua, dan membantu guru dalam membuat perencanaan pembelajaran. Pemanfaatan hasil evaluasi berkaitan erat dengan tujuan menyelenggarakan evaluasi itu sendiri. Hasil evaluasi formatif dapat dimanfaatkan untuk mengulangi pelajaran, memperbaiki strategi pembelajaran, atau melanjutkan pelajaran. Sedangkan hasil evaluasi sumatif dapat dimanfaatkan untuk kenaikan kelas atau kelulusan peserta didik. Manfaat hasil evaluasi dapat mengacu kepada fungsi evaluasi itu sendiri, yaitu fungsi instruksional, fungsi administratif, dan fungsi bimbingan.

Untuk melihat pemanfaatan hasil evaluasi ini secara komprehensif, kita dapat meninjaunya dari berbagai pihak yang berkepentingan. Bagi peserta didik, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk membangkitkan minat dan motivasi belajar, membentuk sikap yang positif terhadap belajar dan pembelajaran, membantu pemahaman peserta didik menjadi lebih baik, membantu peserta didik dalam memilih teknik belajar yang baik dan benar, dan mengetahui kedudukan peserta didik dalam kelas. Bagi guru, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk promosi peserta didik, (seperti kenaikan kelas atau kelulusan), mendiagnosis peserta didik yang memiliki kelemahan atau kekurangan, baik secara perorangan maupun kelompok, menentukan pengelompokan dan penempatan peserta didik berdasarkan prestasi masing-masing, *feedback* dalam melakukan perbaikan terhadap sistem pembelajaran, menyusun laporan kepada orang tua guna menjelaskan

pertumbuhan dan perkembangan peserta didik, pertimbangan dalam membuat perencanaan pembelajaran, dan menentukan perlu tidaknya pembelajaran remedial.

Bagi orang tua, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk mengetahui kemajuan belajar peserta didik, membimbing kegiatan belajar peserta didik di rumah, menentukan tindak lanjut pendidikan yang sesuai dengan kemampuan anaknya, dan memprakirakan kemungkinan berhasil tidaknya anak tersebut dalam bidang pekerjaannya. Bagi administrator madrasah, hasil evaluasi dapat dimanfaatkan untuk menentukan penempatan peserta didik, menentukan kenaikan kelas, dan pengelompokan peserta didik di madrasah mengingat terbatasnya fasilitas pendidikan yang tersedia serta indikasi kemajuan peserta didik pada waktu mendatang.

Dalam melaksanakan pembelajaran, guru harus berpijak pada prinsip-prinsip tertentu yaitu perhatian dan motivasi, keaktifan, keterlibatan langsung atau berpengalaman, pengulangan, tantangan, balikan dan penguatan, dan perbedaan individual. Di samping guru harus memegang teguh prinsip-prinsip pembelajaran, guru juga harus mengikuti tahap-tahap pembelajaran yang sistematis, yaitu tahap orientasi, tahap implementasi, tahap evaluasi, dan tahap tindak lanjut (*follow-up*). Keberhasilan proses belajar adalah keberhasilan peserta didik selama mengikuti proses pembelajaran. Sedangkan hasil belajar merupakan berakhirnya penggal dan puncak proses belajar serta merupakan dampak tindakan guru, suatu pencapaian tujuan pembelajaran, juga merupakan peningkatan kemampuan mental peserta didik. Hasil belajar tersebut dapat dibedakan menjadi (a) dampak pembelajaran (*prestasi*), dan (b) dampak pengiring (*hasil*). Dampak pembelajaran adalah hasil yang dapat diukur dalam setiap pelajaran (pada umumnya menyangkut domain kognitif), seperti tertuang dalam angka rapor dan angka dalam ijazah. Dampak pengiring adalah terapan pengetahuan dan kemampuan di bidang lain yang merupakan suatu transfer belajar (*transfer of learning*).

Hasil belajar dapat timbul dalam berbagai jenis perbuatan atau pembentukan tingkah laku peserta didik. Jenis tingkah laku itu diantaranya adalah kebiasaan, keterampilan, akumulasi persepsi, asosiasi dan hafalan, pemahaman dan konsep, sikap, nilai, moral dan agama. Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi (langsung maupun tidak langsung) terhadap hasil belajar, antara lain peserta didik, sarana dan prasarana, lingkungan, dan hasil belajar. Evaluasi diri adalah evaluasi yang dilakukan oleh dan terhadap diri sendiri. Untuk melakukan evaluasi diri, guru harus berpegang pada prinsip-prinsip tertentu, seperti kejujuran, kecermatan, dan kesungguhan. Dalam melakukan evaluasi diri, guru tentunya memerlukan berbagai informasi, seperti hasil penilaian proses, hasil belajar peserta didik, hasil observasi dan wawancara, hasil angket, dan sebagainya. Hasil-hasil ini kemudian dianalisis. Proses analisis dapat dimulai dari menilai hasil-hasil pengukuran, menetapkan tingkat keberhasilan, menentukan kriteria keberhasilan, menentukan berhasil tidaknya aspek-aspek yang dinilai, memberikan makna, memberikan penjelasan, dan membuat kesimpulan.

Salah satu jenis penilaian yang dapat dilakukan guru dalam pembelajaran adalah penilaian diagnostik, yaitu penilaian yang berfungsi mengidentifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan atau pendukung keberhasilan dalam pembelajaran. Berdasarkan hasil penilaian diagnostik ini, guru melakukan perbaikan-perbaikan untuk meningkatkan kualitas pembelajaran. Mengoptimalkan proses dan hasil belajar berarti melakukan berbagai upaya perbaikan agar proses belajar dapat berjalan dengan efektif dan hasil belajar dapat diperoleh secara optimal. Pembelajaran remedial adalah suatu proses atau kegiatan untuk memahami dan meneliti dengan cermat mengenai berbagai kesulitan peserta didik dalam belajar. Tujuan pembelajaran remedial adalah membantu dan menyembuhkan peserta didik yang mengalami kesulitan belajar melalui perlakuan pengajaran.

## **F. Tes Formatif**

### **Uraian**

1. Apa yang dimaksudkan dengan pembelajaran tuntas. Apa kriteria keberhasilannya ? Berikan contoh konkritnya !
2. Sebutkan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi hasil belajar. Jelaskan dengan singkat !
3. Coba Anda ambil skor tes hasil belajar dalam mata pelajaran tertentu, kemudian Anda tentukan tingkat keberhasilannya berdasarkan kriteria tertentu. Selanjutnya, Anda buat penafsirannya !
4. Apa perbedaan antara keberhasilan proses dengan keberhasilan hasil belajar ? Apakah kaitan kedua keberhasilan itu ?
5. Sebutkan langkah-langkah evaluasi diri. Jelaskan setiap langkahnya dengan singkat !
6. Mengapa guru perlu mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan dan pendukung keberhasilan ?
7. Sebutkan langkah-langkah dalam melakukan identifikasi optimalisasi proses pembelajaran. Jelaskan dengan singkat !
8. Bandingkan antara pembelajaran remedial dengan pembelajaran reguler dilihat dari segi :
  - a. Subjek
  - b. Materi pembelajaran
  - c. Dasar pemilihan materi

## G. Kunci Jawaban

1. Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) adalah pencapaian taraf penguasaan minimal yang ditetapkan untuk setiap unit bahan pelajaran baik secara perseorangan maupun kelompok, dengan kata lain apa yang dipelajari siswa dapat dikuasai sepenuhnya.

Model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dikembangkan oleh John B. Carroll (1971) dan Benjamin Bloom (1971). Di Indonesia model belajar tuntas (*Mastery Learning*) ini dipopulerkan oleh Badan Pengembangan Penelitian Pendidikan dan Kebudayaan. Suatu pembelajaran di kelas dikatakan melaksanakan pembelajaran tuntas jika terdapat indikator-indikator sebagai berikut:

1. Metode pembelajaran yang dipakai adalah pendekatan diagnostik preskriptif. Maksudnya adalah pendekatan individual dalam arti meskipun kegiatan belajar ditujukan kepada kelompok siswa (kelas), tetapi mengakui dan melayani perbedaan-perbedaan perorangan siswa sedemikian rupa, sehingga pembelajaran memungkinkan berkembangnya potensi masing-masing siswa secara optimal.
2. Peran guru harus intensif dalam mendorong keberhasilan siswa secara individual. Hal-hal yang dapat dilakukan oleh guru, misalnya sebagai berikut:
  - a. Menjabarkan/memecah KD ke dalam satuan-satuan yang lebih kecil.
  - b. Menata indikator berdasarkan cakupan serta urutan unit.
  - c. Menyajikan materi dalam bentuk yang bervariasi.
  - d. Memonitor seluruh pekerjaan siswa.
  - e. Menilai perkembangan siswa dalam pencapaian kompetensi.
  - f. Menyediakan sejumlah alternatif strategi pembelajaran bagi siswa yang menjumpai kesulitan.
3. Peran siswa lebih leluasa dalam menentukan jumlah waktu belajar yang diperlukan. Artinya siswa diberikan kebebasan dalam menetapkan kecepatan pencapaian kompetensi. Kemajuan siswa sangat tertumpu pada usaha serta ketekunan siswa secara individual.

4. Sistem penilaian menggunakan penilaian berkelanjutan yang mempunyai ciri-ciri sebagai berikut:
  - a. Penilaian dengan sistem blok.
  - b. Tiap blok terdiri dari satu atau lebih kompetensi dasar (KD).
  - c. Hasil penilaian dianalisis dan ditindaklanjuti melalui program remedial, program pengayaan, dan program percepatan.
  - d. Penilaian mencakup aspek kognitif dan psikomotor.
  - e. Aspek afektif dinilai melalui pengamatan dan kuesioner.

Contoh konkritnya:

Pelajaran las busur manual di SMK sangat erat kaitannya dengan model pembelajaran tuntas (*mastery learning*) dan pembelajaran berbasis kompetensi (*Competency Based Training, CBT*). Pelajaran ini memungkinkan siswa SMK untuk dapat mencapai semua tingkatan kompetensi yang diberikan guru kepadanya sesuai dengan kemampuannya tanpa dibatasi oleh waktu.

2. Menurut Slameto (2010:54) faktor-faktor yang mempengaruhi belajar banyak jenisnya, tetapi dapat digolongkan menjadi dua golongan saja, yaitu faktor intern dan faktor ekstern. Faktor intern adalah faktor yang berasal dari dalam diri individu yang sedang belajar. Ada tiga faktor yang menjadi faktor intern yaitu :
  - 1) Faktor jasmaniah  
Faktor-faktor yang tergolong dalam faktor jasmaniah yang dapat mempengaruhi belajar adalah faktor kesehatan dan cacat tubuh.
  - 2) Faktor psikologis  
Sekurang-kurangnya ada tujuh faktor yang tergolong ke dalam faktor psikologis yang mempengaruhi belajar, faktor-faktor ini adalah : intelegensi, perhatian, minat, bakat, motif, kematangan dan kesiapan.

### 3) Faktor kelelahan

Faktor kelelahan ditinjau dari dua aspek yaitu kelelahan jasmani dan kelelahan rohani. Kelelahan jasmani terlihat dengan lemah lunglainya tubuh dan dilihat dengan adanya kelesuan dan kebosanan, sehingga minat dan dorongan untuk menghasilkan sesuatu hilang.

Faktor ekstern adalah faktor yang ada di luar individu. Faktor intern yang berpengaruh terhadap belajar menurut Slameto (2010:60) dikelompokkan menjadi 3 faktor, yaitu faktor keluarga, faktor sekolah, dan faktor masyarakat.

#### 1) Faktor keluarga

Siswa yang belajar akan menerima pengaruh dari keluarga berupa: cara orangtua mendidik, relasi antara anggota keluarga, suasana rumah tangga dan keadaan ekonomi keluarga.

#### 2) Faktor sekolah

Faktor sekolah yang mempengaruhi belajar mencakup metode mengajar, kurikulum, relasi guru dengan guru, relasi siswa dengan siswa, disiplin sekolah, pengajaran dan waktu sekolah, standar pelajaran, keadaan gedung, metode belajar, dan tugas rumah.

#### 3) Faktor masyarakat

Faktor masyarakat yang mempengaruhi belajar yaitu berupa kegiatan siswa dalam masyarakat, mass media, teman bergaul dan bentuk kehidupan masyarakat.

3. Coba Anda ambil skor tes hasil belajar dalam mata pelajaran tertentu, kemudian Anda tentukan tingkat keberhasilannya berdasarkan kriteria tertentu. Selanjutnya, Anda buat penafsirannya !

Jawaban atas pertanyaan ini dapat Anda praktikkan di sekolah tempat Anda mengajar.

4. Keberhasilan proses belajar adalah keberhasilan peserta didik selama mengikuti proses pembelajaran. Sedangkan hasil belajar merupakan berakhirnya penggal dan puncak proses belajar serta merupakan dampak tindakan guru, suatu pencapaian tujuan pembelajaran, juga merupakan peningkatan kemampuan mental peserta didik. Hasil belajar tersebut dapat dibedakan menjadi (a) dampak pembelajaran (prestasi), dan (b) dampak pengiring (hasil). Dampak pembelajaran adalah hasil yang dapat diukur dalam setiap pelajaran (pada umumnya menyangkut domain kognitif), seperti tertuang dalam angka rapor dan angka dalam ijazah. Dampak pengiring adalah terapan pengetahuan dan kemampuan di bidang lain yang merupakan suatu transfer belajar (*transfer of learning*).
  
5. Dalam melakukan evaluasi diri, guru tentunya memerlukan berbagai informasi, seperti hasil penilaian proses, hasil belajar peserta didik, hasil observasi dan wawancara, hasil angket, dan sebagainya. Hasil-hasil ini kemudian dianalisis. Proses analisis dapat dimulai dari menilai hasil-hasil pengukuran, menetapkan tingkat keberhasilan, menentukan kriteria keberhasilan, sampai dengan menentukan berhasil tidaknya aspek-aspek yang dinilai. Selanjutnya, Anda memberikan makna terhadap hasil analisis yang dilakukan, baik makna dari kegagalan proses belajar maupun hasil belajar peserta didik. Anda juga perlu memberikan penjelasan mengapa kegagalan itu bisa terjadi, mengapa peserta didik memberikan respon yang negatif atas pelaksanaan pembelajaran yang dilakukan, mengapa proses belajar tidak sesuai dengan harapan, mengapa hasil belajar peserta didik menurun dibandingkan dengan hasil belajar sebelumnya, dan sebagainya. Akhirnya, Anda harus membuat kesimpulan secara umum berdasarkan sistem pembelajaran, sesuai dengan tahap-tahap pembelajaran atau dalam bentuk faktor-faktor penyebab kegagalan dan pendukung keberhasilan dalam pembelajaran.

6. Guru perlu mengidentifikasi faktor penyebab kegagalan dan pendukung keberhasilan dalam pembelajaran yang telah dilakukannya untuk meningkatkan kualitas pembelajaran.
  
7. Untuk mengoptimalkan proses dan hasil belajar hendaknya kita berpijak pada hasil identifikasi faktor-faktor penyebab kegagalan dan faktor-faktor pendukung keberhasilan. Berdasarkan hasil identifikasi ini kemudian kita mencari alternatif pemecahannya, kemudian dari berbagai alternatif itu kita pilih mana yang mungkin dilaksanakan dilihat dari berbagai faktor, seperti kesiapan guru, kesiapan peserta didik, sarana dan prasarana, dan sebagainya. Mengoptimalkan proses dan hasil belajar berarti melakukan berbagai upaya perbaikan agar proses belajar dapat berjalan dengan efektif dan hasil belajar dapat diperoleh secara optimal. Proses belajar dapat dikatakan efektif apabila peserta didik aktif (intelektual, emosional, sosial) mengikuti kegiatan belajar, berani mengemukakan pendapat, bersemangat, kritis, dan kooperatif. Begitu juga dengan hasil belajar yang optimal dapat dilihat dari ketuntasan belajarnya, terampil dalam mengerjakan tugas, dan memiliki apresiasi yang baik terhadap pelajaran. Hasil belajar yang optimal merupakan perolehan dari proses belajar yang optimal pula.
  
8. Sebenarnya, pembelajaran remedial merupakan kelanjutan dari pembelajaran biasa atau reguler di kelas. Hanya saja, peserta didik yang masuk dalam kelompok ini adalah peserta didik yang memerlukan pelajaran tambahan. Peserta didik yang dimaksud adalah peserta didik yang belum tuntas belajar. Pembelajaran remedial adalah suatu proses atau kegiatan untuk memahami dan meneliti dengan cermat mengenai berbagai kesulitan peserta didik dalam belajar. Kesulitan belajar peserta didik sangat beragam, ada yang mudah ditemukan sebab-sebabnya tetapi sukar disembuhkan, tetapi ada juga yang sukar bahkan tidak dapat ditemukan sehingga

tidak mungkin dapat disembuhkan hanya oleh guru di sekolah. Untuk itu, perhatikan tabel berikut ini:

Perbedaan Pembelajaran Remedial dengan Pembelajaran Reguler

No	Aspek-aspek Pembelajaran	Pembelajaran Reguler	Pembelajaran Remedial
1	Subjek	Seluruh peserta didik	Peserta didik yang belum tuntas
2	Materi pembelajaran	Topik bahasan	Konsep terpilih
3	Dasar pemilihan materi	Rencana pembelajaran	Analisis kebutuhan (rencana

Sumber : Endang Poerwanti (2008 : 8-23)

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 2 : DASAR-DASAR HIDROLIKA

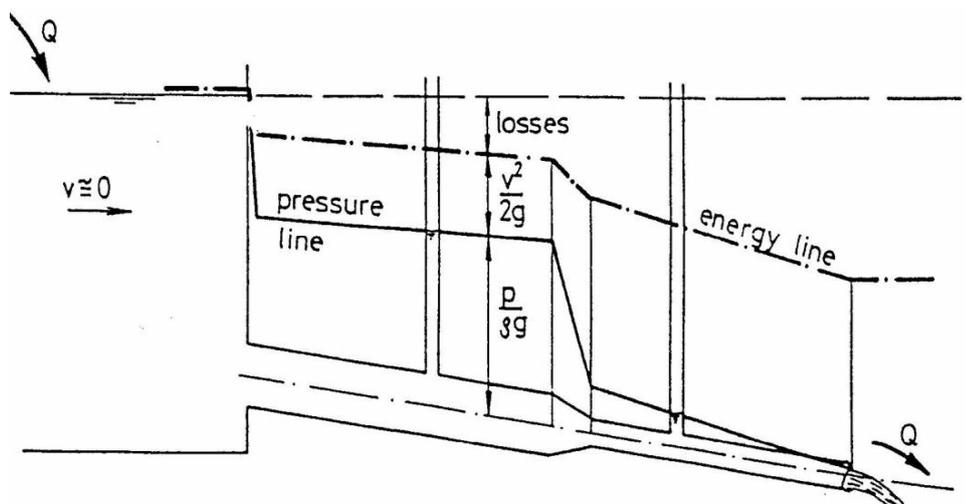
### A. Tujuan

1. Menganalisis persamaan kontinuitas
2. Menganalisis persamaan Bernoulli
3. Menganalisis Aliran air

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Persamaan kontinuitas diterapkan
2. Persamaan Bernoulli diterapkan
3. Aliran air dianalisis

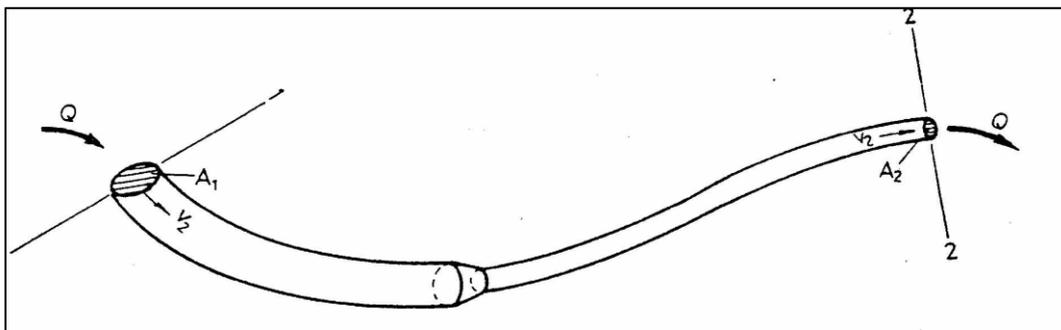
### C. Uraian Materi



Gambar 2. 1 Pemahaman tentang prinsip hidrolika di dalam memilih pipa akan meningkatkan efisiensi PLTMH

## 1. Persamaan Kontinuitas

Persamaan kontinuitas adalah salah satu persamaan dasar dari mekanika fluida; ini menunjukkan prinsip kekekalan massa. Pertimbangkan sebuah elemen dari suatu jalur pipa (lihat gambar di bawah ini) yang dapat dikatakan bahwa massa per detik yang memasuki pipa harus sama dengan massa per detik yang keluar dari pipa dengan asumsi tidak ada rugi-rugi sepanjang dinding tabung.



**Gambar 2. 2** Pemahaman tentang prinsip hidrolika di dalam memilih pipa akan meningkatkan efisiensi PLTMH

Dapat dirumuskan:  $\rho_w \times v_1' \times A_1 = \rho_w \times v_2' \times A_2$

Dimana  $v_i$  adalah rata-rata aliran stationer di saluran masuk dan keluar,  $A_i$  adalah luas penampang melintang pada saluran masuk dan keluar (tegak lurus dengan garis tengah tabung) dan  $\rho$  adalah kekentalan zat cair. Untuk kebanyakan aplikasi dalam pembahasan mikrohidro, dapat diasumsikan bahwa air tidak dipadatkan dan kekentalan pada persamaan di atas tetap konstan dari masukan sampai sampai keluaran; sehingga persamaan kontinuitasnya menjadi:

**Persamaan 1:**  $v_1' \times A_1 = v_2' \times A_2 = Q = \text{constant}$

dimana

Q adalah kecepatan volumetrik dari aliran atau debit dalam m<sup>3</sup>/detik.

V adalah kecepatan air di dalam pipa dalam m/detik

A adalah luas penampang pipa dalam m<sup>2</sup>

## 2. Kekekalan Energi: Persamaan Bernoulli

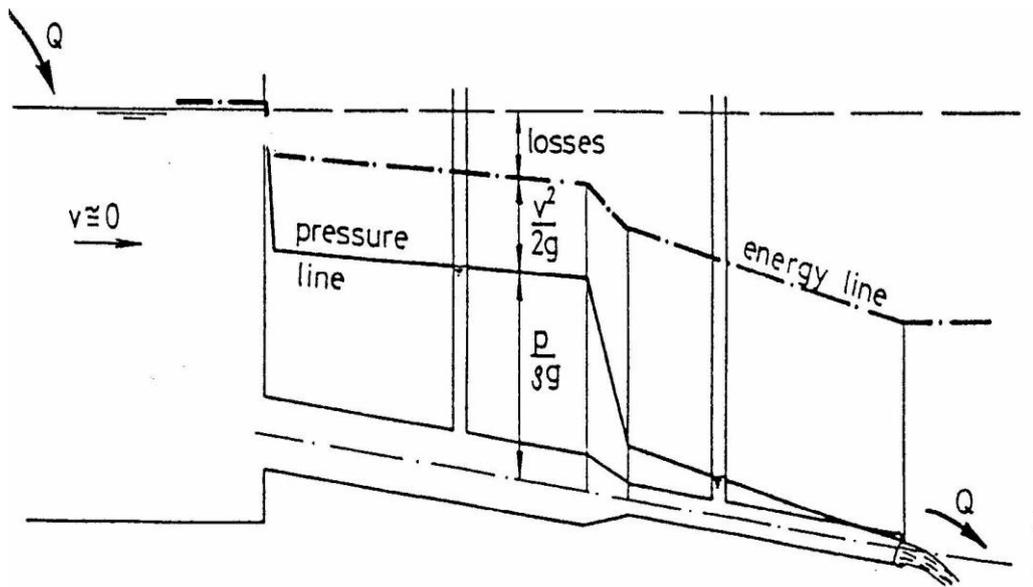
Energi tidak dapat dihasilkan ataupun dimusnahkan tetapi hanya diubah. **Energi potensial** air disimpan di kolam penampungan di atas bukit diubah menjadi **energi kinetik** (dan panas akibat gesekan dan turbulansi) apabila air dilepas melalui saluran menuruni bukit.

Di bawah bukit, energi kinetiknya maksimum (air telah dipercepat sampai kecepatan maksimum) ketika energi potensialnya nol; total kandungan energi air adalah sama dengan yang berada di atas bukit, di bawah bukit dan pada semua titik diantaranya, apabila gesekan dari kehilangan energinya diabaikan.

$$\text{Energi potensial} + \text{energi kinetik} = \text{konstan}$$

Pertimbangkan aliran di dalam saluran tertutup, bentuk ketiga energi dalam aliran fluida harus ditentukan, yaitu energi yang berasal dari daya aksi atau tekanan, karena itu dinamakan energi tekanan. Sebagai contoh energi tekanan adalah kerja yang dilakukan pada air oleh gerakan piston yang memindahkan sejumlah air dengan jarak tertentu. Penerapan dasar-dasar kekekalan energi ke dalam tiga bentuk energi ini (kinetik, tekanan dan energi potensial) akan mengantar kita ke persamaan Bernoulli. Penerapan persamaan ini hanya untuk sistem dengan aliran stasioner (steady flow), yaitu dimana kecepatan aliran  $Q$  tetap konstan sepanjang waktu. Rugi-rugi tinggi jatuh akibat gesekan pipa dan turbulansi dapat juga dimasukkan ke dalam persamaan.

Ketiga bentuk energi di dalam persamaan Bernoulli dapat diperlihatkan secara grafik dalam potongan memanjang dari sebuah sistem jalur pipa (tenaga air dan suplai air). Ini merupakan metode yang sangat sesuai untuk memeriksa tekanan yang terdapat pada tiap titik dalam sebuah jaringan pipa. Perhatikan bahwa datum (level referensi) dapat dipilih pada sembarang level karena energi bukan merupakan jumlah yang mutlak oleh karena itu dapat diukur pada datum yang dikehendaki.



**Gambar 2. 3 Energi dan garis tekanan untuk sebuah pipa dari reservoir**

Jarak diantara datum ini dan garis tengah pipa menunjukkan energi potensial di setiap titik (lihat gambar di atas). Garis energi untuk air di dalam reservoir adalah permukaan air yang bebas (praktis kecepatannya adalah nol, tekanannya atmosferik yang biasanya diambil sebagai referensi tekanan). Dalam sebuah fluida ideal tanpa rugi-rugi, garis energi akan horizontal sepanjang pipa.

Bagaimanapun, akibat gesekan dan turbulensi garis energi turun secara perlahan (gesekan) atau sekaligus (turbulensi/rugi rugi lokal) dari mulai penampungan sampai keluaran pipa. Garis tekanan digambar pada setiap titik pada jalur pipa dalam suatu jarak velositi head  $v^2/(2g)$  dibawah garis energi. Jarak antara garis tengah pipa dan garis tekanannya adalah kemudian ukuran untuk menskala untuk daya tekanan yang terkandung dalam air. Apabila pipa berdiri dipasang pada jalur pipa di berbagai titik, level air disetiap titik akan naik sampai ke garis tekanan.

**Persamaan 2:**  $Z_1 + \frac{P_1}{\rho g} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho g} + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$

Dimana

$$\frac{P_1}{\rho g} = \text{pressure head}$$

dengan :

$p$  = tekanan ( $\text{N/m}^2$ ) dan

$\rho$  = kekentalan fluida ( $\text{kg/m}^3$ ),

$z_1$  = elevasi or **head potensial** (m)

$$\frac{v^2}{2} = \text{head kinetic atau head velocity}$$

Dengan,  $v$  = velocity (m/s)

$g$  = percepatan gravitasi  $9.81 \text{ m/s}^2$

$H_L$  = rugi daya akibat gesekan dan formasi eddy

(eddies expressed). dengan satuan (m) fluid column

Perhatian: dalam setiap bentuk ini setiap istilah dari persamaan memiliki dimensi panjang, oleh karena itu dinamakan "head".

### 3. Aliran Air Dalam Pipa

#### a. Aliran mantap dan aliran tidak mantap

Untuk aliran mantap, parameter aliran seperti kecepatan, tekanan dan kekentalan untuk setiap titik adalah independen terhadap waktu sedangkan yang tergantung oleh waktu adalah aliran tidak tetap.

**Contoh untuk aliran mantap:** aliran melalui pipa berdiameter konstan atau diameter berubah-ubah pada tekanan konstan (misalnya; reservoir yang tinggi airnya tidak berubah, yaitu air yang keluar secara terus menerus terisi kembali).

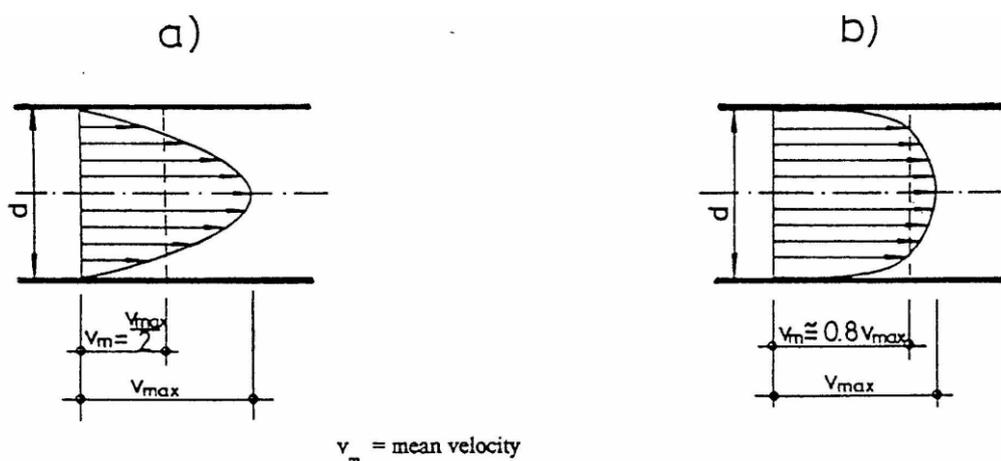
**Contoh untuk aliran tidak mantap:** aliran melalui pipa pada tekanan berubah-ubah akibat pergantian tinggi air yang dihubungkan dengan tangki atas.

**b. Rugi-rugi head akibat gesekan**

Pada aliran air sebenarnya, energi atau rugi-rugi head yang terjadi akibat resistansi dinding pipa, gangguan terhadap aliran ini akan mengakibatkan transformasi yang takterbalikan dari energi dalam aliran menjadi panas.

Kehilangan energi akibat gesekan berasal dari tegangan geser antara lapisan yang bersebelahan antara air yang meluncur satu sama lain pada kecepatan yang berbeda.. Lapisan air yang paling tipis melekat pada dinding pipa dengan pasti tidak bergerak sedangkan kecepatan setiap lapisan konsentrik meningkat untuk mencapai kecepatan maksimum di garis tengah pipa.

Apabila partikel fluida bergerak sepanjang lapisan-lapisan halus pada jalur yang telah ditentukan, alirannya disebut dengan laminar atau viscous dan tegangan geser antara lapisan-lapisan mendominasi. Pada keadaan teknisnya, bagaimanapun, aliran di dalam pipa biasanya turbulen, yaitu partikel bergerak pada jalur yang tidak teratur dan merubah kecepatan.



**Gambar 2. 4**

Distribusi kecepatan dalam aliran pipa a) laminar and b) aliran turbulen

Untuk mengkarakteristikan tipe aliran di dalam sistem pemipaan tertentu, bilangan Reynolds (Re) digunakan (catatan Re adalah rasio antara gaya inersia dan gesekan akibat kecepatan fluida n):

**Persamaan 3:**  $Re = \frac{v \times d}{\nu}$

dimana :  $v$  = kecepatan aliran rata-rata (m/s)  
 $d$  = diameter dalam pipa (m)  
 $\nu$  = kecepatan kinematik dalam m<sup>2</sup>/detik

untuk air pada saat 10° C:  $\nu = 1.31 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/detik

untuk air pada saat 20° C:  $\nu = 1.0 \times 10^{-6}$  m<sup>2</sup>/detik

Apabila  $Re < 2000$ , maka disebut aliran laminar dan  $Re = 2500$  sampai  $4000$ , disebut aliran turbulen, batasan di antaranya dinamakan zona kritis tak terdefinisi dimana kedua bentuk aliran tersebut ada dengan bilangan Reynold yang sama.

Contoh aliran laminar adalah aliran bawah tanah yang melalui acquifer; dalam teknologi PLTMH air yang mengalir melalui saluran dan pipa hampir selalu turbulen.

