

PENDEKATAN STRUKTURAL

DALAM MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR

Hak cipta pada penulis
Hak penerbitan pada penerbit
Tidak boleh diproduksi sebagian atau seluruhnya dalam bentuk apapun
Tanpa izin tertulis dari pengarang dan/atau penerbit

Kutipan Pasal 72 :

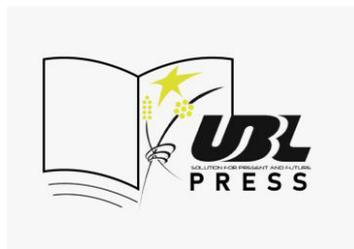
Sanksi pelanggaran Undang-undang Hak Cipta (UU No. 10 Tahun 2012)

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam Pasal 2 ayat (1) atau Pasal (49) ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara masing-masing paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp. 1.000.000,00 (satu juta rupiah), atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan atau denda paling banyak Rp. 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah)
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau hasil barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud ayat (1) dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp. 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah)

PENDEKATAN STRUKTURAL

DALAM MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR

Dr. APRIZAL ST., MT.



Perpustakaan Nasional RI:
Katalog Dalam Terbitan (KDT)

**PENDEKATAN STRUKTURAL DALAM
MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

Penulis:

Dr. APRIZAL ST., MT.

Desain Cover:

Tim AURA Creative

Layout:

Tim AURA Creative

Penerbit

Universitas Bandar Lampung
(UBL) Press
Jl. Zainal Abidin Pagar Alam No.26,
Labuhan Ratu, Kedaton, Kota Bandar Lampung,
Lampung 35142

xvi + 180 hal : 15,5 x 23 cm
Cetakan Januari 2022

ISBN: 978-623-97918-9-6

Hak Cipta dilindungi Undang-undang

PERSEMBAHAN

*Buku ini saya dedikasikan untuk:
Ayahanda Hj. Azwar Akhmad (Alm)
Ibunda Hj. Erdalina Middin, Amd (Almh)
Istri tersayang dr. Hj. Sukarti, Sp.P, M. Kes (K) FAPSR
Anak-anakku terkasih:
Arroyyan, Raihana, M. Yusuf Habibie, Syifa Jihan Syakira*

PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah SWT atas limpahan rahmat dan karunianya sehingga Buku “Pendekatan Struktural Dalam Manajemen Sumber Daya Air” dapat diselesaikan. Buku pini merupakan pedoman bagi mahasiswa Program Studi Teknik sipil dalam Pembelajaran mata kuliah Manajemen Sumber Daya Air diharapkan tidak hanya sebatas pembelajaran terhadap mahasiswa tapi juga dimanfaatkan oleh banyak pihak yang tertarik dalam bidang ini.

Kami menyadari masih terdapat kekurangan dalam buku ini untuk itu kritik dan saran terhadap penyempurnaan buku ini sangat diharapkan. Semoga buku ini dapat memberi manfaat bagi masyarakat Indonesia.

Penulis

Desember 2021

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada beberapa pihak, baik institusi maupun perorangan yang telah memberi ijin pemuatan gambar-gambar dan foto-foto dalam buku ini,

Kami juga mengucapkan terima kasih kepada :

1. Para penulis seperti yang tercantum/dalam daftar pustaka, dimana karya tulisnya kami acui dalam penulisan buku ini.
2. Web Site seperti tercantum sebagai sumber beberapa foto yang kami muat dalam buku ini.

Semoga amal ibu dan bapak mendapat balasan dari Allah SWT, dan semoga buku ini bermanfaat bagi yang membaca.

Hormat kami

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	vi
UCAPAN TERIMAKASIH.....	vii
DAFTAR ISI.....	viii
DAFTAR GAMBAR.....	xii
BAB I BENDUNGAN.....	1
1.1. Definisi Bendungan.....	1
1.2. Sejarah Bendungan di Dunia dan Indonesia.....	1
1.3. Fungsi dan Manfaat Bendungan.....	8
1.4. Peraturan atau Standar dalam Merencanakan Bangunan ...	11
1.4.1. Peraturan Dalam Merencanakan Bendungan.....	11
1.4.2. Standardisasi Dalam Merencanakan Bendungan	11
1.5. Bangunan Yang Ada Di Bendungan	12
1.5.1. Komponen Bendungan	12
1.5.2. Tipe Bendungan	14
1.6. Proses Pembangunan	18
1.6.1. Tahap Persiapan.....	19
1.6.2. Tahap Survey Pendahuluan	19
1.6.3. Tahap Pengumpulan Data Lapangan.....	20
1.7. Bendungan dan Dam Terbesar di Dunia.....	21
BAB II IRIGASI	24
2.1. Irigasi.....	24
2.1.1. Sejarah irigasi di Dunia.....	24
2.1.2. Sejarah irigasi di Indonesia.....	25
2.1.3. Sistem-sistem Irigasi Di Indonesia	25

2.2. Teori Perencanaan Bangunan Air	34
2.3. Jenis-Jenis Irigasi.....	36
2.4. Manfaat Irigasi	37
2.5. Macam-macam Irigasi.....	41
2.6. Tujuan Irigasi.....	42
2.7. Fungsi Irigasi	43
2.8. Bagian-bagian Bangunan Irigasi.....	43
2.9. Peraturan-Peraturan Irigasi Dan Bangunan Air	55
BAB III WATER SUPPLY	58
3.1. Definisi Water Supply.....	58
3.2. Perkembangan Program Water supply.....	58
3.3. Sejarah Water Supply di Indonesia dan Dunia.....	60
3.4. Tugas Pokok dan Fungsi PDAM.....	61
3.5. Peraturan Perundang-undangan sektor Penyediaan air	62
3.6. Tahapan Proses Pengolahan Air Bersih	71
3.7. Beberapa Alat yang dipakai dalam penyediaan air	76
3.8. Beberapa Water Supply di Dunia dan Indonesia	81
BAB IV PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA).....	83
4.1. Definisi PLTA.....	83
4.2. Sejarah PLTA di Indonesia dan Dunia	84
4.2.1. Sejarah Dunia.....	84
4.2.2. Sejarah Indonesia.....	87
4.3. Dasar Hukum PLTA.....	90
4.4. Fungsi dan Manfaat PLTA	91
4.5. Prinsip PLTA dan Konversi Energi.....	93
4.6. Klasifikasi PLTA.....	96
4.7. Parameter Operasional PLTA	99
4.8. Komponen PLTA.....	101
4.8.1. Perawatan dan Perbaikan	102
4.8.2. Bagian-bagian PLTA beserta Fungsinya	103
4.9. PLTA di Indonesia.....	107
4.10 Contoh Pembangunan PLTA.....	107

BAB V KANAL BANJIR/TERUSAN	109
5.1. Sejarah Kanal Banjir/Terusan didunia dan di Indonesia.....	109
5.1.1. Sejarah Kanal Banjir/Terusan di Dunia	109
5.1.2. Sejarah Kanal Banjir/Terusan di Indonesia	112
5.2. Pengertian Kanal Banjir.....	119
5.3. Jenis Kanal Banjir/Terusan.....	120
5.4. Manfaat dan Tujuan Kanal Banjir/Terusan	120
5.4.1. Manfaat Kanal Banjir/Terusan	120
5.4.2. Tujuan Kanal Banjir/Terusan	120
5.5. Syarat-syarat Kanal Banjir/Terusan.....	120
5.6. Peraturan/Standar merencanakan Kanal Banjir/Terusan .	120
5.7. Kriteria Perencanaan Kanal Banjir/Terusan.....	121
5.8. Tahapan pembuatan Kanal Banjir/Terusan	122
5.9. Contoh-contoh Kanal Banjir/Terusan di Dunia dan Indonesia.....	124
5.9.1. Contoh-contoh Kanal Banjir/Terusan di Dunia.....	124
5.9.2. Contoh-contoh Kanal Banjir/Terusan di Indonesia..	125
BAB VI TANGGUL	126
6.1. Definisi Tanggul.....	126
6.2. Sejarah Tanggul	127
6.3. Fungsi Tanggul.....	128
6.4. Jenis-jenis Tanggul.....	134
6.5. Tahapan Perencanaan Tanggul	135
6.5.1. Persiapan	135
6.5.2. Pengumpulan data dan informasi lapangan.....	135
6.5.3. Pengolahan dan analisa data atau informasi.....	136
6.5.4. Pembuatan tanggul	139
BAB VII DRAINASE.....	141
7.1. Pengertian Drainase	141
7.2. Sejarah Drainase di Dunia	141
7.2.1. Belanda.....	141
7.2.2. Tokyo, Jepang.....	144
7.3. Sejarah Drainase di Indonesia	146

7.3.1. Menurut Sejarah Terbentuknya	146
7.3.2. Menurut Letak Bangunan	148
7.3.3. Menurut Fungsi.....	148
7.3.4. Menurut Kontruksi.....	148
7.3.5. Jenis-jenis Drainase	150
7.3.6. Pola Jaringan Drainase.....	152
7.4. Fungsi dan Manfaat Drainase	155
7.4.1. Fungsi Drainase Perkotaan Secara Umum	157
7.4.2. Berdasarkan Fungsi Layanan.....	157
7.4.3. Berdasarkan Fisik.....	158
7.5. Peraturan-peraturan yang berkaitan dengan Drainase.....	160
7.6. Tahapan-tahapan dalam perencanaan Drainase.....	161
7.6.1. Perencanaan Umum	161
7.6.2. Teknis	161
7.6.3. Cara Pengerjaan	163
7.6.4. Membuat Peta Genanagan.....	164
7.6.5. Analisis.....	164
7.6.6. Menyusun Usulan Prioritas.....	165
7.6.7. Menyusun Usulan Sistem Drainase.....	165
7.6.8. Menyusun Usulan Biaya.....	166
7.6.9. Membuat jadwal kegiatan pembangunan drainase .	166
7.6.10. Rekomendasi	166
7.7. Data perencanaan yang harus diperoleh	167
7.8. Contoh-contoh Drainase yang ada di Indonesia dan Dunia	176
7.9. Kesimpulan	179
7.10 Saran.....	179

DAFTAR GAMBAR

BAB I BENDUNGAN

1. Gambar	1.1	Bendungan Sadd-el Kafara.....	2
2. Gambar	1.2	desain pertama bendungan Jatiluhur	5
3. Gambar	1.3	desain kedua bendungan Jatiluhur	6
4. Gambar	1.4	desain terakhir bendungan Jatiluhur	7
5. Gambar	1.5	bagian bangunan	14
6. Gambar	1.6	Waduk Jatibarang, Kali krejo, Semarang	18
7. Gambar	1.7	bendungan <i>Tarbela Dam</i>	21
8. Gambar	1.8	bendungan <i>Ataturk</i>	21
9. Gambar	1.9	Syncrude Tailing Dam	22

BAB II IRIGASI

1. Gambar	2.1	sistem irigasi dengan peluapandan penggenangan bebas	27
2. Gambar	2.2	Ilustrasi sistem irigasi permukaan dengan peluapan dan penggenangan terkendali	28
3. Gambar	2.3	ilustrasi bawah permukaan	30
4. Gambar	2.4	irigasi disungai	43
5. Gambar	2.5	bendungan	44
6. Gambar	2.6	Bangunan pengambilan yang terletak di tepi sungai yang mengalir ke air sungai ke dalam jaringan irigasi	44
7. Gambar	2.7	Bangunan pembilas dengan pintu yang difungsikan untuk mengosongkan seluruh ruas saluran	45

8. Gambar	2.8 Kantong lumpur yang dipergunakan untuk memperlambat aliran dan memberikan waktu bagi sedimen untuk mengendap	45
9. Gambar	2.9 Bangunan bagi yang terletak di saluran primer Siphon	46
10. Gambar	2.10 alat ukur bendung yang difungsikan sebagai pengukur aliran sungai.....	47
11. Gambar	2.11 plot elevasi pada titik potong trase saluran dengan garis kontur.....	49
12. Gambar	2.12 POWEROLL.....	53
13. Gambar	2.13 PIVOT	54
14. Gambar	2.14 DRIP & MICRO	54
15. Gambar	2.15 HANDMOVE	55
16. Gambar	2.16 BIG GUN.....	55

BAB III WATER SUPPLY

1. Gambar	3.1 keadaan dan distribusi air tanah pada lapisan tanah.....	64
2. Gambar	3.2 menunjukkan sumur yang digali	65
3. Gambar	3.3 Metode eksplorasi air dengan menggunakan sumur bor.....	67
4. Gambar	3.4 Jetting well	68
5. Gambar	3.5 Pipa masuk.....	71
6. Gambar	3.6 Bangunan Intake	72
7. Gambar	3.7 Proses Koagulasi Secara Mekanis dengan mesin pemutar	73
8. Gambar	3.8 Proses Sedimentasi	74
9. Gambar	3.9 Unit aselator pada water treatment plant ...	74
10. Gambar	3.10 Unit Filtrasi	75
11. Gambar	3.11 Reservoir air bersih	75
12. Gambar	3.12 Skema Proses Pengolahan Air Bersih.....	76
13. Gambar	3.13 Water Meter Type LXSG 15-40E	76
14. Gambar	3.14 Box Meter ABS.....	77
15. Gambar	3.15 Magnetic Flow Meter.....	78
16. Gambar	3.16 Ultrasonic Flow Meter.....	78
17. Gambar	3.17 Magnetic Ball Valve	78

18. Gambar 3.18	Air Valv	78
19. Gambar 3.19	Metal Detector	79
20. Gambar 3.20	Filter Nozzle.....	79
21. Gambar 3.21	Alat Segel.....	80
22. Gambar 3.22	Water Test Bench.....	80
23. Gambar 3.23	Gurgaon Water Supply di India.....	81
24. Gambar 3.24	Denmark Water Supply	81
25. Gambar 3.25	PDAM Tirta Kencana Surabaya.....	82

BAB IV PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)

1. Gambar 4.1	PLTA Three Gorges Dam	87
2. Gambar 4.2	Prinsip PLTA.....	94
3. Gambar 4.3	Waduk.....	103
4. Gambar 4.4	Penstock.....	103
5. Gambar 4.5	Katup Utama.....	104
6. Gambar 4.6	Turbin dan Generator	105
7. Gambar 4.7	Draftube	105
8. Gambar 4.8	Trailrace	106

BAB V KANAL BANJIR/TERUSAN

1. Gambar 5.1	Terusan Panama	112
2. Gambar 5.2	Kanal Banjir Jakarta.....	119
3. Gambar 5.3	Contoh Design Terusan Navigasi.....	123
4. Gambar 5.4	Cara kerja dipintu masuk Terusan Panama....	124

BAB VI TANGGUL

1. Gambar 6.1	Bentuk Penampang Tanggul	138
2. Gambar 6.2	Pembuatan Tanggul (1).....	139
3. Gambar 6.3	Pembuatan Tanggul (2)	140

BAB VII DRAINASE

1. Gambar 7.1	Sistem Polder di Kinderdijk, Belanda.....	142
2. Gambar 7.2	Sketsa Sistem Polder	142
3. Gambar 7.3	Proyek Delta (Delta Works/Deltawerken).....	143
4. Gambar 7.4	Proyek G-Cans.....	144

5.	Gambar 7.5	Proyek G-Cans (Shutoken Gaikaku Housui Ro).....	145
6.	Gambar 7.6	Proyek G-Cans (Channel area Discharge Outer Metropolitan Underground).....	145
7.	Gambar 7.7	Jenis Saluran Alami	147
8.	Gambar 7.8	Jenis Saluran Buatan.....	147
9.	Gambar 7.9	Saluran Terbuka	149
10.	Gambar 7.10	Saluran Tertutup.....	149
11.	Gambar 7.11	Pola Jaringan Drainase Siku.....	153
12.	Gambar 7.12	Pola Jaringan Drainase Pararel.....	153
13.	Gambar 7.13	Pola Jaringan Drainase Grid Iron.....	154
14.	Gambar 7.14	Pola Jaringan Drainase Alamiah.....	154
15.	Gambar 7.15	Pola Jaringan Drainase Radial.....	155
16.	Gambar 7.16.1	Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan.....	159
17.	Gambar 7.16.2	Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan.....	159
18.	Gambar 7.16.3	Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan.....	160
19.	Gambar 7.16.4	Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan.....	160
20.	Gambar 7.17	Banjir di Kawasan Bundaran HI, Jakarta	177
21.	Gambar 7.18	Waterway di Belanda.....	178
22.	Gambar 7.19	Polder River Expansion.....	178

BAB I

BENDUNGAN

1.1. Definisi Bendungan

Bendungan adalah konstruksi yang dibangun untuk menahan laju air menjadi waduk, danau atau tempat rekreasi. Seringkali bendungan juga digunakan untuk mengalirkan air ke sebuah Pembangkit Listrik Tenaga Air. Kebanyakan dam juga memiliki bagian yang disebut pintu air untuk membuang air yang tidak diinginkan secara bertahap atau berkelanjutan.

Kementrian Pekerjaan Umum Indonesia mendefinisikan bendungan sebagai "bangunan yang berupa tanah, batu, beton, atau pasangan batu yang dibangun selain untuk menahan dan menampung air, dapat juga dibangun untuk menampung limbah tambang atau lumpur."

1.2. Sejarah Bendungan di Dunia dan Indonesia

Bendungan sudah dikenal oleh manusia sejak ribuan tahun yang lalu. Awalnya jenis bendungan hanyalah earth fill dam yang dipadatkan sesuai kemampuan saat itu. Bendungan yang dikenal dengan nama "Sadd-el Kafara" telah dibangun di sebelah selatan Kairo (mesir) antara tahun 2950 dan 2750 SM



Gambar 1.1 Bendungan Sadd-el Kafara

Bendungan Sadd-el Kafara, dibangun dengan tinggi 12 m terdiri dari dua dinding yang dibuat dari puing-puing dengan ketebalan di dasar antara 14-36 meter dengan tengahnya diisi dengan berbagai material. Diduga bendungan ini hancur akibat terjadinya overtopping. Earth dam yang lain juga diperkirakan telah dibangun di Ceylon sekitar tahun 500 SM, yang menggunakan material timbunan 13 juta meter kubik.

Kemudian sekitar tahun 1200, banyak bendungan urugan di Ceylon dengan tinggi 12-27 meter. Sekitar tahun 1500 bendungan urugan juga dibangun di India (The Madduk Masur Dam) dengan tinggi 30 meter tetapi tidak lama runtuh karena tidak tersedianya spill way. Pada awalnya bendungan urugan umumnya menggunakan tanah homogeny dari local diangkat dengan tenaga manusia dan dipadatkan dengan menggunakan tenaga binatang.

Pada tahun 1789 Estrecho de Rientes Dam dibangun di Spanyol, dengan tinggi 46 meter, tetapi langsung hancur pada waktu diisi air. Hal ini merupakan kemunduran dari bendungan tipe urugan. Kemajuan yang besar untuk menjamin kekedapan bendungan urugan terhadap air dilakukan oleh Telford (1820) dengan menggunakan lempung puddle sebagai inti bendungan.

Jenis bendungan berkembang sesuai dengan kemajuan pengetahuan yang dicapai oleh manusia yaitu bendungan beton antara lain, adalah arch dam yaitu bendungan yang berbentuk lengkungan untuk mendapatkan kekuatan yang lebih besar. Arch dam yang barangkali merupakan bangunan yang pertama kali dibangun oleh Roman pada abad pertama terletak kira-kira di sebelah utara Italia dan sebelah selatan Prancis. Kemudian disusul

dengan arch dam ponte alto dibangun dari tahun 1611 sampai 1613 dengan ketinggian 5 meter.

Pada tahun 1752 berkembang kemampuan membangun dam dengan tinggi 17 m pada tahun 1824, 5 buah dam bertambah dengan tinggi mencapai 25 meter. Kemudian berikutnya tahun 1847, 50 bendungan buah bendungan bertambah dengan tinggi mencapai 33 m. Sampai dengan tahun 1887, bendungan yang ada tetap pada tinggi tidak lebih dari 36 m. Pada tahap itu, perencanaan bendungan tampaknya sedang mencari-cari pilihan tentang fondasi yang bagus.

Benua Australia merupakan benua paling kering di dunia, oleh karena itu era bendungan yang modern berkembang dari sini. Bendungan lengkung (arch dam) dengan ketebalan badan yang tipis, barangkali mulai dibangun di New South Wales pada akhir abad ke-19. Menjelang pertengahan abad 20, telah banyak bandungan dengan tinggi lebih dari 250 m dan beberapa lebih dari 300 m.

Bendungan tertinggi di dunia saat ini adalah Bendungan Rogun, terletak di Sungai Vakhsh di Tajikistan, dengan ketinggian 1.099 kaki (335 m). Bendungan tersebut dibangun untuk menyediakan air untuk keperluan irigasi dan pembangkit listrik tenaga air (PLTA). Bendungan kedua tertinggi sesudah bendunga Rogun adalah Bendungan Nurek, yang terletak di bawah Bendungan Rogun di sungai yang sama, dengan ketinggian 300 m. Begitu besarnya kedua bendungan tersebut dan karena terlalu besar volume air yang bisa di tampung, membuat para pakar khawatir, bahwa berat air yang ditampung tersebut dapat meningkatkan aktifitas gempa bumi di daerah sekitarnya.

Dalam tahun 1997 diperkirakan ada 40.000 buah bendungan besar, dan 800.000 buah bendungan kecil diseluruh dunia. Indonesia juga memiliki banyak bendungan yang tersebar di pulau Sumatra, Jawa, Sulawesi, NTB, NTT.

Pembangunan bendungan besar pasti akan berlanjut sesuai dengan tuntutan kebutuhan manusia dimanapun. Hal tersebut sesuai dengan ramalan bahwa masalah besar yang akan dihadapi manusia di masa mendatang adalah tersedianya air tawar yang cukup untuk memenuhi kebutuhan hidup. Oleh karena itu pengembangan pembangunan bendungan besar, termasuk

pengembangan kemampuan dalam merencanakan (mendesain) dan melaksanakan tetap diperlukan.

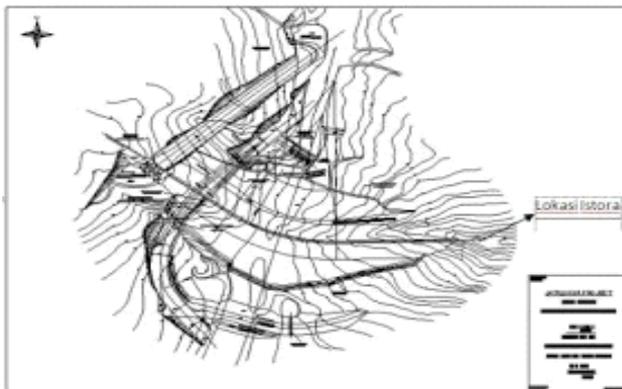
Waduk Jatiluhur terletak di Kecamatan Jatiluhur, Indonesia. Bendungan Jatiluhur adalah bendungan terbesar di Indonesia. Bendungan itu dinamakan oleh pemerintah Waduk Ir. H. Juanda, dengan panorama danau yang luasnya 8.300 ha, dengan potensi air yang tersedia sebesar 12,9 miliar m³/tahun dan merupakan waduk serbaguna pertama di Indonesia. Di dalam Waduk Jatiluhur, terpasang 6 unit turbin dengan daya terpasang 187 MW dengan produksi tenaga listrik rata-rata 1.000 juta kwh setiap tahun, dikelola oleh PT. PLN (Persero).

Waduk Jatiluhur memiliki fungsi penyediaan air irigasi untuk 242.000 ha sawah (dua kali tanam setahun), air baku air minum, budi daya perikanan dan pengendali banjir yang dikelola oleh Perum Jasa Tirta II. Selain berfungsi sebagai PLTA, dengan sistem limpasan terbesar di dunia, kawasan Jatiluhur memiliki banyak fasilitas rekreasi seperti hotel dan bungalow, bar dan restoran, lapangan tenis, bilyar, perkemahan, kolam renang, ruang pertemuan, sarana rekreasi dan olahraga air dan fasilitas lainnya. Di dalam waduk ini juga terdapat budidaya ikan keramba jaring apung, yang memungkinkan kita untuk memancing di waktu siang maupun malam. Selain itu, dikawasan ini terdapat Stasiun Satelit Bumi yang dikelola PT. Indosat sebagai alat komunikasi internasional. Pokoknya lengkap, termasuk pusat Training Center atlit nasional dayung dan dragon boat Indonesia.

Sejarah Pembangunan Bendungan Jatiluhur dan PLTA-nya. Proses perencanaan pembangunan bendungan di Sungai Citarum dimulai dari penetapan lokasi. Berdasarkan gagasan awal Prof. Dr. Ir. W.J. van Blommestein berjudul "Integrated Water Resources Development in the Western Part of Java Island", direncanakan dibangun tiga buah bendungan di Jatiluhur. Penyelidikan-penyelidikan pertama dilakukan oleh Perusahaan Listrik Negara (PLN) yang waktu itu masih dibawah Departemen Pekerjaan Umum dan Tenaga, dengan mempekerjakan tenaga-tenaga ahli dari Perancis.

Pada tahun 1950, Ir. Agus Prawiranata selaku Kepala Jawatan Irigasi memikirkan pengembangan jaringan irigasi untuk mengantisipasi kecukupan beras dalam negeri, dan ide itu menjadi bahan tertawaan karena Indonesia tidak memiliki cukup uang untuk itu. Ide tersebut dibicarakan dengan Ir. Sedyatmo, selaku Kepala Direksi Konstruksi Badan Pembangkit Listrik Negara. Kemudian Ir. Sedyatmo menugaskan Ir. PK. Haryasudirja (sekarang Prof. Dr. Ir. PK. Haryasudirja) untuk merancang bendungan jatiluhur ini Haryasudirja membuat spesifikasi bendungan Jatiluhur meniru gaya bendungan terbesar di dunia, yaitu bendungan Aswan di Mesir dengan menggunakan konsultan dari Perancis yang sudah berpengalaman dalam membangun bendungan besar.

Desain pertama bendungan Jatiluhur dirancang pertama kali oleh Neyrpic Laboratory (sejak tahun 1955 Neyrpic Laboratory berubah menjadi Sogreah), sekitar tahun 1953. Sogreah (dulu Neyrpic Laboratory) adalah perusahaan Perancis yang bergerak dibidang konsultasi perencanaan yang juga memiliki pabrik pembuatan unit pembangkit listrik (khusus pembuatan turbin dan waterways).



Gambar 1.2 desain pertama bendungan Jatiluhur

- Tipe Bendungan : Urugan Batu dengan inti tanah liat.
- Lebar puncak : 6m
- Elevasi puncak bendungan : +111,00m
- Kemiringan lereng : U/S 1 : 1,4, (D/S) juga 1 : 1,4.
- Pelimpah : Pelimpah samping saluran terbuka.

Menggunakan 4 buah pintu pengeluaran lebar masing-masing 8 m, dengan elevasi udik pelimpah +88,00 m dan hilir +21,00 m. Lebar saluran pelimpah 20 m.

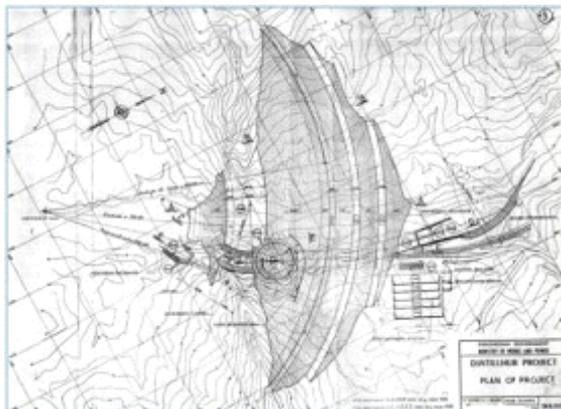
PLTA : 4 unit, berada di hilir bendungan.
Lokasi sekitar tubuh bendungan yang sekarang. Intake memanfaatkan diversion tunnel kanan.

Elevasi puncak cofferdam udik : +41 m.

Saluran Pengelak : berjumlah dua buah, dengan diameter masing-masing 10,50 m.

Rencana ini tidak diteruskan karena berdasarkan hasil penyelidikan geologi menunjukkan bukit tumpuan kanan terdapat sinklin dengan pelapisan yang miring ke arah hilir. Sedangkan kondisi geologi lokasi spillway kurang baik.

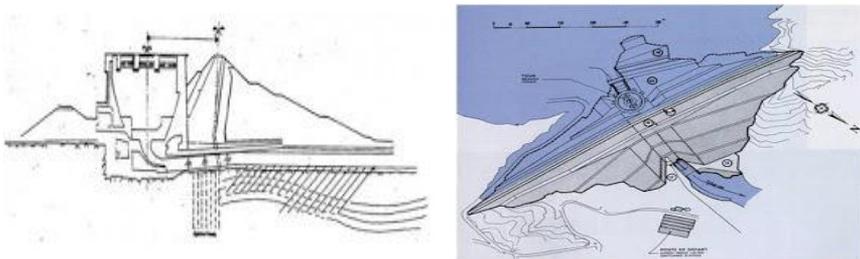
Desain Kedua. desain bendungan berikutnya dilakukan oleh A. Coine & J. Beller Consulting Engineers Paris. Desain yang dibuat masih berbentuk busur, namun arahnya berlawanan dengan desain sebelumnya, yaitu berbentuk busur ke hilir. Mempertimbangkan kondisi geologi yang ada, maka bukit tumpuan bendungan digeser ke hilir, kurang lebih sekitar 100 m. Lokasi bukit tumpuan dalam desain kedua ini persis sama dengan lokasi bukit tumpuan bendungan saat ini.



Gambar 1.3 desain kedua bendungan Jatiluhur

Tipe Bendungan	: Urugan Batu dengan inti tanah liat miring.
Lebar puncak	: 10 m.
Elevasi puncak bendungan	: +114,50 m.
Kemiringan lereng	: U/S 1 : 1,4, (D/S) juga 1 : 1,4.
Menara pelimpah utama	: Tipe Morning Glory, Ogee, 14 jendela, tanpa pintu, elevasi mercu +107 m, panjang mercu 151,5 m, dengan 14 buah jendela. Kapasitas 3.000 m ³ /s pada elevasi maksimum. Diameter menara terluar 90 m. Tinggi menara 110 m.
Elevasi puncak cofferdam udik	: +65 m.
Saluran Pengelak	: satu buah, dengan diameter 10,50 m, berada di kanan menara, berlawanan dengan desain sebelumnya.

Desain akhir bendungan sebagian besar sama dengan desain kedua. Yang membedakannya adalah tapak dan kemiringan inti tanah liat bendungan. Pada desain akhir ini bentuk as bendungan digeser ke udik, sehingga mengakibatkan jarak tubuh bendungan dengan bangunan menara menjadi semakin dekat. Perubahan lainnya adalah inti tanah liat yang memiliki kemiringan lebih tegak dibandingkan sebelumnya.



Gambar 1.4 desain terahir bendungan Jatiluhur

Pada tahun 1996 dilakukan Remedial Work dengan tujuan untuk memperbaiki kestabilan tubuh bendungan. Salah satu kegiatan Remedial Work tersebut adalah melandaikan lereng bendungan utama bagian udik dan hilir.

1.3. Fungsi dan Manfaat Bendungan

Adapun fungsi dari bangunan bendungan adalah sebagai berikut :

a. Menampung Air Dalam Volume Yang Besar

Prinsip awal dibangunnya bendungan yakni untuk membendung aliran sungai hingga tertampung dalam volume yang besar. Penampungan air dalam volume yang besar dapat digunakan untuk melakukan berbagai aktivitas bagi masyarakat sekitar bendungan. Adanya bendungan membuat air sungai tertahan dan tidak terus menerus mengalir, sehingga air dapat tertampung dan dimanfaatkan untuk berbagai hal dan mencukupi kebutuhan air masyarakat sekitar bendungan.

