



KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
DIREKTORAT JENDERAL GURU DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
2016

## MODUL GURU PEMBELAJAR

# Paket Keahlian Teknik Plumbing dan Sanitasi

**Pedagogik : Pengembangan Peserta Didik**  
**Profesional : Pengelolaan Sistem Penyediaan Air Bersih**

**KELOMPOK  
KOMPETENSI**





## MODUL GURU PEMBELAJAR

# Paket Keahlian Teknik Plumbing dan Sanitasi

Penyusun :

Drs. Martoyo Askari, M.Pd  
UNP Padang  
martoyo\_askari@yahoo.com  
081363455312

Reviewer :

Sopar P., MT  
POLMED Medan  
soparparulian@yahoo.com  
081361020935

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN  
PUSAT PENGEMBANGAN DAN PEMBERDAYAAN  
PENDIDIK DAN TENAGA KEPENDIDIKAN  
BIDANG BANGUNAN DAN LISTRIK  
MEDAN  
2016**



## **KATA PENGANTAR**

Profesi guru dan tenaga kependidikan harus dihargai dan dikembangkan sebagai profesi yang bermartabat sebagaimana diamanatkan Undang-undang Nomor 14 Tahun 2005 tentang Guru dan Dosen. Hal ini dikarenakan guru dan tenaga kependidikan merupakan tenaga profesional yang mempunyai fungsi, peran, dan kedudukan yang sangat penting dalam mencapai visi pendidikan 2025 yaitu “Menciptakan Insan Indonesia Cerdas dan Kompetitif”. Untuk itu guru dan tenaga kependidikan yang profesional wajib melakukan Guru Pembelajar.

Modul Diklat Guru Pembelajar Bagi Guru dan Tenaga Kependidikan inidiharapkan menjadi referensidan acuan bagi penyelenggara dan peserta diklat dalam melaksanakan kegiatan sebaik- baiknya sehingga mampu meningkatkan kapasitas guru. Modul ini disajikan sebagai salah satu bentuk bahan dalam kegiatan Guru Pembelajar bagi guru dan tenaga kependidikan.

Pada kesempatan ini disampaikan ucapan terima kasih dan penghargaan kepada berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi secara maksimal dalam mewujudkan modul ini, mudah-mudahan modul ini dapat menjadi acuan dan sumber informasi dalam diklat GP.

Jakarta, Desember 2015  
Direktur Jenderal Guru dan  
Tenaga Kependidikan,

Sumarna Surapranata, Ph.D,  
NIP 19590801 198503 1002

## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	vi
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	ix
<b>PENDAHULUAN</b> .....	1
A. Latar Belakang .....	1
B. Tujuan .....	1
C. Peta Kompetensi .....	2
D. Ruang Lingkup .....	3
E. Saran Cara Penggunaan Modul .....	3
<b>Kegiatan Pembelajaran 1</b> .....	4
A. Tujuan .....	4
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	4
C. Uraian Materi .....	4
D. Aktivitas Pembelajaran .....	13
E. Latihan/ Kasus/ Tugas .....	13
F. Rangkuman .....	13
G. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	14
<b>Kegiatan Pembelajaran 2</b> .....	15
A. Tujuan .....	15
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	15
C. Uraian Materi .....	15
D. Aktivitas Pembelajaran .....	26
E. Rangkuman .....	26

F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	27
<b>Kegiatan Pembelajaran 3</b> .....	28
A. Tujuan .....	28
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	28
C. Uraian Materi .....	28
D. Aktivitas Pembelajaran .....	34
E. Rangkuman .....	34
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	35
<b>Kegiatan Pembelajaran 4</b> .....	36
A. Tujuan .....	36
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	36
C. Uraian Materi .....	36
D. Aktivitas Pembelajaran .....	38
E. Rangkuman .....	39
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	39
<b>Kegiatan Pembelajaran 5</b> .....	40
A. Tujuan .....	40
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	40
C. Uraian Materi .....	40
D. Aktivitas Pembelajaran .....	53
E. Rangkuman .....	53
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	54
<b>Kegiatan Pembelajaran 6</b> .....	55
A. Tujuan .....	55
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	55

C. Uraian Materi .....	55
D. Aktivitas Pembelajaran .....	59
E. Rangkuman .....	60
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	60
<b>Kegiatan Pembelajaran 7</b> .....	61
A. Tujuan .....	61
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	61
C. Uraian Materi .....	61
D. Aktivitas Pembelajaran .....	66
E. Rangkuman .....	67
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	67
<b>Kegiatan Pembelajaran 8</b> .....	68
A. Tujuan .....	68
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	68
C. Uraian Materi .....	68
D. Aktivitas Pembelajaran .....	77
E. Rangkuman .....	78
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	78
<b>Kegiatan Pembelajaran 9</b> .....	80
A. Tujuan .....	80
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	80
C. Uraian Materi .....	80
D. Aktivitas Pembelajaran .....	98
E. Rangkuman .....	98
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	98

<b>Kegiatan Pembelajaran 10</b> .....	99
A. Tujuan .....	99
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	99
C. Uraian Materi .....	99
D. Aktivitas Pembelajaran .....	112
E. Rangkuman .....	112
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	113
<b>Kegiatan Pembelajaran 11</b> .....	114
A. Tujuan .....	114
B. <i>Indikator Pencapaian Kompetensi</i> .....	114
C. Uraian Materi .....	114
D. Aktivitas Pembelajaran .....	129
E. Rangkuman .....	129
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	130
<b>Kegiatan Pembelajaran 12</b> .....	131
A. Tujuan .....	131
B. Indikator Pencapaian Kompetensi .....	131
C. Uraian Materi .....	131
D. Aktivitas Pembelajaran .....	137
E. Rangkuman .....	137
F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut .....	137
Evaluasi .....	138
Penutup .....	146
Glosarium .....	147

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 3. 1. Proses Terjadinya Hujan.....	30
Gambar 3. 2. Pengukur Curah Hujan .....	31
Gambar 3.3. Aliran Permukaan .....	31
Gambar 3. 4. Sumber Air .....	33
Gambar. 5.5. Pita Turbiditas .....	44
Gambar 5.6.Turbidimeter Jackson's .....	44
Gambar. 5.7. Water Quality Checker U-10 .....	45
Gambar. 6.8 . Sistem Sambungan Pipa Ke Dalam Bangunan .....	56
Gambar.6.9. Sistem Tangki Tekan Dengan Sumur .....	58
Gambar.6.10. Terjadinya Aliran Balik .....	58
Gambar. 6.11. Alat Pelepas Vakum Jenis Atmosferik .....	59
Gambar. 7.12. Sistem Sambungan Langsung .....	61
Gambar .7.12a. Sistem Tangki Atas (Tangki Atap) .....	62
Gambar.7.13. Tangki Atas (Sistem Menara Air) .....	63
Gambar.7.14. Sistem Tangki Tekan Pada Gedung Berlantai Tiga .....	64
Gambar.7.15. Sistem Tangki Tekan Pada Rumah Biasa .....	64
Gambar.7.16. Tangki Tekan Dengan Sel Hidro .....	65
Gambar.7.17 Tangki Tekan Dengan Diafram .....	65
Gambar. 8.18. Single Action .....	70
Gambar. 8.19. Double Action .....	70
Gambar 8.20. Pompa Putar .....	71
Gambar .8.21. Pompa Centrifugal .....	71
Gambar 8.22. Pompa Udara (Air Lift Pump) .....	73
Gambar .8.23. Pompa Impuls (Ram) .....	74
Gambar .8.24. Tinggi Angkat Pompa .....	76
Gambar .9.25. Bangunan Pengambilan Air Danau .....	81
Gambar 9.26. Bangunan Pengambilan Sungai .....	82
Gambar 9.27. Bangunan Pengambilan Bergerak .....	83
Gambar 9.28. Bangunan Pemasukan Reservoir (Reservoir Intake) .....	84



Gambar .9.29. Bangunan Pengambilan Reservoir .....	84
Gambar 9.30. Bangunan Pengambilan Kanal .....	84
Gambar 9.31. Saluran Terbuka .....	85
Gambar 9.32. Aquaduk .....	86
Gambar 9.33. Sambungan Spigot dan Soket (Bell and Spigot .....	90
Gambar 9.34. Alat Pemadat (Chalking Tool) .....	91
Gambar 9.35. Sambungan Ekspansi .....	92
Gambar 9.36. Sambungan Flen (Flange Joint) .....	92
Gambar 9.37. Dresser Coupling .....	93
Gambar 9.38. Sambungan Victaulic .....	93
Gambar .9.39. Sambungan Fleksibel .....	94
Gambar 9.40. Sambungan Ulir .....	95
Gambar 9.41. Sambungan Kolar .....	95
Gambar 10.42. Layout Proses Pengolahan Air .....	101
Gambar 10.43. Beberapa Tipe Bangunan Pemasukan ( <i>Inlet</i> ) .....	106
Gambar 10.43a. Pembagian Daerah Bak Pengendapan .....	107
Gambar 10.44. Daerah Lumpur .....	108
Gambar 10.45. Beberapa Tipe Outlet .....	109
Gambar 10.46. Bak Persegi Dengan Penahan (Buffle) .....	109
Gambar 10.47. Bak Bundar Dengan Aliran Radial .....	110
Gambar 10.48. Bak Bundar Dengan Aliran Melingkar .....	110
Gambar 10.49. Bak Berbentuk Kerucut .....	111
Gambar .10.50. Unit Pengolahan Dari Penyadap Sampai Pipa Distribusi ..	118
Gambar .11.51. Saringan Pasir Lambat Sistem Saluran Bawah .....	120
Gambar 11.52. Saringan Pasir Lambat.....	121
.Gambar 11.53. Saringan Pasir Cepat .....	121
Gambar 11.54. Diagram Pengoperasian Saringan Pasir Cepat .....	122
Gambar.11.55. Saringan Sederhana .....	124
Gambar .11.56. Saringan Anti Gravitasi ( <i>Up Flow Filter System</i> ). .....	126
Gambar 11. 57. Saringan Anti Gravitasi Dengan Pipa Sedimentasi .....	127

Gambar 11.59. Saringan Tekan Vertikal .....	127
Gambar 11.60. Saringan Tekan Horizontal .....	128
Gambar 12.61. Jar-Test .....	135

## DAFTAR TABEL

Tabel. 5.1. Beberapa Substansi Pencemar Dalam Air Alam .....	41
Tabel .5.2. Permenkes No.492 Th. 2010 .....	50
Tabel 11.3. Pendistribusian Persentase Ukuran Butir Pasir Saringan ...	116
Tabel 11.4. Tingkatan Lapisan Kerikil .....	117
Tabel 11.5. Perbandingan Antara Saringan Pasir Lambat dan Saringan - Pasir Cepat. ....	123
Tabel 12.6. Pemakaian Bahan Kimia Dalam Pengolahan Air .....	134



# PENDAHULUAN

## A. Latar Belakang

Guru Pembelajar (GP) adalah merupakan suatu strategi dalam usaha pembinaan guru dan tenaga kependidikan yang diharapkan dapat menjamin kemampuan tenaga kependidikan untuk memelihara, meningkatkan dan mengembangkan kompetensinya sesuai dengan standar yang telah ditetapkan. Usaha Guru Pembelajar ini memerlukan bahan atau sumber yang dapat dipelajari oleh guru dan tenaga kependidikan, baik secara berkelompok, maupun secara mandiri. Modul merupakan bahan ajar yang dirancang untuk dapat dipelajari secara mandiri oleh guru dan tenaga kependidikan dalam usaha pengembangan dirinya.

Penulisan modul Plambung dan Sanitasi ini merupakan salah satu usaha untuk memenuhi kebutuhan bahan atau sumber belajar dalam bidang keahlian sesuai dengan kompetensi guru yang diharapkan dimiliki oleh guru dan tenaga kependidikan bidang keahlian Plambing dan Sanitasi.

Modul ini ditulis sesuai dengan kompetensi pedagogik dan kompetensi profesional. Kompetensi pedagogik meliputi beberapa indikator pencapaian kompetensi, yaitu: 1. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek fisik, intelektual, sosial, emosional, moral, spritual, dan latar belakang sosial budaya; 2. Kesulitan belajar dan pengelompokkan sesuai tingkat kesulitannya. Mengelola sistem penyediaan air bersih untuk sistem plambing, yang mencakup analisis sumber air bersih terdiri dari sistem pemipaan, pompa air, dan pengolahan air bersih. untuk sistem plambing pada garade atau level satu (1) sesuai ketentuan yang telah ditetapkan.

## B. Tujuan

Setelah mengikuti proses pembelajaran ini, guru (peserta didik) diharapkan dapat:

1. mengelompokkan karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek intelektual (tingkat daya tangkap, kecerdasan, penguasaan pengetahuan, dan lain-lain).  
Menjelaskan karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek emosional (sabar, toleran, dan santun).
2. Mendefinisikan karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek spiritual (taat, jujur, dan ketaqwaan sesuai dengan ajaran agama yang dianut. Sesuai perkembangan intelektualnya.
3. Mengelompokkan kesulitan belajar sesuai dengan tingkat kesulitannya.
4. Memilih sumber air permukaan dan memilih kualitas sumber air permukaan.
5. Menyeleksi sistem pemipaan penyediaan air bersih dalam sistem plambung.
6. Memilih sambungan pemipaan untuk sistem plambing penyediaan air bersih.
7. Memilih pompa air untuk sistem plambing.
8. Memilih komponen penjernihan air bersih untuk sistem plambing.
9. Menyiapkan dosis koagulan untuk penjernihan air.

### **C. Peta Kompetensi**

Kompetensi yang akan dicapai sesuai dengan Permendiknas Nomor 16 Tahun 2007, dan grade atau level yang telah ditetapkan, meliputi: Pemahaman tentang karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek fisik, intelektual, sosial, emosional, moral spiritual, latar belakang sosial budaya, serta pengelolaan sistem penyediaan air bersih untuk sistem plambing, yang meliputi: menganalisis sumber air bersih, menganalisis sistem pemipaan untuk sistem plambing, menganalisis pompa air untuk sistem plambing, dan menganalisis pengolahan air bersih.

#### **D. Ruang Lingkup**

Modul bidang keahlian Plambing dan Sanitasi ini hanya membahas masalah:

1. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek fisik, intelektual, sosial, emosional, moral spiritual, dan latar belakang sosial budaya.
2. Kesulitan belajar peserta didik sesuai dengan mata pelajaran yang di ampu diidentifikasi sesuai capaian perkembangan intelektual dan tingkat kesulitan belajarnya.
3. Pengelolaan sistem penyediaan air bersih untuk sistem plambing yang berhubungan dengan analisis sumber air bersih, sistem pemipaan, pompa air, dan pengolahan air bersih untuk sistem plambing.

#### **E. Saran Cara Penggunaan Modul**

1. Modul ini terdiri dari beberapa kegiatan pembelajaran yang disarankan agar dipelajari sesuai dengan urutan pembelajaran yang telah disusun dalam modul ini.
2. Pengguna modul disarankan tidak melanjutkan kegiatan pembelajaran pertama pada kegiatan kedua sebelum menuntaskan pembelajaran pertama, dan begitu seterusnya sampai selesai semua kegiatan pembelajaran yang telah disusun dalam modul ini.
3. Pengguna modul disarankan menjawab dengan benar setiap pertanyaan yang diberikan pada akhir setiap proses pembelajaran pada setiap modul.

Kegiatan Pembelajaran 1.

## **KARAKTERISTIK PESERTA DIDIK ASPEK INTELEKTUAL EMOSIONAL DAN SPIRITUAL**

### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) dapat mengelompokkan karakter peserta didik sesuai dengan aspek intelektual, emosional, dan spiritual.

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

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) diharapkan dapat mengelompokkan aspek:

1. Aspek intelektual peserta didik, ke dalam:
  - a. Tingkat daya tangkap.
  - b. Tingkat kecerdasan.
  - c. Tingkat penguasaan dan pengetahuan.
2. Mengidentifikasi aspek Emosional, ke dalam:
  - a. Kesabaran,
  - b. Toleran,
  - c. Sopan santu.
3. Menjelaskan Aspek Spiritual sesuai ajaran agama yang di anut
  - a. Taat,
  - b. Jujur, dan
  - c. Ketaqwaan.

### **C. Uraian Materi**

1. Pengertian Karakter



Karakter merupakan sifat alami seseorang dalam merespons situasi secara bermoral, yang dinyatakan dalam tindakan nyata yang terwujud dalam perilaku baik, bertanggung jawab, jujur dalam perbuatan, menghormati orang lain, dan perilaku baik lainnya. Wynne (1992) dalam Mulyasa (2014) menyebutkan bahwa karakter berasal dari bahasa Yunani yang berarti “to mark” (menandai) dan memfokuskan pada penerapan nilai-nilai kebaikan dalam perilaku sehari-hari. Sehubungan dengan karakter ini, Kementerian Agama Islam Republik Indonesia (2010) mengartikan bahwa karakter sebagai totalitas ciri-ciri pribadi yang teridentifikasi pada perilaku individu yang bersifat unik.

## 2. Pendidikan Karakter

Megawangi dalam Mulyasa (2014), pencetus pendidikan karakter di Indonesia mengemukakan 9 pilar karakter mulia yang layak dijadikan acuan dalam pendidikan karakter, adalah: cinta Allah dan kebenaran; tanggung jawab, disiplin, dan mandiri; amanah, hormat dan santun; kasih sayang, peduli, dan kerja sama; percaya diri, kreatif, dan pantang menyerah; adil dan berjiwa kepemimpinan; baik dan rendah hati; serta toleran dan cinta damai.

Secara umum pendidikan berkarakter mengarah pada pencapaian pembentukan karakter dan akhlak mulia peserta didik secara utuh sesuai dengan standar kompetensi yang diharapkan. Hal ini akan terealisasi dan terwujud dalam perilaku kehidupan sehari-hari.

Ada beberapa indikator yang menunjukkan karakter seseorang, karakter dapat berhubungan dengan beberapa aspek, seperti aspek intelektual, aspek emosional dan aspek spiritual. Aspek intelektual peserta didik meliputi daya tangkap atau daya serap, kecerdasan, dan penguasaan pengetahuan seseorang, baik dia sebagai guru, maupun sebagai siswa atau peserta didik lainnya. Aspek emosional mencakup sikap penyabar, toleransi, dan berperilaku sopan santun. Sedangkan aspek spiritual menyangkut kejujuran, taat, dan taqwa.

### 3. Penerapan Pendidikan Karakter

Secara umum pendidikan karakter menjurus pada penciptaan lingkungan dan keteladanan melalui berbagai kegiatan keilmuan dan kegiatan kondusif. Sehingga pembentukan karakter dapat terjadi melalui apa yang dilihat, didengar, dirasakan dan dikerjakan oleh peserta didik.

Mulyasa (2014), menyebutkan bahwa pendidikan karakter pada tingkat satuan pendidikan mengarah pada pembentukan budaya sekolah dan masyarakat sekitarnya, karena budaya sekolah merupakan ciri khas karakter dan citra sekolah tersebut yang dijadikan teladan oleh masyarakat luas. Selain menjadi teladan, juga penciptaan iklim dan budaya serta lingkungan yang kondusif melalui berbagai metoda, seperti: penugasan pembiasaan, pelatihan, pembelajaran, pengarahan dan keteladanan.

Keberhasilan pendidikan karakter dapat dilihat dari setiap rumusan Standar Kelulusan (SKL). Sebagaimana Mulyasa dalam Pendidikan Manajemen Karakter (2014) memberikan contoh SKL SMP/MTs. Bahwa keberhasilan pendidikan tersebut mencakup:

- a. Mengamalkan ajaran agama yang dianut sesuai dengan tahap perkembangan anak.
- b. Memahami kekurangan dan kelebihan diri sendiri.
- c. Menunjukkan sikap percaya diri.
- d. Mematuhi aturan-aturan sosial yang berlaku dalam lingkungan yang lebih luas.
- e. Menghargai keragaman agama, budaya, suku, ras, dan golongan sosial ekonomi dalam lingkup nasional.
- f. Mencari dan menerapkan informasi dari lingkungan sekitar dan sumber-sumber lain secara logis, kritis, dan kreatif.
- g. Menunjukkan kemampuan berpikir logis, kritis, kreatif, dan inovatif.
- h. Menunjukkan kemampuan belajar secara mandiri sesuai dengan potensi yang dimilikinya.
- i. Menunjukkan kemampuan menganalisis dan memecahkan masalah dalam kehidupan sehari-hari.

- j. Mendiskripsikan gejala alam dan sosial.
- k. Memanfaatkan lingkungan secara bertanggung jawab.
- l. Menerapkan nilai-nilai kebersamaan dalam kehidupan bermasyarakat, berbangsa, dan bernegara kesatuan Republik Indonesia.
- m. Menghargai karya seni dan budaya nasional.
- n. Menghargai tugas pekerjaan dan memiliki kemampuan untuk berkarya.
- o. Menerapkan hidup bersih, sehat, aman, dan memanfaatkan waktu luang dengan baik.
- p. Berkomunikasi dan berinteraksi secara efektif dan santun.
- q. Memahami hak dan kewajiban diri dan orang lain dalam pergaulan di masyarakat serta menghargai adanya perbedaan pendapat.
- r. Menunjukkan kegemaran membaca dan menulis naskah pendek sederhana.
- s. Menunjukkan keterampilan menyimak, berbicara, membaca, dan menulis dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris sederhana.
- t. Menguasai pengetahuan keberhasilan yang diperlukan untuk mengikuti pendidikan menengah.
- u. Memiliki jiwa kewirausahaan.

Indikator lain dari keberhasilan program pendidikan karakter dapat diketahui dari berbagai perilaku dan aktivitas dalam kehidupan sehari-hari, seperti: kejujuran, kepedulian, kesadaran, kesederhanaan, kemandirian, keikhlasan, keberhasilan dalam bertindak, ketelitian, dan komitmen. Dari berbagai hal yang dikemukakan di atas merupakan hal yang harus dimiliki dan dijadikan contoh dan tauladan dalam mempraktekkan indikator-indikator pendidikan karakter oleh seluruh komponen sekolah, seperti guru, kepala sekolah, pengawas, komite sekolah, dan komponen lainnya yang terkait dengan sekolah.

#### 4. Indikator Esensial dan Indikator Pencapaian Kompetensi Guru.

Sesuai dengan kompetensi inti guru Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) menurut Permendiknas No. 16 th. 2007. Adalah menguasai karakteristik peserta didik dari aspek fisik, moral, spiritual, sosial, kultural, emosional,

dan intelektual, dengan Indikator Pencapaian Kompetensi (IPK), adalah sebagai berikut:

- a. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek intelektual (daya tangkap, kecerdasan, penguasaan pengetahuan, dll).
  - b. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek emosional (sabar, toleran dan santun, dll.).
  - c. Karakteristik peserta didik yang berkaitan dengan aspek spiritual (taat, jujur, ketaqwaan, dll.).
  - d. Kesulitan belajar peserta didik dalam mata pelajaran yang diampu diidentifikasi sesuai capaian perkembangan intelektual.
  - e. Kesulitan belajar peserta didik dalam mata pelajaran yang diampu dikelompokkan sesuai tingkat kesulitan belajarnya.
5. Aspek Intelektual.

Aspek intelektual menyangkut daya tangkap, kecerdasan, dan penguasaan. Daya tangkap atau daya serap setiap individu mungkin tidak sama sesuai dengan perbedaan karakter yang dimiliki oleh masing-masing peserta didik. Untuk dapat mengelompokkan aspek intelektual ini, guru harus memahami perbedaan karakter setiap peserta didik tersebut. Anggapan rendahnya daya tangkap yang dimiliki peserta didik belum tentu seluruhnya benar, hal ini mungkin terjadi karena guru sendiri kurang memahami karakteristik individual peserta didiknya. Oleh karena itu kita perlu mengetahui apa itu daya tangkap dan perbedaan setiap individu dalam memiliki daya tangkap.

Daya tangkap adalah Kemampuan atau kekuatan untuk melakukan sesuatu, untuk bertindak dalam menangkap. Perbedaan daya tangkap peserta didik merupakan kemampuan atau kekuatan untuk melakukan sesuatu, untuk bertindak dalam menangkap pelajaran oleh setiap peserta didik. Pada diri peserta didik terdapat berbagai daya tangkap, antara lain adalah daya mengingat, berfikir, merasakan, kemauan, dan sebagainya. Tiap daya mempunyai fungsi sendiri-sendiri. Tiap orang memiliki daya-daya tersebut, hanya berbeda kekuatannya saja. Agar daya-daya itu dapat

berkembang (terbentuk) dengan baik maka daya-daya itu perlu dilatih, agar dapat berfungsi sesuai dengan fungsinya masing-masing.

Kecerdasan, hal ini dapat tergambar dari kemampuan daya tangkapnya. Peserta didik dengan kemampuan daya tangkap yang tinggi, dapat dipastikan bahwa mereka memiliki kecerdasan yang tinggi pula atau sebaliknya. Demikian pula halnya, peserta didik yang cerdas akan memiliki daya tangkap yang tinggi, dengan demikian dapat pula dipastikan mereka mempunyai tingkat penguasaan pengetahuan yang baik.

#### 6. Aspek Emosional.

Aspek emosional dapat dilihat dari sikap sabar, toleransi, dan sopan santun yang ditunjukkan oleh peserta didik dalam aktivitas dan kegiatannya sehari-hari.

Emosi dapat diklasifikasikan atas emosi positif dan emosi negatif, emosi positif tergambar dari perasaan gembira dan rasa syukur yang mengekspresikan sebuah evaluasi atau perasaan menguntungkan. Sedangkan emosi negatif menggambarkan rasa marah dan rasa bersalah yang mengekspresikan perasaan kurang baik dan kurang menguntungkan.

Aspek-aspek emosi yang mendasar yang perlu dipertimbangkan, seperti aspek biologi emosi, intensitas, frekwensi dan durasi, rasionalitas dan emosi, dan fungsi emosi. Perkembangan emosi sebenarnya sudah ada semenjak manusia dilahirkan, gejala pertama perilaku emosional adalah keterangsangan umum terhadap stimulasi yang kuat. Perkembangan emosi dapat dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu oleh faktor kematangan dan belajar. Selain itu, faktor yang mempengaruhi emosi seperti kepribadian, waktu, cuaca, aktivitas sosial, tidur, olah raga, usia, dan faktor jenis kelamin.

Perkembangan sosial dapat tergambar dari beberapa tingkah laku sosial, seperti: tidak menerima (membangkang), agresif, kerja sama, persaingan, ingin berkuasa, mementingkan diri sendiri, simpatik, dan sebagainya. Perkembangan sosial anak dapat pula dipengaruhi oleh

perkembangan sosial dalam keluarga, kematangan, status sosial ekonomi, faktor kesehatan dan proses dan tingkat pendidikan.

Indikator aspek emosional yang diharapkan sesuai dengan perkembangan kematangan kejiwaan peserta didik adalah menyangkut faktor kesabaran, sopan santun, dan toleransi dalam menghadapi berbagai persoalan kehidupan sehari-hari.

#### 7. Karakteristik Aspek Spiritual.

Aspek spiritual merupakan aspek yang berhubungan dengan diri sendiri yang meliputi: pengetahuan diri dan sikap seseorang, sedang hubungan dengan alam untuk dapat berkomunikasi dengan alam sekitarnya merupakan ukuran dan acuan untuk ingat kepada sang pencipta (hubungan secara vertikal), yang terlihat dalam tindakan, seperti jujur, dan taat menjalankan perintah dan menghentikan larangannya. Sedang hubungan dengan orang lain (harmonis atau sportif) atau hubungan secara horizontal, hubungan ini merupakan hubungan secara timbal balik atau saling membutuhkan.

#### 8. Perkembangan Spiritual

Perkembangan spiritual sesuai dengan perkembangan dan pertumbuhannya: pertumbuhan bayi dari umur (0 – 2 tahun) terjadinya rasa percaya kepada pengasuh, dan belum memiliki rasa salah atau benar dan keyakinan spiritual, umur pra sekolah (3 – 5 tahun) sangat dipengaruhi oleh sikap orang tua dan meniru apa yang mereka lihat, sering bertanya tentang hal-hal yang berhubungan dengan moral dan kepercayaan, seperti: tentang agama, surga dan neraka. Kemudian usia sekolah (6 – 21 tahun), pada usia ini anak berharap tuhan akan menjawab do'a – do'a mereka. Pada masa ini anak mulai memasuki masa pubertas dan sering mengalami rasa kecewa karena do'a yang mereka mohonkan tidak selalu terkabul.

Para pendidik memberi sebutan anak , karena pada rentang usia ini (6-12 tahun) anak bersekolah di sekolah dasar. Di sekolah dasar, anak diharapkan memperoleh dasar-dasar pengetahuan dan keterampilan yang dianggap penting untuk keberhasilan melanjutkan studi dan penyesuaian

diri dalam kehidupannya kelak. Pada masa ini anak mulai dapat mengambil keputusan dan mulai mencoba membandingkan orang tuanya dengan orang lain, juga mulai membandingkan standar ilmiah dengan standar agama.

Selanjutnya memasuki usia dewasa, anak mulai menyadari arti agama setelah mereka mendapat pertanyaan-pertanyaan dari orang lain atau generasi yang lebih muda dari padanya. Kemudian dari usia dewasa memasuki usia pertengahan dan usia lanjut (lansia). Pada periode ini orang lebih memfokuskan kegiatannya dalam kehidupannya pada kegiatan beribadah kepada tuhan secara taat, jujur dalam perbuatan, bersikap taqwa kepada tuhan sang pencipta.

Aspek intelektual dalam pengetahuan plambing dan sanitasi berhubungan dengan daya tangkap (daya serap), kecerdasan, dan penguasaan materi peserta didik dapat dilihat dari kemajuan belajar peserta didik dalam mengikuti kegiatan proses pembelajaran plambing dan sanitasi.

Aspek Emosional, yang berhubungan dengan aspek emosional dalam proses pembelajaran plambing dan sanitasi yang menyangkut kesabaran, toleransi dan sopan santun, tercermin dalam pelaksanaan praktek bengkel Plambing dan Sanitasi. Peserta didik diberikan pelajaran teori yang berhubungan dengan teori kerja (teori kerja praktek) yang memberikan arah padanya dalam pelaksanaan kegiatan praktek. Akan tetapi, peserta didik yang emosionalnya kurang baik atau menyimpang akan berperilaku seperti tidak sabar, kurang toleran, kurang menghargai sesama, dan berperilaku kurang sopan terhadap teman, bahkan juga mungkin terhadap guru.

Aspek spiritual yang mencakup ketaatan, kejujuran dan ketakwaan, dalam pelaksanaan proses pembelajaran Plambing dan Sanitasi, akan terealisasi dalam bentuk ketaatan peserta didik mengikuti petunjuk dan aturan pelaksanaan yang tertuang dalam bentuk langkah kerja. Kejujuran akan terlihat dalam ketentuan penggunaan bahan praktek yang telah

ditentukan, peserta didik yang kurang jujur biasanya akan mengambil bahan kebutuhannya tanpa minta izin dan melapor pada petugas. Unsur ke taqwaan kepada Tuhan yang maha Esa akan terlihat pada kedisiplinannya terhadap waktu beribadah, misalnya mereka (peserta didik) akan menghentikan kegiatannya disaat harus melaksanakan ibadah sesuai dengan ajara agamanya.

#### 9. Analisis Instruksional

Analisis instruksional merupakan proses penjabaran perilaku umum menjadi perilaku khusus yang tersusun secara logis dan sistematis. Kegiatan ini bertujuan untuk mengidentifikasi perilaku-perilaku khusus yang dapat menggambarkan perilaku umum secara lebih rinci. Pada kurikulum yang berlaku sebelumnya (periode 2006 – 2009), perilaku umum tersebut dituangkan dalam Tujuan Instruksional Umum (TIU) atau sama dengan tujuan umum pembelajaran. Tujuan Umum Pembelajaran dijabarkan menjadi tujuan khusus-tujuan khusus dan indikator-indikator pencapaiannya. Hal ini terkait dengan usaha mengidentifikasi perilaku dan karakteristik awal peserta didik.

Jika dilihat pada kurikulum 2013, perilaku yang bersifat umum tersebut terdapat dalam “kompetensi Inti”. Kompetensi inti dijabarkan menjadi kompetensi dasar-kompetensi dasar. Untuk dan setiap kompetensi dasar dirinci lagi ke dalam bentuk indikator-indikator pencapaian keberhasilannya. Analisis instruksional ini dapat menggambarkan susunan perilaku awal sampai perilaku akhir dari peserta didik. Hal ini akan memberi keyakinan pada guru atau pelaku pembelajaran, bahwa tujuan pembelajaran yang diharapkan dalam kompetensi inti akan dapat dicapai secara efektif.

#### a. Pengelompokan peserta didik berdasarkan karakter Intelektual, karakter emosional, dan karakter spiritual.

##### 1). Karakter Aspek Intelektual

Dari hasil evaluasi, berdasarkan tingkat pencapaian hasil belajarnya, peserta didik dapat dikelompokkan atas daya tangkap



rendah dan tinggi, cerdas dan kurang cerdas, yang menguasai pengetahuan, dan yang tidak menguasai pengetahuan.

2). Karakteristik Aspek Emosional

Dengan mengamati perilaku kehidupan sehari-hari dari peserta didik dapat pula dikelompokkan atas kelompok peserta didik yang penyabar, toleransi, dan sopan santun dalam tindakan.