Untuk perhitungan **Rugi gesekan untuk aliran turbulen**, rumus berikut (Darcy-Weisbach) diterapkan :

**Persamaan 4 :**  $H_{friction} = \lambda \frac{L}{d} \times \frac{v^2}{2g}$

(rugi-rugi head akibat gesekan dalam meter fluid column)

Dimana :

$\lambda$  = faktor gesekan menurut diagram Moody (lihat dibawah)

L = panjang penampang pipa dengan diameter konstan dalam meter

d = diameter pipa dalam meter

v = kecepatan rata-rata dalam m/s

Percobaan telah dilakukan untuk menentukan  $\lambda$ , faktor gesekan, untuk pipa komersial; hal ini telah membawa menuju sebuah rumus empirik dan cukup kompleks yang kemudian disebut Colebrook and White. Moody (Amerika Serikat) merupakan orang pertama yang menciptakan diagram untuk keperluan praktek dimana angka  $\lambda$  (dihitung dengan rumusan Colebrook) digambarkan sebagai sebuah fungsi bilangan Reynold (lihat literatur yang relevan).

Terlepas dari bilangan Reynold, faktor gesekan juga tergantung pada kekasaran absolute dari pipa; nilainya untuk material pipa dan kondisi yang berbeda-beda biasanya disediakan oleh pabrik dan dapat ditemukan dalam literatur yang relevan. Perhatikan bahwa apabila pabrik pipa komersial menyediakan tabel dan diagram untuk menentukan kerugian head akibat gesekan, informasi seperti ini biasanya agak menyimpang dimana sejauh mungkin mereka menyediakan nilai terbaik untuk koefisien kekasaran. Misalnya, untuk yang baru, pipa buatan pabrik digunakan, dalam kenyataannya, pipa tidak tetap halus ketika dalam operasional. Pipa logam rentan akan korosi sedangkan pipa plastik (PE, PVC) akan tertutup lumpur setelah beberapa tahun beroperasi.

Pada kenyataannya, semua tipe pipa akan memiliki nilai kekasaran yang lebih tinggi setelah beberapa tahun beroperasi. Kerusakan ini harus diperhatikan ketika memilih pipa saluran pembawa atau pipa pesat dan oleh karena itu dianjurkan untuk

menggunakan rumusan Darcy-Weisbach yang digabungkan dengan diagram Moody dibandingkan menggunakan tabel dan diagram-diagram dari pabrik.

#### 4. Aliran Permukaan Bebas

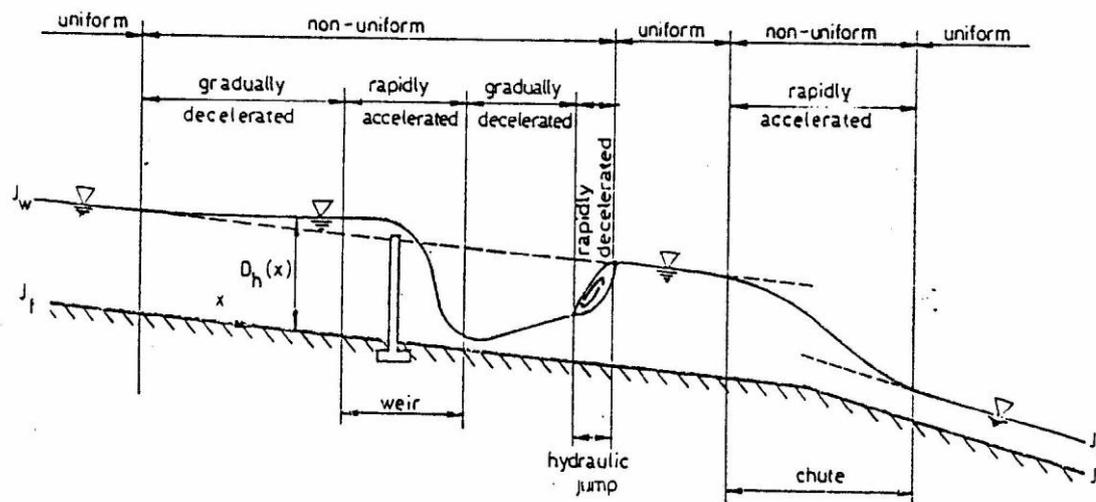
##### a. Definisi umum

Aliran dalam saluran alami seperti sungai dan di dalam saluran buatan adalah jenis aliran permukaan bebas. Daya penggerak aliran air dalam saluran terbuka dengan permukaan bebas (tekanan atmosfer) adalah gaya gravitasi; dengan kata lain air digerakan oleh kemiringan saluran dan tidak seperti di saluran tertutup yaitu dengan perbedaan tekanan head di antara dua bagian (lihat Bab 2 di atas).

##### b. Aliran seragam dan aliran tidak seragam

Bab diatas telah menunjukkan bahwa aliran fluida dalam keadaan mantap apabila kecepatan aliran tidak berubah-ubah terhadap waktu. karena itu, kecepatan dan kedalaman air tidak berubah terhadap waktu pada bagian tertentu. Ketika melihat perbedaan bagian pada saluran kita mungkin menemukan bahwa kecepatan dan kedalaman air konstan terhadap jarak; aliran seperti ini dinamakan **seragam dan level air paralel dengan dasar saluran** (lihat gambar di bawah). Tipe aliran ini biasanya terjadi pada saluran pembawa (headrace) dengan potongan melintang dan kemiringan dasar saluran yang konstan.

Dalam kejadian yang lain aliran mungkin **berubah berangsur-angsur terhadap jarak**, yaitu menjadi aliran tidak seragam, seperti belokan dari aliran air yang tertahan di hulu bendungan dari sebuah skema MHP atau permukaan air akan berubah secara cepat ketika terjadi perubahan ukuran atau kemiringan saluran.



**Gambar 2. 5 Aliran mantap ( $Q = \text{konstan}$ ) yang seragam di beberapa bagian dan berubah ditempat yang lain**

Di dalam MHP, kita sebagian besar akan berurusan dengan aliran seragam untuk aliran saluran terbuka. Kedalaman air pada aliran seragam dapat ditentukan dengan rumusan sederhana seperti rumusan Manning-Strickler.

#### **D. Aktivitas Pembelajaran**

1. Menemukan informasi yang diperlukan, baik melalui modul, referensi, internet maupun video yang dilakukan baik secara individu maupun secara kelompok.
2. Mendiskusikan semua informasi yang diperoleh dan menyajikannya ke dalam laporan

## E. Rangkuman 2

Rumus-rumus yang digunakan adalah

1.  $v_1' \times A_1 = v_2' \times A_2 = Q$

2.  $Z_1 + \frac{P_1}{\rho} + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\rho} + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$

3.  $Re = \frac{v \times d}{\nu}$

4.  $H_{\text{friction}} = \lambda \frac{L}{d} \times \frac{V^2}{2g}$

## F. Tes Formatif 2

1. Jelaskan persamaan kontinuitas dan uraikan penurunan rumusnya
2. Jelaskan persamaan Bernoulli dan uraikan penurunan rumusnya
3. Jelaskan Aliran air dan tentukan aliran air dalam permukaan bebas

## LAMPIRAN

### ANNEX 1. GLOSSARY / DAFTAR KATA-KATA

**Alternating current (AC), Arus bolak-balik** Arus listrik yang polaritasnya berbalik secara periodik (berlawanan dengan arus DC)

Arus listrik di Indonesia dan kebanyakan negara memiliki frekuensi standar sebesar 50 Hz.

Arus bolak-balik digunakan secara universal pada sistem tenaga karena dapat ditransmisikan dan didistribusikan lebih ekonomis dibandingkan dengan arus searah.

**Average Daily Flow debit rata-rata harian**, Jumlah rata-rata harian dari air yang melewati alat ukur yang ditentukan.

**Baseflow Aliran dasar**, Bagian dari debit di sungai yang berasal dari air tanah yang mengalir perlahan melalui tanah dan muncul kesungai melalui tepian dan dasar sungai.

**Base load Beban dasar** Jumlah daya listrik yang perlu disampaikan/dibutuhkan setiap saat dan selama tanpa tergantung musim.

**BFI baseflow index** Perbandingan dari run-off yang dikontribusikan oleh baseflow.

**Buckets mangkok** dalam turbin impuls, bucket diletakkan pada turbin dekat dengan runner, dan berfungsi untuk 'menangkap' air. Tenaga air yang menumbuk bucket akan memutar runner, yang memutar shaft generator, menyebabkan generator membangkitkan daya.

**Butterfly Valve, Katup Butterfly**, Katup kontrol air tipe cakram, semuanya tertutup dalam bulatan pipa, yang memungkinkan untuk dibuka dan ditutup oleh tuas dari luar. Seringkali dioperasikan dengan sistem hidrolik.

**Capacitor, Kapasitor** Sebuah alat dielectric yang menyerap dan menyimpan energi listrik sementara.

**Capacity, Kapasitas** Kemampuan daya maksimum dari sebuah sistem pembangkitan daya. Satuan yang umum digunakan adalah kilowatt atau megawatt.

**Capacity factor, Faktor kapasitas** Rasio energi yang dihasilkan pembangkit terhadap energi yang akan dihasilkan jika dioperasikan pada kapasitas penuhnya sepanjang periode yang ditentukan, biasanya satu tahun.

**Catchment Area**, Daerah tangkapan, Keseluruhan tanah dan daerah permukaan air yang berkontribusi terhadap besarnya debit pada suatu titik tertentu di sungai.

**Cavitation Kavitasi**, Fenomena hidrolis dimana cairan menjadi gas pada tekanan rendah dan membentuk gelembung dan secara cepat pecah yang menyebabkan guncangan hidrolis pada struktur yang tertimpa. Pada beberapa kasus hal ini dapat menyebabkan kerusakan fisik yang parah.

**Compact fluorescent light (CFL)**, Bola lampu modern dengan integral ballast yang menggunakan sedikit listrik dibanding bola lampu incandescent biasa.

**Compensation flow Aliran kompensasi** Aliran minimum yang dibutuhkan untuk dilepaskan pada aliran sungai dibawah intake, dam atau bendungan, untuk memastikan aliran yang cukup dibagian hilir untuk lingkungan, pertanian atau perikanan.

**Current Arus**, tingkat aliran listrik, diukur dalam ampere, atau amps. Dapat dianalogikan seperti kecepatan aliran air diukur dalam liter per detik.

**Demand (Electric), Permintaan (Listrik)** Kebutuhan/permintaan daya pada sistem kelistrikan (kW atau MW).

**Direct current (DC) Arus searah**, Listrik yang mengalir secara terus menerus dalam satu arah, seperti dari baterai.

**Diversion Pengalihan**, Sistem pengalihan air mengalihkan aliran air dari jalur alaminya. Pengalihan dapat sebagai terbuka seperti saluran atau parit, atau tertutup seperti jalur pipa. Lihat juga: Intake, penstock, tail race, trashrack, weir.

**Draft tube**, tabung perpanjangan dari bawah turbin sampai di bawah level air minimum saluran pembuang.

**Dynamic pressure, Tekanan dinamis,** Tekanan air di dalam jalur pipa sewaktu air mengalir. Sama dengan tekanan statis (diukur di dalam pipa tertutup) dikurangi kehilangan tekanan akibat gesekan, turbulensi dan kavitasi didalam jalur pipa dan perlengkapannya.

**Efficiency, Efisiensi** Rasio antara output dengan input dari energi atau daya, ditunjukkan dengan persentase.

**Energy, Energi,** Kemampuan untuk melakukan kerja; jumlah listrik yang dikirimkan selama suatu periode waktu. Istilah energi listrik yang digunakan biasanya adalah kilowatt hours (kWh), yang menggambarkan daya (kW) beroperasi selama periode waktu (jam); 1 kWh = 3600 kilojoules.

**Fish Ladder,** Sebuah struktur yang terdiri dari rangkaian yang disusun seperti untu pijakan setinggi  $\pm 30$  cm dalam yang berguna untuk migrasi ikan menuju hulu sungai melewati dam atau bendungan.

**Flow, Aliran / Debit** jumlah air yang digunakan untuk menghasilkan daya. Biasanya diukur dalam satuan meter kubik per detik, cubic feet per menit, liter per detik atau gallon per menit.

#### **Flow Duration Curve(FDC)**

Grafik debit vs persentase waktu (dari periode yang tercatat) selama besaran tertentu dari debit sama atau dilampaui.

**Forebay, Bak penenang,** Bak terbuka untuk memperlambat aliran yang datang dan menyaring lumpur dan batu kerikil sebelum aliran masuk pipa pesat.

**Frequency, Frekuensi,** Sejumlah siklus yang dilewati arus bolak-balik dalam satu detik, diukur dalam Hertz (Hz).

**Gauging Station** Lokasi dimana aliran air sungai diukur.

**Generator** Mesin berputar yang merubah energi mekanikal menjadi energi listrik.

**Grid Jaringan** ,Istilah untuk jaringan kabel yang mendistribusikan listrik dari sumber yang beragam melalui daerah yang luas.

**Gross Head** Perbedaan antara level air di hulu dan di hilir.

**Guide Vanes, Sudu pengarah**, Digunakan pada turbin reaksi untuk merubah arah aliran air sebesar 90 derajat, menyebabkan air berputar dan masuk ke turbin runner bucket secara bersamaan, menambah efisiensi turbin..

**Head Tinggi Jatuh**, Perbedaan ketinggian antara dua permukaan air, diukur dalam meter atau feet (lihat juga tinggi jatuh kotor dan tinggi jatuh bersih).

**Headrace** Saluran yang membawa air dari intake sampai ke forebay

**Hertz (Hz)**, Satuan pengukuran frekuensi untuk AC. Equivalen dengan “siklus per detik”, perlatan rumah tangga di Indonesia pada umumnya adalah 50 Hz.

**Impulse Turbine**, Turbin impuls menghasilkan daya ketika pancaran air dari pipa pengalihan tertutup ‘menembak’ melalui nozzle kecil langsung ke dalam runner turbin. Turbin impuls cocok untuk head tinggi (>20 feet), tetapi tidak membutuhkan kecepatan aliran yang sangat tinggi. Turbin Pelton dan Turgo merupakan turbin yang umumnya dipakai.

**Installed Capacity Kapasitas Terpasang**, Total output maksimum (kW/MW) dari suatu system pembangkitan daya.

**Intake**, Titik yang mana air dialihkan dari sungai ke saluran pembawa melalui struktur pengalihan. Saringan dan bak penenang sering kali dipasang pada titik intake untuk mencegah sampah dan pasir atau lumpur masuk ke turbin.

**Inverter**, Alat elektronik yang digunakan untuk merubah arus DC menjadi AC, biasanya dengan kenaikan tegangan.

**Joule (J)**, Satuan internasional untuk energi. Energi yang dihasilkan oleh daya satu watt yang mengalir dalam satu detik.

**Kilowatt (kW)** Satuan (komersil) dari daya listrik; 1000 watt.

**Kilowatt hour (kWh)**: Ukuran dari energi. Satu kilowatt jam sama dengan satu kilowatt

**Kilowatt jam (kWh)** yang digunakan selama satu jam. (1 kWh = 3600 Joules)

**Load (beban)** sejumlah peralatan yang dihubungkan dengan sumber daya.

**Megawatt (MW)**: Ukuran daya sama dengan 1 juta watt.

**Micro Hydro** Sistem hydropower dengan output daya kurang dari 100 kW.

**Net Head, Tinggi jatuh bersih**, Tinggi jatuh tekan yang tersedia menuju turbin setelah rugi-rugi gesekan dalam sistem hidrolis (dari intake sampai turbin).

**Off-grid**, Tidak tersambung dengan jaringan besar; penyediaan listrik dalam jaringan tersendiri.

**Output**, Sejumlah daya (atau energi tergantung dari definisinya) yang dikirimkan/dikeluarkan oleh suatu alat atau sistem.

**Over speed**, Kecepatan runner turbin ketika kondisi sesuai dengan design, semua beban dilepaskan.

**Peak load** Beban listrik pada saat kebutuhan maksimum.

**Pelton Turbine**, Suatu Tipe turbin impuls dengan satu atau lebih jet air menembak bucket (mangkok) runner. Runner menyerupai miniature kincir air. Turbin Pelton digunakan pada lokasi dengan head tinggi (7 – 2000 m), dan dapat menghasilkan daya sampai sebesar 200 MW.

**Penstock, Pipa pesat**, Pipa (biasanya baja, beton atau plastik) yang mengalirkan air bertekanan dari forebay sampai ke turbin.

**Phantom loads**, Peralatan yang menggunakan daya selama 24 jam sehari, bahkan pada saat dimatikan. Televisi, VCR, oven microwave dengan jam dan komputer, semuanya mengandung beban phantom.

**Power Daya**, Kemampuan untuk melakukan kerja, atau lebih umumnya, kemampuan untuk merubah energi dari satu bentuk ke bentuk yang lainnya. Diukur dalam joule per detik atau watt ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J/detik}$ ). Daya listrik diukur dalam kilowatt (kW).

**Power factor, Faktor daya**, Rasio jumlah daya, diukur dalam kilowatt (kW) terhadap daya hayal diukur dalam kilovolt-ampere (kVA).

**Propeller Turbine**, Jenis turbin reaksi dengan jenis runner propeller. Air mengalir melalui runner dan menggerakkan sudu propeller. Turbin propeller dapat digunakan untuk head < 1 sampai 100 m, dan dapat mencapai 100 MW.

Lihat juga: Aliran, Tinggi jatuh

**Reynolds Number**, Parameter ukuran yang digunakan dalam perhitungan gesekan pipa (interalia), dan diambil dari diameter pipa, kecepatan cairan dan viskositas kinematik.

**Runner** Bagian dari turbin air yang berputar dan dipasang ke shaft generator. Bucket pada runner adalah apa yang didorong oleh air untuk memutar runner dan membangkitkan listrik.

**Spillway, Pelimpah**, Mengontrol kelebihan air dan mengalirkan kembali ke sungai.

**Suction Head**, Energi tambahan pada sistem turbin air reaksi, dihasilkan oleh draft tube yang menyalurkan air ke luar. Tekanan inlet, dari air yang ‘mendorong’ runner turbin ketika masuk, menciptakan ~80% energi pada sistem reaksi. Suction head, dari vacuum diciptakan oleh sistem outlet tertutup, ‘tarikan’ di runner karena air keluar dari sistem, menambah sampai ~20% output daya sistem.

**Tailrace** Saluran air dari turbin sebelum bergabung dengan sungai utama.

**Trashrack** Saringan pelindung untuk mencegah cabang-cabang besar, batang-batang pohon dan sampah memasuki dan merusak turbin. Biasanya terdiri dari batang-batang vertical dengan jarak satu dengan yang lain antara 30-100 mm. Saringan ini dibersihkan dengan alat pengeruk otomatis ataupun manual.

**Turgo Turbine**, Sebuah turbin impuls yang dapat menghasilkan output daya yang lebih besar pada beberapa lokasi head tinggi dibandingkan dengan tipe Pelton. Desain Runner Turgo memungkinkan untuk pengeluaran air yang telah digunakan dengan lebih efisien, dan pancaran air yang lebih besar, untuk meningkatkan produksi daya di lokasi dengan debit yang besar. Runner Turgo umumnya lebih mahal dibandingkan jenis Pelton, yang disebabkan proses pembuatan yang lebih sulit.

**Tegangan (V)** ukuran potensial elektrik; “tekanan” elektrik yang memaksa arus listrik untuk mengalir melalui rangkain tertutup.

**Watt (W)**, Satuan ilmiah untuk daya listrik; satuan pekerjaan yang dilakukan dengan satuan satu joule per detik. Umumnya digunakan untuk menentukan ukuran konsumsi listrik pada alat-alat listrik.

### **Annex 2. Abbreviations / *Singkatan***

AC	alternating current
CFL	compact fluorescent lamp
DC	direct current
DILC	distributed intelligent load controller
ELC	electronic load controller
FDC	flow duration curve
H	head of a hydropower plant
Hg	gross head of a hydropower plant
Hn	net head of a hydropower plant
Hz	hertz (dimension for frequency)
IGC	induction generator controller
MAD	mean annual discharge
MHP	Mini/Micro hydro power
P	power
PSI	pounds per square inch
Q	flow rate (discharge)
rpm	rotations per minute
IMAG	Induction motor as generator

### **Annex 3. Dimensions / *Satuan***

A	Ampere
Ah	Ampere hour
Hz	Hertz (dimension for frequency)
kW	Kilowatt
kWh	Kilowatt hour
m	Meter
V	Volt
W	Watt

## **KEGIATAN PEMBELAJARAN 3 : DASAR DASAR HIDROLOGI**

### **A. Tujuan**

1. Mengidentifikasi Sejarah perkembangan hidrologi
2. Menganalisis konsep hidrologi
3. Menganalisis faktor-faktor hidrologi
4. Menganalisis siklus hidrologi
5. Menganalisis sistem sirkulasi air dianalisis

### **B. Indikator pencapaian kompetensi**

1. Sejarah perkembangan hidrologi diidentifikasi
2. Konsep hidrologi dianalisis
3. Faktor-faktor hidrologi dianalisis
4. Siklus hidrologi dianalisis
5. Sistem sirkulasi air dianalisis

### **C. Uraian Materi**

#### **1. Definisi hidrologi.**

Ilmu yang mempelajari tentang terjadinya, pergerakan dan distribusi air di bumi, baik di atas, pada maupun di bawah permukaan bumi, tentang sifat fisik, kimia air serta reaksinya terhadap lingkungan dan hubungannya kehidupan.

Secara umum dikatakan bahwa Hidrologi adalah ilmu yang menyangkut masalah Kuantitas dan Kualitas air di bumi.

#### **2. Analisa Hidrologi**

Sebelum memahami tentang analisa Hidrologi, kita pahami terlebih dahulu apa yang dimaksud dengan Hidrologi pemeliharaan dan Hidrologi Terapan. Hidrologi pemeliharaan adalah sesuatu yang menyangkut masalah pemasangan alat-alat ukur

berikut penentuan jaringan stasiun pengamatannya, pengumpulan data hidrologi , pengolahan data mentah dan publikasi data.

Hidrologi terapan adalah ilmu yang langsung berhubungan dengan penggunaan hukum-hukum yang berlaku menurut ilmu-ilmu murni pada kejadian praktis dalam kehidupan.

Analisa hidrologi adalah suatu kegiatan analisa yang berhubungan dengan air yang bertujuan antara lain untuk perencanaan suatu bangunan air, misalnya perencanaan reservoir untuk mengendalikan banjir dan mengatasi kebutuhan air.

Beberapa step analisa hidrologi antara lain :

- a. Memperkirakan jumlah air permukaan yang tersedia
- b. Memperkirakan kehilangan air (akibat penguapan, rembesan dsbnya)
- c. Memperkirakan kebutuhan air (domestik, pertanian, perindustrian)
- d. Memperkirakan banjir rencana
- e. Memperkirakan kapasitas/ volume reservoir dan tinggi M.A (Muka Air) maksimum dalam reservoir.
- f. Setelah itu baru dilanjutkan dengan perencanaan bangunan air yaitu :
- g. Merencanakan bangunan pengendalian banjir
- h. Merencanakan bangunan drainase pada daerah perkotaan atau daerah aliran
- i. Merencanakan /menentukan bentuk, ukuran konstruksi dll.

### 3. Siklus Hidrologi

Akibat panas yang bersumber dari matahari, maka terjadilah : Evaporasi dan Transpirasi. **Evaporasi** adalah penguapan pada permukaan air terbuka pada permukaan tanah. **Transpirasi** adalah penguapan dari permukaan tanaman.

Uap air hasil penguapan ini pada ketinggian tertentu akan menjadi awan, kemudian karena beberapa sebab awan akan berkondensasi menjadi **presipitasi** (yang diendapkan/ yang jatuh), bisa dalam bentuk salju, hujan es, hujan, embun.

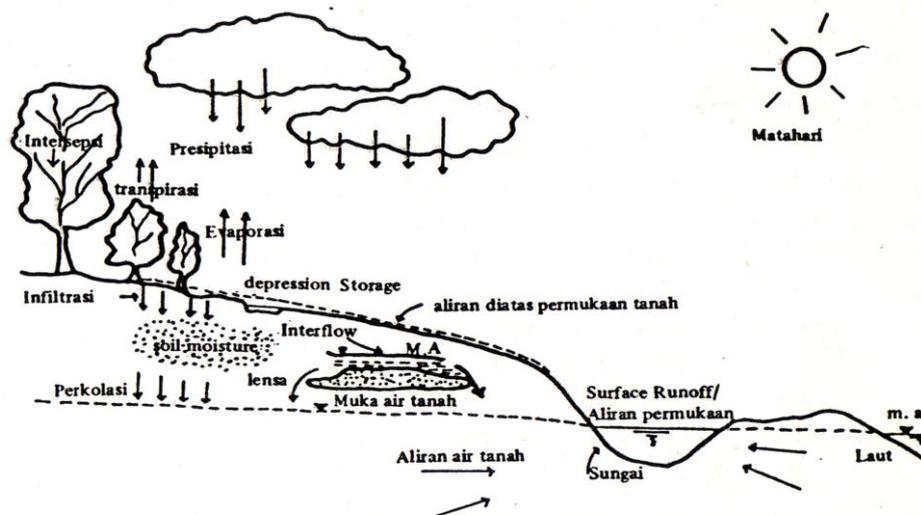
Sedangkan air hujan yang jatuh kadang – kadang tertahan oleh tajuk (ujung – ujung daun), oleh daunnya sendiri atau oleh bangunan dsbnya disebut **Intersepsi**. Besarnya intersepsi pada tanaman tergantung dari jenis tanaman, tingkat

pertumbuhan, tetapi biasanya berkisar 1 mm pada hujan – hujan pertama, kemudian sekitar 20% pada hujan – hujan berikutnya.

Air hujan yang mencapai tanah, sebagian menembus permukaan tanah (**berinfiltrasi**), sebagian lagi menjadi aliran air di atas permukaan (**over land flow**), kemudian terkumpul pada saluran yang disebut **surface run off**. Dari hasil infiltrasi di atas sebagian mengalir menjadi aliran bawah permukaan (**interflow/ sub surface flow/ through flow**), sebagian lagi akan membasahi tanah.

Air yang menjadi bagian dari tanah dan berada dalam pori – pori tanah tersebut disebut air Soil. Apabila kapasitas kebasahan tanah (Soil Moisture) ini terlampaui, maka kelebihan airnya akan mengalir vertikal (berperkolasi) mencapai air tanah. Aliran air tanah (**ground water flow**) akan terjadi sesuai dengan hukum-hukum fisika.

Lihat Gambar 1 berikut :



Gambar 3. 1 Aliran mantap ( $Q = \text{konstan}$ ) yang seragam di beberapa bagian dan berubah ditempat yang lain

Air yang mengalir itu pada suatu situasi dan kondisi tertentu akan mencapai danau, sungai, laut, dan menjadi simpanan air yang disebabkan oleh kubangan/ cekungan yang biasa disebut **depression storage**, serta saluran dsbnya, mencari tempat yang lebih rendah. Untuk itu secara garis besar pada sistem sirkulasi tersebut dapat dikategorikan menjadi 2 variabel, yaitu ada yang berperan sebagai variabel input dan ada yang berperan sebagai variabel output.

Karena kompleksnya sistem sirkulasi air serta luasnya ruang lingkup kehidupan, maka untuk melakukan analisa hidrologi diperlukan pula ilmu-ilmu pengetahuan lainnya, antara lain :

- a. **Meteorologi**, Meteorologi adalah ilmu yang mempelajari fenomena fisik dari atmosfer. Adapun yang termasuk dalam meteorologi yaitu: tekanan gas, kelembaban absolut, kelembaban relatif, kelembaban nisbi, kejenuhan titik pengembunan, titik beku dan temperatur.
- b. **Klimatologi**, yaitu ilmu yang membahas segala sesuatu yang berhubungan dengan cuaca, termasuk interpretasi statistik, catatan – catatan cuaca jangka panjang untuk mendapatkan harga rata – rata, trend terhadap waktu, gambaran lokal dari cuaca dengan perhitungan – perhitungan radiasi matahari, derajat hari, angin, hujan, temperatur rata – rata bulanan, temperatur rata – rata harian, temperatur maksimum, temperatur minimum dan penguapan.
- c. Geografi, yaitu ilmu yang membahas tentang ciri – ciri fisik permukaan bumi.
- d. Agronomi, yaitu ilmu yang membahas tentang dunia tumbuh – tumbuhan, yang pengaruhnya besar terhadap distribusi air hasil presipitasi setelah mencapai tanah dan penguapannya.
- e. Geologi, yaitu ilmu yang mempelajari komposisi kerak bumi yang berperan pada distribusi air permukaan, air bawah permukaan dan air tanah dalam.
- f. Hidrolika, yaitu ilmu (hukum) yang mempelajari tentang gerakan air beraturan dalam sistem sederhana.

- g. Statistik, yaitu ilmu yang mempelajari tentang teknik memproses data numerik menjadi informasi yang berguna dalam penelitian ilmiah, pengambilan keputusan dsbnya. Statistik diperlukan dalam menganalisa data – data hidrologi.

#### **4. Sejarah Perkembangan Hidrologi**

##### **a. Perkembangan awal (sebelum masehi)**

Aplikasi praktis dalam hidrologi telah mulai diterapkan, misalnya dalam pembuatan :

- sumur-sumur jaman purba di Arab
- sistim irigasi di Cina
- dam/reservoir air terbesar di dunia pada saat itu (+4800 tahun yang lalu di Mesir).

Design Hidrologi dari pekerjaan teknik Hidrolik hanya didasarkan pada pengalaman dan pengamatan.

##### **b. Perkembangan pada Abad sesudah Masehi**

Secara praktis, Ilmu Hidrologi baru dimulai pada abad 16 yaitu :

- Leonardo Da Vinci & Bernard Palissy menemukan konsep siklus Hidrologi secara besar, melalui penyelidikan (hubungan infiltrasi sampai kepada terjadinya mata air).
- Pierre Perrault & Edme Mariotte (1686) mengadakan pengukuran aliran sungai pertama kali (Pengukuran penampang melintang & kecepatan aliran), kemudian membandingkannya dengan hujan & evaporasi D,A,S. Sehingga dengan adanya alat pengukur & pengembangan hidrolika, membuka kemungkinan dilaksanakan percobaan-percobaan hidrologi.

### c. Hidrologi Modern

Perkembangan Hidrologi:

1850–1900 : Pengukuran-pengukuran sesaat dari Debit.

1900–1930 : Periode penggunaan rumus-rumus empiris (mulai dilakukan pengumpulan data MA – Debit sungai secara sistimatis).

1930–1950 : Periode penggunaan konsep secara rational (teori infiltrasi, teori unit hydrograph, rumus-rumus semi empiris).

1950 – kini : Periode menggunakan teori-teori (analisa Linear & Non Linear dari sistim hidrologi, teori Unsteady Flow dalam air tanah, aplikasi & teori Mass-Transfer menjadi analisa Evaporasi, study dari dinamika SoilMoisture, pengumpulan dari data hidrologi yang berkesinambungan). Penggunaan komputer untuk perhitungan matematik dan fisika Hidrologi.

Terbaru : Penggunaan alat-alat modern (sinar Gamma, Sinar Lasser, Super Sonic & Planet) untuk berbagai tujuan penyelidikan, pengumpulan data dll.

## 5. Kedudukan Hidrologi Pada Teknik Hidrolik Masa Kini.

Hidrologi adalah suatu alat pembantu dalam perencanaan teknik hidrolika. Ilmu ini sebanding dengan mekanika terapan (applied mechanics) & mekanika fluida. Tetapi kedudukan/posisi Hidrologi secara keseluruhan berbeda karena :

- a. Hidrologi penuh dengan kerumitan dan sistimnya maha luas .Makin luas sistim maka makin berfariasi nilai ukur/parameter fisik, sehingga secara praktis tidak mungkin menerapkan/menaksir nilai-nilai ukur di tiap titik. Misalnya untuk suatu d.a.s, mempunyai formasi/susunan geologi dan susunan tanah yang berbeda sehingga sangat sulit memperkirakan lithologi di suatu titik sebarang tanpa adanya data-data pembedoran.
- b. Prinsip-prinsip design suatu stuktur telah ditetapkan, dan nilai-nilai ukur/dimensi material bangunan telah diketahui dengan pasti karena campuran meterial bangunan dibuat. Berbeda dengan konsep-konsep dalam disain hidrologi, metode yang akan dipakai sangat tergantung kepada jenis data yang tersedia.

- c. Faktor keamanan/safety pada desain stuktur dipakai juga pada desain hidrologi tetapi kadang-kadang tidak terlalu besar, mengingat faktor ekonomisasi.

## 6. Pengenalan Sistem Sirkulasi Air

Seperti telah dimaklumi dengan pasti bahwa realitas fisik suatu sistem hidrologi sesungguhnya sangat kompleks untuk menjelaskan dan analisa secara tepat sebagai mana adanya, maka penyederhanaan tertentu harus dilakukan, agar dapat ditentukan suatu model (konsep) yang mewakili keadaan sebenarnya.

Derajat penyederhanaannya tergantung pada banyaknya informasi yang dapat disediakan.