Menampung air sungai pada bendungan juga berfungsi untuk menampung air sebagai cadangan air sungai. Sehingga jika aliran sungai mengering, tidak perlu khawatir karena masih terdapat cadangan air pada bendungan.

b. Mencukupi Kebutuhan Air Bersih

Air sungai terkadang memiliki aliran yang keruh, terutama ketika musim hujan. Aliran sungai yang airnya mengalir akan semakin keruh apabila terus mengalir karena penyebab air keruh akan sulit untuk mengendap. Air sungai yang keruh sulit dimanfaatkan untuk keperluan masak dan minum. Dengan adanya bendungan, aliran air sungai yang keruh dapat ditampung terlebih dahulu agar kotoran pada air sungai dapat mengendap. Dengan air yang lebih tenang pada bendungan, air sungai yang keruh dapat mengendap karena tidak terjadi aliran air. Sehingga air yang sudah dibendung terlebih dahulu berwarna lebih bersih dibandingkan air sungai yang terus mengalir.

c. Pengendalian Banjir

Ketika musim hujan tiba, volume air pada aliran sungai juga meningkat. Peningkatan debit air sungai dapat menyebabkan terjadinya banjir apabila sungai sudah tidak dapat menampung lagi jumlah air yang melalui sungai. Untuk mengatasi banjir bagi masyarakat di sekitar sungai, bendungan menjadi salah satu pilihan yang dapat digunakan untuk mengatasi banjir. Dengan adanya bendungan, debit air berlebih pada sungai dapat ditampung terlebih dahulu sehingga debit aliran air dapat diatur. Dengan debit air yang normal, maka akan terhindar dari masalah banjir.

d. Sumber Irigasi

Ketika aliran sungai tidak melewati semua jalur pertanian, bendungan dapat dijadikan salah satu alternatif untuk tetap menyediakan kebutuhan air untuk wilayah pertanian. Dengan adanya bendungan, kemudian dapat dibuat semacam sungai kecil untuk menyalurkan air ke tempat-tempat persawahan yang jauh dari sungai. Aliran air juga dapat diatur, sehingga air tidak terus mengalir, tetapi dapat ditampung dan digunakan saja seperlunya.

e. Sebagai Lokasi Budidaya Perikanan

Air yang terdapat pada sungai akan selalu mengalir mengikuti arus sungai. Aliran air sungai tidak dapat digunakan untuk 'menyimpan' ikan atau makhluk lainnya. Dengan dibentuknya bendungan aliran air dapat menjadi tenang, sehingga dapat digunakan budidaya dan beternak ikan. Bendungan dapat menyediakan lokasi untuk memasang jaring-jaring pembatas sebagai tempat untuk budidaya ikan. Dengan begitu, ikan tidak akan lari dan mudah untuk diawasi dan dibudidayakan.

f. Tempat Konservasi Hewan Dan Tumbuhan

Adanya bendungan dapat menjadikan hewan air untuk hidup dan berkembang biak dengan nyaman dibandingkan dengan di aliran sungai. Dengan adanya bendungan, binatang air yang hidup di dalamnya menjadi lebih banyak dan bervariasi. Selain ikan dan jenis hewan laut lainnya yang hidup di bendungan, bendungan juga

bermanfaat untuk menjaga kesuburan tanaman di sekitarnya. Tanaman yang tumbuh di sekitar bendungan dapat hidup lebih subur karena kebutuhan airnya terpenuhi. Selain tumbuhan di sekitar bendungan, adanya bendungan juga dapat dijadikan tempat budi daya tanaman air, yang nantinya dapat dikembangkan dan bermanfaat untuk dijual atau dijadikan kerajinan.

g. Mata Pencaharian Masyarakat Sekitar

Bendungan menciptakan suatu ekosistem baru dan kehidupan baru terlebih untuk hewan air seperti ikan. Ikan akan lebih mudah berkembang biak dalam air tenang seperti bendungan, dibandingkan dengan pada sungai yang mengalir. Ikan yang berkembang biak secara liar di bendungan dapat dimanfaatkan baik untuk dikonsumsi maupun untuk dijual kembali dan dapat memenuhi kebutuhan perekonomian masyarakat sekitar.

h. Sebagai Pembangkit Listrik Tenaga Air

Listrik merupakan kebutuhan manusia yang tidak dapat dipisahkan dari kehidupan manusia. Sebagian besar listrik yang dialirkan kepada masyarakat berasal dari pembangkit listrik tenaga batu bara. Akan tetapi, batu bara sebenarnya dapat habis karena merupakan bahan tambang yang tidak dapat diperbaharui. Oleh karena itu, perlu dicarikan solusi agar kebutuhan manusia akan listrik tetap terpenuhi. Salah satunya dengan menggunakan pembangkit listrik tenaga air. Dengan bantuan bendungan, maka pembuatan pembangkit listrik tenaga air akan lebih mudah, karena dengan adanya bendungan debit air untuk menggerakkan turbin listrik untuk menghasilkan energi listrik.

i. Dijadikan Objek Wisata

Bendungan dapat dimanfaatkan sebagai tempat untuk berwisata. Bendungan dibangun menjadi tempat untuk melepaskan lelah dengan beberapa wahana wisata yang dapat digunakan di atas air, seperti perahu kecil, speedboot dan beberapa wahana lainnya. Bagian tepi bendungan juga dapat dijadikan tempat berteduh untuk sekedar melepas lelah dengan melihat pemandangan bendungan.

Bendungan juga dapat dijadikan tempat untuk memancing dan beberapa kegiatan lainnya. Dengan dimanfaatkannya bendungan sebagai tempat wisata, maka akan meningkatkan perekonomian masyarakat dengan berjualan di sekitar bendungan.

j. Sebagai Sarana Olah Raga Air

Bendungan dapat dijadikan salah satu tempat untuk latihan olahraga air seperti renang. Tidak perlu sampai ke pantai untuk melakukan latihan olah raga air yang memerlukan tempat yang luas seperti sky air dan mendayung.

1.4. Peraturan/Stadar Dalam Merencanakan Bangunan

1.4.1. Peraturan Dalam Merencanakan Bendungan

- a. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 37 Tahun 2010 Tentang Bendungan.
- b. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 27/PRT/M/2015 Tentang Bendungan.

1.4.2. Standardisasi Dalam Merencanakan Bendungan

- a. SNI 03-1731-1989 Tentang Pedoman Keamanan Bendungan
- b. SNI 03-6465-2000 Tentang Tata Cara Pengendalian Mutu Bendungan Urugan
- c. SNI 03-6456.1-2000 Tentang Metode Pengontrolan Sungai Selama Pelaksanaan Konstruksi Bendungan – Pengendalian Sungai Selama Pelaksanaan Konstruksi Bangunan
- d. SNI 03-6456.1-2000 Tentang Metode Pengontrolan Sungai Selama Pelaksanaan Konstruksi Bendungan – Penutupan Alur Sungai dan Pembuatan Bendungan Pengelak
- e. SNI 7754:2012 Tentang Tata Cara Penentuan Gradasi Bahan Filter Pelindung Pada Bendungan Tipe Urugan
- f. SNI 8062:2015 Tentang Tata Cara Desain Tubuh Bendungan Tipe Urugan
- g. SNI 1724:2015 Tentang Analisis Hidrologi, Hidraulik, Dan Kriteria Desain Bangunan Sungai.

1.5. Bangunan Yang Ada Di Bendungan

1.5.1. Komponen Bendungan

Adapun komponen dari bangunan itu sendiri adalah sebagai berikut :

a. Badan bendungan (body of dams)

Adalah tubuh bendungan yang berfungsi sebagai penghalang air. Bendungan umumnya memiliki tujuan untuk menahan air, sedangkan struktur lain seperti pintu air atau tanggul digunakan untuk mengelola atau mencegah aliran air ke dalam daerah tanah yang spesifik. Kekuatan air memberikan listrik yang disimpan dalam pompa air dan ini dimanfaatkan untuk menyediakan listrik bagi jutaan konsumen.

b. Pondasi (foundation)

Adalah bagian dari bendungan yang berfungsi untuk menjaga kokohnya bendungan

c. Pintu air (gates)

Digunakan untuk mengatur, membuka dan menutup aliran air di saluran baik yang terbuka maupun tertutup. Bagian yang penting dari pintu air adalah :

d. Daun pintu (gate leaf)

Adalah bagian dari pintu air yang menahan tekanan air dan dapat digerakkan untuk membuka, mengatur dan menutup aliran air.

e. Rangka pengatur arah gerakan (guide frame)

Adalah alur dari baja atau besi yang dipasang masuk ke dalam beton yang digunakan untuk menjaga agar gerakan dari daun pintu sesuai dengan yang direncanakan.

f. Angker (anchorage)

Adalah baja atau besi yang ditanam di dalam beton dan digunakan untuk menahan rangka pengatur arah gerakan agar dapat memindahkan muatan dari pintu air ke dalam konstruksi beton.

g. Hoist

Adalah alat untuk menggerakkan daun pintu air agar dapat dibuka dan ditutup dengan mudah.

h. Bangunan pelimpah (spill way)

Adalah bangunan beserta instalasinya untuk mengalirkan air banjir yang masuk ke dalam waduk agar tidak membahayakan keamanan bendungan. Bagian-bagian penting daribangunan pelimpah :

i. Saluran pengarah dan pengatur aliran (controle structures)

Digunakan untuk mengarahkan dan mengatur aliran air agar kecepatan alirannya kecil tetapi debit airnya besar.

j. Saluran pengangkut debit air

Makin tinggi bendungan, makin besar perbedaan antara permukaan air tertinggi di dalam waduk dengan permukaan air sungai di sebelah hilir bendungan. Apabila kemiringan saluran pengangkut debit air dibuat kecil, maka ukurannya akan sangat panjang dan berakibat bangunan menjadi mahal. Oleh karena itu, kemiringannya terpaksa dibuat besar, dengan sendirinya disesuaikan dengan keadaan topografi setempat.

k. Bangunan peredam energy (energy dissipator)

Digunakan untuk menghilangkan atau setidak-tidaknya mengurangi energi air agar tidak merusak tebing, jembatan, jalan, bangunan dan instalasi lain di sebelah hilir bangunan pelimpah.

l. Kanal (canal)

Digunakan untuk menampung limpahan air ketika curah hujan tinggi.

m. Reservoir

Digunakan untuk menampung/menerima limpahan air dari bendungan.

n. Stilling basin

Memiliki fungsi yang sama dengan energy dissipater.

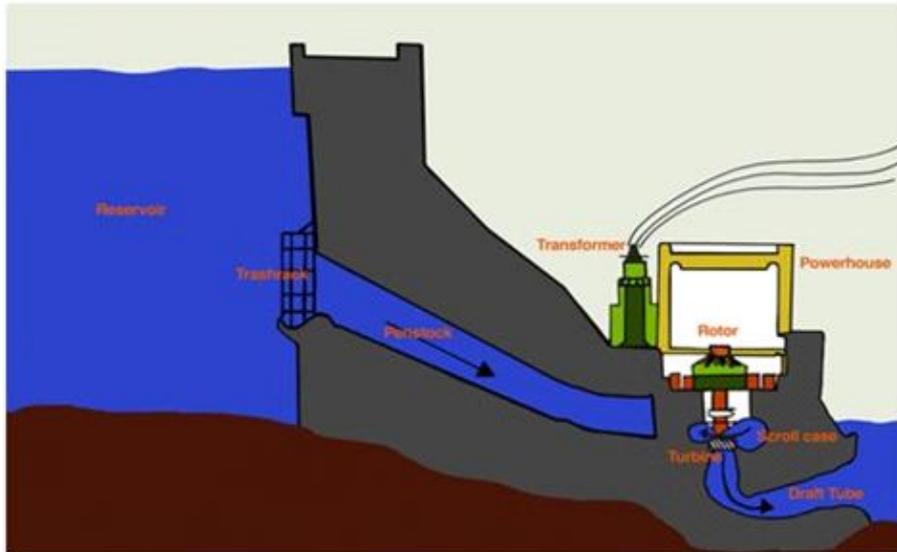
o. Katup (kelep, valves)

Fungsinya sama dengan pintu air biasa, hanya dapat menahan tekanan yang lebih tinggi (pipa air, pipa pesat dan terowongan tekan). Merupakan alat untuk membuka, mengatur dan menutup aliran air dengan cara memutar, menggerakkan ke arah melintang atau memenjang di dalam saluran airnya.

p. Drainage gallery

Digunakan sebagai alat pembangkit listrik pada bendungan.

Berikut ini merupakan gambar topologi bagian-bagian dari bendungan :



Gambar 1.5 bagian bangunan

1.5.2. Tipe Bendungan

Bendungan juga dibagi menjadi beberapa tipe, yaitu :

a. Berdasarkan ukuran

Menurut ICOLD definisi dari bendungan adalah “Bendungan yang tingginya lebih dari 15m, diukur dari bagian terbawah pondasi sampai ke puncak bendungan”. Bendungan yang tingginya antara 10m dan 15m dapat pula disebut dengan bendungan besar asal memenuhi salah satu atau lebih kriteria sebagai berikut :

- Panjang puncak bendungan tidak kurang dari 500m.
- Kapasitas waduk yang terbentuk tidak kurang dari 1 juta m^3 .
- Debit banjir maksimal yang diperhitungkan tidak kurang dari 2000 m^3 /detik. Bendungan menghadapi kesulitan-kesulitan khusus pada pondasinya (had specially ifficult foundation problems).
- Bendungan di desain tidak seperti biasanya (unusual design).
- Bendungan kecil (small dams, weir, bendung)

Semua bendungan yang tidak memenuhi syarat sebagai bendungan besar di sebut bendungan kecil.

b. Berdasarkan tujuan pembangunannya

- Bendungan dengan tujuan tunggal (single purpose dams) : Adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi satu tujuan saja.
- Bendungan serbaguna (multipurpose dams) : Adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi beberapa tujuan.

c. Berdasarkan Penggunaannya

- Bendungan untuk membuat waduk (storage dams) : Adalah bendungan yang dibangun untuk membentuk waduk guna menyimpan air pada waktu kelebihan agar dapat dipakai pada waktu diperlukan.
- Bendungan penangkap/pembelok air (diversion dams) :Adalah bendungan yang dibangun agar permukaan airnya lebih tinggi sehingga dapat mengalir masuk kedalam saluran air atau terowongan air.
- Bendungan untuk memperlambat jalannya air (detension dams) : Adalah bendungan yang dibangun untuk memperlambat aliran air sehingga dapat mencegah terjadinya banjir besar. Masih dapat dibagi lagi menjadi 2, yaitu :
 - Untuk menyimpan air sementara dan dialirkan ke dalam saluran air bagian hilir.
 - Untuk menyimpan air selama mungkin agar dapat meresap di daerah sekitarnya.

d. Berdasarkan konstruksinya

- Bendungan urugan (fill dams, embankment dams) Menurut ICOLD definisinya adalah bendungan yang dibangun dari hasil penggalian bahan (material) tanpa tambahan bahan lain yang bersifat campuran secara kimia, jadi betul-betul bahan pembentuk bendungan asli. Bendungan ini masih dapat dibagi menjadi :
 - Bendungan urugan serbasama (homogeneous dams) : Adalah bendungan urugan yang lapisannya sama.

- Bendungan urugan berlapis-lapis (zone dams, rockfill dams) : Adalah bendungan urugan yang terdiri atas beberapa lapisan , yaitu lapisan kedap air (water tight layer), lapisan batu (rock zones, shell), lapisan batu teratur (rip-rap) dan lapisan pengering (filter zones).
- Bendungan urugan batu dengan lapisan kedap air di muka (impermeable face rockfill dams, dekced rockfill dams) : Adalah bendungan urugan batu berlapis-lapis yang lapisan kedap airnya diletakkan di sebelah hulu bendungan. Lapisan kedap air yang biasa digunakan adalah aspal dan beton bertulang.
- Bendungan beton (concrete dams) : Adalah bendungan yang dibuat dari konstruksi beton baik dengan tulangan maupun tidak. Ini masih dapat dibagi lagi menjadi :
- Bendungan beton berdasar berat sendiri (concrete gravity dams) : Adalah bendungan beton yang didesain untuk menahan beban dan gaya yang bekerja padanya hanya dengan berat sendiri saja.
- Bendungan beton dengan penyangga (concrete buttress dams) : Adalah bendungan beton yang mempunyai penyangga untuk menyalurkan gaya-gaya yang bekerja padanya. Banyak dipakai apabila sungainya sangat lebar sedangkan keadaan geologiya baik.
- Bendungan beton berbentuk lengkung (beton berbentuk busur atau concrete arch dams) : Adalah bendungan beton yang di desain untuk menyalurkan gaya-gaya yang bekerja padanya lewat abutmen kiri dan abutmen kanan bendungan.
- Bendungan beton kombinasi (combination concrete dams, mixed type concrete dams) : Adalah merupakan kombinasi anantara lebih dari satu tipe bendungan.
- Bendungan lainnya biasanya hanya untuk bendungan kecil misalnya : bendungan kayu (timber dams), bendungan besi (steel dams), bendungan pasangan bata (brick dams), bendungan pasangan batu (masonry dams).

e. Berdasarkan fungsinya

- Bendungan pengelak pendahuluan (primary cofferdam, dike) Adalah bendungan yang pertama-tama dibangun di sungai pada waktu debit air rendah agar lokasi rencana bendungan pengelak menjadi kering yang memungkinkan pembangunannya secara teknis.
- Bendungan pengelak (cofferdam) Adalah bendungan yang dibangun sesudah selesainya bendungan pengelak pendahuluan sehingga lokasi rencana bendungan utama menjadi kering yang memungkinkan pembangunannya secara teknis.
- Bendungan utama (main dam) Adalah bendungan yang dibangun untuk memenuhi satu atau lebih tujuan tertentu.
- Bendungan sisi (high level dam) Adalah bendungan yang terletak di sebelah sisi kiri dan sisi kanan bendungan utama yang tinggi puncaknya juga sama. Ini dipakai untuk membuat proyek seoptimal-optimalnya, artinya dengan menambah tinggi pada bendungan utama diperoleh hasil yang sebesar-besarnya biarpun harus menaikkan sebelah sisi kiri dan atau sisi kanan.
- Bendungan di tempat rendah (saddle dam) Adalah bendungan yang terletak di tepi waduk yang jauh dari bendungan utama yang dibangun untuk mencegah keluarnya air dari waduk sehingga air waduk tidak mengalir ke daerah sekitarnya.
- Tanggul (dyke, levee) Adalah bendungan yang terletak di sebelah sisi kiri dan atau kanan bendungan utama dan di tempat yang jauh dari bendungan utama yang tinggi maksimalnya hanya 5 m dengan panjang puncaknya maksimal 5 kali tingginya.
- Bendungan limbah industri (industrial waste dam) Adalah bendungan yang terdiri atas timbunan secara bertahap untuk menahan limbah yang berasal dari industri.
- Bendungan pertambangan (mine tailing dam, tailing dam) Adalah bendungan yang terdiri atas timbunan secara bertahap untuk menahan hasil galian pertambangan dan bahan pembuatnya pun berasal dari hasil galian pertambangan juga.

f. Berdasarkan jalannya air

- Bendungan untuk dilewati air (overflow dams) Adalah bendungan yang dibangun untuk untuk dilewati air misalnya pada bangunan pelimpah (spillway).
- Bendungan untuk menahan air (non overflow dams) Adalah bendungan yang sama sekali tidak boleh di lewati air.

Kedua tipe ini biasanya dibangun berbatasan dan dibuat dari beton, pasangan batu atau pasangan bata.

Berikut contoh gambar pembangunan Waduk jati Barang, Kali Kreo, Gunung Pati, Semarang :



1.6 gambar Waduk Jatibarang, Kali kreو, Semarang

1.6. Proses Pembangunan

Bendungan merupakan salah satu infrastruktur fisik yang dibangun Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat (PUPR).

Manfaatnya antara lain, menyediakan air baku bagi lingkungan sekitar, pengairan irigasi, menanggulangi banjir, dan sebagai pembangkit listrik.

Meski demikian, sebelum dan saat pembangunannya sendiri membutuhkan proses dan waktu yang tidak singkat.

1.6.1. Tahap Persiapan

Sebelum mobilisasi ke lapangan, hendaknya membuat persiapan-persiapan baik yang menyangkut masalah administrasi maupun yang bersifat teknis.

Kegiatan yang dilakukan pada tahap ini adalah :

- a. Mempelajari pekerjaan yang akan disurvei, mempelajari secara mendalam TOR yang ada dan langkah kerja yang akan diambil
- b. Melakukan koordinasi kerja antar masing-masing anggota tim, tata cara pengambilan data, dsb.
- c. Menyiapkan form-form yang dibutuhkan di lapangan.
- d. Menyiapkan peralatan yang dibutuhkan.
- e. Menyiapkan kendaraan yang akan digunakan di lapangan.
- f. Menentukan waktu keberangkatan, target penyelesaian masing-masing kegiatan dan menentukan waktu kembali oleh masing-masing tim.

1.6.2. Tahap Survey Pendahuluan

Survey Pendahuluan adalah survey yang harus dilakukan sebelum survey detail lainnya, karena survey detail lainnya akan mengacu pada hasil survey ini.

Maksud dari survey ini yaitu :

- a. Mengumpulkan informasi menyangkut ruas Bendungan dan bangunan struktur yang ada, termasuk data sekunder dari berbagai sumber yang relevan, untuk maksud menetapkan survey detail berikutnya yang diperlukan.
- b. Pencatatan kondisi perkerasan secara umum dan prakiraan penyebab kerusakan yang telah dan mungkin terjadi.
- c. Pengumpulan data perkiraan secara umum tentang penanganan yang diperlukan, baik pada perkerasan maupun pada pekerjaan-pekerjaan lainnya diluar perkerasan, seperti bahu Bendungan, Bendungan, perbaikan lereng timbunan dan galian, perbaikan geometri Bendungan dan jembatan dan bangunan-bangunan struktur lainnya, dan peningkatan keselamatan Bendungan.
- d. Mengidentifikasi lebar ruang milik Bendungan, dan perkiraan kebutuhan pembebasan lahan atau studi lingkungan (amdal, UKL/UPL) jika masing-masing diperlukan.

e. Penyiapan koordinasi dengan institusi-institusi yang berkaitan.

Kegiatan Survey Pendahuluan ini meliputi kegiatan pengumpulan data lapangan berdasarkan pengamatan visual, pengukuran dan juga masukan dari berbagai sumber untuk mendapatkan gambaran kondisi lapangan pada trase Bendungan rencana pada ruas Bendungan yang kita pilih.

1.6.3. Tahap Pengumpulan Data Lapangan

Pengumpulan data lapangan yang dilaksanakan dalam pekerjaan ini adalah untuk mendapatkan data lapangan yang selengkap-lengkapnyanya dalam rangka menunjang Perencanaan Teknis Bendungan lengkap. Adapun data lapangan yang harus diambil adalah sebagai berikut:

a. Survey Kondisi dan Geometrik Bendungan

Tujuan dari pemeriksaan ini adalah untuk mendapatkan data umum mengenai kondisi dari potongan melintang Bendungan geometrik Bendungan yang bersangkutan.

Dari survey ini data yang diperoleh antara lain :

- Informasi tentang potongan melintang Bendungan
- Kondisi daerah Bendungan lengkap dengan keterangan tata guna tanah.
- Lokasi awal dan akhir pemeriksaan harus jelas dan sesuai dengan lokasi yang ditentukan untuk jenis pemeriksaan lainnya.
- Data yang diperoleh dicatat dalam formulir.
- Membuat foto dokumentasi inventarisasi geometrik Bendungan minimal 1 (satu) buah foto per-100 meter.
- Foto ditempel pada formulir dengan mencantumkan hal-hal yang diperoleh seperti nomor dan nama ruas Bendungan, arah pengambilan foto, tanggal pengambilan foto, dan tinggi petugas yang memegang STA.
- Apabila dianggap perlu data lainnya dapat diinformasikan.

1.7. Bendungan dan Dam Terbesar di Dunia

Bendungan Terbesar Di Dunia :

1. Tarbela Dam



Gambar 1.7 bendungan *Tarbela Dam*

Bendungan pertama yang termasuk dalam kategori bendungan terbesar di dunia adalah Tarbela Dam. Tarbela Dam merupakan bendungan yang berada di Sungai Indus di Pakistan. Bendungan ini juga merupakan bendungan paling besar di Pakistan. Tarbela Dam ini merupakan bendungan tang terisi oleh air dari bumi yang alami dan terbesar di dunia. Tarbela Dam ini banyak sekali manfaatnya.

Beberapa manfaat dari Tarbela Dam adalah sebagai sumber irigasi dan juga sebagai sumber energi untuk memproduksi energi hidro listrik di wilayah Pakistan. Bendungan Tarbela ini berada dikelilingi oleh bukit-bukit yang menjulang seperti pegunungan sehingga akan memanjakan mata kita apabila menikmati suasana alami sekitaran bendungan tersebut.

2. Ataturk Dam



Gambar 1.8 bendungan *Ataturk*

Bendungan kedua yang masuk dalam kategori bendungan terbesar di dunia adalah Ataturk Dam. Ataturk Dam merupakan bendungan yang terletak di negara Turki. Nama Ataturk diilhami dari nama kepala negara mereka sebagai suatu tanda penghormatan jasa yang telah dilakukan oleh kepala negara Turki tersebut. Sebelumnya, bendungan ini bernama Karababa yang kemudian diganti beberapa tahun kemudian.

Bendungan yang berada di negara Turki ini sama seperti bendungan pada umumnya, yakni digunakan sebagai sumber irigasi dan juga sumber pembangkit listrik dan energi lainnya untuk wilayah negara Turki tersebut. Aaturk Dam ini merupakan bendungan andalan negara Turki. Apabila kita melihat bendungan ini dari atas maka bendungan ini mirip dengan laut. Dipadu dengan wilayah sekitarnya yang berwarna coklat, air yang berwarna biru ini akan membuat tampilan bendungan ini menyerupai kelerang, indah sekali.

3. Syncrude Tailing Dam



Gambar 1.9 Syncrude Tailing Dam

Selanjutnya bendungan Syncrude Tailing Dam. Bendungan ini merupakan salah satu bendungan yang lain daripada yang lain karena dimiliki oleh salah satu perusahaan minyak swasta di wilayah Kanada. Perusahaan yang memiliki bendungan tersebut mempunyai nama yang sama pula dengan bendungannya, yakni Syncrude Tailing Dam. Selain dimiliki oleh swasta, ada lagi hal yang membedakan bendungan ini dengan bendungan yang lainnya, yakni fungsi bendungan tersebut.

Bila bendungan pada umumnya menampung air bersih dan dimanfaatkan sebagai sumber irigasi atau pembangkit listrik, maka bendungan ini tidak demikian. Bendungan ini sengaja dibuat oleh perusahaan untuk menampung zat sisa dari ekstraksi minyak yang sekaligus merupakan produk sampingan dari ekstraksi minyak tersebut. Bendungan ini mempunyai ukuran yang sangat besar karena memang disengaja agar menampung lebih banyak ekstraksi minyak. Bendungan ini mampu menampung ekstraksi minyak hingga 540.000.000 meter sisa bahan ekstraksi minyak.

BAB II

IRIGASI

2.1. Irigasi

Irigasi merupakan upaya yang dilakukan manusia untuk mengairi lahan pertanian. Dalam dunia modern, saat ini sudah banyak model irigasi yang dapat dilakukan manusia. Pada zaman dahulu, jika persediaan air melimpah karena tempat yang dekat dengan sungai atau sumber mata air, maka irigasi dilakukan dengan mengalirkan air tersebut ke lahan pertanian. Namun, irigasi juga biasa dilakukan dengan membawa air dengan menggunakan wadah kemudian menuangkan pada tanaman satu per satu. Untuk irigasi dengan model seperti ini di Indonesia biasa disebut menyiram.

Sebagaimana telah diungkapkan, dalam dunia modern ini sudah banyak cara yang dapat dilakukan untuk melakukan irigasi dan ini sudah berlangsung sejak Mesir Kuno.

2.1.1. Sejarah irigasi di Dunia

Irigasi sudah sejak zaman dahulu dikenal manusia untuk mengairi lahan. Lalu sejak kapan irigasi berkembang di dunia?. Berikut ini kronologinya.

a. 6000 Sebelum Masehi

Irigasi dikenal pertama kali di Mesir dan Mesopotamia menggunakan air dari Sungai Nil dan Eufkrat/Tigris. Pada saat banjir di bulan Juli sampai Desember, air lalu disalurkan selama 40 sampai 60 hari. Air itu kemudian dikembalikan ke sungai pada masa pertumbuhan tanaman.

b. 500 Masehi

Penggunaan kincir angin pertamakali tidak diketahui meski gambar kincir angin pompa dari Persia diketahui. Desain ini punya layar vertical yang terbuat dari daun alang-alang atau kayu yang melekat pada poros pusat.

c. 1800 Masehi

Irigasi di dunia pada masa ini mencakup 19 juta ha lebih. Saat ini sudah mencapai 600 juta ha.

2.1.2. Sejarah Irigasi di Indonesia

Secara umum menjelaskan perkembangan mulai dari adanya usaha pembuatan irigasi sangat sederhana, perkembangan irigasi di Mesir, Babilonia, India, dll kemudian bagaimana perkembangan irigasi di Indonesia sampai saat sekarang.

Di Bali, irigasi sudah ada sebelum tahun 1343 M, hal ini terbukti dengan adanya sedahan (petugas yang melakukan koordinasi atas subak-subak dan mengurus pemungutan pajak atas tanah wilayahnya). Sedangkan pengertian subak adalah “Suatu masyarakat hukum adat di Bali yang bersifat sosio agraris religius yang secara historis tumbuh dan berkembang sebagai suatu organisasi di bidang tataguna air di tingkat usaha tani” (PP. 23 tahun 1982, tentang Irigasi)

2.1.3. Sistem-sistem Irigasi Di Indonesia

Menurut Sudjarwadi (1990), ditinjau dari proses penyediaan, pemberian, pengelolaan dan pengaturan air, sistem irigasi dapat dikelompokkan menjadi 4 adalah sebagai berikut :

A. Sistem Irigasi Permukaan (Surface Irrigation System)

Irigasi permukaan merupakan metode pemberian air yang paling awal dikembangkan. Irigasi permukaan merupakan irigasi yang terluas cakupannya di seluruh dunia terutama di Asia. Sistem irigasi permukaan terjadi dengan menyebarkan air ke permukaan tanah dan membiarkan air meresap (infiltrasi) ke dalam tanah. Air dibawa dari sumber ke lahan melalui saluran terbuka baik dengan atau lining maupun melalui pipa dengan head rendah. Investasi yang diperlukan untuk mengembangkan irigasi permukaan relatif lebih

kecil daripada irigasi curah maupun tetes kecuali bila diperlukan pembentukan lahan, seperti untuk membuat teras (Soemarto, 1999).

Sistem irigasi permukaan (Surface irrigation), khususnya irigasi alur (Furrow irrigation) banyak dipakai untuk tanaman palawija, karena penggunaan air oleh tanaman lebih efektif. Sistem irigasi alur adalah pemberian air di atas lahan melalui alur, alur kecil atau melalui selang atau pipa kecil dan mengalirkannya sepanjang alur dalam lahan (Michael,1978).

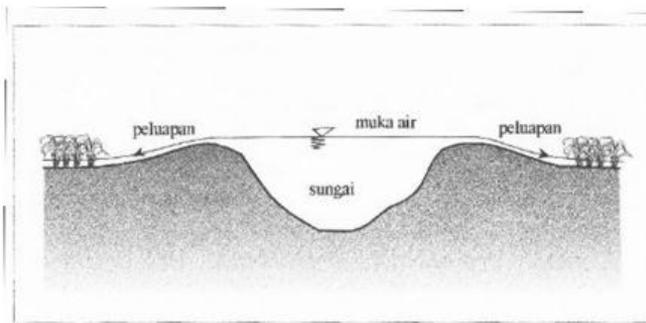
Terlebih dahulu survei mengenai kondisi daerah yang bersangkutan serta penjelasannya, penyelidikan jenis-jenis tanah pertanian, bagi bagian-bagian yang akan diirigasi dan lain-lain untuk menentukan cara irigasi dan kebutuhan air tanamannya (Suyono dan Takeda, 1993).

Suatu daerah irigasi permukaan terdiri dari susunan tanah yang akan diairi secara teratur dan terdiri dari susunan jaringan saluran air dan bangunan lain untuk mengatur pembagian, pemberian, penyaluran, dan pembuangan kelebihan air. Dari sumbernya, air disalurkan melalui saluran primer lalu dibagi-bagikan ke saluran sekunder dan tersier dengan perantaraan bangunan bagi dan atau sadap terser ke petak sawah dalam satuan petak tersier. Petak tersier merupakan petak-petak pengairan/pengambilan dari saluran irigasi yang terdiri dari gabungan petak sawah. Bentuk dan luas masing-masing petak tersier tergantung pada topografi dan kondisi lahan akan tetapi diusahakan tidak terlalu banyak berbeda. Apabila terlalu besar akan menyulitkan pembagian air tetapi apabila terlalu kecil akan membutuhkan bangunan sadap. Ukuran petak tersier diantaranya adalah, di tanah datar : 200-300 ha, di tanah agak miring : 100-200 ha dan di tanah perbukitan : 50-100 ha (Anonim, 2007).

Terdapat beberapa keuntungan menggunakan irigasi furrow. Keuntungannya sesuai untuk semua kondisi lahan, besarnya air yang mengalir dalam lahan akan meresap ke dalam tanah untuk dipergunakan oleh tanaman secara efektif, efisien pemakaian air lebih besar dibandingkan dengan sistem irigasi genangan (basin) dan irigasi galengan (border) (Michael,1978).

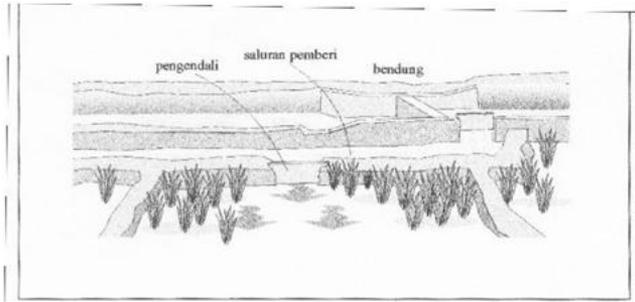
Untuk menyusun suatu rancangan irigasi terlebih dahulu dilakukan survey mengenai kondisi daerah yang bersangkutan serta penjelasannya, penyelidikan jenis-jenis tanaman pertaniannya, bagian-bagian yang diairi dan lain-lain untuk menentukan cara irigasi dan kebutuhan air tanamannya (Sosrodarsono dan Takeda, 1987).