3). Karakter Aspek Spiritual

Perilaku peserta didik sesuai dengan ajaran agama yang dianutnya dapat dijelaskan berdasarkan sikap dan tingkah lakunya, seperti ketaatannya dalam menjalankan ibadah, selalu jujur, dan taqwa kepada Tuhan Yang Maha Esa.

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

1. Guru pembelajar mengelompokkan aspek intelektual peserta didik sesuai tingkat daya tangkap, tingkat kecerdasan, tingkat penguasaan dan pengetahuan pada mata pelajaran yang diampu.
2. Guru pembelajar mengidentifikasi aspek Emosional, berdasarkan kesabaran, toleransi, dan sopan santun peserta didik sesuai tingkat daya tangkap, tingkat kecerdasan, tingkat penguasaan dan pengetahuan pada mata pelajaran yang diampu.
3. Guru pembelajar menjelaskan Aspek Spiritual sesuai ajaran agama yang di anut berdasarkan ketaatan, kejujuran, dan ketakwaan peserta didik dalam mata pelajaran yang diampu
- .4. Guru pembelajar mendiskusikan hubungan karakter dengan perilaku peserta didik yang berhubungan dengan aspek intelektual, emosional dan spiritual.

#### **E. Rangkuman**

Karakter merupakan perwujudan sifat alami yang terwujud dalam perilaku baik, bertanggung jawab, jujur dalam perbuatan, menghormati orang

lain. Aspek karakter Intelektual mencakup tingkat daya tangkap (daya serap), kecerdasan, dan penguasaan materi. Aspek emosional meliputi kesabaran, toleran, dan sopan santun. Sedang aspek spiritual mencakup ketaatan, kejujuran, dan ketaqwaan. Karakter peserta didik dapat dilihat melalui perilaku dan tindakannya dalam kehidupan sehari-hari.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

Jawablah pertanyaan berikut dengan benar sebelum melanjutkan ke kegiatan selanjutnya.

### **Pertanyaan**

1. Sebutkan apa yang dimaksud dengan karakter !.
2. Faktor apa yang termasuk dalam aspek intelektual !.
3. Sebutkan faktor yang termasuk aspek emosional !.
4. Sebutkan faktor yang termasuk aspek spiritual !.
5. Kapan anak mulai memasuki masa pubertas ?.
6. Sebutkan struktur perilaku secara umum dalam penyusunan pembelajaran!.
7. Sebutkan bagaimana perilaku hierarkikal diterapkan dalam pekerjaan praktek plambing dan sanitasi !
8. Jelaskan kedudukan dan keterkaitan dua perilaku dalam perilaku hierarkikal !.

Kegiatan pembelajaran 2.

## **KESULITAN BELAJAR PESERTA DIDIK**

### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) diharapkan dapat mengidentifikasi kesulitan belajar sesuai capaian intelektual.

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

1. Dapat mendefinisikan kesulitan belajar peserta didik sesuai capaian perkembangan intelektual dalam mata pelajaran yang diampu.
2. Dapat mengelompokkan kesulitan belajar peserta didik sesuai tingkat kesulitan belajarnya.

### **C. Uraian Materi**

Sebelum membicarakan masalah kesulitan belajar, terlebih dahulu perlu diketahui apa itu “belajar”. Di dalam beberapa teori tentang belajar

#### **1. Pengertian Belajar**

Belajar merupakan usaha individu untuk mengetahui dan mengerti tentang sesuatu. Dengan kata lain, belajar adalah mencari jawaban atas pertanyaan “ apa, bagaimana, dan untuk apa” yang timbul dalam diri seseorang tentang sesuatu. Mengutip pendapat beberapa pakar tentang belajar, misalnya, aliran tingkah laku berpendapat bawa belajar adalah perubahan dalam tingkah laku sebagai akibat dari interaksi stimulus dan respon. Perubahan tingkah laku akibat pengaruh obat-obatan, minuman keras atau minuman beralkohol tidak disebut belajar. Dengan kata lain, belajar adalah perubahan kemampuan yang dialami peserta didik untuk bertingkah laku dengan cara yang baru sebagai hasil interaksi antara stimulus dan respon.

Prasetya Irawan,dkk. (1997) bahwa beberapa ahli penganut aliran tingkah laku, seperti Throndiike, Watson, Hull, Guthrie, dan Skinner, masing-masing berpendapat tentang belajar, sebagai berikut:

Thorndike, merupakan salah seorang pendiri aliran tingkah laku berpendapat, bahwa belajar adalah perubahan tingkah laku akibat proses interaksi antara Stimulus dan Respon, yang mungkin berupa pikiran, perasaan, atau berbentuk gerakan. Perubahan tingkah laku tersebut dapat berwujud sesuatu yang nyata (dapat diamati), atau berupa perubahan tingkah laku yang tidak nyata (tidak dapat diamati). Namun, Thorndike tidak menjelaskan bagaimana cara melakukan pengukuran berbagai tingkah laku yang tidak nyata tersebut.

Watson, seorang pelopor yang datang sesudah Thorndike, berpendapat bahwa stimulus dan respon tersebut harus berupa tingkah laku yang dapat diamati (*observable*). Watson kelihatannya mengabaikan berbagai perubahan mental yang mungkin terjadi dalam belajar yang tidak perlu diketahui. Penganut aliran ini lebih memilih untuk tidak memikirkan hal-hal yang tidak bisa diukur, meskipun sebenarnya mereka tetap mengakui bahwa semuanya itu adalah penting.

Beberapa orang ahli lain, seperti Clark Hull, Edwin Guthrie, dan B.F. Skinner, juga menggunakan variabel Stimulus-Respon dalam menjelaskan teori-teori mereka. Ketiga pakar ini mendapat julukan sebagai “pendiri aliran tingkah laku baru” (*Neo Behaviorist*). Namun ketiga ahli ini mempunyai perbedaan dalam beberapa hal yang prinsipil.

Clark Hull salah seorang dari tiga ahli lain yang dikemukakan di atas sangat terpengaruh oleh “teori evolusi” Charles Darwin yang menganggap semua fungsi tingkah laku bermanfaat untuk menjaga kelangsungan hidup. Oleh karena itu dalam teori Hull, kebutuhan hidup, seperti kebutuhan biologis dan pemuasan kebutuhan biologis menempati posisi utama. Namun teori ini, terutama setelah Skinner memperkenalkan teorinya, ternyata tidak banyak dipakai dalam dunia praktis, sekalipun sering digunakan dalam berbagai kegiatan eksperimen di laboratorium.

Edwin Guthrie, menurut pakar ini, stimulus tidak harus berbentuk kebutuhan biologis, tetapi yang penting adalah hubungan antara Stimulus dan Respon cenderung bersifat sementara. Oleh karena itu diperlukan

pemberian stimulus sesering mungkin agar hubungan keduanya dapat bertahan lebih lama. Alasan pendapat ini bahwa suatu respon akan lebih kuat (bahkan menjadi kebiasaan) bila respon tersebut berhubungan dengan berbagai macam stimulus. Sebagai contoh, seseorang sangat sulit meninggalkan kebiasaannya dalam merokok dan minum kopi, karena kebiasaan merokok dan minum kopi banyak berhubungan dengan stimulus lainnya seperti berkumpul dengan teman, ingin tampak gagah, dan stimulus lainnya. Barangkali inilah sebabnya, setiap kali salah satu atau lebih stimulus tersebut muncul, maka keinginan merokok dan minum kopi tersebut segera muncul. Dalam hal ini Guthrie berpendapat, bahwa suatu hukuman yang diberikan dalam situasi dan kondisi yang tepat akan dapat mengubah kebiasaan seseorang.

Dari beberapa pendapat penganut aliran tingkah laku yang dikemukakan di atas dapat disimpulkan, bahwa “belajar” merupakan perubahan tingkah laku akibat terjadinya proses Interaksi antara stimulus dan respon.

## **2. Teori Belajar**

Apakah itu teori belajar ?, Untuk menjawab pertanyaan ini ada baiknya dilihat pendapat Thornburg (1984), dalam Toeti dan Udin (1997), bahwa “teori belajar” merupakan pemahaman tentang konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang bersifat teoritis yang telah diuji kebenarannya melalui eksperimen-eksperimen. Teori belajar berasal dari teori-teori psikologi, terutama yang berhubungan dengan situasi belajar. Teori belajar lebih bersifat deskriptif dalam membicarakan proses belajar, sedang teori instruksional lebih bersifat preskriptif.

Seorang pelaku pembelajaran (guru dan dosen) perlu memahami teori belajar. Lindegren, (1976). Dalam Toeti dan Udin, (1997), mengemukakan beberapa alasan, diantaranya adalah: bahwa teori dapat membantu untuk memahami proses belajar yang terjadi dalam diri peserta didik, memahami kondisi-kondisi dan faktor yang mempengaruhi, memperlancar, atau yang menghambat proses belajar, memungkinkan

melakukan prediksi yang cukup akurat tentang pencapaian hasil dari kegiatan belajar, teori ini merupakan sumber hipotesis atau dugaan-dugaan tentang proses belajar yang dapat diuji kebenarannya melalui eksperimen dan penelitian, dan hipotesis, konsep-konsep, serta prinsip-prinsip ini dapat membantu meningkatkan penampilan seorang pengajar yang efektif.

Dari alasan-alasan yang dikemukakan di atas, maka guru harus membekali dirinya dengan ilmu sesuai dengan mata ajar yang diampunya agar dapat diklasifikasikan sebagai guru yang baik.

### 3. **Beberapa Sudut Pandang Tentang Proses Belajar.**

Bertolak dari perbedaan sudut pandang mengenai proses belajar, maka teori belajar dapat dikelompokkan atas beberapa kelompok, seperti: teori Behaviorisme, kognitif, teori belajar berdasarkan psikologi sosial, dan teori belajar Gagne.

#### 1). Sudut pandang Behaviorisme

Lingkungan memberikan pengaruh yang sangat dominan terhadap manusia, pengaruh lingkungan akan memberikan pengalaman-pengalaman tertentu padanya. Terjadinya proses belajar disini merupakan perubahan tingkah laku yang didasarkan pada paradigma Stimulus dan Respon yang terdiri dari unsur-unsur motivasi atau dorongan. Manusia merasa mempunyai suatu kebutuhan sehingga mereka terdorong untuk memenuhi kebutuhannya tersebut. Selain itu adanya rangsangan atau stimulus. Dengan memberikan stimulus kepada manusia (peserta didik), maka dia akan terangsang dan memberikan respon. Selanjutnya unsur penguatan atau "*reinforcement*" yang perlu diberikan pada peserta didik agar mereka merasa butuh memberikan respon lagi.

Pandangan Behaviorisme menekankan pada tingkah laku nyata yang dapat dilihat, sedang yang terjadi di dalam pikiran tidak menjadi perhatian mereka, oleh karenanya tidak dianggap ilmiah (Leahey & Harris, 1985). Sehingga proses belajar menurut Behavior dianggap

sebagai suatu proses yang mekanistik dan otomatis tanpa membicarakan hal yang terjadi dalam diri peserta didik yang belajar (Galloway, 1978).

a). *Classical conditioning (Pavlov)*

Mereka mendasarkan teorinya atas reaksi sistem tak terkontrol yang terjadi di dalam diri seseorang dan reaksi emosional yang dikontrol oleh sistem saraf otonom dan gerak secara reflek setelah menerima stimulus dari luar.

b). *Operant Conditioning (Skinner)*

Berdasarkan hubungan Stimulus dan Respon, seseorang akan memberikan respon setiap mereka menerima stimulus. Respon yang diberikan bisa bersifat benar atau salah. Respon yang benar perlu diberi penguatan agar mereka tergerak untuk melakukannya kembali.

Pemberian penguatan terhadap respon bisa secara terus menerus, bisa selang seling (*intermittent*). Penguatan secara terus menerus diberikan pada permulaan proses belajar, yaitu setiap ada respon yang benar sesuai dengan yang diharapkan. "*Intermittent reinforcement*" dapat dikelompokkan ke dalam *ratio* dan *interval*, apabila pemberian penguatan tergantung dengan waktu.

Pemberian penguatan dapat pula dikelompokkan atas tetap (*fixed*) dan tidak tetap (*variable*). Berdasarkan hal ini, yaitu berdasarkan jadwal (Leahey&Harris, 1985), dapat diperoleh empat macam pemberian penguatan yang tidak bersifat kontinu, tetapi dikelompokkan kedalam penguatan "*intermittent*".

- (1). Perbandingan tetap, yaitu pemberian penguatan tergantung pada berapa kali individu memberikan respon.
- (2). Perbandingan tidak tetap, disini tetap jumlah respon yang menentukan, tetapi perbandingannya berubah-ubah dari penguatan ke penguatan berikutnya.
- (3). Pemberian penguatan dengan jarak waktu tertentu.
- (4). Pemberian penguatan dengan jarak waktu antara yang tidak tetap.

Akhirnya setelah melakukan percobaan-percobaan pemberian penguatan tersebut, Skinner menyimpulkan atas empat hal, sebagai berikut: (a). setiap langkah dalam proses belajar perlu dibuat pendek-pendek berdasarkan tingkah laku yang pernah dipelajari sebelumnya; (b). penguatan atau imbalan perlu diberikan pada permulaan belajar, baik bersifat kontinu atau tidak; (c). Penguatan harus diberikan sesegera mungkin begitu terlihat ada respon; (d). perlu diberikan kesempatan pada individu untuk mengadakan generalisasi dan diskriminasi stimuli yang diterima, karena hal ini akan memperbesar kemungkinan diperolehnya keberhasilan.

Perbedaan antara (*classical dan conditioning*) terdapat perbedaan dalam hal berikut:

(a). Respon: Menurut Pavlov (*classical conditioning*), respon dikontrol oleh pihak luar, sehingga peran peserta didik bersifat pasif karena untuk mengadakan respon perlu ada stimulus tertentu. Tetapi sebaliknya Skinner berpendapat pihak luar/pengajarlah yang harus menanti respon sesuai yang diharapkan atau respon yang benar; (b). Selanjutnya Pavlov mengatakan, bahwa stimulus yang tidak terkontrol mempunyai hubungan dengan penguatan (*reinforcement*). Karena stimulus itu sendirilah yang menyebabkan adanya pengulangan tingkah laku dan berfungsi sebagai penguatan (*reinforcement*).

## 2). Sudut Pandang Kognitivisme

Berbeda dengan model-model behaviorisme yang mempelajari proses belajar hanya sebagai hubungan antara stimulus dan respon yang bersifat superfisial, maka kognitivisme berbentuk teori yang sering disebut dengan “model kognitif atau perseptual”. Pada model ini tingkah laku seseorang ditentukan oleh persepsi dan pemahamannya tentang situasi yang berhubungan dengan tujuan-tujuan yang ingin dicapai. Menurut teori ini “*belajar adalah perubahan persepsi dan pemahaman*”, yang tidak selalu dapat terlihat sebagai tingkah laku.



Teori ini menekankan bahwa, bagian-bagian suatu situasi saling berhubungan dengan konteks situasi secara keseluruhannya.

### 3). Teori Perkembangan Piaget

Perkembangan kognitif menurut Piaget merupakan suatu proses genetik yang didasarkan atas proses mekanisme biologis yaitu perkembangan sistem saraf. Semakin bertambah umur seseorang akan semakin kompleks susunan sel sarafnya dan makin meningkat pula kemampuannya (Travers, 1976),

Disaat seseorang meningkat dewasa, ia akan mengalami adaptasi biologis dengan lingkungannya yang menyebabkan terjadi perubahan-perubahan kualitatif di dalam struktur kognitifnya. Bila dia menerima informasi atau pengalaman baru, informasi tersebut akan dimodifikasi sehingga sesuai dengan struktur kognitifnya.

### 2). Teori Kognitif Bruner

Bruner menekankan pada adanya pengaruh kebudayaan terhadap tingkah laku seseorang. Menurut Bruner perkembangan kognitif seseorang terjadi melalui tiga tahap yang ditentukan oleh cara mereka memandang lingkungannya. Tahap pertama adalah tahap “enaktif”, yaitu individu-individu melakukan aktivitas-aktivitas dalam usaha memahami lingkungannya, tahap kedua adalah tahap “ikonik”, yaitu melihat gambar-gambar melalui visualisasi verbal, dan tahap ketiga adalah tahap simbolik, dimana gagasan-gagasannya abstrak yang dipengaruhi oleh bahasa dan logika.

### 3). Teori Belajar Ausubel.

Menurut teori ini, banyak teori belajar hanya menekankan pada belajar asosiatif atau menghafal, materi asosiasi dihafal secara arbitrase, seharusnya merupakan suatu asimilasi bermakna. Materi yang dipelajari diasimilasikan dan dihubungkan dengan pengetahuan yang telah dimiliki sebelumnya. Menurut (Reilly & Lewis, 1983), diperlukan dua persyaratan, yaitu materi secara potensial bermakna dan situasi belajar yang bermakna yang dipilih dan diatur oleh guru

sesuai dengan tingkat perkembangan serta pengalaman masa lalu peserta didik.

4). Teori Belajar Berdasarkan Psikologi Sosial.

Pada teori ini, (Hartley & Davies, 1978), Belajar pada hakekatnya merupakan proses alami pada setiap orang ada keinginan untuk belajar yang tidak dapat dihalangi oleh orang lain, karena setiap orang mempunyai rasa ingin tahu, ingin menyerap informasi, ingin mengambil keputusan, serta ingin memecahkan masalah. Menurut teori ini, proses belajar jarang terjadi dalam keadaan sendiri, tetapi terjadi melalui interaksi-interaksi, sehingga yang dapat menimbulkan respon.

Banyak lagi teori-teori lain tentang belajar, seperti teori Gagne, teori instruksional dengan pendekatan tingkah laku, teori instruksional konstruk Kognitif, teori instruksional berdasarkan prinsip-prinsip belajar, berdasarkan analisis tugas, bergasarkan Psikologi Humanistik, danteori belajar lainnya yang tidak dibahas disini.

#### **4. Kesulitan Belajar**

Dari beberapa pendapat para ilmuwan tentang pengertian teori belajar seperti yang telah dibicarakan di atas, salah satunya yang dikemukakan Thornburg (1984), bahwa “teori belajar” merupakan pemahaman tentang konsep-konsep dan prinsip-prinsip yang bersifat teoritis. Beberapa pendapat lain tentang pengertian kesulitan belajar dari beberapa sumber, misalnya, Askury (1999), bahwa kesulitan belajar adalah suatu gejala atau hambatan-hambatan dalam proses pembelajaran.

Bertolak dari pengertian teori belajar di atas, kesulitan belajar dapat didefinisikan sebagai berikut:”Kesulitan belajar” adalah kesulitan yang dialami peserta didik dalam memahami konsep-konsep dan prinsip-prinsip teoritis dalam proses belajar.

Gejala dari kesulitan belajar dapat diketahui melalui gejala seperti, sulitnya peserta didik mencapai ketuntasan belajar dalam suatu materi

pelajaran tertentu atau semua materi pelajaran yang diterimanya dalam proses pembelajaran. Demikian pula halnya dalam mata pelajaran Plambing dan Sanitasi, peserta didik mengalami kesulitan belajar yang berasal dari faktor Internal dan faktor eksternal.

a. Faktor Internal

Kesulitan belajar yang berasal dari faktor internal atau faktor yang berasal dari dalam diri peserta didik sendiri, seperti: akibat terganggunya kesehatan, kelainan pendengaran dan penglihatan, konsentrasi belajar, sikap belajar, motivasi belajar, rasa percaya diri, kebiasaan belajar, inteligensi, cita-cita, dan lain sebagainya.

b. Faktor Eksternal

Faktor kesulitan belajar dapat pula berasal dari luar diri peserta didik yang menyebabkan mereka mengalami kesulitan belajar, antara lain: faktor lingkungan sosial di sekolah, sarana dan prasarana pembelajaran, rancangan kegiatan pembelajaran, kebijakan penilaian, faktor kurikulum sekolah, faktor yang disebabkan oleh gurunya sendiri. dan faktor lainnya yang berhubungan dengan proses pembelajaran yang di alami oleh peserta didik.

c. Gejala Kesulitan Belajar

Peserta didik yang mengalami kesulitan belajar dapat diamati melalui latar belakang permasalahan penyebab timbulnya kesulitan tersebut, seperti terjadi kekacauan belajar (*learning disorder*), rendahnya kemampuan belajar peserta didik (*learning disability*), menurunnya fungsi pembelajaran peserta didik (*learning disfuntion*), rendahnya kemampuan peserta didik (*under achiever*), lambat dalam belajar (*slow learner*).

d. Faktor-faktor yang mempengaruhi Proses Belajar

Banyak faktor yang dapat mempengaruhi pproses belajar, baik yang berasal dari dalam diri, dan yang berasal dari luar diri peserta didik itu sendiri, maupun faktor lingkungan yang perlu dimanipulasinya. Karakteristik peserta didik yang penting diketahui yang dapat

mempengaruhi proses belajar adalah yang berhubungan dengan kemampuan peserta didik, motivasi, perhatian, persepsi, pemrosesan informasi mencakup ingatan, lupa, retensi, transfer, faktor dari luar seperti kondisi belajar, tujuan belajar, dan pemberian umpan balik.

## **5. Mendiagnosis Kesulitan Belajar**

Untuk menentukan masalah atau ketidak mampuan peserta didik dalam belajar dapat dilakukan dengan meneliti latar belakang penyebab terjadinya masalah tersebut. Gejala yang dapat terlihat seperti telah dikemukakan di atas, yaitu adanya kekacauan belajar, kemampuan rendah, menurunnya fungsi pembelajaran, dan lambat dalam belajar.

Analisis perilaku dapat dilihat dari: cepat atau lambatnya menyelesaikan tugas, kehadiran dan ketekunan belajar, peran serta dalam tugas kelompok, dan kemampuan kerjasama dan penyesuaian sosial. Analisis melalui prestasi belajar dapat diketahui dengan membandingkan skor prestasi yang diperoleh dengan rata-rata kelas, sedang menentukan aspek yang dirasakan peserta didik dilakukan dengan memeriksa perolehan hasil tes.

## **6. Menentukan Faktor Penyebab Kesulitan Belajar**

Penyebab terjadinya kesulitan belajar dapat berasal dari dalam diri (internal), secara umum timbul akibat aspek fisik dan psikologis dan dari luar diri (eksternal) berasal dari lingkungan sosial dan non sosial.

## **7. Perkiraan Alternatif Bantuan**

Untuk memperkirakan kemungkinan bantuan yang akan diberikan, terlebih dahulu harus ditanyakan beberapa pertanyaan berikut:

- a. Apakah peserta didik yang mengalami kesulitan tersebut masih mungkin untuk ditolong.
- b. Berapa lama waktu diperlukan untuk mengatasi kesulitan.
- c. Kapan dan dimana pertolongan dapat diberikan.

- d. Siapa yang dapat memberikan pertolongan yang dibutuhkan.

Selanjutnya menetapkan kemungkinan cara untuk mengatasi kesulitan tersebut, langkah ini untuk menentukan bantuan atau usaha penyembuhan yang diperlukan. Selanjutnya perlu pula dikomunikasikan dengan pihak-pihak yang berkepentingan atau pihak yang terlibat dalam pemberian bantuan.

## **8. Merealisasikan Bantuan**

Realisasi pemberian bantuan berupa kegiatan nyata, yaitu memberikan pertolongan sebagai realisasi langkah sebelumnya, melibatkan pihak-pihak yang dianggap dapat memberikan pertolongan, memantau perkembangan dan mengevaluasi hasil pertolongan yang telah dilakukan.

## **9. Gejala kesulitan belajar dalam mata pelajaran Plambing dan Sanitasi.**

Gejala kesulitan belajar peserta didik dalam Plambing dan Sanitasi dapat dikelompokkan sebagai berikut:

- a. Kelompok yang mengalami kekacauan belajar (*learning disorder*), ditandai dengan kurangnya konsentrasi peserta didik dalam proses pembelajaran sedang berlangsung.
- b. Rendahnya kemampuan belajar peserta didik (*learning disability*) yang ditandai dengan kurang mampunya peserta didik mencerna materi yang disampaikan.
- c. Menurunnya fungsi pembelajaran peserta didik (*learning disfunction*), yang ditandai dengan sulitnya peserta didik memahami pelajaran, sekalipun telah digunakan beberapa media (alat bantu pembelajaran).
- d. Rendahnya kemampuan peserta didik (*under achiever*), terlihat dari rendahnya perolehan skor hasil tes yang dilakukan.
- e. Lambat dalam belajar (*slow learner*), daya tangkap yang rendah, ini terungkap dari seringnya peserta didik minta dilakukan pengulangan

penjelasan dalam proses pembelajaran, sekalipun sudah dilakukan dengan berbagai metoda untuk menjelaskannya.

## D. Aktivitas Pembelajaran

1. Guru pembelajar mendefinisikan kesulitan belajar peserta didik sesuai capaian perkembangan intelektual dalam mata pelajaran yang diampu.
2. Guru pembelajar mengelompokkan kesulitan belajar peserta didik sesuai tingkat kesulitan dalam mata pelajaran yang diampu, yaitu: a. Kelompok yang mengalami kekacauan belajar (*learning disorder*), ditandai dengan kurangnya konsentrasi peserta didik dalam proses pembelajaran sedang berlangsung. b. Rendahnya kemampuan belajar peserta didik (*learning disability*) yang ditandai dengan kurang mampunya peserta didik mencerna materi yang disampaikan. c. Menurunnya fungsi pembelajaran peserta didik (*learning disfunction*), yang ditandai dengan sulitnya peserta didik memahami pelajaran, sekalipun telah digunakan beberapa media (alat bantu pembelajaran). d. Rendahnya kemampuan peserta didik (*under achiever*), terlihat dari rendahnya perolehan skor hasil tes yang dilakukan. e. Lambat dalam belajar (*slow learner*), daya tangkap yang rendah, ini terungkap dari seringnya peserta didik minta dilakukan pengulangan membuat rancangan pembelajaran dalam mata pelajaran yang diampu.

## E. Rangkuman

Beberapa pakar tentang belajar, misalnya, aliran tingkah laku berpendapat bawa belajar adalah perubahan dalam tingkah laku sebagai akibat dari interaksi stimulus dan respon.

Faktor-faktor yang dapat mempengaruhi proses pembelajaran, secara umum dapat berasal dari diri sendiri (faktor internal), dan faktor yang berasal dari luar (faktor eksternal).

Dilihat dari gejalanya kesulitan belajar dapat dibedakan atas,

1. kekacauan belajar (*learning disorder*) . 2. kurangnya kemampuan belajar peserta didik (*learning disability*). 3. menurunnya fungsi pembelajaran peserta didik (*learning disfunction*), 4. rendahnya kemampuan peserta didik (*under achiever* ). 5. lambat dalam belajar (*slow learner*),

Untuk mengetahui kesulitan belajar peserta didik dapat dilakukan diagnosis kesulitan belajar.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

1. Bagaimana pendapat aliran tingkah laku Misalnya “Throndike” tentang belajar ?.
2. Bagaimana sudut pandang behaviorisme tentang proses belajar ?.
3. Kenapa perlu memberi penguatan terhadap respon yang benar ?.
4. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi proses belajar ?.
5. Berdasarkan gejalanya kesulitan belajar dapat dibedakan atas berapa faktor ?

### **Kegiatan Pembelajaran 3**

## **PENGLOLAAN SISTEM PENYEDIAAN AIR BERSIH SISTEM PLAMING**

### **ANALISIS SUMBER PENYEDIAAN AIR BERSIH**

#### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi pembelajaran ini, diharapkan guru (peserta didik) memiliki pengetahuan tentang pengelolaan sistem penyediaan air bersih untuk sistem plaming, terutama dalam memilih sumber air permukaan yang memenuhi standar kualitas air bersih yang berlaku.

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

Dapat menjelaskan dan memilih sumber air permukaan yang memenuhi persyaratan air bersih sesuai dengan kebutuhan dan peruntukannya.

#### **C. Uraian Materi**

##### **AIR PERMUKAAN**

Air permukaan adalah air yang terdapat di permukaan tanah, baik dalam bentuk genangan air maupun dalam bentuk aliran yang dapat dijadikan sebagai sumber penyediaan air bersih untuk memenuhi kebutuhan air dalam kehidupan.

Semua bentuk air yang terdapat di permukaan bumi terjadi akibat adanya jatuhnya air yang disebut "hujan". Sebagian dari air hujan mengalir di permukaan dan sebagian yang lain meresap ke dalam tanah menjadi air tanah, dan air tanah dapat pula muncul ke permukaan dalam bentuk aliran yang disebut "mata air". Akibat panas matahari, sebagian air menguap ke udara berubah menjadi awan, dan bila awan mencapai titik kulminasinya akan



berubah menjadi butiran-butiran air, kemudian butiran-butiran air tersebut jatuh ke permukaan dan terjadilah hujan, kejadian tersebut terjadi secara berulang yang disebut dengan “siklus hidrologi”.

### **1. Hujan (*Precipitation*)**

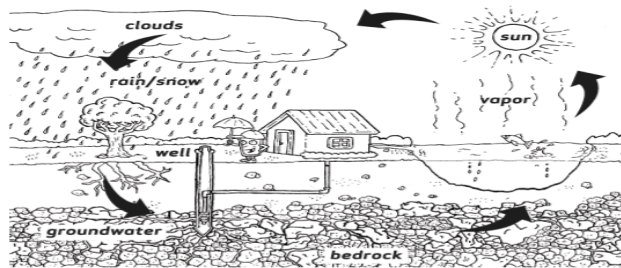
Hujan merupakan sumber utama dari semua air yang ada di bumi dan termasuk curah hujan, jatuhnya salju, dan hujan es. Semua sumber air menerima air dari hujan. Selanjutnya air hujan pergi dalam beberapa cara berikut: a. Aliran permukaan (*Run-off*), b. Perkolasi (*percolation*),

c. Evaporasi (*evaporation*) , d. Transpirasi (*transpiration*)

Air yang memasuki atmosphere oleh evaporasi dan transpirasi kembali lagi sebagai butiran-butiran air (*presipitation*) dibawah kondisi puncak beruap. Dalam keadaan ini secara terus menerus air melalui suatu siklus dan mempertahankan air dalam masing-masing sumbernya. Gambar 3.1. memperlihatkan proses terjadinya hujan.

### **2. Curah Hujan**

Air menguap dari permukaan-permukaan yang basah, danau, sungai, dan penguapan dari daun-daun pohon, akibat panas matahari sebagaimana digambarkan pada siklus air (lihat gambar 3. 1). Air menguap ke udara dan berubah menjadi dingin akibat perubahan tekanan. Dalam keadaan ini air berkumpul di atmosphere pada ketinggian yang lebih tinggi. Apabila temperatur turun mencapai titik embun uap air membentuk tetes-tetes air, akibat beratnya sendiri air tidak dapat bertahan di udara dan jatuh dalam bentuk hujan.



Gambar 3. 1. Proses Terjadinya Hujan

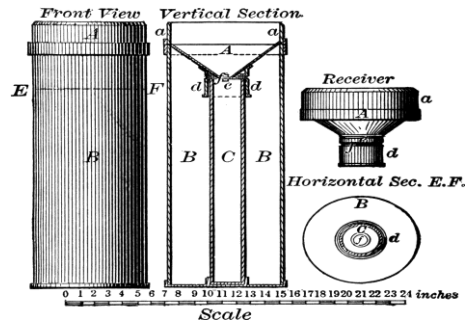
( Sumber: Gambar Google, <https://www.google.co.id>.)

#### a. Pengukuran Curah Hujan

Curah hujan pada suatu tempat diukur dalam milimeter (mm) air dengan bantuan alat pencatat hujan standar. Jumlah curah hujan pada suatu tempat selama satu periode dihitung berdasarkan kedalaman air yang terkumpul pada suatu tinggi permukaan jika tidak ada kehilangan air dalam perjalanan seperti percolasi, evaporasi, dan lain-lain.

Di India pada umumnya digunakan alat pengukur hujan "*symon's Raingauge*". Sebagaimana diperlihatkan pada gambar 3. 2. adalah "*symon's Raingauge*" yang terdiri dari bagian-bagian gelas ukur yang terpasang dengan diameter yang sama dengan gelas pada puncaknya. Alat tersebut dipasang pada blok beton di lapangan terbuka, air hujan yang masuk alat tidak terganggu pada setiap waktu. Alat ini memberikan ukuran curah hujan secara langsung dalam milimeter (mm) dengan tingkat keakuratan 1mm.

Dalam hal ini digunakan alat pencatat berbentuk drum dengan pena pencatat yang dilengkapi dengan kertas grafik yang merekam intensitas curah hujan yang bervariasi dalam waktu yang berbeda.

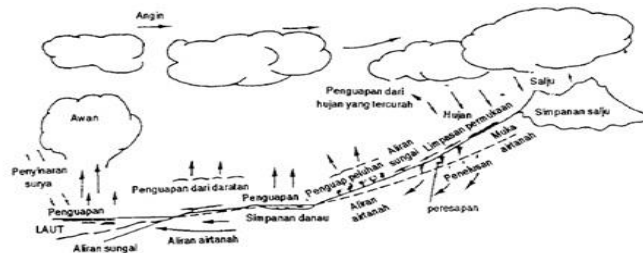


Gambar 3. 2. Pengukur Curah Hujan

(Sumber: Gbr. <https://www.google.co.id>)

b. Limpasan (*Runoff*)

Sewaktu air hujan jatuh kepermukaan, sebagian masuk ke lapisan tanah (*percolate*), sebagian menguap ke udara dan sebagian mengalir di permukaan tanah (*surface runoff*) dan sampai ke sungai dan aliran-aliran air. Sebagian air yang masuk ke lapisan tanah keluar dalam bentuk mata air (*spring*) yang memancar atau mengalir. Sejumlah air yang mencapai aliran atau sungai yang mengalir di permukaan tersebut dikenal sebagai limpasan (*Runoff*).