Informasi tentang suatu sistem sirkulasi air didapat dengan :

- a. Studi terhadap peta-peta, pustaka, foto udara/landsat yang tersedia mengenai wilayah tinjau.
- b. Menginvestarisir sifat-sifat alam secara langsung di lapangan (survai).
- c. Mengolah data dan Memetakan informasi yang telah diperoleh; sehingga hasilnya lebih sederhana dan mudah diinterpretasikan untuk berbagai tujuan.

## 7. Mengenal Macam-Macam Peta

Peta-peta digunakan untuk :

- a. menentukan gambaran physik dari sistem sirkulasi air di lokasi / daerah.
- b. meyakinkan perencanaan agar lebih mengenal sistem sirkulasi air di daerah itu dengan menyajikan/menampilkan/mengolah peta-peta dan gambar secara jelas,dan detail.
- c. Supaya ketentuan-ketentuan yang akan berlaku pada media pergerakan air sebagai satu sistem mendekati keadaan di alam sebenarnya.

**Contoh peta-peta :**

**Peta-peta isoline/peta kontur** adalah peta dengan garis-garis yang menghubungkan titik tempat dengan nilai suatu besaran yang sama.

- d. Peta topografi : peta dengan garis-garis yang menunjukkan ketinggian permukaan tanah sama
- e. Peta isohyete : peta dengan garis-garis yang menghubungkan tempat dengan hujan yang sama.
- f. Peta isothermis : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tempat dengan suhu sama.
- g. Isobar : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tekanan udara yang sama
- h. Isopachus : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tempat dengan ketebalan lapisan tanah yang sama.
- i. Isohyps : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tinggi M.A yang sama.

#### **Peta lokasi pos-pos pengamatan**

- a. Peta pos hujan adalah peta yang akan memberi gambaran tentang distribusi pos pengamatan hujan. Dari peta ini ditentukan pos pengamatan hujan mana saja yang datanya dapat mewakili curah hujan sebagai input dari sistem sirkulasi air.
- b. Peta pos Klimatologi Peta yang akan memberi gambaran tentang penyebaran pos-pos yang mencatat sifat iklim di daerah itu dan dari data pos-pos klimatologi ini dapat dianalisa untuk memperkirakan Evaporasi sebagai output dari sistem.
- c. Peta Pos Pengukuran muka air sungai (Automatik water /AWLR atau Staff Gauge ).
- d. Pos ini dilengkapi dengan alat pengukur tinggi muka air sungai secara otomatis atau manual berikut alat pengukuran debetnya. Dari peta ini, perencana akan lebih yakin bahwa aliran sungai pada pengukuran pos tertentu adalah merupakan output /input dari sistem Hidrologi yang sedang ditinjau.
- e. Peta pos pengukuran muka air tanah (groundwater level Recorder). Pada pos ini terdapat alat pencatat tinggi muka air tanah otomatis. Data tinggi muka air ini dipakai sebagai pembanding dalam perhitungan air tanah.

## 8. Peta-peta Lain

- a. Peta geologi : adalah peta yang mengklasifikasikan jenis tanah pada suatu daerah tinjau baik tanah permukaan maupun tanah di bawah permukaan.
- b. Peta ini dipakai dalam menentukan ciri-ciri/sifat-sifat tanah sebagai media pergerakan air tanah.
- c. Peta tata guna tanah Peta ini dipakai untuk mengidentifikasi penggunaan tanah permukaan. Dari sini perencana dapat memperkirakan bagaimana dan berapa pengaruh berbagai penggunaan tanah terhadap sistem hidrologi dan lain sebagainya.

Penentuan batas sistem sirkulasi air (daerah aliran, daerah tangkap).

Dari peta-peta yang ada terutama peta topografi, peta situasi maka dapat ditentukan sistem sirkulasi air yang hendak diamati. Penentuan kondisi batas/boundary conditions tergantung kepada:

- a. Gambaran/ kondisi fisik yang sebenarnya
- b. Data pengamatan yang tersedia
- c. Tujuan analisa
- d. Ketelitian yang diharapkan

Sehingga dari sirkulasi hidrologi ini dapat dinyatakan suatu persamaan bahwa input = output + perubahan simpanan dari sistem tertentu.

Persamaan ini sering dipakai dalam analisa hidrologi dan disebut persamaan keseimbangan air ( Water balance equation ).

Masing – masing elemen dari persamaan ini dapat dihitung berdasarkan :

- a. data pengukuran
- b. pendekatan dengan rumus-rumus ilmu murni ( fisika, matematika dan lain sebagainya ).

#### D. Aktivitas Pembelajaran

Strategi pembelajaran 4 lebih berpusat pada guru. Metoda yang digunakan antara lain ceramah, Tanya jawab, diskusi dan tes. Kelompok peserta diorganisasikan secara klasikal.

#### E. Rangkuman

- Definisi/ Pengertian Hidrologi
- Secara umum dapat dikatakan bahwa Hidrologi adalah ilmu yang menyangkut masalah Kuantitas dan Kualitas air di bumi
- Hidrologi Pemeliharaan : Hidrologi pemeliharaan adalah sesuatu yang menyangkut masalah pemasangan alat-alat ukur berikut penentuan jaringan stasiun pengamatannya, pengumpulan data hidrologi
- Hidrologi Terapan : Yang dimaksud terapan disini adalah ilmu yang langsung berhubungan dengan penggunaan hukum-hukum yang berlaku menurut ilmu-ilmu murni/pure science pada kejadian praktis dalam kehidupan.
- Evaporasi adalah penguapan pada permukaan air terbuka pada permukaan tanah.
- Transpirasi adalah penguapan dari permukaan tanaman.
- Intersepsi.yaitu air hujan yang jatuh kadang – kadang tertahan oleh tajuk (ujung – ujung daun), oleh daunnya sendiri atau oleh bangunan dsbnya
- Surface run off yaitu air hujan yang mencapai tanah, sebagian menembus permukaan tanah (berinfiltrasi), sebagian lagi menjadi aliran air di atas permukaan (over land flow), kemudian terkumpul pada saluran.
- Air Soil yaitu air yang menjadi bagian dari tanah dan berada dalam pori – pori tanah.
- Depression storage yaitu air yang mengalir pada suatu situasi dan kondisi tertentu akan mencapai danau, sungai, laut, dan menjadi simpanan air yang disebabkan oleh kubangan/ cekungan.
- Sejarah pengembangan hidrologi
  - a. Pengembangan awal (sebelum masehi)
  - b. Pengembangan pada Abad sesudah Masehi
  - c. Hidrologi Modern

- d. Kedudukan Hidrologi pada teknik Hidrolik masa kini.
- Informasi tentang suatu sistem sirkulasi air didapat dengan
  - a. Studi terhadap peta-peta, pustaka, foto udara/landsat yang tersedia mengenai wilayah tinjau.
  - b. Menginvestarisir sifat-sifat alam secara langsung di lapangan (survai).
  - c. Mengolah data dan Memetakan informasi yang telah diperoleh; sehingga hasilnya lebih sederhana dan mudah diinterpretasikan untuk berbagai tujuan.
- Macam – macam Peta
  - a. Peta topografi : peta dengan garis-garis yang menunjukkan ketinggian permukaan tanah sama.
  - b. Peta isohyte : peta dengan garis-garis yang menghubungkan tempat dengan hujan yang sama.
  - c. Peta isothermis : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tempat dengan suhu sama.
  - d. Isobar : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tekanan udara yang sama.
  - e. Isopachus : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tempat dengan ketebalan lapisan tanah yang sama.
  - f. Isohyps : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tinggi M.A yang sama.

## F. TEST/ LATIHAN

### 1. Test Formatif

- a. Jelaskan dengan singkat definisi Hidrologi?
- b. Jelaskan dengan singkat tentang Hidrologi Terapan?

Kunci Jawaban :

- a. Hidrologi adalah ilmu yang menyangkut masalah Kuantitas dan Kualitas air di bumi.
- b. Hidrologi terapan adalah ilmu yang langsung berhubungan dengan penggunaan hukum-hukum yang berlaku menurut ilmu-ilmu murni pada kejadian praktis dalam kehidupan

### 2. Latihan Soal :

Jelaskan dengan singkat tentang Siklus Hidrologi?

**Kunci Jawaban :**

Yang dimaksud dengan Siklus Hidrologi adalah suatu sistem dimana karena adanya panas matahari, maka air permukaan (sungai, laut dsb) menguap..

Uap air hasil penguapan ini pada ketinggian tertentu akan menjadi awan, kemudian karena beberapa sebab awan akan berkondensasi sehingga bisa menjadi dalam bentuk salju, hujan es, hujan, embun. Sedangkan air hujan yang jatuh kadang – kadang tertahan oleh tajuk (ujung – ujung daun), oleh daunnya sendiri atau oleh bangunan dsbnya. Air hujan yang mencapai tanah, sebagian menembus permukaan tanah, sebagian lagi menjadi aliran air di atas permukaan (over land flow), kemudian terkumpul pada saluran yang disebut **surface run off**. Dan karena panas matahari maka terjadi penguapan, dan seterusnya sistem tersebut di atas berulang yang biasa disebut Siklus Hidrologi.

### 3. Latihan Soal :

Jelaskan dengan singkat sejarah perkembangan Hidrologi?

Jawaban Soal :

- a. Perkembangan awal (sebelum masehi).

Hidrologi telah mulai diterapkan, misalnya dalam pembuatan :

- sumur-sumur jaman purba di Arab
- sistim irigasi di Cina
- dam/reservoir air terbesar di dunia pada saat itu (+4800 tahun yang lalu di Mesir).

- b. Perkembangan pada Abad sesudah Masehi

Secara praktis, Ilmu Hidrologi baru dimulai pada abad 16 yaitu :

Leonardo Da Vinci & Bernard Palissy menemukan konsep siklus Hidrologi secara besar, melalui penyelidikan (hubungan infiltrasi sampai kepada terjadinya mata air).

- c. Perkembangan Hidrologi:

1850–190 : Pengukuran-pengukuran sesaat dari Debit.

1900–1930 : Periode penggunaan rumus-rumus empiris (mulai dilakukan pengumpulan data MA – Debit sungai secara sistimatis).

1930–1950 : Periode penggunaan konsep secara rasional (teori infiltrasi, teori unit hydrograph, rumus-rumus semi empiris)

1950–kini : Periode menggunakan teori-teori.

### 4. Latihan Soal

- a. Jelaskan dengan singkat kegunaan peta?  
b. Sebutkan macam-macam peta?

**Jawaban**

- a. Peta-peta digunakan untuk :

- ddd: menentukan gambaran fisik dari sistem sirkulasi air di lokasi / daerah.
  - eee: meyakinkan perencana agar lebih mengenal sistem sirkulasi air di daerah itu dengan menyajikan/menampilkan/mengolah peta-peta dan gambar secara jelas,dan detail.
- b. Macam-macam peta :
  - c. Peta topografi
  - d. Peta isohyte
  - e. Peta isothermis
  - f. Peta Isobar
  - g. Peta sopachus
  - h. Peta Isohyps :

## 5. Tugas

**Jawablah pertanyaan atau Tugas-tugas di bawah ini:**

1. Jelaskan secara singkat apa yang anda ketahui tentang hidrologi?
2. Jelaskan secara singkat apa yang dimaksud dengan Hidrologi Pemeliharaan?
3. Jelaskan secara singkat apa yang dimaksud dengan Hidrologi terapan?
4. Jelaskan secara singkat yang dimaksud dengan Intersepsi?
5. Jelaskan secara singkat yang dimaksud dengan Transpirasi?
6. Jelaskan secara singkat yang dimaksud dengan Evaporasi?
7. Jelaskan secara singkat sejarah perkembangan hidrologi ?
8. Jelaskan secara singkat tentang dari mana sistem sirkulasi air didapat?
9. Jelaskan secara singkat tentang Isopachus?
10. Jelaskan secara singkat tentang Peta topografi?
11. Jelaskan secara singkat tentang Peta isohyte?
12. Jelaskan secara singkat tentang Peta isothermis?
13. Jelaskan secara singkat tentang Isobar?
14. Jelaskan secara singkat tentang Isohyps?
15. Jelaskan secara singkat tentang air Soil?

### **G. KUNCI JAWABAN TUGAS KEGIATAN PEMBELAJARAN 3**

1. Secara umum dapat dikatakan bahwa Hidrologi adalah ilmu yang menyangkut masalah Kuantitas dan Kualitas air di bumi.
2. Hidrologi pemeliharaan adalah sesuatu yang menyangkut masalah pemasangan alat-alat ukur berikut penentuan jaringan stasiun pengamatannya, pengumpulan data hidrologi
3. Yang dimaksud terapan disini adalah ilmu yang langsung berhubungan dengan penggunaan hukum-hukum yang berlaku menurut ilmu-ilmu murni/pure science pada kejadian praktis dalam kehidupan.
4. Intersepsi adalah air hujan yang jatuh kadang – kadang tertahan oleh tajuk (ujung – ujung daun), oleh daunnya sendiri atau oleh bangunan dsbnya
5. Yang dimaksud dengan Transpirasi adalah adalah penguapan dari permukaan tanaman
6. Yang dimaksud dengan Evaporasi adalah penguapan pada permukaan air terbuka pada permukaan tanah.
7. Sejarah pengembangan hidrologi
  - a. Pengembangan awal (sebelum masehi)
  - b. Pengembangan pada Abad sesudah Masahi
  - c. Hidrologi Modern
8. Informasi tentang suatu sistem sirkulasi air didapat dengan
  - a. Studi terhadap peta-peta, pustaka, foto udara/landsat yang tersedia mengenai wilayah tinjau.
  - b. Menginvestarisir sifat-sifat alam secara langsung di lapangan (survai).
  - c. Mengolah data dan Memetakan informasi yang telah diperoleh; sehingga hasilnya lebih sederhana dan mudah diinterpretasikan untuk berbagai tujuan.
9. Isopachus : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tempat dengan ketebalan lapisan tanah yang sama.
10. Peta topografi : peta dengan garis-garis yang menunjukkan ketinggian permukaan tanah sama

11. Peta isohyete : peta dengan garis-garis yang menghubungkan tempat dengan hujan yang sama.
12. Peta isothermis : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tempat dengan suhu sama.
13. Isobar : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tekanan udara yang sama.
14. Isohyps : peta dengan garis-garis yang menunjukkan tinggi M.A yang sama.
15. Air Soil.adalah air yang menjadi bagian dari tanah dan berada dalam pori – pori tanah

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 4 : TURBIN AIR

### A. Tujuan

Setelah mempelajari topik ini, peserta diharapkan mampu :

1. Mengklasifikasikan jenis-jenis turbin air
2. Mengidentifikasi jenis-jenis turbin air beserta karakteristik masing-masing turbin
3. Memilih jenis turbin air yang cocok untuk suatu kondisi lapangan.
4. Menghitung daya yang dihasilkan oleh turbin.

### B. Indikator pencapaian Kompetensi

1. Jenis-jenis turbin air diklasifikasikan
2. Jenis-jenis turbin air beserta karakteristik masing-masing turbin diidentifikasi
3. Jenis turbin air yang cocok untuk suatu kondisi lapangan.dipilih
4. Daya yang dihasilkan oleh turbin.dihitung

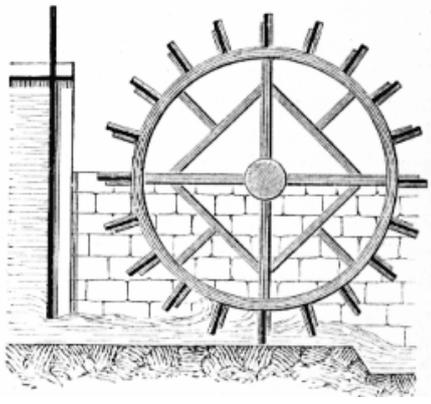
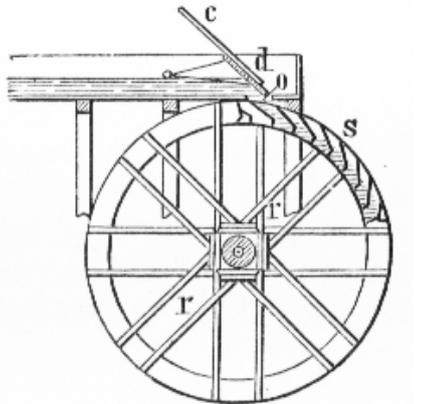
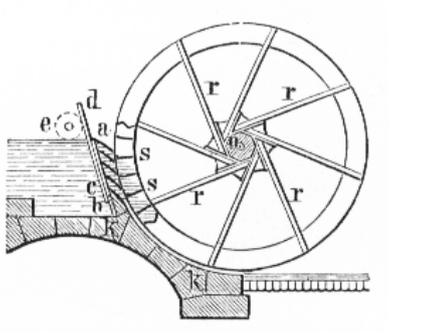
### C. Uraian Materi

#### 1. Pengenalan Turbin Air

Turbin air merupakan salah satu komponen utama dari sebuah PLTMH, berfungsi untuk mengubah energi hidrolis (baik energi potensial maupun energi kinetis) menjadi gerakan mekanis, yaitu gerakan berputar. Gerakan putar yang dihasilkan turbin nantinya digunakan untuk menggerakkan generator, dari putaran generator akan dihasilkan suatu tegangan listrik.

Contoh paling mudah yang dapat kita lihat adalah **kincir air**. Kincir air banyak digunakan sejak ribuan tahun yang lalu. Seluruh penjuru dunia masih menggunakan kincir air untuk penggilingan atau menggerakkan generator kecil. Dalam konstruksi mesin yang klasik, kincir air ditandai oleh poros mendatar (horisontal).

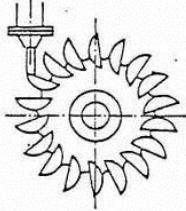
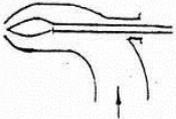
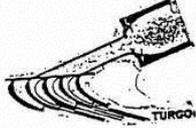
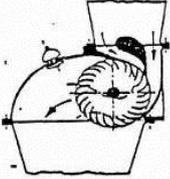
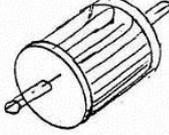
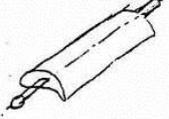
Pada dasarnya kita dapat membedakan kincir air menjadi 3 tipe:

	<p>Kincir air tipe <i>undershot</i></p> <p>Tipe ini adalah yang tertua. Vitruv membuat tipe kincir air ini pada abad pertama sebelum masehi. Kincir air ini dapat digunakan di sungai dengan aliran yang cepat. Efisiensinya sekitar 25%. Pada abad ke-19, tipe kincir ini menjadi lebih berkembang. Terutama yang didisain oleh Poncelet yang mencapai efisiensi sebesar 70%.</p>
	<p>Kincir air tipe <i>overshot</i></p> <p>Kincir air tipe overshot sudah digunakan sejak abad ke-14. Jika kincir ini dibuat dengan baik dan ketinggian reservoir air bagian atas memperbolehkan diameter kincir yang besar, efisiensinya mencapai 75% atau bahkan kadang-kadang mencapai 80%.</p>
	<p>Kincir ini adalah tipe kincir yang paling terbaru, yang dikembangkan pada abad ke-16. Kincir ini adalah gabungan antara dua buah konstruksi dasar. Versi terdahulunya dapat mencapai efisiensi sebesar 45%, tipe-tipe modern dapat mencapai efisiensi sebesar 75%.</p>

Perkembangan turbin air tidak hanya berhenti di kincir air tersebut diatas, berbagai penemuan dan penelitian dilakukan untuk mendapatkan turbin air yang lebih efisien, lebih mudah dibuat, dan dapat membangkitkan daya yang besar walaupun dengan ukuran turbin yang relatif lebih kecil (kincir air yang efisien dengan diameter 8 m dapat digantikan dengan turbin cross flow dengan diameter 0.5 m).

Saat ini terdapat beberapa jenis turbin air modern yang sangat umum dipakai, dengan keunggulan dan kelemahan masing-masing, yang dapat mencakup daya sekitar mulai puluhan Watt hingga puluhan MegaWatt. Turbin modern dapat dibagi dalam dua klasifikasi utama, yaitu:

a. Turbin Impuls

<i>impuls turbine</i>			
The acts only on a part of the runner. All hydraulic energy is converted into kinetic energy before entering the runner. The fluid does not change pressure on its way through the runner			
NAME		RUNNER	GUIDE VANE
PELTON TURBINE		numerous double buckets The water jet enters the runner tangentially 	1. to 6 adjustable spear valves 
TURGO IMPULSE		numerous double bended buckets The water jet enters the plane of the runner at an angle of 20° 	1 to adjustable spear valves
CROSS FLOW		cylindrical runner with 	one adjustable profiled 

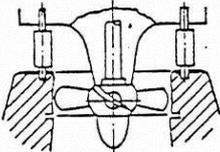
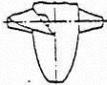
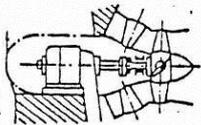
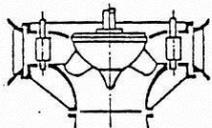
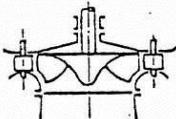
Gambar 4. 1 Turbin Impuls

Memanfaat energi kinetik fluida, terutama dipengaruhi tekanan air (beda tinggi). Air yang jatuh bekerja hanya pada beberapa bagian *runner*. Seluruh energi hidrolis diubah menjadi energi kinetik. Tidak terjadi perubahan tekanan pada air sebelum dan sesudah

melewati *runner*. *Runner* adalah bagian utama turbin yang mengubah energi hidrolis menjadi energi kinetis ( putaran).

**b. Turbin Reaksi**

Memanfaatkan energi gravitasi pada fluida, terutama dipengaruhi oleh debit air. Seluruh bagian runner ditenggelamkan / dipenuhi oleh air. Terdapat perbedaan tekanan air, dimana tekanan sebelum melewati runner lebih tinggi dibandingkan dengan tekanan air setelah melewati runner.

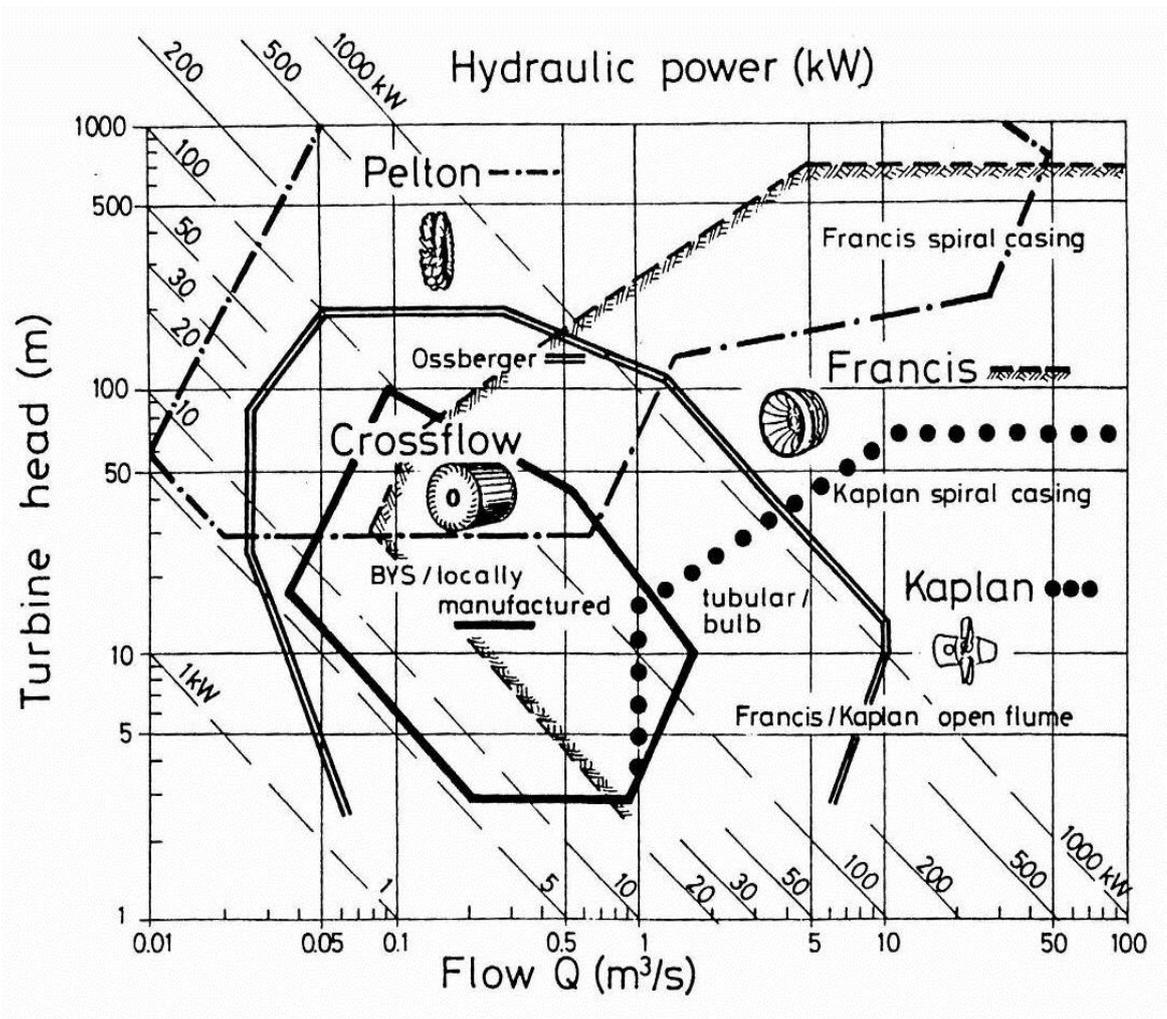
<i>Reaction turbine</i>			
The turbine runner is totally submerged in the water. There is a higher pressure at the runner inlet than at the outlet			
NAME		RUNNER	DISTRIBUTOR
<i>AXIAL FLOW</i> KAPLAN TURBINE		propeller with profiled, adjustable blades 	adjustable or fixed, radial guide vanes 
TUBE TURBINE (S-TURBINE)		like KAPLAN	adjustable or fixed semi axial guide vanes
<i>SEMI AXIAL FLOW</i> DERIAZ TURBINE		semi axial runner with adjustable blades	adjustable, radial guide vane
<i>RADIAL FLOW</i> FRANCIS TURBINE		radial runner 	adjustable, radial guide vane

Gambar 4. 2 Turbin Reaksi

## **2. Batasan dan Penggunaan Turbin**

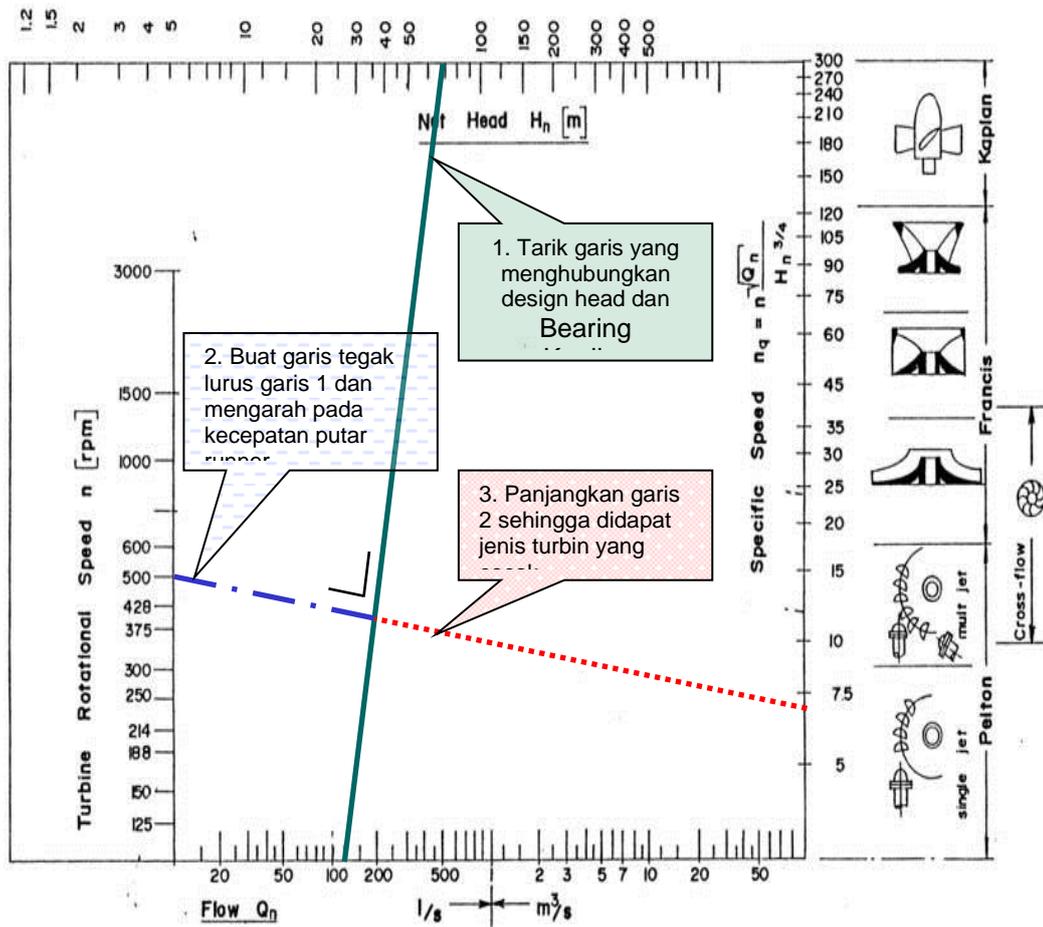
Setiap turbin memiliki aplikasi dengan batas spesifiknya masing-masing. Adalah mungkin, bahwa tipe turbin yang berbeda tersebut layak untuk suatu pembangkit. Penawaran dari pabrikan yang berbeda harus dibandingkan dahulu. Dalam banyak kasus, pertimbangan ekonomi cukup menentukan dalam pemilihan turbin. Penentuannya tidak selalu jelas dan mudah dan memerlukan pengetahuan mengenai karakteristik spesifik turbin.

Terdapat sumber-sumber diagram dan rekomendasi aplikasi yang berbeda untuk memilih tipe turbin yang sesuai. Pabrikan turbin besar dan kecil menyajikan program pabrikan turbin mereka pada diagram pemilihan.



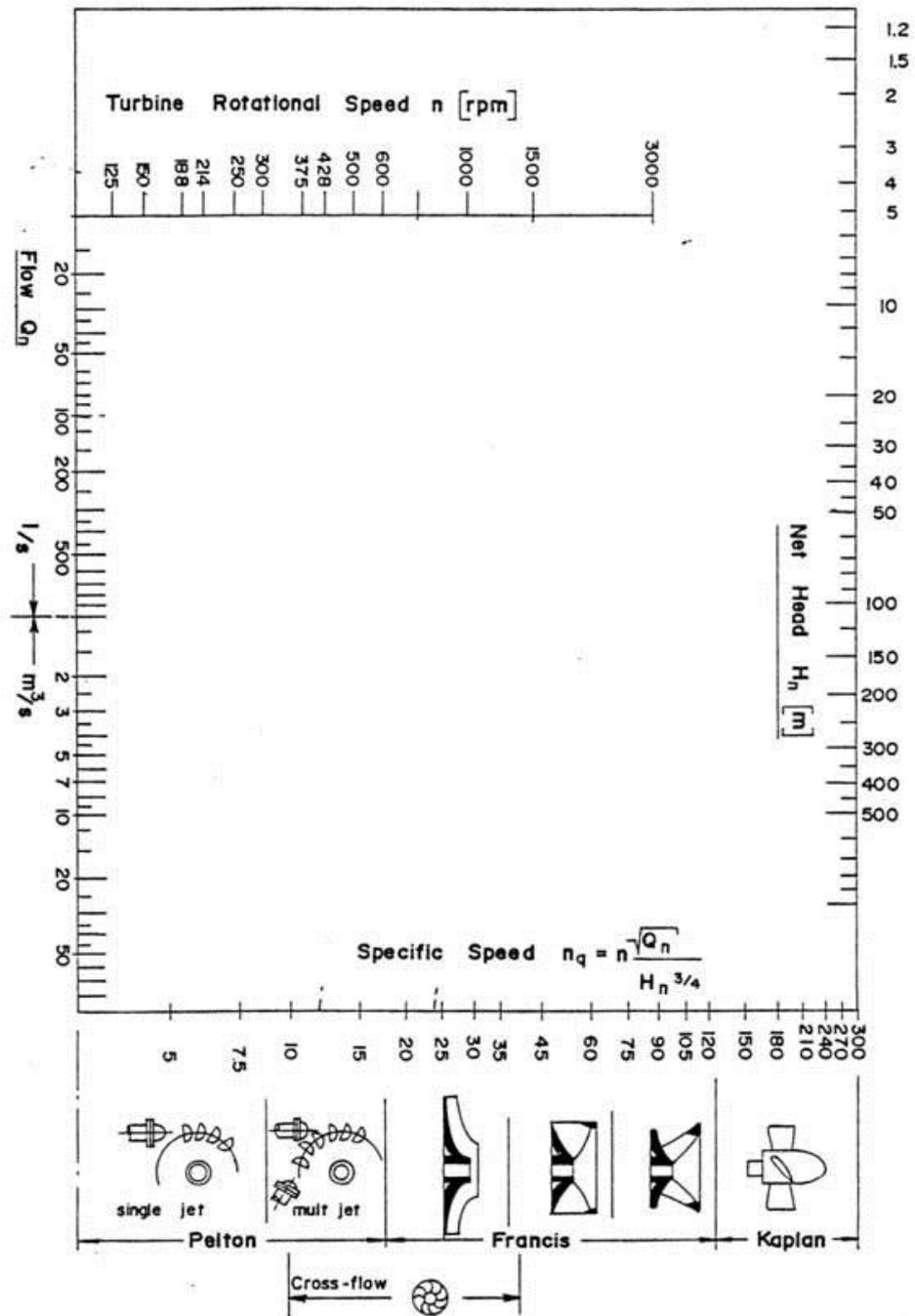
**Gambar 4. 3 Aplikasi untuk batasan umum tipe-tipe turbin air yang berbeda (sumber: MHPG Publication Vol. 11)**

Seperti dilihat pada Gambar 2.3, turbin air jenis pelton hanya cocok dipergunakan untuk kondisi head yang tinggi (turbin impuls). Sedangkan turbin air jenis propeller / kaplan lebih cocok dipergunakan untuk head yang rendah dengan debit yang lebih besar (turbin reaksi). Turbin crossflow berada di area pertengahan, dengan head yang tidak terlalu tinggi dan flow yang juga tidak terlalu besar. Sedangkan turbin Francis dapat mencakup luasan yang sangat besar, dengan catatan tiap turbin didisain untuk satu keperluan yang spesifik.