Sistem irigasi permukaan dapat dikelompokkan menjadi dua, yaitu peluapan dan penggenangan bebas (tanpa kendali) serta peluapan penggenangan secara terkendali. Sistem irigasi permukaan yang paling sederhana adalah peluapan bebas dan penggenangan. Dalam hal ini air diberikan pada areal irigasi dengan jalan peluapan untuk menggenangi kiri atau kanan sungai yang mempunyai permukaan datar. Sebagai contoh adalah sistem irigasi kuno di Mesir. Sistem ini mempunyai efisiensi yang rendah karena penggunaan air tidak terkontrol. Gambar dibawah ini memberi ilustrasi mengenai sistem irigasi dengan peluapandan penggenangan bebas.



Gambar 2.1. sistem irigasi dengan peluapan dan penggenangan bebas.

Sistem irigasi permukaan lainnya adalah peluapan dan penggenangan secara terkendali. Cara yang umum digunakan dalam hal ini adalah dengan menggunakan bangunan penangkap, saluran pembagi saluran pemberi, dan peluapan ke dalam petak-petak lahan beririgasi. Jenis bangunan penangkap bermacam-macam, diantaranya adalah (1) bendung, (2) intake, dan (3) stasiun pompa. Ilustrasi sistem irigasi permukaan dengan peluapan dan penggenangan terkendali dapat dilihat pada Gambar dibawah ini:



Gambar 2.2 Ilustrasi sistem irigasi permukaan dengan peluapan dan penggenangan terkendali

B. Sistem Irigasi Bawah Permukaan (Sub Surface Irrigation System)

Sistem irigasi bawah permukaan dapat dilakukan dengan meresapkan air ke dalam tanah di bawah zona perakaran melalui sistem saluran terbuka ataupun dengan menggunakan pipa porus. Lengas tanah digerakkan oleh gaya kapiler menuju zona perakaran dan selanjutnya dimanfaatkan oleh tanaman. Gambar dibawah ini memberikan ilustrasi mengenai sistem irigasi bawah permukaan.

C. Sistem irigasi dengan pancaran (sprinkle irrigation)

Irigasi curah atau siraman (sprinkle) menggunakan tekanan untuk membentuk tetesan air yang mirip hujan ke permukaan lahan pertanian. Disamping untuk memenuhi kebutuhan air tanaman. Sistem ini dapat pula digunakan untuk mencegah pembekuan, mengurangi erosi angin, memberikan pupuk dan lain-lain. Pada irigasi curah air dialirkan dari sumber melalui jaringan pipa yang disebut mainline dan sub-mainlen dan ke beberapa lateral yang masing-masing mempunyai beberapa mata pencurah (sprinkler) (Prastowo, 1995).

Sistem irigasi curah dibagi menjadi dua yaitu set system (alat pencurah memiliki posisi yang tepat),serta continius system (alat pencurah dapat dipindah-pindahkan). Pada set system termasuk ; hand move, wheel line lateral, perforated pipe, sprinkle untuk tanaman buah-buahan dan gun sprinkle. Sprinkle jenis ini ada yang dipindahkan secara periodic dan ada yang disebut fixed system atau tetap (main line lateral dan nozel tetap tidak dipindah-pindahkan).

Yang termasuk continius move system adalah center pivot, linear moving lateral dan traveling sprinkle (Keller dan Bliesner, 1990).

Menurut Hansen et. Al (1992) menyebutkan ada tiga jenis penyiraman yang umum digunakan yaitu nozel tetap yang dipasang pada pipa, pipa yang dilubangi (perforated sprinkle) dan penyiraman berputar. Sesuai dengan kapasitas dan luas lahan yang diairi serta kondisi topografi, tata letak system irigasi curah dapat digolongkan menjadi tiga yaitu:

- a. Farm system, system dirancang untuk suatu luas lahan dan merupakan satu-satunya fasilitas pemberian air irigasi
- b. Field system, system dirancang untuk dipasang di beberapa lahan pertanian dan biasanya dipergunakan untuk pemberian air pendahuluan pada letak persemaian,
- c. Incomplete farm system, system dirancang untuk dapat diubah dari farm system menjadi field system atau sebaliknya.

Berapa kelebihan sistem irigasi curah dibanding desain konvensional atau irigasi gravitasi antara lain :

- a. Sesuai untuk daerah-daerah dengan keadaan topografi yang kurang teratur dan profil tanah yang relative dangkal.
- b. Tidak memerlukan jaringan saluran sehingga secara tidak langsung akan menambah luas lahan produktif serta terhindar dari gulma air
- c. Sesuai untuk lahan berlereng tanpa menimbulkan masalah erosi yang dapat mengurangi tingkat kesuburan tanah.

Sedangkan kelemahan sistem irigasi curah menurut Bustomi (1999), adalah:

- a. Memerlukan biaya investasi dan operasional yang cukup tinggi, antara lain untuk operasi pompa air dan tenaga pelaksana yang terampil.
- b. Memerlukan rancangan dan tata letak yang cukup teliti untuk memperoleh tingkat efisiensi yang tinggi

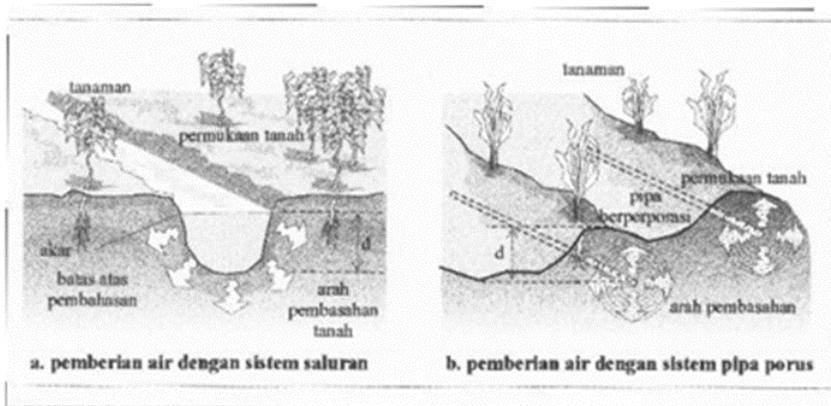
Menurut Keller (1990) efisiensi irigasi curah dapat diukur berdasarkan keseragaman penyebaran air dari sprinkle. Apabila penyebaran air tidak seragam maka dikatakan efisiensi irigasi curah rendah. Parameter yang umum digunakan untuk mengevaluasi keseragaman penyebaran air adalah coefficient of uniformity (CU).

Efisiensi irigasi curah yang tergolong tinggi adalah bila nilai CU lebih besar dari 85%.

Berdasarkan penyusunan alat penyemprot, irigasi curah dapat dibedakan ; (1) system berputar (rotaring hed system) terdiri dari satu atau dua buah nozzle miring yang berputar dengan sumbu vertical akibat adanya gerakan memukul dari alat pemukul (hammer blade). Sprinkle ini umumnya disambung dengan suatu pipa peninggi (riser) berdiameter 25 mm yang disambungkan dengan pipa lateral, (2) system pipa berlubang (perforated pipe system), terdiri dari pipa berlubang-lubang, biasa dirancang untuk tekanan rendah antara 0,5-2,5 kg/cm², hingga sumber tekanan cukup diperoleh dari tangkai air yang ditempatkan pada ketinggian tertentu (Prastowo dan Liyantono, 2002).

Umumnya komponen irigasi curah terdiri dari (a) pompa dengan tenaga penggerak sebagai sumber tekanan, (b) pipa utama, (c) pipa lateral, (d) pipa peninggi (riser) dan (e) kepala sprinkle (head sprinkle). Sumber tenaga penggerak pompa dapat berupa motor listrik atau motor bakar. Pipa utama adalah pipa yang mengalirkan air ke pipa lateral. Pipa lateral adalah pipa yang mengalirkan air dari pipa utama ke sprinkle. Kepala sprinkle adalah alat/bagian sprinkle yang menyemburkan air ke tanah (Melvyn, 1983).

Gambar dibawah ini memberikan ilustrasi salah satu alat irigasi dengan pancaran.



Gambar 2.3 ilustrasi bawah permukaan

D. Sistem irigasi tetes (Drip Irrigation)

Irigasi tetes adalah suatu sistem pemberian air melalui pipa/selang berlubang dengan menggunakan tekanan tertentu, dimana air yang keluar berupa tetesan-tetesan langsung pada daerah perakaran tanaman. Tujuan dari irigasi tetes adalah untuk memenuhi kebutuhan air tanaman tanpa harus membasahi keseluruhan lahan, sehingga mereduksi kehilangan air akibat penguapan yang berlebihan, pemakaian air lebih efisien, mengurangi limpasan, serta menekan/mengurangi pertumbuhan gulma (Hansen, 1986)

Ciri-ciri irigasi tetes adalah debit air kecil selama periode waktu tertentu, interval (selang) yang sering, atau frekuensi pemberian air yang tinggi, air diberikan pada daerah perakaran tanaman, aliran air bertekanan dan efisiensi serta keseragaman pemberian air lebih baik Menurut Michael(1978) Unsur-unsur utama pada irigasi tetes yang perlu diperhatikan sebelum mengoperasikan peralatan irigasi tetes adalah :

- a. Sumber air, dapat berupa sumber air permanen (sungai, danu, dan lain-lain), atau sumber air buatan (sumur, embung dan lain-lain)
- b. Sumber daya, sumber tenaga yang digunakan untuk mengalirkan air dapat dari gaya gravitasi (bila sumber air lebih tinggi daripada lahan pertanaman), dan untuk sumber air yang sejajar atau lebih rendah dari pada lahan pertanaman maka diperlukan bantuan pompa. Untuk lahan yang mempunyai sumber air yang dalam, maka diperlukan pompa penghisap pompa air sumur dalam.
- c. Saringan, untuk mencegah terjadinya penyumbatan meke diperlukan beberapa alat penyaring, yaitu saringan utama (primary filter) yang dipasang dekat sumber air, saringan kedua (secondary filter) diletakkan antara saringan utama dengan jaringan pipa utama.

Dewasa ini keberhasilan tumbuh tanaman cendana di lahan kritis savana kering NTT dirasakan masih rendah (kurang dari 20%). Hal ini disebabkan pada awal penanaman di lapangan cendana belum beradaptasi dengan baik karena masalah kondisi tanahnya marginal dan kekurangan air. Masalah kekurangan air akibat curah

hujan yang rendah, waktunya pendek dan turunnya tidak teratur adalah salah satu masalah krusial yang dihadapi setiap tahun. Untuk menangani masalah ini maka teknik pengairan secara konvensional dengan irigasi tetes perlu diterapkan agar tanaman cepat beradaptasi dengan lingkungan sehingga pertumbuhannya meningkat. Pemanfaatan irigasi tetes dengan menggunakan wadah yang murah dan mudah didapat di lokasi penanaman seperti bambu, botol air mineral dan pot tanah serta pemanfaatan air embung, mata air, sungai dan pemanenan air hujan perlu mendapatkan pertimbangan.

Irigasi tetes adalah teknik penambahan kekurangan air pada tanah yang dilakukan secara terbatas dengan menggunakan tube (wadah) sebagai alat penampung air yang disertai lubang tetes di bawahnya. Air akan keluar secara perlahan-lahan dalam bentuk tetesan ke tanah yang secara terbatas membasahi tanah. Lubang tetes air dapat diatur sedemikian rupa sehingga air cukup hanya membasahi tanah di sekitar perakaran (<http://mekanisasi.litbang.deptan.go.id>- Web Site BBP Mekanisasi Pertanian)

Menurut Hansen (1986) kegunaan dari Irigasi tetes adalah :

- a. Untuk menghemat penggunaan air tanaman.
- b. Mengurangi kehilangan air yang begitu cepat akibat penguapan dan infiltrasi.
- c. Membantu memenuhi kebutuhan air tanaman pada awal penanaman sehingga juga akan meningkatkan pemanfaatan unsur hara tanah oleh tanaman.
- d. Mengurangi stresing atau mempercepat adaptabilitas bibit sehingga meningkatkan keberhasilan tumbuh tanaman.
- e. Melakukan pemanenan air hujan lewat wadah irigasi tetes secara terbatas sehingga dapat digunakan tanaman.

Sistem irigasi tetes memang konsep pemanfaatan air tanaman yang belum populer Namun, sistem ini telah membumi di belahan bumi lain. Orang asing telah menginsyafi seberapa banyak porsi air minum yang bisa mengobati dahaga yang dirasakan tanaman. Tanaman diberi “minum” secukupnya. “Jika kelebihan air, nutrisi yang mesti diserap tanaman bisa hanyut. Andai kebanyakan air pun batang tanaman bisa membusuk. Jadi, jangan menyiram tanaman

sampai tampak seperti kebanjiran,” Konsep taman kota maupun taman keluarga dianjurkan memakai sistem ini. Tanaman cukup ditetesi air sesuai porsi yang diperlukannya. Cara ini bukan hanya membantu tanaman tak sampai kelebihan mengonsumsi air. “Sistem ini pun lebih bernilai ekonomis

Sistem yang digunakan adalah dengan memakai pipa-pipa dan pada tempat-tempat tertentu diberi lubang untuk jalan keluarnya air menetes ke tanah. Perbedaan dengan sistem pancaran adalah besarnya tekanan pada pipa yang tidak begitu besar. Gambar dibawah ini memberikan ilustrasi mengenai sistem irigasi tetes.

Pemilihan jenis sistem irigasi sangat dipengaruhi oleh kondisi hidrologi, klimatologi, topografi, fisik dan kimiawi lahan, biologis tanaman, sosial ekonomi dan budaya, teknologi (sebagai masukan sistem irigasi) serta keluaran atau hasil yang akan diharapkan.

Sedangkan cara pemberian air irigasi ini berdasarkan topografi, ketersediaan air, jenis pertimbangan lain, tergantung pada kondisi tanah, keadaan tanaman, iklim, kebiasaan petani dan

Cara pemberian air irigasi yang termasuk dalam era pemberian air lewat permukaan, dapat disebut antara lain :

- a. Wild flooding : air digenangkan pada suatu daerah yang luas pada waktu banjir cukup tinggi sehingga daerah akan eukup sempurna dalam pembasahannya, cara ini hanya cocok apabila eadangan dan ketersediaan air cukup banyak.
- b. Free flooding : daerah yang akan diairi dibagi dalam beberapa bagian, atau air dialirkan dari bagian yang tinggi ke bagian yang rendah.
- c. Check flooding : air dari tempat pengambilan (sumber air) dimasukkan ke dalam selokan, untuk kemudian dialirkan pada petak-petak yang kecil, keuntungan dari sistem ini adalah bahwa air tidak dialirkan pada daerah yang sudah diairi.
- d. Border strip method : daerah pengairan dibagi-bagi dalam luas yang keeil dengan galengan berukuran 10 x 100 m² sampai 20 x 300 m², air dialirkan ke dalam tiap petak melalui pintu-pintu.
- e. Zig-zig method : daerah pengairan dibagi dalam sejumlah petak berbentuk jajaran atau persegi panjang, tiap petak dibagi lagi dengan bantuan galengan dan air akan mengalir melingkar

sebelum meneapai lubang pengeluaran. Cara ini menjadi dasar dari pengenalan perkembangan teknik dan peralatan irigasi.

- f. Bazin method : cara ini biasa digunakan di perkebunan buah-buahan. Tiap bazin dibangun mengelilingi tiap pohon dan air dimasukkan ke dalarnnya melalui selokan lapangan seperti pada chek flooding.
- g. Furrow method : cara ini digunakan pada perkebunan bawang dan kentang serta buah-buahan lainnya. Tumbuhan tersebut ditanam pada tanah gundukan yang paralel dan diiri melalui lembah di antara gundukan.

2.2. Teori Perencanaan Bangunan Air

Bangunan utama dimaksudkan sebagai penyadap dari suatu sumber air untuk dialirkan ke seluruh daerah irigasi yang dilayani. Berdasarkan sumber airnya, bangunan utama dapat diklasifikasikan menjadi beberapa kategori, yaitu :

A. Bendung

Bendung adalah adalah bangunan air dengan kelengkapannya yang dibangun melintang sungai atau sudetan yang sengaja dibuat dengan maksud untuk meninggikan elevasi muka air sungai. Apabila muka air di bendung mencapai elevasi tertentu yang dibutuhkan, maka air sungai dapat disadap dan dialirkan secara gravitasi ke tempat-termpat yang mernerlukannya. Terdapat beberapa jenis bendung, diantaranya adalah (1) bendung tetap (weir), (2) bendung gerak (barrage) dan (3) bendung karet (inflamable weir). Pada bangunan bendung biasanya dilengkapi dengan bangunan pengelak, peredam energi, bangunan pengambilan, bangunan pembilas , kantong lumpur dan tanggul banjir.

a. Pengambilan bebas

Pengambilan bebas adalah bangunan yang dibuat di tepi sungai yang mengalirkan air sungai kedalam jaringan irigasi, tanpa mengatur ketinggian muka air di sungai. Untuk dapat mengalirkan air secara, gravitasi muka air di sungai harus lebih tinggi dari daerah irigasi yang dilayani.

b. Pengambilan dari waduk

Salah satu fungsi waduk adalah menampung air pada saat terjadi kelebihan air dan mengalirkannya pada saat diperlukan. Dilihat dari kegunaannya, waduk dapat bersifat manunggal dan multi guna. Apabila salah satu kegunaan waduk untuk irigasi, maka pada bangunan outlet dilengkapi dengan bangunan sadap untuk irigasi. Alokasi pemberian air sebagai fungsi luas daerah irigasi yang dilayani serta karakteristik waduk.

c. Stasiun Pompa

Bangunan pengambilan air dengan pompa menjadi pilihan apabila upaya-upaya penyesuaian air secara gravitasi tidak memungkinkan untuk dilakukan, baik dari segi teknik maupun ekonomis. Salah satu karakteristik pengambilan irigasi dengan pompa adalah investasi awal yang tidak begitu besar namun biaya operasi dan eksploitasi yang sangat besar

B. Bangunan Bagi dan Sadap

a. Bangunan Bagi

Bangunan yang terletak pada saluran primer yang membagi air ke saluran-saluran sekunder atau pada saluran sekunder yang membagi air ke saluran sekunder lainnya. Bangunan bagi terdiri dari pintu-pintu yang dengan teliti mengukur dan mengatur air yang mengalir ke berbagai saluran.

b. Bangunan Sadap

Bangunan yang terletak di saluran primer ataupun sekunder yang memberi air kepada saluran tersier.

c. Bangunan bagi-sadap

Bangunan yang berupa bangunan bagi, dan bersama itu pula sebagai bangunan sadap. Bangunan bagi-sadap merupakan kombinasi dari bangunan bagi dan bangunan sadap (bangunan yang terletak di saluran primer atau saluran sekunder yang memberi air ke saluran tersier).

d. Boks - boks disaluran tersier

Membagi untuk dua saluran atau lebih (tersier, subtersier, dan/atau Kwartir)

C. Bangunan Pengukur dan Pengatur

Bangunan/pintu pengukur berfungsi mengukur debit yang melaluinya, pada hulu saluran primer, pada cabang saluran dan pada bangunan sadap tersier, agar pengelolaan air irigasi menjadi efektif. Berbagai macam bangunan dan peralatan telah dikembangkan untuk maksud ini. Namun demikian, untuk menyederhanakan pengelolaan jaringan irigasi hanya beberapa jenis bangunan saja yang boleh digunakan di daerah irigasi.

D. Bangunan Pembawa

Bangunan pembawa membawa air dari ruas hulu ke ruas hilir saluran. Aliran melalui bangunan ini bisa superkritis atau subkritis.

2.3. Jenis-Jenis Irigasi

Sebagai sarana pengairan yang sengaja dibuat oleh manusia, irigasi terbagi ke dalam beberapa jenis, antara lain:

- a. Irigasi bawah permukaan. Irigasi bawah permukaan yaitu jenis irigasi yang menerapkan sistem pengairan bawah pada lapisan tanah untuk dapat meresapkan air ke dalam tanah yang terdapat di bawah akar dengan menggunakan pipa bawah tanah maupun saluran terbuka.
- b. Irigasi permukaan. Irigasi permukaan adalah jenis irigasi klasik yang banyak ditemukan di pedesaan. Teknik irigasi ini dilakukan dengan cara mengambil air dari sumbernya, yaitu sungai atau yang lainnya. Kemudian air tersebut disalurkan ke lahan pertanian dengan menggunakan pipa atau semacamnya dengan memanfaatkan gaya gravitasi bumi. Akibatnya tanah yang lebih tinggi akan paling dahulu mendapatkan asupan air.
- c. Irigasi pancaran. Irigasi jenis ini merupakan jenis irigasi yang lebih modern dari jenis irigasi di atas. Irigasi ini dilakukan dengan cara menyalurkan air dari sumber air ke daerah sasaran atau area persawahan dengan menggunakan pipa tertentu. Kemudian ujung pipa ini disumbat dengan menggunakan tekanan khusus dari alat pencurah sehingga menghasilkan pancaran air yang seperti air hujan. Air dari pancaran ini pertama kali akan

membasahi bagian atas dari tanaman, kemudian di bagian bawah, dan selanjutnya di bagian dalam tanah.

- d. Irigasi pompa air. Merupakan irigasi yang memanfaatkan mesin pompa air untuk mengalirkan air yang berada dari sumbernya ke lahan pertanian dengan menggunakan pipa atau saluran tertentu. Irigasi jenis ini merupakan jenis irigasi berdasarkan alat yang digunakan.
- e. Irigasi dengan timba. Jenis irigasi ini juga merupakan jenis irigasi berdasarkan alat yang digunakan. Irigasi jenis ini merupakan irigasi yang masih memanfaatkan tenaga manusia, yaitu petani. Hal ini dilakukan dengan menggunakan ember atau timba dan mengambil air dari saluran air untuk kemudian disiramkan ke lahan pertanian. Meskipun irigasi jenis ini sangat membuang tenaga dan juga waktu, namun beberapa petani di pedesaan masih banyak yang menggunakan cara seperti ini.
- f. Irigasi tetes. Irigasi tetes merupakan jenis irigasi yang mempunyai tugas mendistribusikan air ke seluruh lahan pertanian dengan menggunakan pipa ataupun selang yang telah dilubangi sebelumnya dan juga diatur dengan tekanan tertentu. Pengaturan seperti ini akan menyebabkan air yang muncul dari pipa atau selang tersebut berbentuk tetesan yang langsung mengenai akar tanaman.

Itulah berbagai macam jenis irigasi yang bisa ditemukan di Indonesia. Untuk perkembangannya, irugasi akan lebih dikembangkan dengan menggunakan beragam teknologi sehingga akan lebih canggih dan lebih efektif dan efisien.

Irigasi atau pengairan ini mempunyai banyak sekali manfaat bagi alam maupun bagi makhluk hidup yang hidup di alam, termasuk kita sebagai manusia.

2.4. Manfaat Irigasi

Beberapa manfaat irigasi antara lain:

- a. Melancarkan aliran air ke lahan sawah

Manfaat paling umum yang diketahui banyak orang dari adanya irigasi ini adalah untuk mengalirkan air menuju ke lahan persawahan. Air yang dialirkan ini dapat bersumber dari danau,

waduk (bendungan), sungai, atau sumber air yang lainnya. Dari sumber-sumber air ini dibuatkan semacam jalan yang nampak seperti parit (terkadang berukuran besar) untuk kemudian ditujukan ke area lahan persawahan. Hal ini tentu akan sangat memudahkan lahan persawahan mendapatkan air, terlebih pada saat musim kemarau sehingga pada saat musim kemarau tiba tidak banyak lahan sawah yang kekeringan akibat kurangnya pasokan air.

b. Membasahi tanah persawahan

Salah satu tujuan dialirkannya air ke lahan persawahan adalah membuat tanah persawahan menjadi basah. Tanah persawahan yang basah akan memudahkan tanah untuk ditanami. Selain itu, tanah yang sudah basah akan mempermudah proses pembajakan sawah, karena sebelumnya sudah gembur. Manfaat irigasi untuk membasahi tanah persawahan ini akan semakin terasa ketika terjadi pada daerah yang mempunyai curah hujan sedikit dan atau tidak menentu.

c. Mengatur pembasahan lahan persawahan

Pembasahan tanah sawah ini memang sangat dibutuhkan. Namun pembasahan tersebut tidak asal basah saja, pembasahan lahan persawahan juga perlu diatur kadar airnya. Tidak dianjurkan bagi tanah persawahan yang terlalu basah sehingga air menggenang di dalamnya, begitu pula dengan pembasahan yang terlalu sedikit. Oleh karena itu, pembasahan pada tanah sawah ini dapat diatur dengan menggunakan irigasi. Dengan demikian, irigasi berfungsi sebagai pembasah sekaligus pengontrol pembasahan tanah sawah tersebut. Salah satu manfaat untuk mengontrol pembasahan tanah sawah tersebut agar sawah dapat dialiri air sepanjang tahun, baik di musim kemarau maupun musim penghujan.

d. Mempermudah petani untuk mengairi lahan sawah

Tujuan irigasi dibentuk agar sawah milik petani ini tidak terlalu sulit jika ingin mendapatkan air, terlebih ketika musim kemarau datang. Jadi, irigasi ini akan sangat memudahkan petani dalam memberikan pengairan terhadap lahan sawahnya. Jika sumber air berada jauh dari sawah, maka petani tidak perlu bersusah payah untuk menimba air dan membawanya ke sawah karena sudah ada saluran irigasi yang akan membawa air ke lahan sawah tersebut.

e. Mencukupi kebutuhan air pada sawah

Sebagaimana diketahui bersama bahwa sawah ini merupakan satu bidang atau lahan yang sangat membutuhkan banyak air agar tumbuhan yang ditanam di dalamnya tumbuh subur dan berbuah banyak sehingga petani bisa mendapatkan hasil panen yang melimpah.

f. Sebagai sarana pendukung ketahanan pangan

Irigasi ini karena manfaatnya yang luar biasa bagi tanah persawahan dan juga bagi tanaman yang ada di dalamnya, maka irigasi ini dapat dikatakan sebagai salah satu sarana pendukung untuk ketahanan pangan yang ada di Indonesia. Jika tidak ada saluran irigasi, maka area persawahan kita mungkin akan mengalami kekeringan dan tanaman tidak dapat tumbuh dengan subur sehingga petani tidak akan mendapatkan panen yang banyak. Jika semua petani di Indonesia mengalami hal yang sama, tentu saja hal seperti ini akan sangat merugikan negara karena pasokan bahan makanan dari negeri sendiri hanya sedikit, dan pemerintah akan terpaksa mengimpor. Oleh karena itu, irigasi ini sangat penting, baik bagi petani, bagi tanaman sendiri, dan kita yang mengonsumsi hasil pertanian, dan juga bagi perekonomian negara kita sendiri.

g. Menyuburkan tanah

Tanah yang dibasahi oleh air dari irigasi ini akan menjadi tanah yang subur. Hal ini karena biasanya air yang diambil dari sumber air dan akan dialirkan ke sawah tersebut mengandung lumpur dan berbagai macam zat hara lainnya. Hal ini menjadikan tanah perawahan menjadi tanah yang subur dan siap ditanami.

h. Untuk penggelontoran air

Penggelontoran air adalah semacam pembersihan tanah sawah dari berbagai macam hal yang tidak berguna (sampah). Dengan menggunakan air irigasi ini, segala hal yang tidak berguna yang terdapat di area persawahan seperti kotoran, pencemaran atau limbah, sampah yang biasanya kita temukan di permukaan tanah sawah dapat digelontor ke tempat yang telah disediakan (saluran drainase) atau digelontor ke luar area persawahan. Dengan demikian akan menjernihkan area persawahn secara alami dan areal persawahan akan bebas dari sampah, kotoran, dan sebagainya.

i. Untuk kolmatase

Irigasi juga bermanfaat untuk kolmatase, yaitu meninggikan tanah yang rendah ataupun rawa dengan yang memiliki pengendapan lumpur yang terkandung dalam saluran air irigasi.

j. Sebagai tempat budidaya tumbuhan atau hewan tertentu

Manfaat irigasi yang satu ini merupakan manfaat tambahan di luar tujuan membangun irigasi, yaitu sebagai tempat untuk membudidayakan hewan maupun tumbuhan tertentu. Beberapa tumbuhan dapat ditanam disekitar aliran air, karena tanah di sekitar aliran air akan selalu lembap. Beberapa tanaman yang dapat ditanam di area itu antara lain adalah kangkung atau berbagai macam sayuran lainnya. Selain itu, saluran irigasi juga bisa dijadikan rumah bagi beberapa hewan air tertentu seperti beberapa macam ikan kecil, atau kepiting air tawar. Dengan keberadaan hewan-hewan kecil ini biasanya banyak anak-anak yang bermain di dekat aliran irigasi dan terkadang mandi di bawah pancuran air irigasi ini

k. Sebagai penyimpan pasokan air

Irigasi selain berguna untuk mengangkut dan menyalurkan air ke persawahan, ternyata juga berfungsi dengan baik sebagai penyimpan air agar tidak habis, terutama pada saat musim kemarau datang. Irigasi ini akan menyimpan cadangan air untuk dapat digunakan pada musim kemarau.

l. Mengendapkan zat garam

Mengendapkan zat garam dari permukaan tanah ke lapisan bawah tanah sehingga kadar garam di permukaan tanah sawah menjadi berkurang.

m. Pelindung tanah

Irigasi juga berfungsi sebagai pelindung tanah dari resiko terjadinya frost.

n. Pengatur suhu dalam tanah

Irigasi berfungsi untuk menurunkan suhu dalam tanah sehingga lebih kondusif untuk masalah pertanian.

Itulah beberapa manfaat dari irigasi yang dapat ditemukan di sekitar areal persawahan. Irigasi ini sangat penting keberadaannya. Dengan demikian, pembangunan irigasi ini harus selalu ditingkatkan dan bangunan irigasi ini harus dijaga dan dilestarikan.

2.5. Jenis-jenis Irigasi

- a. Irigasi Permukaan adalah pengaliran air di atas permukaan dengan ketinggian air sekitar 10 - 15 cm di atas permukaan tanah. Irigasi permukaan merupakan sistem irigasi yang menyadap air langsung di sungai melalui bangunan bendung maupun melalui bangunan pengambilan bebas (free intake) kemudian air irigasi dialirkan secara gravitasi melalui saluran sampai ke lahan pertanian. Di sini dikenal saluran primer, sekunder, dan tersier. Pengaturan air ini dilakukan dengan pintu air. Prosesnya adalah gravitasi, tanah yang tinggi akan mendapat air lebih dulu.
- b. Irigasi Lokal adalah ini air distribusikan dengan cara pipanisasi. Di sini juga berlaku gravitasi, di mana lahan yang tinggi mendapat air lebih dahulu. Namun air yang disebar hanya terbatas sekali atau secara lokal.
- c. Irigasi dengan Penyemprotan. adalah irigasi yang biasanya Penyemprotan dipakai penyemprot air atau sprinkle. Air yang disemprot akan seperti kabut, sehingga tanaman mendapat air dari atas, daun akan basah lebih dahulu, kemudian menetes ke akar.
- d. Irigasi Tradisional dengan Ember. Di sini diperlukan tenaga kerja secara perorangan yang banyak sekali. Di samping itu juga pemborosan tenaga kerja yang harus menenteng ember.
- e. Irigasi Pompa Air Air diambil dari sumur dalam dan dinaikkan melalui pompa air, kemudian dialirkan dengan berbagai cara, misalnya dengan pipa atau saluran. Pada musim kemarau irigasi ini dapat terus mengairi sawah.
- f. Irigasi Tanah Kering dengan Terasisasi Di Afrika yang kering dipakai sistem ini, terasisasi dipakai untuk distribusi air. Ada beberapa sistem irigasi untuk tanah kering, yaitu: irigasi tetes (drip irrigation), irigasi curah (sprinkler irrigation), irigasi saluran terbuka (open ditch irrigation), dan irigasi bawah permukaan (subsurface irrigation).