Gambar 3. 3. Aliran Permukaan (Surface Runoff)

(Sumber: Gbr. <https://www.google.co.id>)

c. Kehilangan Dalam Limpasan

Limpasan aktual adalah sama dengan total jatuhnya hujan dikurang dengan kehilangan pada penguapan, penyerapan dan penyaringan (*percolation*) ke dalam lapisan tanah. Kehilangan ini sangat sulit

diperkirakan, baik secara sebagian maupun secara kolektif. Kehilangan ini bervariasi secara besar dalam daerah yang berbeda, tergantung pada kondisi fisik dan kondisi geologi tanah dan atmosphere. Apabila hujan jatuh pada daerah kering, yang pertama air diserap oleh tanah dan oleh tumbuh-tumbuhan. Jika hujan berlanjut setelah tanah jenuh oleh air, sebagian air terkumpul pada empang, danau dan sepanjang aliran yang terbentuk selama hujan. Sebagian air menguap akibat panas matahari atau angin kering dan sebagian meresap ke dalam tanah dan menjadi bagian dari air tanah dan mengalir di bawah tanah ke arah lautan. Aliran di bawah tanah dapat mengisi ruangan-ruangan kosong dalam tanah atau keluar dalam bentuk mata air (*spring*).

Kehilangan limpasan dalam garis besarnya dapat diklasifikasikan sebagai berikut:1). Kehilangan oleh penguapan (*evaporation*), 2). Kehilangan oleh perkolasi (*percolation*), 3). Kehilangan oleh penyerapan

#### d. Sumber-sumber Air

Secara garis besarnya semua sumber air yang ada dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

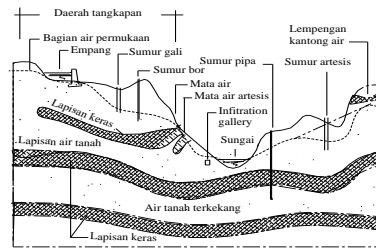
##### 1). Sumber permukaan

Sumber permukaan selanjutnya dapat pula dibedakan atas beberapa macam seperti berikut:

- (a). Aliran-aliran air, (b). Danau, (c). Kolam atau empang, (d). Sungai, (e). Kolam-kolam penyimpanan air, (f) .Penyimpanan air hujan dan cadangan air.

##### 2). Sumber bawah tanah

Sumber bawah tanah selanjutnya dapat pula dibedakan atas beberapa macam seperti berikut:(a). Mata air, (b) .Serambi infiltrasi (*infiltration gallery*), (c) .Serambi pipa porous, (d). Berbagai macam sumur



Gambar 3. 4. Sumber Air

Sumber: (Birdi, 1976)

e. Keberadaan Air Permukaan Dipandang Dari segi Kualitas dan kuantitasnya.

Curah hujan secara langsung mempengaruhi jumlah air permukaan. Sebagaimana diketahui hujan tidak terjadi sepanjang tahun, jumlah air permukaan juga mempunyai variasi yang sangat besar. Penambahan air ke sungai dan mata air menjadi maksimum di musim hujan dan minimum di musim panas. Jika jumlah air di musim panas tidak memenuhi kebutuhan, maka harus disimpan dalam kolam penyimpanan air. Memilih lokasi dam atau kolam penyimpanan harus berhati-hati sebagaimana telah didiskusikan sebelum ini. Di daerah perbukitan yang memiliki danau yang besar, membangun penyimpanan air buatan tidak diperlukan.

Air permukaan pada umumnya berisi kotoran pencemar yang sangat banyak berupa kotoran terapung dan kotoran terlarut. Air permukaan terkontaminasi oleh kotoran selama dalam perjalanan atau mengalir di atas permukaan tanah. Kotoran mengapung berisi bakteri penyakit, oleh karenanya, air permukaan tidak boleh digunakan sebelum diolah. Di dalam danau dan kolam penyimpan air, kotoran mengapung akan mengendap ke dasar danau atau kolam, tetapi pada dasar danau atau kolam tersebut akan tumbuh bermacam tumbuhan air seperti alga, rumput, nabati dan tumbuhan organik, yang menimbulkan polusi pada air sungai pada jarak tertentu. Oleh karena itu pengambilan air sungai untuk

keperluan penyediaan air bersih, bangunan pengambilan (*intake*) harus dibangun pada bagian sisi atas aliran, yang bebas dari pencemaran dan juga air buangan..

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

1. Guru pembelajar menjelaskan bermacam macam sumber air dan sumber air permukaan
2. Guru pembelajar memilih dan menentukan sumber air permukaan yang dapat dijadikan sebagai sumber air bersih untuk memenuhi keperluan penyediaan air bersih sehari-hari.
3. Guru pembelajar mendiskusikan dalam kelompok diskusi untuk memilih salah satu sumber air permukaan sebagai sumber penyediaan air bersih yang dipilih dalam kelompoknya.
4. Masing-masing kelompok guru pembelajar mempresentasikan pilihan kelompoknya, dan kelompok lain sebagai penanggap.

#### **E. Rangkuman**

Hujan merupakan sumber utama terjadinya sumber air permukaan seperti , Aliran-aliran air, danau, kolam atau empang, sungai, kolam-kolam penyimpanan air, penyimpanan air hujan dan cadangan air. Akan tetapi jumlah air permukaan mempunyai variasi yang sangat besar dan tergantung pada sering atau tidaknya terjadi hujan. Air permukaan pada umumnya telah terkontaminasi oleh kotoran yang berisi bakteri penyakit selama dalam perjalanan atau selama mengalir di atas permukaan tanah. Oleh karenanya, air permukaan tidak boleh digunakan secara langsung sebelum dilakukan pengolahan. Dalam memilih sumber air permukaan sebagai sumber penyediaan air bersih, disamping kuantitas dan kualitasnya perlu pula dipertimbangkan jarak dan lokasi sumber dari daerah si pemakai air.

## F. Umpan Balik

Sebelum melanjutkan pada kegiatan pembelajaran berikutnya, jawablah terlebih dahulu pertanyaan-pertanyaan berikut secara tuntas.

### Pertanyaan- Pertanyaan

1. Apa yang anda ketahui tentang hujan?
2. Bagaimana mengukur curah hujan ?.
3. Apa yang dimaksud dengan istilah *run-off* (limpasan) ?.
4. Sebutkan macam-macam kehilangan air dalam limpasan?
5. Kenapa kehilangan air dalam limpasan sulit diukur ?.
6. Atas dasar apa pemilihan sumber permukaan dilakukan untuk penyediaan air bersih pada suatu kota ?.
7. Tulis catatan singkat tentang hal berikut:(a). Aliran air (*stream*), (b). Sungai, (c). Danau, (d). Kolam.
8. Faktor apa yang menentukan besarnya jumlah kehilangan akibat perkolasi atau aliran permukaan !.

## SUMBER AIR PERMUKAAN

### A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) dapat memilih sumber air permukaan.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Dapat memilih sumber air permukaan
2. Dapat menganalisis kualitas air permukaan

### C. Uraian Materi

Pada bagian berikut ini hanya akan dibahas mengenai sumber air permukaan (*surface water*). Sedang sumber bawah tanah akan dibahas dalam bagian tersendiri. Sumber air permukaan terdiri dari aliran-aliran, sungai, danau, kolam, kolam penyimpanan air, empang, dan sumber air permukaan lainnya.

#### 1. Aliran-aliran air

Di daerah-daerah pegunungan aliran air dibentuk oleh curah hujan. Pemasukan ke dalam aliran pada musim hujan sangat besar jumlahnya dari pada musim-musim lainnya. Aliran tersebut akan kering dalam musim panas dan akan berisi air hanya selama terjadi curah hujan, aliran seperti ini disebut "*Rainy Streams*" (aliran hujan). Kualitas air dalam aliran secara normal adalah "baik" kecuali air pada pertama mengalir. Tetapi kadang-kadang air hujan selama mengalir di permukaan bercampur dengan tanah liat, pasir dan bahan pencemar lainnya.

#### 2. Danau

Pada beberapa tempat di daerah pegunungan terbentuk kolam-kolam alami dengan lapisan dasar yang keras. Air yang berasal dari mata air dan aliran-aliran secara umum mengalir menuju kolam-kolam dan



membentuk danau. Jumlah air pada danau tergantung pada kapasitas kolam-kolamnya, daerah tangkapan, curah hujan tahunan, porositas tanah, dan lain-lain.

### **3. Sungai**

Sungai muncul dari daerah perbukitan, bila pengisian dalam jumlah yang besar dari mata air dan aliran-aliran yang bergabung bersamasama. Di daerah pegunungan jumlah air sungai relatif kecil, oleh karena itu di tempat demikian sungai disebut sebagai sungai kecil. Tetapi sebagai mana sungai terus mengalir dan aliran-aliran yang ada terus bergabung menambah jumlah air sungai. Oleh karena itu sungai bertumbuh menjadi lebih besar dan bertambah besar sepanjang pengaliran di daerah tangkapannya. Sungai merupakan sumber air permukaan yang mempunyai jumlah air maksimum yang dapat diambil dengan mudah, demikianlah semenjak dahulu kota-kota kecil dan kota-kota besar mulai berkembang di sepanjang aliran sungai.

### **4. Kolam penyimpanan air**

Biasanya selama musim panas air yang terdapat pada sungai-sungai yang ada sangat bervariasi jumlahnya. Beberapa sungai mempunyai aliran air yang cukup untuk mengatasi keperluan air di musim panas, tetapi aliran beberapa sungai lainnya menjadi sangat kecil dan tidak dapat memenuhi kebutuhan air selama musim panas. Dalam hal seperti ini menjadi penting untuk menyimpan air guna memenuhi keperluan selama musim panas tersebut berlangsung. Air dapat disimpan di sungai dengan membangun bak penyimpanan air, dam atau kolam air dengan ukuran luas dan kedalaman air tertentu.

### **5. Penyimpanan air hujan**

Di beberapa tempat yang sulit untuk mendapatkan air tanah maupun air permukaan, satu-satunya cara adalah menyimpan air hujan dari atap bangunan dalam suatu cadangan atau tanki . Air hujan dari atap bangunan dan halaman dikumpulkan pada tanki kedap air dengan menggunakan saluran. Air yang tersimpan harus dicegah dari

kontaminasi pencemaran. Jumlah air yang disimpan dengan cara ini terbatas dan tidak mungkin digunakan untuk perencanaan penyediaan air bersih dalam jumlah yang besar.

#### **6. Kualitas dan kuantitas air Permukaan**

Curah hujan secara langsung mempengaruhi jumlah air permukaan. Sebagaimana diketahui hujan tidak terjadi sepanjang tahun, jumlah air permukaan juga mempunyai variasi yang sangat besar. Penambahan air ke sungai dan mata air menjadi maksimum di musim hujan dan minimum di musim panas. Jika jumlah air di musim panas tidak memenuhi kebutuhan, maka harus disimpan dalam kolam penyimpanan air. Memilih lokasi dam atau kolam penyimpanan harus berhati-hati sebagaimana telah didiskusikan sebelum ini. Di daerah perbukitan yang memiliki danau yang besar, membangun penyimpanan air buatan tidak diperlukan.

Air permukaan pada umumnya berisi kotoran pencemar yang sangat banyak berupa kotoran terapung dan kotoran terlarut. Air permukaan terkontaminasi oleh kotoran selama dalam perjalanan atau mengalir di atas permukaan tanah. Kotoran mengapung berisi bakteri penyakit, oleh karenanya, air permukaan tidak boleh digunakan sebelum diolah.

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

1. Guru pembelajar membaca materi secara runtut sumber-sumber air permukaan dan menentukan sumber permukaan yang cocok dijadikan sebagai sumber penyedia air bersih.
2. Guru pembelajar mengemukakan alasan-alasan kenapa memilih sumber tersebut.
3. Mendiskusikan bagian-bagian materi yang kurang dipahami oleh peserta didik dengan nara sumber atau instruktur.

## E. Rangkuman

Secara umum sumber air permukaan dapat dibedakan atas beberapa bentuk sumber air, seperti aliran-aliran air, danau, sungai, kolam, kolam penyimpanan air, dan penyimpanan air hujan. Ditinjau dari segi kualitasnya, sumber air permukaan mengandung sejumlah unsur pencemar yang membuat air permukaan tidak dapat dikonsumsi secara langsung sebelum dilakukan pengolahan. Sedangkan ditinjau dari kuantitasnya, sumber air permukaan sangat bervariasi.

Dalam menentukan sumber air yang akan dijadikan sumber penyediaan air bersih perlu beberapa pertimbangan, seperti: kualitas dan kuantitas air pada sumber, lokasi sumber, dan jarak sumber dari daerah yang akan disuplai

## F. Umpan Balik Dan Tindak Lanjut

### Pertanyaan- Pertanyaan

1. Di bawah keadaan bagaimana pembangunan bak penyimpanan air (*imponded* reservoir) dilakukan?
2. Fakto-faktor apakah yang harus dipertimbangkan sewaktu memilih lokasi penempatan kolam penyimpanan air ?.
3. Bagaimana menghilangkan zat-zat pencemar pada aliran air permukaan bila akan dijadikan sebagai sumber penyediaan air bersih?.
4. Tindakan apa yang harus dilakukan sebelum menggunakan air permukaan sebagai sumber air bersih?.
5. Apa yang harus diperhatikan sebelum menentukan lokasi pembangunan kolam penyimpanan air?.

## PERSYARATAN PENYEDIAAN AIR BERSIH

### A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) memiliki pengetahuan tentang pencemaran air dan efek pencemaran, serta persyaratan air bersih sesuai peraturan yang berlaku.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

1. Pencemaran dan substansi pencemaran air.
2. Efek pencemaran air terhadap kesucian air.
3. Standar kualitas yang memenuhi persyaratan air bersih.

### C. Uraian Materi

#### 1. Pencemaran

Secara umum, semua bentuk dari pencemaran air dapat dikategorikan sebagai berikut:

##### a. Kotoran terapung

Pencemar terapung meliputi tanah liat (*clay*), alga, cendawan, zat organik dan anorganik, mineral, dan lain-lain. Semua zat pencemar ini bersifat microscopic dan menimbulkan kekeruhan (*turbidity*) dalam air.

##### b. Pencemar berupa koloid

Merupakan benda yang sangat halus berbentuk partikel, yang tidak dapat dipisahkan dengan saringan biasa dan tidak terlihat dengan mata..

Sebagai suatu unsur semua koloidal pencemar bermuatan listrik dan selalu bergerak dalam air. Sementara itu, asam (*acid*) atau bahan-bahan netral seperti glass silika dan sejumlah partikel organik menerima muatan listrik dalam air netral, sedangkan bahan-bahan dasar seperti oksida metalik (*metallic oxides*)  $Al_2O_3$  dan  $Fe_2O_3$

adalah bermuatan positif. Keadaan tersebut menyebabkan koloid tersebut sulit untuk diendapkan. Zat pencemar berupa koloid ini umumnya mengandung berbagaimacam bakteri atau bibit penyakit yang menyebabkan air tidak sehat (tercemar). Ukuran koloid ini berkisar antara satu micron ( $1\mu = 0,001\text{mm}$ ) sampai satu millimicron ( $1\mu\mu = 0,000001\text{mm}$ ).

**c. Zat pencemar terlarut**

Larutan pencemar ini dapat berupa bahan organik, anorganik, garam dan gas. Konsentrasi dari total larutan biasanya digambarkan dalam “p.p.m” (part per milion) dan dapat ditentukan dengan menimbang berat residu yang berasal dari penyaringan sampel air setelah diuapkan.

**2. Substansi Pencemaran Air**

Ada beberapa substansi yang mungkin terdapat di dalam air, tabel berikut menunjukkan beberapa zat pencemar yang dapat merusak kesucian air. (Lihat tabel 5.1) berikut.

Tabel. 5.1. Beberapa Substansi Pencemar Dalam Air Alam

Substansi atau zat	Zat-zat Terapung	Berupa Koloid	Terlarut		
			Bukan Ion	Ion Positif	Ion Negatif
Substansi Mineral	Pasir	Silika $\text{SiO}_2$		Calcium $\text{Ca}^{++}$	Chlorida $\text{Cl}^-$ Bikarbonat
	tanah liat (clay)	Clay		Sodium $\text{Na}^+$	$\text{HCO}_3^-$
	Bahan anorganik lain	Oksida besi $\text{Fe}_2\text{O}_3$		Potassium $\text{K}^+$	Sulphate $\text{SO}_4^-$ Nitrat $\text{NO}_3^-$
	Tanah, dll	Alumina $\text{Al}_2\text{O}_3$		Besi $\text{Fe}^{++}$	Carbonat $\text{C O}_3^-$
		Oksida		Mangan $\text{Mn}^{++}$	Hydroxyl $\text{OH}^-$
		Mangan $\text{MnO}_2$		Hidrogen $\text{H}^+$	Silicat $\text{HsiO}_2$ Iodida $\text{I}^-$
					Phosphat $\text{HPO}_4^-$ Borat $\text{H}_2\text{BO}_3$

Substansi Organik	Lapisan Perakakan dan pengkondisian, Bahan Organik	Organik sayuran dan bahan pewarna	Organik sayuran dan bahan dll	Ammonia (NH <sub>3</sub> ) Carbonic Acid (H <sub>2</sub> CO <sub>3</sub> ) Dan Bhn organik lain	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) Hydrogen Carb Acid Dan Bhn organik lain	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) Hydrogen Carb Acid Dan Bhn organik lain	Ammonium (NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ) Hydrogen Carb Acid Dan Bhn organik lain	Nitrat (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ) Dan Asam Organik Lain	Nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> ) Dan Asam Organik Lain	Nitros (NO)	Nitric Oxide (NO <sub>2</sub> )	Nitrous Oxide (NO)
Gas				Oxygen Carbon Dioxide Nitrogen Hydrogen Methan Ammonia dan gas lainnya								
Organisme hidup	Algae, Ikan Dan binatang kecil	Bakteri, virus, Algae dan binatang kecil lainnya										

Sumber: Water supply and sanitary Engineering, G.S. Birdi (1976)

### 3. Analisis Kualitas Air

Menganalisis air dari suatu sumber bertujuan untuk menemukan bermacam-macam zat pencemar yang terdapat di dalamnya. Berdasarkan zat-zat yang terkandung di dalamnya dibuat perencanaan perlakuan atau bentuk pengolahan yang akan dilakukan. Oleh karenanya analisis air sangat perlu dilakukan sebelum membuat perencanaan penyediaan air bersih. Hal yang sama dilakukan setelah pengolahan air, dilakukan analisis kembali untuk melihat apakah air sudah bersih atau belum. Pengolahan air sebelum didistribusikan kepada sipemakai dilakukan untuk mendapatkan kualitas air yang memenuhi sesuai dengan standar yang ditetapkan oleh Dep. Kes. R.I.

Pengolahan atau perlakuan yang akan dilakukan terhadap air tergantung pada kualitas air yang terdapat pada sumber tersebut. Secara umum, tes yang dilakukan selama proses analisis adalah sebagai berikut:

- a. Tes fisik (*physical tests*), b. Tes Kimia (*Chemical tests*), c. Tes Biologi (*Biological tests*).

### **1). Tes Fisik (Physical tests)**

Tes fisik yang dilakukan dalam menganalisis kualitas air meliputi :

#### (a). Temperatur

Temperatur yang layak penyediaan air untuk umum adalah antara 4,4°C sampai 10°C. Temperatur di atas 26°C tidak layak dan di atas 35°C tidak cocok untuk penyediaan air bersih.

#### (b). Warna

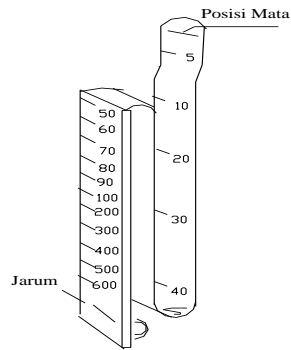
Sebelum pengujian warna air dilakukan, pertama semua benda-benda mengapung dipisahkan terlebih dahulu dari dalam air dengan gaya sentrifugal dalam suatu alat khusus. Setelah itu warna air dibandingkan dengan suatu warna standar (*colour disk*).

#### (c). Kekeruhan

Umumnya airtanah mempunyai tingkat kekeruhan yang relatif rendah dibanding dengan air permukaan.

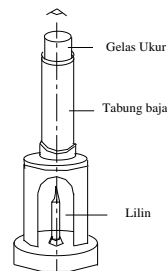
Dengan kata lain, kekeruhan yang dihasilkan dengan satu bagian silika halus dari seribu bagian dalam air suling merupakan unit standar tingkat kekeruhan air. Kekeruhan dari air sampel secara umum ditentukan dengan metode berikut:

- (1). Tongkat atau pita turbiditas. Alat ini terbuat dari aluminium atau baja satu jarum platinum dipasang pada ujung bagian bawah (lihat gambar 8.5 berikut).



Gambar. 5.5. Pita Turbiditas

(2).Turbidimeter Jackson's. Alat ini digunakan untuk mengukur turbiditas atau kekeruhan di atas 50 p.p.m. Alat ini terbuat dari suatu metal atau logam berbentuk tabung berdiri, pada bagian bawahnya ditempatkan sebuah lilin yang merupakan sumber cahaya



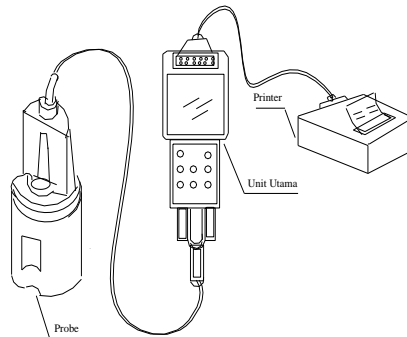
Gambar 5.6.Turbidimeter Jackson's

(3). Water Quality Checker U-10

Pengukur kualitas air (*Water quality checker*). Alat ini dapat mengukur enam parameter air sekaligus, yaitu pH, Konduktivitas, Turbiditas, Oksigen terlarut, Temperatur, dan Salinitas. Alat ini dilengkapi dengan suatu printer dan mudah digunakan dengan tingkat akurasi yang tinggi, dan dapat



menyimpan hasil pengukuran. Sebagai ilustrasi lihat gambar 5.7. berikut.



Gambar. 5.7. Water Quality Checker U-10

#### (4). Rasa dan bau.

Rasa dan bau dalam air dapat disebabkan oleh bangkai binatang atau mikro-organisme hidup yang terapat dalam air, larutan gas, seperti hidrogen sulfida, methane, karbon dioksida atau kombinasi oksigen dengan bahan organik, substansi mineral seperti sodium chlorida, zat besi dan carbonat, juga sulphat dan substansi lainnya. Tes untuk hal ini dilakukan dengan cara merasakan dan mencium sebab keberadaan unsur ini sangat kecil dan sulit dideteksi dengan analisis kimia. Bau air juga berubah bila terjadi perubahan temperatur.

#### 2). Tes Kimia

Tes dalam analisis kimia air yang dilakukan akan menghasilkan kualitas sanitasi air. Tes kimia mencakup penemuan total solid, kekerasan, nilai pH, chlorida, residu chlorin, besi dan mangan, bahan organik, dan lain-lain.

##### a). Total solid

Hal ini mencakup butiran yang mengapung (*suspension solid*), koloidal, dan bentuk larutan. Jumlah butiran (*solid*) mengapung dan bentuk koloidal dapat ditemukan dengan penyaringan air dan menimbang

residu yang terdapat pada saringan tersebut, atau dengan cara menguapkan air tersebut dan menimbang residu yang diperoleh. Jika total residu dimasukkan ke dalam dapur pemanas (oven), butiran organik akan memisah dan yang tinggal hanyalah butiran bukan organik (anorganik). Dengan cara menimbang akan diperoleh butiran anorganik dan menguranginya dari total solid, sehingga butiran organik dapat dihitung.

- b). Kekerasan (*Hardness*) Keadaan ini dimiliki oleh air yang mengandung air sabun. Hal ini disebabkan oleh kehadiran karbonat, kalsium sulphat dan magnesium dalam air. Kadang-kadang kehadiran chlorida, kalsium nitrat dan magnesium juga dapat menyebabkan kekerasan air.

### 3), Clorida

Sodium chlorida adalah substansi utama dalam air . Pada air alam jarang ditemukan chlorida, sedang air laut menganung larutan sodium chlorida. Kehadiran chlorida dapat disebabkan oleh susupan air garam dan air buangan ke dalam air.

Chlorida dapat membahayakan kesehatan dan tidak baik untuk digunakan. Chlorida dapat dikurangi dengan pelemahan air. Chlorida di atas 250 p.p.m.tidak diperbolehkan terdapat dalam air minum. Chlorida dapat ditemukan dengan pentitrasian air dengan perak nitrat dan "*potassium dichromate*".

### 4). Clorin

Larutan chlorin bebas tidak pernah ditemukan pada air alam. Hal ini terjadi pada tempat pengolahan air, yaitu sewaktu disinfeksi dengan chlorin. Chlorin tinggal berupa residu dalam air olahan yang berguna untuk melindungi air tersebut dari bakteri pathogenik. Residu chlorin ditemukan dengan tes "*Starch-Iodide*", potassium iodida, dan starch solusi ditambahkan ke dalam sampel air dan warna air akan berubah menjadi

biru. Warna biru tersebut dapat dihilangkan oleh titrasi dengan solusi N/100 sodium thiosulphate.

5). Besi dan mangan

Secara umum zat ini terdapat dalam air, bila jumlahnya kurang dari 0,3 p.p.m. tidak perlu dihiraukan, tetapi jika lebih dari 0,3 p.p.m. maka air tidak baik digunakan untuk keperluan rumah tangga, dan pencucian (*laundry*).

Keberadaan besi dan mangan dalam air menyebabkan air berwarna coklat muda kemerahan, mengundang pertumbuhan mikro-organisme dan korosi pada pipa air menimbulkan rasa dan bau yang tidak enak pada air.

Jumlah kandungan besi dan mangan dalam air dapat ditemukan dengan metoda kalorimeter, yaitu dengan menambahkan "*colouring agent*" ke dalam sampel air dan membandingkan warna yang terbentuk dengan warna standar

6). Nilai Ph

Tergantung pada larutan garam dan mineral, air yang terdapat pada sumber air alam dapat berupa asam atau basa (*acid and alkaline*). Keasaman dan alkalinitas biasanya diukur dalam p.p.m. dari larutan garam dan digambarkan dalam bentuk berat equivalent dari kalsium karbonat. Bila asam atau alkali dilarutkan dalam air akan memisah ke dalam ion-ion bermuatan listrik dari hidrogen atau hydroxal secara resfek. Ion hidrogen akan dilepas dengan pelepasan positif, padahal ion hidroxal dilepas dengan pelepasan negatif.

Nilai pH untuk air murni adalah 7, nilai ini akan naik jika konsentrasi ion hidrogen bertambah, dan sebaliknya akan turun bila konsentrasi ion hidrogen berkurang.

Penentuan nilai pH secara umum dapat dilakukan dengan metode "*Colorimetric*" atau dengan metode "*Electrometric*". Pada metode colometric, beberapa indikator ditambahkan ke dalam sampel air dan warna yang terbentuk dibandingkan dengan warna standar (*colour discs*)

atau solusi. Untuk pengukuran yang memerlukan hasil yang lebih akurat digunakan metode electromagnetic yang sangat cepat dan secara otomatis menampilkan nilai pH yang ingin diketahui.

7). Timah hitam dan arsenik (*Lead and arsenic*)

Unsur ini jarang terdapat pada air alam. Akan tetapi, kadang-kadang zat ini tercampur ke dalam air melalui pipa yang terbuat dari bahan timah hitam (*lead*). Zat ini dapat merusak kesehatan manusia. Untuk mendeteksi keberadaan unsur ini di dalam air dapat dilakukan dengan tes kimia.

8). Gas terlarut (*Disolved gas*)

Biasanya air alam yang ditemukan mengandung bermacam-macam larutan gas. Berikut ini beberapa macam gas yang umum ditemukan dalam air, seperti: a). Oksigen, b). Karbon dioksida (*Carbon-di-oxide*).

9). Kehidupan Organisme Dalam Air

Air alam mengandung bermacam-macam bentuk kehidupan organisme. Beberapa organisme berkembang biak dan hidup dan tinggal dalam air, diantara kehidupan organisme tersebut adalah bakteri, virus, dan protozoa yang dapat menginfeksi pada manusia. Sedang alga dan organisme lainnya yang berhubungan dengan plankton secara utama dapat menimbulkan rasa dan bau yang menyebabkan air tidak enak diminum, dan juga dapat menyebabkan kematian ikan secara tiba-tiba. Semua bentuk organisme dapat diklasifikasikan ke dalam dua bentuk, yaitu makroskopik dan mikroskopik. Berikut ini adalah beberapa jenis organisme utama terdapat dalam air: a). Bakteri, b). Alga, c). Protozoa

Organisme ini meliputi binatang bersel satu, ada bermacam-macam tipe protozoa yang ditemukan, seperti *amuboid*, *flagelae*, dan *ciliate protozoa*. Amuboid atau amuba protozoa berbentuk tidak beraturan, telanjang atau berkulit, tunggal atau berkelompok. Protozoa flagellate menyerupai tali dan hadir secara sendiri atau berkelompok. Kehadiran protozoa ini dapat menyebabkan air berbau ikan. Protozoa ciliate adalah karakter berbentuk rambut, umumnya ini termasuk bakteri

pemakan dan merucak pathogen. Secara umumnya protozoa berbentuk buih atau busa yang menjijikan dan melekat pada porselen seperti bak mandi dan lain-lain. Jumlah unit per liter air dapat dilihat melalui mikroskop

d). Tes Biologi

Di dalam tes biologi atau analisis bakteriologi ada dua bentuk tes yang dilakukan, yaitu:

(1). Tes jumlah total bakteri

Dengan metode ini dihitung jumlah bakteri yang terdapat dalam satu mililiter air. Sampel air dilemahkan atau diencerkan, satu mililiter sampel air diencerkan dengan 99 ml. Air steril. Kemudian 1 ml. Air yang sudah dilemahkan tadi dicampur dengan 10 ml. Agar atau gelatin (*culture medium*). Air campuran tersebut dimasukan ke dalam inkubator pada 37 °C selama 24 jam atau pada suhu 20 °C selama 48 jam. Setelah itu sampel dikeluarkan dari inkubator dan koloni bakteri dihitung dengan bantuan mikroskop. Dengan demikian diperoleh jumlah total bakteri per mililiter air sampel yang tidak diencerkan.

(2). Tes bakteri coli (*B.-coli test*).

Kadang kala tes ini disebut juga "*E-coli test*". Ada dua macam tes B-coli, "*presumptive*" dan "*confirmatif*".

Di dalam tes presuntif, jumlah terbatas dari sampel air yang telah dilemahkan atau diencerkan dimasukan ke dalam tabung fermentasi standar yang berisi kaldu laktosa (*lactose broth*) sebagai sebagai medium kultur disimpan ke dalam inkubator dengan suhu 37 °C selama 24 sampai 48 jam. Jika beberapa gas dihasilkan dalam tabung fermentasi, ini menunjukkan kehadiran B-coli dalam air sampel.

Di dalam tes konfirmatif, sejumlah air dari tabung presuntif diambil dan dimasukan ke dalam tabung fermentasi yang berisi "*brilliant lactose bile*" sebagai medium kultur dan dimasukan kembali ke dalam inkubator

37 °C selama 48 jam, jika terjadi pembentukan gas dalam tabung, pertanda terdapat B-coli dan air tidak sehat untuk diminum.

Saat ini sudah ada teknik baru yang dikembangkan untuk memonitor keberadaan B-coli dalam air, yaitu suatu teknik yang disebut “*Membrane Filter Technique*”. Teknik ini merupakan metode yang sangat sederhana, yaitu dengan meliwatkan air sampel melalui saringan membran yang steril (*sterilized membrane Filter*), kemudian membran dimasukkan ke inkubator pada suhu 37 °C selama 24 jam.

Selanjutnya, setelah 24 jam membran dikeluarkan dari inkubator dan dilakukan penghitungan jumlah B-coli dengan bantuan mikroskop (kaca pembesar).