Gambar 4. 4 Contoh untuk penaksiran yang cepat untuk tipe dan kecepatan turbin yang sesuai, dalam fungsi head dan debit

LATIHAN 1:



Diketahui sebuah situs memiliki potensi tinggi jatuh air/Head ( $H_r$ ) = 40 m, debit perkiraan awal ( $Q_r$ ) = 250 l/dtk. Rencananya akan menggunakan generator dengan desain 1000 rpm (sambungan langsung dengan kopling).

1. Tentukan jenis turbin yang cocok untuk. (menggunakan tabel pemilihan pada lembar berikutnya)
2. Apa yang terjadi bila kemudian diputuskan untuk memakai transmisi belt dengan rasio  $n_{runner} : n_{generator} = 1 : 2$
3. Apa yang akan terjadi bila ternyata saat dioperasikan, putaran turbin lebih rendah dibandingkan dengan putaran yang direncanakan. Bagaimanakah efisiensi turbin tersebut? Apakah daya yang dihasilkan lebih besar atau lebih kecil?

Catatan: Jelaskan dengan melihat grafik karakteristik turbin terhadap putaran di halaman berikutnya.

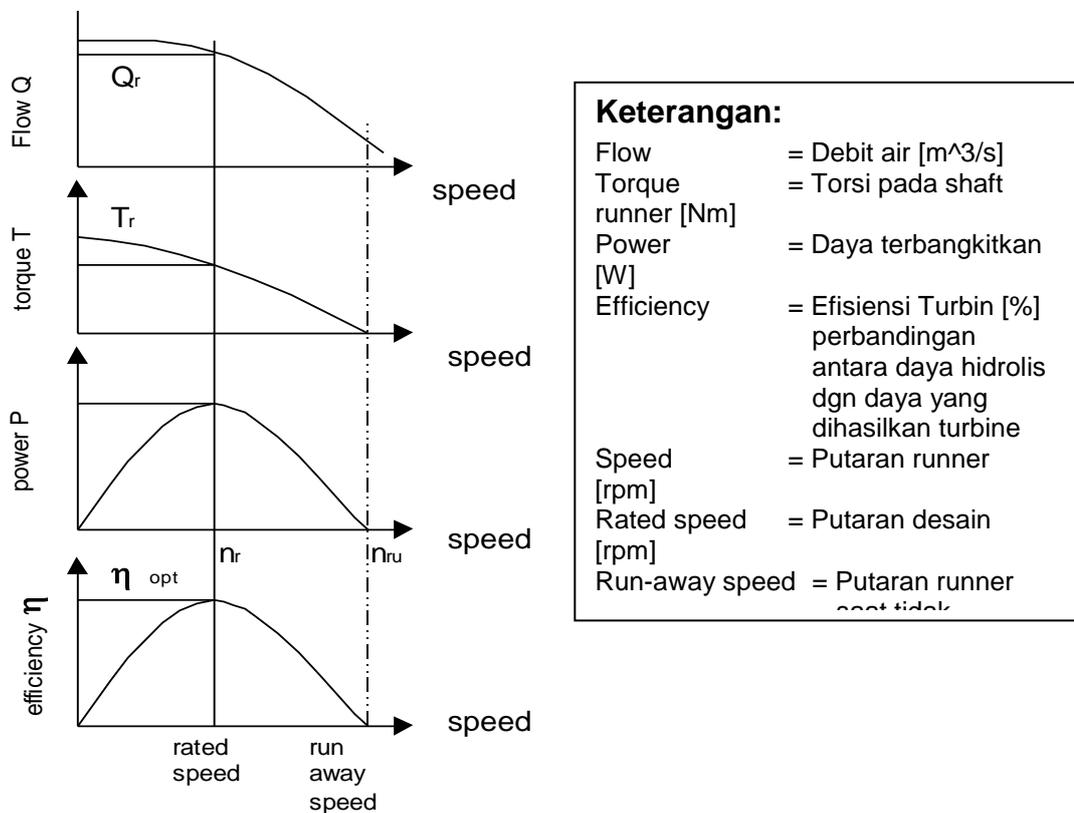
### 3. Karakteristik Turbin Air

#### a. Pengertian Umum

Spesifikasi disain berikut ini harus diketahui untuk mendapatkan ukuran turbin yang akurat untuk instalasi:

- efisiensi turbin pada debit puncak dan debit sebagian
- kecepatan turbin
- kinerja turbin pada kondisi beban sebagian, overload dan runaway
- ukuran dimensi runner dan turbin

Spesifikasi-spesifikasi ini dikembangkan dari pengukuran di laboratorium dengan cara model turbin disambungkan ke brake dan throttled stepwise mulai dari kecepatan runaway sampai berhenti. Headnya tetap konstan. Semua parameter (debit, tenaga putaran dan daya) diukur untuk setiap titik dan dihitung efisiensinya. Prosedur yang sama diulangi untuk bukaan guide vane yang berbeda untuk mendapatkan karakteristik turbin yang lengkap.



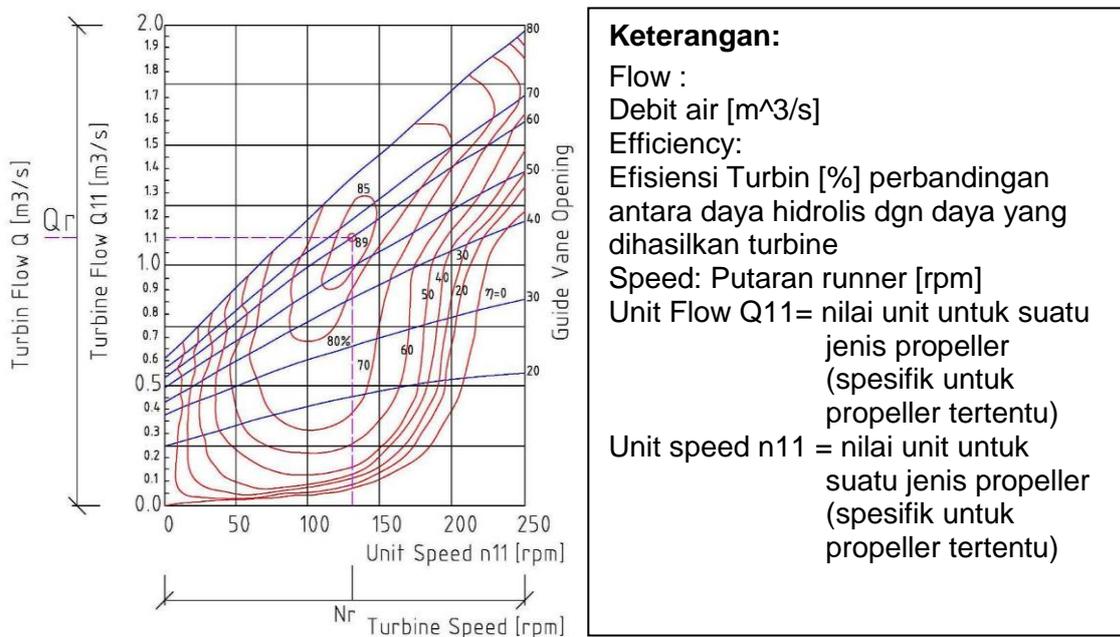
**Gambar 4. 5 Mengukur karakteristik-karakteristik turbin dengan menghentikan turbin dari kecepatan run-away sampai berhenti (posisi guide vane konstan)**

Dalam istilah praktis, kecepatan variabel seperti pada grafik di atas hanya akan terjadi pada pembangkit yang berdiri sendiri (tidak tersambung dengan jaringan) tanpa governor, atau turbin pada saat kondisi start-up, shut-down dan run-away (pemutusan hubungan mendadak dari beban). Bagaimanapun, untuk pemilihan turbin yang akurat dan prediksi kinerjanya, penting untuk mengetahui debit dan efisiensi selain daripada kecepatan nominal karena kondisi pembangkit aktual akan sangat sulit bersesuaian sepenuhnya dengan data disain mesin (= nilai dasar).

### b. Grafik Hill

Ini memungkinkan untuk menggabungkan efisiensi dan debit versus kurva kecepatan dalam satu grafik. Yaitu **hill grafik** turbin. Ini menunjukkan karakteristik kecepatan debit dan kurva untuk efisiensi yang sama dari mesin unit.

Hill chart berlaku untuk semua turbin yang sama secara geometris. Ini berarti bahwa turbin yang diukur adalah didesain sama persis tetapi dengan skala yang berbeda. Skalanya merupakan rasio antara diameter runner. Karakteristik turbin yang menyeluruh ditampilkan dalam hill chart, yaitu menggambarkan kinerja turbin secara lengkap.

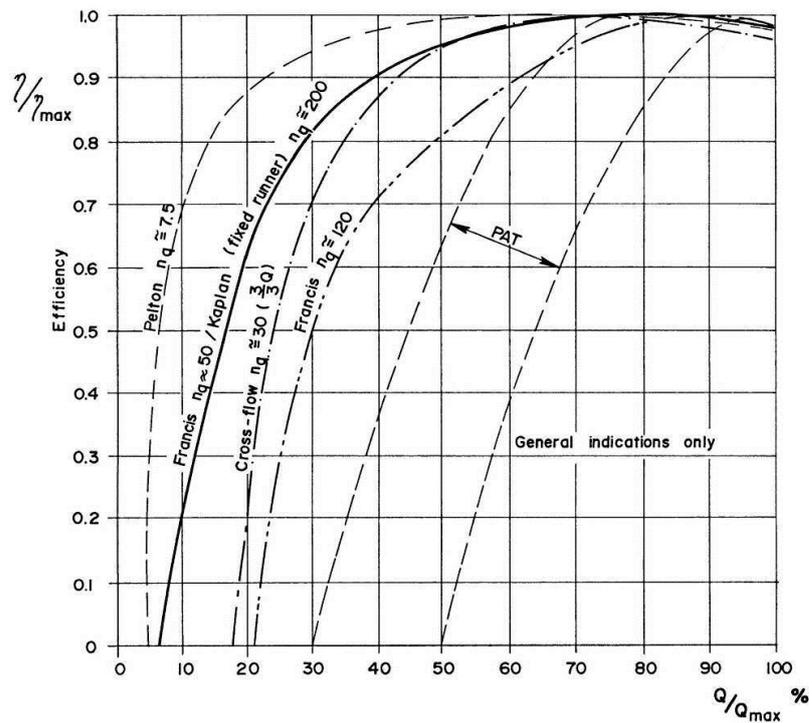


**Gambar 4. 6 Contoh Hill grafik untuk turbin propeller**

Turbin sering tidak beroperasi dengan debit dasar sebagai contoh selama musim kemarau dikarenakan tidak terdapatnya cukup air atau konsumen tidak memerlukan daya puncak selama waktu tertentu. Gambar di bawah ini menunjukkan efisiensi beban sebagian dari berbagai desain turbin.

### a. Efisiensi Turbin Saat Pasokan Air Berkurang

Dalam sebuah perencanaan pembangunan PLTMH tentu saja diharapkan sumber air selalu cukup tersedia, namun ada kalanya sumber air sebagai sumber tenaga berkurang (misalnya pada musim kemarau). Berikut tabel yang memperlihatkan pengaruh besarnya pasokan air dan hubungannya dengan efisiensi turbin.



Gambar 4. 7 Efisiensi turbin dengan pasokan air hanya sebagian

#### 4. Rumus Dan Persamaan

##### a. Daya Hidrolis Secara Teoritis

$$\text{Persamaan 1: } P_{hydr} = Q \times \rho \times g \times H_n$$

Dimana :  $P_{hydr}$  = daya hidrolik dalam Watt [W],

tidak mempertimbangkan pengurangan

karena efisiensi peralatan (turbin, generator, dll.)

$Q$  = debit dalam  $m^3/detik$

$\rho$  = kekentalan air = kira-kira  $1000 \text{ kg}/m^3$

$g$  = percepatan gravitasi =  $9.81 \text{ m}/m^2$

$H_{nett}$  = tinggi jatuh bersih dalam meter [m]

##### b. Output Daya Listrik

Turbin air mengkonversikan tekanan air menjadi daya mekanik poros, yang dapat digunakan untuk memutar generator listrik, atau mesin yang lain. Daya yang tersedia sebanding dengan hasil dari tinggi jatuh (*head*) dan kecepatan aliran.

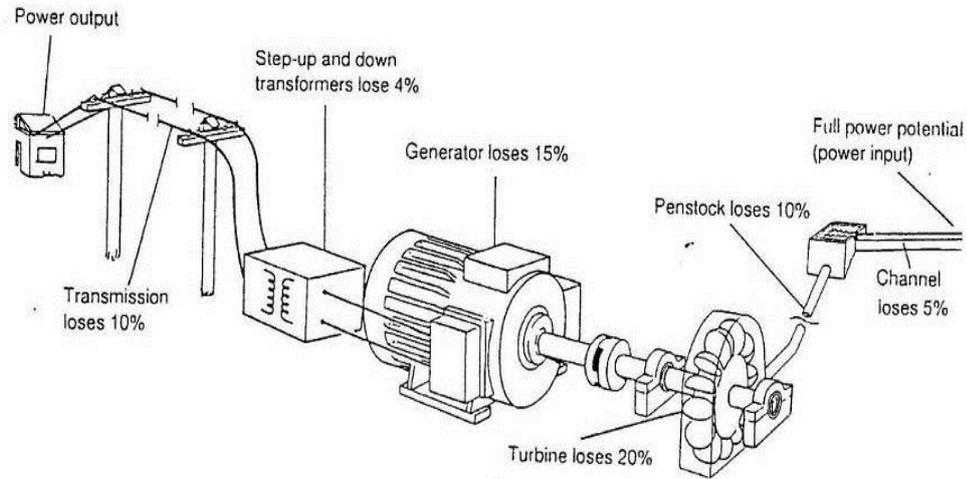
Persamaan 1 menggambarkan daya hidrolik yang tersedia di turbin. Bagaimanapun, perubahan energi di turbin (hidrolik menjadi mekanik) dan di dalam generator (mekanik menjadi elektrik) selalu berhubungan dengan kehilangan energi. Hal ini ditunjukkan dengan istilah efisiensi dimana rasio antara daya output dan daya input (untuk mesin pembangkitan). Dengan demikian, output elektrik dari skema MHP dapat diperlihatkan sebagai berikut:

$$\text{Persamaan 2 : } P_{el} = P_{hydr} \times \eta_{total} \text{ atau}$$

$$\text{Persamaan 3: } P_{el} = Q \times \rho \times g \times H_n \times \eta_{total}$$

Dengan:  $P_{el}$  = output daya elektrik dalam Watt [W]

$\eta_{total}$  = keseluruhan efisiensi dari peralatan



**Gambar 4. 8 Gambaran besarnya kerugian(loses) pada sistem PLTMH. Contoh sebuah sistem PLTMH dengan efisiensi total 50.2%**

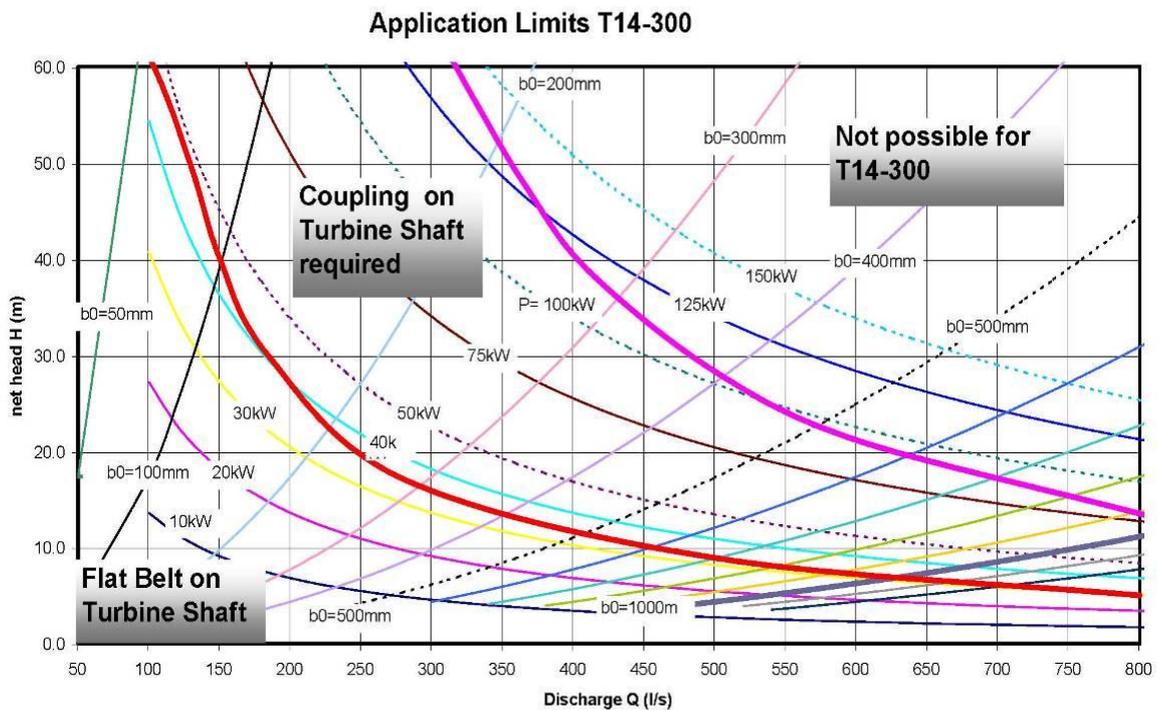
**LATIHAN:**

1. Sebuah saluran irigasi memiliki potensi air dengan tinggi jatuh (head) 14.4m dan debit air yang tersedia sekitar  $0.675 \text{ m}^3/\text{s}$ .
  - tentukan jenis turbin yang cocok bila diharapkan agar turbin yang terpilih dihubungkan langsung dengan generator yang memiliki kecepatan putar nominal 1000 rpm
  - Berapa besar daya potensi ( hidrolis ) yang dapat dibangkitkan?
2. Apabila ditentukan bahwa akan dipakai turbin propeller dengan efisiensi maksimum sebesar 89%, juga diketahui data-data sebagai berikut:
  - Akan dihubungkan melalui koping yang memiliki loses sebesar 5%
  - Lalu dihubungkan dengan generator yang memiliki efisiensi hingga 90%
  - Losses pada step up transformer sebesar 4%
  - Losses pada jaringan transmisi dianggap 0% karena daya yang diperoleh dihubungkan dengan jaringan PLN yang melewati PLTMH, dan seluruh daya yang diperoleh akan dijual kepada PLN.
  - Losses pada bangunan sipil, baik saluran, intake, dan penstock sekitar 15%

Berapakan total daya yang bisa diterima oleh konsumen, atau dalam hal ini dijual kepada PLN?

### 5. Turbin Cross Flow

Turbin ini mudah untuk difabrikasi dan ditawarkan oleh banyak pabrik (misalnya Ossberger dan Volk di Jerman). SKAT dan BYS (Nepal) mengembangkan disain berbiaya rendah dan mempublikasikannya (MHPG Publication Volume 3 dan 4) sekitar tahun 1980. Beberapa turbin telah dibuat di Nepal dan di Indonesia. Pada tahun 1990 disain turbin yang disempurnakan dan lebih efisien yaitu Model T14/T15 dikembangkan dan sekarang digunakan.

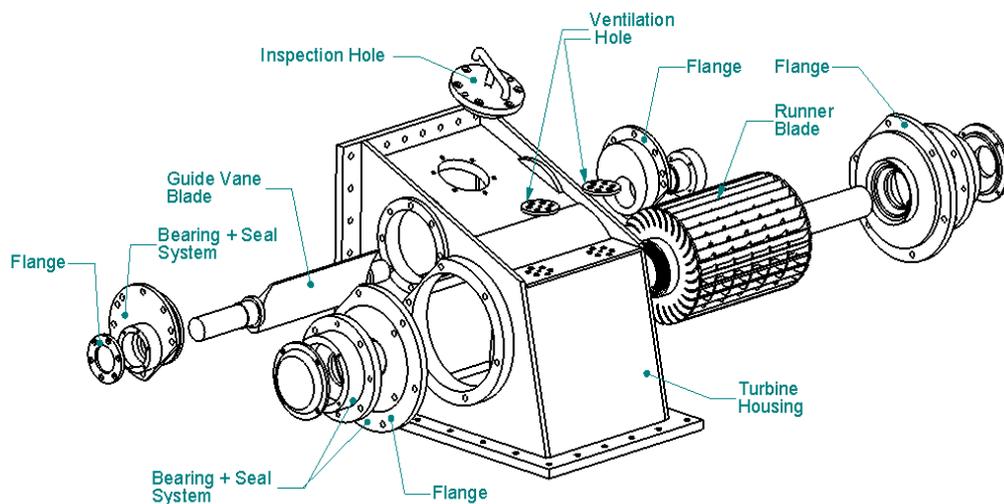


Gambar 4. 9 Batas aplikasi turbin cross flow T15 dengan diameter 300 (sumber: ENTEC)

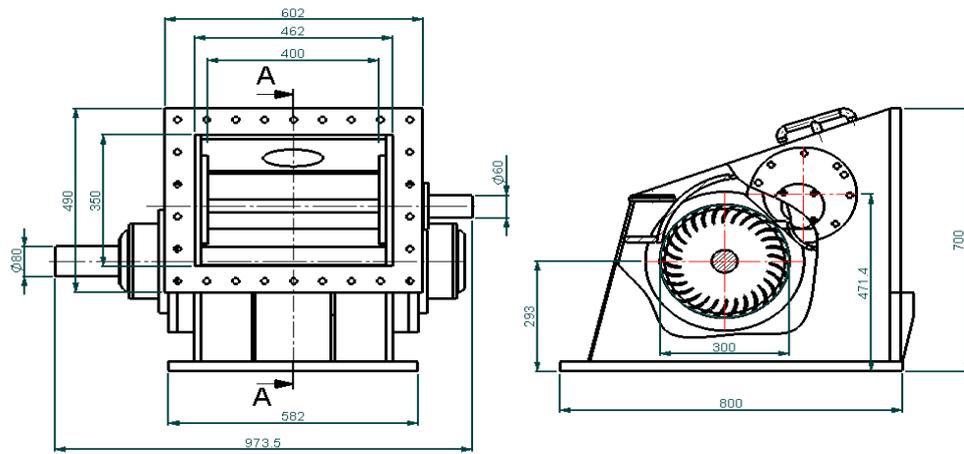
Karakteristik turbin crossflow:

- Variabel penting: Diameter runner (D) dan lebar guide vane (Bo).

- Dapat diproduksi dengan menggunakan bantuan mesin-mesin konvensional (mesin bubut, frais, las, kerja bangku)
- Sudah banyak pabrik lokal yang berpengalaman untuk memproduksi turbin tersebut, sehingga harganya relatif cukup murah.
- Efisiensi yang dicapai secara teori hanya bisa mencapai 87 %
- Dengan mengubah lebar  $B_0$ , turbin crossflow dapat dipakai untuk kondisi debit yang berbeda. Apalagi bila dikombinasikan dengan mengubah ukuran diameter runner.
- Komponen Utama Turbin Crossflow:
  1. Housing, sebagaiudukan runner dan guide vane, pengarah aliran.
  2. Runner, berupa bilah-bilah pelat (dgn kontur tertentu) memanjang yang dilas pada side disk dan poros runner
  3. Guide Vane, berfungsi sebagai valve, bentuknya seperti airfoil pada sayap pesawat udara.



**Gambar 4. 10 Gambar susunan utama turbin cross flow**

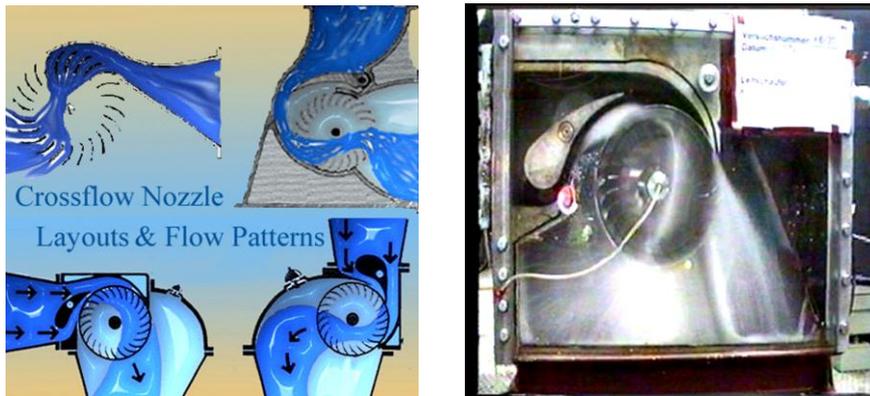


**Gambar 4. 11 Ukuran-ukuran utama turbin crossflow. Contoh T14 dengan D 200 x Bo**

**400**

Ukuran-ukuran utama sebuah turbin crossflow adalah:

1. Ukuran diameter runner atau disingkat D
2. Ukuran lebar guide vane, biasa disebut sebagai  $B_0$
3. Diameter shaft runner
4. Ukuran-ukuran total turbin



**Gambar 4. 12 Aliran fluida melewati runner crossflow**

Latihan :2

### Contoh Perhitungan Turbin Crossflow T14

Langkah 1 : Kita harus mengetahui dulu nilai unit mesin turbin yang akan kita hitung. Unit mesin didapat dari hasil pengukuran model turbin yang kemudian dikonversikan melalui rumus-rumus dengan anggapan bahwa turbin tersebut dibuat dengan besaran diameter 1m dan lebar  $B_0$  1m. Dalam contoh ini diketahui bahwa:

Data dasar utama dari turbin T14 adalah:

$$N_{11} = 38 \text{ rpm/min}$$

$$Q_{11} = 0.8 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Eta}_{11} = 76 - 80\%$$

Langkah 2 : Kumpulkan data hasil survey di lapangan. Data yang dibutuhkan::

$$H = 60 \text{ m}$$

$$Q = 600 \text{ l/s atau } 0.6 \text{ m}^3/\text{s}$$

Langkah 3 : Tentukan diameter runner yang akan dibuat. Perkiraan awal adalah:

$$D = 300 \text{ mm atau } 0.3 \text{ m}$$

Langkah 4 : Hitung Lebar  $B_0$

$$B_t = \frac{Q_t}{D_{t^*} \cdot \sqrt{H_{t^*}} \cdot q_{11}} = \frac{0.6}{0.3 \cdot \sqrt{60} \cdot 0.8} = 0.323 \text{ m}$$

Langkah 5 : Hitung kecepatan putar runner

$$n_t = \frac{\sqrt{H_{t^*}}}{D_{t^*}} \cdot n'_{11} = \frac{\sqrt{60}}{0.3} \cdot 38 = 981 \text{ rpm}$$

Langkah 6 : Hitung kecepatan bebas beban / runaway speed

$$= 1.8 \cdot n_t = 1.8 \cdot 981 = 1766 \text{ rpm}$$

Langkah 7 : Hitung daya yang terbangkitkan (efisiensi diambil 76.5%)

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H_t \cdot Q_t \cdot \eta_t = 1 \cdot 9.81 \cdot 60 \cdot 0.6 \cdot 76.5\% = 270kW$$

Langkah 8 : Periksa lagi hasil perhitungan, ubah beberapa variabel jika diperlukan. Dalam hal ini lebar Bo yang asalnya 323mm diubah menjadi 320mm dengan alasan angka 323 lebih sulit diingat oleh operator. Maka dilakukan perhitungan ulang.

Debit jika Lebar Guide Vane diubah menjadi 320mm, maka :

$$320 = \frac{Q_t}{D_{t*} \cdot \sqrt{H_{t*}} \cdot q_{11}} = \frac{Q_t}{0.3 \cdot \sqrt{60} \cdot 0.8}$$

$$Q_t = 594.9 \frac{l}{s}$$

Daya :

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H_t \cdot Q_t \cdot \eta_t = 1 \cdot 9.81 \cdot 60 \cdot 0.595 \cdot 76.5\% = 267.8kW$$

**Keterangan:**

Flow, Q = Debit air [m<sup>3</sup>/s]

Torque, H = Torsi pada shaft runner [Nm]

Power, P = Daya terbangkitkan [W]

Speed, n = Putaran runner [rpm]

Diameter, D = Diameter runner [m]

n11, h11, q11, p11 adalah unit mesin untuk turbin dengan tipe tertentu ( T14 )

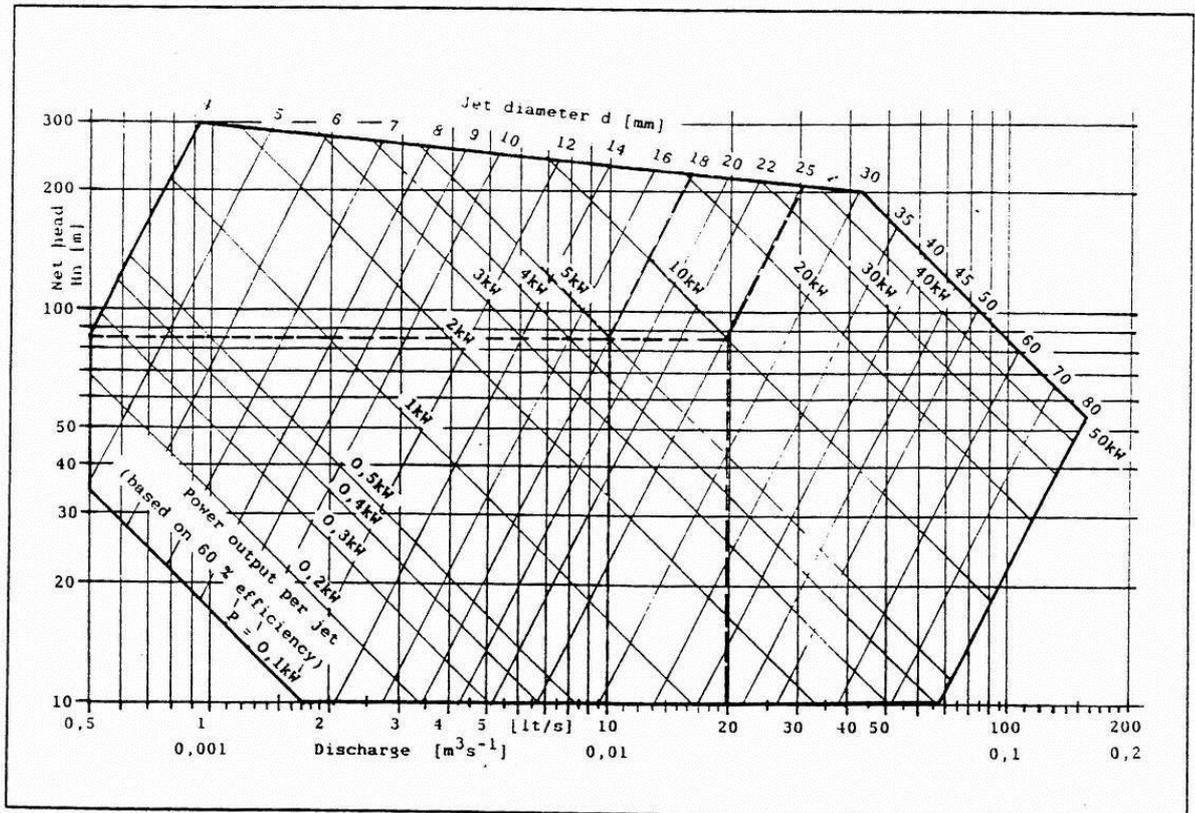
Nr, hr, qr, pr adalah nilai real di lapangan.