2.6. Tujuan Irigasi

Selain untuk mengairi sawah atau lahan pertanian, irigasi juga memiliki tujuan lain, yaitu :

- a. Memupuk atau merabuk tanah, Air sungai juga memiliki zat-zat yang baik untuk tanaman
- b. Membilas air kotor, Biasanya ini didapat di perkotaan. Saluran-saluran di daerah perkotaan banyak sekali terdapat kotoran yang akan mengendap apabila dibiarkan, sehingga perlu dilakukan pembilasan.
- c. Kultamase ini hanya dapat dilakukan bila air yang mengalir banyak mengandung mineral, material kasar. Karena material ini akan mengendap bila kecepatan air tidak mencukupi untuk memindahkan material tersebut.
- d. Memberantas hama, Gangguan hama pada tanaman seperti sudep, tikus, wereng dan ulat dapat diberantas dengan cara menggenangi permukaan tanah tersebut dengan air sampai batas tertentu.
- e. Mengatur suhu tanah, Mengatur suhu tanah, misalnya pada suatu daerah suhu tanah terlalu tinggi dan tidak sesuai untuk pertumbuhan tanaman maka suhu tanah dapat disesuaikan dengan cara mengalirkan air yang bertujuan merendahkan suhu tanah.
- f. Membersihkan tanah, Membersihkan tanah, dilakukan pada tanah yang tidak subur akibat adanya unsur-unsur racun dalam tanah. Salah satu usaha misalnya penggenangan air di sawah untuk melarutkan unsur-unsur berbahaya tersebut kemudian air genangan dialirkan ketempat pembuangan.
- g. Mempertinggi permukaan air tanah. Mempertinggi permukaan air tanah, misalnya dengan perembesan melalui dinding-dinding saluran, permukaan air tanah dapat dipertinggi dan memungkinkan tanaman untuk mengambil air melalui akar-akar meskipun permukaan tanah tidak dibasahi.

2.7. Fungsi Irigasi

- a. Memasok kebutuhan air tanaman
- b. Menjamin ketersediaan air apabila terjadi kekeringan
- c. Menurunkan suhu tanah
- d. Mengurangi kerusakan akibat frost
- e. Melunakkan lapis keras pada saat pengolahan tanah



Gambar 2.4 irigasi disungai

2.8. Bagian-bagian Bangunan Irigasi

Perkembangan jumlah penduduk di Indonesia yang semakin meningkat menyebabkan area pertanian semakin menyempit. Akibatnya saat musim penghujan datang, kemampuan tanah dalam menyerap air menjadi semakin berkurang, kemudian menyebabkan air meluap dan banjir terutama di kota-kota besar. Maka diperlukan suatu sistem yang dapat mengatur proses hidrologi agar menjadi kembali seimbang.

Sistem tersebut dalam rekayasa teknik sipil diaplikasikan pada sistem irigasi yang berfungsi untuk mengairi daerah lahan pertanian. Beberapa bagian yang ada pada sistem irigasi antara lain:

A. Bangunan Bendung

Bendung (weir) atau bendung gerak (barrage) dipakai untuk meninggikan muka air di sungai sampai pada ketinggian yang diperlukan agar air dapat dialirkan ke saluran irigasi dan petak tersier. Ketinggian itu akan menentukan luas daerah yang diairi (command area). Bendung gerak adalah bangunan yang dilengkapi dengan pintu yang dapat dibuka untuk mengalirkan air pada waktu

terjadi banjir besar dan ditutup apabila aliran kecil. Di Indonesia, bendung adalah bangunan yang paling umum dipakai untuk membelokkan air sungai untuk keperluan irigasi.



Gambar 2.5 bendungan

B. Bangunan bendung yang berfungsi untuk meninggikan muka air

a. Bangunan Pengambilan

Bangunan pengambilan adalah bangunan yang dibuat ditepi sungai yang menalirkan air sungai kedalam jaringan irigasi. Dalam keadaan demikian, jelas bahwa muka air di sungai harus lebih tinggi dari daerah yang diairi dan jumlah air yang dibelokkan harus dapat dijamin cukup.



Gambar 2.6 Bangunan pengambilan yang terletak di tepi sungai yang mengalir kan air sungai ke dalam jaringan irigasi

b. Bangunan Pembilas atau Penguras

Bangunan pembilas adalah bangunan dengan pintu yang dioperasikan dengan tangan, dipakai untuk mengosongkan seluruh ruas saluran bila diperlukan. Untuk mengurangi tingginya biaya, bangunan ini dapat digabung dengan bangunan pelimpah.



Gambar 2.7 Bangunan pembilas dengan pintu yang difungsikan untuk mengosongkan seluruh ruas saluran

c. Kantong Lumpur

Kantong lumpur adalah bagian potongan melintang saluran yang diperbesar untuk memperlambat aliran dan memberikan waktu bagi sedimen untuk mengendap. Kapasitas pengangkutan sedimen kantong lumpur harus lebih rendah daripada yang dimiliki oleh jaringan saluran irigasi.



Gambar 2.8 Kantong lumpur yang dipergunakan untuk memperlambat aliran dan memberikan waktu bagi sedimen untuk mengendap

d. Bangunan Bagi

Bangunan bagi adalah bangunan yang terletak di saluran primer dan sekunder pada suatu titik cabang dan berfungsi untuk membagi aliran antara dua saluran atau lebih.



Gambar 2.9 Bangunan bagi yang terletak di saluran primer Siphon

Siphon adalah bagian bendung yang dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi di bawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Siphon juga dipakai untuk melewati air dibawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain. Siphon merupakan saluran tertutup yang direncanakan untuk mengalirkan air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tinggi tekanan.

e. Talang

Talang dipakai untuk mengalirkan air irigasi lewat diatas saluran lainnya, saluran pembuang alamiah atau cekungan dan lembah-lembah. Aliran didalam talang adalah aliran bebas.

f. Siphon

Siphon adalah bagian bendung yang dipakai untuk mengalirkan air irigasi dengan menggunakan gravitasi di bawah saluran pembuang, cekungan, anak sungai atau sungai. Siphon juga dipakai untuk melewati air dibawah jalan, jalan kereta api, atau bangunan-bangunan yang lain. Siphon merupakan saluran tertutup yang direncanakan untuk mengalirkan air secara penuh dan sangat dipengaruhi oleh tinggi tekanan.

g. Gorong-Gorong

Gorong-gorong dipasang ditempat-tempat dimana saluran lewat dibawah bangunan (jalan, rel kereta api) atau apabila pembuangan lewat di bawah saluran. Aliran didalam gorong-gorong umumnya aliran bebas.

h. Talud

Talud dipasang di sepanjang sungai yang berfungsi sebagai penjaga stabilitas tanah pinggiran sungai.

i. Pengukur Ketinggian

Aliran akan di ukur di hulu (udik) saluran primer, di cabang saluran jaringan primer dan dibangun sadap sekunder maupun tersier. Peralatan ukur dapat dibedakan menjadi alat ukur aliran atas bebas (free overflow) dan alat ukur aliran bawah (underflow).



Gambar 2.10 alat ukur bendung yang difungsikan sebagai pengukur aliran sungai

j. Tempat Cuci

Tempat yang berfungsi untuk mencuci barang- barang rumah tangga yang biasanya terletak di pinggir sungai.

k. Tempat Mandi Hewan

Tempat yang berfungsi untuk membersihkan hewan- hewan ternak, seperti sapi, kerbau, dll

l. Saluran Primer

Saluran primer adalah saluran yang membawa air dari jaringan utama ke saluran sekunder dan petak- petak tersier. Batas ujung saluran primer adalah angunan bagi yang terakhir.

m. Bangunan Terjunan

Bangunan yang berfungsi untuk menurunkan muka air (dan tinggi energy) dipusatkan di satu tempat. Bangunan ini bias memiliki terjun tegak atau terjun miring. Jika perbedaan tinggi energy mencapai beberapa meter maka konstruksi got miring dipertimbangkan.

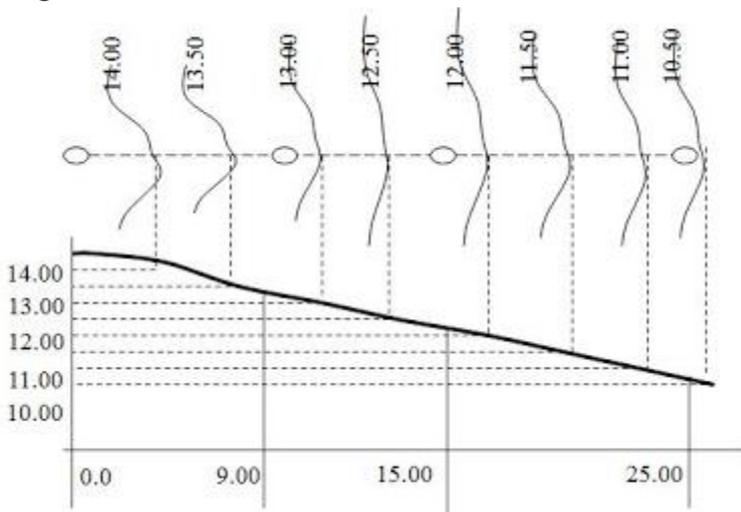
langkah pertama yang harus dilakukan

- Penarikan trase saluran, diusahakan :
 - > dalam perencanaan Saluran diperlukan peta topografi berskala 1 : 25.000 dan 1 : 50.000, kemiringan medan ha us tergambar jelas
 - > Menentukan elevasi muka air saluran,
 - > Muka air rencana sama atau dibawah elevasi tanah. Hal ini untuk menghindari pencurian air atau penyadapan liar dan menghemat biaya
 - > Elevasi muka air harus cukup tinggi, agar dapat mengalir sawah-sawah yang paling tinggi pada petak-petak tersier
- Letak bangunan sadap
 - > Batas-batas petak tersier ditetapkan berdasarkan peta topografi skala 1 : 5.000 dengan luas rata-rata 50 – 100 Ha
 - > Kemudian ditentukan lokasi bangunan sadap sedemikian rupa sehingga mampu mengalir petak tersier.
- Ketinggian muka air di bangunan sadap
 - > Tinggi muka air di bangunan Sadap tersier pada saluran Primer atau Sekunder dapat dihitung dengan persamaan berikut :

$$P = A + a + b + c + d + e + f + g + \Delta h + z$$

Keterangan :

- P = elevasi muka air di saluran primer atau sekunder
- A = elevasi lahan sawah
- a = lapisan genangan air di sawah (10 cm)
- b = kehilangan tinggi energi disaluran kuarter ke sawah (5 cm)
- c = kehilangan tinggi energi di boks bagi kuarter (5 cm)
- d = kehilangan tinggi energi selama pengaliran di saluran irigasi
- e = kehilangan tinggi energi di boks bagi
- f = kehilangan tinggi energi di gorong-gorong
- g = kehilangan tinggi energi di bangunan sadap
- h = variasi tinggi muka air
- z = kehilangan tinggi energi di bangunan tersier lain
- Menentukan kemiringan saluran di lapangan, kemiringan saluran mengikuti kemiringan medan pada peta topografi (kontur). Cara terbaik adalah memplot elevasi pada titik potong trase saluran dengan garis kontur



Gambar 2.11 plot elevasi pada titik potong trase saluran dengan garis kontur

- Kemiringan Medan (I_0)

Kemiringan medan tiap ruas dapat ditentukan dengan persamaan:

$$I_0 = \frac{RWL_u - RWL_d - \Delta H_0}{L}$$

Keterangan :

RWL_u = Tinggi muka air yang diperlukan pada bangunan sadap di hulu

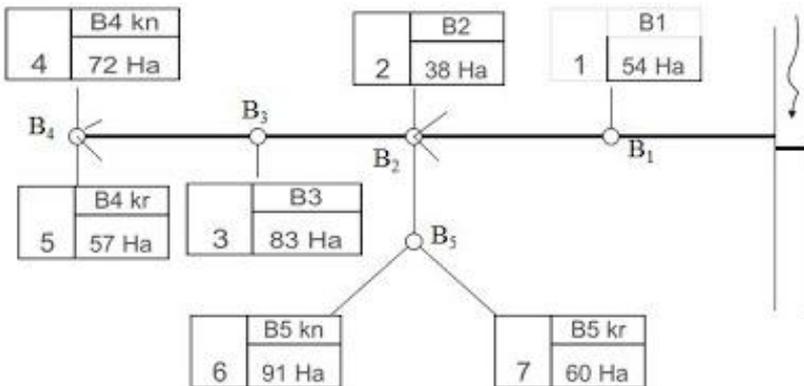
RWL_d = Tinggi muka air yang diperlukan pada bangunan sadap di hilir

H_0 = Jumlah perkiraan kehilangan tinggi pada bangunan dan saluran Δ

L = Panjang ruas

CONTOH

1. Daerah Irigasi M yang terdiri dari 7 petak tersier dengan skema seperti pada gambar dibawah



Untuk masa tanam pada musim kemarau (awal) pada periode 1 direncanakan budidaya tanaman sebagai berikut :

Jenis tanaman	Petak 1	Petak 2	Petak 3	Petak 4	Petak 5	Petak 6	Petak 7
	Ha						
Padi	28	18	41	37	27	49	31
Tebu	8	6	15	12	8	16	9
Palawija	18	14	27	23	22	26	20
JUMLAH	54	38	83	72	57	91	60

Kebutuhan air di tetapkan :

Padi = 1.00 l/det/ha

Tebu = 0.50 l/det/ha

Palawija = 0.25 l/det/ha

Kehilangan air di jaringan primer dan sekunder = 15 %, dan di jaringan tersier = 25 %

Debit yang tersedia di bendung = 406 l/det

Perhitungan kebutuhan air di pintu tersier sbb:

Petak 1 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (28 \times 1 + 8 \times 0.5 + 18 \times 0.25) = 48.67 \text{ l/det}$

Petak 2 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (18 \times 1 + 6 \times 0.5 + 14 \times 0.25) = 33.67 \text{ l/det}$

Petak 3 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (41 \times 1 + 15 \times 0.5 + 27 \times 0.25) = 73.67 \text{ l/det}$

Petak 4 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (37 \times 1 + 12 \times 0.5 + 23 \times 0.25) = 65.00 \text{ l/det}$

Petak 5 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (27 \times 1 + 8 \times 0.5 + 22 \times 0.25) = 48.67 \text{ l/det}$

Petak 6 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (49 \times 1 + 16 \times 0.5 + 26 \times 0.25) = 84.67 \text{ l/det}$

Petak 7 = $100\% / (100\% - 25\%) \times (31 \times 1 + 9 \times 0.5 + 20 \times 0.25) = 54.00 \text{ l/det}$

JUMLAH = 408.35 l/det

Kehilangan air di saluran primer dan sekunder

= $0.15 \times 408.35 = 61.25 \text{ l/det}$

Kebutuhan air di bendung = $408.35 + 61.25 = 469.6 \text{ l/det}$

Faktor keamanan (k) air = $406 / 469.6 = 0.86$

Agar pembagian air adil tiap petak dikalikan dengan angka keamanan (k) tersebut \diamond Debit (Q) yang diperlukan di pintu Pengambilan

$$Q_d = \frac{Q_f}{1-L}$$

Q_d = kebutuhan air di bangunan pengambilan

Q_f = kebutuhan air di sawah

L = Prosentase kehilangan air

di pintu B2 = $(100\% / (100\% - 15\%) \times (0.86)(38 + 91 + 60)) = 191.22$ l/det

Di pintu B4 = $(100\% / (100\% - 15\%) \times (0.86)(72 + 57)) = 130.52$ l/det

2. Tentukan dimensi saluran kuarter b2 yang melayani areal 10.4 ha, jika kebutuhan air 1.4 l/det/ha, kemiringan $I = 0.002$,

Rumus Strickler :

$$Q = v \cdot A \quad v = k \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$R = A / P$$

$$A = (b + mh)h$$

$$p = b + 2h\sqrt{m^2 + 1}$$

$$Q = k \cdot \left(\frac{(b + mh)h}{b + 2h\sqrt{m^2 + 1}} \right)^{2/3} \cdot I^{1/2} \cdot (b + mh)h$$

V = Kecepatan aliran (m/det)

k = koefisien kekasaran Strickler

pasangan batu = 60

beton = 70

tanah = 35 - 45

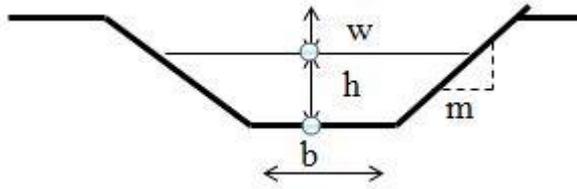
R = Jari-jari hidrolis (m) = A/p

A = luas penampang basah (m²)

p = keliling basah (m)

I = kemiringan saluran

m = kemiringan talud saluran



Gambar 2.11 gambar saluran

Kebutuhan air (Q) = $10.4 \times 1.4 = 15.6$ l/det

tinggi saluran basah (h) = 0.14 m. $\square b$ diambil = 0.30 m

tinggi jagaan (w) = 0.20 m, kemiringan talud sal. (m) = 1

C. Penerapan Irigasi Modern

a. powerroll

Sistem irigasi berbasis pipa sprinkler yang bisa bergerak mekanis selama prsespenyiraman. Roda besar yang menopang pipairigasi dipindahkan mengikuti alur tanam.sistem ini menghemat waktu, tenaga, dan uang.



Gambar 2.12 POWEROLL

b. pivot

Sistim irigasi ini adalah salah satu system irigasi paling otomatis dari semua irigasi system irigasi mekanis. System ini bisa digunakan pada berbagai jenis tanaman, diantaranya jagung, kapas, kentang kacang kacangan dan lain lain



Gambar 2.13 PIVOT

c. drip dan micro

System irigasi ini dengan volume rendah namu mampu mendistribusikan air secara merata pada lahan pertanian yang cukup besar dan cara cukup afisien



Gambar 2.14 DRIP & MICRO

d. handmove

System irigasi ini menggunakan sprinkler dan cocok utuk lahan tanam yang luas dengan tanaman yang sudah tertata. System ini memungkinkan petani mengatur intensitas pengairan dan kelembapantanaman dengan biaya murah. System ini jauh lebih baik dibandingkan irigasi tradisional dengan cara menggenangi



Gambar 2.15 HANDMOVE

e. big gun

Seperti namanya, system ini menggunakan senapan untuk menembakkan air ke lahan pertanian. System ini didesain portable bisa dipindah secara manual. System ini cocok untuk tanaman yang cukup tinggi, seperti: tebu, jagung, dan buah-buahan.



Gambar 2.16 BIG GUN

2.9. Peraturan-Peraturan Irigasi Dan Bangunan Air

Dalam wacananya pembangunan Irigasi dan Bangunan Air tentu memiliki sejumlah standar yang tercakup pada Peraturan tertentu yang dikeluarkan oleh pihak terkait. Peraturan-peraturan mengenai pembangunan Irigasi dan Bangunan Air antara lain :

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 17/PRT/M2011 tentang Pedoman Penetapan Garis sempadan jaringan Irigasi.
- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 32/PRT/M/2007 tentang Pedoman Operasi dan Pemeliharaan Jaringan Irigasi

- Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 13/PRT/M/2012 tentang Pedoman Pengelolaan Aset Irigasi.
- Undang-undang (UU) Nomor 7/2004 tentang Sumberdaya Air
- Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 20/2006 tentang Irigasi merupakan suatu kebijakan baru sekaligus perubahan aturan pelaksanaan kegiatan operasi dan pemeliharaan (O&P) irigasi.
- Undang-undang (UU) Nomor 11 Tahun 1974 tentang Pengairan,
- Instruksi Presiden Nomor 3 Tahun 1999 tentang Pembaharuan Kebijakan Pengelolaan Irigasi.
- Peraturan Pemerintah Nomor 77 Tahun 2001 tentang Irigasi yang diperbaharui dengan Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air
- Peraturan Pemerintah Nomor 20 Tahun 2006 tentang Irigasi, maka pola penangangan irigasi berubah dari pola penyerahan kewenangan irigasi dalam Pembaharuan Kebijakan Pengelolaan Irigasi (PKPI) menjadi pola Pengembangan dan Pengelolaan Sistem Irigasi Partisipatif (PPSIP).
- Undang-Undang UU No. 7 Tahun 2004 tentang Sumberdaya Air diberlakukan sebagai landasan hukum bagi pengelolaan sumberdaya air
- SNI 03-2402-1991/SK.SNI T-03-1990-F Tata cara Perencanaan Umum Irigasi Tambak Udang
- SNI ISO 9261:2011 tentang persyaratan teknis dan fungsi dari emiter dan pipa emiter untuk irigasi pertanian, termasuk penggunaannya dan cara pemasangan, persyaratan mutu, dan metode uji yang sesuai. Standar ini juga menetapkan (data) spesifikasi yang harus disediakan pabrikan sebagai acuan dalam pemasangan jaringan irigasi mikro dan operasinya di lapangan.
- SNI 03-1724-1989 tentang Pedoman dan perencanaan hidrologi dan hidraulik untuk bangunan air di sungai
- SNI 03-2414-1991 tentang Sungai dan saluran terbuka, Metode pengukuran debit.
- KP-04 tentang Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan.

DAFTAR PUSTAKA

1. <http://www.anakciremai.com/2009/04/makalah-geografi-tentang-sejarah.html>
2. <http://worldplant.multiply.com/tag/laporan%20praktikum>
3. Sudjarwadi, 1987. Teknik Sumberdaya Air. Diktat kuliah Jurusan Teknik Sipil UGM, Yogyakarta.
4. Sudjarwadi, 1990. Teori dan Praktek Irigasi. Pusat Antar Universitas Ilmu Teknik, UGM, Yogyakarta
5. https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:Pz9Ez6AHUNUJ:air.bappenas.go.id/main/doc/pdf/seminar_lokakarya/Sudar%2520
6. https://docs.google.com/viewer?a=v&q=cache:vlByR1uoNmgJ:elarning.gunadarma.ac.id/docmodul/irigasiandanbangunanair/bab2-teknik_irigasi.pdf
7. artikel terkait: manfaat sungai – manfaat waduk bagi kehidupan manusia – manfaat danau bagi kehidupan manusia
8. Artikel Pada Blog ini kami kutip dari berbagai sumber. Semoga Artikel Tentang Seputar Pengertian Irigasi, Tujuan Dan Fungsinya Dapat Bermanfaat Dan Apabila artikel ini berguna untuk anda silahkan copy paste dengan menyertakan Sumbernya. Kami Mohon maaf yang sebesar-besarnya jika ada Kesalahan Dan Kekurangan Pada penulisan Artikel ini. Terima kasih atas perhatiannya.
9. <http://seputarpengertian.blogspot.co.id/2014/12/seputar-pengertian-irigasi-tujuan-dan-fungsinya>.

BAB III

(WATER SUPPLY)

3.1. Definisi Water Supply

Water supply adalah suatu proses atau aktivitas penyediaan air untuk penggunaan di dalam rumah tangga, industri, atau bisnis. Beberapa yang termasuk sumber air antara lain;

- a. Air Hujan.
- b. Air permukaan yang terdiri dari: Air laut, air sungai, kolam, dan danau.
- c. Air tanah berupa air sumur.

3.2. Pengembangan Program Water supply

Beberapa pelaksanaan penyediaan air di dunia menunjukkan dibutuhkan peranan dan kebijaksanaan dari pemerintahan pusat administratif yang paling tinggi. Pemerintahan pusat disini dapat diartikan sebagai pemerintah pusat di dalam negara-negara dengan administrasi yang sangat dipusatkan atau pemerintah provinsi pada negara yang mengembangkan administrasi desentralisasi, bagian yang berperan lebih adalah bagian teknik pelaksanaan dan sumber daya finansial. Program penyediaan water suplai pada permulaan dihasilkan dari proses pemikiran dan perencanaan dari tingkat administrasi pemerintah, dan departemen yang paling berperan adalah departemen kesehatan. Seperti yang telah ditetapkan pada beberapa negara, yang mana program penyediaan air ini dibawah arahan langsung dari departemen yang menyangkut kebijakan orang banyak atau perusahaan pelaksana lainnya,

departemen kesehatan haruslah menjalin komunikasi yang erat dengan pengembang tersebut, suatu persetujuan antara para pengembang harus tersepakati sehingga para teknisi dengan bekal ilmu kesehatan masyarakat dapat membawa ilmu pengetahuan kesehatan masyarakatnya untuk merancang program penyediaan air. Tugas utama departemen kesehatan antara lain :

- a. Menyetujui desain akhir sebelum pembangunan dimulai.
- b. Menyetujui kontruksi sebelum proyek tersebut dimulai pengoperasiannya.
- c. Menjalinkan kerjasama dengan pihak lain dengan pengalaman yang mencukupi dalam hal management sistem penyediaan air.

Hal yang perlu diperhatikan juga dalam penyediaan air dalam komunitas kecil adalah melibatkan komunitas masyarakat itu sendiri dalam pengembangannya.

Untuk kepentingan komunitas pihak yang perlu dilibatkan dalam hal ini adalah :

- a. Pemerintahan daerah(gubernur)
- b. Pemimpin lokal(camat)
- c. Para pemuka agama dan
- d. Masing-masing individu.

Tujuan dari sistem persediaan air adalah (a) menyediakan air sehat dan aman kepada para penggunanya, ditujukan untuk skeluarga, suatu kelompok keluarga-keluarga, atau suatu masyarakat. Air sehat dapat dinilai berdasarkan kualitas air yang digunakan untuk menyatakan pantas atau tidaknya air untuk digunakan atau diproses untuk menjadi lebih layak untuk digunakan. penggunaan air akan mempunyai syarat tertentu yang memenuhi syarat-syarat phisik, kimia dan biologi, sebagai contoh membatasi konsentrasi zat beracun untuk penggunaan air minum, atau mengatur temperatur dan pH (b) menyediakan air dalam jumlah yang cukup (c) menyediakan air siap pakai yang ditujukan kepada pemakai air, dalam rangka mendorong kesehatan pribadi dan rumah tangga. Air yang sehat dan layak konsumsi dapat didefinisikan air yang tidak akan menghasilkan efek berbahaya, Adil dan Geyer menguraikan air yang sehat sebagai a. Air yang tidak terkontaminasi dan tidak dapat menginfeksi penggunanya melalu

waterborne disease b. Bebas dari segala bentuk racun. C. Bebas dari jumlah mineral yang berlebihan dan materi-materi organik yang berlebihan.

3.3. Sejarah Water Supply di Indonesia dan Dunia

Peradaban Yunani kuno di Kreta, yang dikenal sebagai peradaban Minoan, adalah peradaban pertama yang menggunakan pipa tanah liat untuk sanitasi dan persediaan air. Ibukota mereka, Knossos, memiliki sistem air terorganisir dengan baik untuk membawa air bersih, mengeluarkan air limbah dan saluran pembuangan limbah untuk meluap saat ada hujan deras. Ini juga merupakan salah satu penggunaan pertama toilet flush, yang berasal dari abad ke-18 SM. Peradaban Minoan memiliki selokan batu yang secara berkala memerah dengan air bersih. Selain sistem air dan selokan yang canggih, mereka merancang sistem pemanas yang rumit. Orang-orang Yunani Kuno di Athena dan Asia Kecil juga menggunakan sistem saluran air dalam ruangan, yang digunakan untuk mandi bertekanan. Penemu Yunani Heron menggunakan pipa bertekanan untuk tujuan pemadam kebakaran di Kota Alexandria. Bangsa Maya adalah peradaban paling awal ketiga yang telah menggunakan sistem pipa ledeng dalam ruangan dengan menggunakan air bertekanan.

Di Indonesia awal mulanya air minum disalurkan langsung ke Istana Aceh sedangkan sumur diperuntukan bagi daerah yang jauh dari sungai seperti dilaporkan terjadi pada tahun 1613. Dimulailah penjajahan Belanda melalui misi dagangnya yang terkenal VOC (mulanya pada tahun 1613 VOC menyewa mendirikan loji tidak permanen dengan sewa 1.200 rijkdaader atau 3.000 gulden tetapi kemudian mereka dengan liciknya membuat bangunan tembok permanen dengan bahan batu dan beton dan dijadikan benteng pertahanan mereka), kemudian mereka membumi hanguskan Bandar Sunda Kelapa dan mengganti nama Jayakarta menjadi Batavia, resmilah Belanda menjajah Indonesia dengan diselingi oleh penjajah Perancis (1808-1811) dan penjajahan Inggris (1811-1816) penduduk Jakarta waktu itu sekitar 15.000 jiwa dan air minum masih

sangat sederhana dengan memanfaatkan sumber air permukaan (sungai) yang pada masa itu kualitasnya masih baik.

Di Asia Tenggara kebiasaan penduduk untuk mengendapkan air sungai dalam gentong atau kendi selama 3 minggu atau satu bulan telah dilakukan untuk mendapatkan air minum yang sehat. Sistem sifon terbalik, bersama dengan pipa tanah liat tertutup kaca, digunakan untuk pertama kalinya di istana Kreta, Yunani. Kondisi ini masih dalam kondisi kerja, setelah sekitar 3000 tahun.

Pada tahun terbit Permen OTDA No. 8/2000 tentang Pedoman Sistem Akuntansi PDAM yang berlaku sampai sekarang. Program WSSLIC I dilanjutkan pada tahun ini dengan nama WSLIC II (Water and Sanitation for Low Income Community),

Pada tahun 2002 Terbit Keputusan Menteri Kesehatan No. 907 Tahun 2002 tentang Syarat-syarat dan Pengawasan Kualitas Air Minum, yang akan menjadikan pedoman dalam monitoring kualitas air minum yang diproduksi oleh PDAM. Dalam rangka meningkatkan kinerja PDAM dan pembangunan sistem penyediaan air minum, dilakukan upaya perumusan kebijakan melalui Komite Kebijakan Percepatan Pembangunan Infrastruktur (KKPPI), untuk merumuskan kebijakan dan strategi percepatan penyehatan PDAM melalui peningkatan kerjasama kemitraan dengan pihak swasta/investor.

Dimulai tahun 2004 inilah merupakan tonggak terbitnya peraturan dan perundangan yang memayungi air minum yaitu dimulai dengan terbitnya UU no 7 Tahun 2004 tentang SDA (sumber daya air). Setelah 60 tahun Indonesia merdeka pada tahun ini Indonesia baru memiliki peraturan tertinggi disektor air minum dengan terbitnya PP (peraturan pemerintah) No 16 Tahun 2005 tentang Pengembangan SPAM (sistem penyediaan air minum).

3.4. Tugas Pokok dan Fungsi PDAM

PDAM mempunyai tugas pokok untuk melaksanakan penyediaan air minum dengan kualitas, kuantitas dan kontinuitas sesuai standar pelayanan yang ditetapkan.

Untuk melaksanakan tugas pokok sebagaimana dimaksud PDAM mempunyai fungsi untuk :

- a. Merencanakan program kerja dan anggaran, mengurus dan mengelola administrasi keuangan, melaksanakan kegiatan teknik dan pemeliharaan, menyelenggarakan administrasi umum
- b. Melakukan pengawasan dan pengendalian kegiatan baik tingkat pusat maupun kantor unit cabang berdasarkan kebijakan yang telah ditetapkan
- c. Menyampaikan laporan berkala terhadap seluruh kegiatan termasuk perhitungan laba atau rugi berdasarkan ketentuan peraturan perundang-undangan yang berlaku
- d. Melakukan pengurusan tata usaha PDAM dan membuat laporan penyelenggaraan secara transparan dan akuntabel sesuai prinsip tata kelola perusahaan yang baik;

3.5. Peraturan Perundang undangan sektor Penyediaan air

A. Sistem Air Tanah.

Air tanah melayani mayoritas dari komunitas terutama komunitas yang tinggal di pedesaan. Alasan utamanya adalah dari berbagai sumber air yang ada air tanah merupakan sumber yang praktis dan bersifat alami. Bahkan di suatu negara pun yang memiliki indistrualisasinya cukup tinggi sumber air yang berasal dari tanah lebih tinggi dari sumber air permukaan. hal ini menjadi mungkin bahwa sumber air yang berasal dari air tanah ini akan menjadi sumber air utama bagi komunitas di pedesaan.^{1,2,3}

Keuntungan dari air tanah adalah :

- Kemungkinan terbebas dari bakteri pathogen
- Umumnya, bisa langsung digunakan tanpa pengolahan lebih lanjut
- Di beberapa tempat dapat ditemukan di dekat rumah penduduk
- Lebih praktis dan ekonomis untuk diperoleh dan didistribusikan.
- Setiap lapisan tanah mempunyai persediaan air di dalamnya

Kerugiannya adalah :

- Air tanah sering mengandung mineral yang tinggi.
- Pada umumnya memerlukan pemompaan untuk mengambilnya.

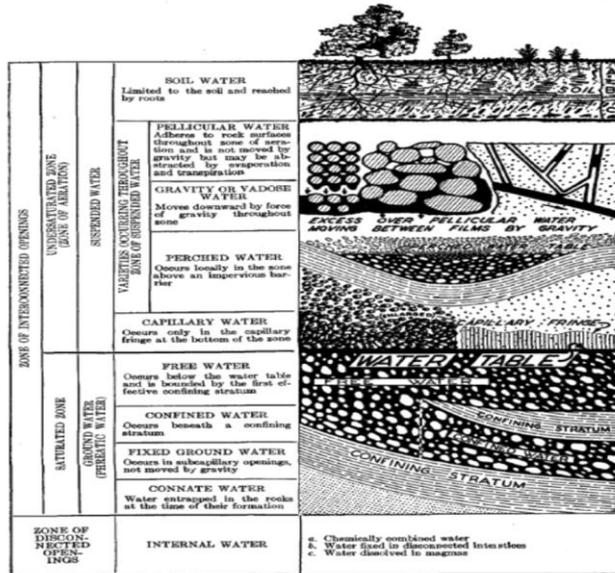
Di dalam survei dan mendesainnya seorang teknisi harus memikirkan langkah-langkah berikut :

- a. Berusaha menemukan sumber air tanah berdasarkan kuantitas dan kualitas dan sedekat mungkin dengan pusat dari penduduk menggunakannya untuk keperluan sehari-hari dengan tujuan untuk mengurangi biaya distribusi air tersebut.
- b. Menyaring dengan arti sistem yang menghasilkan produksi air tersebut harus terjamin kualitasnya pada saat yang sama akan melibatkan pengeluaran biaya pemerintah.
- c. Untuk menyalurkannya ke konsumen dimana dibutuhkan lebih kurang operasional, keahlian dan biaya.