#### 4. Persyaratan Air Bersih Menurut Permenkes RI No.492 Th 2010

Tabel .5.2. Persyaratan Menurut Permenkes RI No. 492. Th.2010

#### PERSYARATAN KUALITAS AIR MINUM

Permenkes No.492/Menkes/Per/IV/2010

I. PARAMETER WAJIB			
No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum Yang Diperbolehkan
1	<b>Parameter yang berhubungan langsung dengan kesehatan</b>		
	a. Parameter Mikrobiologi		
	1). E. Coli	Jumlah per 100 ml sampel	0
	2). Total Bakteri Koliform	Jumlah per 100 ml sampel	0
	b. Kimia an-organik		
	1). Arsen	mg/l	0,01
	2). Flourida	mg/l	1,5
	3). Total Kromium	mg/l	0,05
	4). Kadmium	mg/l	0,003
	5). Nitrit, (Sebagai NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	3
	6). Nitrat (Sebagai NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	50
	7). Sianida	mg/l	0,07
	8). Selenium	mg/l	0,01
2	<b>Parameter yang tidak langsung berhubungan dengan kesehatan</b>		

	a. Parameter Fisik		
	1). Bau		Tidak berbau
	2). Warna	TCU	15
	3). Total zat padat terlarut (TDS)	mg/l	500
	4). Kekeruhan	NTU	5
	5). Rasa		Tidak berasa
	6). Suhu	°C	Suhu udara
	b. Parameter Kimiawi		
	1). Aluminium	mg/l	0,2
	2). Besi	mg/l	0,3
	3). Kesadahan	mg/l	500
	4). Klorida	mg/l	250
	5). Mangan	mg/l	0,4
	6). pH	mg/l	6,5-8.5
	7). Seng	mg/l	3
	8). Sulfat	mg/l	250
	9). Tembaga	mg/l	2
	10). Amonia	mg/l	1,5
II	Parameter Tambahan		
No.	Jenis Parameter	Satuan	Kadar Maksimum yang di perbolehkan
<b>1</b>	<b>KIMIAWI</b>		
<b>a</b>	<b>Bahan Organik</b>		
	Air raksa	mg/l	0,001
	Antimon	mg/l	0,02
	Barium	mg/l	0,7
	Boron	mg/l	0,5
	Molibdenum	mg/l	0,07
	Nikel	mg/l	0,07
	Sodium	mg/l	200
	Timbal	mg/l	0,01
	Uranium	mg/l	0,015
<b>b</b>	<b>Bahan Organik</b>		
	Zat Organik (KMnO4)	mg/l	10
	Deterjen	mg/l	0,05
	Chlorinated Alkanes		
	Carbon Tetrachloride	mg/l	0,004
	Dichloromethane	mg/l	0,02
	1,2 Dichloroethene	mg/l	0,04
	Clorinated ethenes		
	1,2 Dicloroethene	mg/l	0,05
	Trichloroethene	mg/l	0,02
	Tetrachloroethene	mg/l	0,04
	Aromatik hydrocarbons		
	Benzene	mg/l	0,01

	Toluene	mg/l	0,7
	Xylenes	mg/l	0,5
	Ethylbenzene	mg/l	0,3
	Styrene	mg/l	0,02
	Chlorinated benzenes		
	1,2 Dichlorobenzene (1,2-DCB)	mg/l	1
	1,2 Dichlorobenzene (1,4-DCB)	mg/l	0,3
	Lain-lain		
	Di(2-ethylhexyl)phthalate	mg/l	0,08
	Acrilamide	mg/l	0,0005
	Epichlorohydrin	mg/l	0,0004
	Hehexachlorobutadiene	mg/l	0,0006
	Ethylenediaminetetraacetic acid (EDTA)	mg/l	0,6
	Nitrilotriacetic acid (NTA)	mg/l	0,2
c	<b>Pestisida</b>		
	Alachlor	mg/l	0,02
	Aldicarb	mg/l	0,01
	Aldrin dan dieldrin	mg/l	0,00003
	Atrazine	mg/l	0,002
	Carbofuran	mg/l	0,007
	Chlordane	mg/l	0,0002
	Chlorotoluron	mg/l	0,03
	DDT		0,001
	1,2 Dibromo-3-chloropropane(DBCP)	mg/l	0,001
	Dichlorophenoxyzetic acid(2,4-D)	mg/l	0,03
	1,2 Dichloropropane	mg/l	0,04
	isoproturon	mg/l	0,009
	Lindane	mg/l	0,002
	MCPA	mg/l	0,002
	Methoxychlor	mg/l	0,02
	Molinate		0,006
	Pendimethalin	mg/l	0,02
	Pentachlorophenol (PCP)	mg/l	0,009
	Permethrin	mg/l	0,3
	Simazin	mg/l	0,002
	Trifluralin	mg/l	0,02
	Chlorophenoxy herbicides selain 2,4 D dan MCPA		
	dan MCPA		
	2,4 DB	mg/l	0,09
	Dichlorprop	mg/l	0,1
	Penoprop	mg/l	0,009
	Mecoprop	mg/l	0,001
	2,4,5 Trichlorophenoxyacetic acid	mg/l	0,009



	Desinfektan dan hasil Sampingannya		
	Desinfektan		
	Chlorine	mg/l	5
d	Hasil sampingan		
	Bromate	mg/l	0,01
	Chlorate	mg/l	0,7
	Chlorite	mg/l	0,7
	Chlorophenols		
	2,4,6 Trichlorophenol (2,4,6-TCP)	mg/l	0,2
	Bromoform	mg/l	0,1
	Dibromochloromethane (DBCM)	mg/l	0,1
	Bromodichloromethane (BDCM)	mg/l	0,06
	Chloroform	mg/l	0,3
	Chlorinated acetic acid		
	Dichloroacetic acid	mg/l	0,05
	Trichloroacetic acid	mg/l	0,02
	Chloral hydrate		
	Halogenated acetonitrilics		
	Dichloroacetonitrile	mg/l	0,02
	Dibromoacetonitrile	mg/l	0,07
	Cyanogen chloride (sebagai CN)	mg/l	0,07
	RADIOAKTIFITAS		
	Gross alpha activity	Bq/l	0,1
2	Gross beta activity	Bq/l	1

#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Guru pembelajar melakukan analisis kualitas air untuk menentukan substansi pencemar yang terdapat dalam air, seperti: tes warna dan bau, kekeruhan, nilai pH
2. Guru pembelajar mempelajari efek pencemaran air terhadap kesucian air.
3. Guru pembelajar mendiskusikan substansi pencemaran air dan membandingkannya dengan standar kualitas yang memenuhi persyaratan air bersih sesuai dengan Permenkes No. 492 Th. 2010.

#### E. Rangkuman

Air permukaan pada umumnya mengalami pencemaran berupa kotoran terapung yang berasal dari benda dan partikel-partikel yang mempunyai berat jenis sama dengan berat jenis air. Zat pencemaran terapung dapat berupa

pecahan partikel keras yang cukup banyak jumlahnya terdapat di dalam air. Zat pencemar dapat pula berupa koloid yang sangat halus bermuatan listrik dan selalu bergerak dalam air yang menyebabkan air menjadi keruh. Selain zat pencemar berupa zat terapung dan koloid, terdapat pula zat pencemar terlarut berupa bahan organik, anorganik, garam dan gas.

Untuk menentukan kualitas air dapat dilakukan dengan menganalisis berbagai zat pencemar yang terdapat di dalam air. Selanjutnya dapat dilakukan pengolahan air dengan perlakuan sesuai dengan kualitasnya. Zat pencemar yang terkandung dalam air dapat ditentukan dengan melakukan beberapa tes, seperti tes fisik, tes kimia, dan tes biologi.

## **F. Umpan Balik dan tindak Lanjut**

### **PERTANYAAN-PERTANYAAN**

1. Apa zat pencemar yang biasanya terdapat dalam air alam. Jelaskan akibatnya terhadap kualitas air !
2. Jelaskan masing-masing tes yang dilakukan selama pengujian air sebelum dilakukan pengolahan !
3. Bagaimana pengertian anda tentang pengujian biologi air !
4. Bagaimana pendapat anda tentang air yang sehat itu ?.
5. Bagaimana pengertian anda tentang total solid dalam air, bagaimana cara menghitungnya ?.

## **ANALISIS SISTEM PEMIPAAN SISTEM PLAMBING**

### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan guru (peserta didik) dapat menjelaskan sistem pemipaan untuk sistem plambing.

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

1. Dapat menyeleksi sistem pemipaan air bersih untuk sistem plambing.
2. Dapat memilih sambungan untuk pemipaan air bersih untuk sistem plambing.

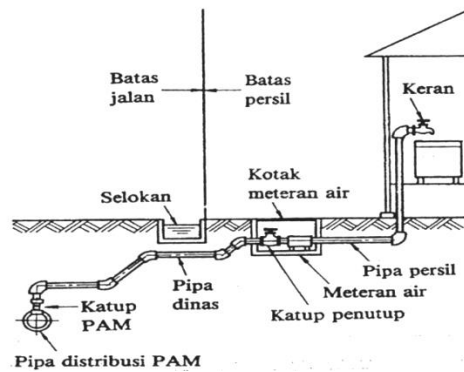
### **C. Uraian Materi**

#### 1. Pipa di Luar Bangunan

Instalasi pipa air bersih untuk melayani alat-alat plambing di dalam bangunan terdiri dari instalasi air dingin dan instalasi air panas. Sumber air untuk memenuhi kebutuhan alat-alat plambing tersebut dapat berasal dari “Perusahaan Air Minum” (PAM). Biasanya Perusahaan Air Minum (PAM) hanya menyediakan instalasi sampai pada meteran dan seterusnya disambungkan dengan instalasi ke dalam bangunan, seperti terlihat pada gambar berikut:

Pipa distribusi yang berada di luar bangunan merupakan pipa utama tempat pengambilan air yang akan didistribusikan ke dalam bangunan guna pelayanan kebutuhan peralatan plambing yang ada di dalam bangunan. Instalasi pipa dari pipa distribusi sampai ke meteran air disebut dengan “pipa dinas”, sedangkan pipa yang disambungkan dari meteran air sampai ke dinding bangunan disebut dengan “pipa persil”. Di antara meteran air dengan pipa persil biasanya dipasang sebuah katup (stop kran) yang dimaksudkan untuk mengontrol pemakaian air pada bangunan tersebut.

Pipa distribusi dan instalasi pipa dinas sampai meteran air tidak boleh diganggu oleh sipemakai, kecuali oleh petugas PAM, atau instalatur dari Perusahaan Air Minum.



Gambar. 6.8 . Sistem Sambungan Pipa Ke Dalam Bangunan

## 2. Instalasi Pipa Air Bersih Di Dalam Bangunan

Instalasi pipa air bersih dalam bangunan terdiri dari instalasi pipa air dingin dan instalasi pipa air panas.

Pemipaan untuk pendistribusian, baik air dingin maupun air panas dapat dilakukan dengan sistem tangki atap dan sistem tangki tekan;

### a. Tangki Atap

Pada sistem tangki atap, air dinaikkan terlebih dahulu dengan menggunakan pompa guna mengisi tangki, kemudian air didistribusikan ke titik-titik pemakaian dalam gedung secara gravitasi. Untuk bangunan-bangunan berukuran besar yang memerlukan pemakaian air dalam jumlah yang banyak, diperlukan pemasangan pompa cadangan untuk menyuplai air ke tangki atap. Pompa cadangan ini harus dalam keadaan normal dan siap dioperasikan bila diperlukan. Hal ini dimaksudkan untuk berjaga-jaga bila terjadi kerusakan, sehingga dengan demikian penyuplaian air tetap dapat dilakukan.

Penempatan tangki atap memerlukan perencanaan yang matang, apakah tangki atap akan dipasang di dalam langit-langit bangunan, atau di atas atap untuk atap yang terbuat dari beton, atau dengan suatu konstruksi menara yang khusus. Penentuan penempatan tangki ini harus didasarkan atas jenis alat plambing yang terdapat pada lantai tertinggi pada bangunan bersangkutan yang memerlukan tekanan air yang tinggi

Peralatan plambing yang memerlukan tekanan yang tinggi antara lain adalah katup gelontor untuk kloset dan pemanas air dengan gas yang memerlukan tekanan air minimum sebesar 1,0 kg/cm<sup>2</sup>. Untuk memenuhi kebutuhan tersebut diperlukan ketinggian muka air terendah berada 10 m atau lebih di atas alat-alat plambing tersebut.

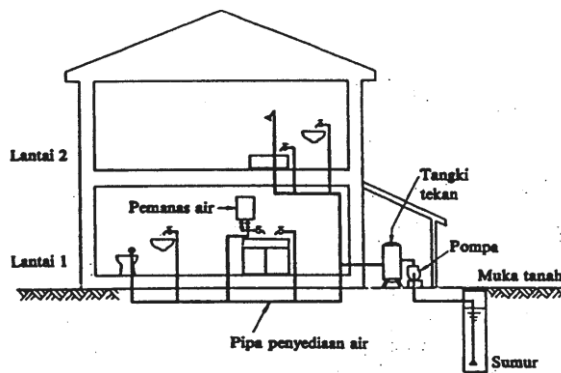
Jika tidak memungkinkan penempatan tangki gelontor pada lokasi tertentu dalam bangunan, dengan alasan dapat merusak kekuatan struktur bangunan dan juga merusak estetika atau keindahan, maka sebagai solusi jalan ke luar permasalahan tersebut dapat dipilih alternatif sebagai berikut:

- 1). Pilih kloset yang menggunakan tangki gelontor sendiri.
- 2). Disediakan pipa terpisah yang dapat digunakan untuk melayani katup-katup yang tidak mendapat tekanan yang cukup dari tangki atap.
- 3). Pilih jenis alat plambing yang di produksi dengan tekanan yang rendah, namun cara ini sebaiknya tidak dipilih sebagai jalan keluar permasalahan mengingat fungsi penggelontoran tidak hanya untuk pembersihan saja, tetapi juga untuk membeawa kotoran padat dari kloset sampai pada tempat penampungan.

#### b. Tangki Tekan

Jika penerapan tangki atap tidak memungkinkan berdasarkan suatu pertimbangan, maka dapat dipilih alternatif pemasangan tangki tekan. Prinsip kerja sistem tangki tekan tersebut adalah sebagai berikut: Air yang telah ditampung dengan tangki bawah dipompakan ke dalam suatu tangki tertutup, sehingga udara yang berada dalam tangki mendapatkan

tekanan (terkompresi). Kemudian air di alirkan ke dalam bangunan dengan sistem pompa yang dipasang alat detektor yang mengatur tekanan pompa secara otomatis membuka dan menutup saklar motor listrik penggerak pompa, pompa akan berhenti bila tekanan tangki mencapai maksimum antara “1,0 sampai 1,5 kg/cm<sup>2</sup>” (Morimura, 1986).

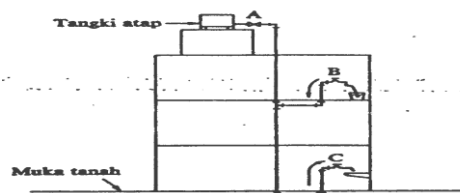


Gambar.6.9. Sistem Tangki Tekan Dengan Sumur

Sumber: Moromura 1985

### 3. Celah Aliran Balik

Aliran balik dapat terjadi bila terdapat penghubung antara ujung keran dengan penampungan air, seperti terlihat pada gambar berikut:



Gambar.6.10. Terjadinya Aliran Balik

Sumber: Moromura 1985

Pada kondisi keadaan tertentu peralatan plambing tidak dapat diberi celah udara untuk pencegahan terjadinya aliran balik, pada kondisi demikian diperlukan suatu alat pemecah vakum yang dapat mencegah efek “siphon balik” yang bekerja secara otomatis memasukkan udara ke dalam

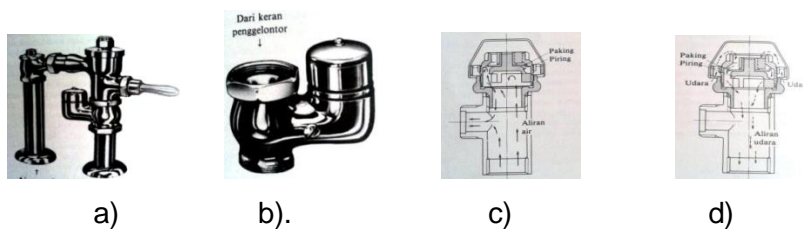
pipa penyediaan air bersih apabila terjadi tekanan negatif di dalam pipa penyediaan air bersih tersebut.

Peralatan plambing yang perlu dilengkapi dengan pemecah vakum adalah katup gelontor untuk kloset dan peturasan, katup bola untuk tangki gelontor, bidet, pancuran mandi yang tidak terpasang secara permanen (hand showers), keran air untuk selang, mesin cuci pakaian dan cuci piring.

#### 4. Pemasangan Alat Pemecah Vakum

Alat pemecah vakum berfungsi untuk memecah vakum dengan memasukkan udara ke dalam sistem pipa plambing, agar air dalam bak tidak tersedot kembali, maka pemecah vakum harus dipasang di atas batas muka air banjir bak atau tangki tersebut.dengan jarak minimum sebesar 150 mm (Lihat gambar 6.11 ).

Berikut ini ada beberapa gambar sehubungan dengan aliran balik dan alat pemecah vakum (Lihat gambar 6.11).



Gambar. 6.11. Alat Pelepas Vakum Jenis Atmosferik  
Sumber: Moromura 1985

### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Guru pembelajar melakukan penyeleksian sistem pemipaan air bersih untuk sistem plambing, apakah akan menggunakan sistem tangki atap, sistem tangki bawah, atau sistem langsung.
2. Guru pembelajar memilih jenis sambungan untuk pemipaan air bersih untuk sistem plambing.

## **E. Rangkuman**

Untuk memenuhi kebutuhan air bersih dalam gedung guna melayani berbagai macam peralatan plambing diperlukan pemasangan instalasi pipa penyuplai, baik untuk penyuplaian air panas maupun air dingin. Sistem penyuplaian dapat dilakukan dengan beberapa sistem sambungan, seperti sistem sambungan langsung, sistem tangki tekan dan sistem tangki atap.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

Pertanyaan-Pertanyaan

1. Apa yang dimaksud dengan pipa dinas, dan pipa persil?.
2. Apa fungsi pemasangan sebuah katup (Stop kran) yang ditempatkan di antara meteran dengan pipa persil?.
3. Apa maksud pemasangan pompa cadangan pada sistem tangki atap untuk bangunan-bangunan besar yang banyak memiliki alat-alat plambing.
4. Kapan pemasangan alat pemecah vakum diperlukan pada alat-alat plambing.
5. Sebutkan jenis alat-alat plambing yang memerlukan pemasangan alat pemecah vakum!.



## MEMILIH SISTEM SAMBUNGAN PEMIPAAN

### A. Tujuan

Setelah mempelajari materi ini, diharapkan guru (peserta didik) dapat memilih sistem sambungan pemipaan untuk sistem plambing.

### B. Indikator Pencapaian Kompetensi

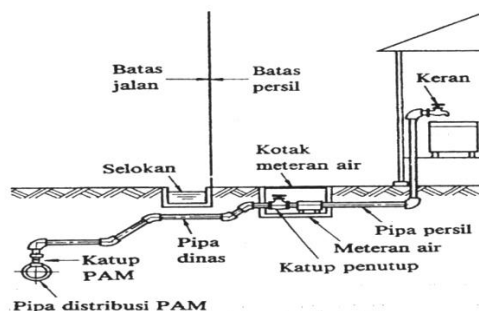
1. Dapat menyebutkan sistem sambungan pemipaan penyediaan air bersih untuk sistem plambing.
2. Dapat memilih sistem sambungan pemipaan penyediaan air bersih untuk sistem plambing.

### C. Uraian Materi

Ada beberapa sistem sambungan penyediaan air bersih untuk penyuplaian air bersih ke dalam bangunan, seperti: Sistem sambungan langsung, sistem tangki atas, sistem tangki tekan, dan sistem tanpa tangki (sistem boster).

#### 1. Sistem Sambungan Langsung

Pada sistem sambungan langsung ini, pipa didistribusi disambungkan secara langsung dengan pipa utama atau pipa distribusi Perusahaan Air Minum yang terdapat di bawah jalan di luar bangunan seperti terlihat pada gambar berikut.



Gambar. 7.12. Sistem Sambungan Langsung

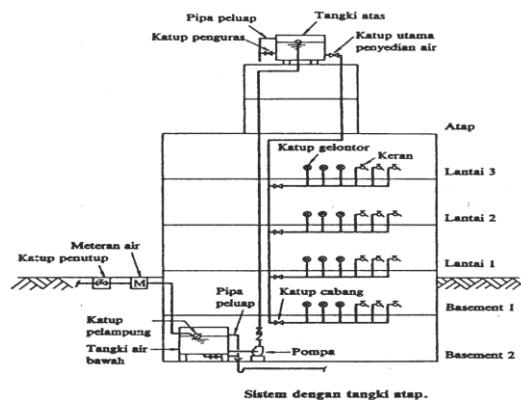
## 2. Sistem Tangki atas

Jika sambungan langsung tidak memungkinkan untuk diterapkan, dalam keadaan demikian dapat dilakukan pemasangan tangki atas. Pemasangan tangki atas dapat ditempatkan di atap bangunan, tangki yang diempatkan di atap bangunan ini disebut dengan “tangki atap” seperti telah disinggung pada bagian sebelum ini.

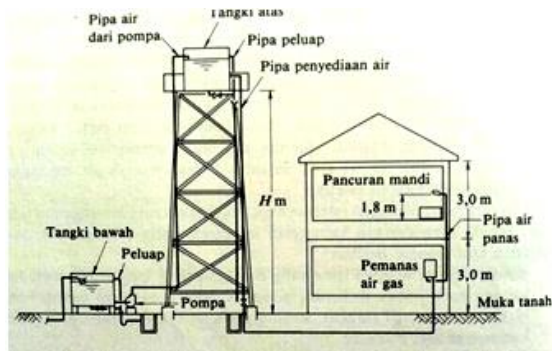
Pada sistem tangki atas, apakah ditempatkan di atap bangunan (tangki atap) atau tangki ditempatkan pada bangunan tersendiri (menara air), air terlebih dahulu ditampung dalam suatu bak penampungan air yang di bangun di bagian bawah bangunan atau di bawah permukaan tanah, selanjutnya air di naikkan ketangki atas dengan bantuan pompa.

Ada beberapa alasan untuk menerapkan sistem tangki atas ini, antara lain:

1. Perubahan tekanan selama penggunaan alat plambing cukup kecil, hanya terjadi karena perubahan muka air dalam tangki saja.
2. Sistem pompa untuk menaikkan air dapat bekerja secara otomatis dengan memasang pelampung sebagai alat untuk mendeteksi muka air dalam tangki.
3. Perawatan tangki cukup sederhana dibanding dengan sistem tangki tekan.



Gambar .7.12a. Sistem Tangki Atas (Tangki Atap)



Gambar.7.13. Tangki Atas (Sistem Menara Air)

### 3. Sistem Tangki Tekan

Penerapan sistem tangki tekan juga dipilih jika tidak memungkinkan diterapkannya sistem tangki lainnya. Prinsip kerja pada sistem tangki tekan ini adalah sebagai berikut: Air yang telah ditampung pada tangki bawah dipompakan ke dalam suatu bak atau bejana tertutup sehingga udara dalam bejana tersebut mengalami tekanan. Kemudian air dialirkan ke dalam bangunan dengan menggunakan suatu pompa otomatis yang diatur oleh suatu detektor tekanan yang membuka dan menutup saklar pada motor listrik penggerak pompa. Secara otomatis pompa akan berhenti bekerja jika tekanan tangki telah mencapai batas maksimum yang ditentukan dan akan bekerja kembali bila tekanan mencapai minimum.

Udara yang tertekan akan menekan air ke dalam sistem pipa distribusi, fluktuasi tekanan biasanya diatur sebesar  $1,0 \text{ kg/cm}^2$  sampai  $1,5 \text{ kg/cm}^2$ . Sedang dalam perancangan tangki biasanya volume udara diusahakan tidak melebihi 30% dari volume tangki, dan 70% dari volume tangki yang berisi air. Ada beberapa keuntungan dan kekurangan pada sistem tangki tekan tersebut:

#### a. Keuntungan

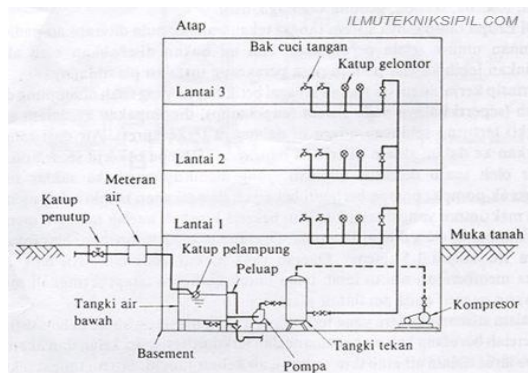
Ditinjau dari segi keindahan tidak terlalu menyolok dibanding pemasangan tangki atap, biaya pemasangan lebih rendah dari pada

dipasang di atas menara, perawatan lebih mudah, karena dipasang di ruangan mesin bersama dengan pompa-pompa lainnya.

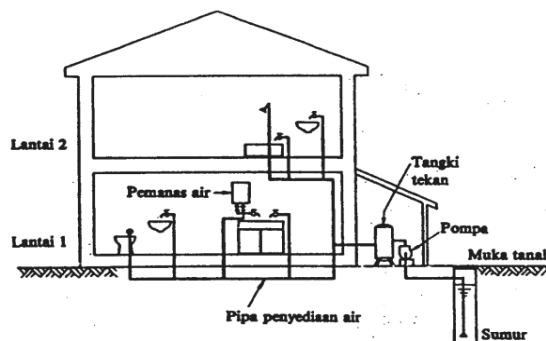
b. Kekurangan

Ada beberapa kekurangan pada sistem tangki tekan, seperti: Daerah fluktuasi tekanan lebih besar dibanding sistem tangki atas, dan sistem ini hanya dianggap sebagai sistem pengaturan otomatis pompa saja, dan bukan sebagai sistem penyimpanan air seperti pada sistem tangki atas (tangki atap).

Gambar berikut merupakan contoh sistem tangki Tekan pada gedung berlantai tiga (lantai 3), dan untuk rumah biasa.



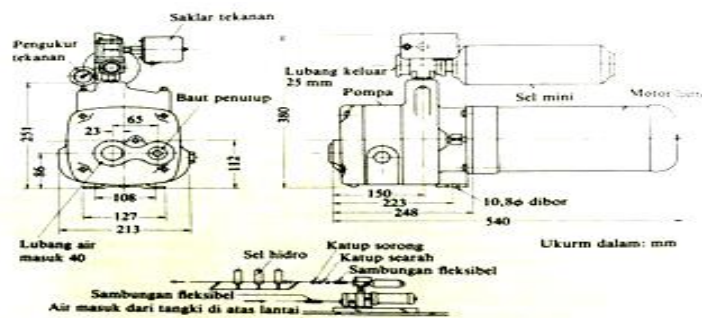
Gambar.7.14. Sistem Tangki Tekan Pada Gedung Berlantai Tiga



Gambar.7.15. Sistem Tangki Tekan Pada Rumah Biasa

Tangki yang digunakan untuk penyimpanan air, terutama untuk penyimpanan air minum, baik tangki atas, tangki bawah, maupun tangki tekan, memerlukan perawatan secara periodik agar kualitas air yang tersimpan dalam tangki tetap terjaga. Di negara-negara maju biasa biasanya diatur dengan suatu undang-undang, misalnya di Jepang telah ditetapkan undang-undang perancangan dan pemasangan tangki-tangki air.

Selain sistem tangki tekan yang dikemukakan di atas, ada lagi jenis tangki tekan yang disebut sistem hydrocel, dan sistem diafram. Sistem hydrocel menggunakan alat yang dinamakan "hydrocel" yang diciptakan oleh Jacuzzi Brothers Inc. sebuah perusahaan di Amerika Serikat (Morimura, 1985). Sistem hydrocel ini menggunakan tabung-tabung berisi udara yang dibuat dari bahan karet khusus sebagai pengganti udara dalam tangki tekan yang akan mengerut dan mengembang sesuai dengan tekanan air dalam tangki.



Gambar.7.16. Tangki Tekan Dengan Sel Hidro



Gambar.7.17 Tangki Tekan Dengan Diafram

a. Sistem Tanpa Tangki (Booster system)

Pada sistem tanpa tangki tidak ada menggunakan tangki penampungan air, baik tangki atas (tangki atas), maupun tangki bawah dan

tangki tekan. Air dihisap dari pipa utama dan dipompakan secara langsung ke sistem distribusi pada bangunan. Di Indonesia Sistem tanpa tangki ini tidak dibolehkan sesuai dengan peraturan plambing yang berlaku.

Sistem tanpa tangki ini dikaitkan dengan sistem kecepatan putaran pompa, yaitu kecepatan putar konstan dan kecepatan variabel. Pada kecepatan putaran pompa konstan menerapkan sambungan beberapa pompa secara paralel yang bekerja secara konstan. Sedang pada kecepatan variabel, laju aliran air dihasilkan oleh pompa yang diatur dengan cara mengubah kecepatan putaran pompa secara otomatis oleh suatu alat pendeteksi tekanan atau laju aliran air yang keluar dari pompa.

Laju aliran air dapat berkurang terutama pada gedung bertingkat seperti apartemen. Hal ini dapat terjadi karena penurunan tekanan air beban puncak (terutama pada pagi dan sore hari). Untuk mengatasi kondisi tersebut, dapat dipasang pipa paralel yang dihubungkan dengan pompa penguat tekanan air. Dengan demikian, pompa akan bekerja secara otomatis bila tekanan dalam pipa utama berkurang.

Sistem tanpa tangki sebenarnya memiliki beberapa keuntungan, antara lain sistem ini dapat mengurangi kemungkinan pengkaratan pada tangki, karena kontak air dengan udara relatif singkat, mengurangi beban struktur pada gedung bertingkat banyak, tidak memerlukan menara air. Akan tetapi, disamping keuntungannya juga ada kelemahan, seperti: penyediaan air bersih sepenuhnya bergantung pada sumber daya, dan pemakaian daya cukup besar dibanding dengan sistem tangki, dan juga biaya awal cukup tinggi disebabkan oleh sistem pengaturannya.

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

1. Guru pembelajar menyebutkan dan mendiskusikan bagian-bagian sambungan pemipaan penyediaan air bersih untuk sistem plambing.
2. Guru pembelajar memilih sistem sambungan pemipaan penyediaan air bersih untuk sistem plambing dan mendiskusikan

## **E. Rangkuman**

Beberapa sistem sambungan dalam sistem plambing untuk pendistribusian air ke dalam gedung, seperti sistem langsung, sistem tangki atas, sistem tangki tekan, dan sistem tanpa tangki. Sistem tangki atas (tangki Atap) banyak diterapkan di Negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Jepang. Alasannya adalah karena perubahan tekanan selama penggunaan alat plambing cukup kecil, sistem pompa untuk menaikkan air dapat bekerja secara otomatis, perawatan tangki cukup sederhana. Untuk tangki tekan tidak merusak keindahan bangunan, karena tangki di letakkan di dasar bangunan. Akan tetapi, juga ada kelemahannya, tangki atas, tangki bawah, maupun tangki tekan, memerlukan perawatan secara priodik agar kualitas air yang tersimpan dalam tangki tetap terjaga. Selain dari sistem tangki atap, dan tangki tekan, juga ada sistem tanpa tangki (sistem booster), akan tetapi sistem ini tidak diizinkan di Indonesia.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

1. Sebutkan beberapa sistem sambungan pendistribusian air bersih untuk sistem plambing dan sanitasi !.
2. Apa yang dimaksud dengan sistem sambungan langsung dalam penyediaan air bersih ke dalam bangunan pada sistem plambing ?.
3. Kenapa di negara-negara maju seperti Amerika Serikat dan Jepang lebih memilih sistem tangki atas (tangki atap) ?.
4. Sebutkan keuntungan pada pemasangan tangki tekan !.
5. Ada beberapa kekurangan pada tangki tekan bila dibanding dengan tangki atap, sebutkan di antara kekurangan tersebut !.
6. Apa yang anda ketahui tentang tangki tekan sistem hydrocel ?.
7. Sebutkan beberapa keuntungan dari sistem tanpa tangki dalam penyediaan air bersih ke dalam bangunan pada sistem plambing.
8. Sebutkan beberapa kelemahan pada sistem pendistribusian air tanpa tangki (sistem booster) !.

Kegiatan Pembelajaran 8.

## **ANALISIS POMPA AIR UNTUK SISTEM PLAMBING**

### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) dapat menganalisis pompa air untuk sistem plambing.

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

1. Dpat menyebutkan beberapa jenis pompa air dalam sistem plambing dan sanitasi.
2. Dapat memilih jenis pompa untuk pendistribusian air bersih ke dalam bangunan untuk sistem plambing dan sanitasi.

### **C. Uraian Materi**

#### **1. Keperluan Pompa dan Pemompaan**

Fungsi pompa adalah untuk mengangkat air atau cairan dari suatu tempat yang rendah ke tempat yang lebih tinggi atau keperluan tekanan yang tinggi. Dalam pekerjaan air pompa diperlukan untuk berbagai macam keperluan sebagai berikut:

- a. Pada sumber air, untuk mengangkat air baku dari sungai, aliran, danau, sumur dan lain-lain.
- b. Di tempat pengolahan, diperlukan untuk mengangkat air dari bermacam- macam unit yang harus dilalui oleh air secara gravitasi.
  - a. Untuk pencucian saringan.
  - b. Untuk pengisian reservoir pendistribusian air.
  - c. Pemompaan bahan kimia pada tempat pengolahan.
  - d. Untuk menaikkan tekanan pada jalur pipa.



## 2. Klasifikasi Pompa

Secara umum pompa dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip pengoperasiannya, yaitu: a. Pompa displacement, b. Pompa sentrifugal, c. Pompa air lift, d. Pompa impulse

Klasifikasi berdasarkan tenaga yang diperlukan: a. Pompa listrik, b.

Pompa mesin, c. Pompa disel

Klasifikasi berdasarkan tipe pelayanan: a. Pompa angkat rendah, c.

Pompa angkat tinggi, c. Pompa sumur dalam, d. Pompa booster, e.