## 6. Turbin Pelton

Permasalahan dalam produksi turbin Pelton adalah bentuk runner yang kompleks.

Rumah turbin dan nozzle-nya mudah untuk dipabrikasi.

Buku Panduan SKAT/MHPG Vol. 9 menjelaskan desain turbin Pelton kecil yang menggunakan bucket standard hasil pabrikasi. Gbr. 20 menunjukkan batasan aplikasi untuk turbin Pelton mikro tersebut hingga 50 kW.



**Gambar 4. 13 Batasan aplikasi dari turbin pelton mikro (Sumber: Buku panduan SKAT/MHPG Vol. 9)**

**Karakteristik Turbin Pelton:**

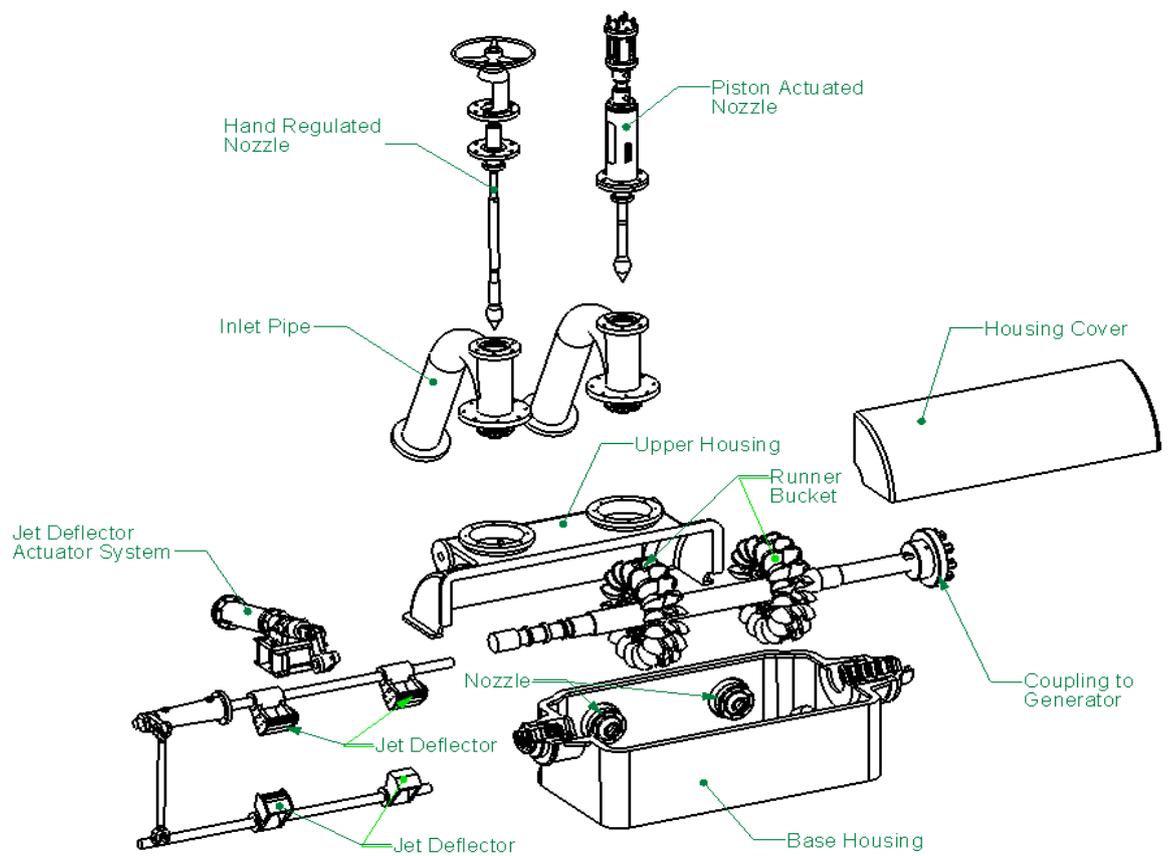
- Variable penting: Diameter PCD runner dan jumlah nozzle / jet
- Konstruksi housing yang sangat sederhana
- Dengan ukuran turbin yang relatif kecil, daya yang dibangkitkan bisa cukup besar
- Secara teori efisiensi bisa mencapai 97 %
- Kesulitan terutama pada desain dan produksi bucket, biasanya memakai teknik pengecoran.

Bentuk *bucket pelton* (mangkok pelton) sangat tergantung pada kecepatan spesifik (dipengaruhi oleh Head, Debit, dan putaran runner yang dikehendaki). Sebuah turbin pelton dengan jumlah nozzle 2 buah memiliki diameter runner yang lebih kecil bila turbin tersebut hanya memiliki 1 buah nozzle, walaupun keduanya menghasilkan daya yang relatif sama besar.

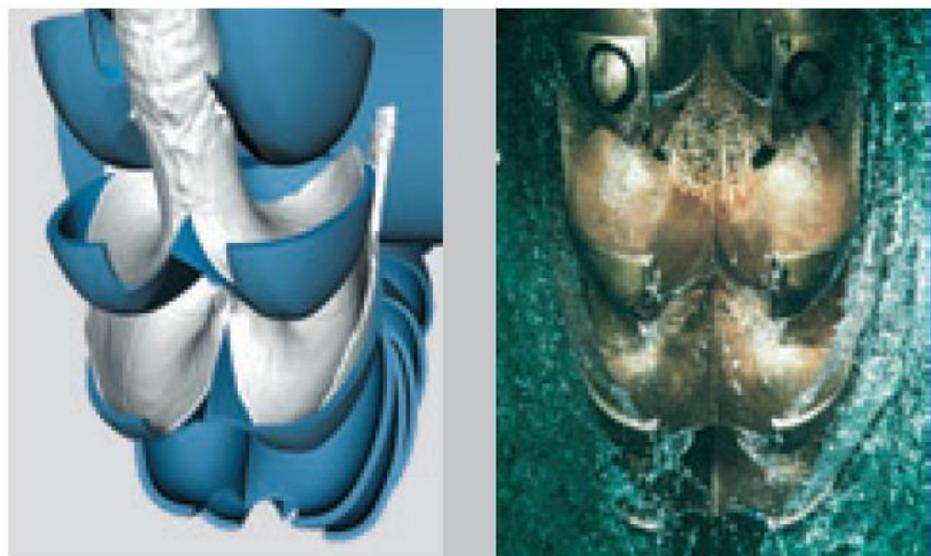
**Komponen Utama Turbin Pelton:**

1. Housing, terdiri dari housing bawah dan cover atas.
2. Runner, terdiri atas bucket-bucket pelton yang diikat pada shaft. Satu shaft dapat terdiri dari satu atau lebih runner, dari masing-masing runner terdapat 14 atau lebih bucket atau mangkok pelton.
3. Nozzle (bisa berupa nozzle biasa ataupun dilengkapi dengan Jet). Secara teori, walau pada prakteknya cukup sulit untuk dilakukan, nozzle pada turbin pelton bisa mencapai 6 buah untuk setiap runner.

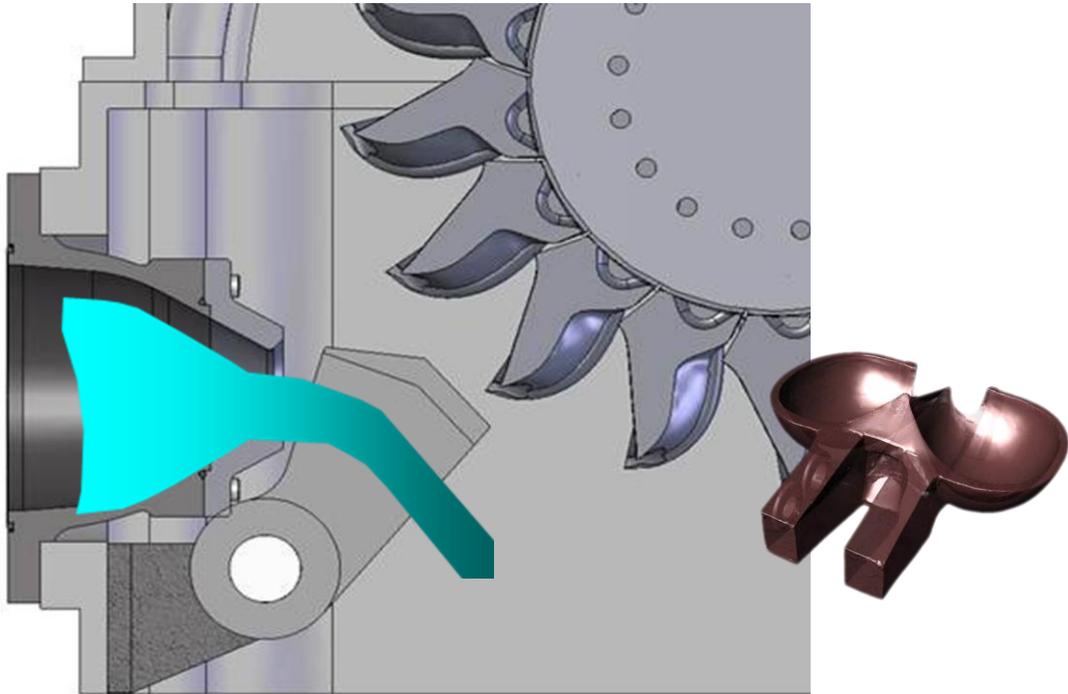
*Jet Deflector*, berfungsi untuk mengalihkan sebagian atau seluruh aliran dari *nozzle* yang menuju *runner*. Biasa dipakai untuk mengatur putaran *runner* atau saat *emergency runaway speed*.



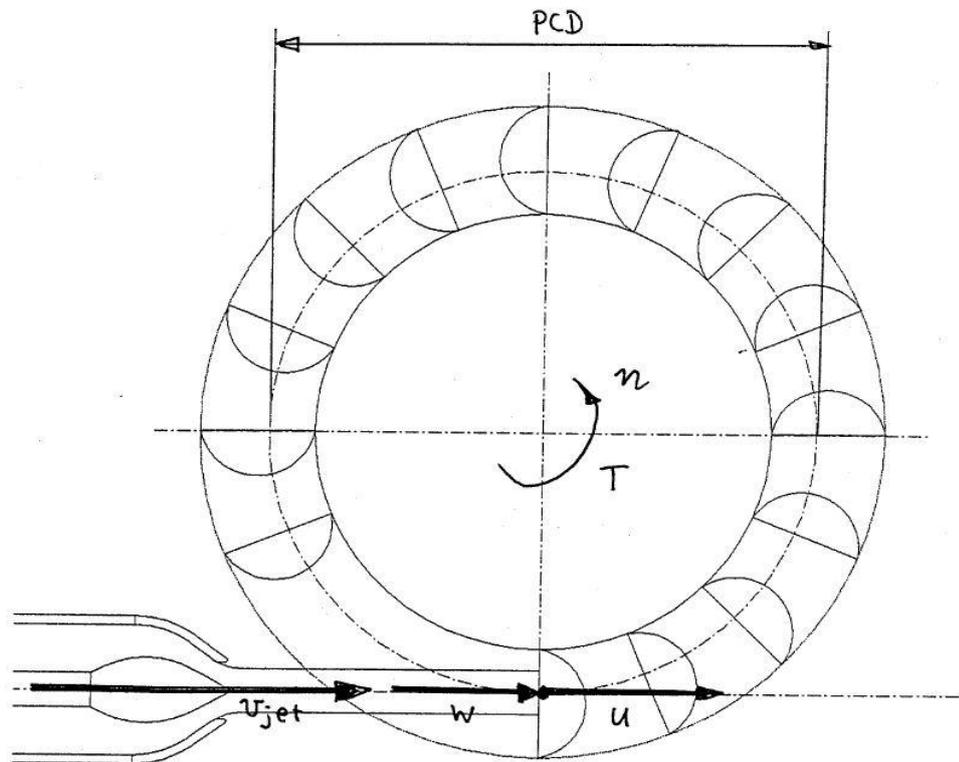
**Gambar 4. 14 Gambar susunan utama Turbin Pelton**



**Gambar 4. 15 Kondisi air saat menyentuh mangkok pelton**



**Gambar 4. 16 Nozzle, Jet Deflector, dan mangkok pelton**



**Gambar 4. 17 Ilustrasi Perhitungan Turbin Pelton**

#### Langkah-langkah perhitungan Turbin Pelton

Langkah 1 : Tentukan Data Potensi air ( H dan Q ). Contoh Diketahui Lokasi untuk Simbai memiliki potensi air  $H_r = 70\text{m}$  dan  $Q_r = 130\text{ l/s}$

Langkah 2 : Tentukan kecepatan runner yang memungkinkan dari Tabel. Contoh diambil pelton rpm 500, maka didapat pelton dengan single jet

Langkah 3 : Tentukan kecepatan alir jet di nozzle.  $c_v =$  Velocity coefficient  $0.95 \sim 0.99$

$$v_{jet} = c_v \sqrt{2 * g * H_r} = 0.95 * \sqrt{2 * 9.81 * 70} = 35.2 \text{ m/s}$$

Langkah 4 : Tentukan ukuran diameter jet.

$$d_{jet} = \sqrt{\frac{4 * Q}{\pi * v_{jet}}} = \sqrt{\frac{4 * 0.13}{\pi * 35.2}} = 0.068 \text{ m} = 68 \text{ mm}$$

Langkah 5 : Tentukan ukuran mangkok pelton

$$b = 3 * d_{jet} = 3 * 68 = 204 \text{ mm} \dots \text{Lebar mangkok}$$

$$h = \frac{1}{0.9} * b = \frac{1}{0.9} * 204 = 226 \text{ mm} \dots \text{Tinggi mangkok}$$

Langkah 6 : Tentukan PCD runner.  $k_u$  adalah koefisien kecepatan mangkok pelton. nilai  $k_u = 0.46$

$$PCD = \frac{60 * k_u * \sqrt{2 * g * H_r}}{\pi * n} = \frac{60 * 0.46 * \sqrt{2 * 9.81 * 70}}{\pi * 500} = 651 \text{ mm}$$

Nilai PCD biasanya bisa juga didapat dari

$$PCD' = \frac{d_{jet}}{0.11} = \frac{68}{0.11} = 618 \text{ mm}$$

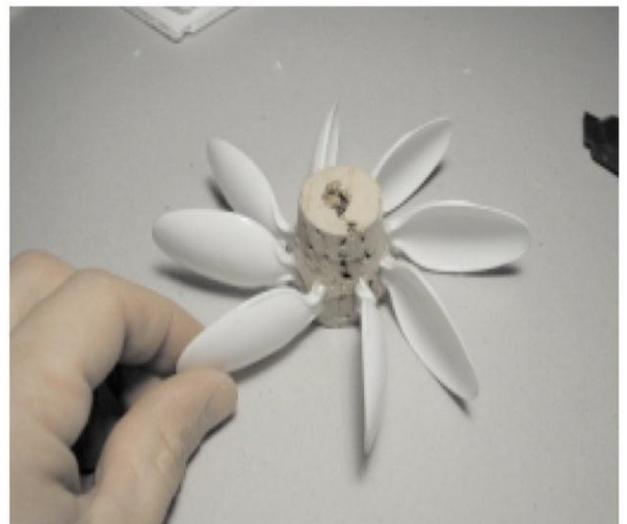
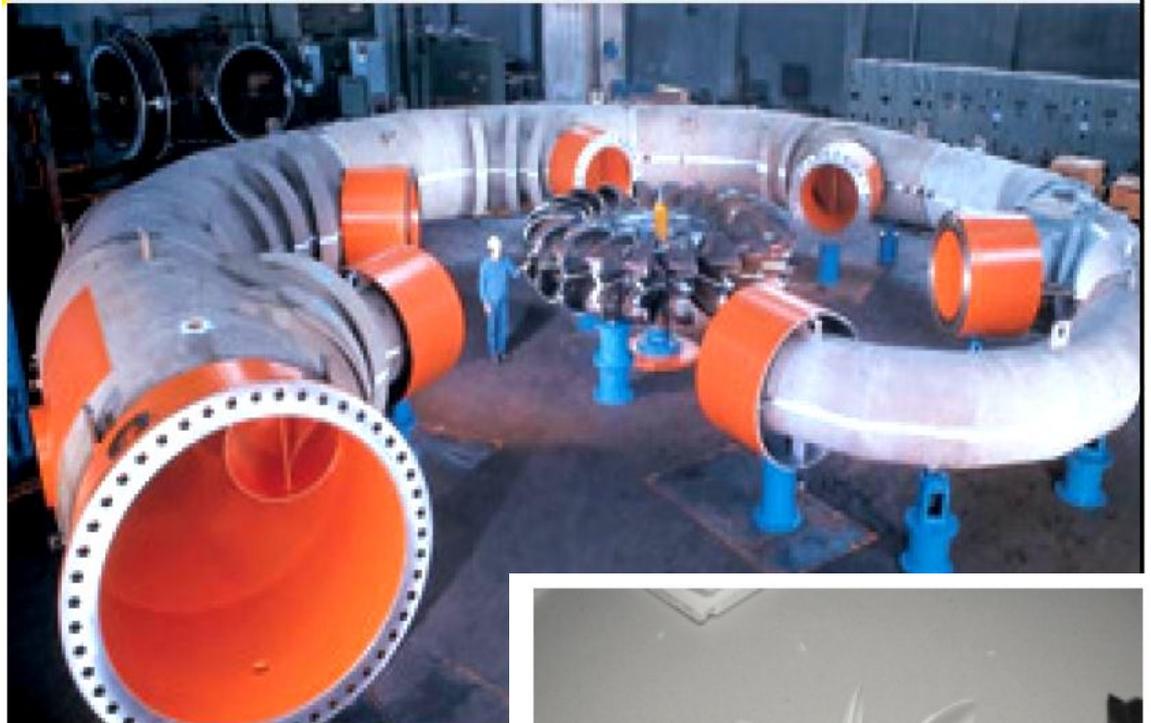
Dalam hal ini diambil nilai PCD 650 mm

Langkah 7 : Perhitungan Daya yang terbangkitkan, bila diambil efisiensi sebesar 92%

$$P = \rho * g * H_r * Q * \eta = 1000 * 9.81 * 70 * 0.13 * 0.92 = 82.1 \text{ kW}$$

Langkah 8 : Check apakah dimensi-dimensi di atas cukup memadai, coba hitung dengan alternatif penggunaan 2 jet / lebih.

## Contoh aplikasi turbin pelton



## 7. Turbin Propeler

Pengembangan turbin terbaru untuk head rendah di Indonesia telah dimungkinkan untuk memproduksi turbin propeller *open flume* untuk tinggi air (head) rendah (di bawah 7 meter)

Contoh aplikasi turbin *open flume* :



**Gambar 4. 18 Turbin propeller open flume buatan Lokal**  
(Sumber : Cihjuang Inti Teknik)

Head (m)	D= 125 mm	D= 200 mm	D= 300 mm	D= 430 mm
2 m	26 l/s 290 W	67 l/s 700 W	150 l/s 1680 W	300 l/s 3400 W
3 m	36 l/s 600 W	92 l/s 1500 W	207 l/s 3450 W	425 l/s 7150 W
4 m	45 l/s 1000 W	117 l/s 2600 W	260 l/s 5850 W	535 l/s 12000 W
5 m		140 l/s 3850 W	310 l/s 8700 W	640 l/s 17500 W
6 m		160 l/s 5400 W	360 l/s 1200 W	740 l/s 24500 W

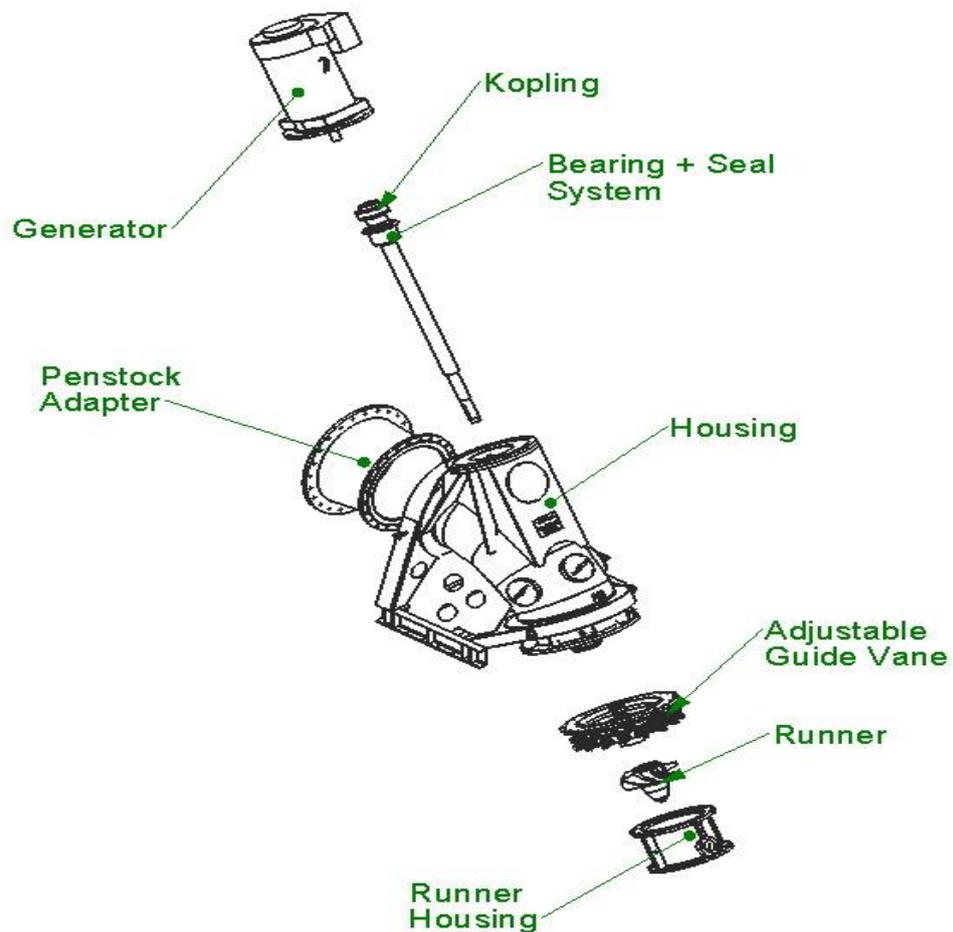
**Karakteristik turbin propeller:**

- Variable penting: diameter propeller
- Sangat cocok digunakan untuk head yang sangat rendah (hingga 2 m)

- Proses pembuatan relatif murah dan mudah, terutama bila dibantu dengan proses pengecoran, untuk komponen-komponen dengan bentuk khusus seperti blade runner, guide vane dan housing.
- Efisiensi bisa mencapai 89%

#### Komponen Utama Turbin Propeller:

1. Housing
2. Runner, berupa beberapa blade propeller
3. Guide Vane, bisa berupa fixed guide vane ataupun adjustable.



**Gambar 4. 19 Turbin Propeller dengan housing tubular, dapat menjangkau head yang lebih tinggi dibandingkan dengan turbin propeller open flume**

### Langkah – langkah perhitungan Turbin Propeller

Langkah 1 : Kita harus mengetahui dulu nilai unit mesin turbin yang akan kita hitung. Unit mesin didapat dari hasil pengukuran model turbin yang kemudian dikonversikan melalui rumus-rumus dengan anggapan bahwa turbin tersebut dibuat dengan head 1m dan diameter turbin 1m. Dalam contoh ini diketahui bahwa:

Data dasar utama dari sebuah turbin Propeller dengan karakteristik:

$$N_{11} = 131 \text{ rpm/min}$$

$$Q_{11} = 1.12 \text{ m}^3/\text{dtk}$$

$$\text{Eta}_{11} = 89\%$$

Langkah 2 : Kumpulkan data-data hasil survey di lapangan. Data yang dibutuhkan adalah:

$$H = 13.2 \text{ m}$$

$$n = 1000 \text{ rpm} . \text{ Dihubungkan langsung dengan generator}$$

Langkah 3 : Hitung diameter propeller

$$Dt = \frac{\sqrt{H} * n_{11}}{n} = \frac{\sqrt{13.2} * 131}{1000} = 0.476m$$

Langkah 4 : Hitung debit yang dibutuhkan untuk mencapai efisiensi 89%

$$Qt = q_{11} * D^2 * \sqrt{H} = 1.12 * 0.476^2 * \sqrt{13.2} = 0.922 \frac{m^3}{s}$$

Langkah 5 : Hitung daya pada shaft runner

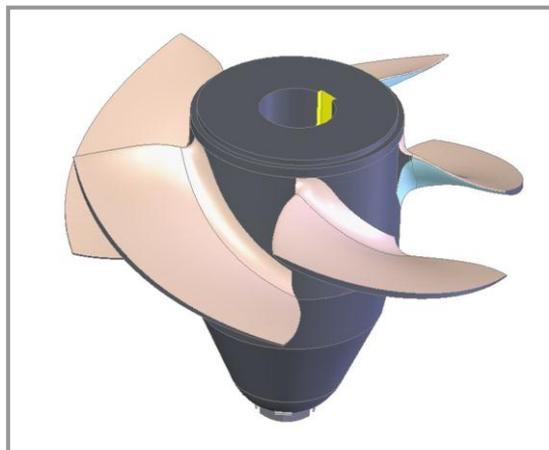
$$Pt = \rho * g * H * Q * \eta = 9.81 * 13.2 * 0.922 * 0.89 = 106.3kW$$

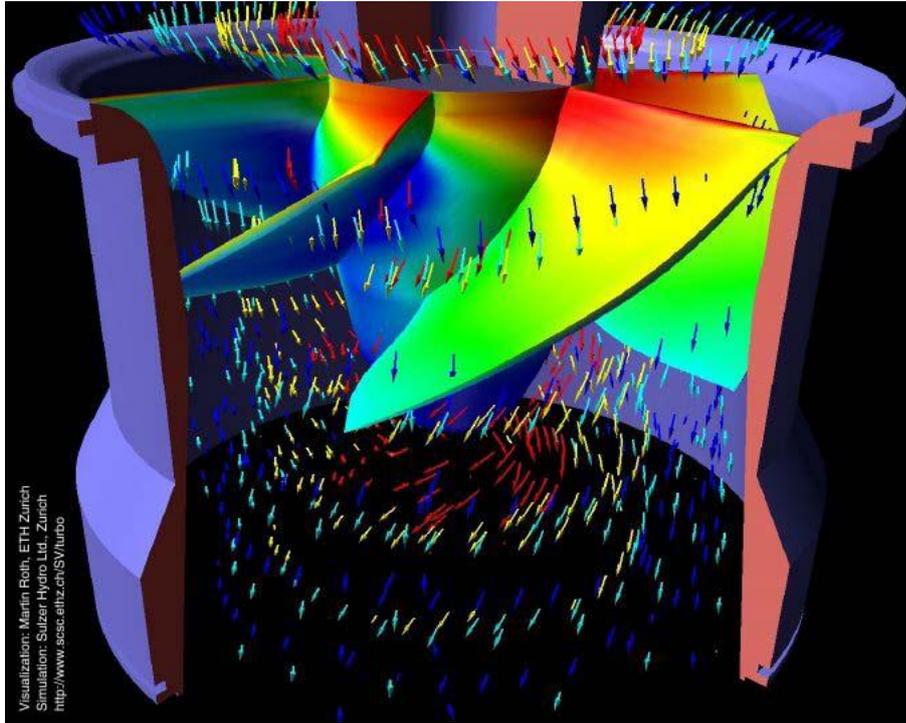
Berbeda dengan turbin crossflow, untuk mendapatkan efisiensi puncak, turbin propeller yang beroperasi pada head tertentu membutuhkan debit yang tertentu pula. Bila debit tidak mencukupi maka efisiensi akan berkurang ( dapat diatasi oleh

jenis turbin dengan bilah runner yang dapat diatur sudutnya, namanya turbin jenis kaplan ).

Pada turbin crossflow debit yang berbeda dengan head yang sama dapat diakomodasi dengan mengubah lebar  $B_0$ .

**Ilustrasi turbin *propeller* :**





Gambar 4. 20 Ilustrasi aliran fluida yang melewati runner propeller

#### **D. Aktifitas pembelajaran**

Pembelajaran pada setiap sub topik dimulai dengan teori, kemudian dilanjutkan dengan implementasi rumus untuk perencanaan turbin

#### **E. Rangkuman**

Turbin terdiri dari dua macam, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls bekerja karena pukulan air pada runner, misalnya crossflow, dan pelton. Turbin reaksi bekerja karena tekanan dan isapan misalnya francis dan kaplan

#### **F. Tes Formatif**

1. Apakah yang disebut turbin impuls?
2. Sebutkan contoh turbin impuls

### **G. Kunci Jawaban**

1. Turbin terdiri dari dua macam, yaitu turbin impuls dan turbin reaksi. Turbin impuls bekerja karena pukulan air pada runner,
2. misalnya crossflow, dan pelton

## KEGIATAN PEMBELAJARAN 5 : PERHITUNGAN MEKANIK DAN KOMPONEN

### A. Tujuan Khusus Pembelajaran :

Setelah mempelajari topik ini, peserta diharapkan mampu :

1. Mengidentifikasi macam-macam sambungan,
2. Menghitung kekuatan sambungan,
3. Mengenal gaya yang bekerja pada suatu konstruksi,
4. Menghitung gaya yang bekerja pada komponen mekanik PLTMH

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Macam-macam sambungan diidentifikasi
2. Kekuatan sambungan dihitung
3. Gaya yang bekerja pada suatu konstruksi diidentifikasi
4. Gaya yang bekerja pada komponen mekanik PLTMH dihitung

### C. Uraian Materi

#### 1. Tegangan dan Regangan

Dalam suatu sistem mekanik, komponen-komponen mesin akan menopang berbagai jenis gaya yang ada, seperti:

- a. Tenaga yang ditransmisikan
- b. Berat dari mesin itu sendiri
- c. Tahanan gesek antara komponen
- d. Perubahan temperatur.

Besarnya perbedaan gaya yang menopang pada suatu komponen mesin akan menghasilkan berbagai jenis tegangan yang dialami komponen tersebut. Dalam bab ini akan kita pelajari berbagai jenis gaya dan tegangan yang terjadi pada komponen suatu mesin. Dalam suatu konstruksi mesin terdapat tiga macam jenis beban yang biasa terjadi yaitu:

1. **Beban statis / tetap:** yaitu beban yang tetap baik besarnya maupun arah beban tersebut.
2. **Beban dinamis/ berubah-ubah:** yaitu beban besarnya yang berubah-ubah secara terus menerus.

3. **Beban kejut / tiba-tiba:** yaitu beban yang secara tiba tiba diberikan atau dihilangkan pada komponen suatu mesin.

**a. Tegangan**

Jika pada komponen suatu mesin diberikan gaya dari luar, maka akan menimbulkan gaya reaksi dari komponen tersebut yang besarnya sama dengan gaya dari luar tetapi arahnya berlawananan. Gaya reaksi persatuan luas yang bekerja pada suatu komponen mesin dikenal dengan **tegangan**. Secara matematika persamaan tegangan adalah sebagai berikut:

$$f = \frac{P}{A}$$

Dimana:  $f$  = Satuan tegangan,

$P$  = Gaya atau beban yang bekerja

$A$  = Luas penampang yang menderita beban.

Dalam SI (Standar International) satuan tegangan adalah dalam Newton/ mm<sup>2</sup>

**b. Regangan**

Jika suatu komponen mesin diberikan gaya atau beban, hal ini akan mengakibatkan terjadinya deformasi (perubahan panjang). Perubahan panjang yang terjadi persatuan panjang semula dikenal sebagai **regangan**, secara matematis persamaan regangan adalah sebagai berikut:

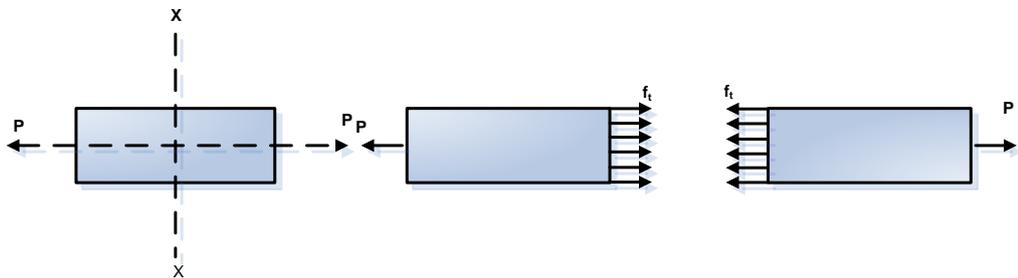
$$e = \frac{\delta.l}{l}$$

Dimana :  $e$  = Adalah regangan,

$\delta.l$  = Perubahan panjang yang terjadi

$l$  = Panjang semula

### c. Tegangan dan Regangan Tarik



Jika pada suatu komponen diberikan dua gaya tarik yang sama besar tetapi arahnya berlawanan dalam arah aksial atau sejajar garis sumbu, maka akan timbul tegangan yang dikenal sebagai **tegangan tarik**. Seperti terlihat pada gambar halaman 44, beban tarik akan mengakibatkan pertambahan panjang dari suatu komponen. Perbandingan antara pertambahan panjang dengan panjang semula dikenal sebagai regangan tarik.