Mencari sumber air tanah

Suatu yang sangat jarang bahwa teknisi akan menyelesaikan laporannya dengan hasil mempelajari geologi yang telah lalu, lebih jarang lagi dalam menyediakan suatu jasa ahli geologi bawah tanah . Apabila terdapat suatu layanan yang menyediakan hal tersebut sebaiknya digunakan. Jika tidak Teknisi yang umum harus berlatih dan berusaha menerapkan ilmunya dalam memutuskan letak air tanah, teknisi dapat berkonsultasi dengan pihak-pihak yang terkait dengan hal ini Dalam memperkirakan dan mencari air tanah, langkah pertama yang dilakukan mencari tahu tentang keadaan geological alam dan karakteristik keadaan yang mendasarinya dari laporan-laporan instansi terkait. Hal ini dapat bermanfaat bagi langkah awal investigasi dalam mencari sumber air, Kedua mencari tahu profil sumur yang akan dibuat, produksi airnya, kualitas air, dan lokasi sekitar sumur yang akan dibangun. Ketika tempat dilakukannya tes holes haruslah dapat menguntungkan.

Fig. 5. OCCURRENCE AND DISTRIBUTION OF SUB-SURFACE WATER



Reproduced from Tolman, C. F. (1937) *Ground water*, p. 39, by kind permission of McGraw-Hill Book Co., Inc., New York

Gambar 3.1. Keadaan dan distribusi air tanah pada lapisan tanah

Sumur

Ada tiga metode sumur. Setiap Kontruksi mempunyai keuntungan tergantung dari kondisi, dan ketiga tipe tersebut ataupun kombinasi ketiganya digunakan berdasarkan keadaan yang berbeda-beda.

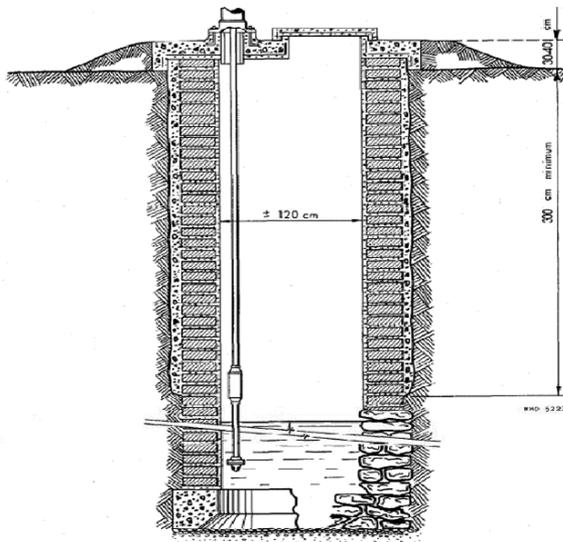
Sumur-sumur tersebut antara lain :

a. Sumur Galian Terbuka/galian tangan

Jenis sumur yang paling banyak digunakan di dunia adalah sumur dengan galian terbuka, Merupakan metoda tradisional yang sudah sejak lama dilakukan, dan merupakan pilihan sumber air utama yang digunakan. Sumur dengan metode galian tangan merupakan metode yang termurah untuk menyediakan persediaan air untuk komunitas masyarakat, tapi ini masih cukup mahal apabila dipakai untuk satu individu saja. Meskipun pembangunannya terbilang cukup lambat, sumur ini mempunyai banyak keuntungan, peralatan yang digunakan untuk membangun sumur ini lebih ringan dan sederhana, dapat dikerjakan di tempat yang tergolong terbatas

dilalui transportasi, pekerjaan membangun tergolong mudah dan relatif bisa dikerjakan oleh orang yang tidak mempunyai keahlian, dan pengawasannya tergolong minimal dan peralatan dan bahan yang digunakan umumnya dapat diperoleh dari tempat tersebut. Sumur-sumur yang digali dengan galian terbuka (galian tangan) mempunyai beberapa keterbatasan sumur-sumur ini dapat berhasil terisikan oleh dengan mempertimbangkan keadaan terutama mengenai kedalaman, umumnya kedalaman 120 meter dapat terisikan air, kedalaman setengahnya terdapat keterbatasan dalam keluarnya air. Pada pemasangannya pompa secara mekanik, didesign untuk mengalirkan jumlah yang besar dan dalam waktu yang lama. diameter galian sumur seringkali dapat terlalu besar sehingga sering tidak efektif dibandingkan dengan sumur bor. Pada penggalian sumur galian tangan, seringkali menemukan batu keras yang sangat sulit untuk digali, sehingga memerlukan bahan peledak untuk menghancurkannya sehingga pekerjaannya seringkali lebih lambat oleh karena itu pembuatan sumur ini perlu dipertimbangkan, ada kalanya pembuatan sumur bor lebih baik.

Fig. 13. DUG WELL WITH PROTECTIVE CASING AND PLATFORM



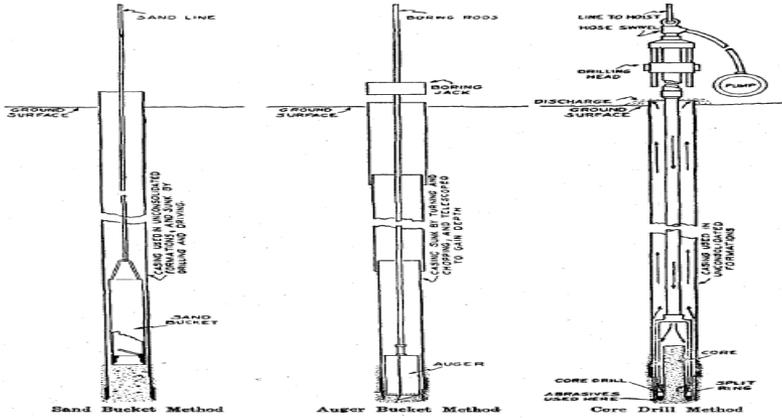
Gambar 3.2 menunjukkan sumur yang digali

Dalam gambar terdapat suatu perlindungan pada dinding-dinding sumur. Pada bagian bawah sumur terdiri dari dua tipe konstruksi yang berbeda, satu tergabung sepenuhnya merupakan batu-batu bulat yang berfungsi sebagai filter dan yang lainnya merupakan beton yang konkrit. bebatuan dikerjakan setelah galian sepenuhnya diangkat. dan di area tersebut secara praktis tinggalah kerikil dan pasir-pasir kasar. Filter pasir dapat diletakkan di dasar sumur

b. Sumur Bor

Sumur yang dibor, atau yang umumnya dikenal dengan sumur bor mempunyai banyak keuntungannya berdasarkan keadaan sekitar. Jumlah air yang jauh lebih besar dapat dihasilkan melalui sumur ini. Metode ini merupakan metode yang prakti bagi masyarakat perkotaan atau mayarakat yang dapat menyediakan pemompaan yang bagus. pembangunan sumur ini dapat lebih cepat dibandingkan dengan sumur galian tangan Dengan metode ini lapisan metode yang keras dapat ditembus sampai menemukan sumber air., walaupun memang prosesnya menjadi agak lambat ketika menemukan lapisan batu, dan yang paling penting adalah keuntungannya kedalaman dan kecepataan suatu lobang yang dibor berdasarkan rig yang digunakan. Untuk kedalaman lebih dari 60 meter atau ketika jumlah air lebih besar dibutuhkan, metode sumur bor ini merupakan metode yang dapat dipilih. Berdasarkan kondisi-kondisi tertentu dapat dipilih juga untuk mengkombinasikan sumur galian terbuka dengan sumur bor, terutama sekali diperuntukkan bagi desa atau komunitas kecil yang suplai airnya terlalu dalam jika digali secara manual.

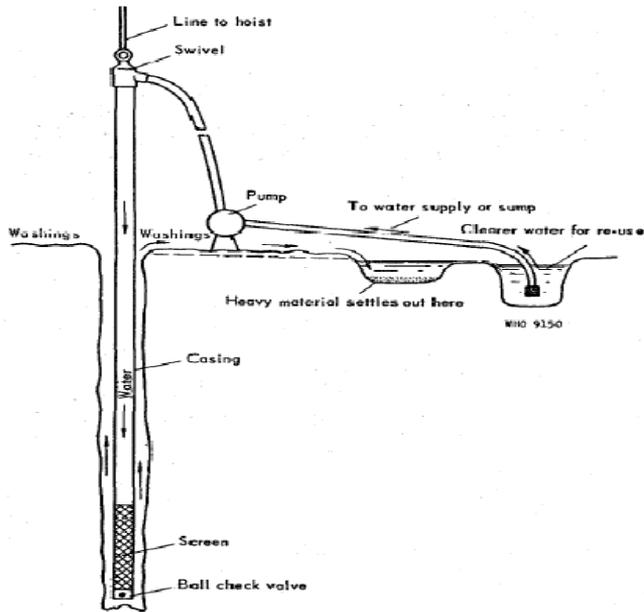
Fig. 11. DRILLING AND BORING METHODS OF EXPLORATION



Gambar 3.3 Metode eksplorasi air dengan menggunakan sumur bor

c. Sumur tabung/Jett well

Metoda yang ketiga di dalam penggunaan air tanah adalah menggunakan suatu pipa tabung yang dimasukkan ke dalam tanah yang dikenal dengan sumur jett atau sumur pancaran. Diameternya dapat merupakan berdiameter kecil yang menggunakan pompa tangan atau pompa besar yang menggunakan mesin Dengan kontruksi yang dibuat berdasarkan peertimbangan dan rencana, sumur tabung ini akan menghasilkan air yang dengan jumlah yang besar tetatpi terbatas dalam kedalamannya dan formasi tanahnya harus sesuai apabila ingin digunakan sumur ini.



Gambar 3.4 Jetting well

B. Sistem air permukaan tanah

Air permukaan paling banyak berasal dari air hujan dan merupakan campuran dari air yang tidak mengalir dan air tanah. Ini termasuk sungai besar, danau dan waduk dan beberapa lekukan kecil yang terdapat mata air. Jumlah air yang tidak mengalir bergantung dari banyak faktor faktor yang paling utama adalah intensitas curah hujan, iklim, tumbuh-tumbuhan, geologi dan geografis lingkungan tersebut. Kualitas dari permukaan air ditentukan oleh organisme di dalamnya dan sejumlah mineral dan bahan-bahn organik . Sebagai air yang melalui atmosphere, air hujan mengandung debu, oksigen, CO_2 dari udara. air yang berasal dari bawah tanah mengandung lumpur dan bahan organik. Pada air limbah rumah tangga, pencemaran pada air dapat terjadi berupa material feses dan organisme pathogen begitu juga pencemaran dapat terjadi akibat limbah industri. Kebanyakan air permukaan memiliki resiko tinggi untuk tercemar oleh organisme pathogen dan haruslah melalui proses pengolahan untuk dijadikan sumber air. Hal yang harus diingat bahwa air yang jernih bukan merupakan

seutuhnya aman dan dalam kondisi yang terbaik untuk dikonsumsi dan tidak dapat tergantung dari pemurniannya sendiri untuk dijadikan air minum.

a. Tampunguan Air hujan

Tampunguan air hujan yang dijadikan cadangan sumber air oleh beberapa keluarga dan petani di area pertanian dimana tidak ada air tanahnya atau dimana tidak air bersih yang berada di sekitar kawasan tersebut dapat dijadikan sumber air bersih domestik. Air hujan dapat ditampung sebagai sediaan sumber air untuk tujuan mencuci ketika sumber air di kawasan tergolong air yang kasar apabila digunakan untuk mencuci dan mengandung mineral yang tinggi. Dalam menampung air hujan diperlukan atap rumah yang bersih, penampung dan tangki penyimpanan. Kualitas air hujan dipengaruhi oleh alam dan derajat pemeliharaan permukaan penampung air hujan tersebut. Kayu tertentu atau material cat yang terdapat pada atap dan dedaunan yang berguguran di atap dan ikut tertampung dapat menimbulkan rasa dan memberikan warna serta mencemari air. Atap besi galvanized yang umumnya digunakan didaerah tropis, merupakan atap yang terbaik dalam mengumpulkan air hujan. Tampunguan air harus diletakkan di tempat yang sebaik mungkin sehingga dapat mencegah tercemarnya dari lingkungan atau limbah di sekitar. Karena alasan inilah tampunguan air disarankan untuk diletakkan di tempat yang lebih tinggi dan setidaknya sedikitnya 3 meter letaknya dari tempat pembuangan limbah. Tampunguan dapat dibuat dengan batu batu atau menyemennya dengan batu atau dengan sistem dinding yang diperkuat.

b. Daerah aliran dan Wilayah penangkapan.

Batu dan tanah pada area penangkapan air kadang digunakan untuk menampung air hujan yang dapat disimpan pada tanki penyimpan dalam artian dalam bentuk penampung air yang dapat disalurkan melalui pipa. Di beberapa daerah yang air hujannya jarang, seperti yang ditemukan di selatan dan barat australia. Batu granit yang terdapat di daerah tersebut dapat digunakan untuk

menampung. Air ini sebagian besar digunakan untuk irigasi dan cadangan. tetapi apabila sudah melalui proses disinfeksi dan pengolahan dapat juga digunakan sebagai sumber air domestic

c. Kolam dan Kolam penampungan

Kolam dan kolam penampungan menyediakan suatu persediaan air baik itu bagi masyarakat kecil desa ataupun kota. Air permukaan yang datang dari dataran tinggi atau mata air dapat terkumpulkan di lokasi dari daerah-daerah yang sesuai dengan topografi dan geologinya. Area ini berbentuk lekukan dan cekungan yang memungkinkan untuk menampung air. Karakteristik alami dari tanah dapat ditentukan dengan melakukan pemboran. Tanah liat merupakan karakteristik tanah yang dapat menyerap air yang begitu kuat. Kehadiran lapisan yang mudah menyerap dari air permukaan secara hati-hati harus diintegrasikan oleh ahli geologi. Kualitas air yang berasal dari kolam dan kolam penampungan mungkin perlu dilakukan pengolahan sederhana sebelum dikonsumsi. Suatu tindakan pencegahan untuk menjamin kebersihan harus hati-hati dilakukan, termasuk melindunginya dari pencemaran manusia, hewan, dan dari erosi dan untuk mengadakan suatu batasan dan aturan bagi peternak, peserta kemah dan orang yang ingin berenang di kawasan tersebut.

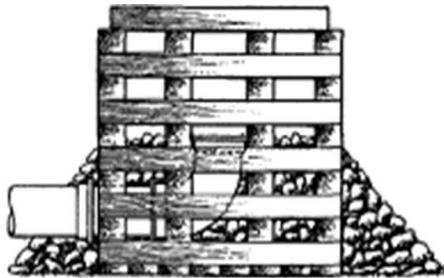
d. Bendungan

Ketika suatu bendungan diperlukan untuk menampung air. tempat yang paling cocok adalah dimana lokasi tersebut dapat menampung jumlah maksimum air dengan dicocokkan ukuran dam. Ukuran puncak dam dapat kurang dari 9 meter ketinggiannya sehinggamengalir arus alami yang cukup untuk digunakan memenuhi kebutuhan masyarakat kecil, pertanian dan mendistribusikannya dengan memanfaatkan gravitasi.

e. Sungai

Merupakan sistem penyediaan air yang kecil, kegunaan dari air sungai sedapat mungkin digunakan dengan secermat dan seksama mungkin karena air ini harus melalui proses pengolahan disinfeksi

sebelum digunakan. Air sungai dapat dengan mudah terkontaminasi oleh penyakit dan oleh limbah manusia dan binatang. Oleh karena itu diperlukan peran seluruh masyarakat dalam menjaga kebersihan sungai. Dalam pengambilannya mungkin memerlukan saluran pipa yang berada di dalam air digunakan dengan suatu tempat penyimpanan (saringan). Pipa masuk ini harus ditempatkan dengan tepat, di tempatkan dibawah permukaan air apabila iklimnya cukup sejak dan dapat lebih dalam lagi, tetapi jangan terlalu dekat dengan dasar air untuk mencegaj sedimen dan bahan-bahan dasar sungaimengalir kedalam pipa. Pipa masuk ini dapat dilekakan beberapa jaraknya dari daratan dan harus cukup besar untuk menjamin velositas maksimum, kurang lebih 15 cm per detik.



Gambar 3.5. Pipa masuk

3.6. Tahapan Proses Pengolahan Air Bersih

Air adalah salah satu kebutuhan utama bagi manusia, untuk kebutuhan minum, mandi, cuci, masak, dan lainnya. Ketersediaan air bersih di sebuah kawasan sangatlah penting. Namun, mengingat bahwa tidak semua kawasan mendapatkan air bersih, maka perlu adanya pemerataan distribusi air bersih bagi masyarakat.

Kriteria air bersih biasanya meliputi 3 aspek, yaitu kualitas, kuantitas, dan kontinuitas. Dalam usaha menyediakan air bersih, biasanya BUMN di Indonesia yang berkaitan dengan hal ini adalah PDAM - Perusahaan Dagang Air Minum. Kadang ada yang menyindirnya sebagai Perusahaan Dagang Air Mandi, karena terkadang air yang didistribusikan tidak memenuhi kriteria air minum, hehehe..

Secara teknis, tulisan ini sebenarnya akan membahas mengenai jenis-jenis pengolahan air bersih. Secara umum, pengolahan air bersih terdiri dari 3, yaitu pengolahan secara fisika, kimia, dan biologi. Pada pengolahan secara fisika, biasanya dilakukan secara mekanis, tanpa adanya penambahan bahan kimia. Contohnya adalah pengendapan, filtrasi, adsorpsi, dan lain-lain. Pada pengolahan secara kimiawi, terdapat penambahan bahan kimia, seperti klor, tawas, dan lain-lain, biasanya digunakan untuk menyisahkan logam-logam berat yang terkandung dalam air. Pada pengolahan secara biologis, biasanya memanfaatkan mikroorganisme sebagai media pengolahnya.

PDAM, biasanya melakukan pengolahan secara fisika dan kimiawi dalam proses penyediaan air bersih. Secara umum, skema pengolahan air bersih di daerah-daerah di Indonesia terlihat seperti pada gambar di bawah. Terdapat 3 bagian penting dalam sistem pengolahannya.

a. Bangunan Intake



Gambar 3.6 Bangunan Intake

Bangunan intake ini berfungsi sebagai bangunan pertama untuk masuknya air dari sumber air. Pada umumnya, sumber air untuk pengolahan air bersih, diambil dari sungai. Pada bangunan intake ini biasanya terdapat bar screen yang berfungsi untuk menyaring benda-benda yang ikut tergenang dalam air. Selanjutnya,

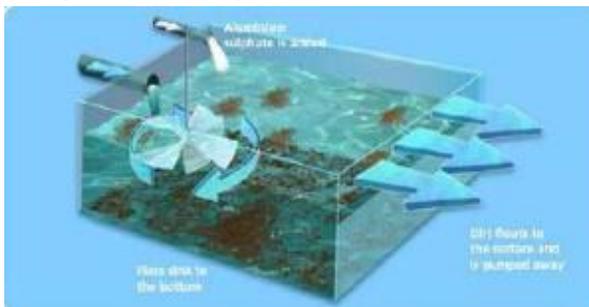
air akan masuk ke dalam sebuah bak yang nantinya akan dipompa ke bangunan selanjutnya, yaitu WTP – Water Treatment Plant.

b. Water Treatment Plant

Water Treatment Plant atau lebih populer dengan akronim WTP adalah bangunan utama pengolahan air bersih. Biasanya bangunan ini terdiri dari 4 bagian, yaitu : bak koagulasi, bak flokulasi, bak sedimentasi, dan bak filtrasi. satu per satu bagian-bagian ini.

- Koagulasi

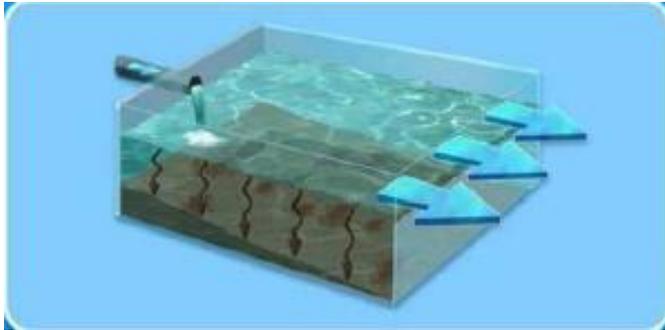
Dari bangunan intake, air akan dipompa ke bak koagulasi ini. Pada proses koagulasi ini dilakukan proses destabilisasi partikel koloid, karena pada dasarnya air sungai atau air-air kotor biasanya berbentuk koloid dengan berbagai partikel koloid yang terkandung di dalamnya. Destabilisasi partikel koloid ini bisa dengan penambahan bahan kimia berupa tawas, ataupun dilakukan secara fisik dengan rapid mixing (pengadukan cepat), hidrolis (terjunan atau hydrolic jump), maupun secara mekanis (menggunakan batang pengaduk). Biasanya pada WTP dilakukan dengan cara hidrolis berupa hydrolic jump. Lamanya proses adalah 30 – 90 detik.



Gambar 3.7 Proses Koagulasi Secara Mekanis dengan mesin pemutar

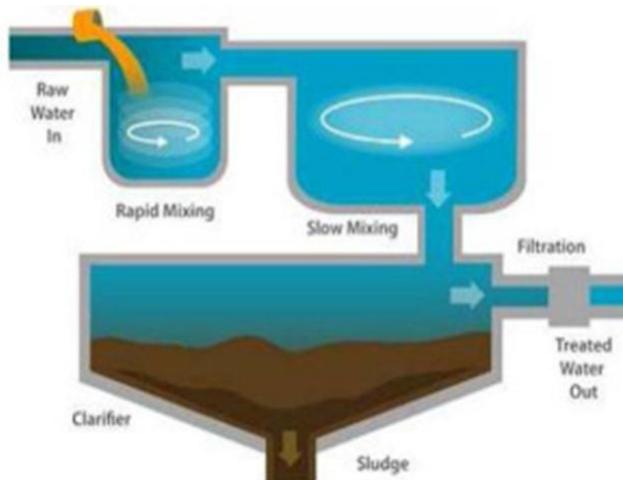
- Flokulasi

Setelah dari unit koagulasi, selanjutnya air akan masuk ke dalam unit flokulasi. Unit ini ditujukan untuk membentuk dan memperbesar flok. Teknisnya adalah dengan dilakukan pengadukan lambat (slow mixing).



Gambar 3.8 Proses Sedimentasi

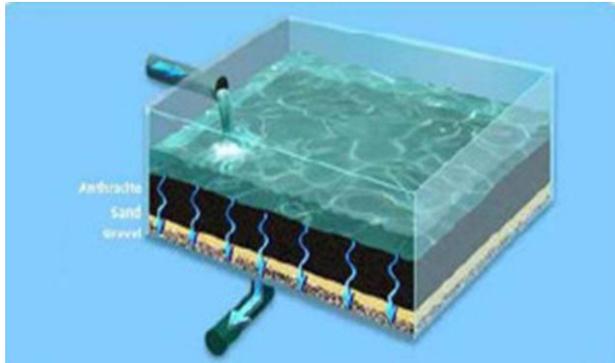
Gabungan unit koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi disebut unit aselator



Gambar 3.9 Unit Aselator pada Water Treatment Plant

- Filtrasi

Setelah proses sedimentasi, proses selanjutnya adalah filtrasi. Unit filtrasi ini, sesuai dengan namanya, adalah untuk menyaring dengan media berbutir. Media berbutir ini biasanya terdiri dari antrasit, pasir silica, dan kerikil silica dengan ketebalan berbeda. Dilakukan secara grafitasi.



Gambar 3.10 Unit Filtrasi

Selesailah sudah proses pengolahan air bersih. Biasanya untuk proses tambahan, dilakukan disinfeksi berupa penambahan chlor, ozonisasi, UV, pemabasan, dan lain-lain sebelum masuk ke bangunan selanjutnya, yaitu reservoir.

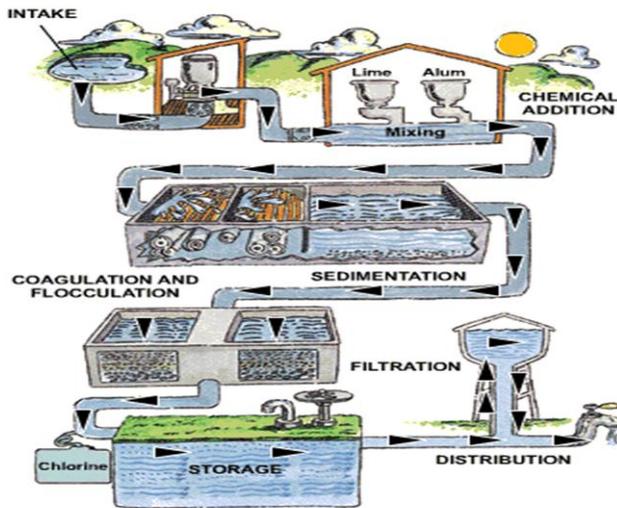
- Reservoir

Setelah dari WTP dan berupa clear water, sebelum didistribusikan, air masuk ke dalam reservoir. Reservoir ini berfungsi sebagai tempat penampungan sementara air bersih sebelum didistribusikan melalui pipa-pipa secara grafitasi. Karena kebanyakan distribusi di kita menggunakan grafitasi, maka reservoir ini biasanya diletakkan di tempat dengan eleveasi lebih tinggi daripada tempat-tempat yang menjadi sasaran distribusi. Biasanya terletak diatas bukit, atau gunung.



Gambar 3.11 Reservoir air bersih

Gabungan dari unit-unit pengolahan air ini disebut IPA – Instalasi Pengolahan Air. Untuk menghemat biaya pembangunan, biasanya Intake, WTP, dan Reservoir dibangun dalam satu kawasan dengan ketinggian yang cukup tinggi, sehingga tidak diperlukan pumping station dengan kapasitas pompa dorong yang besar untuk menyalurkan air dari WTP ke reservoir. Barulah, setelah dari reservoir, air bersih siap untuk didistribusikan melalui pipa-pipa dengan berbagai ukuran ke tiap daerah distribusi.



Gambar 3.12 Skema Proses Pengolahan Air Bersih

3.7. Beberapa Alat Yang Dipakai Dalam Penyediaan Air

a. WATER METER



Gambar 3.13 Water Meter Type LXSG 15-40E

Water meter adalah alat untuk mengukur penggunaan air. Di banyak negara maju water meter yang digunakan untuk mengukur volume air yang digunakan oleh bangunan komersial dan perumahan yang dilengkapi dengan air dengan sistem penyediaan air publik. Water meter juga dapat digunakan pada sumber air, baik sebagian atau seluruh sistem air untuk menentukan aliran melalui bagian tertentu dari sistem.

b. BOX METER

Box Meter terbuat dari ABS (Hard Plastik & PP), Box Meter ini berfungsi untuk melindungi Meteran air (Water Meter) yang terpasang dirumah pelanggan, PDAM atau PAM.



Gambar 3.14 Box Meter ABS

Adapun Fungsi dari Meter Box antara lain :

- Melindungi meteran air ketika cuaca panas ataupun hujan
- Membuat meteran air lebih awet
- Melindungi Meteran Air (Water Meter) dari pencurian

Sedangkan keunggulan dari Meter Box adalah :

- Tahan Benturan
- Lebih kuat dari bahan fiberglass

c. FLOW METER



Gambar 3.15 Magnetic Flow Meter



Gambar 3.16 Ultrasonic Flow Meter

Flow meter adalah alat yang digunakan untuk mengukur laju aliran linier, nonlinier, massa atau volume dari liquid, gas ataupun solid. Pada dasarnya pada flow meter terdapat dua bagian yang utama yaitu sensor dan indicator. Flow Sensor digunakan untuk menaangkap perilaku dari fluid yang akan diukur yang diteruskan ke indicator sehingga tujuan dari pemasangan flow meter sesuai dengan yang tujuan yang diharapkan.

d. VALVE

Valve berfungsi untuk mengatur, mengontrol dan mengarahkan laju aliran fluida dengan cara membuka, menutup atau mengalirkan sebagian fluida guna mendapatkan pressure yang lebih rendah



Gambar 3.17 Magnetic Ball Valve



Gambar 3.18 Air Valv

e. METAL DETECTOR

Metal Detector adalah alat yang digunakan untuk mendeteksi semua jenis metal yang berada di suatu produk, barang, makanan dan lain-lain, metal detector banyak digunakan oleh perusahaan-perusahaan yang kelas menengah hingga atas untuk masalah keamanan makanan pangan dan juga keamanan perusahaan.

Metal detector sangat efektif untuk memberikan perlindungan produk terhadap logam besi dan non-ferrous (aluminium, stainless steel, dan lain-lain).



Gambar Gambar 3.19 Metal Detector

f. FILTER NOZZLE

Filter Nozzle adalah penyaringan termoplastik untuk pengolahan air, untuk diterapkan di berbagai sektor termasuk air minum, air proses demineral, perkotaan dan industri pengolahan air limbah, sungai atau penyaringan air sumur untuk irigasi, air untuk kolam renang, dan lain-lain.



Gambar 3.20 Filter Nozzle

g. ALAT SEGEL

Penggunaan Segel kawat / wire seal / segel meter merupakan segel plastik yang dirancang khusus sebagai alat pengaman pada peralatan Kwh meter, Kotak APP, APP Terpadu milik PT. PLN (Persero), atau pada Meter Air PAM (Segel pdam) serta meter gas PGN untuk mencegah pembukaan meter oleh bukan petugas yang berwenang.

Segel kawat/wire seal/segel meter kami masih merupakan produk impor dengan kualitas yang dikontrol dengan sangat ketat untuk memastikan segel berfungsi dengan baik. Kawat segel terbuat dari Stainless Steel dan dilapis plastik sehingga tahan karat.



Gambar 3.21 Alat Segel

h. TEST BENCH

Water meter Test Bench atau alat uji kalibrasi meter air, di gunakan untuk memverifikasi kebenaran meter air serta penentuan menghitung kesalahan.



Gambar 3.22 Water Test Bench

3.8. Beberapa Water Supply Di Dunia dan Indonesia



Gambar 3.23 Gurgaon Water Supply di India



Gambar 3.24 Denmark Water Supply



Gambar 3.25 PDAM Tirta Kencana Surabaya

BAB IV

PEMBANGKIT LISTRIK TENAGA AIR (PLTA)

4.1. Definisi

Pembangkit listrik tenaga air (PLTA) adalah pembangkit yang bekerja dengan cara merubah energi potensial (dari dam atau air terjun) menjadi energi mekanik (dengan bantuan turbinair) dan dari energi mekanik menjadi energi listrik (dengan bantuan generator). PLTA dapat beroperasi sesuai dengan perancangan sebelumnya, bila mempunyai Daerah Aliran Sungai (DAS) yang potensial sebagai sumber air untuk memenuhi kebutuhan dalam pengoperasian PLTA tersebut. Pada operasi PLTA tersebut, perhitungan keadaan air yang masuk pada waduk/dam tempat penampungan air, beserta besar air yang tersedia dalam waduk/dam dan perhitungan besar air yang akan dialirkan melalui pintu saluran air untuk menggerakkan turbin sebagai penggerak sumber listrik tersebut, merupakan suatu keharusan untuk dimiliki, dengan demikian kontrol terhadap air yang masuk maupun yang didistribusikan ke pintu saluran air untuk menggerakkan turbin harus dilakukan dengan baik, sehingga dalam operasi PLTA tersebut, dapat dijadikan sebagai dasar tindakan pengaturan efisiensi penggunaan air maupun pengamanan seluruh sistem, sehingga PLTA tersebut, dapat beroperasi sepanjang tahun, walaupun pada musim kemarau panjang.

Pada tahun 2015 tenaga air menghasilkan 16.6% total listrik dunia dan 70% dari seluruh energi terbarukan, dan diperkirakan akan naik 3.1% per tahun sampai 25 tahun ke depan. Kapasitas PLTA

diseluruh dunia ada sekitar 675.000 MW ,setara dengan 3,6 milyar barrel minyak atau samadengan 24 % kebutuhan listrik dunia yang digunakan oleh lebih 1 milyar orang. PLTA termasuk jenis pembangkitan hidro. Karena pembangkitan ini menggunakan air untuk kerjanya. Saat ini pengetahuan tentang PLTA perlu untuk diketahui oleh para mahasiswa sebagai modal awal untuk kedepannya.