Pompa siaga (stand-by)

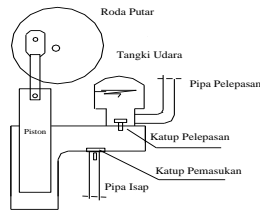
## 3. Pompa Displacement

Pada pompa tipe ini vakum digerakkan secara mekanik oleh bagian pompa yang bergerak mengitari sumbu suatu roda putar. Di dalam vakum pertama air didorong masuk ke dalam pompa, yang bergerak bolak balik dan mendorong ke luar ruangan melalui katup dan pipa. Aliran balik dari air dicegah oleh suatu katup.

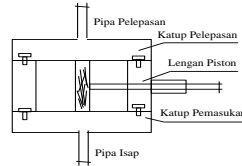
Berikut ini adalah dua tipe dari pompa displacement yang dimaksudkan:

### 4. Pompa *reciprocating*

Pompa jenis ini terdiri dari satu gerakan (*single action*) dan dua gerakan (*double acting*). Pada jenis satu gerakan, piston masuk ke dalam silinder dengan bantuan suatu lengan piston yang dipasang pada suatu roda penggerak (*fly wheel*). Satu pipa pengisap dan pipa pelepasan di pasang pada silinder, masing-masing pipa tersebut dilengkapi dengan suatu katup yang bekerja secara berlawanan (lihat gambar 8.18). Sewaktu piston bergerak ke luar silinder terjadi reaksi pada vakum yang menyebabkan katup pada pipa hisap terbuka dan katup pada pipa pelepasan menutup. Keadaan ini terjadi secara berulang sehingga terjadi aliran air. Pada kondisi tersebut aliran air yang terjadi tidak konstan tetapi berselang seling (*intermittent*), sehingga menimbulkan suatu getaran, pukulan dan kehilangan energi.



Gambar. 8.18. Single Action

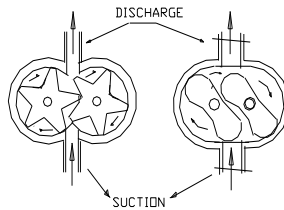


Gambar. 8.19. Double Action

Kondisi tersebut secara parsial dapat diatasi dengan menggunakan pompa dua gerakan (*double acting pumps*). Pada pompa jenis ini terdapat dua katup pemasukan dan dua katup pelepasan dalam satu silinder, sebagaimana dilukiskan pada gambar 8.18. Pelepasan (*discharge*) pada pompa ini tergantung pada jumlah gerak piston per menit dan efisiensi bervariasi dari 40% sampai 85%.

##### 5. Pompa putar (*rotary pumps*)

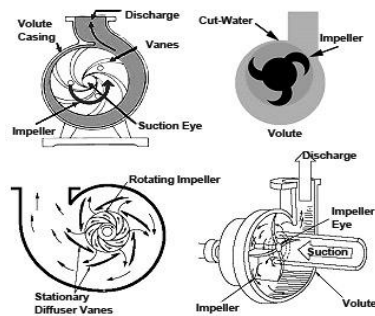
Gambar memperlihatkan dua tipe penampang pompa putar. Lempengan bergerak dipasang secara tertutup dalam casing dan mendorong air dengan gerakkannya. Lempengan (*blade*) bergerak atau berputar ke arah depan pada pusat seperti terlihat pada gambar dan air naik mengelilingi sisi casing. Dengan demikian air ditekan melalui pipa pelepasan dan bagian vakum bekerja pada sisi pemasukan. Intensitas vakum secara umum tergantung pada kekuatan dari bagian-bagian ini. Pompa putar (*rotary pumps*) tidak cocok digunakan untuk cairan yang mengandung zat terapung, oleh karena fitting tertutup dari rotor berada di dalam casing. Efisiensi dari pompa jenis ini berkisar antara 50% sampai 85%.



Gambar 8.20. Pompa Putar

## 6. Pompa sentrifugal

Pompa ini bekerja dengan prinsip kekuatan sentrifugal, oleh karenanya dinamakan pompa sentrifugal. Air yang masuk ke dalam pompa bergerak dengan kecepatan tinggi oleh impeler dan mendorong mengelilingi dengan kekuatan sentrifugal. Air memasuki pompa melalui pusat impeler yang biasa disebut “mata”. Ada dua tipe dari pompa sentrifugal, yaitu sebagaimana dilukiskan pada gambar 8.20.



Gambar .8.21. Pompa Centrifugal

## 7. Pompa keriting (*volute pump*)

Pada pompa jenis ini saluran tempat air mengalir setelah meninggalkan impeler berbentuk ikal atau keriting sehingga kecepatan air sama pada setiap titik di dalam saluran. Impeler biasanya diputar

dengan suatu motor listrik, gaya sentripugal mendesak air dalam pipa pelepasan dengan aliran yang tinggi.

8. Pompa penghambur atau pompa turbin

Saluran tempat air mengalir meninggalkan impeler mempunyai bentuk menerus dengan luas penampang yang sama. Kecepatan air berubah arah meninggalkan plat impeler, dan kecepatan tekan berubah menjadi tinggi tekan oleh baling-baling penghambur.

Ada beberapa keuntungan pada pompa sentrifugal, keuntungan-keuntungan tersebut adalah sebagai berikut:

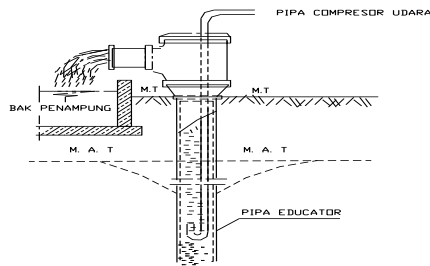
- a. Sedikit memakan tempat
- b. Dapat dipasang pada mekanisme penggerak berkecepatan tinggi
- c. Mempunyai bagian berputar yang tidak menimbulkan suara
- d. Harganya tidak terlalu mahal
- e. Mempunyai mekanisme yang sederhana dan mudah direparasi
- f. Mudah dioperasikan
- g. Tidak mudah karena tekanan yang tinggi

Disamping keuntungan-keuntungan tersebut juga ada beberapa kerugiannya, antara lain sebagai berikut:

- a. Kecepatan aliran air tidak dapat diatur
- b. Tidak dapat digunakan tanpa alat penggerak
- c. Kecepatannya tidak dapat dirubah pada penggerak tanpa mekanisme pengatur kecepatan
- d. Mempunyai efisiensi yang tinggi hanya untuk ketinggian dan pelepasan yang rendah
- e. Akan terjadi putaran balik, jika katup pelepasannya terbuka
- f. Mempunyai daya hisap yang terbatas dalam pengoperasiannya.
- g. Suatu kebocoran udara pada bagian hisap akan berpengaruh pada efisiensi pompa.

## 9. Pompa Udara (*air lift pumps*)

Apabila air mengandung zat-zat terapung dan asam atau alkali yang dapat merusak pompa tipe lain, maka pompa udara dapat digunakan secara berhasil. Pompa tipe ini cocok digunakan untuk mengangkat air dari sumur kecil atau sumur dalam. Tipe ini sederhana dalam pemakaiannya dan sedikit menimbulkan masalah sebab tidak ada bagian bergerak yang terdapat pada bagian dalam pipa. Seperti terlihat pada gambar 11.23.

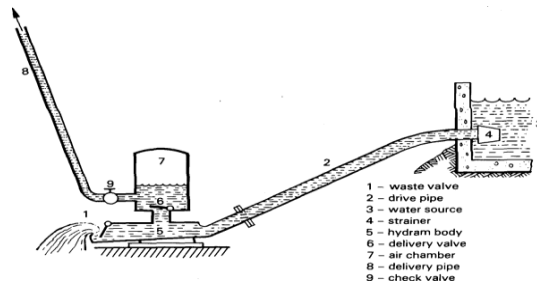


Gambar 8.22. Pompa Udara (Air Lift Pump)

## 10. Pompa Dorong

Pompa ini disebut juga dengan “*hydraulic ram*” dan bekerja pada prinsip dorongan. Dengan memanfaatkan terjunan air yang rendah dapat menaikkan air ketempat yang lebih tinggi. Salah satu bentuk dari pompa hydraulic ram tersebut adalah seperti dilukiskan pada gambar 8.23. Bagian pompa terdiri dari pipa pemasukan, pipa pembuang, katup pengeluaran (*delivery valve*), ram, tangki udara, dan pipa pengeluaran. Bila tidak bekerja, katup pembuang dalam keadaan terbuka dan katup pelepasan tertutup, yaitu hanya akibat gaya gravitasi. Pada permulaan air memasuki ram melalui pipa pemasukan dan mengalir ke luar melalui katup pembuang. Akan tetapi sewaktu air terus bertambah secara tiba-tiba katup menjadi terangkat dan menutup dan akibat dorongan di

dalam ram, maka katup pelepasan menjadi terbuka dan sejumlah air masuk ke tangki udara dan mulai mengalir melalui pipa pelepasan. Kerja dari katup pembuang dan katup pelepasan terjadi secara berulang. Hidraulik ram dapat menimbulkan 200 pukulan per menit dan dapat mengangkat air setinggi 30 kali dari tinggi terjunan air yang digunakan. Sedang efisiensi dari pompa ini kira-kira 50% .



Gambar .8.23. Pompa Impuls (Ram)

## 11. Tenaga Untuk Pemompaan

Pompa dapat dioperasikan dengan memanfaatkan tenaga uap, tenaga gas, tenaga disel dan tenaga listrik. Berikut ini adalah bermacam-macam tipe motor yang biasa digunakan untuk mengoperasikan pompa:

- a. Motor listrik. Ini hanya dapat digunakan ditempat yang sudah mempunyai jaringan listrik. Akan tetapi sekarang listrik sudah sampai ke daerah pedesaan dan mudah didapatkan. Dengan demikian di dalam pekerjaan air dapat menggunakan motor listrik untuk memutar pompa.
- b. Mesin gas. Biaya operasional dari mesin ini lebih tinggi dan tidak ekonomis. Oleh karena itu hanya digunakan dalam keadaan emergensi. Pompa dapat dihubungkan secara langsung pada mesin gas sewaktu diperlukan. Misalnya disaat listri mati atau arus listrik sedang terganggu.

- c. Mesin uap. Sekarang ini listrik telah banyak menggeser pemakaian mesin uap untuk pompa air. Mesin uap hanya cocok didaerah yang sulit untuk mendapatkan bahan bakar.
- d. Mesin disel. Harga mesin ini cukup tinggi, mesin ini sulit dihidupkan, dan kecepatannya rendah. Mesin ini memerlukan penyimpanan baterai dan tekanan udara untuk star. Oleh karenanya jarang digunakan untuk pompa air.

**12. Total Angkat Pompa**

Tinggi tekan atau tinggi angkat yang dapat dihasilkan suatu pompa meliputi tinggi pelepasan , total kehilangan, termasuk pada pintu masuk, gesekan dan lain-lain. Jika  $H_s$  adalah tinggi hisap,  $H_d$  adalah tinggi pelepasan, dan total kehilangan tekan adalah  $H_f$ , maka tinggi tekan total atau total angkat adalah:

$$H = H_s + H_d + H_f.$$

Perbedaan antara permukaan air di bawah dan pompa adalah merupakan tinggi hisap, dan perbedaan dari titik pelepasan dan pompa adalah tinggi pelepasan.

**a. Tenaga (*horse power*) Pompa**

Tenaga (*horse power*) pompa (H.P) dapat diperoleh dengan menghitung kemampuan kerja pompa menaikan air pada ketinggian H meter. Daya angkat pompamenaikan air W kg pada ketinggian air H meter . Kerja pompa =  $W \times H = w \times Q \times H$  (kg./dt)., dimana:

$w$  = kerapatan air ( $\text{kg}/\text{m}^3$  )

$Q$  = pelepasan air oleh pompa ( $\text{m}^3/\text{dt}$ ).

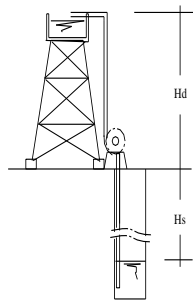
Kemudian tenaga air = 
$$\frac{\text{Pelepasan (kg/dt) x Tinggi tekan total (H)}}{75}$$

atau : 
$$W.H.P = \frac{w \times Q \times H}{75} ;$$

75

dan Brake Horse Power (Tahanan Tenaga) :  $\frac{\text{W.H.P.}}{\text{efisiensi } (\eta)}$

sehingga tenaga yang diperlukan :  $\text{B.H.P} = \frac{w \times Q \times H}{75 \times \eta}$



Gambar .8.24. Tinggi Angkat Pompa

Contoh Perhitungan:

Suatu pompa sentrifugal diperlukan untuk mengangkat air  $2,5 \text{ m}^3/\text{dt}$ . pada ketinggian 7 m. Tinggi total kehilangan tekan dalam pipa sebesar 0,3 m. Hitunglah tenaga mesin untuk memutar pompa jika efisiensi adalah sebesar 70%.

Penyelesaian:

Tinggi total yang diperlukan pompa untuk mengangkat air adalah sebesar  $7\text{m} + 0,3\text{m} = 7,3 \text{ m}$ .

$$\begin{aligned} \text{W.H.P.} &= \frac{w \times Q \times H}{75} \\ &= \frac{1000 \times 2,5 \times 7,3}{75} \end{aligned}$$



= 243,3 H.P., maka:

$$\text{B.H.P} = \frac{\text{W.H.P}}{\eta} = \frac{243,3}{0,7} = 348 \text{ H.P. (Tenaga Kuda)}$$

### 13 . Memilih Tipe Pompa

Ada beberapa hal yang perlu dipertimbangkan dalam memilih pompa untuk pekerjaan air, antara lain adalah sebagai berikut:

- a. Kapasitas. kemampuan yang diperlukan untuk memompa kan air sesuai dengan kebutuhan.
- b. Reliabilitas. dapat digunakan kapan saja dan tidak mudah rusak atau bermasalah.
- c. Harga atau biaya. Biaya tidak terlalu mahal.
- d. Tenaga harus sesuai dengan keperluan untuk menjalankan pompa dan biaya rendah.
- e. Biaya pemeliharaan harus sekecil mungkin
- f. Haru mempunyai efisiensi tinggi dan tahan lama.

### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Guru pembelajar menyebutkan beberapa jenis pompa air yang digunakan dalam sistem plambing dan sanitasi.
2. Guru pembelajar memilih jenis pompa untuk pendistribusian air bersih ke dalam bangunan pada sistem plambing dan sanitasi.

### E. Rangkuman

Untuk mengangkat air dari sumber ke tempat penampungan dapat dilakukan dengan sistem pompa. Banyak jenis pompa yang dapat dipilih sesuai dengan tipe dan kemampuan daya angkat yang diperlukan.

Secara umum pompa dapat diklasifikasikan berdasarkan prinsip pengoperasiannya, berdasarkan tenaga yang diperlukan, dan berdasarkan tipe pelayanan, sebagai berikut:

1. Klasifikasi Berdasarkan Prinsip Pengoperasiannya, yaitu: a.Pompa b.displacement, c.Pompa sentrifugal,d. Pompa air lift, e.Pompa impulse.
2. Klasifikasi berdasarkan tenaga yang diperlukan: a Pompa listrik, b.Pompa mesin, c.Pompa disel
3. Klasifikasi berdasarkan tipe pelayanan: a. Pompa angkat rendah, b. Pompa angkat tinggi, c. Pompa sumur dalam, d. Pompa booster, e. Pompa siaga (stand-by)

Tinggi angkat dapat dihasilkan suatu pompa meliputi tinggi pelepasan , total kehilangan, termasuk pada pintu masuk, gesekan dan lain-lain.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

### **PERTANYAAN-PERTANYAAN**

1. Sebutkan klasifikasi pompa secara umum yang anda ketahui.
2. Sebutkan macam-macam pompa sentrifugal yang anda ketahui.
3. Apa yang anda ketahui tentang pompa hidrolik ram dan gambarkan cara kerjanya.
4. Sebutkan beberapa macam tenaga yang dapat digunakan untuk pompa dalam pekerjaan air.
5. Faktor apa sajakah yang dapat mempengaruhi dalam memilih pompa maupun mesin penggerak yang akan digunakan
6. Apakah yang dimaksud daya angkat total pompa. Bagaimana cara menghitung tenaga total (Total Horse Power) yang diperlukan

## **ANALISIS PENGOLAHAN AIR BERSIH UNTUK SISTEM PLAMBING**

### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) dapat memiliki pengetahuan analisis pengolahan air bersih untuk sistem plambing.

### **B. INDIKATOR PENCAPAIAN KOMPETENSI**

Dapat menyebutkan macam-macam bangunan pengambilan air untuk pengolahan air bersih pada pekerjaan Plambing dan Sanitasi.

### **C. Uraian Materi**

#### 1. Bangunan Pengambilan (*Intake*)

Bangunan pengambilan adalah suatu struktur yang biasanya terdiri dari pintu pemasukan air, kisi-kisi atau saringan yang akan dilalui oleh air baku dari sungai, kanal, atau reservoir, masuk ke tempat pengumpulan atau bak penampungan air. Dari tempat penampungan air dipompakan ke tempat pengolahan.

Beberapa pertimbangan dalam memilih tempat pekerjaan pembangunan bangunan pengambilan:

- a. Kualitas air yang akan diambil dari tempat kedudukan harus berkualitas baik, dapat diambil dengan mudah, dan secara ekonomis dapat diproses dalam waktu yang singkat.
- b. Tidak terdapat tekanan air yang kuat pada tempat kedudukan bangunan yang dapat membahayakan pekerjaan bangunan tersebut.
- c. Dari tempat kedudukan bangunan harus dapat diambil air dalam jumlah mencukupi selama musim kemarau berlangsung atau selama pelepasan air dari sumber dalam keadaan minimum.
- d. Kedudukan bangunan pemasukan harus dapat dicapai dengan mudah tanpa halangan.

- e. Dari tempat bangunan pengambilan ini harus dapat di drop air dalam jumlah yang lebih bila diperlukan pada masa yang akan datang.
- f. Kedudukan bangunan pengambilan tidak boleh dibangun dilokasi jalur pelayaran, oleh karena sebagian air telah tercemar oleh kotoran dan juga buangan dari kapal.

## **2. Perencanaan Bangunan Pengambilan**

Suatu bangunan pengambilan harus dirancang dan dibangun berdasarkan beberapa faktor berikut:

- a. Faktor keselamatan sepenuhnya yang harus diambil dalam pembangunan bangunan pengambilan air adalah terhadap hantaman gelombang atau arus air yang kuat, benda-benda mengapung atau benda-benda yang terbawa aliran menuju kepada bangunan.
- b. Bangunan pengambilan harus mempunyai berat sendiri yang cukup, agar tidak mudah terguling atau hanyut karena arus aliran air.
- c. Jika pekerjaan bangunan pengambilan dibangun di lokasi kanal pelayaran, haru dilindungi dengan suatu bangunan dam sekeliling gelombang dari gerakan kapal sewaktu datang dan pergi melalui kanal.
- d. Pondasi bangunan pengambilan harus dibangun cukup dalam agar tidak mudah rusak.
- e. Untuk mencegah masuknya benda-benda berukuran besar dan ikan, pintu masuk air harus dilengkapi dengan suatu saringan.
- f. Inlet bangunan pemasukan mesti dapat dilalui air dalam jumlah yang besar.
- g. Posisi bangunan pengambilan harus dapat dicapai oleh air dalam semua musim. Jumlah pemasukan harus dibuat beberapa buah, bila salah satu tertutup, air harus dpat melalui pintu pemasukan yang lainnya. Inlet harus berada pada kedalaman yang cukup di bawah permukaan air agar udara tidak memasuki pipa pemasukan.

## **3. Tipe Bangunan Pengambilan**

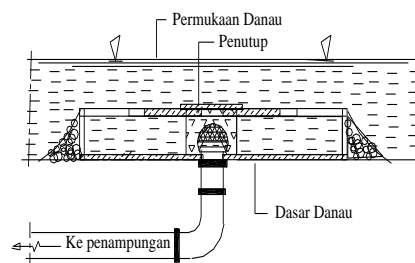
Bangunan pengambilan digunakan untuk mengumpulkan air pada pekerjaan air dari berbagai macam sumber yang dapat dimanfaatkan.

Sumber tersebut mungkin berbentuk danau, sungai, reservoir atau kanal. Pekerjaan bangunan pengambilan untuk masing-masing sumber tersebut harus disesuaikan dengan situasi dan kondisi masing-masing sumber tersebut. Tergantung pada sumber air, bangunan pengambilan dapat diklasifikasikan sebagai berikut: a. Bangunan pengambilan danau, b. Bangunan pengambilan sungai, c. Bangunan pengambilan reservoir, d. Bangunan pengambilan kanal

#### 4. Bangunan Pengambilan Danau

Untuk mengambil air dari danau umumnya digunakan bangunan di bawah permukaan (*submersible intake*). Seperti dilukiskan pada gambar 12.26. adalah salah satu bentuk bangunan pengambilan air dari danau. Bangunan pengambilan dibangun di dasar danau di bawah permukaan air terendah, sehingga pada musim kemarau sekalipun bangunan masih dapat berfungsi memasukan air.

Bangunan pengambilan biasanya terdiri dari jalur pipa yang dipasang pada dasar danau dan dilengkapi dengan mulut pemasukan (*bellmouth*) yang dipasang saringan dengan pelindung krib beton. Air masuk ke dalam pipa melalui mulut bell yang terbuka dan mengalir di bawah tekanan gravitasi menuju penampungan dan kemudian air dialirkan atau dipompakan ke tempat pengolahan.

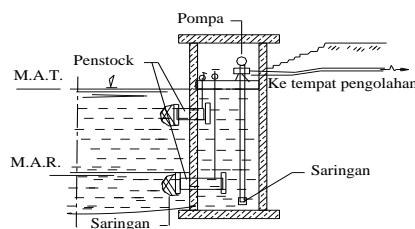


Gambar .9.25. Bangunan Pengambilan Air Danau

## 5. Bangunan Pengambilan Sungai

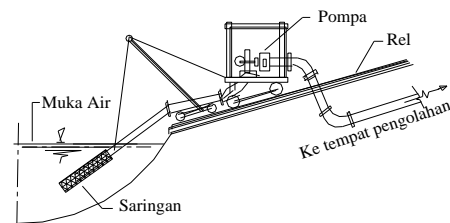
Air selalu mengalir dari arah hulu sungai, oleh karenanya air bebas dari kontaminasi air buangan (lihat gambar 9.27.). Gambar ini menggambarkan suatu bangunan pengambilan pada sungai. Bangunan berbentuk sumur beton dengan diameter 4 sampai 7 m dibangun di tebing sungai di tempat yang strategis agar dapat melayani kebutuhan air selama priode musim kering. Air masuk dari bagian yang rendah dari bangunan pengambilan disebut sebagai sumur paya (*sump-well*) dari penstock. Penstock dipasang dengan saringan yang ditempatkan di bawah aliran. Air dari sumur paya dipompakan ke tempat pekerjaan air dengan suatu pompa yang ditempatkan pada bagian atas bangunan seperti terlihat pada gambar 9.27. Pemasangan sejumlah penstock pada bangunan pengambilan dimaksudkan untuk pemasukan air dari berbagai ketinggian. Untuk menutup dan membuka penstock dipasang katup dengan bantuan lengan yang dipasang dari lantai pompa.

Beberapa sungai mempunyai variasi pelepasan disepanjang musim dan di musim kering. Jika di musim kemarau permukaan air turun sampai di bawah penstock, dapat dibangun suatu bendungan melintang arah sungai, sehingga muka air dapat mencapai ketinggian yang diperlukan.



Gambar 9.26. Bangunan Pengambilan Sungai

Dalam keadaan emergensi dan pekerjaan sementara dapat digunakan “*movable intake*” (bangunan pengambilan yang dapat dipindahkan). Pada tipe ini, pompa pengambilan dipasang pada sebuah gerobak atau “*trolley*” dan pipa isap dengan ujung memakai saringan dimasukan ke dalam air dan air langsung dipompakan ke tempat pengolahan (lihat gambar 9.28).

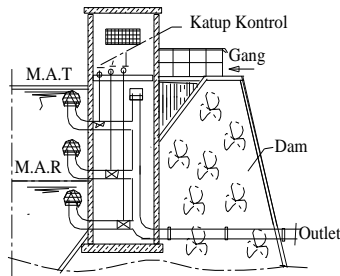


Gambar 9.27. Bangunan Pengambilan Bergerak

## 6. Bangunan Pemasukan Reservoir (Reservoir Intake)

Pada daerah yang memiliki pelepasan sungai sangat bervariasi, di sepanjang musim kering air sungai minimum dan pada musim penghujan air sungai meluap atau kebanjiran, maka pada kondisi sungai seperti ini dapat dibangun suatu bangunan pemasukan yang disebut “bangunan pemasukan reservoir”.

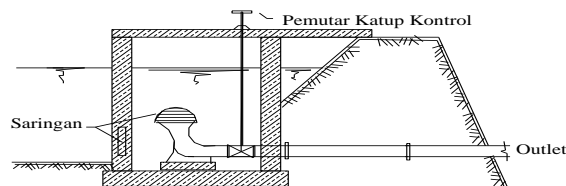
Bangunan pemasukan reservoir umumnya digunakan untuk mengambil air dari suatu reservoir. Bangunan ini dibangun pada dinding penahan (dam) reservoir dengan konstruksi seperti terlihat pada gambar 9.29. Bangunan ini terdiri dari tower pemasukan air yang dibangun pada sisi miring dam, sehingga dari sini dapat diambil air dengan jumlah yang mencukupi. Pipa pemasukan dipasang dengan ketinggian yang bervariasi dengan tujuan dapat memasukan air dengan ketinggian permukaan air yang bervariasi pula. Masing-masing pipa pemasukan yang dilengkapi dengan saringan pada bagian ujungnya dihubungkan dengan suatu pipa tegak pada sumur pemasukan.



Gambar .9.29. Bangunan Pengambilan Reservoir

## 7. Bangunan Pengambilan Kanal

Bangunan pengambilan kanal adalah suatu bangunan sederhana yang dibangun pada tebing kanal seperti pada gambar 9.30. Bangunan pemasukan terdiri dari pipa yang ditempatkan pada suatu ruangan beton yang dibangun pada lereng kanal. Pada satu sisi dari ruangan atau kotak beton tersebut dibuat terbuka dan dilengkapi dengan suatu saringan koarsa pada tempat air masuk. Ujung pipa di dalam ruangan beton (*chamber*) dilengkapi dengan mulut bell yang diberi saringan berbentuk setengah lingkaran seperti terlihat pada gambar. Pipa outlet membawa air ke sisi lain dari tebing kanal menuju tempat pengolahan. Untuk mengontrol air dalam pipa dipasang suatu katup dengan roda pemutar ditempatkan di lantai bagian atas ruangan bangunan pemasukan kanal.



Gambar 9.30. Bangunan Pengambilan Kanal

## 8. Penyaluran Air

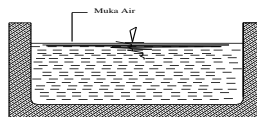
Air yang disadap dari sumber dengan bangunan pengambilan (*intake*) selanjutnya disalurkan ke tempat pengolahan. Jika sumber air terletak lebih



tinggi dari lokasi pengolahan, maka air dapat disalurkan dibawah tekanan gravitasi. Untuk membawa air ke tempat pengolahan dapat digunakan kanal atau saluran terbuka, akuaduk atau jalur pipa. Jika sumber air terletak lebih rendah dari lokasi tempat pengolahan, pada kondisi seperti ini air dapat disalurkan dengan sistem saluran tertutup atau pipa di bawah suatu tekanan.

### 9. Saluran Terbuka (*Open Channels*)

Saluran terbuka kadang-kadang juga digunakan untuk membawa air dari sumber ke tempat pengolahan. Saluran dapat dibangun dengan mudah dan harga yang relatif rendah, yaitu dengan memotong tebing-tebing tanah sehingga air dapat dialirkan ke tempat pengolahan (lihat gambar 9.31.). Saluran dibuat secara terbuka dan sangat besar kemungkinan air terkontaminasi selama dalam pengaliran. Air mengalir secara gravitasi dari sumber menuju tempat pengolahan. Dasar saluran dibuat miring, sehingga air dapat mengalir dengan kecepatan tertentu sesuai dengan besar kemiringan yang direncanakan. Pada sistem saluran terbuka ini banyak terjadi kehilangan, terutama diakibatkan adanya perembesan dan penguapan air selama dalam perjalanan.

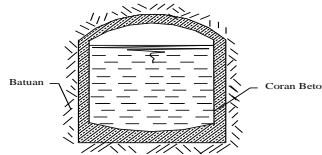


Gambar 9.31. Saluran Terbuka

### 10 Akuaduk dan Terowongan

Akuaduk adalah suatu bangunan saluran tertutup yang terbuat dari pasangan batu atau beton digunakan untuk mengalirkan air dari sumber ke tempat lokasi pengolahan secara gravitasi. Demikian juga terowongan merupakan saluran gravitasi, air mengalir di dalamnya di bawah tekanan yang disebut "*pressure tunnels*". Terowongan ini biasanya dibangun

dengan dinding-dinding kedap air sehingga tidak terjadi kehilangan air selama dalam perjalanan menuju lokasi pengolahan.



Gambar 9.32. Aquaduk

Bentuk penampang melintang dari akuaduk dan terowongan ini biasanya dibuat seperti sepatu kuda atau “*horse-shoe*” (lihat gambar 9.32.)

#### 11. Pipa-Pipa Penyalur

Pipa penyalur merupakan saluran tertutup berpenampang lingkaran dan air mengalir di bawah suatu tekanan. Sekarang umumnya digunakan pipa-pipa bertekanan untuk menyalurkan air dalam jumlah besar menggantikan akuaduk dan terowongan. Pipa-pipa yang digunakan terbuat dari bermacam-macam material seperti besi tuang (*cast iron*), besi tempa (*wrought iron*), baja (*steel*), beton semen, asbes semen, timber, dan bahan-bahan lainnya. Pipa-pipa tersebut dibuat dengan berbagai ukuran diameter mulai dari diameter terkecil sampai dengan diameter yang besar.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan dalam memilih bahan pipa, yaitu:

- a. Kapasitas penyaluran.
- b. Ketahanan dan umur pipa.
- c. Jenis air yang akan disalurkan dan kemungkinan terjadi korosif pada bahan pipa.
- d. Ketersediaannya di pasaran.
- e. Biaya perawatan murah, dan mudah dikerjakan, dan lain-lain.

## 12. Pipa Besi Tuang (*Cast-Iron Pipe*)

Pipa besi tuang umum digunakan dalam rencana penyediaan air bersih, pipa ini mempunyai daya tahan yang tinggi terhadap bahaya korosi sehingga mempunyai daya tahan yang lama. Pipa ini dibuat dari bahan besi berwarna abu-abu dengan dua cara. Cara pertama, bahan besi dimasukkan ke dalam cetakan yang terbuat dari pasir biasa yang ditempatkan dalam posisi horizontal, cara ini disebut "*ordinary sand moulding method*". Pipa yang dituang secara horizontal ini disebut juga "*Mc.Wane Pipes*". Tetapi dengan metoda ini ada juga yang dibentuk dalam posisi tegak atau vertikal, cara ini disebut "*Pit Cast Pipes*". Pipa yang sudah dicetak dengan cetakan pasir tersebut dibersihkan terlebih dulu dan dicelupkan ke dalam bahan pelapis (*coaltar*) dan minyak, kemudian juga setelah dipanaskan kira-kira 300°F. Bahan pelapis *coaltar* ini melapisi pipa agar terlindung dari bahaya korosi. Sedang cara kedua, yaitu dengan cetakan sentrifugal yang sering juga disebut "*DeLavaud process*". Dalam metode ini, logam yang sudah meleleh dimasukkan ke dalam cetakan berbentuk selinder yang dinamakan "*water-cooled cylindrical metal mould*", kemudian diputar dengan kecepatan tinggi. Cetakan diputar dengan gaya sentrifugal secara homogen sehingga pipa terbentuk dengan baik.

Pipa yang sudah mengalami proses pembentukan tadi dikeluarkan dari cetakan untuk diproses lebih lanjut, kemudian dilakukan pengetesan di bawah tekanan hidrostatik dan dilapisi kembali dengan *coal tar* dalam cetakan pasir (*sand moulding*).

Pipa besi tuang dibuat dipabrik dengan panjang 2,74m. sampai dengan 5,48m. Alat-alat sambung (*fittings*) pipa besi tuang ini dibuat dengan cara yang sama, yaitu dengan sand mould berbentuk kotak (*Boxes*), juga dilakukan proses pelapisan sebagaimana halnya proses pembuatan pipanya. Penyambungan pipa besi tuang dilakukan dengan sistem sambungan "*bell and spigot*", sambungan ulir, dan juga sambungan flen (*flange joint*).

### **13. Pipa Besi Tempa (*Wrought Iron*)**

Pipa besi tempa dibuat dengan cara menggulung plat besi dengan besi penggulung sesuai dengan diameter pipa yang diinginkan, kemudian pertemuan sisi plat dihubungkan dengan las. Jika dibandingkan dengan pipa besi tuang, pipa besi tempa lebih ringan dan mudah dipotong, mudah diulir, dan mudah dikerjakan untuk keperluan tertentu. Akan tetapi pipa jenis ini lebih mahal dan kurang tahan lama dibanding dengan pipa besi tuang (*cast iron*). Pipa ini hanya baik digunakan di dalam bangunan sehingga terhindar dari bahaya korosi. Pipa besi tempa disambung dengan alat penyambung coupling atau sambungan ulir dan sambungan soket. Untuk memperpanjang umur pipa ini biasanya dilapisi dengan bahan galvanised. Oleh karena itu sering juga disebut pipa galvanised.