Dimana:  $P$  = Gaya tarik aksial pada komponen

$A$  = luas penampang komponen

$l$  = Panjang semula

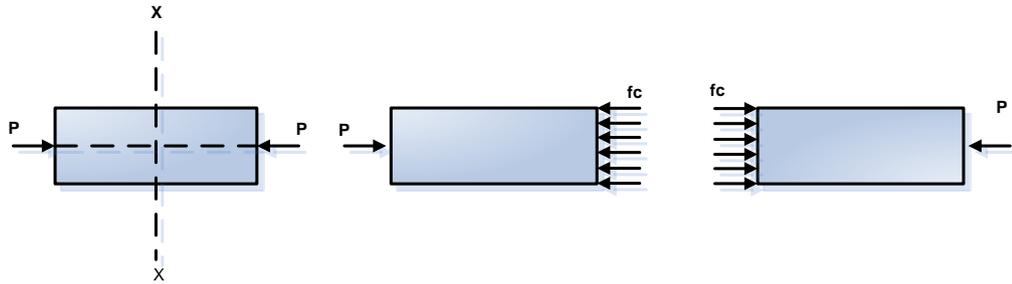
$\delta l$  = pertambahan panjang yang terjadi.

Tegangan tarik yang terjadi,  $f_t = P/A$ , dan

Regangan tarik yang terjadi adalah:  $e = \delta l / l$

### d. Tegangan dan Regangan Tekan

Jika pada suatu komponen mesin diberikan beban atau gaya tekan yang sama besar dan berlawanan arah yang sejajar sumbu maka akan menimbulkan tegangan yang dikenal sebagai **tegangan tekan**:



Seperti terlihat pada gambar, beban tekan akan mengakibatkan pengurangan panjang dari suatu komponen mesin. Perbandingan antara pengurangan panjang dengan panjang semula dari suatu komponen mesin dikenal sebagai **regangan tekan**.

Lihat :  $P$  = Gaya tekan aksial

$A$  = Luas penampang

$l$  = Panjang semula

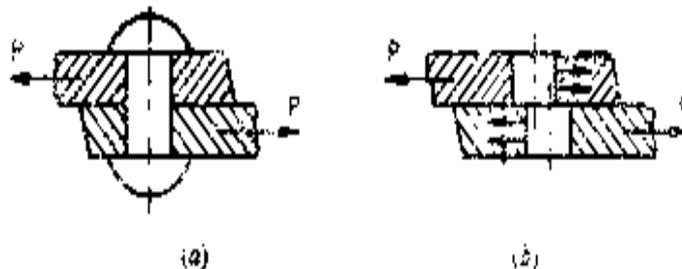
$\delta l$  = pengurangan panjang yang terjadi.

Tegangan tekan yang terjadi,  $f_c = P/A$ , dan

Regangan tekan yang terjadi adalah:  $e_c = \delta l / l$

#### e. Tegangan dan Regangan Geser

Jika pada suatu komponen mesin diberikan dua gaya yang sama besar dan berlawanan arah dengan posisi melintang akan menimbulkan bidang geser, tegangan yang terjadi pada bidang geser tersebut dikenal dengan tegangan geser. Secara matematis ditulis dalam bentuk persamaan.



$$\text{Tegangan. Geser} = \frac{\text{Gaya Tangensial}}{\text{Bidang Gesek}}$$

Dianggap suatu komponen terdiri dari dua plat yang dihubungkan oleh suatu paku keling seperti terlihat pada gambar diatas. Dalam kasus ini, gaya tangensial P mengakibatkan tegangan geser pada paku keling. Oleh karena itu tegangan geser pada luas penampang paku keling adalah:

$$f_s = P/A$$

Dimana A = Luas penampang pakukeling

d = Diameter paku keling

**Contoh.** Hitung gaya yang diperlukan untuk melubangi suatu lingkaran plat diameter 6 cm dengan ketebalan plat 5 mm. Tegangan geser dari plat tersebut adalah 3.500 kg/cm<sup>2</sup>.

**Jawaban:**

Diketahui: - Diameter lingkaran: d = 6 cm

- Ketebalan plat: t = 5 mm

- Tegangan geser dari plat  $f_s = 3.500 \text{ kg/cm}^2$ .

Diketahui bahwa luas plat yang mengalami tegangan geser adalah :

$$\begin{aligned} A &= \pi d t \\ &= \pi \times 6 \times \frac{1}{2} \\ &= 9.426 \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

Ambil: P = Gaya yang diperlukan untuk melubangi plat

Dengan menggunakan persamaan  $f_s = P/A$

$$\begin{aligned} P &= f_s \times A \\ &= 3.500 \times 9.426 \\ &= 32.990 \text{ kg} \end{aligned}$$

## Komponen-Komponen Mekanik

### a. Kopling

**Kopling** adalah suatu komponen mesin yang berfungsi sebagai penerus putaran dan daya dari suatu poros penggerak ke poros yang digerakan. Posisi sumbu poros penggerak dan poros yang digerakan terletak pada satu garis lurus.

Hubungan kopling yang tidak dapat dilepaskan dalam kondisi berputar disebut kopling tetap, sedangkan hubungan kopling yang dapat dilepaskan dan dihubungkan bila diperlukan disebut kopling tidak tetap. Proses pemasangan kopling harus benar, karena jika proses pemasangan tidak benar akan mengakibatkan umur pakai kopling akan berkurang.

### **1) Macam-macam Kopling Tetap**

Kopling tetap meliputi kopling kaku yang *tidak mengizinkan ketidak lurusan* kedua sumbu poros, kopling luwes yang mengizinkan sedikit ketidak lurusan sumbu poros, dan kopling universal yang dipergunakan bila kedua poros akan membentuk sudut yang cukup besar.

#### **(1) Kopling kaku**

- (1) Kopling bus                      (2) Kopling flens kaku      (3) Kopling flens tempa.

#### **(2) Kopling luwes**

- (1) Kopling flens luwes      (2) Koping karet ban  
(3) Kopling karet bintang      (4) Kopling gigi      (5) Kopling rantai

#### **(3) Kopling universal**

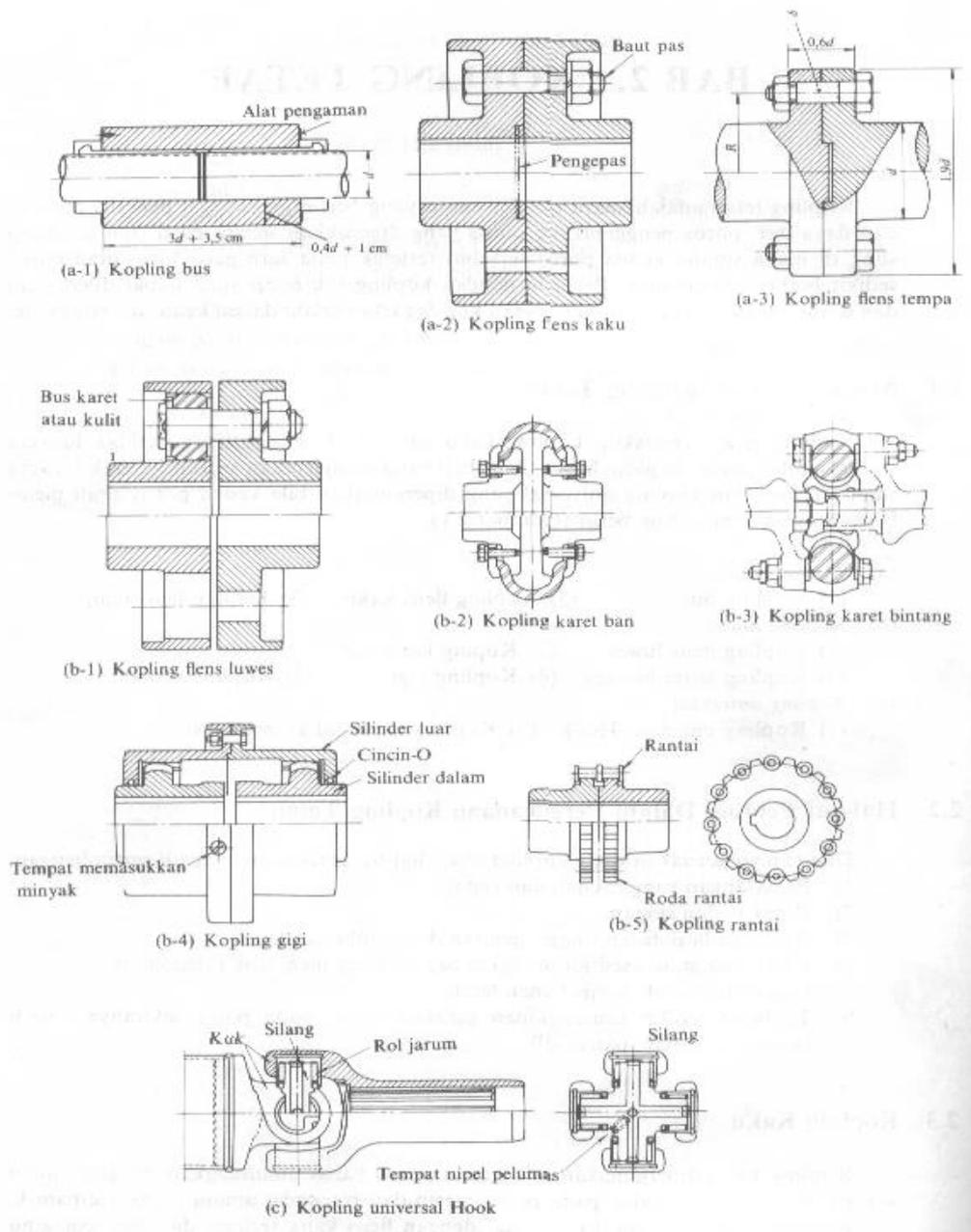
- (1) Kopling universal Hook      (2) Kopling universal kecepatan tetap

### **Hal-hal Penting dalam Perencanaan Kopling tetap :**

Dalam merencanakan suatu kopling tetap, hal-hal berikut ini menjadi pertimbangan.

- 1) Pemasangan yang mudah dan cepat.
- 2) Ringkas dan ringan.
- 3) Aman pada putaran tinggi, getaran dan tumbukan kecil
- 4) Tidak ada atau sedikit mungkin bagian yang menonjol (menonjol).
- 5) Dapat mencegah pembebanan lebih.
- 6) Terdapat sedikit kemungkinan gerakan aksial pada poros sekiranya terjadi pemuaian karena panas, dJL

**Macam-macam kopling tetap :**



**Gambar 5. 1** Macam-macam kopling tetap.

**b. Bantalan**

Bantalan adalah komponen mesin yang menumpu suatu poros, sehingga putaran suatu poros dapat berjalan dengan halus, aman, dan tahan lama. Sifat bantalan

harus kokoh, hal ini agar komponen mesin yang lainnya dapat bekerja dengan baik. Jika bantalan tidak dapat berfungsi dengan baik maka kinerja seluruh sistem akan menemui kegagalan atau tidak dapat bekerja sebagaimana semestinya. Jadi kehandalan suatu bantalan dalam suatu sistem mekanik dapat disamakan peranannya dengan pondasi pada suatu gedung.

Bantalan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

**Atas Dasar Gerakan Bantalan Terhadap Poros :**

(a) *Bantalan luncur*. Pada bantalan ini terjadi gesekan luncur antara poros dan bantalan karena permukaan poros ditumpu oleh permukaan bantalan dengan perantaraan lapisan.

(b) *Bantalan gelinding*. Pada bantalan ini terjadi gesekan gelinding antara bagian yang berputar dengan bagian yang diam melalui komponen gelinding seperti bola (peluru), rol atau rol jarum dan rol bulat.

**Atas Dasar Arah Beban Terhadap Poros :**

(a) *Bantalan radial* :Arah beban yang ditumpu bantalan ini adalah tegak lurus sumbu poros,

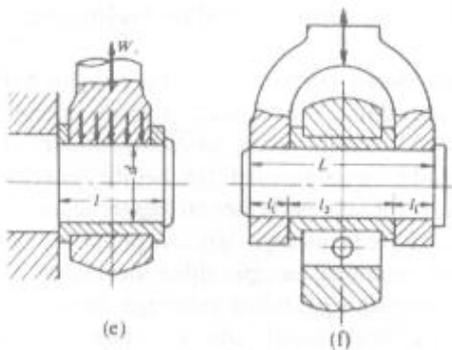
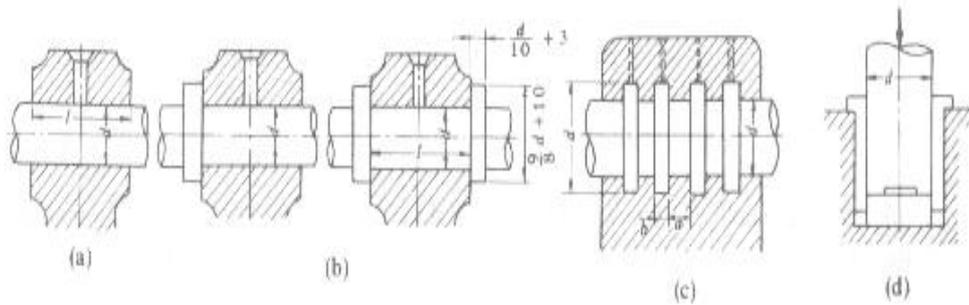
(b) *Bantalan aksial*. Arah beban bantalan ini sejajar dengan sumbu poros,

(c) *Bantalan gelinding khusus*. Bantalan ini dapat menumpu beban yang arahnya sejajar dan tegak lurus sumbu poros.

**a. Bantalan Luncur**

Bantalan luncur mampu menumpu poros berputaran tinggi dengan beban besar. Bantalan ini sederhana konstruksinya dan dapat dibuat serta dipasang dengan mudah. Karena gesekannya yang besar pada waktu mulai jalan, bantalan luncur memerlukan momen awal yang besar. Pelumasan pada bantalan ini tidak begitu sederhana. Panas yang timbul dari gesekan yang besar terutama pada beban besar, memerlukan pendinginan khusus.

Sekalipun demikian, karena adanya lapisan pelumas, bantalan ini dapat meredam tumbukan dan getaran sehingga hampir tidak bersuara. Tingkat ketelitian yang diperlukan tidak setinggi bantalan gelinding sehingga dapat lebih murah.



Macam-macam bantalan luncur:

- a. bantalan radial polos
- b. bantalan radial berkerah
- c. bantalan aksial berkerah
- d. bantalan aksial
- e. bantalan radial ujung

**Gambar 5. 2** Macam – macam bantalan luncur

#### Cara Pelumasan Untuk Bantalan Luncur

Dalam pemilihan cara pelumasan sangat perlu diperhatikan konstruksi, kondisi kerja, dan letak bantalan. Tempat pelumasan, dan lokasi, bentuk dan kekasaran alur minyak merupakan faktor-faktor penting. Jadi cara pelumasan harus direncanakan atas dasar pengalaman.

(a) Pelumasan tangan

Cara ini sesuai untuk beban ringan, kecepatan rendah atau kerja yang tidak terus-menerus. Kekurangannya adalah bahwa aliran pelumas tidak selalu tetap atau pelumasan menjadi tidak teratur,

(b) Pelumasan Tetes

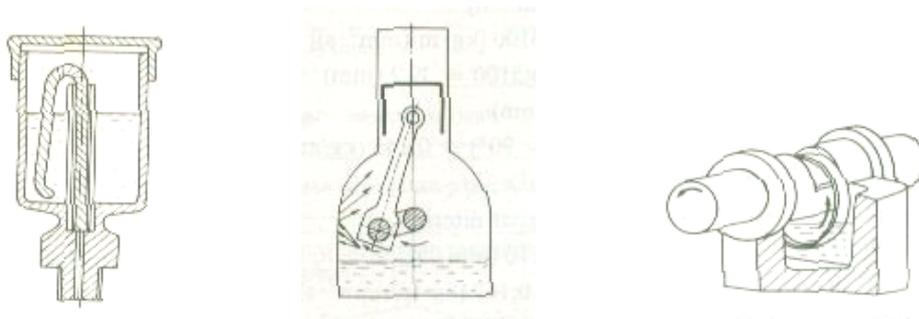
Dari sebuah wadah, minyak diteteskan dalam jumlah yang tetap dan teratur melalui sebuah katup jarum, Cara ini adalah untuk beban ringan dan sedang.

(c) Pelumasan Sumbu.

***Cara ini menggunakan sebuah sumbu yang dicelupkan dalam mangkok minyak sehingga minyak terisap oleh sumbu tersebut (seperti Gambar 4.3). Pelumasan ini dipakai seperti dalam hal pelumasan tetes,***

(d) Pelumasan Percik

Dari suatu bak penampung, minyak dipercikkan seperti dalam Gambar 4.3 Cara ini dipergunakan untuk melumasi torak dan silinder motor bakar torak yang berputaran linggi.



**Gambar 5. 3** Macam-macam cara pelumasan bantalan luncur

(e) Pelumasan Cincin

Pelumasan ini menggunakan cincin yang digantungkan pada poros sehingga akan berputar bersama poros sambil mengangkat minyak dari bawah (Gambar 4.3. Cara ini dipakai untuk beban sedang.

(f) Pelumasan Pompa

Di sini pompa dipergunakan untuk mengalirkan minyak ke dalam bantalan. Cara ini dipakai untuk melumasi bantalan yang sulit letaknya seperti bantalan utama motor yang berputaran tinggi. Pelumasan pompa adalah sesuai untuk keadaan kerja dengan kecepatan tinggi dan beban besar.

(g) Pelumasan Gravitasi

Dari sebuah tangki yang diletakkan diatas bantalan, minyak dialirkan oleh gaya beratnya. Cara ini dipakai untuk kecepatan sedang dan tinggi pada kecepatan keliling sebesar 10-15(m/s),

(h) Pelumasan Celup

Sebagian dari bantalan dicelupkan dalam minyak. Cara ini cocok untuk bantalan dengan poros legak, seperti pada turbin air. Di sini perlu diberikan perhatian pada besarnya daya gesekan karena tahanan minyak, kenaikan temperatur, dan kemungkinan masuknya kotoran dan benda asing.

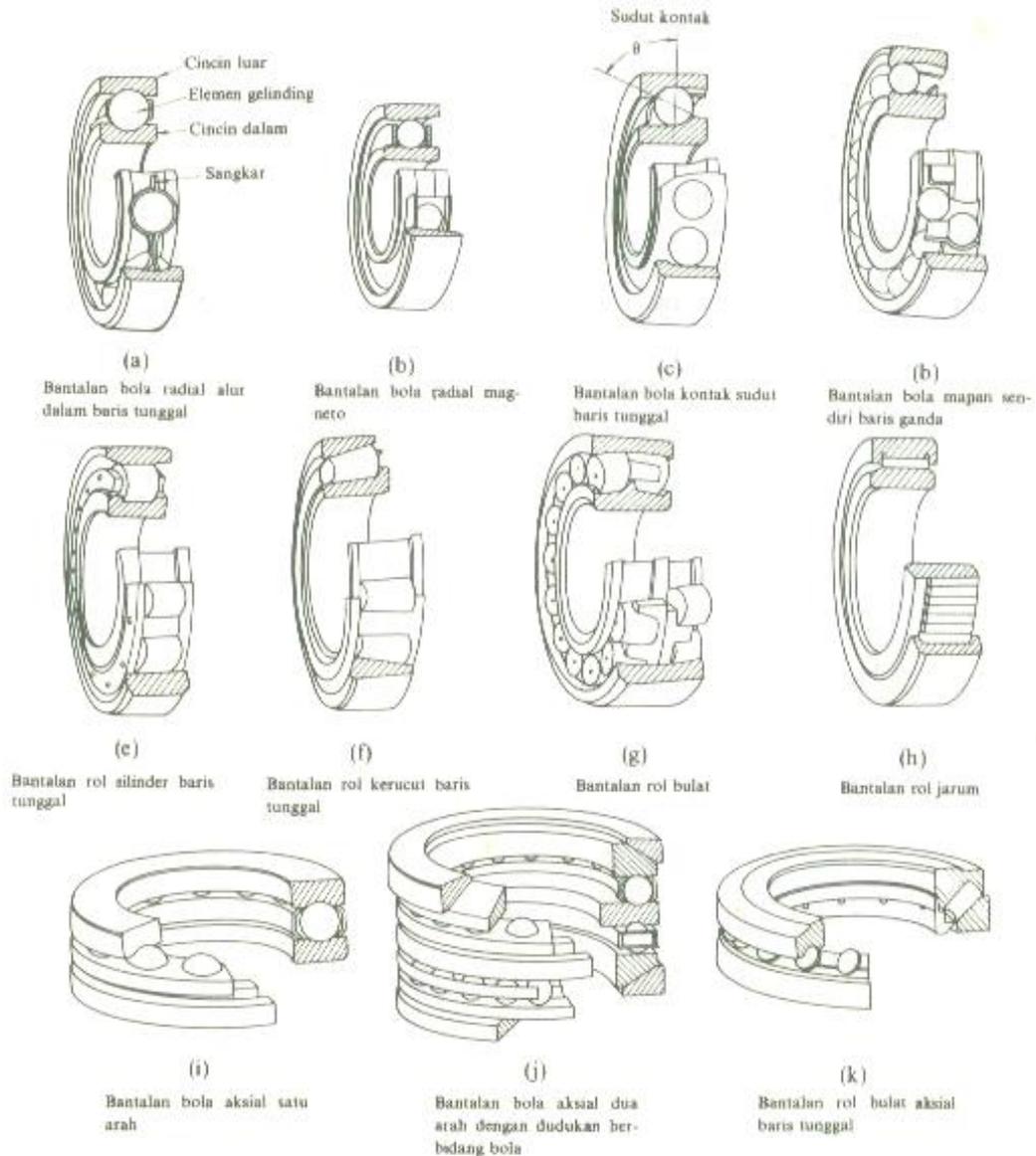
## **b. Bantalan Gelinding**

Bantalan gelinding pada umumnya lebih cocok untuk beban kecil dari pada luncur, tergantung pada bentuk komponen gelindingnya. Putaran pada bantalan ini dibatasi oleh gaya sentrifugal yang timbul pada komponen gelinding tersebut. Karena konstruksinya yang sukar dan ketelitiannya yang tinggi, maka bantalan gelinding hanya dapat dibuat oleh pabrik-pabrik tertentu saja. Adapaun harganya pada umumnya lebih mahal dari pada bantalan luncur. Kenggulan bantalan ini adalah gesekannya yang sangat rendah. Pelumasannya pun relatif sangat sederhana, cukup dengan gemuk.

Pada waktu memilih bantalan, ciri masing-masing harus dipertimbangkan sesuai dengan pemakaian, lokasi dan macam yang akan dialami.

Bantalan gelinding mempunyai keuntungan dari gesekan gelinding yang sangat kecil dibandingkan dengan bantalan luncur. Seperti diperlihatkan dalam Gambar 3.4, komponen gelinding seperti bola atau rol, dipasang di antara cincin luar dan cincin dalam. Dengan memutar salah satu cincin tersebut, bola atau rol akan membuat gerakan gelinding sehingga gesekan di antaranya akan jauh lebih kecil. Untuk bola atau rol, ketelitian tinggi dalam bentuk dan ukuran merupakan keharusan. Karena luas bidang kontak antara bola atau rol dengan cincinnya sangat kecil maka besarnya beban persatuan luas atau tekanannya menjadi sangat tinggi. Dengan demikian bahan yang dipakai harus mempunyai ketahanan dan kekerasan yang tinggi.

Bantalan gelinding, seperti pada bantalan luncur, dapat diklasifikasikan atas bantalan radial, yang terutama membawa beban radial dan sedikit beban aksial dan bantalan aksial yang membawa beban yang sejajar sumbu poros. Menurut bentuk komponen gelindingnya, dapat pula dibagi atas bantalan bola dan bantalan rol. Demikian pula dapat dibedakan menurut banyaknya baris dan konstruksi dalamnya.



**Gambar 5. 4 Macam-macam bantalan Gelinding**

### **Pelumas Bantalan Gelinding**

Pelumas bantalan gelinding terutama dimaksud untuk mengurangi gesekan dan keausan antara komponen gelinding dan sangkar, membawa keluar panas yang terjadi, mencegah korosi dan menghindari masuknya debu. Cara pelumas gemuk dan pelumas minyak.

Pelumasan gemuk lebih disukai karena lebeih penyekatnya lebih sederhana, dan semua gemuk yang bermutu baik dapat memberikan umur panjang. Cara yang umum untuk penggemukan (pelumas) adalah dengan mengisi bagian dalam bantalan dengan gemuk (stempet) sebanyak mungkin, untuk ruangan yang cukup besar, jika harga d.n mendekati batas 40 % dari seluruh ruangan yang ada dapat diisi, untuk harga d.n

**c. Puli dan Sabuk**

Sabuk (*belt*) dalam suatu sistem mekanik digunakan untuk memindahkan daya dari satu poros ke poros yang lainnya dengan bantuan puli, putaran pada poros yang digerakan maupun poros penggerak dapat mempunyai kecepatan yang sama atau kecepatan yang berbeda. Jumlah daya yang dapat ditransmisikan tergantung pada beberapa faktor, yaitu:

1. Kecepatan sabuk (*belt*)
2. Tegangan sabuk pada puli
3. Luas bidang kontak antara sabuk dan puli.
4. Kondisi dimana sabuk digunakan.

**Beberapa hal penting mengenai puli dan sabuk:**

1. Sabuk dan puli akan digunakan jika kecepatan putar generator tidak sama dengan kecepatan putar dari turbin.
2. Merupakan komponen transmisi daya yang handal, mudah dalam pemasangan dan perawatannya, serta murah harganya.
3. Kondisi sabuk harus mempunyai tegangan tertentu agar dapat menghantarkan daya dengan baik dan tidak terjadi slip.
4. Kondisi poros harus lurus betul untuk menjamin keseragaman tegangan pada bagian sabuk.
5. Jarak anatara puli tidak boleh terlalu dekat agar luas bidang kontak pada puli yang lebih kecil dapat seluas mungkin.

6. Jarak puli jangan terlalu jauh untuk menghindari berat dari sabuk terhadap poros, hal ini akan meningkatkan tahanan gesek antara bantalan dan beban.
7. Untuk menghasilkan transmisi yang baik pada sabuk datar, jarak maksimum antara poros tidak boleh lebih dari 10 meter dan jarak minimum tidak kurang dari 3.5 kali diameter puli terbesar.

**Macam-macam sabuk yaitu:**



**Gambar 5. 5** Macam-macam jenis sabuk.

Di industri penggunaan sabuk sangat beragam sesuai keperluan. Adapun jenis sabuk banyak digunakan antara lain:

1. Sabuk Datar (*Flat Belt*).

Sabuk datar paling banyak digunakan dalam suatu pabrik dan bengkel, penggunaan sabuk jenis ini sangat sesuai untuk transmisi daya yang sedang dengan jarak antar puli tidak lebih dari 10 meter.

2. Sabuk V (*Belt V*).

Sabuk jenis ini paling banyak digunakan pada industri dan bengkel dimana daya yang besar dapat ditransmisikan dengan sabuk jenis ini.

3. Sabuk Bulat (*Belt Circular*)

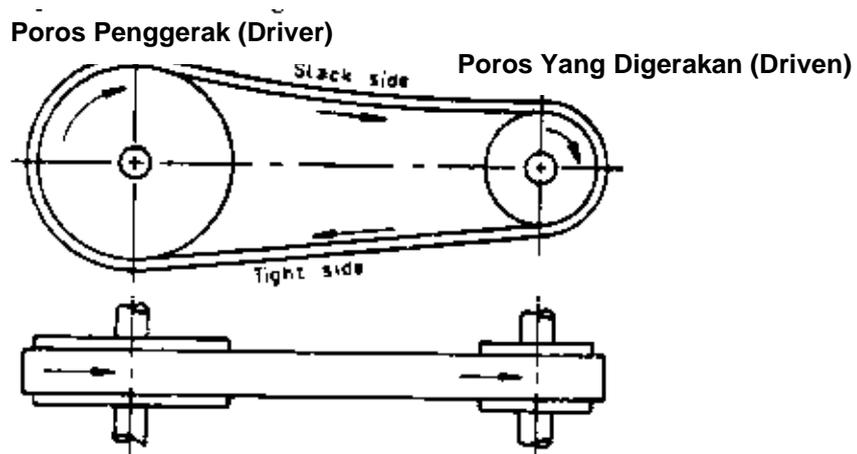
Sabuk bulat paling banyak digunakan pada industri dan bengkel dimana daya yang besar ditransmisikan dengan jarak antara puli lebih dari 5 meter.

## 1) Jenis-jenis Penggerak Sabuk Datar

Dalam proses pemindahan daya dan putaran, beberapa cara penggerakan dari suatu sabuk dan puli dilakukan untuk menghasilkan daya dan putaran yang tertentu. Macam-macam penggerak sabuk yang biasa dijumpai dalam industri adalah sebagai berikut:

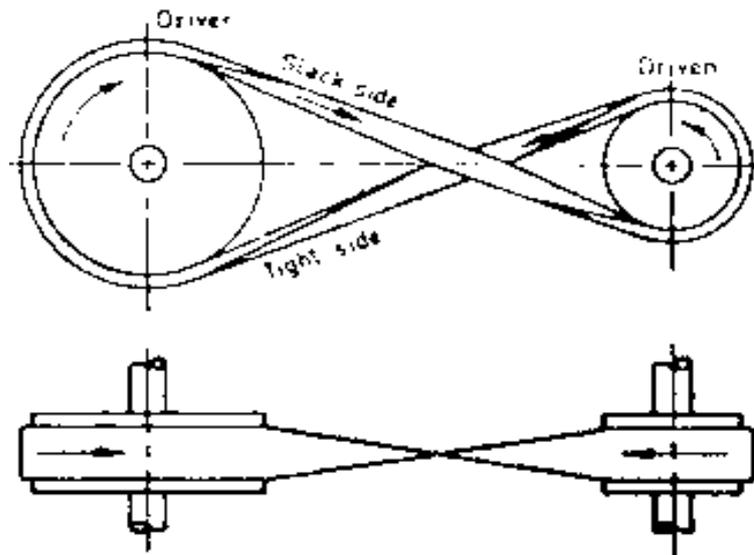
### a) Penggerak Sabuk Terbuka.

Penggerak sabuk terbuka seperti yang terlihat pada gambar dibawah digunakan untuk poros yang disusun secara paralel dan putaran kedua poros tersebut mempunyai arah yang sama.



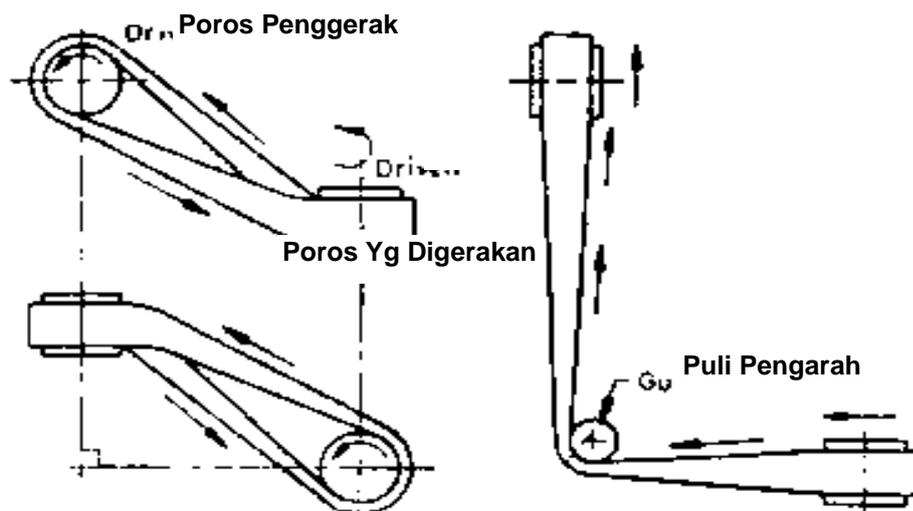
### b) Penggerak Sabuk Silang.

Penggerak sabuk silang seperti diperlihatkan pada gambar dibawah digunakan pada poros yang dipasang secara paralel dan putaran poros mempunyai arah yang berlawanan.