Biaya listrik tenaga air relatif rendah, menjadikannya sumber yang kompetitif untuk energi terbarukan. Pembangkitnya tidak menghabiskan air, tidak seperti pembangkit batu bara atau gas. Biaya listrik rata-rata untuk pembangkit berukuran lebih dari 10 megawatt adalah 3 - 5 sen dolar AS per kilowatt-jam. Dengan bendungan dan reservoir juga membuatnya sumber listrik yang fleksibel karena listrik yang dihasilkan dapat dinaikkan atau diturunkan sesuai kebutuhan. Ketika sebuah kompleks tenaga air dibangun, maka tidak menghasilkan limbah langsung dan tingkat gas rumah kaca yang relatif lebih rendah daripada pembangkit listrik berbahan bakar fosil. Bentuk utama dari pembangkit listrik tenaga air adalah motor yang dihubungkan ke turbin yang digerakkan oleh tenaga kinetik dari air. Namun, secara luas, pembangkit listrik tenaga air tidak hanya terbatas pada air dari sebuah waduk atau air terjun, melainkan juga meliputi pembangkit listrik yang menggunakan tenaga air dalam bentuk lain seperti tenaga ombak.

4.2. Sejarah Plta Di Indonesia Dan Di Dunia

4.2.1. Sejarah Dunia

Hydropower lebih dikenal di Indonesia dengan sebutan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA). Pembangkit tersebut menghasilkan tenaga listrik dengan memanfaatkan kekuatan gravitasi dari air terjun atau arus air. PLTA ini termasuk bentuk energi terbarukan (renewable energy) yang digunakan secara luas. Dibandingkan pembangkit listrik tipe lain, PLTA tergolong pembangkit yang tidak menghasilkan limbah secara langsung. Kelebihan lain adalah level emisi gas rumah kaca karbondioksida (CO₂) dari PLTA yang sangat rendah dibandingkan dengan pembangkit yang menggunakan bahan bakar dari fosil. Dengan

besarnya keuntungan tersebut, banyak negara membangun PLTA untuk memenuhi kebutuhan listrik mereka. Data 2006 menunjukkan bahwa kapasitas PLTA yang tersebar di seluruh dunia dengan 777 GW telah mampu memasok 2.998 TWh. Artinya, hampir 20% kebutuhan listrik dunia berasal dari PLTA atau sekitar 88% sumber energi terbarukan berasal dari pemanfaatan tenaga air.

Namun sejumlah pertanyaan muncul, sejak kapan sebenarnya PLTA itu berdiri? Tenaga air telah dimanfaatkan orang-orang kuno terutama untuk menumbuk gandum atau dimanfaatkan keperluan lainnya. Tetapi pada pertengahan 1770-an, seorang insinyur Perancis, Bernard Forest de Belidor, mempublikasikan buku yang berjudul *Architecture Hydraulique*. Dalam buku itu, dia menjelaskan tentang mesin hidrolis aksis vertikal dan horizontal.

Selanjutnya pada abad ke-19, generator elektrik dikembangkan dan kini dikombinasikan dengan mesin hidrolis. Permintaan meningkat seiring Revolusi Industri yang mendorong pembangunan. Tepat pada 1878, untuk pertama kalinya di dunia dibangun rumah pembangkit hydroelectricity dengan nama Craggside di Northumberland, Inggris. Tiga tahun kemudian atau tepatnya pada 1881, pusat Pembangkit Listrik Tenaga Air, Schoelkopf Power Station No 1 dekat Niagara Falls, Amerika Serikat (AS).

Setelah itu, beberapa PLTA dibangun. Pembangkit listrik hidroelektrik Edison atau diberi nama Vulcan Street Plant beroperasi pada 30 September 1882 dengan kapasitas 12,5 kilowatt di Appleton, Wisconsin, AS. Sampai 1886, sebanyak 45 Pembangkit Listrik Tenaga Air dibangun di AS dan Kanada. Bahkan memasuki 1889, PLTA tumbuh dengan cepat dan saat itu AS memiliki 200 PLTA.

Pada awal abad ke-20, banyak PLTA skala kecil dibangun perusahaan komersial di daerah pegunungan dekat area metropolitan. Kota Grenoble, Prancis pun untuk pertama kalinya menggelar pameran bertajuk 'International Exhibition of Hydropower and Tourism' yang didatangi jutaan pengunjung. Selanjutnya, pada 1920, sebanyak 40% pembangkit di AS merupakan PLTA hingga mendorong pemerintah membuat Federal Power Act yang dijadikan undang-undang dan dasar hukum.

Federal Power Act mengatur pembentukan Komisi Pembangkit Federal yang bertugas mengatur PLTA di sumber air dan tanah negara bagian. Ketika skala PLTA kian besar, bendungan dari pembangkit dikembangkan bukan hanya untuk memenuhi kebutuhan listrik, tetapi termasuk mengendalikan banjir, irigasi, dan navigasi. Seiring dengan begitu bermanfaatnya PLTA untuk memenuhi bermacam kebutuhan, pemerintah negara bagian pun menggelontorkan anggaran untuk pembangunan PLTA skala besar dan PLTA dimiliki pemerintah. Pada 1933, dibangun PLTA Tennessee Valley Authority dan Bonneville Power Administration pada 1937.

Biro Reklamasi AS yang bertanggung jawab terhadap irigasi wilayah barat AS juga membangun PLTA besar pada 1928 dengan nama Hoover Dam (Bendungan Hoover). Para insinyur dari Korps Angkatan Darat AS juga terlibat dalam pengembangan PLTA dengan turut mendukung penuntasan pembangunan Bendungan Bonneville pada 1937 yang sebelum dikenal sebagai pusat pengendali banjir utama.

Pengembangan PLTA terus berlanjut sepanjang abad ke-20. Bahkan sebutan hydropower diberi nama white coal (batu bara putih) karena sebelumnya banyak pembangkit listrik yang mengandalkan bahan baku batu bara. Tepat pada 1936, PLTA Bendungan Hoover dengan kapasitas 1.345 MW menjadi PLTA pertama terbesar di dunia. Memasuki 1942 dibangun PLTA Grand Coulee Dam dengan kapasitas lebih besar atau 6809 MW.

Pengembangan PLTA terus merambah ke benua lain dan masuk ke benua Afrika. Pada 1984, pemerintah Afrika Selatan meresmikan PLTA Bendungan Itaipu dan menghasilkan 14.000 MW. Namun 'Negara Tirai Bambu' membuat kejutan pada 2008 dengan meresmikan PLTA Bendungan Three Gorges dengan kapasitas 22.500 MW. Sejak itu, sejumlah negara seperti Norwegia, Republik Demokrasi Kongo, Paraguay, dan Brazil juga mengembangkan PLTA yang mampu memenuhi kebutuhan listrik di negara mereka hingga 85%.



Gambar 4.1 PLTA Three Gorges Dam

4.2.2. Sejarah Indonesia

Sejarah PLTA di Tanah Air dimulia pada 1917, Biro Tenaga Air (Waterkraht burean) di bawah Jawatan Perkeretaapian Negara (Steratz foorwegen) dari perusahaan negara (Gouvementsbedrijven) diubah kedudukannya menjadi Jawatan Tenaga Air dan Listrik (Dienstvoor Waterkracht in Electriciteit). Dengan begitu, jawatan tersebut mulai bergerak dalam pengembangan kelistrikan hingga penggunaan secara ekonomis dari sumber-sumber tenaga air tersedia.

Jawatan tersebut tak hanya mengurus pemberian lisen-sisensi untuk tenaga air dan listrik, tetapi juga mengawasi pula kesamaan instalasi-instalasi listrik di seluruh Indonesia. Pada 1906, PLTA Pakar dengan sumber air dari sungai Cikapundung dengan kekuatan 800 KW diresmikan. PLTA tersebut dikelola Maskapai listrik Bandung (Bandungte Electriciteits Masatsehappij) dan dapat dianggap sebagai pengolahan pertama untuk pemberian energi listrik dengan penggunaan tenaga air.

Pada 1920 didirikan Perusahaan Listrik Umum Bandung sekitarnya (Electriciteitsbederjif Bandung en omstreken, singkatnya GEBEO), dengan modal dari pemerintah dan swasta. Kemudian, maskapai tersebut ambil alih PLTA Pakar di Bandung dan PLTA Cijedil (2x174 KW dan 2x220 KW) di Cianjur. Selanjutnya bekerjasama dengan perusahaan listrik negara untuk memasok listrik kepada

masyarakat. Direksi bagian swasta dipegang oleh perusahaan swasta NV Maintz & Co. Pada 1934, Dienstvoor Waterkraht an Electriciteit diubah menjadi Electriciteitswezen (Kelistrikan) singkatnya E.W.

Perusahaan Tenaga Air Negara Dataran Tinggi Bandung (Landiswaterkrachtbedrijf Bandung en) mempunyai dua grup PLTA-PLTA, yaitu Bengkok (3x1050 KW) dan Dago (1x 700KW) pada 1923 dengan menggunakan sumber air dari Sungai Cikapundung, selanjutnya Plengan (3x1050 KW (1923), ditambah 2000 KW (1962) dan Lamajan dengan kapasitas 2x6400 KW (1924), dan ditambah 6400 KW pada 1933 dengan sumber air Sungai Cisangkuy dan Cisarua.

Sebagai cadangan air untuk musim kemarau dibangun situ Cileunca (9,89 Juta M³ air) pada 1922 dan Cipanunjang (21,8 Juta M³ air) pada 1930. Untuk mencapai jumlah banyaknya air seperti tersebut, maka bendungan Pulo, Playangan dan Cipanunjang' dipertinggi pada 1940, sedangkan situ-situnya mendapat tambahan air dari sungai-sungai sekitarnya. Dari PLTA Plengan dibangun jalur transmisi 30 KV sepanjang 80 Km ke GI-GI Sumadra, Garut dan Singaparna untuk menghantarkan tenaga listrik ke bagian Priangan Timur. Selanjutnya dari GI Kiaracandong dibangun jalur transmisi 30 KV ke GI Rancaekek hingga Sumedang ke Priangan Utara - Timur dan kemudian hingga PLTA Parakan. Kini tegangan Sumedang - Parakan sudah menjadi 70 KV.

Dari PLTA Lamajan pada 1928 dibangun jalur transmisi 30 KV (kemudian 70 KV) ke GI Padalarang, Purwakarta dan Kosambi untuk daerah Priangan Barat dan pada tahun 1966 dari Kosambi ke Cawang. Di tahun 1920 dibangun PLTU Dayeuhkolot (2x750 KW) untuk keperluan pemancar radio ke luar negeri, namun pada 1940 dibongkar dan kemudian menjadi PLTD Dayeuhkolot (2x550 KW). Kini seluruhnya telah tiada dan bangunan menjadi GI Dayeuhkolot, gudang, dan bengkel Dayeuhkolot yang sudah ada duluan. Pada 1928 dibangun Central Electriciteit Laboratorium, singkat CEL di kompleks Sekolah Tinggi Tinggi (Technische Hooge School), yang meliputi pekerjaan testing dan perbaikan peralatan listrik. Kini CEL telah diserahkan kepada Institut Tehnologi Bandung (ITB).

Pada 1962 beroperasi PLTA Cikalong (3 x 6400 KW) bekerja paralel dengan PLTA-PLTA yang telah ada. Kini Sektor Priangan mempunyai 4 Gardu Induk utama yaitu: GI North di Utara, GI Cigereleng di Selatan, GI Cibeurem di Barat dan GI Sukamiskin di Timur. Berhubungan dengan rencana pembangunan PLTA Parakan (4x2500KW) di tahun 1939 didirikan Perusahaan Tenaga Air Negara Cirebon (Lanbwaterkrachtbedrijf Cirebon). Kota Cirebon dan sekitarnya dahulu mendapat energi listrik dari PLTD Kebonbaru kepunyaan maskapai Gas Hindia Belanda (Nederland Indische Gas Maatsekapij, singkatnya N.I.E.M). Setelah PLTA Parakan beroperasi di tahun 1957, maka PLTD Kebonbaru praktis bersifat standby. Kini di Sektor Cirebon pada tahun 1982 beroperasi PLTG Sunyaragi (2x25,125 KW).

Perusahaan Tenaga Air Negara Jawa Barat Perusahaan ini mempunyai PLTA Ubrug (2x5400 KW) di tahun 1924 ditambah dengan 1x6300 KW di tahun lima puluhan dan PLTA Kracak (2x5500 KW) di tahun 1929, kemudian ditambah dengan 1x5500 KW. Kedua PLTA tersebut dengan peran-taraan transmisi 70 kV dihubungkan bersama ke GI di Bogor dan dari sini dihantarkan dengan lin transmisi 70 kV ke Jakarta dengan GI-GI Cawang, Muster Cornelis (Jatinegara), Weltercoler (Gambir), dan Ancol. PLTU Gambir di pinggir kali Ciliwung adalah kepunyaan Maskapai Gas Hindia Belanda (NIGM) dan merupakan sentral uap pertama yang dibangun tahun 1897 untuk Jakarta dan sekitarnya. Pada 1931, sentral uap tersebut (3200 + 3000 + 1350 KW) diambil alih dan kini tidak ada lagi.

Dari PLTA Ubrug pada 1926 dibangun jalur transmisi 30 KV ke GI Lembursitu sepanjang 16 km untuk Sukabumi dan sekitarnya. Dari PLTA Kracak pada 1931 dibangun jalur transmisi 30 kV sepanjang 57 km untuk Rangkasbitung dan sekitarnya. PLTA Ubrug dan PLTA Kracak kini termasuk Sektor Bogor yang didirikan di tahun 1946. Sentral-sentral tambahan setelah perang dunia II, adalah PLTD Karet (12x1000 KW), PLTD Ancol (12x1000 KW), yang dua-duanya tak beroperasi lagi karena rusak, selanjutnya PLTD Senayan (8x2500 KW), yang sebagian mesin-mesinnya telah rusak dan sisanya selalu stand by, tahun 1961 PLTU Priok (2x25 + 2x50 MW) tahun 1962, PLTU

Muara karang dan PLTG Pulo Gadung yang masing-masing beroperasi penuh.

PLTA Jatiluhur (6 x 25 MW) pada 1964 yang mempunyai status otorita, memberi energi listrik via jalur transmisi 150 kV ke Bagian Timur dengan GI Cigereleng dan via lin transmisi 150 kV ke Bagian Barat dengan GI Cawang. Kemudian PLTA Saguling (4 x 175 MW) yang beroperasi pada 1986.

4.3. Dasar Hukum PLTA

Banyak perusahaan swasta memulai usaha di bidang PLTA, hal tersebut didorong adanya Perman ESDM No.31 Tahun 2009 tentang Pembelian Tenaga Listrik Oleh PT PLN (Persero) Dari Pembangkit Listrik Yang Menggunakan Energi Baru Terbarukan Skala Kecil Dan Menengah Atau Kelebihan Tenaga Listrik. Energi terbarukan adalah energi yang berasal dari sumber daya yang tidak akan habis dan tidak terbatas, contohnya energi angin, matahari, tenaga air, atau sampah atau buangan dari hasil pertanian atau industri, sampah kota, dan sumber panas dari tumbuh-tumbuhan atau panas bumi.

Berikut beberapa perundang-undangan yang dipakai sebagai dasar hukum PLTA:

- UU No.30 Tahun 2007 tentang Energi
- Permen ESDM No.12 Tahun 2014 tentang Pembelian Tenaga Listrik dari Pembangkit listrik tenaga air oleh PT. Perusahaan Listrik Negara (Persero)
- Permen ESDM No.31 Tahun 2009 tentang Pembelian Tenaga Listrik Oleh PT PLN (Persero) Dari Pembangkit Listrik Yang Menggunakan Energi Baru Terbarukan Skala Kecil Dan Menengah Atau Kelebihan Tenaga Listrik
- Permen ESDM No.35 Tahun 2013 tentang Tata cara perizinan usaha ketenagalistrikan.

4.4. Fungsi dan Manfaat PLTA

Berikut ini manfaat dari pembangkit listrik sederhana yang harus diketahui oleh masyarakat :

a. Meningkatkan Kemandirian

Dengan membuat pembangkit listrik sederhana, akan meningkatkan kemandirian suatu daerah untuk bisa membangkitkan tenaga listrik secara mandiri dan tidak ketergantungan.

b. Menghentikan Ketergantungan Dari Energi Fosil

Saat ini energi listrik Indonesia masih bersumber pada energi fosil, energi fosil ini sifatnya akan mudah habis seiring berkembangnya dengan waktu dan seiring dengan kebutuhan akan listrik yang semakin besar dan meningkat. Oleh sebab itulah, penggalakan energi listrik sederhana bisa digunakan sebagai penghenti ketergantungan terhadap energi listrik yang bersumber pada energi fosil.

c. Menjadi Pasokan Energi Di Masa Mendatang

Saat energi listrik yang bersumber pada energi fosil telah habis, manfaat pembangkit listrik sederhana akan menjadi penyangga di masa mendatang. Energi listrik sederhana bisa digunakan sebagai pasokan energi yang digunakan di masa yang mendatang. Sifatnya yang bisa diperbarui membuat energi listrik sederhana ini bisa digunakan sebagai andalan di masa yang mendatang.

d. Ramah Lingkungan

Salah satu manfaat dari energi listrik sederhana adalah ramah lingkungan. Hal itu dikarenakan pembangkit listrik sederhana tidak berpotensi mengeluarkan karbondioksida, berbeda dengan yang berbahan bakar fosil, energi itu akan menghasilkan karbondioksida yang bisa merusak lingkungan.

e. Mensejahterakan Masyarakat

Salah satu manfaat dari pembangkit listrik sederhana adalah bisa digunakan untuk mensejahterakan masyarakat. Pembangkit

listrik sederhana ini biasanya sudah dilakukan oleh masyarakat pedesaan. Istilah listrik masuk desa pun bukan hal yang asing lagi dikarenakan di pedesaan telah teraliri dengan listrik yang dihasilkan dari pembangkit listrik sederhana.

f. Tersedianya Listrik Di Daerah-Daerah Terpencil

Tidak hanya di pedesaan saja, listrik di daerah terpencil dan tidak terjangkau dengan kabel listrik pemerintah pun kini bisa menikmati terangnya listrik di rumah mereka. Hal itu dikarenakan masyarakat daerah terpencil atau masyarakat pedalaman mulai bisa membangkitkan energi listrik dengan manfaat pembangkit listrik sederhana seperti kincir air atau kincir angin.

g. Menyelamatkan Lingkungan Hidup

Lingkungan perlu dijaga dan dilestarikan, sayangnya berkat bahan bakar fosil yang digunakan dalam energi listrik bisa merusak lingkungan dan kelestarian lingkungan. Oleh sebab itulah dengan adanya pembangkit energi listrik yang sederhana diharapkan lingkungan bisa terselamatkan dan terlindungi. Lingkungan itu rusak akibat emisi karbondioksida yang dikeluarkan oleh bahan bakar fosil yang digunakan dalam pembangkit energi listrik konvensional.

h. Mengatasi Dampak Buruk Bahan Bakar Fosil

Dampak buruk dari bahan bakar fosil yang digunakan dalam pembangkit energi listrik sederhana tidak hanya untuk lingkungan saja, namun juga bisa berdampak ke yang lainnya. Untuk mencegah dampak buruk terjadi, pemerintah seharusnya mulai menggalakkan pembangkit listrik sederhana ini di berbagai sektor agar dampak buruk terhadap listrik konvensional bisa teratasi.

i. Meningkatkan Produktivitas Industri Perumahan

Manfaat pembangkit listrik sederhana bisa digunakan dalam berbagai sektor salah satunya industri rumah. Industri itu misalnya saja adalah pembuatan es balok dalam industri pengawetan ikan, usaha kuliner, digunakan untuk penerangan tempat tinggal, penerangan di jalan raya atau jalan desa.

j. Dimanfaatkan Dalam Industri Kecil Dan Menengah

Biaya atau pajak listrik yang mahal setiap bulannya bisa memberatkan bagi pelaku industri kecil menengah. Oleh sebab itulah pembangkit listrik sederhana dipercaya bisa meringankan industri kecil dan menengah.

Di Indonesia sendiri listrik adalah kebutuhan pokok bagi manusia, listrik juga difungsikan sebagai kebutuhan penting yang bisa digunakan sebagai peningkat kesejahteraan masyarakat. Di Indonesia sendiri, fakta tentang listrik adalah memanfaatkan dari bahan bakar dari fosil. Bahan bakar fosil ini telah menyumbang emisi karbondioksida terbesar di Indonesia bahkan juga dalam kawasan Asia Pasifik. Oleh sebab itulah Indonesia harus memikirkan bagaimana caranya bisa mengaktifkan ketergantungannya terhadap bahan bakar fosil sehingga emisi karbondioksida tersebut tidak merugikan dan juga bertambah.

4.5. Prinsip PLTA dan Konversi Energi

Pada prinsipnya PLTA mengolah energi potensial air diubah menjadi energi kinetis dengan adanya head, lalu energi kinetis ini berubah menjadi energi mekanis dengan adanya aliran air yang menggerakkan turbin, lalu energi mekanis ini berubah menjadi energi listrik melalui perputaran rotor pada generator. Jumlah energi listrik yang bisa dibangkitkan dengan sumber daya air tergantung pada dua hal, yaitu jarak tinggi air (head) dan berapa besar jumlah air yang mengalir (debit).

Untuk bisa menghasilkan energi listrik dari air, harus melalui beberapa tahapan perubahan energi, yaitu:

a) Energi Potensial

Energi potensial yaitu energi yang terjadi akibat adanya beda potensial, yaitu akibat adanya perbedaan ketinggian. Besarnya energi potensial yaitu:

$$E_p = m \cdot g \cdot h$$

Dimana:

E_p : Energi Potensial

m : massa (kg)

g : gravitasi (9.8 kg/m²)

h : head (m)

b) Energi Kinetis

Energi kinetis yaitu energi yang dihasilkan akibat adanya aliran air sehingga timbul air dengan kecepatan tertentu, yang dirumuskan.

$$E_k = 0,5 m \cdot v \cdot v$$

Dimana:

E_k : Energi kinetis

m : massa (kg)

v : kecepatan (m/s)

c) Energi Mekanis

Energi mekanis yaitu energi yang timbul akibat adanya pergerakan turbin. Besarnya energi mekanis tergantung dari besarnya energi potensial dan energi kinetis. Besarnya energi mekanis.

dirumuskan: $E_m = T \cdot \omega \cdot t$

Dimana :

E_m : Energi mekanis

T : torsi

ω : sudut putar

t : waktu (s)

d) Energi Listrik

Ketika turbin berputar maka rotor juga berputar sehingga menghasilkan energi listrik sesuai persamaan:

$$E_l = V \cdot I \cdot t$$

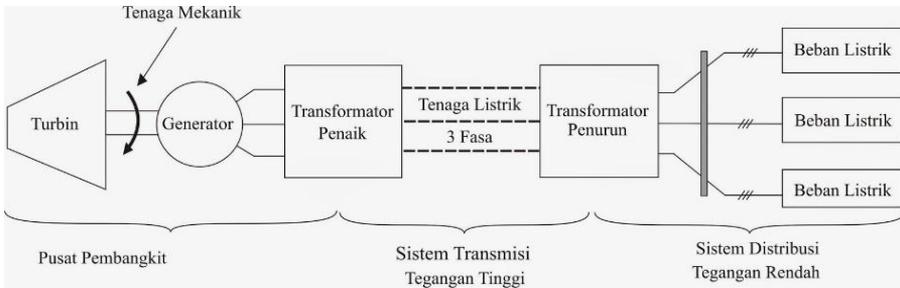
Dimana :

E_l : Energi Listrik

V : tegangan (Volt)

I : Arus (Ampere)

t : waktu (s)



Gambar 4.2 Prinsip PLTA

Adapun tahapan prinsip kerja PLTA sebagai berikut:

- Aliran sungai dengan jumlah debit air sedemikian besar ditampung dalam waduk yang ditunjang dalam betuk bangunan bendungan
- Air tersebut dialirkan melalui saringan power intake
- Kemudian masuk ke dalam pipa pesat (penstock)
- Untuk mengubah energi potensial menjadi energi kinetik. Pada ujung pipa dipasang katup utama (Main Inlet Valve)
- Untuk mengalirkan air ke turbin ,katup utama akan diutup secara otomatis apabila terjadi gangguan atau di stop atau dilakukan perbaikan/pemeliharaan turbin. Air yang telah mempunyai tekanan dan kecepatan tinggi (energi kinetik) dirubah menjadi energi mekanik dengan dialirkan melalui sirip-sirip pengarah (sudu tetap) akan mendorong sudu jalan/runner yang terpasang pada turbin
- Pada turbin, gaya jatuh air yng mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. turbin air kebanyakan seperti kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Selanjutnya turbin merubah energi kinetic yang disebabkan gaya jatuh air menjadi energy mekanik
- Generator dihubungkan dengan turbin melalui gigi-gigi putar sehingga ketika baling-baling turbin berputar maka generator ikut berputar. Generator selanjutnya merubah energy mekanik dari turbin menjadi energy elektrik. listrik pada generator terjadi

karena kumparan tembaga yang diberi inti besi digerakkan (diputar) dekat magnet. bolak-baliknya kutub magnet akan menggerakkan elektron pada kumparan tembaga sehingga pada ujung-ujung kawat tembaga akan keluar listriknya. Yang kemudian menghasilkan tenaga listrik. Air keluar melalui tail race.

- h. Selanjutnya kembali ke sungai
- i. Tenaga listrik yang dihasilkan oleh generator masih rendah, maka dari itu tegangan tersebut terlebih dahulu dinaikan dengan trafo utama
- j. Untuk efisiensi penyaluran energi dari pembangkit ke pusat beban, tegangan tinggi tersebut kemudian diatur/dibagi di switch yard 11. Dan selanjutnya disalurkan /interkoneksi ke sistem tenaga listrik melalui kawat saluran tegangan tinggi. Listrik kemudian dapat disalurkan

Beberapa kelebihan PLTA dibanding jenis pembangkit lainnya antara lain :

- a. Waktu pengoperasiannya dari start awal relative lebih cepat (10 menit) serta mampu block start.
- b. Sistem pengoperasiannya mudah mengikuti perubahan beban dan frekuensi pada system penyaluran dengan Seting Speed Drop Free Governor.
- c. Biaya operasi relative lebih murah karena menggunakan air
- d. Merupakan jenis pembangkit yang ramah lingkungan, tanpa melalui proses pembakaran sehingga tidak menghasilkan limbah bekas pembakaran.
- e. PLTA yang menggunakan waduk dapat difungsikan multi guna (misal sebagai tempat wisata , pengairan dan perikanan).

4.6. Klasifikasi PLTA

Klasifikasi Pembangkit Listrik Tenaga Air berdasarkan:

- a. Berdasarkan tujuan

Hal ini disebabkan karena fungsi yang berbeda-beda misalnya untuk mensuplai air, irigasi, kontrol banjir dan lain sebagainya disamping produksi utamanya yaitu tenaga listrik.

b. Berdasarkan keadaan hidraulik

Suatu dasar klasifikasi pada pembangkit listrik tenaga air adalah memperhatikan prinsip dasar hidraulika saat perencanaannya. Ada empat jenis pembangkit yang menggunakan prinsip ini. Yaitu:

- a) Pembangkit listrik tenaga air konvensional yaitu pembangkit yang menggunakan kekuatan air secara wajar yang diperoleh dari pengaliran air dan sungai.
- b) Pembangkit listrik dengan pemompaan kembali air ke kolam penampungan yaitu pembangkitan menggunakan konsep perputaran kembali air yang sama dengan mempergunakan pompa, yang dilakukan saat pembangkit melayani permintaan tenaga listrik yang tidak begitu berat.
- c) Pembangkit listrik tenaga air pasang surut yaitu gerak naik dan turun air laut menunjukkan adanya sumber tenaga yang tidak terbatas. Gambaran siklus air pasang adalah perbedaan naiknya permukaan air pada waktu air pasang dan pada waktu air surut. Air pada waktu pasang berada pada tingkatan yang tinggi dan dapat disalurkan ke dalam kolam untuk disimpan pada tingkatan tinggi tersebut. Air akan dialirkan kelaut pada waktu surut melalui turbin-turbin.
- d) Pembangkit listrik tenaga air yang ditekan yaitu dengan mengalihkan sebuah sumber air yang besar seperti air laut yang masuk ke sebuah penurunan topografis yang alamiah, yang didistribusikan dalam pengoperasian ketinggian tekanan air untuk membangkitkan tenaga listrik.

c. Berdasarkan Sistem Pengoperasian

Pengoperasian bekerja dalam hubungan penyediaan tenaga listrik sesuai dengan permintaan, atau pengoperasian dapat berbentuk suatu kesatuan sistem kisi-kisi yang mempunyai banyak unit.

d. Berdasarkan Lokasi Kolam Penyimpanan dan Pengatur.

Kolam yang dilengkapi dengan konstruksi bendungan/tanggul. Kolam tersebut diperlukan ketika terjadi pengaliran tidak sama untuk kurun waktu lebih dari satu tahun. Tanpa kolam penyimpanan, pembangkit/instalasi dipergunakan dalam pengaliran keadaan normal.

e. Berdasarkan Lokasi dan Topografi

Instalasi pembangkit dapat berlokasi didaerah pegunungan atau dataran. Pembangkit di pegunungan biasanya bangunan utamanya berupa bendungan dan di daerah dataran berupa tanggul.

f. Berdasarkan Kapasitas PLTA

Menurut Mosonyi (1963):

- a) Pembangkit listrik yang paling kecil sampai dengan : 100 kW
- b) Kapasitas PLTA yang terendah sampai dengan : 1000 kW
- c) Kapasitas menengah PLTA sampai dengan : 10000 kW
- d) Kapasitas tertinggi diatas : 10000 kW

Menurut Harvey (1993):

- a) Pembangkit listrik piko hidro : 0 - 100 kW
- b) Pembangkit listrik mikro hidro : 100 - 300 kW
- c) Pembangkit listrik mini hidro : 300 - 10.000 kW
- d) Pembangkit listrik makro hidro : 10.000 - > kW

g. Berdasarkan ketinggian tekanan air

- PLTA dengan tekanan air rendah kurang dari : dibawah 15 m
- PLTA dengan tekan air menengah berkisar : 15 m - 70 m
- PLTA dengan tekanan air tinggi berkisar : 71 m - 250 m
- PLTA dengaan tekanan air yang sangat tinggi : diatas 250 m

h. Berdasarkan bangunan/konstruksi utama

Berdasarkan bangunan / konstruksi utama dibagi atas:

- Pembangkit listrik pada aliran sungai, pemilihannya lokasi harus menjamin bahwa pengalirannya tetap normal dan tidak mengganggu bahan-bahan konstruksi pembangkit listrik. Dengan demikian pembangkit listrik walaupun mempunyai kolam

cadangan untuk penyimpanan air yang besar, juga mempunyai sebuah saluran pengatur jalannya air dari kolam penyimpanan itu.

- Pembangkit listrik dengan bendungan yang terletak di lembah, maka bendungan itu merupakan lokasi utama dalam menciptakan sebuah kolam penampung cadangan air, dan konstruksi bangunan terletak pada sisi tanggul.
- Pembangkit listrik tenaga air dengan pengalihan terusan, aliran air yang dialirkan melalui sebuah terusan ke konstruksi bangunan yang lokasinya cukup jauh dari kolam penyimpanan. Air dari lokasi bangunan dikeringkan ke dalam sungai semula dengan suatu pengalihan aliran air. Pembangkit listrik tenaga air dengan pengalihan ketinggian, tekanan air dialirkan melalui sebuah sistem terowongan dan terusan yang menuju kolam cadangan diatas, atau aliran lain melalui lokasi bangunan ini.

4.7. Parameter Operasional PLTA

Pada prinsipnya ada beberapa parameter yang mempengaruhi operasi PLTA, disebabkan oleh:

a. Keberadaan Air

Untuk dapat mengoptimalkan pengoperasian PLTA, baik dalam keadaan musim penghujan. Maupun musim kemarau panjang, diperlukan perhitungan besar volume air yang tersedia dalam waduk/dam, guna perhitungan berapa besar debit air yang harus dialirkan melalui pintu air yang dialirkan ke turbin. Bila terjadi banjir, berapa besar volume air yang harus dibuang keluar dari waduk/dam melalui pintu pembuangan air, sehingga tetap terjadi keseimbangan air dalam waduk /dam, dengan demikian dapat dihindari kerusakan bangunan waduk/dam maupun perangkat keras pendukung lainnya. Untuk kebutuhan perhitungan keadaan air baik yang akan masuk maupun yang berada dalam waduk/dam, dilakukan pengukuran terhadap parameter yang mempengaruhi keadaan air yang akan masuk maupun yang ada dalam waduk/dam. Pengukuran tersebut dilakukan pada berbagai stasiun ukur yang tersebar pada DAS dalam waduk/dam tersebut. Data hasil pengukuran yang diperoleh pada stasiun pengukuran, ditransmisikan melalui media komunikasi yang

digunakan ke pusat kontrol operasi PLTA untuk diproses sesuai fungsinya dalam sistem kontrol tersebut.