### **14. Pipa Baja (*Steel Pipe*)**

Pembuatan pipa ini sama dengan pipa besi tempa, kadang-kadang pipa ini digunakan untuk jalur utama dan di tempat-tempat yang mengalami tekanan yang tinggi dan memerlukan diameter yang lebih besar. Pipa baja lebih kuat dan lebih ringan, dapat menahan tekanan yang lebih besar dibanding dengan pipa besi tuang. Harga pipa baja lebih murah dibanding dengan pipa besi tuang, juga mudah dikerjakan dan lebih ringan.

Penyambungan pipa baja dapat dilakukan dengan sambungan las atau sambungan keling. Pipa ini biasanya diproduksi dalam diameter di atas 120 cm, dengan ketebalan dinding 15,87mm. Pipa baja banyak digunakan pada pekerjaan-pekerjaan besar seperti pada pekerjaan pembangkit listrik dan pekerjaan besar lainnya.

### **15. Pipa Beton**

Pipa ini mungkin dicetak di tempat pekerjaan atau mungkin juga dicetak ditempat lain dan dibawa ketempat pekerjaan. Pipa beton digunakan bila air tidak mengalir di bawah suatu tekanan.

Penyambungan pipa dilakukan dengan sistem bell dan spigot. Pipa beton biasa digunakan hanya berdiameter di atas 60 cm. Pipa pracetak (Precast pipe) dibuat di pabrik dan kemudian dibawa ketempat pekerjaan. Penguatan dari pipa beton bertulang atau "RCC" (*reinforce concrete*) terdiri dari baja dilas melingkar bertegangan tinggi. Beton diletakan sekeliling tulangan dan diproses dengan sistem sentrifugal. Secara normal campuran beton dibuat dengan perbandingan 1:2:2, yaitu satu bagian semen, dua bagian kerikil atau batu pecah, dan dua bagian pasir. Untuk penyambungan pipa berdiameter besar biasanya dilakukan dengan sietem sambungan "*collar*" dengan gasket karet gasket dari timah ditempatkan antara dua ujung pipa yang disambung tersebut.

Pada daerah yang sulit, pipa dapat dibuat dengan memanfaatkan bahan setempat. Pipa ini tidak bisa berkarat karena air, sehingga pipa dapat tahan lama (di atas 75 tahun).Permukaan pipa ini tidak terpengaruh oleh waktu, oleh karena itu tidak mempengaruhi kapasitas apliran air dalam pipa.

#### **16. Pipa Semen Asbestos**

Bahan pembuat pipa ini merupakan campuran antara semen dan fiber asbestos. Pencampuran semen dan asbestos dilakukan dengan sebuah mandrel baja putar dan kemudian dipres dengan rol baja bertekanan. Pipa ini dibuat dengan diameter 5cm. Sampai dengan 130cm. Pipa ini mempunyai permukaan yang licin dan tidak terpengaruh oleh garam, asam dan bahan korosif lainnya.

Pipa semen asbes sangat ringan dan dapat dihandel dan dibawa dengan mudah ke tempat pekerjaan. Disamping itu, pipa juga mudah dikerjakan, dipotong, dibor atau disambung.

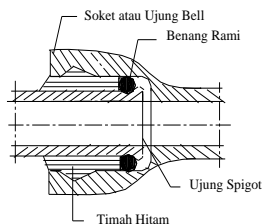
#### **17. Penyambungan Pipa**

Untuk fasilitas dalam pekerjaan, transportasi, dan penem patannya pada posisi tertentu di lapangan, pipa dibuat dipabrik dengan panjang 2m sampai 6m. Potongan pipa disambungkan setelah ditempatkan pada posisi yang benar, yaitu untuk membuat jalur pipa yang menerus.

Perencanaan sambungan pipa ini tergantung pada kondisi pipa itu sendiri, tekanan dalam pipa, dan kondisi penyangga. Sambungan bell dan spigot yang menggunakan timah sebagai bahan pengisi banyak digunakan pada penyambungan pipa besi tuang, untuk pipa baja digunakan sambungan las, keling, flen atau sambungan ulir. Sedang pipa semen asbes dan pipa R.C.C. digunakan tipe sambungan khusus. Untuk pipa yang menderita getaran, pengembangan atau penyusutan, digunakan sistem sambungan fleksibel Beberapa tipe sambungan yang biasa digunakan dalam penyambungan pipa akan dibahas pada bagian selanjutnya.

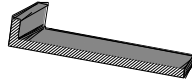
### 18. Sambungan Soket dan Spigot

Adakalanya sambungan ini disebut juga “bell and spigot joint” (lihat gambar 7.8. Jenis sambungan ini biasanya digunakan untuk penyambungan pipa besi tuang (*cast iron pipe*).



Gambar 9.33. Sambungan Spigot dan Soket (Bell and Spigot)

Untuk sambungan ini spigot atau ujung pipa normal diselipkan ke dalam soket atau ujung bell dari pipa lain sampai merapat pada mulut (bell) dari ujung pipa lainnya). Setelah itu benang rami atau serat nenas dimasukkan sekeliling ujung spigot dari pipa dan dipadatkan dengan suatu alat pemadat yang dinamakan “Chalking tool” yang terbuat dari baja seperti terlihat pada gambar 9.33.



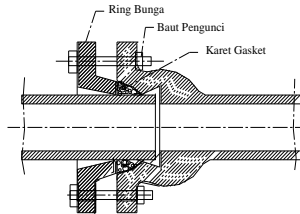
Gambar 9.34. Alat Pematat (Chalking Tool)

Selanjutnya setelah pengisian dengan benang rami tersebut, kemudian untuk penguatan sambungan dipasang suatu klem dengan kencang pada sekeliling sambungan. Bahan yang digunakan untuk klem tersebut dapat berupa timah hitam yang dipanaskan dan dituangkan pada bagian sambungan tersebut sampai mengisi rongga antara mulut bell dan spigot. Setelah timah cair dingin dan mengeras timah tersebut dipadatkan.

#### 19. Sambungan Ekspansi (Expansion Joint)

Sambungan ekspansi (sambungan mengembang) digunakan di tempat-tempat yang mungkin terjadi pengembangan atau penyusutan sambungan akibat perubahan suhu udara atau mungkin pipa digunakan untuk mengalirkan cairan panas, seperti gas alam cair.

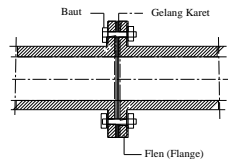
Pada sambungan ekspansi ini ujung soket dihubungkan dengan cincin bunga dari besi tuang. Suatu karet gasket (*rubber gasket*) dipadatkan atau dipres antara permukaan soket dan spigot, yaitu dengan mengencangkan baut pengikat. Pada permulaan sebelum mengencangkan ring bunga, agar pipa dapat bergerak bila terjadi pengembangan atau penyusutan maka diberi sedikit renggangan antara ujung spigot dan soket. Dengan cara ini, bila terjadi pengembangan, pipa dapat bergerak ke depan dan bila terjadi penyusutan, pipa juga dapat bergerak ke belakang.



Gambar 9.35. Sambungan Ekspansi

## 20. Sambungan Flen (*Flange Joint*)

Sambungan ini umumnya digunakan pada pekerjaan jalur pipa sementara. Sayap pada ujung-ujung pipa disambung dengan baut, yaitu dengan mendekat kan ujung-ujung pipa dan diantara kedua ujung tersebut diselipkan gelang karet untuk mencegah kebocoran pada sambungan.



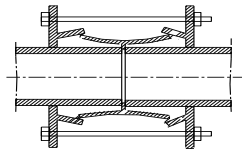
Gambar 9.36. Sambungan Flen (Flange Joint)

## 21. Sambungan Mekanik (*Mechanical Joint*)

Tipe sambungan mekanik ini digunakan untuk penyambungan pipa besi tuang (*cast iron*), pipa besi tempa (*wrought iron*), yaitu bila kedua ujung pipa dibuat bersayap atau memakai spigot. Sambungan mekanik dibedakan atas dua tipe:

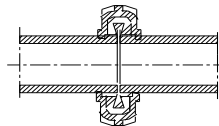


- a. Dresser-coupling. Secara umum tipe ini terdiri dari satu cincin dalam, dua buah cincin bunga dan dua karet gasket. Kedua dua cincin bunga (*flower ring*) dihubungkan dengan baut dan bila baut tersebut dikencangkan akan menekan gasket yang dipasang pada ujung cincin bagian dalam, sehingga sambungan tidak bocor (lihat gambar 9.36).



Gambar 9.37. Dresser Coupling

- b. Sambungan Victaulic. Tipe ini dilengkapi suatu gasket atau cincin anti bocor yang diselipkan antara kedua ujung pipa yang disambung (lihat gambar 9.37). Sambungan ini tahan terhadap getaran atau kejutan dan digunakan untuk sambungan besi tempa atau pipa galvanised.

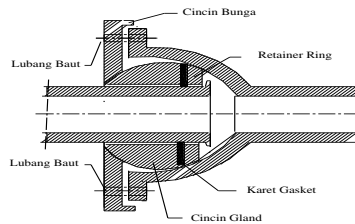


Gambar 9.38. Sambungan Victaulic

## 22. Sambungan Fleksibel

Kadang-kadang sambungan fleksibel ini disebut juga dengan “*Sambungan Bell dan Soket*” atau “*Sambungan Universal*”. Sambungan ini digunakan pada tempat terjadi pembebanan setelah pemasangan pipa. Sambungan ini dapat juga digunakan untuk jalur pipa yang membentuk lengkungan, karena sambungan dapat dipasang membentuk sudut.

Ujung soket dicetak dalam bentuk spherical seperti dilukiskan pada gambar 9.39. Pemasangan sambungan ini dilakukan dengan cara memasukkan ujung pipa spigot ke dalam ujung spherikal.



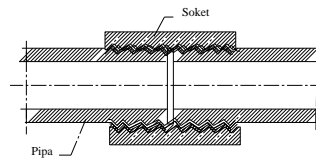
Gambar .9.39. Sambungan Fleksibel

Selanjutnya dipasang cincin retainer pada ujung spigot dan kemudian karet gasket digeser sampai menempel ke bagian cincin retainer. Untuk menjepit karet gasket dipasang cincin gland besi tuang yang mempunyai bentuk permukaan luar sama dengan permukaan ujung soket. Setelah itu dipasang cincin bunga dan dibautkan ke ujung soket.

Dari gambar sambungan fleksibel di atas terlihat, bila salah satu pipa menerima suatu defleksi, maka bagian yang berbentuk bola akan bergeser ke dalam soket, dan sambungan tetap tidak bocor pada semua posisi.

### 23. Sambungan Ulir

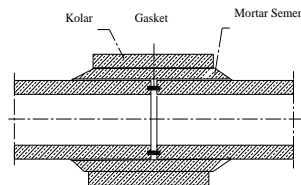
Umumnya sambungan ulir ini digunakan untuk menyambung pipa pipa besi tuang, pipa besi tempa, dan pipa galvanised berdiameter kecil. Ujung pipa bagian luar yang akan disambung diulir terlebih dahulu (lihat gambar 9.40), sedangkan soket atau kopleng mempunyai ulir pada bagian dalam. Kemudian soket atau kopleng dipasangkan pada ujung pipa yang sudah diulir. Untuk menjaga agar sambungan tidak bocor, sebelum kopleng atau seket dipasangkan terlebih dahulu ulir pada ujung pipa diberi isolasi.



Gambar 9.40. Sambungan Ulir

#### 24. Sambungan Kolar

Sambungan tipe ini biasanya digunakan untuk menyambung pipa beton atau pipa asbes berdiameter besar. Ujung-ujung pipa ditempatkan dengan ketinggian yang sama dan karet gasket diantara cincin baja dipasang dan kemudian kolar ditempatkan pada bagian sambungan (lihat gambar 9. 41). Selanjutnya semen mortar dengan adukan 1 : 1 diisikan ke dalam celah antara pipa dengan kolar sampai padat.



Gambar 9.41. Sambungan Kolar

#### 25. Pemasangan Jalur Pipa

Secara umum jalur pipa dipasang di bawah permukaan tanah, akan tetapi kadang-kadang juga di pasang di atas permukaan tanah, misalnya

pada jalur pipa yang melintasi daerah terbuka. Pemasangan pipa dilakukan dalam beberapa langkah sebagai berikut:

- a. Pertama dibuat gambar detail lokasi yang akan dilalui jalur pipa, dan pada gambar dicantumkan ukuran-ukuran dan tanda-tanda, panjang jalur pipa yang akan dipasang, posisi keberadaan jalur pipa, lengkungan-lengkungan, jalur selokan, penempatan katup-katup pipa, stand post dan lain-lain.
- b. Setelah rancangan umum selesai garis senter jalur pipa pada gambar detail dipindahkan ke permukaan tanah. Garis senter ditandai dengan suatu patok dengan ketinggian 30 cm.pada garis lurus. Pada lengkungan patok dibuat dengan jarak 7 m. sampai dengan 15 m.
- c. Setelah selesai pemasangan garis senter pada permukaan tanah, maka penggalian tranches dapat dimulai. Kedalaman galian antara 30 cm sampai 45 cm melebihi diameter luar pipa. Pada jalur pipa yang dilewati beban bergerak yang berat, kedalaman galian lebih dari 90 cm. Di bawah permukaan tanah. Jika tidak memungkinkan membuat galian yang dalam pada tanah yang lunak harus dibuat pelindung dengan plang kayu atau bahan lainnya yang dapat menahan beban yang lewat di atasnya.
- d. Setelah galian selesai pipa ditempatkan ke dalamnya dan biasanya diberi patok pada sisi-sisi pipa tersebut. Untuk pipa yang ringan dapat ditempatkan ke dalam galian secara manual, tetapi untuk pipa yang berat dapat dilakukan dengan melilitkan tali yang diikatkan pada suatu "*derrick*" kepada pipa dan menurunkannya secara pelan-pelan. Pemasangan pipa harus dimulai dari tempat yang rendah menuju tempat yang tinggi dengan soket mengarah ke tempat yang tinggi.
- e. Setelah pipa terpasang pada jalurnya dilakukan tes terhadap kebocoran. Jika tidak terdapat kebocoran dilanjutkan dengan penimbunan kembali bekas galian dan pemadatan seperlunya.

## **G. Aktivitas Pembelajaran**

1. Guru pembelajar menyebutkan macam-macam bangunan pengambilan air untuk pengolahan air bersih pada pekerjaan Plambing dan Sanitasi.
2. Mendiskusikan bangunan pengambilan air dan jenis sambungan yang digunakan.

## **H. Rangkuman**

Beberapa macam jenis bangunan pengambilan air untuk pengolahan air bersih. Bangunan pengambilan air dipasang sesuai dengan bentuk sumber air yang akan digunakan sebagai sumber air bersih. Sedang bermacam-macam jenis sambungan pipa dipilih sesuai dengan situasi dan kondisi pemasangan jalur pipa.

## **I. Umpan Balik dan Tidak Lanjut**

### **Pertanyaan-Pertanyaan**

1. Apakah yang dimaksud dengan bangunan pemasukan ? dan apa yang harus dipikirkan dalam memilih tempat untuk pekerjaan bangunan pengambilan tersebut ?
2. Sebutkan bermacam-macam tipe bangunan pemasukan ?
3. Jelaskan secara singkat tentang pipa besi tuang, pipa baja, pipa beton, pipa asbes!.
4. Jelaskan secara singkat bagaimana cara penyambungan pipa besi tuang dengan spigot dan soket !
5. Jelaskan secara singkat mengenai sampungan ekspansi, dan sambungan flen!.
6. Jelaskan secara singkat langkah-langkah pemasangan jalur pipa !

## **KUALITAS AIR UNTUK PENYEDIAAN AIR BERSIH PADA SISTEM PLAMBING**

### **ANALISIS PENGOLAHAN AIR**

#### **A. Tujuan**

Setelah mempelajari materi ini, guru (peserta didik) dapat menjelaskan kualitas dan pengolahan air bersih untuk sistem plambing.

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

1. Menjelaskan proses pengolahan Air
2. Tujuan pengolahan air

#### **C. Uraian Materi**

##### **1. Tujuan Pengolahan**

Air baku yang terdapat pada berbagai sumber tidak dapat digunakan untuk berbagai keperluan oleh masyarakat secara langsung, air harus dibebaskan terlebih dahulu dari bahan-bahan atau zat-zat pencemar, dan air juga harus bebas dari bibit-bibit penyakit yang dapat merusak kesehatan. Dengan kata lain, air harus diproses terlebih dahulu sebelum digunakan untuk keperluan tertentu. Proses perlakuan terhadap air baku yang terdapat pada sumber tergantung pada kualitas dan tingkat pencemaran air pada sumber tersebut.

Tujuan utama dari proses pengolahan air adalah untuk menghilangkan unsur-unsur pencemar dan agar air dapat memenuhi standar kualitas air bersih yang berlaku, sesuai dengan standar kualitas air bersih yang ditetapkan oleh Departemen Kesehatan Republik Indonesia dan standar dari badan kesehatan dunia (W.H.O.).

Secara umum tujuan proses pengolahan air tersebut di atas dapat disimpulkan sebagai berikut:

- a. Menghilangkan gas larut, kekeruhan dan warna air.
- b. Menghilangkan gangguan rasa tidak enak pada air.
- c. Membunuh semua bibit penyakit yang dapat membahayakan kesehatan.
- d. Menjadikan air cocok digunakan untuk keperluan rumah tangga, industri, perkantoran, rumah ibadah, dan keperluan umum lainnya.
- e. Menghilangkan sifat korosif air terhadap alat-alat yang terbuat dari bahan logam.

## **2. Lokasi Tempat Pengolahan Air Bersih**

Lokasi atau tempat pengolahan air bersih harus diusahakan sedekat mungkin ke daerah perkotaan. Jika sumber air berupa sumur pipa (*tube well*), tempat pengolahan dapat dibuat di tengah-tengah daerah perkotaan sehingga air dapat sampai kepada konsumen secepat mungkin. Jika daerah perkotaan yang cukup luas dapat dibagi atas beberapa daerah (*zone*), dan masing-masing daerah bagian tersebut dapat dibuat satu tempat pengolahan.

Jika sumber air berupa sungai atau reservoir, lokasi pemrosesan dapat ditempatkan sedekat mungkin ke daerah perkotaan dan diusahakan terletak di sentral kota.

## **3. Proses Pengolahan**

Proses pengolahan secara langsung tergantung pada bentuk pencemaran yang terdapat dalam air yang akan dijadikan sebagai sumber penyediaan air bersih. Untuk menghilangkan bentuk pencemaran tersebut digunakan proses pengolahan sebagai berikut:

- a. Benda-benda mengapung, seperti daun kayu, sampah, bangkai binatang, dan lain-lain dihilangkan dengan jeruji (*screening*).
- b. Zat pencemar seperti pasir, tanah liat, dan bahan solid lainnya dihilangkan dengan sistem pengendapan (*plain sedimentation*).
- c. Bahan-bahan halus melayang dalam air dihilangkan dengan pengendapan menggunakan koagulan.

- d. Mikro-organisme dan bahan-bahan koloidal dihilangkan dengan sistem saringan.
- e. Larutan gas, rasa dan bau dihilangkan dengan aerasi dan proses kimia.
- f. Bakteri bibit penyakit dihilangkan dengan desinfeksi.

Karakteristik dan tingkat pengolahan air secara langsung tergantung atas keadaan air yang terdapat pada sumber. Sumber air permukaan secara umum mengandung sejumlah besar zat pencemar. Oleh karenanya memerlukan semua bentuk pengolahan di atas. Secara umum, jeruji dipasang pada semua pekerjaan bangunan pemasukan (*Intake*), oleh karena itu tidak diperlukan pembuatan jeruji secara terpisah atau tersendiri. Kadang-kadang sumber air berupa danau atau empang tidak mengandung benda terapung, oleh karena itu hanya diperlukan pengolahannya dengan penyaringan (*filtration*) dan desinfeksi saja. Sedangkan sumber yang berasal dari air tanah, biasanya sudah tidak mengandung bahan-bahan terapung seperti sampah, daunan, bangkai binatang dan lain-lainnya, hanya memerlukan desinfeksi, dan perlakuan kimiawi untuk menghilangkan bibit penyakit, zat besi, kekerasan, larutan hidrogen sulphida yang menimbulkan bau tidak sedap pada air, dan unsur-unsur kimia lain yang dapat merusak kesucian air.

#### 4. **Layout Proses Pengolahan Air**

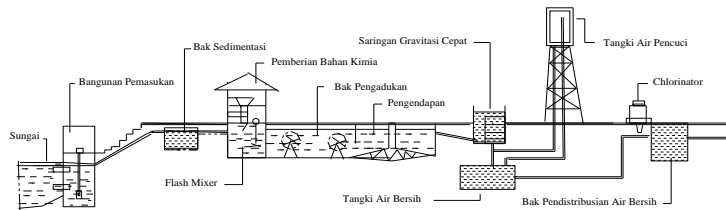
Suatu proses pengolahan air yang lengkap dimulai dari pengambilan air dari sumber sampai ke tempat pendistribusian, memerlukan beberapa bagian sebagai berikut:

- a. Pekerjaan bangunan pemasukan termasuk pemompaan.
- b. Pengendapan sedimen (*Plain sedimentation*).
- c. Pengendapan dengan koagulan.
- d. Penyaringan (*filtration*).
- e. Desinfeksi
- f. Bak penyimpanan air bersih.
- g. Pompa untuk pemompaan air ke reservoir pelayanan, jika bak penyimpanan (reservoir) dibuat dengan ketinggian.



h. Reservoir pelayanan di bawah atau di atas tanah.

Kadang-kadang tempat pelunakan air dilengkapi sebelum pekerjaan penyaringan (*filtration*). Gambar 10.42. memperlihatkan suatu bentuk dari layout pengolahan air.



Gambar 10.42. Layout Proses Pengolahan Air

Beberapa hal yang perlu dipertimbangkan selama membuat suatu layout proses pengolahan air:

- Semua bagian pengolahan diletakkan secara berurutan, sehingga air dari satu proses dapat langsung ke bagian proses selanjutnya.
- Jika memungkinkan masing-masing bagian ditempatkan dengan ketinggian tertentu sehingga air dapat mengalir dari satu proses ke proses selanjutnya secara gravitasi.
- Semua unit pengolahan diatur penempatannya agar tidak banyak memakan tempat.
- Harus dipikirkan untuk lokasi pengembangan pada masa yang akan datang.
- Perkantoran untuk proses pengolahan ditempatkan dekat dengan lokasi pengolahan agar operator dapat memonitor dengan mudah.
- Lokasi pengolahan harus ditata dengan baik agar dapat memberikan kenyamanan dan keindahan.
- Laboratorium untuk penelitian kualitas air sedapatnya ditempatkan dekat lokasi pen

## 5. Masalah pengendapan

Jika air mengandung benda terapung berukuran besar, akan lebih ekonomis dilakukan pengolahannya dengan cara pengendapan pendahuluan (*preliminary sedimentation*). Benda terapung dapat menyebabkan air menjadi keruh, oleh karena itu bila benda terapung ini dihilangkan maka akan membantu pada proses pengolahan selanjutnya. Pengendapan sedimen merupakan suatu proses untuk menghilangkan benda-benda terapung dari air dengan mengendapkannya ke dasar tangki atau dasar bak, dengan demikian benda terapung akan turun ke dasar bak atau tangki. Pengendapan mempunyai beberapa manfaat sebagai berikut:

- a. Mengurangi beban pada kegiatan proses selanjutnya.
- b. Pelaksanaan proses pembersihan atau pencucian berikutnya dapat dikontrol dengan cara yang baik, karena pengendapan sedimen mengurangi variabel kualitas air.
- c. Biaya pembersihan bak koagulan kimia menjadi berkurang.
- d. Tidak ada kehilangan bahan kimia sewaktu membuang lumpur dari bak pengendapan.
- e. Sedikit menggunakan bahan kimia pada bagian-bagian proses pengolahan.

Dalam proses pengolahan air dengan pengendapan sederhana, air ditahan dalam suatu bak (*basin*) sehingga partikel-partikel terapung dapat turun hanya karena gaya gravitasi. Setelah turun partikel akan mengendap dan air dialirkan dari bak tanpa terganggu oleh bahan atau partikel pencemar. Pengendapan sederhana (*plain sedimentation*) cocok untuk air bersih secara relatif yang mengandung sejumlah bahan atau zat terapung yang tidak layak. Pengalaman praktek menunjukkan bahwa air yang mengandung sejumlah besar benda terapung dapat secara mudah dibersihkan dengan pengendapan daripada air yang sedikit mengandung bahan-bahan terapung.

Sudah sejak lama pengendapan sederhana dilakukan dengan "*metode draw and fill*". Dalam metode ini pertama air diendapkan dalam

tangki atau bak, kemudian air dibiarkan tinggal dalam tangki beberapa waktu, dengan demikian benda terapung akan turun ke dasar bak kemudian air dialirkan keluar. Tetapi saat ini hanya bak tipe aliran menerus yang digunakan sehingga air dapat mengalir secara kontinu. Semua benda terapung mengendap ke dasar bak dan air mengalir keluar pada bagian atas dari bak.

**a. Prinsip Sedimentasi (Pengendapan sedimen)**

Suatu partikel yang tidak berubah ukuran, bentuk dan beratnya selama naik atau turun dalam suatu cairan disebut “*discrete particle*”. Semua partikel yang mempunyai berat jenis lebih besar dari cairan akan bergerak secara vertikal ke bawah akibat gaya gravitasi. Ketika partikel turun melalui cairan, partikel akan turun sampai terjadi tahanan gesek sama dengan aksi gaya gravitasi pada partikel. Pada suatu tingkat tertentu partikel akan turun pada kecepatan tertentu. Kecepatan turun ini disebut “*settling velocity*” dan ini merupakan faktor yang sangat penting dalam prinsip sedimentasi (pengendapan). Kekuatan dorong (*impelling force*) dalam bentuk kecepatan turun (mengendap) adalah sama dengan berat efektif partikel di dalam cairan. Keadaan ini dapat digambarkan dalam bentuk persamaan:

$$F_i = (\rho_s - \rho_f) g \cdot V \dots\dots\dots (1)$$

dimana:  $F_i$  = kekuatan dorong (gaya dorong)

$\rho_s$  = massa density partikel

$\rho_f$  = massa density cairan

$g$  = percepatan gravitasi

$V$  = volume cairan.

Tetapi dari hukum Newton’s untuk tahanan gesek adalah sebagai berikut:

$$F_D = C_D \cdot A \cdot \rho_f \cdot v^2 \dots\dots\dots (2)$$

dimana:  $F_D$  = gaya seret (gaya dorong)

$C_D$  = koefisien seret (koef. Dorong)

$A$  = luas bidang proyeksi partikel

$v$  = kecepatan relatif partikel dan cairan (*settling velocity of particle*)

Dimasukan nilai  $A = \pi d^2/4$  pada persamaan (1) dan (2), sehingga:

$$v = \left\{ \frac{4}{3} \cdot g \cdot C_D \left[ \frac{(\rho_s - \rho_f)}{\rho_f} \right]^{0.5} \right\} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :  $d$  = diameter partikel

Persamaan (3) dapat digunakan jika nilai dari Reynold's diketahui, oleh karena itu:

$$R = v \cdot d \cdot \rho_f / \mu \dots\dots\dots (4)$$

dimana:  $R$  = angka Reinold's

$\mu$  = viscositas (kemampuan melekat) absolut cairan.

Menurut hukum Stoke's bahwa untuk gaya seret ke bawah partikel dalam kemampuan melekat cairan, adalah:

$$F_D = 3\pi\mu \cdot v \cdot d \dots\dots\dots (5)$$

Nilai persamaan dari  $F_D$  di dalam persamaan (2) dan (5), adalah:

$$C_D \cdot A \cdot (v^2 \cdot \rho_f) = 3\pi\mu \cdot v \cdot d$$

atau :  $C_D = 6 \pi\mu \cdot v \cdot d / (v^2 \cdot A)$ , kemudian masukan nilai  $A = \pi d^2/4$ , maka:

$$C_D = 24\mu / v \hat{\rho} d$$

Substitusikan nilai R dari persamaan (4), maka :

$$C_D = 24/R$$

Sekarang masukan kembali nilai  $C_D$  ke dalam persamaan (3), maka menjadi:

$$v = 1/18 \cdot g/\mu (\hat{\rho} s - 1) d^2 \dots\dots\dots (6)$$

Persamaan (6) merupakan persamaan umum untuk sesuatu cairan. Dalam hal ini nilai  $(\hat{\rho})$  air termasuk bagian tersebut. Oleh karena itu kecepatan turun suatu partikel dalam air, adalah:

$$v = 1/18 \cdot g/\mu (\hat{\rho} s - 1) d^2$$

Jika semua nilai-nilai lain diketahui maka sesuatu yang ingin diketahui dapat ditemukan. Di dalam sistem Metrik unit nilai-nilai tersebut ditulis sebagai berikut:

$v$  = kecepatan turun dalam cm./dt.  $\rightarrow$  (dt = detik)

$g$  = 981 cm./dt.<sup>2</sup>

$\hat{\rho} s$  = specific gravity partikel

$d$  = diameter partikel dalam cm.

$\mu$  = viscositas air dalam centi-stoke's.

Nilai viscositas dipengaruhi oleh perubahan temperatur. Berikut ini diberikan nilai viscositas dalam beberapa nilai temperatur:

Temperatur :  $0^\circ\text{C}$  ;  $5^\circ\text{C}$  ;  $10^\circ\text{C}$  ;  $15^\circ\text{C}$  ;  $20^\circ\text{C}$  ;  $25^\circ\text{C}$

$\mu$  centi-stoke's: 1,79 ; 1,52 ; 1,31 ; 1.15 ; 1.01 ; 0,90.

**b. Disain Bak Pengendap Dengan Aliran Terus-menerus**

Untuk tujuan pendisainan, bak dapat dibagi ke dalam empat daerah, sebagai berikut:

- 1). Daerah pemasukan (*inlet zone*)
- 2). Daerah pengendapan (*settling zone*)

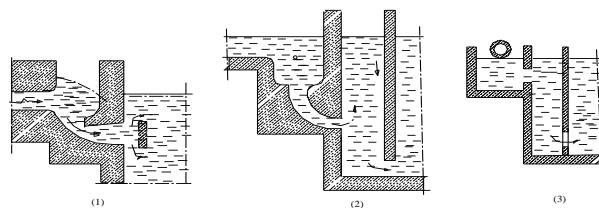
- 3). Daerah lumpur (*sludge zone*)
- 4). Daerah pengeluaran (*outlet zone*).

Sebelum memulai pekerjaan perencanaan ada beberapa asumsi yang harus dilakukan, yaitu sebagai berikut:

- 1). Air bergerak dalam daerah pengendapat tanpa ada gangguan dan pengendapat mengambil tempat secara langsung seperti dalam keadaan tenang sepenuhnya pada kedalaman yang sama.
- 2). Aliran air tetap dan semua partikel terapung didistribusikan dalam bentuk seragam pada penampang melintang menuju arah memanjang bak setelah berada di daerah pengendapan.
- 3). Suatu partikel yang memasuki daerah lumpur dapat tertahan dan mengendap.

**c. Disain Daerah Pemasukan (*inlet zone*)**

Daerah pemasukan direncanakan merupakan jalan air masuk didistribusikan dalam bentuk seragam pada luas penuh dari bak atau tangki pengendapan, dan air memasuki daerah pengendapan tanpa menyebabkan suatu gangguan pengendapan partikel. Ada beberapa bentuk bangunan inlet yang biasa digunakan, yaitu sebagai berikut:



Gambar 10.43. Beberapa Tipe Bangunan Pemasukan (*Inlet*)

**d. Perencanaan Daerah Pengendapan**

Sewaktu suatu partikel memasuki daerah pengendapan dalam suatu bak pengendap dengan aliran terus menerus, partikel akan bereaksi dalam

dua arah gaya. Aliran air ke arah horizontal menyebabkan partikel bergerak ke arah horizontal, akibat gaya gravitasi partikel bergerak ke arah dasar bak. Gerakkan partikel di dalam bak atau tangki pengendap dipengaruhi oleh kedua gaya tersebut, sehingga membentuk parabola sebagaimana dilukiskan pada gambar 10.43. Jika partikel sampai pada daerah lumpur, ia akan mengendap sehingga tidak terbawa oleh aliran keluar melalui daerah pengeluaran (lihat gambar 13.43.).



Gambar 10.43a. Pembagian Daerah Bak Pengendapan

Kondisi untuk memasuki daerah lumpur oleh partikel adalah:

$$L / v > H/v_s$$

dimana :  $L$  = Panjang daerah pengendapan

$H$  = Kedalaman air di dalam daerah pengendapan.  $v$  = Kecepatan aliran horizona air

$v_s$  = Kecepatan turun (mengendap) partikel.

Oleh karena air tertahan beberapa saat di daerah pengendapan, maka semua partikel terapung akan mencapai daerah lumpur. Waktu untuk air tertahan dalam tangki atau bak pengendap disebut “waktu detensi” (*detention time*).

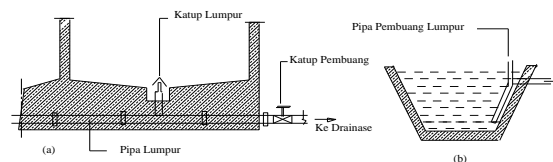
$$\text{Waktu detensi teoritis} = \frac{\text{Kapasitas bak atau tangki}}{\text{Kecepatan aliran air}}$$

Akan tetapi di dalam praktek sejumlah air secara langsung dari inlet ke outlet dalam putaran yang singkat. Kecepatan turun partikel terapung selalu sama secara numerik pada permukaan terbuka dan secara total tergantung pada kedalaman bak atau tangki.