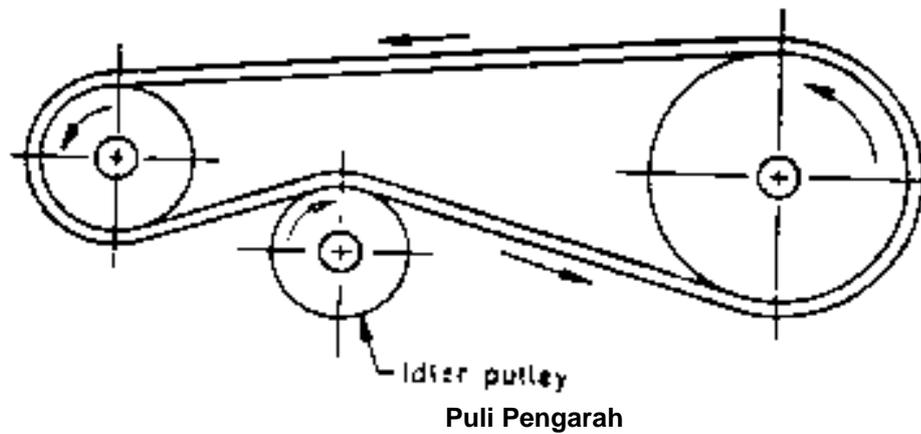


c) **Pengerak Sabuk Seperempat Putaran (*Quarter Turn Belt Drive*)**

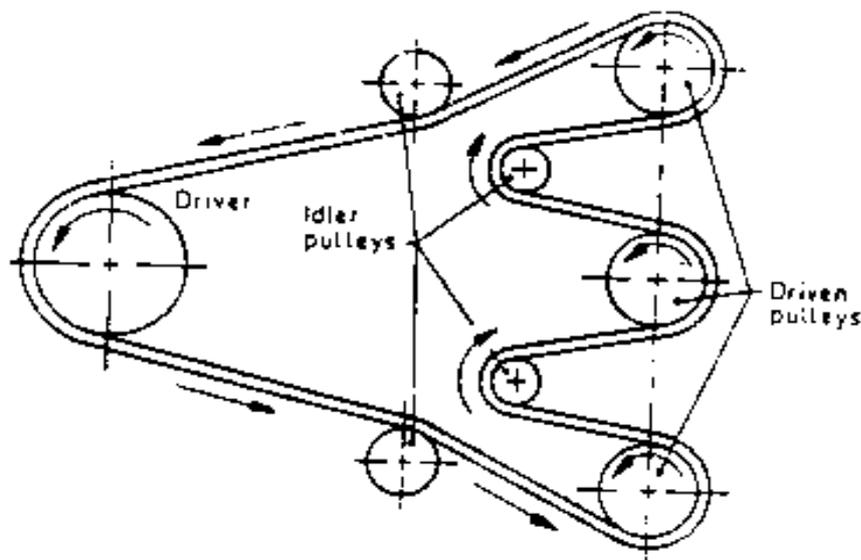
Pengerak sabuk jenis ini seperti yang terlihat pada gambar dibawah digunakan pada poros yang diatur menyudut dan berputar pada arah yang terbatas. Untuk mencegah sabuk lepas dari puli, lebar puli harus lebih besar dari lebar sabuk atau lebar puli  $1.4 \times$  lebar sabuk.



d) Penggerak Sabuk dengan Puli Pengarah

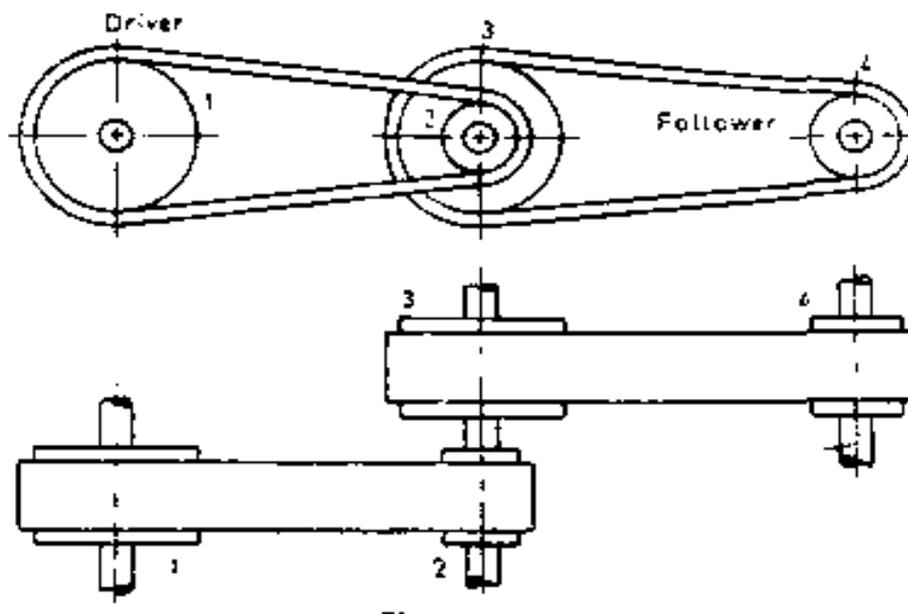


Suatu sabuk dengan idle puli, seperti ditunjukkan pada gambar digunakan pada poros yang diatur secara paralel, jika penggerak sabuk terbuka tidak dapat digunakan karena sudut kontak yang terlalu kecil pada puli yang lebih kecil. Penggerak jenis ini menghasilkan rasio kecepatan yang tinggi. Jika diperlukan untuk mentransmisikan gerakan dari satu poros ke beberapa poros yang semua diatur dalam susunan paralel, penggerak sabuk dengan banyak puli seperti diperlihatkan gambar berikut bisa digunakan.



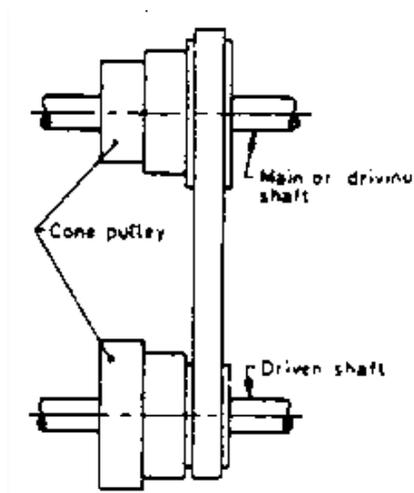
e) **Penggerak Sabuk Kombinasi**

Penggerak sabuk kombinasi seperti pada gambar dibawah digunakan jika daya yang ditransmisikan dari satu poros ke poros yang lain melalui suatu puli.



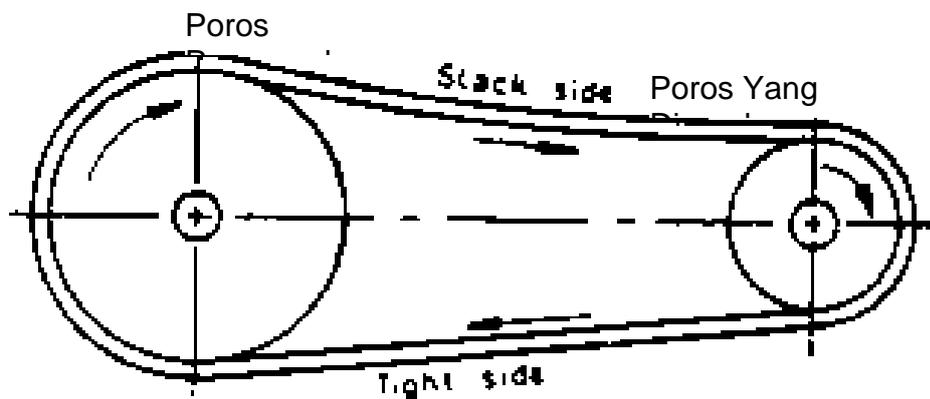
f) **Penggerak Puli Bertingkat**

Suatu penggerak puli bertingkat seperti pada gambar dibawah digunakan untuk merubah kecepatan poros yang digerakan bilamana poros penggerak atau poros utama berputar pada kecepatan tetap. Hal dilakukan dengan menggeser sabuk dari satu tingkat ke tingkat yang lainnya.



### 7. Perbandingan Kecepatan Suatu Penggerak Sabuk

Perbandingan kecepatan antara poros penggerak dan poros yang digerakan digambarkan secara matematis adalah sebagai berikut:



Ambil:

$d_1$  = Diameter poros penggerak,

$d_2$  = Diameter poros yang digerakan,

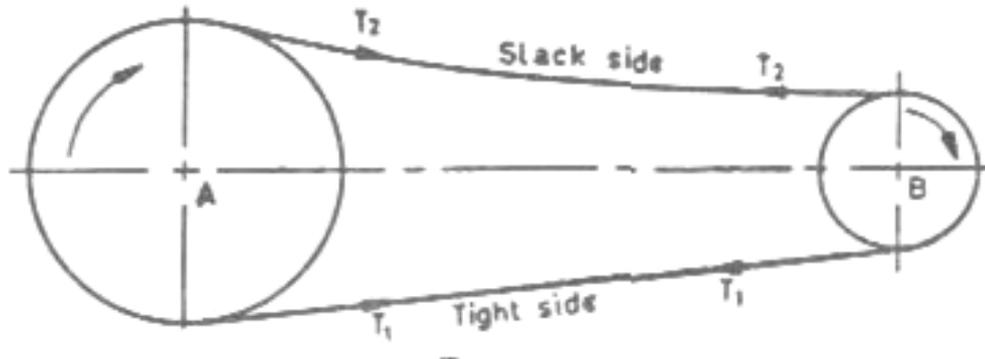
$N_1$  = Kecepatan poros penggerak dalam rpm,

$N_2$  = Kecepatan poros yang digerakan dalam rpm.

Maka perbandingan kecepatan antara poros penggerak dan poros yang digerakan adalah:

$$N_2 / N_1 = d_1 / d_2$$

## 8. Daya Yang Ditransmisikan Oleh Sabuk.



Gambar diatas menunjukkan puli penggerak A dan puli yang digerakan B. Seperti yang telah dijelaskan puli penggerak menarik sabuk dari satu sisi dan mengirimkan kepada sisi yang lain.

Misal:

$T_1$  : Tegangan pada sisi kuat dalam kg,

$T_2$  : Tegangan pada sisi kendur dalam kg,

$V$  : Kecepatan sabuk dalam meter/detik.

Daya yang ditransmisikan oleh poros penggerak adalah:

$$\text{Power} = ((T_1 - T_2) \times V / 75) \text{ HP}$$

### **Roda Gila (Fly Wheel)**

Roda gila (*fly wheel*) merupakan komponen mekanik yang digunakan untuk pemindah daya dengan karakteristik sbb :

- Berfungsi sebagai komponen penyeimbang putaran, seperti halnya kapasitor dalam suatu rangkaian elektronik.
- Merupakan kumpulan massa yang diputar sesuai dengan putaran *shaft*
- Semakin cepat desain putaran *fly wheel*, fungsi balancing akan menjadi sangat penting

*Pada PLTMH, hanya diperlukan bila PLTMH tersebut tidak terinterkoneksi dengan jaringan PLN.*

#### **D. Aktivitas Pembelajaran**

1. Pembelajaran dilakukan secara individual atau kelompok.
2. Pembelajaran dilakukan di dalam kelas, workshop dan lapangan

#### **E. Rangkuman**

Bantalan memiliki peranan yang sangat penting terhadap kinerja turbin

#### **F. Test Formatif**

1. Ada berapa macam bantalan?

#### **G. Kunci jawaban**

1. Macam-macam bantalan: bantalan luncur dan bantalan gelinding

## **KEGIATAN PEMBELAJARAN 6 : TATA LETAK TURBIN DILOKASI PLTMH**

### **A. Tujuan**

Tujuan Umum Pembelajaran :

Setelah mempelajari bab ini, peserta diharapkan dapat memahami tata letak dan metode pemasangan/ hubungan antar komponen mekanik PLTMH.

Tujuan Khusus Pembelajaran :

Setelah mempelajari topik ini, peserta diharapkan mampu :

1. Mengidentifikasi unit turbin dan komponen-komponen mekanik PLTMH.
2. Mengidentifikasi metode-metode pemasangan/ menghubungkan antar bagian/ komponen PLTMH.
3. Menerapkan metode-metode pemasangan komponen-komponen PLTH.

### **B. Indikator pencapaian kompetensi**

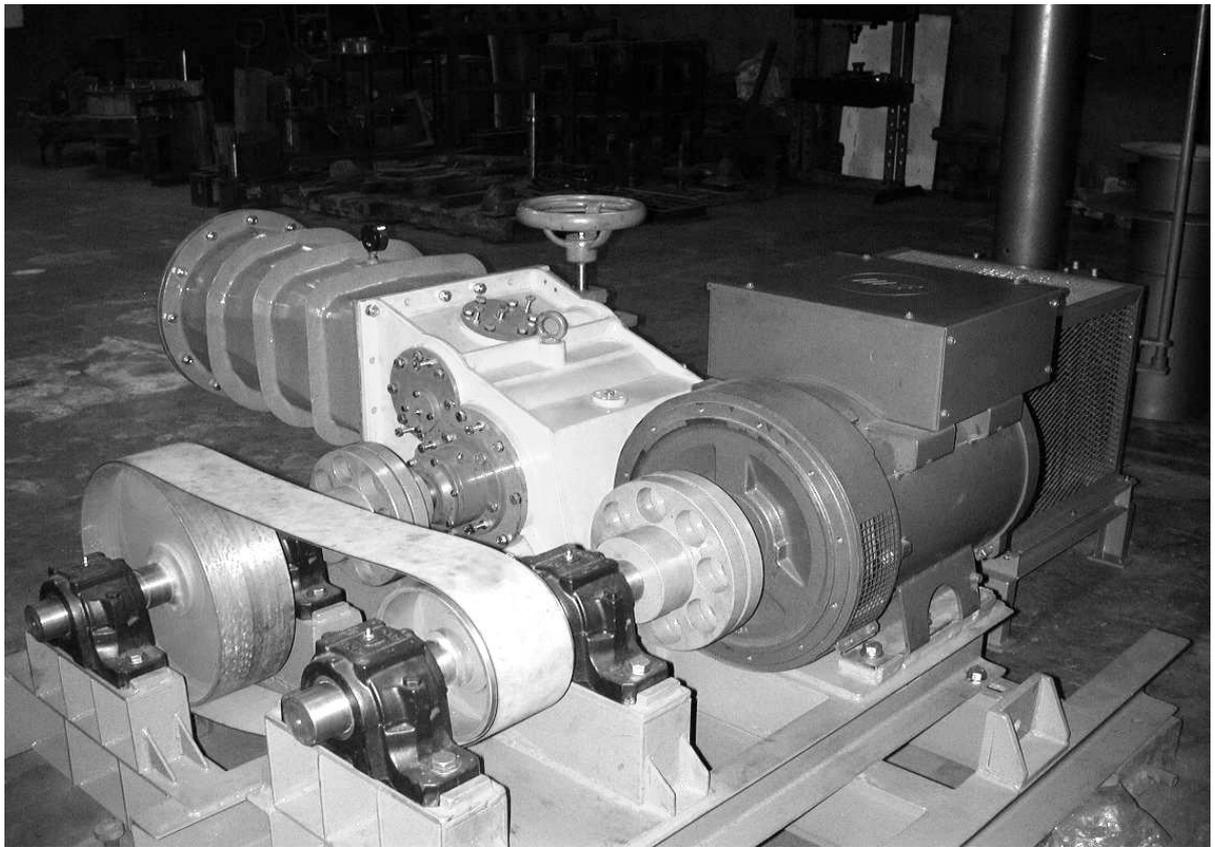
1. unit turbin dan komponen-komponen mekanik PLTMH. diidentifikasi
2. metode-metode pemasangan/ menghubungkan antar bagian/ komponen PLTMH. diidentifikasi
3. metode-metode pemasangan komponen-komponen PLTMH diterapkan

### **C. Uraian Materi**

#### **1. Pengertian Umum**

Tata letak turbin secara umum di dalam rumah pembangkit tergantung pada peralatan yang berhubungan dan tinggi permukaan yang dibutuhkan dari poros turbin di atas (atau di bawah) tinggi permukaan saluran pembuang.

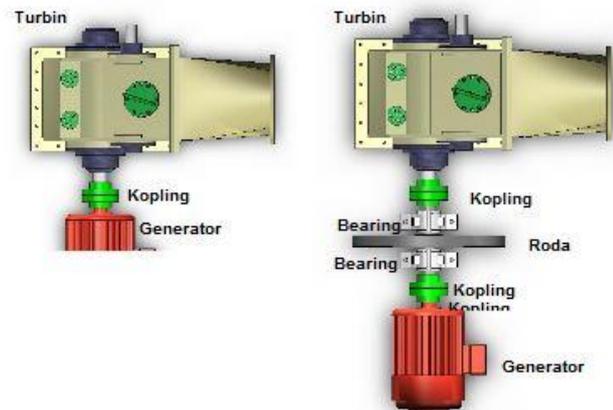
- Turbin impuls memerlukan ventilasi di runner dan harus dipasang di atas permukaan air tail. (Selama banjir tinggi permukaan air tail tidak boleh menjangkau poros turbin untuk menghindari banjir didalam rumah pembangkit akibat kebocoran di shaft turbin).
- Turbin reaksi memerlukan tinggi permukaan tertentu di atas atau di bawah permukaan air tail yang tergantung pada disain dan tinggi permukaan instalasi untuk mencegah kavitasi runner.



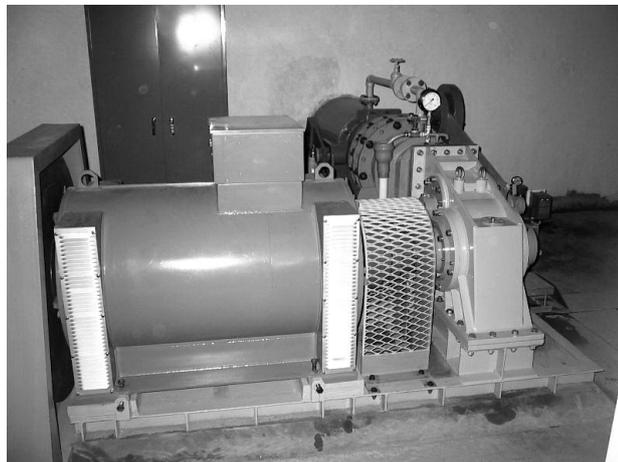
**Gambar 6. 1 Contoh tata letak komponen mekanik (Kondisi siap di kirim ke lokasi )**

## 2. Turbin Yang Dihubungkan Secara Langsung

Generator, kopling, *fly wheel* besar bertumpu pada plummer *block bearings*, kopling ke turbin (kadang-kadang *belt drive* untuk pengontrol kecepatan/debit)



Gambar 6. 2 Generator dihubungkan langsung. Ilustrasi saat pelindung roda gila dan kopling dibuka.



Gambar 6. 3 Contoh Dewata: Generator yang dihubungkan langsung dengan fly wheel pada shaft generator. Kontrol debit elektronik dengan sensor kecepatan dan posisi



**Gambar 6. 4 Contoh Tengpoche: Generator yang dihubungkan langsung dengan flywheel pada shaft turbin dan kontrol mekanis yang dihubungkan dengan gearbox**

**a. Turbin Yang Dihubungkan Secara Tidak Langsung**

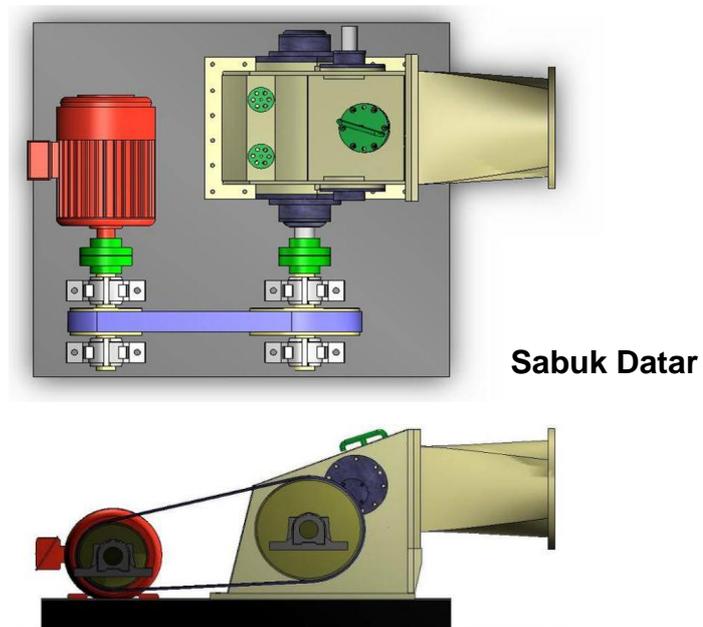
Pada disain turbin jika tidak memungkinkan untuk mendapatkan generator untuk dihubungkan langsung maka diperlukan gear box atau belt drive. Parameter utamanya untuk pengukuran adalah rasio transmisi.

$$i = n_{\text{turbin}} / n_{\text{generator}}$$

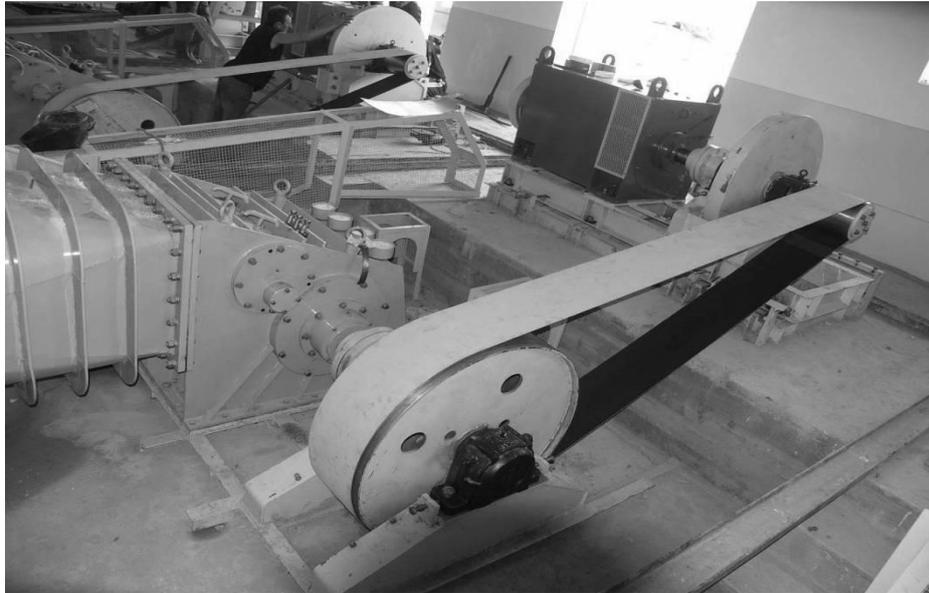
Pada daya yang akan ditransmisikan, dimensi dan gaya dari belt dan layout gearbox diberikan oleh pabrikan atau supplier transmisi. Proyek-proyek elektrifikasi di desa hingga 50 kW hampir selalu dapat menggunakan belt. V-belt lebih mudah untuk proses alignment tetapi memiliki efisiensi yang lebih rendah dan lifetime yang lebih pendek daripada flat belts. Jika daya di atas 20-30 kW maka dianjurkan untuk menggunakan flat belts karena kinerjanya yang lebih baik dan juga karena beberapa

V-belts harus digunakan dan diganti dalam satu perangkat. Gearbox hanya dianjurkan jika rasio transmisi atau daya (lebih dari 100 - 200 kW) tidak memungkinkan untuk belt drive. Gearboxes untuk daya tinggi dan transmisi dengan rasio tinggi memerlukan pendinginan ekstra dengan air blower atau dengan heat exchanger.

Contoh turbin yang dihubungkan secara tidak langsung



**Gambar 6. 5 Generator yang dihubungkan tidak langsung menggunakan flat belt drive pada turbin dan generator**



**Gambar 6. 6 Generator dan turbin yang dihubungkan tidak langsung menggunakan flat belt drive dan fly wheel dengan, plummer block bearing dan kopling.**



**Gambar 6. 7 Generator yang dihubungkan tidak langsung menggunakan gear box**

## KEGIATAN BELAJAR 7 : PERHITUNGAN DAN KARAKTERISTIK TURBIN CROS

### FLOW

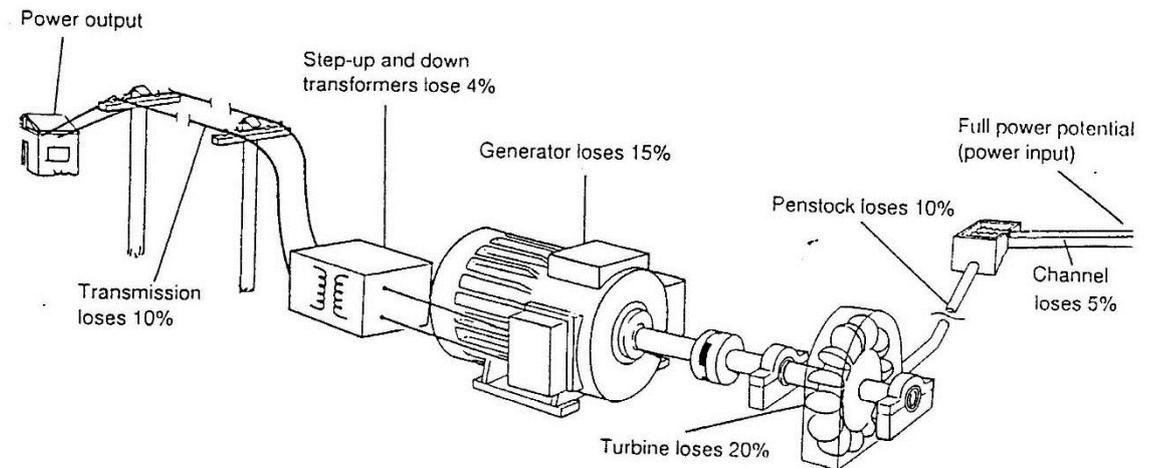
Pokok Bahasan

- Karakteristik Turbin secara Umum
- Efisiensi
- Turbin Crossflow
- Perhitungan Turbin Crossflow

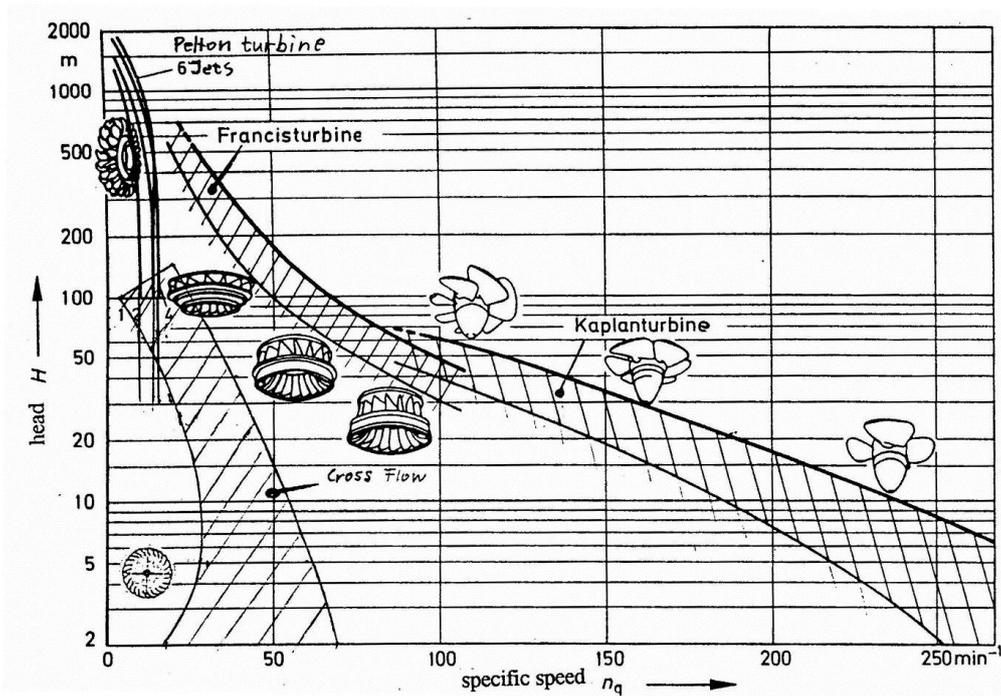
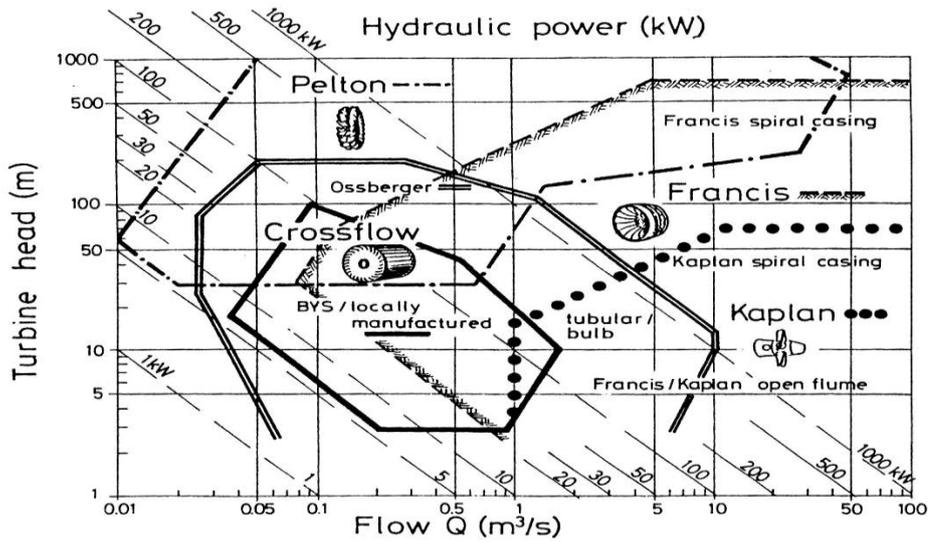
### PERHITUNGAN POWER PLTMH

Perhitungan Power:  $P_t = \rho \cdot g \cdot H_t \cdot Q_t \cdot \eta_t$

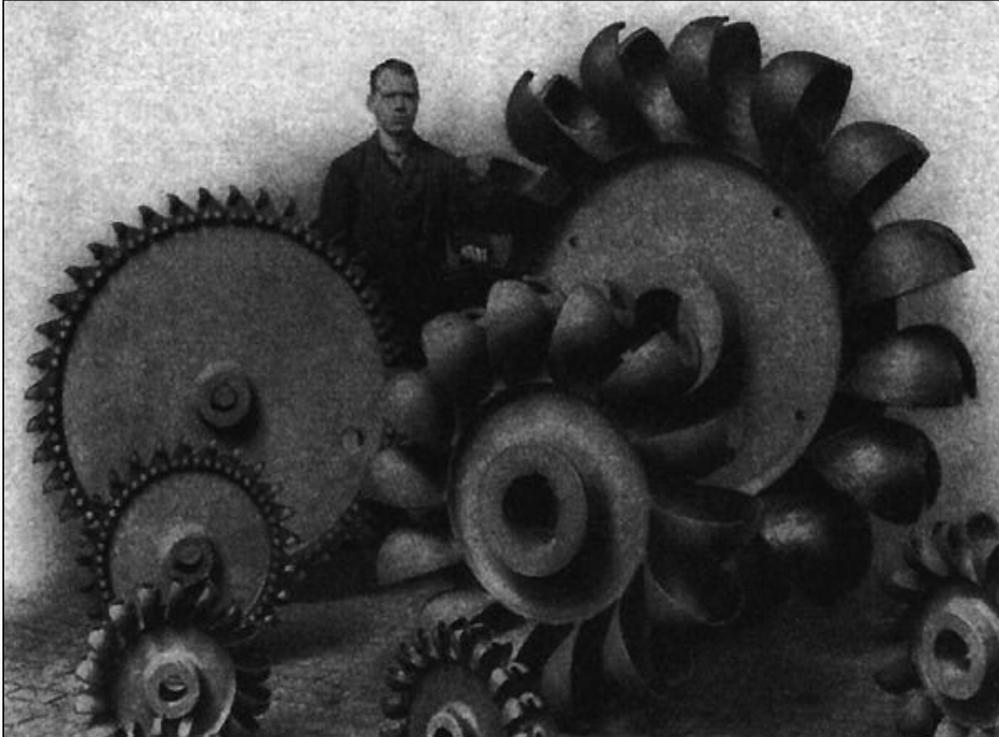
Berapa Total Efisiensi pada Gambar ?