Pada perhitungan keberadaan air tersebut, ada beberapa parameter yang harus diperhatikan antara lain:

a) Aliran permukaan (surface flow)

Aliran permukaan dan aliran dasar dipengaruhi intensitas curah hujan dan lama turunnya hujan. Semakin tinggi intensitas curah hujan dan semakin lama waktu turunnya hujan, semakin besar aliran permukaan dan aliran dasar sungai. Tinggi permukaan dipengaruhi aliran permukaan dan aliran dasar. Semakin besar aliran permukaan dan aliran dasar, semakin tinggi muka air yang terjadi, sehingga semakin besar volume air yang mengalir ke dalam waduk / dam.

b) Aliran dasar (Base flow)

c) Tinggi muka air

d) Kehilangan air karena keadaan lingkungan

Parameter kehilangan air yang disebabkan keadaan lingkungan, dipengaruhi antara lain:

- Suhu udara semakin tinggi suhu udara, semakin besar kehilangan air.
- Kelembaban semakin kecil kelembaban (humidity), semakin besar kehilangan air.
- Kecepatan angin semakin cepat kecepatan angin berhembus, semakin besar kehilangan air.
- Penyinaran matahari semakin panas dan semakin lama penyinaran matahari, semakin besar kehilangan air

e) Keadaan DAS

Parameter keadaan DAS dipengaruhi beberapa parameter, antara lain :

- Vagitasi semakin rapat tumbuhnya tumbuh-tumbuhan (pohon) dalam DAS, semakin besar aliran dasar sungai.

- Penduduk semakin padat/ramai penduduk yang bermukim dalam DAS, semakin besar kehilangan air.
- Industri semakin banyak industri yang beroperasi dalam DAS, semakin besar kehilangan air

b. Konstruksi Saluran Air ke Turbin

Kecepatan gerakan turbin, dipengaruhi oleh besar tekanan aliran air yang dialirkan ke turbin. Besar tekanan aliran air yang dialirkan tersebut, dipengaruhi debit air yang dialirkan beserta konstruksi dan penempatan saluran air yang mengalirkan air tersebut. Semakin lebar diameter dan semakin tinggi pintu saluran air dibuka, semakin besar debit air yang dialirkan, semakin tinggi tekanan air yang terjadi masuk ke turbin. Selain hal tersebut diatas, rancangan dan peletakan saluran air tersebut, juga mempengaruhi tekanan air yang dialirkan ke turbin.

Pembangkit listrik tenaga air konvensional bekerja dengan cara mengalirkan air dari dam ke turbin setelah itu air dibuang. Saat ini ada teknologi baru yang dikenal dengan pumped-storage plant. Pumped-storage plant memiliki dua penampungan yaitu:

- Waduk Utama (upper reservoir) seperti dam pada PLTA konvensional. Air dialirkan langsung ke turbin untuk menghasilkan listrik.
- Waduk cadangan (lower reservoir). Air yang keluar dari turbin ditampung di lower reservoir sebelum dibuang disungai

4.8. Komponen PLTA

PLTA yang paling konvensional mempunyai empat komponen utama sebagai berikut :

- a. Bendungan/dam, berfungsi menaikkan permukaan air sungai untuk menciptakan tinggi jatuh air. Selain menyimpan air, bendungan juga dibangun dengan tujuan untuk menyimpan energi. Selain itu dam juga berfungsi untuk pengendalian banjir. contoh waduk Jatiluhur yang berkapasitas 3 miliar kubik air dengan volume efektif sebesar 2,6 miliar kubik.
- b. Turbin, gaya jatuh air yang mendorong baling-baling menyebabkan turbin berputar. Turbin air kebanyakan seperti

kincir angin, dengan menggantikan fungsi dorong angin untuk memutar baling-baling digantikan air untuk memutar turbin. Air akan memukul sudu-sudu dari turbin sehingga turbin berputar. Selanjutnya turbin merubah energi kinetik yang disebabkan gaya jatuh air menjadi energi mekanik. Turbin terdiri dari berbagai jenis seperti turbin Francis, Kaplan, pelton dll.

- c. Generator, dihubungkan dengan turbin melalui gigi-gigi putar sehingga ketika baling-baling turbin berputar maka generator juga ikut berputar. Generator selanjutnya merubah energi mekanik dari turbin menjadi energi elektrik. Generator di PLTA bekerja seperti halnya generator pembangkit listrik lainnya. Trafo digunakan untuk menaikkan tegangan arus bolak balik (AC) agar listrik tidak banyak terbuang saat dialirkan melalui transmisi. Travo yang digunakan adalah trafo step up.
- d. Jalur Transmisi, berfungsi menyalurkan energi listrik dari PLTA menuju rumah-rumah dan pusat industri. Sebelum listrik kita pakai tegangannya di turunkan lagi dengan travo step down.

4.8.1. Perawatan dan Perbaikan

a. Komponen yang rutin dirawat

Dalam pembangkit listrik tenaga air ada komponen yang cukup rutin dirawat yaitu turbin. Karena adanya sampah atau kotoran yang mengalir bersama air sehingga sampah dapat menghambat perputaran turbin. Akibatnya, turbin tidak dapat menghasilkan pasokan listrik yang optimal. Untuk itu diperlukan perawatan yang rutin terhadap turbin air.

b. Pembersihan dari sampah

Dalam setiap Dam/Bendungan memiliki sampah atau kotoran yang mengalir bersama air. Sampah tersebut akan menghambat perputaran turbin untuk menghasilkan energi. Sudu-sudu Turbin harus dibersihkan dari sampah-sampah yang ada.

c. Mengatasi turunnya debit air

Debit air di bendungan Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) dapat menurun akibat kemarau panjang. Untuk mengatasi berkurangnya debit air yang mengalir maka salah satu cara untuk mengantisipasi dengan membuat hujan buatan. Penurunan debit

air ini membuat pasokan listrik menjadi tidak optimal sehingga turbin tidak dapat bekerja optimal untuk menghasilkan daya listrik yang diinginkan. Pasokan listrik yang turun dratis ini, akan membuat pemadaman bergilir tidak bisa dielakkan lagi.

4.8.2. Bagian-bagian PLTA Beserta Fungsinya

a. Waduk, berfungsi untuk menahan air



Gambar 4.3 Waduk

b. Main gate, katup pembuka

c. Bendungan, berfungsi menaikkan permukaan air sungai untuk menciptakan tinggi jatuh air. Selain menyimpan air, bendungan juga dibangun dengan tujuan untuk menyimpan energi.



Gambar 4.4 Penstock

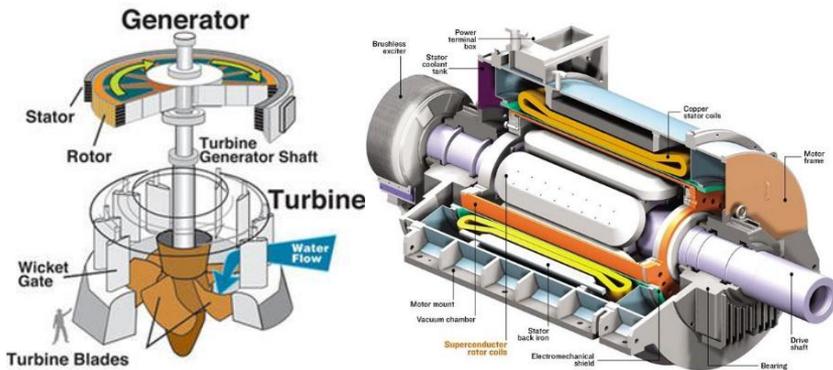
- d. Pipa pesat (penstock), berfungsi untuk menyalurkan dan mengarahkan air ke cerobong turbin. Salah satu ujung pipa pesat dipasang pada bak penenang minimal 10 cm diatas lantai dasar bak penenang. Sedangkan ujung yang lain diarahkan pada cerobong turbin. Pada bagian pipa pesat yang keluar dari bak penenang, dipasang pipa udara (Air Vent) setinggi 1 m diatas permukaan air bak penenang. Pemasangan pipa udara ini dimaksudkan untuk mencegah terjadinya tekanan rendah (Low Pressure) apabila bagian ujung pipa pesat tersumbat. Tekanan rendah ini akan berakibat pecahnya pipa pesat. Fungsi lain pipa udara ini untuk membantu mengeluarkan udara dari dalam pipa pesat pada saat start awal PLTMH mulai dioperasikan. $\frac{1}{2}$ inch \varnothing Diameter pipa udara \pm .
- e. Katup utama (Main Inlet Valve), berfungsi untuk mengubah energi potensial menjadi energi kinetic



Gambar 4.5 Katup Utama

- f. Turbin merupakan peralatan yang tersusun dan terdiri dari beberapa peralatan suplai air masuk turbin, diantaranya sudu (runner), pipa pesat (penstock), rumah turbin (spiral chasing), katup utama (inlet valve), pipa lepas (draft tube), alat pengaman, poros, bantalan (bearing), dan distributor listrik. Menurut momentum air turbin dibedakan menjadi dua kelompok yaitu turbin reaksi dan turbin impuls. Turbin reaksi bekerja karena adanya tekanan air, sedangkan turbin impuls bekerja karena kecepatan air yang menghantam sudu.

g. Generator, Generator listrik adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanis. Generator terdiri dari dua bagian utama, yaitu rotor dan stator. Rotor terdiri dari 18 buah besi yang dililit oleh kawat dan dipasang secara melingkar sehingga membentuk 9 pasang kutub utara dan selatan. Jika kutub ini dialiri arus eksitasi dari Automatic Voltage Regulator (AVR), maka akan timbul magnet. Rotor terletak satu poros dengan turbin, sehingga jika turbin berputar maka rotor juga ikut berputar. Magnet yang berputar memproduksi tegangan di kawat setiap kali sebuah kutub melewati “coil” yang terletak di stator. Lalu tegangan inilah yang kemudian menjadi listrik



Gambar 4.6 Turbin dan Generator

h. Drafttube atau disebut pipa lepas, air yang mengalir berasal dari turbin



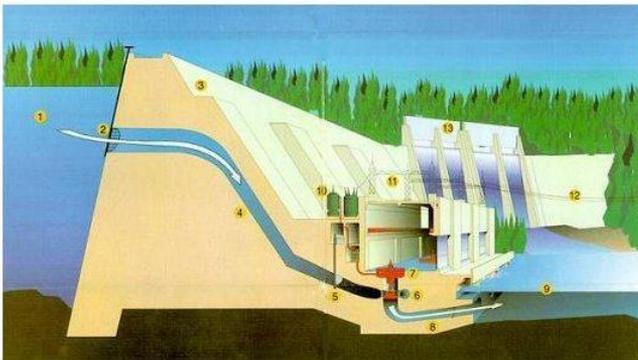
Gambar 4.7 Drafttube

- i. Tailrace atau disebut pipa pembuangan



Gambar 4.8 Trailrace

- j. Transformator adalah trafo untuk mengubah tegangan AC ke tegangan yang lebih tinggi.
- k. Switchyard (controler)
- l. Kabel transmisi
- m. Jalur Transmisi, berfungsi menyalurkan energi listrik dari PLTA menuju rumah-rumah dan pusat industri.
- n. Spillway adalah sebuah lubang besar di dam (bendungan) yang sebenarnya adalah sebuah metode untuk mengendalikan pelepasan air untuk mengalir dari bendungan atau tanggul ke daerah hilir.



4.9. PLTA di Indonesia

Daftar Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA) di Indonesia Diurutkan Berdasarkan wilayah:

- a. DI Aceh Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Angkup
- b. Sumatra Utara Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Sigura-gura
- c. Sumatra Barat Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Maninjau
- d. Bengkulu Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Tes
- e. Jawa Barat Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Cibadak, Cirata, Jati Luhur, dan Saguling
- f. Jawa Tengah Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Garung, Sempor, Tuntang, dan Wonogiri
- g. Jawa Timur Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Karangates, Lodaya, Paiton, Wlingi Raya, dan Selorejo
- h. Kalimantan Timur Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Pengeran Moh. Nor
- i. Kalimantan Selatan Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Riarn Kanan
- j. Sulawesi Selatan Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Sadang
- k. Sulawesi Tenggara Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Soroako
- l. Sulawesi Utara Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Tonsea
- m. Papua Terdapat Pembangkit Listrik Tenaga Air PLTA Sentani

4.10. Contoh Pembangunan PLTA

Adapun tahap-tahap pembangunan PLTA Cirata adalah sebagai berikut :

PLTA Cirata tahap I :

- a. Survey pendahuluan, dimulai tahun 1975
- b. Studi kelayakan tahun 1980 -1981.
- c. Studi analisis dampak lingkungan, dimulai tahun 1981.
- d. Perencanaan rinci, Februari 1981 sampai Oktober 1982.
- e. Tahap pembangunan, mulai April 1983.

- f. Operasi Unit 1 & 2 : April 1988
 - g. Operasi Unit 3 & 4 : Oktober 1988
- PLTA Cirata tahap II :
- a. Perencanaan rinci & proses pengadaan : 1989 - 1990.
 - b. Tahap pembangunan, mulai 1991.
 - c. Operasi Unit 5 & 6 : Agustus 1997
 - d. Operasi Unit 7 & 8 : April 1998

Daftar Pustaka

- Dandekar, MM dan K.N.Sharma. 1991. Pembangkit Listrik Tenaga Air. Jakarta : Universitas Indonesia (UI-Press).
- Mosonyi, Emil. 1963. Water Power Development Volume One Low Head Power Plant. Budapest : Akademi Kiado
- Patty, O.F. 1995. Tenaga Air. Erlangga : Surabaya.
- Honing, J. 1996. Konstruksi Bangunan Air. Pradnya Paramita : Jakarta.
- Kadir, Abdul, 1996, Pembangkit Tenaga Listrik, Jakarta: Universitas Indonesia (UI-Press).
- https://id.wikipedia.org/wiki/Pembangkit_listrik_tenaga_air
- https://id.wikipedia.org/wiki/Daftar_pembangkit_listrik_di_Indonesia
- <http://gmenergy.com/index.php/renewable-articles/microhydro/101-tenaga-air>
- http://plta.cj.web.id/id3/1317-1213/PLTA_29170_plta-cj.html
- <http://ariefdjo.blogspot.co.id/2012/01/sejarah-hydropower-plta.html>
- <https://zmpulungan.wordpress.com/2013/10/06/pembangkit-listrik-tenaga-air/>
- <https://mohab.wordpress.com/2008/03/01/bagaimana-plta-bekerja/>
- <http://jonny-havianto.blogspot.co.id/2013/05/aspek-lingkungan-pembangkit-listrik.html>
- <https://konversi.wordpress.com/2010/05/01/sekilas-mengenai-pembangkit-listrik-tenaga-air-plta>

BAB V

KANAL BANJIR/TERUSAN

5.1. Sejarah Kanal Banjir/Terusan didunia dan di Indonesia

5.1.1. Sejarah Kanal Banjir/Terusan didunia

Seperti yang kita ketahui banyak sekali terdapat kanal/Terusan yang ada didunia ini, tetapi jika berbicara tentang sejarah awalnya tentang kanal/Terusan atau Kanal yang sudah ada sangat-sangat lama sekali didunia ini mungkin kita bisa mengambil contoh Kanal/Terusan Panama. Gagasan pembangunan Terusan Panama dicetuskan pertama kali pada tahun 1524 oleh raja Spanyol saat itu, Charles V. Raja berpendapat jika tanah genting di Panama dibelah maka akan meringankan perjalanan kapal-kapal kerajaan yang berlayar dari Ekuador ke Peru ataupun sebaliknya. Tahun-tahun berikutnya, sejumlah kerajaan lain di Eropa juga mengemukakan gagasan yang sama namun masih terbentur kendala teknologi dan sumber daya. Pembangunan fisik terusan akhirnya baru berhasil dimulai pada tanggal 1 Januari 1880. Saat itu Pemerintah Perancis yang terinspirasi dari kesuksesan insinyurnya, Ferdinand de Lesseps, yang berhasil mendirikan Terusan Suez di benua Afrika, memutuskan memulai proyek mahasulit ini. Pembangunan terusan dipercayakan langsung pada de Lesseps. Sayangnya, karena terkesan buru-buru dan tidak melakukan studi geologi dan hidrologi yang memadai, proyek ini mulai banyak memakan korban jiwa dan dana. Wabah malaria dan demam kuning merebak dan sejumlah besar pekerja terjangkit dan bahkan meninggal dunia (tercatat sekitar 22.000 orang) sehingga proyek

mulai terbengkalai. Peralatan yang terbuat dari besi dan baja mulai berkarat, sebagian pekerja angkat tangan dan kembali ke negaranya. Melihat kondisi ini, pemerintah Perancis pada tahun 1893 memutuskan menghentikan sementara proyek ini. Selanjutnya pada tahun 1898, Perancis melobi Amerika Serikat (AS) untuk meneruskan proyeknya. Tahun 1902, Senat AS menyetujui pengambilalihan proyek ini. Tahun 1904, presiden AS masa itu, Theodore Roosevelt, memutuskan membeli sisa-sisa peralatan proyek dari Perancis dan meneruskan pembangunan terusan. Namun, hal ini dilakukan AS setelah berhasil memerdekakan Panama dari Kolombia. Sebagai kompensasinya, Pemerintah Panama memberikan hak pengelolaan terusan kepada AS. Pembangunan Terusan Panama pun dilanjutkan kembali! Kali ini melalui persiapan matang dan penyediaan infrastruktur yang memadai. Presiden Theodore Roosevelt menunjuk George Washington Goethals sebagai pimpinan proyek. Peralatan lama sedikit demi sedikit mulai diganti dengan peralatan baru yang lebih canggih. Tahun 1914, proyek Terusan Panama berhasil diselesaikan. Dua tahun lebih cepat dari target yang ditetapkan yaitu pada 1 Juni 1916. Terusan Panama akhirnya dibuka secara resmi pada 15 Agustus 1914 yang bertepatan dengan mulai berkecamuknya Perang Dunia I di Eropa dan kapal laut pertama yang melintas adalah sebuah kapal kargo yang bernama, Ancon. Pada 1930an, Terusan Panama disempurnakan dengan diciptakannya danau-danau buatan sebagai penampung air yang dibuka jika ada kapal yang akan lewat. Selain itu juga dibuat beberapa pintu air. Setelah Perang Dunia II, rakyat Panama mulai menuntut hak pengelolaan dan selain itu memprotes kehadiran militer AS yang semakin hari semakin bertambah banyak. Akhirnya pada 7 September 1977, Presiden AS, Jimmy Carter dan Presiden Panama, Omar Torrijos menandatangani sebuah kesepakatan yang mengizinkan Panama mengelola sendiri terusan itu namun tetap menjamin netralitas kawasan (Neutrality Treaty) dan AS diizinkan untuk kembali kapan saja. Akan tetapi, kesepakatan ini dikecam oleh sebagian besar rakyat AS. Selanjutnya, pada 31 Desember 1999, pengelolaan terusan diserahkan sepenuhnya ke Panama melalui Otoritas Terusan Panama/Panama Canal Authority (ACP). Sebelum

penyerahan ini, pemerintah Panama telah mengadakan tender internasional untuk 25 tahun kontrak pengoperasian pelabuhan kontainer yang dimenangkan oleh perusahaan Hutchison Whampoa.

Cara Pengoperasian Berbeda dengan Terusan Suez, Terusan Panama mengandalkan sejumlah pintu air dan beberapa danau buatan. Dari Teluk Limon di Samudera Atlantik, kapal memasuki pintu air Gatun Locks yang mengangkat kapal setinggi 26 meter dari permukaan laut. Sejumlah lokomotif listrik kecil menuntun atau mendorong kapal melintasi pintu-pintu air tersebut. Kapal kecil mematikan mesin dan didorong, sedang kapal besar dituntun tapi tetap bergerak dengan kekuatan sendiri. Pintu air raksasa dari baja di belakang kapal ditutup dan pintu air di depannya dibuka untuk mengalirkan air pelan-pelan dari Danau Gatun. Ada tiga pintu air yang harus dilewati, yang akhirnya menaikkan kapal sampai sejajar dengan permukaan danau. Kapal kemudian melepaskan diri dari lokomotif listrik dan berlayar melintasi danau buatan itu sejauh 22 mil atau 35 kilometer. Danau buatan ini semula adalah lembah Sungai Chagres yang dibendung dengan membangun dam raksasa Gatun. Sesampai di ujung tenggara Danau Gatun kapal memasuki Lintasan Gaillard (gill-yard) yang panjangnya 13 kilometer, lebar 150 meter dan kedalaman minimum 13 meter. Di ujung lintasan Gaillard kapal kembali memasuki pintu air yang juga dilengkapi lokomotif-lokomotif pendorong. Pintu air pertama Pedro Miguel Locks menurunkan kapal 9 meter ke permukaan danau Miraflores. Dari sini kapal kemudian berlayar melintasi danau Miraflores sejauh 2 setengah kilometer ke pintu air Miraflores atau Miraflores Locks. Disini dua pintu air menurunkan kapal sampai sejajar dengan permukaan Samudera Pasifik. Dan dari sini kapal berlayar memasuki Teluk Panama dan kemudian keluar ke Samudera Pasifik. Diukur dari Teluk Limon di Samudera Atlantik ke Teluk Panama di Samudera Pasifik terusan ini memiliki panjang sekitar 82 kilometer dengan lama pelayaran sekitar 8 jam. Rata-rata ada 12.000 kapal melintasi terusan ini setiap tahun, atau sekitar 33 kapal sehari. Tetapi karena sempit, terusan ini tidak dapat dilewati kapal induk dan kapal tangki raksasa. Oleh karenanya kapal-kapal yang bisa melintas di terusan Panama disebut kapal-kapal Panamaz.

Otoritas terusan menetapkan tarif untuk melintas Terusan Panama berdasarkan jenis kapal, ukuran, dan kargo apa yang dimuat dalam kapal. Tahun 2007, Otoritas telah menetapkan tarif terbarunya dan kapal Disney Cruise Line asal AS pada tahun 2008 mencatat rekor sebagai pembayar tarif termahal yaitu sejumlah USD 331.200.



(a)

(b)

Gambar 5.1 Terusan Panama

5.1.2. Sejarah Kanal Banjir/Terusan yang ada di Indonesia

Dari sudut geomorfologis, Kota Jakarta amat rentan terhadap ancaman banjir. Selain berada di dataran rendah, bahkan lebih rendah dari permukaan laut, Jakarta merupakan daerah aliran 13 sungai yang bermuara di Teluk Jakarta. Daerah aliran 13 sungai juga menyebar merata di semua wilayah Jakarta. Di Jakarta bagian timur ada Sungai Cakung, Jati Kramat, Buaran, Sunter, dan Cipinang. Di bagian tengah ada Sungai Ciliwung, Cideng, dan Krukut. Di barat ada Sungai Grogol, Sekretaris, Pesanggrahan, Mookervart, dan Angke. Faktor tingginya curah hujan juga memberi sumbangan yang signifikan terjadinya banjir di Jakarta dan kawasan sekitarnya. Demikian pula, ketidakdisiplinan pemerintah dan masyarakat memelihara lingkungan, melanggar tata ruang langsung maupun tak langsung ikut andil bagi terjadinya banjir. Dalam sejarah, beberapa kali banjir melanda Jakarta dan merenggut korban jiwa dan harta benda penduduk. Di antaranya, tahun 1621, 1654, 1918 semasa pemerintahan kolonial Belanda. Sedangkan dalam beberapa dekade terakhir, banjir cukup besar terjadi tahun 1976 dan 1996, menelan puluhan korban jiwa. Ironisnya, meski banjir bagi Jakarta sudah

menjadi ancaman tahunan, namun belum ada langkah strategis untuk mengatasinya secara terpadu dan menyeluruh. Yang tampak hanya pendekatan kuratif situasional dan sesaat. Bahkan kalau muncul gagasan-gagasan preventif, sifatnya cenderung parsial. Kenyataan ini jelas amat berbeda dengan sikap penguasa kolonial Belanda yang menaruh perhatian serius terhadap upaya pencegahan banjir, sebagaimana tampak pada konsep yang disusun Prof H van Breen dan kawan-kawannya. Bahkan lebih dari itu, buah pikiran van Breen dan kawan-kawan, hingga kini masih relevan untuk dijadikan acuan bagi upaya pencegahan banjir di wilayah Jakarta dan sekitarnya.

Salah satu tokoh yang amat lekat dengan sejarah perjuangan Jakarta mengatasi banjir adalah Prof Dr H van Breen. Kiprah perannya saat ditugaskan oleh “Departement Waterstaat” memimpin “Tim Penyusun Rencana Pencegahan Banjir” secara terpadu meliputi seluruh kota wilayah Batavia yang saat itu baru seluas 2.500 Ha. Penugasan itu diterimanya setelah Kota Batavia di tahun 1918 (sebutan untuk Jakarta saat itu) terendam banjir yang merenggut banyak korban jiwa. Setelah mempelajari dengan saksama berbagai aspek penyebab banjir, H van Breen dan Tim menyusun strategi pencegahan banjir yang dinilai cukup spektakuler saat itu. Tak dapat disangkal, prinsip-prinsip pencegahan banjir itu lalu dijadikan acuan pemerintah dalam mengatasi banjir di Jakarta. Konsep van Breen dan kawan-kawan sebenarnya sederhana, namun perlu perhitungan cermat dan pelaksanaannya butuh biaya tinggi. Substansinya adalah mengendalikan aliran air dari hulu sungai dan membatasi volume air masuk kota. Karena itu, perlu dibangun saluran kolektor di pinggir selatan kota untuk menampung limpahan air, dan selanjutnya dialirkan ke laut melalui tepian barat kota. Saluran kolektor yang dibangun itu kini dikenal sebagai “Banjir-Kanal” yang memotong Kota Jakarta dari Pintu Air Manggarai bermuara di kawasan Muara Angke. Penetapan Manggarai sebagai titik awal karena saat itu, wilayah ini merupakan batas selatan kota yang relatif aman dari gangguan banjir sehingga memudahkan sistem pengendalian aliran air di saat musim hujan. Banjir Kanal itu mulai dibangun tahun 1922. Dikerjakan bertahap yakni dari Pintu Air

Manggarai menuju Barat, memotong Sungai Cideng, Sungai Krukut, Sungai Grogol, terus ke Muara Angke. Untuk mengatur debit aliran air ke dalam kota, banjir kanal dilengkapi beberapa “Pintu Air”, antara lain, Pintu Air Manggarai (untuk mengatur debit Kali Ciliwung Lama) dan Pintu Air Karet (untuk membersihkan Kali Krukut Lama dan Kali Cideng Bawah dan terus ke Muara Baru). Dengan adanya Banjir Kanal, beban sungai di utara saluran kolektor relatif terkendali. Karena itu, alur-alur tersebut, serta beberapa kanal yang dibangun kemudian, dimanfaatkan sebagai sistem makro drainase kota guna mengatasi genangan air di dalam kota.

Konsep H van Breen lalu menjadi acuan bagi upaya pencegahan banjir di masa-masa selanjutnya. Namun, akibat menjamurnya permukiman di bagian timur dan selatan Jakarta yang ada di luar area banjir kanal, Jakarta kembali menghadapi ancaman banjir yang serius. Celakanya, akibat keterbatasan dana, Pemerintah Daerah hampir tak berdaya mengatasinya. Pemerintah pusat pun turun tangan. Melalui Keputusan Presiden RI Nomor 29 Tahun 1965, 11 Februari 1965 dibentuk “Komando Proyek Pencegahan Banjir DKI Jakarta”, disingkat “Kopro Banjir”, sebagai badan yang khusus menangani masalah banjir di Jakarta. Dalam mengatasi banjir, strategi Kopro Banjir pada prinsipnya hanya mengembangkan konsep yang disusun H van Breen dan kawan-kawan. Namun, implementasinya terpaksa disesuaikan dengan Pola Induk Tata Pengairan DKI Jakarta yang sudah ada saat itu. Karenanya, dalam pelaksanaannya, Kopro Banjir cenderung mengedepankan sistem polder yang dikombinasikan dengan waduk dan pompa. Hasil kerja dari Kopro Banjir itu antara lain: (a) Pembangunan Waduk Setia Budi, Waduk Pluit, Waduk Tomang, Waduk Grogol. Bersamaan dengan itu juga dilakukan rehabilitasi terhadap sungai-sungai di sekitarnya; (b) Pembangunan Polder Melati, Polder Pluit, Polder Grogol, Polder Setia Budi Barat, dan Polder Setia Budi Timur; (c) Pembuatan sodetan Kali Grogol, Kali Pesanggrahan, dan Gorong-gorong Jalan Sudirman.

Modifikasi Master Plan 1981 Ketika Ali Sadikin menjabat Gubernur DKI Jakarta, Pemda DKI Jakarta menyusun Rencana Induk Jakarta tahun 1966-1988. Salah satu bagian penting dari rencana

induk itu adalah Rencana Tata Ruang Kota Jakarta. Rencana Tata Ruang Kota ini lalu dijadikan acuan dalam penyusunan Master Plan Pengendalian Banjir yang disahkan tahun 1973 (karenanya disebut Master Plan 1973). Dalam master plan ini, sistem yang dianut lebih bersifat pengembangan konsep Herman van Breen yang disesuaikan dengan kondisi fisik Jakarta yang telah banyak berubah dan rencana pengembangannya ke depan. Oleh karena itu, rencana pembangunan saluran kolektor jadi prioritas dalam Master Plan 1973, sebagaimana tercermin pada langkah-langkah: (a) Memperpanjang Saluran Kolektor yang sudah ada ke arah Barat, yang kini dikenal sebagai “Cengkareng Drain”; (b) Membangun Saluran Kolektor di bagian Timur yang kemudian dikenal sebagai “Cakung Drain”, untuk menampung aliran air dari Kali Sunter, Buaran, Cakung, dan Jati Kramat. Dengan adanya tambahan saluran kolektor, maka Jakarta memiliki tiga “banjir kanal”, masing-masing di bagian Timur, Tengah, dan Barat kota. Sayangnya langkah-langkah itu belum juga mampu mengatasi ancaman banjir rutin setiap tahun. Bahkan intensitas ancamannya cenderung meningkat, setidaknya terlihat pada perkembangan luas area genangan di musim hujan. Karena itu, setelah melewati proses evaluasi, Master Plan 1973 akhirnya dimodifikasi. Sebab harus menyesuaikan dengan perkembangan kota, pelaksanaannya pun sering menghadapi kendala tingginya biaya pembebasan tanah. Konsep hasil modifikasi itu lalu dikenal sebagai “Modifikasi Master Plan 1981”. Hal-hal pokok dalam konsep modifikasi ini antara lain adalah: (a) Banjir kanal yang ada tetap menampung aliran Kali Ciliwung, Kali Cideng, Kali Krukut, dan bermuara di Muara Angke; (b) Pompa Cideng digunakan untuk menampung air Kali Cideng Bawah; (c) Sodetan Kali Sekretaris-Grogol untuk menampung air Kali Sekretaris dan Kali Grogol; (d) Saluran Banjir Cengkareng (Cengkareng Drain) menampung aliran air dari Sungai Pesanggrahan, Sungai Angke, Sungai Moorkervart; (e) Pengembangan area layanan Polder (waduk dan pompa); (f) Pengembangan area layanan normalisasi dan sodetan kali.

Sejarah Penanggulangan Banjir Jakarta Untuk menangani banjir, Provinsi DKI Jakarta telah membangun serangkaian Sistem Pengendali Banjir di Jakarta. Sistem Kawasan Pengendali Banjir dan

Drainase di Jakarta yang diperkirakan akan bertahan sampai tahun 2010.

Tahun 1619 Jan Pieterz Coen membangun Batavia dengan konsep kota air (waterfront city) dengan membuat sejumlah kanal seperti di Amsterdam atau kota-kota lain di Belanda. Pembangunan kanal adalah untuk mencegah banjir.

Tahun 1654 Banjir menggenangi Jakarta akibat Sungai Ciliwung meluas menyusul pembukaan hutan di kawasan Puncak yang dijadikan perkebunan teh.

Tahun 1854 Berdiri badan khusus yang bertugas mengurus banjir, yakni Burgelijke Openbare Werken atau disingkat BOW, cikal bakal Departemen PU, yang sekarang bernama Departemen Permukiman dan Prasarana Wilayah

Tahun 1873 Hampir seluruh kota Batavia terendam hingga satu meter.

Tahun 1918 Banjir kembali melanda sebagian wilayah Batavia. Air menggenangi Straat Belandongan, Kali Besar Oost, Pinangsia, Prinsenlaan, Tanah Tinggi, Pejambon, Grogol, Kebon Jeruk, Kampung Tambora, Kampung Klenteng Kapuran, Kampung Tangki, Petaksinkian, belakang penjara Glodok, Pinangsia, Kali Gunung Sahari, Angke, Pekojan. Saat itu, Jakarta sedang dilanda wabah kholera, setiap hari ada sekitar 6–8 orang masuk rumah sakit. Gemeenteraad Batavia (DPRD) mengadakan sidang paripurna pada pukul 19.15. Sidang dihadiri walikota Bischoff dan 14 anggota DPRD. Hadir pula Herman van Breen, ahli tata air Jakarta yang memunculkan ide membangun Banjir Kanal Barat dan Banjir Kanal Timur untuk mengatasi banjir. Tetapi Herman van Breen tidak menjamin pembangunan kanal dapat mengatasi banjir di Jakarta. Banjir kanal dan pintu air Manggarai hanya mengalihkan wilayah banjir.