Berdasarkan keadaan tersebut di atas, daerah pengendapan direncanakan, dengan demikian partikel terapung yang mempunyai bentuk dan ukuran yang sama akan turun secara sama pula ke dasar bak.

#### e. Disain Daerah Lumpur

Daerah lumpur suatu bak pengendapan didisain sedemikian rupa (seperti terlihat pada gambar 10.44) sehingga sejumlah partikel dapat terkumpul di dalamnya, dan dapat dikelurkan dengan mudah tanpa mengganggu air di daerah pengendapan. Secara umum lantai dasar bak dibuat miring ke arah satu sisi atau ke arah titik pusat (centre) lantai bak. Pipa lumpur dari besi tuang dipasang di bawah lantai bak untuk membuang lumpur di bawah suatu tekanan hidrostatik. Gambar 10.44 dan gambar 13.44b. memperlihatkan bentuk potongan melintang bak pengendapan di daerah lumpur.

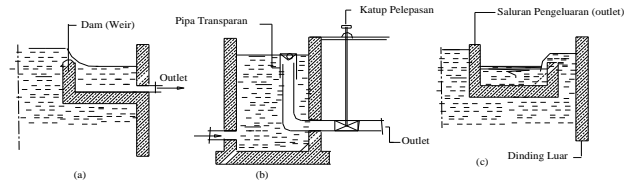


Gambar 10.44. Daerah Lumpur

#### f. Disain Daerah Pengeluaran (*Outlet zone*)

Daerah pengeluaran (*outlet*) didisain sama dengan daerah pemasukan (*inlet*), dengan demikian air keluar dari bak tanpa mengganggu air di daerah pengendapan. Berikut ini adalah beberapa tipe daerah pengeluaran (*outlet*).



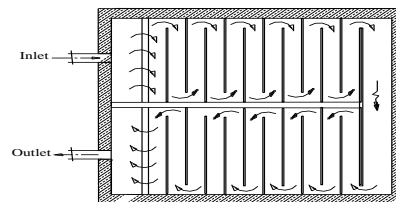


Gambar 10.45. Beberapa Tipe Outlet

### g. Beberapa Tipe Bak (Tangki) Pengendapan

Dalam praktek ada tiga tipe bak(tangki) pengendapan (se *dimentation tank*), sebagai berikut:

1. Bak persegi (rectangular tanks). Tipe ini terdiri dari dinding-dinding penahan (*buffle*) yang berfungsi untuk memperpanjang jalannya air sehingga partikel mempunyai waktu yang cukup lama untuk mengendap ke dasar bak. Bak ini secara umum dilengkapi dengan inlet dan outlet yang terletak pada dinding yang sama. Lantai bak antara dua dinding penahan (*buffle*) dibuat miring ke arah titik tengah yang diperlengkapi dengan pipa penangkap lumpur. Melalui pipa ini dengan sebuah katup gerbang, lumpur dikeluarkan dengan suatu tekanan hidrostatis.

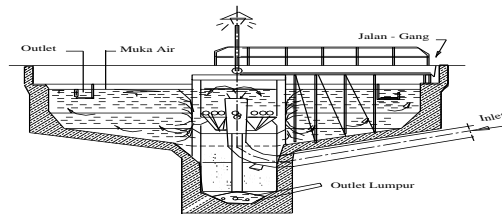


Gambar 10.46. Bak Persegi Dengan Penahan (Buffle)

2. Bak berbentuk lingkaran (circular tanks). Bak tipe ini umumnya tidak digunakan untuk pengendapan sederhana, tetapi digunakan pada pengendapan dengan koagulan. Ada dua tipe bak peng endapan atau

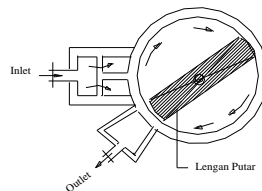
tangki bundar yang diklasifikasikan berdasarkan aliran air di dalamnya. Pertama, bak bundar dengan aliran radial (*radial flow circular tank*) seperti terlihat pada gambar 10.47. Air mengalir secara radial dari kotak deflektor ke arah keliling bak dan menuju outlet. Semua bahan partikel terapung akan mengendap ke lantai miring dan air bersih keluar melalui outlet.

Kedua, bak berbentuk lingkaran (*circumferential flow circular tank*). Seperti terlihat pada gambar 10.48., air masuk ke dalam bak melalui dua atau tiga celah. Di dalam bak dilengkapi dengan suatu lengan putar yang membuat air mengelilingi dinding bak.



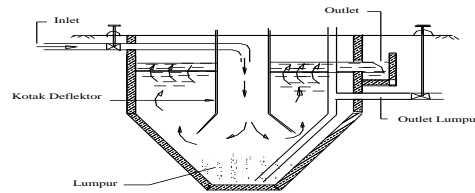
Gambar 10.47. Bak Bundar Dengan Aliran Radial

Air bergerak dengan kecepatan yang sangat lambat, sehingga memberi kesempatan pada partikel mengendap ke dasar bak dan air bersih keluar melalui outlet. Panjang dam outlet ini dibuat tidak boleh lebih dari 1/8 dari keliling bak (lihat gambar 10.48).



Gambar 10.48. Bak Bundar Dengan Aliran Melingkar

3. Bak Berbentuk Kerucut (hopper bottom). Bak ini merupakan bak dengan aliran vertikal, karena air di dalam bak mengalir ke bawah dan ke atas. Air masuk ke dalam bak dari bagian atas di dalam kotak deflektor. Setelah mengalir ke bawah di dalam kotak deflektor tersebut air mengarah ke atas di sekeliling kotak deflektor (lihat gambar 10.49.). Partikel-partikel yang mempunyai berat tidak dapat ikut mengalir ke atas, tetapi turun ke dasar bak akibat gaya gravitasi sehingga terjadilah pengendapan. Sedangkan air bersih mengalir keluar melalui outlet yang terletak pada bagian atas bak.



Gambar 10.49. Bak Berbentuk Kerucut

#### D. Aktivitas Pembelajaran

1. Guru pembelajar menjelaskan proses pengolahan Air sesuai urutan layout pengolahan perencanaan pengolahan air.
2. Guru pembelajar menjelaskan Tujuan pengolahan air bersih sehingga memenuhi standar kualitas air bersih menurut Permenkes no. 492

#### E. Rangkuman

Pengolahan air bertujuan untuk menghilangkan unsur-unsur pencemar dan agar air dapat memenuhi standar kualitas air bersih yang berlaku. Unsur-unsur pencemaran yang perlu dihilangkan, seperti: gas larut, kekeruhan dan warna air, gangguan rasa tidak enak pada air, membunuh semua bibit penyakit, sifat korosif air terhadap alat-alat yang terbuat dari bahan logam. Sistem pengendapan dan beberapa jenis bak pengendapan, pengendapan sederhana, dan pengendapan dengan koagulan.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

### **Pertanyaan-Pertanyaan**

1. Jelaskan secara ringkas tujuan pengolahan air ?
2. Apa yang harus dipertimbangkan dalam memilih lokasi tempat pengolahan air ?
3. Jelaskan bermacam-macam proses untuk menghilangkan kan bermacam-macam bahan pencemaran air.
2. Buatlah gambar sket layout pengolahan air mulai dari sungai sebagai sumber air baku sampai ke tempat pendistribusian.
3. Apa saja yang harus dipertimbangkan dalam merancang layout proses pengolahan air ? Kenapa demikian ?

## Kegiatan Pembelajaran 11

# KOMPONEN PENJERNIHAN AIR

## A. TUJUAN

Setelah mempelajari materi ini, guru dapat menjelaskan komponen penjernihan air dalam proses pengolahan air bersih.

## B. INDIKATOR PENCAPAIAN

1. Dapat menjelaskan beberapa komponen penjernihan air, dan proses Penjernihan air secara sederhana.

## C. URAIAN MATERI

Komponen penjernihan air ialah perlengkapan yang digunakan dalam proses penjernihan air, seperti bermacam-macam jenis saringan yang digunakan dalam usaha penjernihan air.

### 1. Tujuan Penyaringan Air

Penyaringan air bertujuan untuk menghilangkan kotoran terapung dalam jumlah besar dan menghilangkan bakteri dalam prosentase yang kecil. Untuk menghilangkan berbagai macam bakteri, warna, rasa, bau, besi, mangan dan menghasilkan penjernihan, serta gas terlarut dalam air, digunakan saringan. Secara umum saringan terdiri dari lapisan pasir, air dialirkan melalui lapisan tersebut sehingga bahan pencemar dan bakteri tertahan oleh lapisan tersebut.

Secara umum ada dua tipe saringan yang digunakan dalam pekerjaan air, yaitu saringan pasir lambat (*slow sand filter*) dan saringan pasir cepat (*rapid sand filter*). Saringan pasir lambat telah dikembangkan dalam tahun 1829 oleh "James Simpson" untuk "Chilsea water company" di England. Sedangkan saringan pasir cepat telah dikembangkan pula di

U.S.A. selama periode 1900 – 1910. Saringan pasir cepat ini mempunyai banyak manfaat di atas saringan pasir lambat, oleh karena secara umum digunakan dalam semua pekerjaan air dan menggantikan tempat saringan pasir lambat.

## 2 Teori Penyaringan

Penomona pada proses penyaringan menghilangkan ber bagai macam bakteri, warna, rasa, bau, besi, mangan dan menghasilkan penjernihan, serta gas terlarut dalam air, dapat dijelaskan berdasarkan pada empat kegiatan berikut:

a. Perembesan (*straining*) . Pasir terdiri dari rongga-rongga kecil, oleh karena itu partikel yang lebih besar tidak dapat melalui lapisan pasir dan dapat dihilangkan. Partikel pasir yang lebih halus bergesek melalui rongga dalam pasir, menimbulkan kontak dan menempel pada permukaan pasir sehingga mengurangi ukuran rongga. Perubahan ini menyebabkan terjadi kegiatan penyaringan. Floc yang tidak mengendap dan partikel kecil yang terdapat pada bagian atas lapisan pasir pada bak pengendapan dapat dihilangkan dari air.

b. Pengendapan (*Sedimentation*)

Partikel yang sangat halus, sisa-sisa pada lapisan pasir, dan sejumlah bakteri yang mengendap pada tangki kecil menempel pada partikel pasir dan atraksi fisika yang terjadi antara dua partikel dari zat tertentu menyebabkan terjadi lendir berbentuk agar-agar pada pasir saringan yang dapat menahan benda terapung.

c. Aksi Biologi (*Biological Action*)

Zat pencemar berupa benda terapung mengandung sejumlah bahan organik seperti alga, plankton, dan lain-lain yang dimakan oleh berbagai macam bentuk organisme kecil (*mikro-organisms*). Kegiatan organisme pada bahan organik menyebabkan terjadi perubahan secara kimia dan biologi dalam air. Kotoran organik membentuk lapisan pada bagian atas lapisan pasir yang diketahui sebagai "*Schmutzdecke*" atau

“*dirty skin*”, yaitu berupa lapisan debu. Mikro-organisme hidup pada lapisan debu tersebut dan berperan sebagai kotoran pencemar air.

d. Aksi Electrolytic

Partikel pasir dari media saringan dan benda berupa ion dalam air membawa perubahan listrik alami yang berlawanan, oleh karena itu terjadi atraksi dan saling me netralisir antara satu dengan lainnya. Setelah penggunaan saringan dalam waktu yang lama dan pasir saringan juga mengalami pelepasan listrik yang lama menyebabkan saringan kurang berfungsi, dan perlu diperbaharui dengan cara mencuci lapisan pasir saringan tersebut.

Bagian lapisan atas dari pasir saringan dapat merespon penyaringan air. Jika air lebih keruh dan banyak floc yang tidak mengendap dalam ruangan koagulasi, maka dalam waktu singkat permukaan pasir akan tersumbat oleh pembentukan lapisan debu (*dirty skin*). Efisiensi penyaringan tergantung pada berbagai macam bakteri yang terdapat dalam lapisan debu tersebut. Dalam waktu tertentu lapisan debu ini menambah efisiensi penyaringan, akan tetapi sewaktu ketebalan lapisan ini bertambah akan menimbulkan “*mud ball*” (bola debu) yang dapat mengurangi kecepatan aliran penyaringan dan juga menyebabkan pekerjaan pencucian menjadi lebih sulit.

### 3. Pasir Untuk Saringan

Pasir yang digunakan untuk saringan harus bebas dari tanah liat (*clay*), lumpur, bahan organik, dan lain-lain. Pasir harus mempunyai butiran yang keras dan tahan terhadap perubahan atmosfer, tidak berkurang beratnya lebih dari 5 % jika dimasukkan kedalam hydrochloric acid selama 24 jam.

Ukuran efektif pasir yang digunakan untuk saringan harus dipilih, pasir yang sangat halus dapat menyebabkan saringan cepat tersumbat dan mengurangi kecepatan penyaringan. Disisi lain pasir yang kasar dapat menyebabkan dilalui oleh partikel dan bakteri dengan mudah. Oleh karena itu ukuran diameter pasir untuk saringan harus diseleksi dengan baik.

Ukuran spesifik pasir disebut dengan ukuran efektif, yang ditentukan dalam milimeter, seperti diberikan dalam tabel 11.3. berikut:

Tabel 11.3. Pendistribusian Persentase Ukuran Butir Pasir Saringan

Ukuran (%)	Ukuran Butir (mm)					
	Halus		Medium		Koarsa	
	Min.	Maks.	Min.	Maks.	Min.	Maks.
1	0,26	0,32	0,34	0,39	0,41	0,45
10	0,35	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65
60	0,53	0,75	0,68	0,91	0,83	1,08
99	0,93	1,50	1,19	1,80	1,46	2,00

Catatan: 60% dari ukuran berarti bahwa 60% dari pasir berukuran lebih kecil dari ukuran yang diberikan.

Keseragaman bentuk (*uniformity*) dari pasir, ini dijelaskan oleh keseragaman koefisien yang merupakan perbandingan antara ukuran yang lolos saringan 60% pada kedalaman efektif. Zaman sekarang pasir yang digunakan adalah pasir dengan suatu ukuran efektif dibentangkan antara 0,30 dan 0,55 dan mempunyai koefisien keseragaman bentuk antara 1,30 dan 1,75.

Kedalaman atau ketebalan lapisan pasir (*depth of sand bed*) berkisar antara 60 cm. Sampai 90 cm. Sebagaimana diberikan pada tabel 11.3.

Lapisan pasir terdiri dari pasir berkualitas dalam bermacam-macam lapisan. Untuk saringan pasir lambat, digunakan pasir yang mempunyai ukuran efektif antara 0,3 dan 0,35 mm., dan koefisien keseragaman (*uniformity size*) adalah 1,75. Sedang untuk saringan pasir cepat mempunyai ukuran efektif antara 0,35 dan 0,5 mm., dan koefisien keseragaman 1,6 yang digunakan. Bentuk tingkatan lapisan pasir adalah sangat penting karena hal ini akan mengurangi ruangan kosong dan



membuat dasar dan bagian atas lapisan saringan sama efektif, dan menambah kecepatan penyaringan.

#### 4. Kerikil (Gravel) Untuk Saringan

Lapisan pasir pada saringan ditunjang oleh lapisan kerikil, lapisan ini mempunyai beberapa fungsi, karena itu lapisan kerikil dipasang di bawah lapisan pasir. Kerikil menahan pasir dan membiarkan air tersaring mengalir secara bebas menuju saluran bawah (*underdrain*). Kerikil ditempatkan dalam 5 sampai 6 lapis dengan ukuran yang paling halus pada lapisan bagian atas. Tingkatan lapisan kerikil untuk saringan tersebut adalah seperti dicantumkan dalam tabel 11.4.

Tabel 14.4. Tingkatan Lapisan Kerikil

Ketebalan Lapisan (cm.)	Ukuran Kerikil (mm.)
5 – 8	4,70 – 2,40
5 – 8	12,70 – 4,70
7 – 13	19,00 – 12,70
7 – 13	38,00 – 19,00
13 – 20	63,00 – 38,00

Kerikil yang digunakan dalam penyaringan harus bersih, keras, tahan lama, berbentuk bulat, dan harus bebas dari tanah liat, lumpur dan bahan lainnya, serta tidak berbentuk pipih, tipis atau permukaan yang panjang.

#### 5. Klasifikasi Saringan

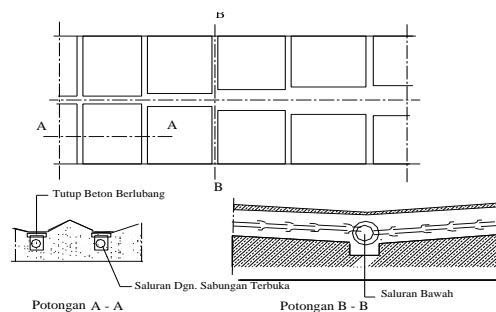
Secara umum saringan pasir dapat diklasifikasikan atas tiga macam, yang pertama “saringan gravitasi”, yang terdiri dari saringan pasir lambat dan saringan pasir cepat, yang kedua adalah “saringan anti gravitasi” atau dikenal dengan “*Up flow filter system*”, dan yang ketiga adalah saringan tekan. Masing-masing dari klasifikasi saringan ini akan dibicarakan dalam bagian tersendiri.

## 6. Saringan Gravitasi

Secara umum saringan gravitasi dibedakan atas dua macam, yaitu saringan pasir lambat (slow sand filter) dan saringan pasir cepat (rapid sand filter).

### a. Saringan Pasir Lambat.

Konstruksi saringan ini berupa bak dangkal kedap air dengan kedalaman kira-kira 2,5 m. Sampai 4 m. Dan mempunyai luas permukaan 100 meter persegi sampai 2000 meter persegi. Bak ini terdiri dari lapisan pasir setebal 50 sampai 90 cm. sebagai media penyaring. Lapisan pasir ini ditunjang oleh lapisan kerikil setebal 30 cm. Sampai 50 cm. Ukuran efektif media saringan dan koefisien keseragaman adalah sebagaimana telah digambarkan pada bagian yang lalu. Lapisan kerikil ditunjang oleh lantai beton yang dibuat miring ke arah garis tengah memanjang pengaliran (drain) yang dihubungkan dengan suatu sistem sambungan terbuka di bawah pengaliran (lihat gambar 11. 51.)



Gambar .11.51. Saringan Pasir Lambat Sistem Saluran Bawah

Bak saringan dilengkapi dengan bagian pemasukan air yang disebut “inlet”. Bagian ini berupa suatu ruangan (*chamber*) yang dipasang sebuah katup pelampung (*sluice valve*) atau “equalilibrium float valve”. Biasanya

pipa inlet dibuat secara vertikal terhadap badan saringan dengan mulut pipa inlet mengalirkan air dengan ketinggian sama dengan tinggi muka air dalam ruangan inlet.

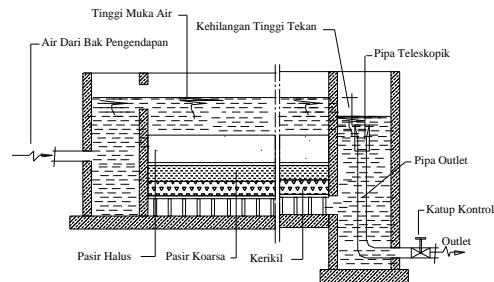
Kedalaman air pada saringan tidak ada ketentuan, hal ini tergantung perencanaan, akan tetapi pengalaman menunjukkan bahwa kedalaman air yang dibuat sama dengan tebal media saringan memberikan hasil lebih baik.

Bagian terakhir dari konstruksi saringan adalah tempat pengeluaran air tersaring yang disebut "*outlet*" Air setelah melalui lapisan saringan dikumpulkan pada ruangan outlet, ruangan outlet ini dilengkapi dengan pengatur untuk memperoleh pemasukan secara reguler dari saringan. Pengatur ini berupa pipa telescopik atau dinding pengatur (*adjustable weir*) dengan sebuah pelampung, dengan demikian mulut pipa outlet dari permukaan air bagian dalam ruangan outlet selalu konstan.

Pekerjaan saringan menerima air dari bak sedimentasi memasuki saringan pasir lambat melalui "*submersible inlet*" seperti pada gambar 11.52. Air ini didistribusikan secara seragam menuju lapisan pasir tanpa menimbulkan suatu gangguan. Air mengalir melalui media penyaring dengan kecepatan rata-rata  $2246 \times 10^6$  sampai  $3380 \times 10^6$  liter/km.<sup>2</sup> /hari. Kecepatan penyaringan ini secara terus-menerus sampai perbedaan antara permukaan air pada saringan dan permukaan air dalam ruangan outlet sedikit rendah dari pada kedalaman air di atas pasir. Perbedaan antara air di atas lapisan pasir dan air dalam ruangan outlet ini disebut "*loss of head*" (kehilangan tinggi tekan).

Selama penyaringan media saringan menerima penyumbatan dari kotoran yang tertahan pada rongga pasir, menimbulkan tahanan terhadap air dan kehilangan tekan akan selalu bertambah. Apabila kehilangan tekan mencapai batas yang diizinkan maka kerja saringan akan terhenti, dan kira-kira 2 sampai 3 cm lapisan pasir bagian atas harus dikeruk dan diganti dengan pasir yang bersih. Pasir bekas kerukan tadi dicuci sampai bersih

dan dikeringkan, seterusnya disimpan untuk digunakan kembali pada waktu pencucian saringan berikutnya.



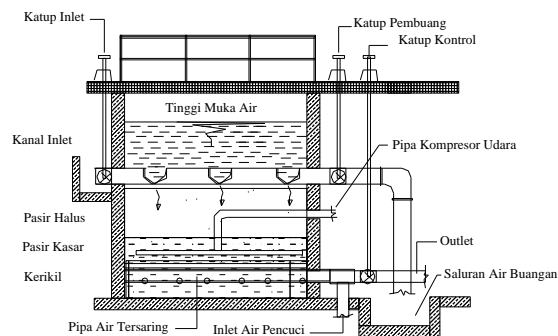
Gambar 11.52. Saringan Pasir Lambat

Tujuan utama penggunaan saringan pasir lambat adalah untuk menghilangkan bakteri dan benda terapung yang terdapat dalam air. Saringan pasir lambat sangat efisien dalam resfek ini dan menghilangkan kira-kira 98 sampai 99 % bakteri yang terdapat dalam air baku dan secara sempurna menghilangkan benda terapung yang tidak dapat dihilangkan dengan proses sedimentasi. Saringan pasir lambat juga dapat menghilangkan bau, rasa dan warna dari air. Akan tetapi saringan pasir lambat tidak dapat menghilangkan bakteri pathogenic, oleh karena itu disinfeksi air saringan diperlukan untuk menjamin keselamatan dari penyakit yang terdapat dalam air (*waterborn diseases*). Kecepatan aliran penyaringan dari saringan pasir lambat adalah sangat lambat, sehingga memerlukan areal yang luas untuk pembangunannya.

b. Saringan Pasir Cepat (Rapid Sand Filter)

Secara umum, saringan pasir cepat terdiri dari suatu bak kedap air terbuka yang terbuat dari pasangan batu atau beton. Pada suatu lantai yang dibuat miring dipasang suatu pipa drainase yang diberi berlubang pada bagian bawahnya (*underdrainage system*), sehingga air dapat memasuki pipa dari lubang-lubang tersebut. Sistem saluran bawah

(*underdrainage*) ini dikelilingi oleh gavel (batu kerikil) setebal 60 cm. Sampai 70 cm. Tebalnya. Ukuran batu kerikil tersebut bervariasi dari 2,5 cm. Pada bagian bawah sampai 0,5 cm. pada bagian atas. Ukuran batu kerikil tergantung pada kecepatan penyaringan, semakin cepat aliran penyaringan, semakin besar pula ukuran batu kerikil yang digunakan. Fungsi utama dari lapisan batu kerikil adalah untuk menunjang lapisan pasir di atasnya, sehingga pasir tidak memasuki pipa saluran bawah. Fungsi kedua adalah untuk menjaga keseragaman air pencuci pada lapisan pasir. Lapisan atas gravel mempunyai ketebalan yang sama dengan lapisan pasir yang tersebar secara merata. Beberapa got air pencuci ditempatkan di atas lapisan pasir dengan sedikit jarak dari permukaan lapisan pasir tersebut (lihat gambar 11.52).

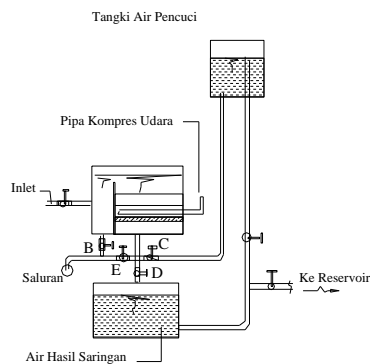


Gambar 11.53. Saringan Pasir Cepat

Pengoperasian saringan pasir, pada prinsipnya sama dengan pengoperasian saringan pasir lambat. Air koagulan dari bak pengendapan dimasukkan ke saringan melalui pipa inlet dan secara seragam didistribusikan ke dalam lapisan pasir. Air yang melewati saringan dikumpulkan dalam pipa sistem saluran bawah di dalam saringan. Pada awalnya kehilangan tekanan yang terjadi relatif kecil, tetapi setelah lapisan saringan mulai tersumbat, kehilangan menjadi semakin besar, sehingga

penyaringan berjalan sangat lambat dan harus dilakukan pencucian saringan.

Pencucian saringan dilakukan dengan sistem aliran balik, seperti dilukiskan pada gambar 11.53. Pertama katup A ditutup dan air pada saluran (*drain*) keluar dari saringan tinggal beberapa sentimeter dal;amnya dari permukaan lapisan pasir. Tutup semua keran, udara dikompreskan melalui sistem pipa penyemprot selama 2 sampai 3 menit, sehingga debu, dan kotoran penyubut lainnya yang menempel pada pasir akan tercuci. Selanjutnya katup atau keran C dan B dibuka secara bersamaan, sehingga air pencuci dari tangki pencuci naik melalui lateral, saringan, lapisan kerikil dan lapisan pasir.



Gambar 11.54. Diagram Pengoperasian Saringan Pasir Cepat

Proses pencucian tersebut dilakukan secara berkelanjutan sampai lapisan pasir benar-benar bersih. Pencucian saringan umumnya dilakukan setelah 24 jam dan akan memakan waktu selama 10 menit dan selama pencucian balik akan terjadi pengembangan lapisan pasir kira-kira 50%.

Hasil penyaringan dengan saringan pasir cepat dapat menghilangkan benda-benda terapung, warna, bau dan bermacam-macam bakteri dari dalam air. Saringan pasir cepat hanya menggunakan lapisan pasir kasar (koarsa), karena itu sebelum air dialirkan ke saringan ini terlebih dahulu harus melalui proses sedimentasi dengan koagulan. Maksimum

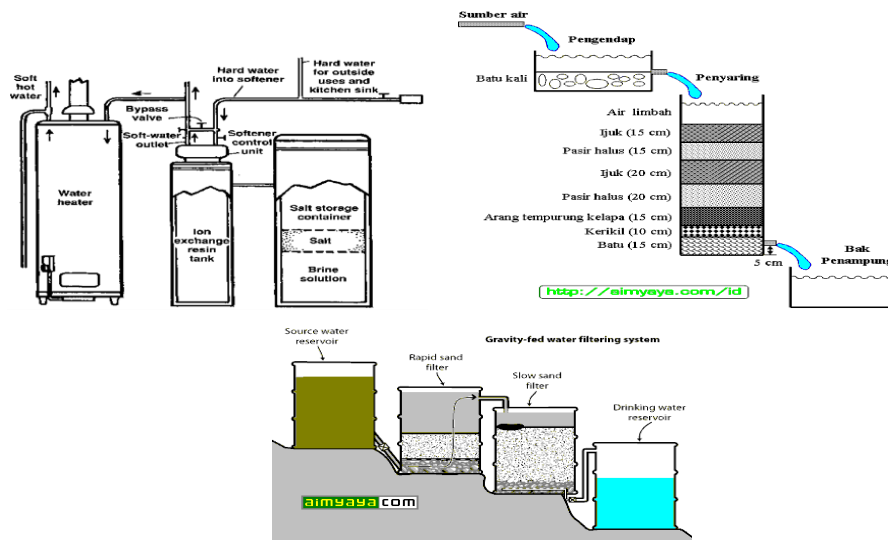
turbiditas air baku tidak boleh dari 35 sampai 40 p.p.m. Saringan ini juga tidak dapat menghilangkan bakteri secara keseluruhan, oleh karena itu air saringan harus melalui proses desinfeksi terlebih dahulu. Kecepatan aliran pada saringan pasir cepat ini biasanya 4500 liter/m<sup>2</sup>/jam.

Tabel 11.5. Perbandingan Antara Saringan Pasir Lambat dan Saringan Pasir Cepat

No	Item	Saringan Pasir Lambat	Saringan Pasir Cepat
1.	Area	Memerlukan area yang luas	Memerlukan sedikit area
2.	Jumlah pasir	Memerlukan pertimbangan jumlah pasir	Memerlukan sedikit jumlah pasir
3.	Kualitas pasir	Mrdia saring yang halus, ukuran efektif 0,2 – 0,4 dan koefisien keseragaman 2-4	Ukuran efektif media penyaring koarsa 0,36 – 0,6 dan koef.keseragaman 1,2 – 1,8
4.	Kualitas air baku	Tidak memerlukan perlakuan secara kimia, tetapi tidak mempunyai turbiditas lebih dari 50ppm	Perlakuan secara kimia diperlukan
5.	Fleksibilitas pengoperasian	Tidak mungkin	Mungkin
6.	Kecepatan penyaringan	1-180 lt/m <sup>2</sup> /jam	4.000 – 5.000 lt/m <sup>2</sup> /jam
7.	Ukuran satu unit	30 m x 60 m	6m x 8m sampai 8 x 10 m
8.	Pendistribusian ukuran butir	Seragam	Yang lebih halus dibagian atas dan koarsa bagian bawah
9.	Sistem saluran bawah	Pipa dengan sambungan terbuka atau saluran dengan blok penutup	Pipa manipol dan lateral Vitrified tile block Roda dasar saringan Plat beton dasar berlubang
10.	Periode pembersihan	1 sampai 3 bulan	24 sampai 48 jam
11.	Metode pembersihan	Pengerukan 2-3 cm pasir dari permukaan dan mengganti dengan pasir yang baru	Pencucian balik dengan air di bawah tekanan
12.	Supervisi ahli	Tidak diperlukan tenaga ahli	Diperlukan
13.	Kehilangan tekan	15 cm – 75 cm	2 m – 4 m
14.	Penetrasi	Sangat kecil, hanya lisan	

	kotoran terapung	debu yang terbentuk pada permukaan	Sangat dalam
15.	Memerlukan se jumlah airpencuci	0,2 – 0,6 % air tersaring	2 – 4 % air tersaring
16.	Biaya per unit	Lebih besar, karena banyak diperlukan material	Sedikit dan ekonomis
17.	Biaya pemeliharaan	Kecil	Lebih besar
18.	Efisiensi	Efisien menghilangkan bakteri dan benda terapung	Tidak dapat menghilangkan bakteri, memerlukan desinfeksi. Menghilangkan warna, bau dan rasa

Beberapa contoh Komponen Saringan Sederhana, terutama saringan bersifat gravitasi.



Gambar.11.55. Saringan Sederhana.

Contoh soal disain Saringan pasir cepat :

Rencanakanlah saringan pasir cepat untuk pengolahan air sebanyak  $5 \times 10^6$  liter/hari untuk memenuhi kebutuhan suatu daerah perkotaan. Saringan bekerja siang dan malam. Kecepatan saringan diambil  $4.500 \text{ liter/m}^2/\text{jam}$ .



**Penyelesaian:**

Diambil kehilangan waktu pencucian 0,5 jam. Sehingga total waktu saringan bekerja menjadi 23,5 jam Air untuk pencucian saringan dihitung sebesar 4 %.

Jumlah air yang akan diproses per jam adalah:

$$= \frac{5,04 \times 10^6}{23,5} \text{ liter}$$

Luas saringan yang diperlukan:

$$= \frac{5,04 \times 10^6}{23,5 \times 4,5 \times 10^3} = 47,8 \text{ m}^2 \text{ (dibulatkan menjadi } 48 \text{ m}^2)$$

Dibuat dua unit saringan dengan luas masing-masing = 24 m<sup>2</sup>, atau dibuat dua unit dengan ukuran 4 m x 6 m setiap unit. Akan tetapi pada suatu proyek pengolahan air diperlukan unit yang ketiga. Hal ini berguna untuk menanggulangi kebutuhan air sewaktu dilakukan pencucian saringan.

**7. Saringan Anti Gravitasi dan Saringan Tekan**

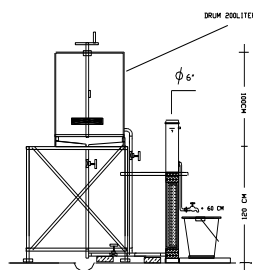
a. Saringan Anti Gravitasi

Saringan anti gravitasi merupakan kebalikan dari saringan gravitasi Jika air baku (air yang akan disaring) pada saringan gravitasi melalui proses penyaringan dari lapisan bagian atas menuju lapisan saringan paling bawah dan air tersaring diperoleh di bawah lapisan paling bawah saringan., maka pada saringan anti gravitasi adalah sebaliknya. Air baku yang akan disaring memasuki lapisan saringan dari bawah menuju ke atas. Dengan demikian, air tersaring pada saringan anti gravitasi diperoleh di atas permukaan lapisan saringan yang paling atas. Oleh

karena itu saringan ini disebut juga “*up flow filter*” (saringan aliran ke atas).