## APLIKASI TURBIN



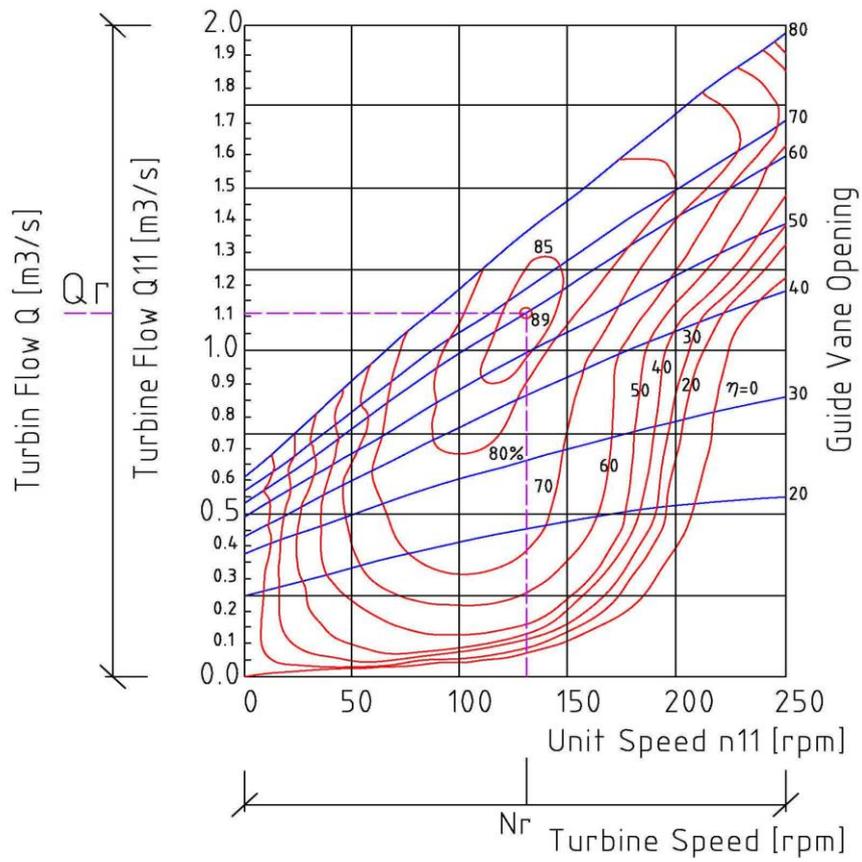
## VARIASI MANGKOK PELSTON



### KARAKTERISTIK TURBIN

- Range Aplikasi
- Efisiensi
- Perhitungan Dimensi Turbin

Karakteristik turbin adalah bagaimana performa suatu jenis turbin dengan bentuk runner tertentu & ukuran tertentu apabila dipasang pada lokasi dengan potensi head dan debit tertentu



## Persamaan Euler

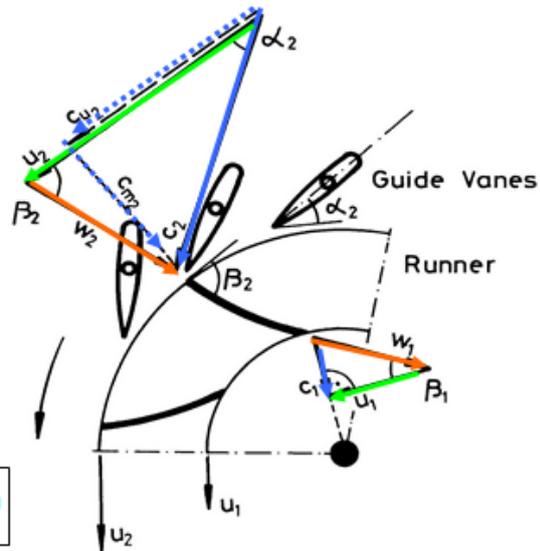
Pada tahun 1750 ditemukan sebuah rumus yang disebut “Euler Equation”.

Rumus tersebut didasarkan pada rumus kekekalan momentum pada bagian runner sebuah turbin atau pompa.

Contoh penerapan dalam sebuah runner Francis.

Torque

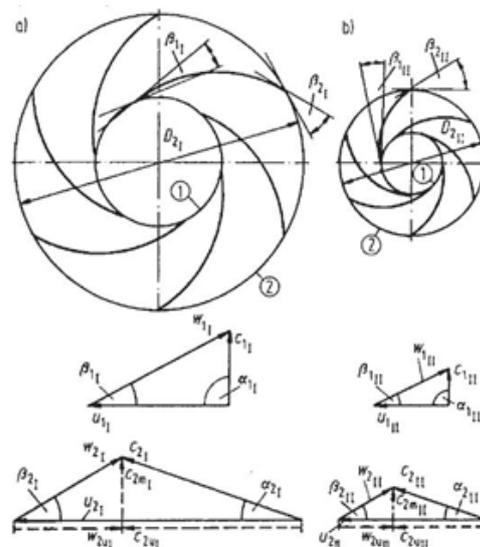
$$T = \rho \cdot Q \cdot (c_{u2} \cdot r_2 - c_{u1} \cdot r_1)$$



## Karakteristik Turbin

Dua buah runner Francis dengan ukuran yang berbeda tetapi **sebangun** akan memiliki bentuk vektor kecepatan yang sama bentuk.

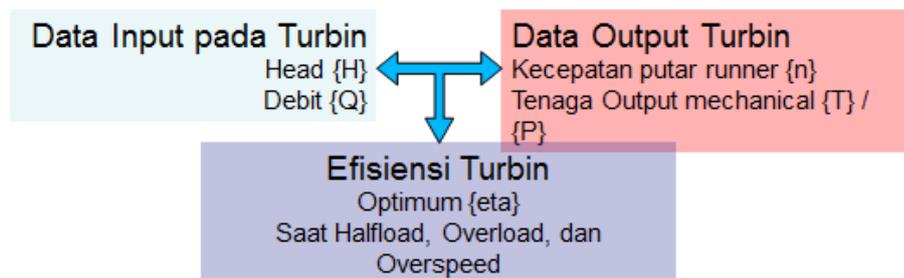
Menurut “Euler Equation” akan memiliki **karakteristik** yang sama persis



## Karakteristik Turbin

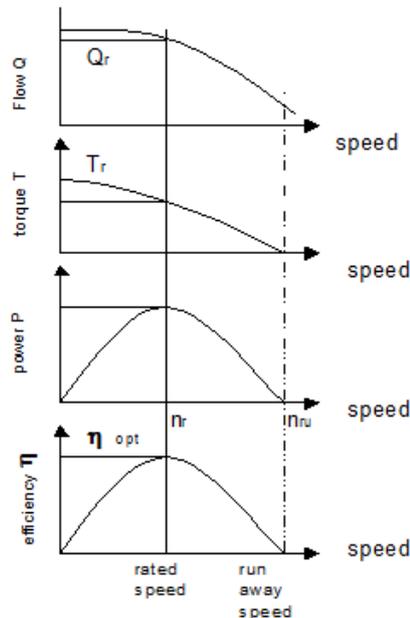
Karakteristik Turbin hanya bisa didapat dengan mengukur performa dari turbin atau model turbin yang bersangkutan

Untuk suatu model runner dengan ukuran {D}, diukur data-data:



Biasanya proses pengukuran dilakukan di sebuah laboratorium dengan peralatan pengukuran yang memadai atau dapat juga hanya dengan simulasi model di komputer





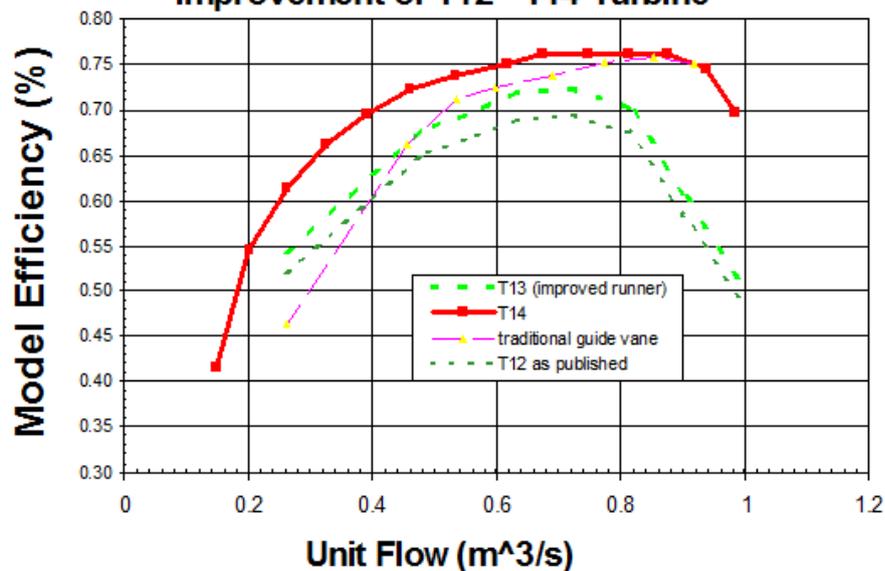
## Hasil Pengukuran

### Keterangan:

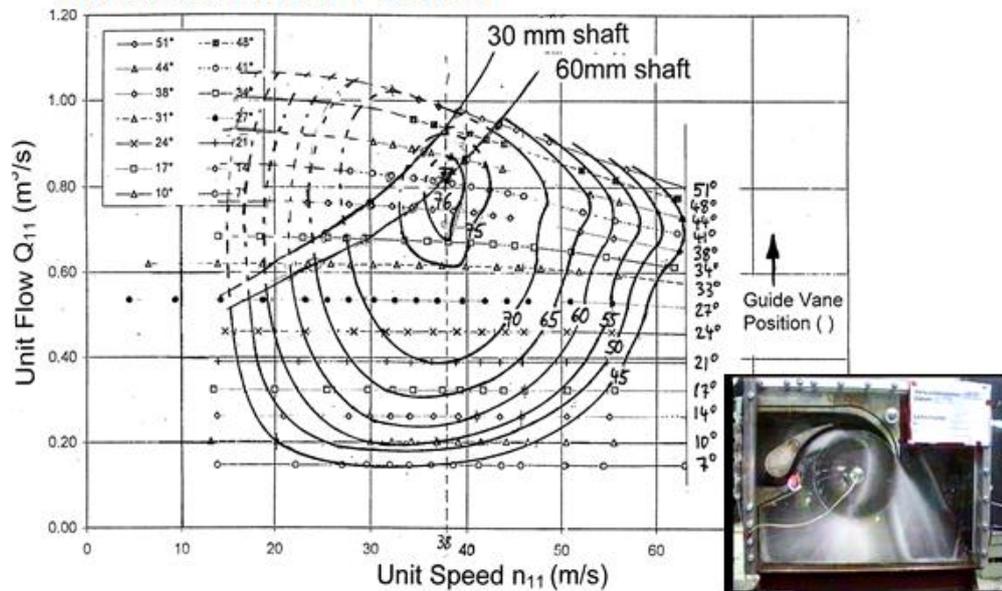
Flow = Debit air [ $m^3/s$ ]  
 Torque = Torsi pada shaft runner [Nm]  
 Power = Daya terbangkitkan [W]  
 Efficiency = Efisiensi Turbin [%]  
 perbandingan antara daya hidrolis dgn daya yang dihasilkan turbine  
 Speed = Putaran runner [rpm]  
 Rated speed = Putaran desain [rpm]  
 Run-away speed = Putaran runner saat tidak dihubungkan dengan beban

Pengukuran dilakukan dari saat runner dalam keadaan diam hingga overspeed dan kondisi guide vane konstan

## Improvement of T12 - T14 Turbine



## Karakteristik Turbin



## Affinity Law

Jika sebuah turbin dipasang pada dua lokasi dengan head berbeda ( $H_1$  and  $H_2$ ), dengan efisiensi tetap, maka:

$$\text{Kecepatan Baru } n_2 = \sqrt{\frac{H_2}{H_1}} \cdot n_1$$

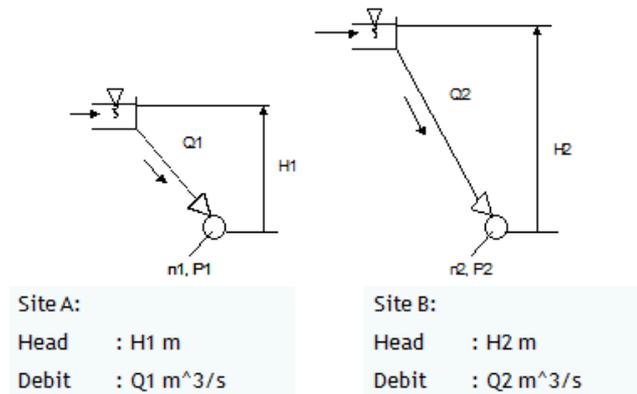
$$\text{Debit (butuh) baru } Q_2 = \sqrt{\frac{H_2}{H_1}} \cdot Q_1$$

$$\text{Torsi Baru } T_2 = \frac{H_2}{H_1} \cdot T_1$$

$$\text{Tenaga yang Dihasilkan } P_2 = \frac{H_2^{3/2}}{H_1^{3/2}} \cdot P_1$$

## Affinity Law

Bagaimana performa turbin yang sama jika dipasang pada site dengan berbeda potensi ?



**Jawaban:**

Untuk menjaga efisiensi turbin, maka kita harus menghitung ulang turbin dengan kondisi terbaru

> Efisiensi turbin terhitung ( eta ) = P1 / (rho \* g \* H1 \* Q1) = 70 %

			705 rpm	742 rpm
New speed	=	$n_2 = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \cdot n_1$		Nilai Lama
New flow	=	$Q_2 = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \cdot Q_1$	472.3 Ltr/s	742 rpm
New Power	=	$P_2 = \frac{H_2^{3/2}}{H_1^{3/2}} \cdot P_1$	90.8 kW	105.8 kW

Sedangkan rasio transmisi ( i2 ) = ng / n2 = 2.13 = 2.02

**Contoh Soal:**

Turbin T12 telah dibuat untuk kondisi spesifik berikut:

rated head	H1 = 31m .
rated flow	Q1 = 497 l/s
rated speed	n1 = 742 rpm
rated output	P1 = 105.8 kW

Turbin tersebut dipasang dengan generator (ng=1500 rpm) dan sebuah elemen transmisi flar belt.

generator speed	ng =1500 rpm
gearing ratio	i = 1500 rpm / 742 rpm = 2.02

Sayangnya, pada saat akan dipasang, diketahui bahwa hasil survey salah. Data yang benar **H2 = 28 m.**

Apakah yang harus dilakukan agar efisiensi turbin tetap terjaga ?

**Jawaban:**

Untuk menjaga efisiensi turbin, maka kita harus menghitung ulang turbin dengan kondisi terbaru

> Efisiensi turbin terhitung ( eta ) = P1 / (rho \* g \* H1 \* Q1) = 70 %

New speed	=	$n_2 = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \cdot n_1$	705 rpm	Nilai Lama 742 rpm
New flow	=	$Q_2 = \frac{\sqrt{H_2}}{\sqrt{H_1}} \cdot Q_1$	472.3 Ltr/s	497 Ltr/s
New Power	=	$P_2 = \frac{H_2^{3/2}}{H_1^{3/2}} \cdot P_1$	90.8 kW	105.8 kW

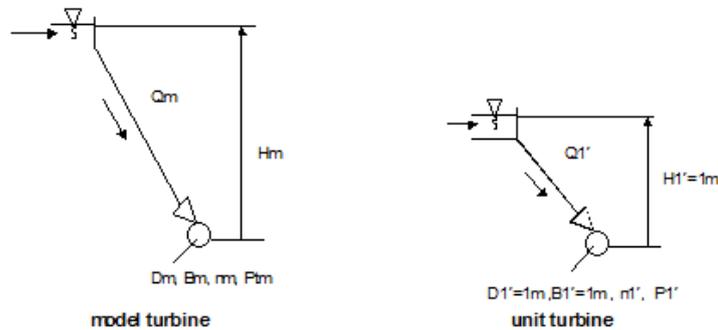
Sedangkan rasio transmisi ( i2 ) = ng / n2 = 2.13 = 2.02

## Konsep "Unit Machine"

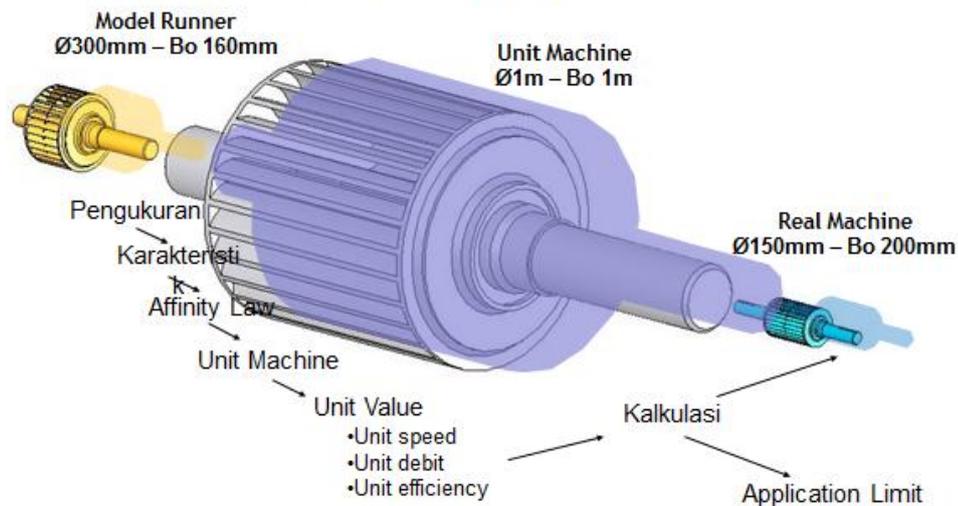
"Unit Machine" merupakan penerapan rumus Afinity Law pada kondisi tertentu

"Unit Machine" didefinisikan sebagai **turbine imager** dengan diameter  $D_{11} = 1\text{m}$  beroperasi pada head  $H_{11} = 1\text{m}$ .

Dalam bentuk "unit Turbine", turbin yang dites dapat diperbandingkan dengan turbin dari desain atau tipe lain



## Pengertian Unit Machine



## Nilai unit atau “Unit Value”

Nilai dari “unit Machine” yang didefinisikan sebagai turbin

$D_{11} = 1\text{m}$  and a head of  $H_{11} = 1\text{ m}$ .

$$\text{Unit speed } n_{11} = \frac{D_{m^*}}{\sqrt{H_{m^*}}} \cdot n_m$$

$$\text{Unit flow } q_{11} = \frac{Q_m}{D_{m^*}^2 \cdot \sqrt{H_{m^*}}}$$

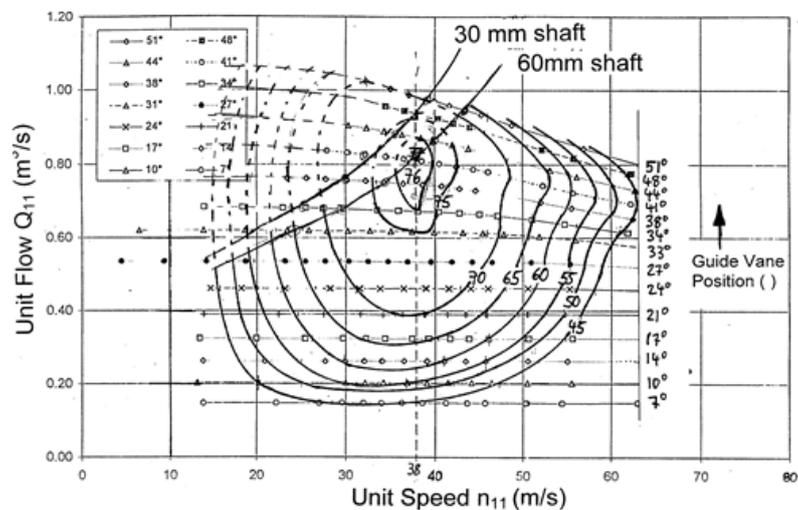
$$\text{Unit torque } t_{11} = \frac{T_m}{D_{m^*}^3 \cdot H_{m^*}}$$

$$\text{Unit Power output } p_{11} = \frac{\pi}{30} \cdot n_{11} \cdot t_{11}$$

where the Index \* = dimensionless numerical value (valid for SI-units !)

Index m = model measurements

## Contoh Karakteristik T14



## Perhitungan Turbin Crossflow

Unit Speed {n<sub>11</sub>}

Unit Flow {q<sub>11</sub>}

Unit Efficiency {eta<sub>11</sub>}

Runner Width :

$$B_t = \frac{Q_t}{D_{t^*} \cdot \sqrt{H_{t^*}} \cdot q_{11}}$$

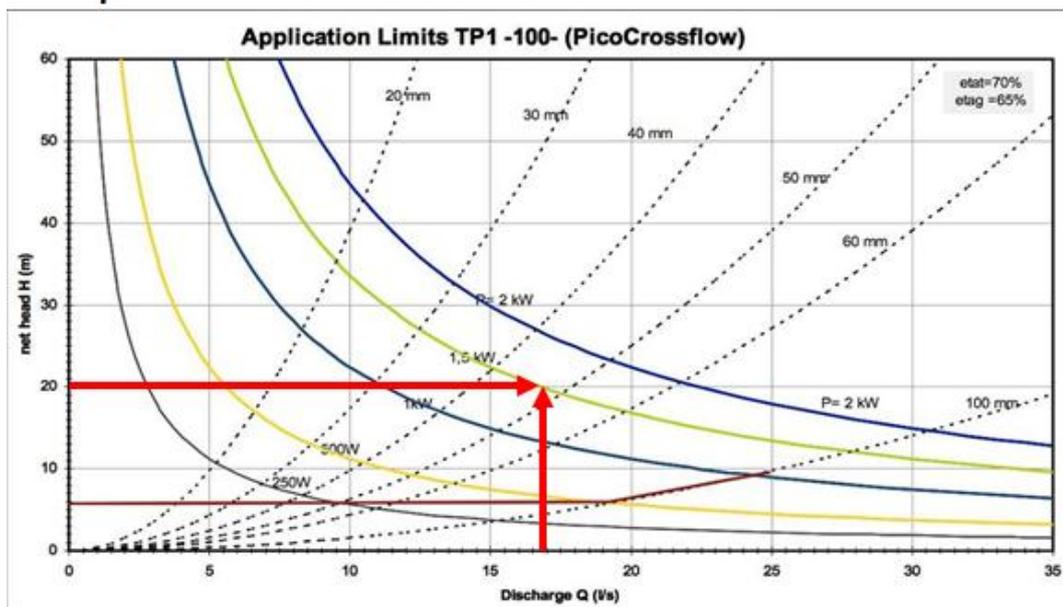
Speed :

$$n_t = \frac{\sqrt{H_{t^*}}}{D_{t^*}} \cdot n_{11}$$

Power Output :

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H_t \cdot Q_t \cdot \eta = 981 H_t \cdot Q_t \cdot \eta$$

## Tp100 Public Domain



## Perhitungan Turbin T15

- $H_{net} = 60m$
- $Q = 600l/s$
- $D_t = 300mm$

Unit Speed  $\{n_{11}\} = ?$

Unit Flow  $\{q_{11}\} = ?$

Unit Efficiency  $\{\eta_{11}\} = ?$

Runner Width :

$$B_t = \frac{Q_t}{D_{t^*} \cdot \sqrt{H_{t^*}} \cdot q_{11}}$$

$$B_t = \frac{0,6}{0,3 \cdot \sqrt{60} \cdot 0,8} = 0,323m = \frac{0,6}{1,86}$$

Speed :

$$n_t = \frac{\sqrt{H_{t^*}}}{D_{t^*}} \cdot n_{11}$$

$$n_t = \frac{\sqrt{60}}{0,3} \cdot 38 = 981rpm$$

## Perhitungan Turbin T15

Runaway Speed :

$$= 1,8 \cdot n_t$$

$$= 1,8 \cdot 981 = 1766rpm$$

Power Output :

$$P_t = \rho \cdot g \cdot H_t \cdot Q_t \cdot \eta_t$$

$$P_t = 1 \cdot 9,81 \cdot 60 \cdot 0,6 \cdot 76,5\%$$

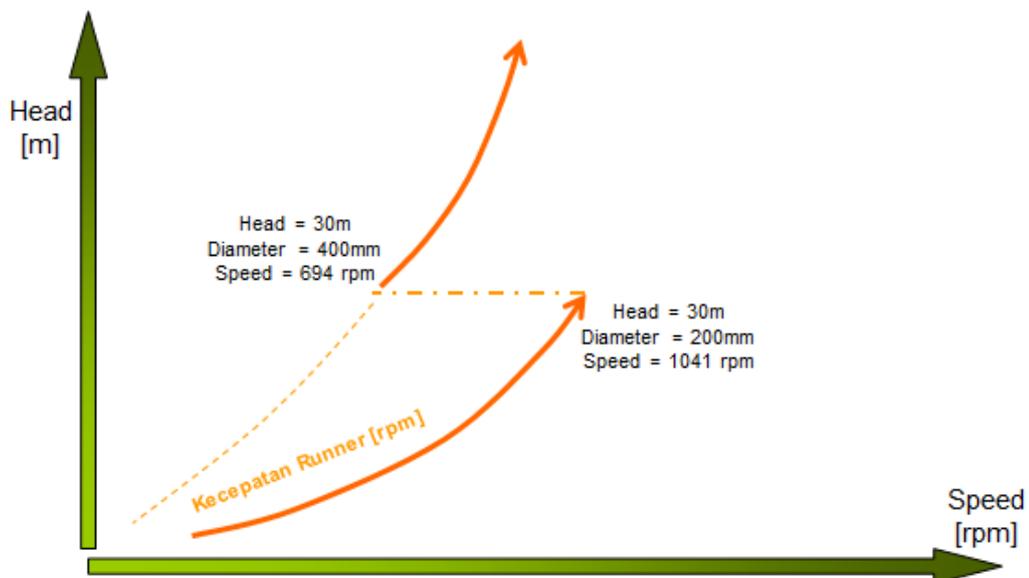
$$P_t = 270kW$$

## Pengaruh berbagai Variable – Head

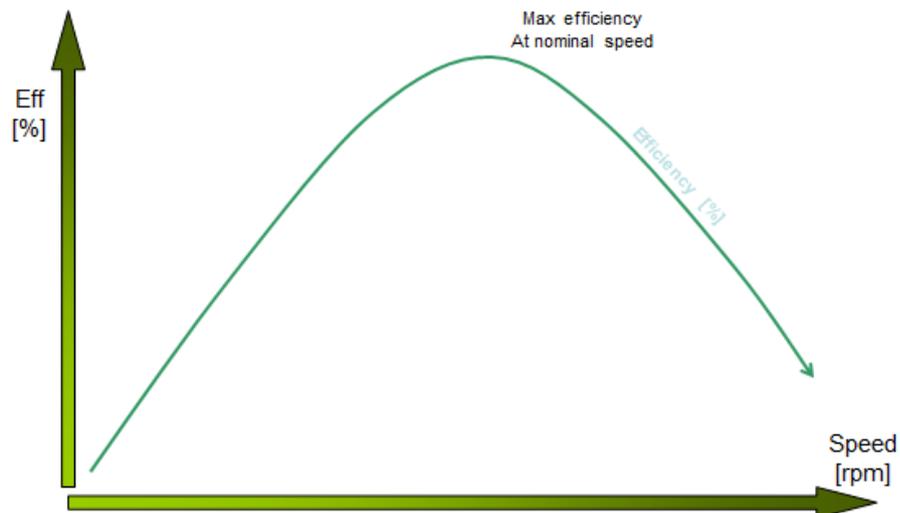
Apakah pengaruh berubahnya Head (lebih tinggi) :

- Pada tekanan air ?
- Pada daya yang dihasilkan ?
- Kecepatan Runner ? Bila diameter runner diperbesar ?
- Lebar Runner ?
- Bagaimana dengan elemen transmisi ?
- Apa yang terjadi bila elemen transmisi tidak diupgrade ?
- Bagaimana dengan efisiensi turbin ?

## Pengaruh Variable Head



## Pengaruh kecepatan putar runner

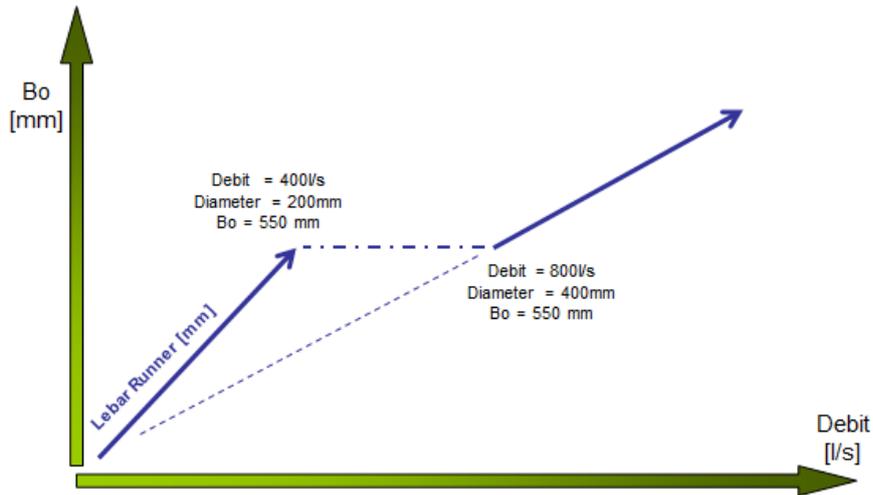


## Pengaruh berbagai Variable – Debit

Apakah pengaruh berubahnya Debit air (lebih besar) :

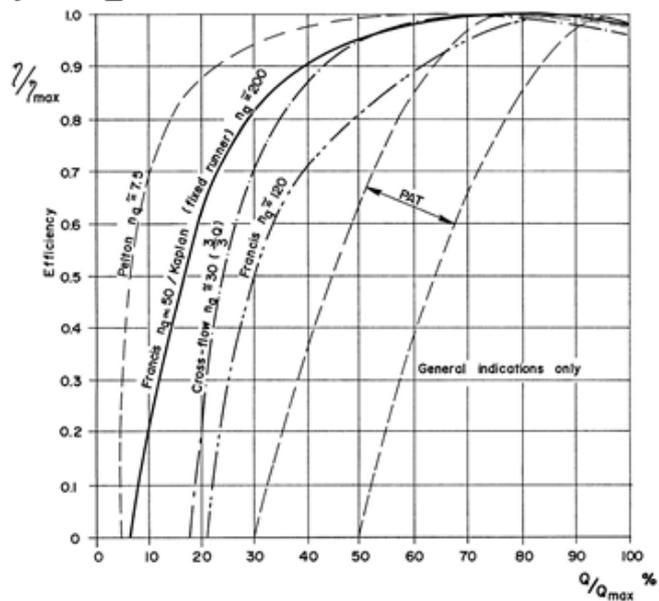
- Pada tekanan air ?
- Pada daya yang dihasilkan ?
- Kecepatan Runner ?
- Lebar Runner ? Bila diameter runner diperbesar ?
- Bagaimana dengan elemen transmisi ?
- Apa yang terjadi bila elemen transmisi tidak diupgrade ?

## Pengaruh Variable Head



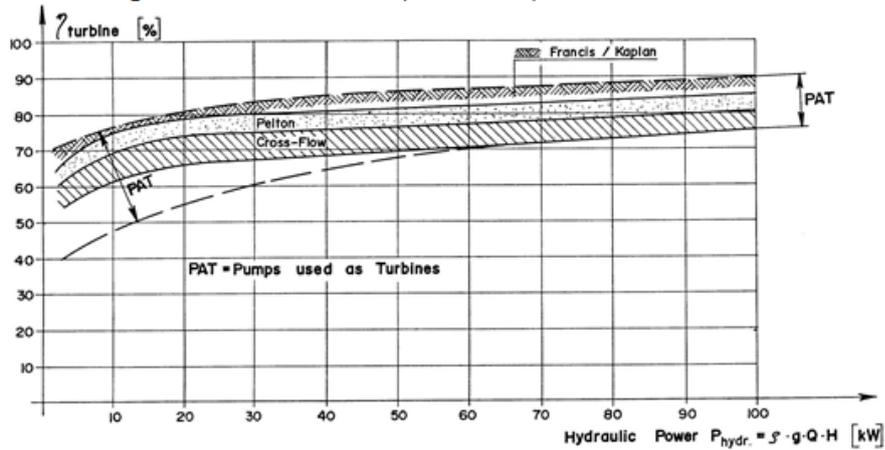
## Faktor lain mempengaruhi Efisiensi

Efisiensi berbagai turbin saat debit berbeda dengan debit desain



## Faktor lain mempengaruhi Efisiensi

Efisiensi berbagai jenis turbin saat pemakaian beban tidak sesuai dengan beban desain (Full load)



D. Aktivitas pembelajaran

E. Rangkuman

F. Tes Formatif

G. Kunci Jawaban

## DAFTAR PUSTAKA

Judul: *Machine Design*  
Pengarang: R.S.Khurmi,  
JK Gupta  
Penerbit: Eurasia Publishing House(Pvt) LTD  
Tahun Terbit: 1982

Judul: *Elemen Mesin*  
Pengarang: Sularso,  
Kiyokatsu Suga  
Penerbit: Padnya Paramita  
Tahun terbit: 1978