Prinsip saringan anti gravitasi adalah merupakan penerapan prinsip sedimentasi atau pengendapan. Proses pengendapan berlangsung sebelum air melalui lapisan saringan. Air baku diberi koagulan pada bak penampungan air baku, kemudian dilakukan pengadukan agar koagulan dapat merata pada air baku dan menangkap partikel-partikel halus yang terdapat dalam air. Partikel halus tersebut membentuk butiran (*floc*) yang lebih besar. Dengan demikian butiran atau *floc* yang terbentuk dapat mengendap ke dasar bak setelah pengadukan dihentikan. Selanjutnya air baku dialirkan ke bagian lapisan saringan melalui pipa pengalir yang di pasang kira-kira 15cm. sampai 20 cm. dari dasar bak. Sehingga sebagian partikel-partikel halus yang sudah membentuk bongkahan (*floc*) tadi mengendap ke dasar bak dan tidak ikut melalui pipa penyalur ke bagian saringan.

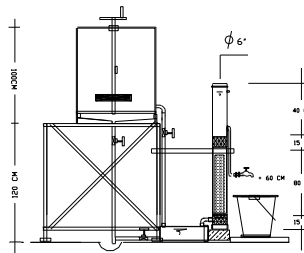
Gambar 14.56. adalah salah satu model saringan anti gravitasi untuk keluarga kecil.



Gambar .11.56. Saringan Anti Gravitasi (*Up Flow Filter System*).

Model saringan seperti pada gambar 11.56. di atas dapat dimodifikasi sebagaimana dilukiskan pada gambar 14.57., yaitu dengan penambahan pipa sedimentasi yang berfungsi sebagai pengendapan kedua sebelum air baku memasuki lapisan saringan. Pipa sedimentasi ini

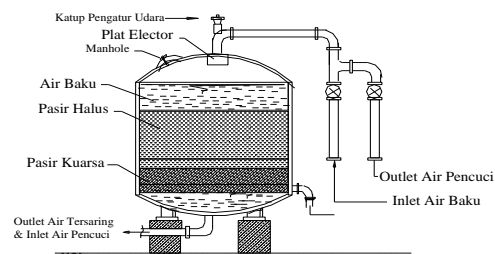
ditempatkan pada bagian bawah bak penampungan air baku, pipa penyalur air baku dari bak penampung dihubungkan dengan pipa sedimentasi tersebut. Sehingga partikel halus yang masih terbawa oleh pipa penyalur dari bak penampungan, akan mengendap sebelum memasuki lapisan saringan.



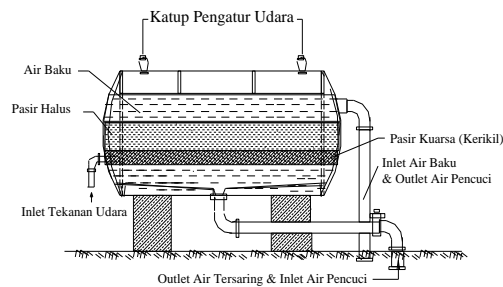
Gambar 11. 57. Saringan Anti Gravitasi Dengan Pipa Sedimentasi

b. Saringan Tekan

Saringan tekan adalah saringan pasir cepat (*rapid sand filter*) yang ditempatkan secara tertutup dalam suatu silinder baja tahan air. Air melalui lapisan pasir saringan di bawah suatu tekanan yang lebih besar dari tekanan atmosfer. Semua pengoperasian saringan ini sama dengan saringan pasir cepat, kecuali proses koagulasi adalah secara langsung tanpa pengadukan dan proses flokulasi. Saringan ini digunakan untuk penyediaan air skala kecil, air diterima di bawah tekanan yang dapat digunakan untuk menekan air melalui saringan.



Gambar 11.59. Saringan Tekan Vertikal



Gambar 11.60. Saringan Tekan Horizontal

Gambar 11.59. dan 11.60. di atas memperlihatkan model saringan tekan vertikal dan horizontal. Silinder berisi lapisan pasir dan lapisan kerikil yang dipasang secara vertikal atau horizontal. Ukuran saringan vertikal bervariasi dari diameter 0,3 m. Sampai dengan 2,75 m. Dan tinggi 2 m. Sampai 2,5 m. Sedang untuk silinder horizontal secara umum berdiameter 2 m. Sampai 3 m. Dengan tinggi sampai 9 m. Kecepatan aliran saringan adalah 6.000 sampai 15.000 liter/ jam/m<sup>2</sup> luas bidang saringan.

#### D. Aktivitas Pembelajaran

Guru pembelajar menjelaskan komponen-komponen yang digunakan dalam proses penjernihan air.

#### E. Rangkuman

Komponen penjernihan air terdiri dari beberapa jenis saringan, seperti saringan pasir lambat (slow sand filter), saringan pasir cepat (rapid sand filter). Berdasarkan proses penyaringannya dapat pula dibedakan atas saringan gravitasi, saringan anti gravitasi, dan saringan tekan.

saringan pasir lambat dapat untuk menghilangkan bakteri dan benda terapung yang terdapat dalam air. Sedang saringan pasir cepat digunakan untuk penyaringan air dalam jumlah yang banyak.

## **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

### Prtanyaan-Pertanyaan

1. Jelaskan teori tentang penyaringan yang digunakan dalam pekerjaan penjernihan air !
2. Jelaskan perbedaan antara saringan pasir cepat dan saringan pasir lambat di dalam pengoperasiannya.
3. Apakah fungsi pasir dankerikil dalam sistem saringan?.
4. Kenapa diperlukan saluran bawah pada saringan pasir ?.
5. Apa keuntungan dan kerugian saringan pasir cepat dibandingkan dengan saringan pasir cepat ?
6. Jelaskan secara singkat tentang saringan anti gravitasi dan saringan tekan!.

## Kegiatan Pembelajaran 12

# MENYIAPKAN DOSIS KOAGULAN

## A. TUJUAN

Setelah mengikuti proses pembelajaran ini, guru (peserta didik) dapat menyiapkan koagulan untuk penjernihan air.

## B. Indikator Pencapaian Kompetensi

Setelah proses pembelajaran ini, guru (peserta didik) dapat menyiapkan dosis koagulan untuk penjernihan air.

## C. Uraian Materi

### 1. Tujuan Pemberian Koagulan

Partikel halus terapung yang terdiri dari tanah liat (*clay*) tidak dapat dihilangkan dengan pengendapan sederhana (*plain sedimentation*). Partikel lumpur berukuran 0,06 mm. Memerlukan waktu 10 jam untuk mengendap pada kedalaman 3 m. Bak pengendapan sederhana dan partikel lumpur berukuran 0,002 mm. Memerlukan waktu kira-kira 4 hari. Waktu pengendapan ini tidak dapat dilakukan, sebab air tidak dapat disimpan atau ditahan dengan waktu yang lama. Pada bak pengendapan sederhana, waktu detensi yang diizinkan kira-kira 2 jam untuk bak mekanik (*mechanically cleaned basin*) dan 6 jam untuk tangki biasa (*ordinary tanks*).

Benda-benda halus berupa lumpur di dalam air juga mengandung koloidal bermuatan listrik yang secara terus-menerus bergerak dan tidak dapat mengendap karena gaya gravitasi. Apabila air mengandung partikel halus seperti tanah liat (*clay*) dan koloid pencemar, diperlukan beberapa proses yang dapat menghilangkan bahan-bahan pencemar tersebut dari dalam air. Setelah melalui pengalaman yang lama ditemukanlah cara untuk menghilangkan pencemar tersebut, yaitu melalui pengendapan dengan koagulan.

## 2. Proses Koagulasi

Telah ditemukan suatu bahan kimia yang tidak larut di dalam air, membentuk agar-agar, floc (butiran yang lebih besar). Selama pembentukan agar-agar dan turun melalui serapan air dan mengikat benda terapung yang sangat halus dan bahan koloid pencemar. Oleh karena itu, pembentukan agar-agar (*gelatinous precipitate*) dapat menghilangkan partikel halus dengan cepat dan sempurna dibanding dengan pengendapan sederhana. Bantuan koagulan ini mempunyai keuntungan untuk menghilangkan warna, bau, rasa air.

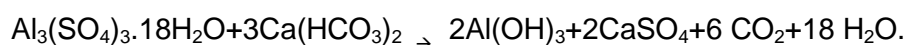
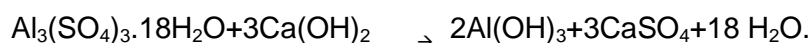
Langkah pertama adalah mencampurkan koagulan ke dalam air untuk mempercepat pembentukan floc yang diperlukan, kemudian air dialirkan ke dalam bak pengendapan, sehingga partikel koloidal turun ke dasar bak dan terjadilah pengendapan.

### 3. Bahan Kimia Koagulan

Beberapa bahan kimia yang sering digunakan sebagai koagulan, adalah sebagai berikut:

#### 2. Aluminium Sulphate [ $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18 \text{H}_2\text{O}$ ].

Secara sederhana bahan ini disebut juga sebagai "Alum" atau di pasaran disebut juga "tawas". Jenis Alum yang banyak dijumpai dalam perdagangan adalah berupa tepung berwarna abu-abu (*grey*) yang mengandung kira-kira 17 % aluminium sulphate. Bahan kimia ini telah digunakan secara luas dalam proses pengolahan air. Alum bereaksi dalam air yang bersifat "alkali" (*a substance like soda, potash or ammonia which combines with an acid to form a salt*), jika alkalinitas alami tidak memenuhi maka ditambahkan kapur (lime) ke dalam air. Reaksi kimia berikut ini sesuai dengan bermacam-macam alkalinitas.

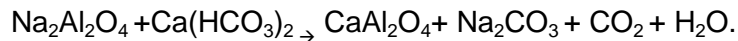


Bahan kimia tidak larut dan koloidal Aluminium hydroxide [ $\text{Al}(\text{OH})_3$ ] membentuk floc memindahkan lumpur terapung dan koloidal pencemar.

Untuk hasil yang baik, nilai pH air harus diantara 6,5 sampai 8,5. Dosis alum sebesar 0,03 sampai 0,13 gm./ltr. tergantung pada kekeruhan air.

### 3. *Sodium Aluminate* [ $\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$ ]

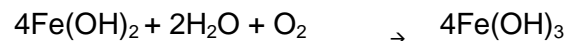
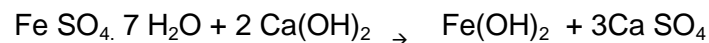
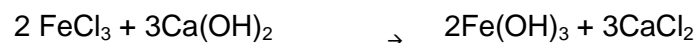
Ini merupakan suatu campuran, kadar yang baik mengandung  $\text{Al}_2\text{O}_3$  sebanyak 55 %;  $\text{Na}_2\text{O}_3$  sebanyak 34 %;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  sebanyak 4,5 %;  $\text{Na}(\text{OH})$  sebanyak 6,3 %. Ini dapat digunakan untuk pengolahan dengan mudah di dalam air yang tidak mengandung alkalinitas. Persamaan kimianya adalah sebagai berikut:



$\text{CaAl}_2\text{O}_4$  membentuk floc yang menyebabkan terjadinya pengendapan. Sodium aluminat tidak merubah kekerasan *noncarboate* dan dapat dicampur dengan lime dan solusi abu soda. Ia mempunyai keuntungan menghilangkan kualitas korosif air. Tetapi harganya agak mahal dan tidak banyak digunakan dalam praktek pekerjaan pengolahan air.

### 4. *Ferric Coagulants*

Secara umum ferric chloride ( $\text{FeCl}_3$ ), ferric sulphate [ $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$ ] atau campuran keduanya digunakan untuk tujuan koagulan. Bermacam-macam reaksi kimia yang mengambil tempat adalah sbagai berikut.

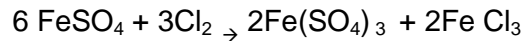


$\text{Fe}(\text{OH})_3$  adalah floc yang menyebabkan terjadinya pengendapan (sedimentasi). *Ferric coagulant* adalah penyebab osidasi yang baik dan juga menghilangkan hydrogen sulphida, rasa dan bau yang terdapat dalam air. Koagulan ini secara umum digunakan dalam pengolahan air selokan atau air kotor.

### 5. *Chlorinated Copperas*



Ini merupakan campuran ferric chloride dan ferric sulphate yang telah disiapkan dengan penambahan chlorine pada suatu solusi ferrous sulphate dalam perbandingan 1 bagian chlorine ditambahkan pada 7,8 bagian copperas.



Ini merupakan koagulan yang baik dan kurang memerlukan jumlah alkalinitas dalam air untuk pembentukan floc. Dengan jumlah residu yang sedikit dapat menangkap dan mengendapkan lumpur atau partikel halus dalam air. Koagulan ini sangat baik untuk menghilangkan warna dalam air.

#### 4. Pemakaian dan Penyimpanan Koagulan

Secara umum koagulan harus terhindar dari air atau kelembaban, oleh karena itu koagulan disimpan dalam kotak kertas atau kotak yang terbuat dari kayu dengan rapi. Di tempat pengolahan koagulan harus disimpan di tempat yang kering. Jika diperlukan penyimpanan koagulan dalam jumlah yang banyak dan sebaiknya menggunakan suatu ruangan khusus (*bunkers*) atau silo dari beton atau bahan kayu dengan dasar berbentuk kerucut, sehingga dengan mudah dilakukan pengambilan koagulan bila diperlukan. Sedangkan untuk pengambilan digunakan alat yang terbuat dari kare, timah (*lead*), stainless steel dan bahan tahan asam dan bronzes.

#### 5. Dosis Koagulan

Dosis koagulan yang ditambahkan ke dalam air tergantung pada beberapa faktor sebagai berikut:

- a. Jenis koagulan.
- b. Turbiditas (kekeruhan) air.
- c. Warna air.
- d. Nilai pH air.
- e. Temperatur.
- f. Pencampuran dan waktu pengadukan.

Dalam hal tingkat kekeruhan tinggi pada temperatur yang rendah diperlukan koagulan berkualitas tinggi. Nilai pH air dapat dikontrol melalui pembentukan floc yang baik. Floc yang terbentuk dengan koagulan menggunakan alum akan hilang jika nilai pH lebih rendah dari pemakaian secara optimum. Hal yang sama jika nilai pH lebih tinggi, aluminium hydroxide ionized dimasukan ke dalam aluminate, yang jуда dapat larut dalam air.

Tabel 12. 6. berikut memberikan dosis normal dan nilai pH yang diperlukan untuk pembentukan floc yang baik dengan bermacam-macam koagulan.

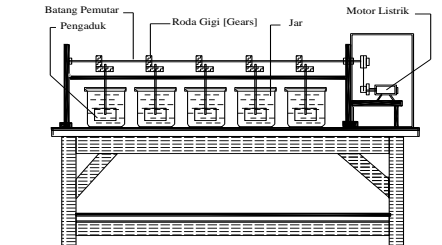
Tabel 12.6. Pemakaian Bahan Kimia Dalam Pengolahan Air

Koagulan	Nilai pH Utk. Koagulan yg.Baik	Dosis Normal (mg,/ltr.)
Aluminium sulphate [ $Al_2(SO_4)_3 \cdot 18 H_2O$ ]	5,5 – 8,0	5,15 – 8,5
Sodium Aluminat [ $Na_2Al_2O_4$ ]	-	3,4 – 34,0
Ferric chlorida [ $FeCl_3$ ]	5,5 – 11,0	8,5 – 51,0
Ferric sulphat [ $Fe_2(SO_4)_3$ ]	5,5 – 11,0	8,5 – 51,0
Ferrous sulphat [ $Fe SO_4 \cdot 7 H_2O$ ] copperas	8,5 – 11,0	5,1 – 51,0

## 6. Menentukan Dosis Optimum Koagulan

Dosis optimum koagulan ditentukan dengan menggunakan peralatan “Jar-test” seperti terlihat pada gambar 15.61. Alat ini terdiri dari lima atau lebih beakers berkapasitas 1 sampai 2 liter, peddal pemutar yang terbuat dari bahan anti karat yang diletakan di dalam masing-masing Jar,

peddal ini dapat diputar menggunakan motor listrik melalui “gears” dan “spindle system” dengan kecepatan tertentu yang dapat diatur.



Gambar 12.61. Jar-Test

Untuk memulai eksperimen, pertama semua sampel air dimasukkan ke dalam setiap jar dengan jumlah yang sama. Selanjutnya dimasukkan koagulan dengan dosis yang berbeda pada setiap jar. Koagulan yang dimasukkan ke masing-masing jar dicatat pada suatu tabel atau buku catatan. Kemudian, dengan bantuan motor listrik alat pengaduk diputar dengan kecepatan 30 sampai 40 R.P.M. selama 10 menit, setelah itu kecepatan diubah dan dilakukan pengadukan tersebut selama 20 sampai 30 menit. Setelah pengadukan dihentikan dilakukan pencatatan floc yang terbentuk pada masing-masing jar dan dibiarkan mengendap. Dosis koagulan yang menghasilkan floc yang baik adalah merupakan dosis optimum koagulan.

## 7. Rencana Pemberian Koagulan

Koagulan dapat diberikan dalam bentuk kering atau dalam bentuk cairan. Pemberian dalam bentuk kering lebih banyak dipilih dalam pekerjaan air, karena hal ini sangat sederhana dan mudah dilakukan. Akan tetapi tidak semua jenis koagulan dapat diberikan dalam bentuk kering, karena beberapa koagulan mempunyai karakteristik penyumbatan dan mengeras. Koagulan yang mempunyai bentuk butiran dan dalam komposisi konstan, bebas dari keadaan higroskopis dan tetap kering di bawah

beberapa kondisi temperatur dan tekanan, aluminium sulphat, dan koagulan yang menimbulkan korosif alami, cocok diberikan dalam bentuk kering.

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

Guru pembelajar dapat menyiapkan dosis koagulan sesuai dengan kebutuhan untuk penjernihan air.

#### **E. Rangkuman**

Pemberian koagulan diperlukan untuk membantu pengendapan partikel-partikel halus yang tidak dapat mengendap dengan pengendapan biasa. Kegiatan Pada proses koagulasi, pertama dilakukan adalah mencampurkan koagulan ke dalam air untuk mempercepat pembentukan flocc yang diperlukan, kemudian air dialirkan ke dalam bak pengendapan, sehingga partikel koloidal turun ke dasar bak dan terjadilah pengendapan. Pemberian koagulan dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu dalam bentuk kering dan dalam bentuk cairan. Pemberian dalam bentuk kering lebih banyak dipilih dalam pekerjaan air, karena hal ini sangat sederhana dan mudah dilakukan. Akan tetapi tidak semua jenis koagulan dapat diberikan dalam bentuk kering, karena beberapa koagulan mempunyai karakteristik penyumbatan dan mengeras.

#### **F. Umpan Balik dan Tindak Lanjut**

##### **Pertanyaan-Pertanyaan**

1. Apakah pentingnya pemberian koagulan dalam proses sedimentasi ?.
2. Sebutkan bermacam-macam koagulan yang biasa digunakan dalam proses koagulasi?.
3. Jelaskan secara singkat bagaimana perlakuan dan penyimpanan koagulan yang baik ?.
4. Bagaimana menentukan dosis optimum koagulan ?
5. Jelaskan secara ringkas proses pemberian koagulan ?

## EVALUASI

### Kompetensi Pedagogik

1. Keterampilan menggunakan alat kerja pipa dalam pelaksanaan praktek pemasangan instalasi air bersih dalam proses pembelajaran plumbing merupakan aspek:
  - A. Karakter fisik
  - B. Karakter emosional
  - C. Karakter intelektual
  - D. Karakter budaya
  
2. Potensi dari peserta didik dalam proses pembelajaran dapat diidentifikasi melalui
  - A. Sikap terhadap teman
  - B. Sikap dalam belajar
  - C. Sikap berbicara
  - D. Kemampuan belajar
  
3. Perencanaan pelaksanaan pembelajaran sebagai bekal awal peserta didik dirancang oleh guru dengan urutan:
  - A. Sesuai dengan tuntutan silabus
  - B. Dari yang mudah ke yang lebih rumit
  - C. Sesuai kemampuan penguasaan materi guru
  - D. Menurut petunjuk wakil kepala sekolah.
  
4. Tiga bentuk kesulitan belajar yang dialami siswa, yaitu lambat dalam belajar, kemampuan belajar rendah, dan
  - A. Kurang semangat dalam belajar
  - B. Tidak ada motivasi belajar
  - C. Mengalami kekacauan belajar

- D. Tidak mau mengerjakan tugas
5. Penerapan prinsip pembelajaran antara lain adalah menerapkan keterampilan mengajar, salah satu diantara delapan keterampilan dasar mengajar (yang bersifat generik) adalah
- A. Memberi penguatan berupa pujian
  - B. Menilai hasil belajar siswa
  - C. Membimbing diskusi kelompok
  - D. Memperhatikan siswa yang pandai.
6. Dalam proses pembelajaran praktek guru menjelaskan pelaksanaan pekerjaan dengan mencontohkan cara mengerjakan bagian pekerjaan yang dianggap rumit, dalam hal ini guru menggunakan metode:
- A. Ceramah
  - B. Tanya jawab
  - C. Diskusi kelompok
  - D. Demonstrasi
7. Pengalaman belajar untuk pencapaian tujuan pembelajaran dapat ditentukan melalui
- A. Rencana pelaksanaan pembelajaran
  - B. Perumusan standar kompetensi
  - C. Perumusan kompetensi dasar
  - D. Indikator pencapaian kompetensi dasar
8. Materi ajarkan dalam mata pelajaran plambing dan sanitasi dapat ditentukan berdasarkan
- A. Kurikulum tingkat satuan pendidikan
  - B. Garis-garis besar program pembelajaran
  - C. Pengalaman belajar siswa yang direncanakan
  - D. Materi yang ditentukan oleh guru

9. Dalam penyusunan materi pembelajaran plambing dan sanitasi selalu memperhatikan
- A. Karakter peserta didik
  - B. Kemampuan peserta didik
  - C. Motivasi peserta didik
  - D. Kemampuan guru pengampu
10. Instrument penilaian harus dirancang sesuai dengan pengalaman belajar yang direncanakan, pengalaman belajar tersebut dapat dilihat dalam
- A. Kurikulum Tingkat Satuan Pendidikan
  - B. Penyusunan materi pembelajaran
  - C. Indikator pencapaian kompetensi
  - D. Garis garis besar program pembelajaran
11. Buku teks terprogram merupakan susunan materi dalam bentuk kegiatan belajar berupa langkah-langkah kecil yang disertai umpan balik untuk penyelesaian setiap langkah, merupakan prinsip:
- A. Perancangan pembelajaran
  - B. Pengembangan bahan ajar
  - C. Pelaksanaan kegiatan belajar
  - D. Penyampaian materi ajar
12. Guru dapat merancang kegiatan di kelas dan di work shop , rancangan kegiatan pembelajaran di laboratorium dibuat dalam bentuk
- A. Buku ajar
  - B. Media pembelajaran
  - C. Lembaran kerja siswa
  - D. Gambar dinding (wall chart).

13. Refleksi pembelajaran yang telah dilaksanakan dilakukan melalui kegiatan evaluasi sebagai
- A. Umpan balik
  - B. Tes formatif
  - C. Tes sumatif
  - D. Tes kompetensi

### **Kompetensi Profesional**

14. Berikut ini merupakan bagian atau elemen pekerjaan teknik plambing suatu bangunan, kecuali
- A. Pembuatan talang air hujan
  - B. Kerja atap bangunan
  - C. Pembuatan pondasi batu kali
  - D. Pemasangan instalasi air bersih
15. Penentuan sumber air yang akan digunakan sebagai sumber penyediaan air bersih adalah jika
- A.** Airnya jernih dan mengandung unsure kimia
  - B.** Kualitas air pada sumber memenuhi persyaratan
  - C.** Terletak di daerah yang padat penduduknya
  - D.** Sumber terletak jauh diluar pemukiman
16. Pertimbangan dalam memilih sumber air untuk kebutuhan masyarakat perkotaan hendaknya memperhatikan kualitas air pada sumber, sumber terletak lebih tinggi dari daerah perkotaan, dan
- A. Pendistribusian dengan sistem pompa
  - B. Perlu pengolahan secara kimia
  - C. Biaya pengolahan cukup rendah



D. Sistem pendistribusian dengan dual sistem

17. Aliran air sistem gravitasi dalam pendistribusian air dapat diterapkan apabila

- A. sumber air terletak lebih tinggi dari daerah pemakai air
- B. daerah pemakai air lebih tinggi dari sumber
- C. sumber terletak di pusat kota
- D. banyak masyarakat yang memintanya.

18. Jika kualitas air permukaan tidak memenuhi persyaratan, dapat memanfaatkan air tanah. Salah satu cara pemanfaatan air tanah adalah dengan

- A. Membuat empang pada sungai
- B. Menyimpan air dalam reservoir
- C. Membangun kolam penampungan
- D. Membuat sumur pipa.

19. Bentuk pengolahan, untuk mendapatkan kualitas air yang sesuai dengan standar kesehatan ditentukan berdasarkan

- A. Peraturan yang ditentukan pejabat pemerintah
- B. Jumlah air pada sumber cukup banyak
- C. Tingkat kekeruhan air tidak terlalu tinggi
- D. Kualitas dan kuantitas air pada sumber.

20. Komponen penjernihan air pada saringan air terdiri dari bak sedimentasi, bak pemberian koagulan, bak pencampur, bak pengendapan dan

- A. Bak cadangan penyimpanan air baku
- B. Saringan pasir lambat
- C. Bangunan pemasukan air
- D. Jeruji pemisah benda terapung

21. Koagulan (bahan kimia) adalah bahan penjernihan air, dosis koagulan harus diberikan
- A. Sebanyak- banyaknya
  - B. Sesuai kualitas air baku
  - C. Menurut aturan yang berlaku
  - D. Tergantung jumlah air.
22. Pencampuran dosis koagulan (bahan kimia) pada sampel air baku ,determined dengan melakukan percobaan di laboratorium , jumlah dosis yang cocok untuk sampel percobaan disebut
- A. Dosis optimum
  - B. Dosis standar
  - C. Dosis takaran
  - D. Dosis bahan kimia.
23. Dosis koagulan dicampur pada air tergantung pada beberapa faktor, salah satu diantara faktor tersebut adalah:
- A. Sumber air baku
  - B. Kuantitas air baku
  - C. Tingkat kekeruhan
  - D. Kualitas sumber air baku
24. Alat tes digunakan untuk menentukan dosis koagulan yang diperlukan untuk sampel air disebut
- A. Jar tes
  - B. Labu ukur
  - C. Gelas ukur
  - D. Tes kualitas.

25. Dosis koagulan dicampur pada air tergantung pada beberapa faktor, salah satu diantara faktor tersebut adalah:
- E. Sumber air baku
  - F. Kuantitas air baku
  - G. Tingkat kekeruhan
  - H. Kualitas sumber air baku
26. Jenis koagulan yang digunakan pada pengolahan air minum adalah:
- A.  $\text{Na}_2 \text{Al}_2\text{O}_3$
  - B.  $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 18\text{H}_2\text{O}$
  - C.  $2\text{Fe Cl}_3$ .
  - D.  $6 \text{FeSO}_4$ .
27. Nama lain dari  $\text{Al}_2\text{SO}_4$  di pasaran dikenal sebagai
- A. Kaporit
  - B. Air keras
  - C. Garam
  - D. Tawas.
28. Pencampuran koagulan pada air baku untuk air minum adalah untuk proses.
- A. Pembentukan flock
  - B. Menghancurkan partikel
  - C. Menurunkan nilai pH
  - D. Menghilangkan kesadahan.
29. Saringan pasir lambat (slow sand filter) skala kecil, banyak digunakan pada penyaringan air
- A. Industri pengolahan air
  - B. Rumah tangga

- C. Rumah ibadah
- D. Pelayanan umum

30. Hasil air tersaring melalui saringan pasir lambat (slow sand filter)
- A. Sama dengan saringan pasir cepat
  - B. Lebih jelek dari saringan pasir cepat
  - C. Tidak mungkin berbeda
  - D. Lebih baik dari saringan pasir cepat.

## **PENUTUP**

Diharapkan modul diklat guru plambing dan sanitasi ini dapat bermanfaat terutama bagi guru-guru Plambing dan Sanitasi yang memerlukannya, dan juga dapat menambah khasanah ilmu dibidang Plambing dan Sanitasi.

Dalam penyusunan modul ini mungkin banyak terdapat kekeliruan dan kesalahan, serta kekurangan yang tidak diharapkan. Untuk hal itu, penyusun sangat mengharapkan kritik beserta saran yang bersifat membangun dari semua pihak yang menggunakan modul ini.

## **GLOSARIUM**

### **Air Permukaan**

Air yang terdapat di permukaan tanah, baik dalam bentuk genangan maupun dalam bentuk aliran yang dapat dijadikan sebagai sumber penyediaan air bersih.

### **Air Bersih**

Air yang tidak menimbulkan dampak negatif untuk penggunaan tertentu.

### **Air Minum**

Air yang digunakan untuk air minum.

### **Analisis Instruksional**

Proses menjabarkan perilaku umum menjadi perilaku khusus yang tersusun secara logis dan sistematis.

### **Aquaduk**

Suatu bangunan saluran tertutup yang terbuat dari pasangan batu atau beton digunakan untuk mengalirkan air dari sumber ke tempat lokasi pengolahan secara gravitasi.

### **Emosi**

Gambaran perasaan yang dapat diklasifikasikan atas emosi positif dan emosi negatif, emosi positif tergambar dari perasaan gembira dan rasa syukur . Sedang emosi negatif menggambarkan rasa marah.

### **Indikator**

Penunjuk sesuatu atau bagian-bagian yang dapat menunjukkan sesuatu

### Karakter

sifat alami seseorang dalam merespons situasi secara bermoral, yang dinyatakan dalam tindakan nyata.

### Kompetensi

Perubahan perilaku (behavior) sebagai hasil belajar

### Kesulitan Belajar

kesulitan belajar adalah suatu gejala atau hambatan-hambatan dalam proses pembelajaran.

### Plumbing Bangunan

Mencakup perpipaan, perlengkapan dan peralatan, dan asesoris yang melayani air atau cairan dari titik penyediaan air atau sumber lainnya yang membawa air sampai ketitik pemakaian dalam atau di luar gedung (bangunan).

### Pipa Dinas

Instalasi pipa dari pipa distribusi sampai ke meteran air

### Pipa persil

Pipa yang disambungkan dari meteran air sampai ke dinding bangunan.

### Struktur Perilaku Hierarkikal

kedudukan dua perilaku yang menunjukkan bahwa salah satu perilaku hanya dapat dilakukan bila telah dikuasai perilaku yang lain.

### Struktur Perilaku Prosedural

kedudukan beberapa perilaku yg menunjukkan satu seri urutan penampilan perilaku, tetapi tidak ada yg menjadi perilaku prasyarat.

#### Struktur Perilaku Pengelompokan

perilaku khusus yang dapat diurut sebagai hierarkikal dan prosedural, terdapat pula perilaku-perilaku khusus yang tidak mempunyai ketergantungan antara satu dengan yang lainnya,

#### Struktur Perilaku Kombinasi

Suatu perilaku umum bila diuraikan menjadi perilaku khusus sebagian tersebar akan terstruktur secara kombinasi antara struktur hierarkikal, prosedural, dan pengelompokan.



## DAFTAR PUSTAKA

- Atwi Suparman, (1997), Desain Instruksional, Pusat Antar Universitas Untuk Peningkatan Dan Pengembangan Aktivitas Instruksional, Dirjen. PT, Depdikbud, Jakarta.
- Babbit, Harold E,(1960), Plumbing, McGRAW-HILL BOOK COMPANY, New York, Toronto, London.
- Bambang Triatmojo,(2008), Hidrologi Terapan, Beta offset, Perum FT-UGM, No.3. Saturan Caturtunggal, Depok Sleman, Ykt.
- Birdi, G.S. (1976), Wqater Supply and Sanitary Engineering, Dhanpat Rai & Son, Nai Sarak, Delhi.
- Ersin Seyhan, (1990), Dasar-Dasar Hidrologi, Gajah Mada University Press 9003041-C2E.
- H.E. Mulyasa,(2014), Manajemen Pendidikan Karakter, Cetakan ke 4, P.T. Bumi Aksara Jl. Sawo Raya No. 18. Jkt. 13220.
- M. Askari,(2003, Penyediaan Air Bersih, Materi Perkuliahan, FT Universitas Negeri Padang.
- Soufyan, M. (1985), Perancangan dan Pemeliharaan Sistem Plumbing, Association For International Promotion, Tokyo, Japan.
- Sumadi, S.,(1991), Psikologi Pendidikan, cetakan ke 6,Penerbit CV. Rajawali, Jl. Pelepah Hijau IV TN.I.No.14-15, Kelapa Gading Permai, Jkt 14240.
- Toeti & Udin, (1997), Pusat Antar Universitas Untuk Peningkatan Dan Pengembangan Aktivitas Instruksional, Dirjen. PT, Depdikbud, Jakarta.
- \_\_\_\_\_ [https://www.google](https://www.google.co.id).co.id., Gambar.