Tahun 1919–1920 Mulai dilakukan pembuatan Banjir Kanal dari Manggarai di kawasan Batavia Selatan sampai ke Muara Angke di pantai utara. Untuk mengatur aliran air dibangun Pintu Air Manggarai dan Pintu Air Karet. Inti konsep ini adalah pengendalian aliran air dari hulu sungai dan mengatur volume air yang masuk ke kota Jakarta. Termasuk juga disarankan adalah penimbunan daerah-

daerah rendah. Gagasan ini muncul dari Prof H van Breen dari *Burgelijke Openbare Werken* atau disingkat BOW, cikal bakal Departemen PU.

Tahun 1965 Pemerintah pusat ikut membantu menangani banjir di Jakarta. Melalui Keputusan Presiden RI Nomor 29 Tahun 1965, 11 Februari 1965 dibentuk “Komando Proyek Pencegahan Banjir DKI Jakarta”, disingkat “Kopro Banjir”, sebagai badan yang khusus menangani masalah banjir di Jakarta. Strategi Kopro Banjir pada prinsipnya hanya mengembangkan konsep yang disusun H van Breen dan kawan-kawan. Hasil kerja Kopro Banjir itu antara lain: (a) Pembangunan Waduk Setia Budi, Waduk Pluit, Waduk Tomang, Waduk Grogol. Merehabilitasi sejumlah sungai di sekitarnya; (b) Pembangunan Polder Melati, Polder Pluit, Polder Grogol, Polder Setia Budi Barat, dan Polder Setia Budi Timur; (c) Pembuatan sodetan Kali Grogol, Kali Pesanggrahan, dan Gorong-gorong Jalan Sudirman.

Tahun 1973 Disusun Master Plan Pengendalian Banjir yang kemudian dikenal sebagai Master Plan 1973. Prioritas dalam Master Plan 1973 adalah: (a) Memperpanjang Saluran Kolektor yang sudah ada ke arah Barat, yang kini dikenal sebagai “Cengkareng Drain”; (b) Membangun Saluran Kolektor di bagian Timur yang kemudian dikenal sebagai “Cakung Drain”, untuk menampung aliran air dari Kali Sunter, Buaran, Cakung, dan Jati Kramat. Dengan adanya tambahan saluran kolektor, maka Jakarta memiliki tiga “banjir kanal”, masing-masing di bagian Timur, Tengah, dan Barat kota.

Tahun 1975 Dengan bantuan *Netherlands Engineering Consultants*, disusun “Master Plan for Drainage and Flood Control of Jakarta”. Berdasarkan rencana induk ini, (Soehoed: Dalam *Membenahi Tata Air Jabotabek*), pengendalian banjir di Jakarta akan bertumpu pada dua terusan yang melingkari sebagian besar wilayah kota. Terusan itu akan menampung semua arus air dari selatan dan dibuang ke laut melalui bagian-bagian hilir kota. Terusan itu sekarang dikenal dengan nama Banjir Kanal Barat dan Banjir Kanal Timur. Ini adalah salah satu upaya pengendalian banjir Jakarta di samping pembuatan waduk dan penempatan pompa pada daerah-daerah yang lebih rendah dari permukaan air laut.

Di dalam rencana induk itu dirancang sistem pengendalian dengan membuat kanal yang memotong aliran sungai atau saluran di wilayah Jakarta Barat. Kanal ini adalah perluasan terusan banjir peninggalan Van Breen, yang kemudian disebut sebagai Banjir Kanal Barat (BKB).

Tahun 1979 Banjir melanda wilayah Jakarta Barat. Pemerintah pusat bersama Pemerintah Daerah DKI Jakarta berupaya mengurangi potensi terjadinya genangan pada masa yang akan datang. Rencana perluasan Banjir Kanal Barat diganti dengan pembuatan jaringan pengendali banjir lainnya, yakni jaringan kanal dan drainase yang dinamakan Sistem Drainase Cengkareng. Saluran banjir Cengkareng selesai dibuat pada tahun 1983.

Tahun 1983 Masterplan penanganan banjir tahun 1973 dimodifikasi dengan pokok konsep: (a) Banjir kanal yang ada tetap menampung aliran Kali Ciliwung, Kali Cideng, Kali Krukut, dan bermuara di Muara Angke; (b) Pompa Cideng digunakan untuk menampung air Kali Cideng Bawah; (c) Sodetan Kali Sekretaris-Grogol untuk menampung air Kali Sekretaris dan Kali Grogol; (d) Saluran Banjir Cengkareng (Cengkareng Drain) menampung aliran air dari Sungai Pesanggrahan, Sungai Angke, Sungai Moorkervart; (e) Pengembangan area layanan Polder (waduk dan pompa); (f) Pengembangan area layanan normalisasi dan sodetan kali.

Tahun 1991 Untuk mengatasi banjir di Jakarta secara menyeluruh, pemerintah kota Jakarta bersama Japan International Cooperation Agency melakukan penelitian “The Study on Urban Drainage and Wastewater Disposal Project in the City of Jakarta”.

Tahun 1996 Banjir besar melanda sebagian wilayah Jakarta.

Tahun 1997 Pemerintah bersama Japan International Cooperation Agency kembali melakukan study menyeluruh untuk mengatasi banjir di Jakarta yang hasilnya kemudian dinamakan “The Study on Comprehensive River Water Management Plan in Jabotabek”.

Tahun 2002 Banjir melanda sebagian wilayah Jakarta. Ini menjadi banjir besar pertama yang melanda Jakarta sejak kota ini didirikan pada awal abad 17. Banjir tidak hanya melumpuhkan kegiatan ekonomi, tetapi juga menggenangi Istana Negara.

Tahun 2003 Proyek Banjir Kanal Timur (BKT) dicanangkan dan ditargetkan bias rampung tahun 2010. Proyek yang saat itu diperkirakan menelan biaya Rp 4,124 triliun akan membentang sepanjang 23,5 kilometer. Rata-rata lebar sungai sekitar 100 meter, dengan kedalaman tiga meter. BKT direncanakan untuk menampung aliran Kali Cipinang, Kali Sunter, Kali Buaran, Kali Jati Kramat, dan Kali Cakung. Daerah tangkapan air (catchment area) mencakup luas lebih kurang 207 kilometer persegi atau sekitar 20.700 hektar. Rencana pembangunan BKT tercantum dalam Peraturan Daerah Provinsi DKI Jakarta Nomor 6 Tahun 1999 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah 2010 Provinsi DKI Jakarta.

Tahun 2007 Banjir melanda sebagian wilayah Jakarta. Jakarta Selatan yang meliputi 9 wilayah, Jakarta Timur 8 wilayah, Jakarta barat 7 wilayah, Jakarta Utara 6 wilayah dan Jakarta Pusat 3 wilayah. Sekitar 66 orang tewas dan kerugian ekonomi mencapai Rp8 triliun.



Gambar 5.2 Kanal Banjir Jakarta

5.2. Pengertian kanal banjir

Menurut KBBI (Kamus Besar Bahasa Indonesia) Terusan adalah saluran buatan untuk keperluan mengalihkan lalu lintas pelayaran atau mengatur pengaliran air irigasi. Jadi, terusan ini sebelumnya merupakan sebuah daratan yang kemudian digali menjadi sebuah saluran air yang dapat berguna untuk berbagai kepentingan. Biasanya, terusan langsung terhubung dengan berbagai macam sumber air seperti laut, danau, sungai, dan sebagainya.

5.3. Jenis Kanal Banjir/Terusan

Ada 2 jenis terusan yang dikenal yaitu :

- a. terusan Irigasi : adalah terusan yang hanya digunakan untuk mengarahkan dan mengalirkan air saja.
- b. Terusan Navigasi : adalah terusan yang digunakan sebagai jalan pintas untuk berbagai kendaraan laut yang mengangkut barang dan orang seperti kapal.

5.4. Manfaat & Tujuan Kanal Banjir/Terusan

5.4.1. Manfaat Kanal Banjir/Terusan

Sebagai cara untuk memotong rute pelayaran agar lebih singkat. Jadi, sebelum adanya terusan, jalur pelayaran kapal menjadi lebih lama. Sebagai contoh adalah Terusan Suez. Dulunya, sebelum adanya Terusan Suez, kapal dari benua Eropa yang ingin ke benua Asia dan sebaliknya harus terlebih dahulu mengelilingi benua Afrika agar bisa sampai ditempat tujuan. Namun, dengan adanya terusan Suez ini sekarang jalur pelayaran dapat dipersingkat dengan hanya melewati terusan yang menghubungkan antara Pelabuhan Said di Laut Tengah dan Suez di Laut Merah.

5.4.2. Tujuan Kanal Banjir/Terusan

- a. Sebagai penghubung antara dua laut atau danau yang terpisah oleh daratan
- b. Sebagai sarana akses laut bagi kota yang terletak jauh didaratan.

5.5. Syarat- syarat Kanal Banjir/Terusan

Syarat suatu kanal untuk dapat dipakai sebagai terusan adalah kanal tersebut harus memiliki kedalaman minimal 5 m (16,4 kaki).

5.6. Peraturan/Standar dalam merencanakan Kanal Banjir/Terusan

- a. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia nomor 20 tahun 2010 Tentang Angkutan di Perairan
- b. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor Tahun 2011 Tentang Sungai
- c. SNI-03-1724-1989 Tata cara Perencanaan Hidrologi dan Hidraulik

- d. SNI 1724-2015 Analisis Hidrologi, Hidraulik, dan kriteria desain bangunan air
- e. European Agreement on Main Inland Waterways of International Importance (AGN) tahun 1996
- f. The Inland Transport Committee of the United Nations Economic Commission for Europe (ECE)

5.7. Kriteria Perencanaan pada Terusan

1. Perencanaan Perbaikan dan Pengaturan Sungai sebagai Terusan

Perencanaan perbaikan dan pengaturan Terusan diadakan dan disesuaikan dengan tingkat perkembangan suatu Terusan yang telah dibuat, serta kebutuhan masyarakat pengguna Terusan. Terusan diperbaiki dan diatur sedemikian rupa sehingga dapat diadakan pencegahan terhadap bahaya banjir dan sedimentasi yang mengakibatkan lalu lintas kapal terganggu, serta mengusahakan agar alur Terusan senantiasa dalam keadaan stabil. Dengan demikian akan memudahkan pemanfaatan air yang akan memberikan kemudahan dalam penyadapan, pelestarian lingkungan, dan menjamin kelancaran serta keamanan lalulintas sungai.

2. Perencanaan Pemanfaatan Sungai sebagai Terusan

Perencanaan pemanfaatan air dapat berarti perencanaan pengurangan debit banjir, sehingga dalam perencanaannya sering dilakukan bersama-sama dengan perencanaan pengembangan wilayah sungai.

3. Perencanaan Pengembangan Wilayah

Perencanaan pengembangan wilayah Terusan secara garis besar merupakan pengembangan sumber air dalam mendukung pengembangan ekonomi lainnya, seperti pengembangan industri dan pertanian dalam daerah pengaliran Terusan. Rencana ini akan menetapkan sasaran-sasaran tertentu yang terdiri dari pengendalian banjir, pembangkit listrik, irigasi, penyediaan air bersih, air industri, ataupun sarana lalulintas sungai. Terhadap sasaran-sasaran tersebut harus disusun dalam skala prioritas dan dapat dikelompokkan secara berurutan dalam sasaran primer dan

sasaran sekunder. Tingkat pengembangan sungai biasanya dibatasi oleh berbagai kondisi, seperti kondisi geografis, teknis, sosial, dan dapat mempertimbangkan kebutuhan masyarakat, sehingga modal yang akan ditanam dapat meningkatkan kemajuan ekonomi secara maksimum.

4. Perencanaan Perbaikan dan Pelestarian lingkungan

Inti dari perbaikan lingkungan Terusan ini meliputi konservasi kualitas air sungai, serta konservasi dan pengaturan Terusan menjadi ruang terbuka yang dapat dimanfaatkan sebagai tempat rekreasi penduduk. Oleh sebab itu kualitas air harus dipelihara, agar tidak menurun melampaui batas-batas yang diijinkan. Dengan demikian perbaikan sistem pembuangan air kotor dan pengaturan pembuangan limbah industri pada dasarnya sangat diperlukan, dan bersamaan dengan itu perlu pula dipertimbangkan pengamanan terhadap sungainya sendiri, seperti perbaikan resim hidrologi, pembersihan air buangan yang akan dialirkan ke sungai, serta pengerukan sedimen.

5. Perencanaan lalu lintas Terusan

Perencanaan lalu lintas terusan berhubungan tentang kegunaan Terusan sebagai lalulintas pelayaran suatu kapal, perencanaan ini dikhususkan tentang perhitungan kedalaman dan lebar Terusan yang dapat dilalui kapal, dan kapal jenis apa yang bisa melewati terusan ini

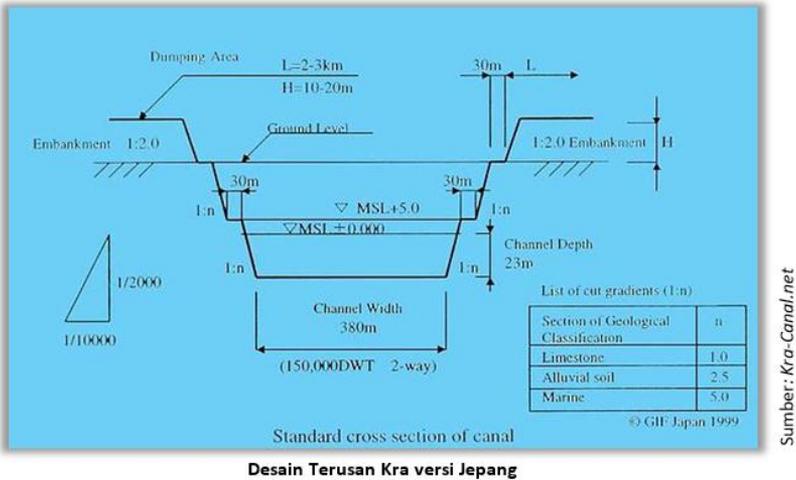
5.8. Tahapan pembuatan Terusan

1. Pembebasan Lahan dan Surat menyurat Perizinan

Seperti yang kita ketahui Terusan adalah suatu daerah dataran yang diubah menjadi daerah aliran sungai. Untuk itu perlu adanya pembebasan lahan yang masuk dalam cakupan daerah yang akan dibuat terusan.

2. Perencanaan Design Terusan

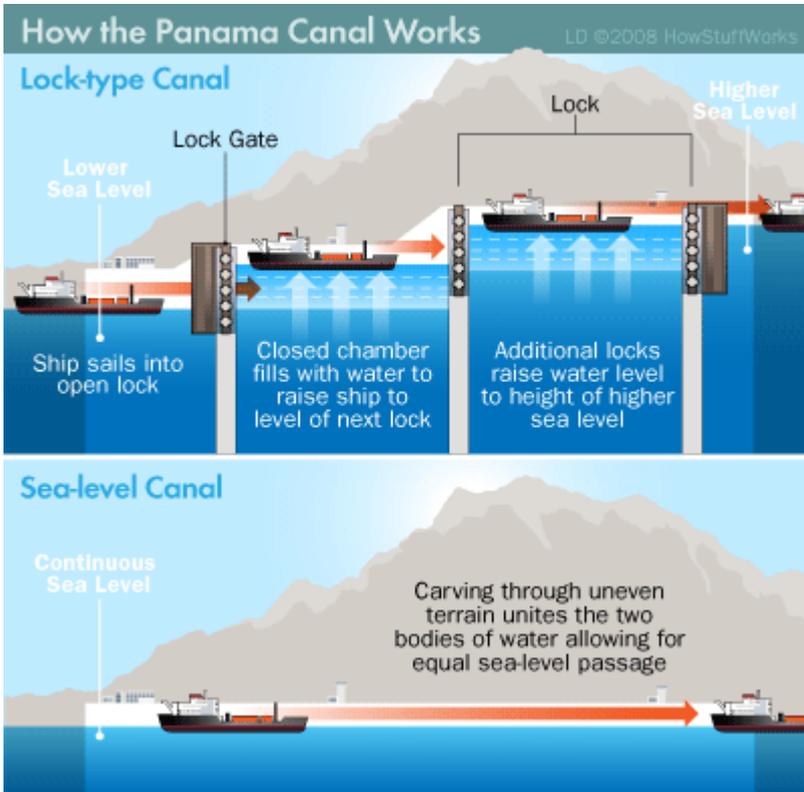
Perencanaan design Terusan meliputi perencanaan dimensi saluran Terusan, Beda Tinggi Hulu dan Hilir, Arus air yang masuk, perhitungan data klimatologi dan Aspek Hidrologi, Pengecekan Situasi wilayah, Kontur dll



Gambar 5.3. Contoh Design Terusan Navigasi

3. Perencanaan Lalulintas Terusan Sebagai Sarana Transportasi

Perencanaan ini meliputi tentang kriteria Sarana transportasi yang akan melalui Terusan Seperti Syarat Kapal apa saja yang bisa lewat, berapa panjangnya, berapa lebarnya dan berapa bobot kapal itu.



Gambar 5.4 Cara kerja dipintu masuk Terusan Panama

4. Pembangunan Terusan

Setelah semuanya terpenuhi barulah dilakukan pembangunan Terusan yang diawali dari pengerukan lahan Terusan.

5.9. Contoh-contoh Kanal banjir yang ada di dunia dan Indonesia

5.9.1. Contoh-contoh kanal Banjir/Terusan didunia

1. Terusan Laut Putih-Baltik : Terletak di Rusia, panjang 141 mil (227 km), dibuka pada 1933, sebagian merupakan sungai yang dikonstruksi, kanal buatan dan danau.
2. Terusan Suez : Terletak di Mesir, panjang 100 mil (160 km), dibuka pada 1869, menghubungkan Laut Tengah ke Laut Merah.
3. Terusan Volga-Don : Terletak di Rusia, panjang 62 mil (100 km), dibuka pada 1952, menghubungkan Laut Hitam, Laut Azov dan Laut Kaspia.

4. Terusan Kiel : Terletak di Jerman, panjang 60 mil (98 km), dibuka pada 1895, menghubungkan Laut Utara dan Laut Baltik.
5. Terusan Houston : Terletak di Amerika Serikat, panjang 56 mil (91 km), menghubungkan Houston, Texas dengan Teluk Meksiko.
6. Terusan Alphonse XIII : Terletak di Spanyol, panjang 53 mil (85 km), dibuka pada 1926, menghubungkan Sevilla dan Teluk Cadiz.
7. Terusan Panama : Terletak di Panama, panjang 51 mil (82 km), dibuka pada 1914, menghubungkan Laut Karibia dengan Samudra Pasifik.
8. Terusan Manchester : Terletak di Inggris, panjang 35 mil (57 km), dibuka pada 1894, menghubungkan Manchester dengan Laut Irlandia.
9. Terusan Welland : Terletak di Kanada, panjang 28 mil (45 km), dibuka pada 1931, menghubungkan Laut Erie dengan Danau Ontario.
10. Terusan Saint Lawrence : Terletak di Kanada dan Amerika Serikat, menghubungkan Montreal dengan Danau Superior.
11. Terusan Kra : Terletak di Thailand, terusan ini masih dalam tahap perencanaan, terusan ini akan melewati thailand bagian selatan

5.9.2. Contoh-contoh Kanal Banjir/Terusan yang ada di Indonesia

1. Kanal Banjir Barat : Terletak di Jakarta, panjang 4,5 km dibuka tahun 1919, dan dirancang oleh Prof. Ir. Hendrik van Breen
2. Kanal Banjir Timur : Terletak di Jakarta, dibuka tahun 1973, menghubungkan Jakarta Timur dan Jakarta Utara
3. Kanal Kalimas : Terletak di Surabaya, dibuka tahun 1920
4. Kanal Banjir Timur Semarang : Terletak Sawah Besar, Semarang
5. Kanal Banjir Barat Semarang : Terletak di Bojongsalaman, Semarang Barat

BAB VI

TANGGUL

6.1. Tanggul

Memiliki nama lain levee, dike, embankment, yaitu semacam tembok miring baik buatan maupun alami, dipergunakan untuk mengatur muka air. Sementara dari bahasa AngloSaxon, kata dic diartikan menggali parit dan membentuk tanah timbunan di atasnya. Biasanya terbuat dari tanah dan seringkali dibangun sejajar badan sungai atau pantai. Kata dike kemungkinan berasal dari bahasa Belanda dijk, dimana pembangunan tanggul telah terjadi sejak abad ke 12. Bangunan Westfrieze Omringdijk selesai dibangun tahun 1250, didirikan dengan menyambungkan tanggul-tanggul yang sudah berdiri sebelumnya.

Tanggul juga dapat ditemukan di sepanjang pantai, dimana gundukan pasir pantainya tidak cukup kuat menahan ombak. Tanggul juga dapat di bangun di sepanjang pinggir danau atau pantai dengan tujuan membentuk batas perlindungan terhadap suatu area yang tergenang bahkan pada saat tertentu dapat menjadi suatu perlindungan militer. Tanggul bisa jadi hasil pekerjaan tanah yang permanen atau hanya konstruksi darurat, biasanya terbuat dari kantong pasir sehingga dapat dibangun secara cepat saat banjir. Mediterania. Peradaban Mesopotamia dan China Kuno juga membangun sistem tanggul.

Tanggul di sepanjang sungai adalah salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang

disebabkan oleh banjir dan badai (gelombang pasang). Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar.

Kecuali tanah, kiranya amatlah sukar untuk memperoleh bahan urugan untuk pembangunan tanggul dan bahan tanah dapat diperoleh dari hasil galian di kanan kiri trase rencana tanggul atau bahkan dapat diperoleh dari hasil pekerjaan normalisasi sungai, berupa galian pelebaran alur sungai, yang biasanya dilaksanakan bersamaan dengan pembangunan tanggul. Dalam tahap perencanaan kiranya perlu diperhatikan, agar hasil dari pekerjaan normalisasi sungai dapat dimanfaatkan sebagai bahan tanggul. Selain itu tanah merupakan bahan yang sangat mudah penggarapannya dan setelah menjadi tanggul sangat mudah pula menyesuaikan diri dengan lapisan tanah pondasi yang mendukungnya serta mudah pula menyesuaikan dengan kemungkinan penurunan yang tidak rata, sehingga perbaikan yang disebabkan oleh penurunan tersebut mudah dikerjakan. Selanjutnya tanah merupakan bahan bangunan yang sangat stabil dan tidak akan rusak selama puluhan, bahkan ratusan tahun.

Apabila di beberapa tempat terjadi kerusakan tanggul, perbaikannya sangat mudah dan cepat menggunakan tanah yang tersedia disekitar lokasi kerusakan. (9/20/2017 Pengertian Tanggul | TNeutron <https://www.tneutron.net/blog/pengertian-tanggul/3/4>)

6.2. Sejarah Tanggul

Tanggul pertama kali dibangun di peradaban sungai Hindus, (Pakistan dan India utara sekitar 2600SM) sebagai harapan kehidupan bagi orang-orang Harappa. Tanggul juga dibangun lebih dari 3000 tahun yang lalu di Mesir kuno, dimana sistem tanggul dibangun sepanjang 966 km di ambang kiri Sungai Nil, membentang dari Bendungan Aswan sampai Delta Nil di pesisir Mediterania. Peradaban Mesopotamia dan Cina Kuno juga membangun sistem tanggul raksasa. (<https://id.wikipedia.org/w/index.php?title=Tanggul&oldid=10495236>)

6.3. Standar Perencanaan Tanggul Indonesia

6.3.1. Trase tempat kedudukan tanggul.

Garis bahu depan suatu tanggul disebut pula sebagai trase tempat kedudukan tanggul atau disingkat dengan istilah trase tanggul. Halhal yang perlu diperhatikan dalam penetapan trase tanggul adalah :

A. Pemilihan lokasi tanggul

Dipilih pada lokasi yang kedap air

B. Arah Trase Tanggul

Dalam menentukan arah trase tanggul agar diperhatikan halhal sebagai berikut :

- a. Dipilih suatu penampang basah sungai yang paling efektif dengan kapasitas pengaliran maksimum
- b. Agar trase searah dengan arah arus sungai dan dihindarkan terjadinya belokan yang tajam.
- c. Diusahakan agar arah trase tanggul kiri dan tanggul kanan paralel mungkin dengan alur sungai.
- d. Pada sungai-sungai yang arusnya tidak besar, diusahakan agar kurva alirannya stabil.

C. Jarak antara trase tanggul sungai

- a. Jarak antara trase tanggul dianggap sebagai jarak antara kedua tanggul yang membujur dikanan kiri sungai yang ditetapkan berdasarkan debit banjir rencana untuk sungai tersebut kemiringannya, tinggi muka air pada sungai dan jika mungkin tambahan persediaan lebar seperlunya.
- b. Guna menentukan debit sungai umumnya dipergunakan formula chezy, sebagai berikut :

$$Q = C \times B \times H^{1.5} \times I^{0.5}$$

Dimana :

Q : Debit (m³/dt)

C : Koefisien Chezy

B : Lebar sungai (m)

H : Kedalaman rata-rata (m)

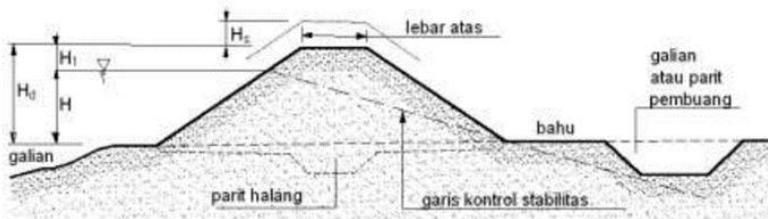
I : Kemiringan permukaan sungai

Dalam perhitungan luas penampang lintang sungai dengan menggunakan formula tersebut, untuk beberapa arus sungai kadang-kadang sangat sukar merubah nilai I dan C. Jadi lebar sungai dan kedalaman air sungai disesuaikan dengan memperhatikan kecepatan aliran air sungai yang diperkenankan (sekitar 1.520 m³/dt), sehingga dapat dihindari.

- c. Pada sungai-sungai yang sangat lebar dan dalam alirannya memperlihatkan adanya taurbulensi, maka lebarnya dapat dibatasi atau dikurangi dengan pembuatan tanggul-tanggul sirip pada bantarannya (<http://taufikekablog.students.uii.ac.id/2010/05/19/bangunan-pengatur-sungai/6/20>)
- d. Andaikan pada suatu ruas sungai tidak dapat dihindarkan terjadinya pukulan air, lebar sungai pada ruas ini perlu ditambah secukupnya.
- e. Sebagai suatu persyaratan, tanggul di kedua belah sungai sedapat mungkin dibuat sejajar. Walaupun demikian, apabila terdapat ruas yang sempit karena karena suatu kondisi yang tidak terrhindarkan, maka dihilir ruas tersebut supaya sedapat mungkin ksegera diperlebar menyesuaikan dengan lebar normalnya.

D. Trase tanggul pada muara-muara sungai.

Dalam menetapkan jarak antara tanggul-tanggul pada muara lebih dari dua sungai yang berdekatan, perlu ditetapkan sedemikian rupa, supaya aliran sungaisungai tersebut tidak saling mengganggu.



6.3.2. Bentuk penampang lintang tanggul dan bahan tanah tanggul.

1. Bagian tanggul

Bentuk standar dan nama bagian tanggul adalah lereng depan, lereng belakang, tinggi jagaan, bahu depan, bahu belakang, mercu, berm depan, berm belakang, kaki depan, kaki belakang, dataran dan dasar tanggul.

2. Tinggi jagaan

Tinggi jagaan merupakan tambahan tinggi pada tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir, yang diakibatkan oleh adanya ombak gelombang dan loncatan hidrolis pada saat banjir. Tinggi jagaan berkisar antara 0,6–2,0 m. Tinggi jagaan standard tanggul

Debit banjir rencana (cm^3/dt) : angka untuk ditambahkan di atas elevasi muka air banjir rencana (m)

No.	Debit Banjir Rencana (cm^3/dt)	Tinggi Jagaan (m)
1	< 200	0,6
2	200-500	0,8
3	500-2000	1,0
4	2000-5000	1,2
5	5000-10000	1,5
6	>10000	2,0

3. Lebar mercu tanggul

Pada daerah yang padat, dimana perolehan areal tanah untuk tempat kedudukan tanggul sangat sukar dan mahal, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam cukup memadai. Akan tetapi mercu yang cukup lebar (37m), biasanya diperlukan untuk jalan inspeksi lebar standar mercu tanggul.

Lebar standar mercu tanggul

Debit banjir rencana (m^3/dt) : Lebar mercu (m)

< 500 : 3

> 500 tetapi <2000 : 4

> 2000 tetapi <5000 : 5

> 5000 tetapi <10000 : 6

> 10000 : 7

4. Kemiringan lereng tanggul

Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan lereng tanggul direneanakan dengan kemiringan 1 : 2 atau lebih kecil. Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karakteristik sebagai berikut :

- a. Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gejala gelincir dan longsor.
- b. Pada waktu banjir yang lama tidak rembes atau bocor.
- c. Penggalian, transportasi dan pematatannya mudah.
- d. Tidak terjadi retakretak yang membayakan kesetabilan tubuh tanggul.
- e. Bebas dari bahanbahan organis. Seperti akara-karan, pohon-pohonan dan rumput-rumputan.

Akan tetapi amatlah sukar untuk memperoleh bahan tanah dengan kualitas yang baik untuk tanggul yang sangat panjang dari lokasi yang berlainan yang berdekatan dengan trass tanggul yang akan dibangun. Sedangkan pengambilannya dari lokasi yang sama, tetapi jaraknya jauh akan meningkatkan biaya transportasinya. Jadi tidaklah dapat dihindarkan pengambilan bahan tanah dari lokasi di sekitar tanggul. Walaupun dengan resiko kualitasnya kurang memenuhi persyaratan. Dalam keadaan untuk urugan bagian dalam tubuh tanggul, sedangkan untuk bagian luamya dipergunakan untuk urugan bagian dalam tubuhnya.

6.3.3. Stabilitas Tanggul

1. Berbagai penyebab kerusakan tubuh tanggul

Pada umumnya penyebab kerusakan tubuh tanggul adalah sebagai berikut :

- Terbentuknya bidang gelincir yang menerus akibat kemiringan lereng tanggul terlalu curam.
- Terjadinya keruntuhan lereng tanggul akibat kejenuhan air dalam tubuh tanggul yang disebabkan oleh rembesan air pada saat banjir atau pada saat terjadinya hujan yang terus menerus.

- Terjadinya kebocoran kebocoran pada pondasi tanggul.
- Tergerusnya lereng depan tanggul oleh arus sungai.
- Terjadinya limpasan pada mercu tanggul.
- Terjadinya pergeseran pondasi akibat gempa.

2. Stabilitas lereng tanggul

Stabilitas lereng tanggul Kekuatan geser dan kohesi bekerja diantara partikel-partikel, karena adanya gaya gravitasi. Makastabilitas lereng tanggul dapat dihitung berdasarkan konsep bidang gelincir lingkaran. Untuk memperoleh tegangan geser S dapat dihitung dengan :

$$S = t \cdot \tan O + C$$

Dimana :

t = kekuatan kompresi vertikal

O = kekuatan geser dalam

C = kohesi

Dalarn kondisi tersebut besarnya sudut geser dalarn terletak antara bidang lereng tanah yang stabil alamiah. Niali O suatu bahan senantiasa berubah-ubah tergantung besarnya kandungan air, jadi tidaklah sarna dengan sudut lereng alarniahnya, jika nilai C hanipir mendekati angka nol seperti halnya pada pasir, maka rumus tegangan geser dalam berubah menjadi :

$$S = t \cdot \tan O$$

Selanjutnya untuk lempungan atau tanah berlumpur dengan nilai O mendekati angka nol, maka S dapat diperoleh dengan rumus :
S = C

3. Garis rembesan

jika pada saat terjadinya banjir, permukaan air pada bantaran naik cukup tinggi, maka akan terjadi rembesan air ke dalam tubuh tanggul pada bagian yang terletak dibawah kurva AB, dan kemiringan dari kurva AB diatas disebut gradien hidrolis. Jika garis rembesan AB memotong lereng belakang tanggul dan air rembesan muncul pada permukaan lereng tersebut, maka akan dapat terjadi kebocoran tanggul pada bagian permukaan lereng yang terletak disebelah bawah titik B dan dapat membahayakan stabilitas tubuh

tanggul pada lokasi tersebut. Oleh sebab itu dalam merencanakan penampang lintang tubuh tanggul pada lokasi harus diperhatikan agar dapat menutup seluruh panjang garis rembesan.

4. Pengecekan stabilitas tanggul secara menyeluruh

Sebagaimana diuraikan dimuka, bahwa kerusakan tanggul akibat longsor dapat terjadi pada lereng belakang tanggul, apabila garis rembesan memotong lereng belakang dan air rembesan muncul pada permukaan lereng tersebut. Permukaan lereng tanggul dapat pula longsor karena tertimpa hujan deras secara terus menerus dan berlangsung lama. Selanjutnya keadaan akan lebih sulit dan kompleks, apabila tubuh tanggul sedang dalam keadaan jenuh dan bersamaan dengan itu terjadi banjir yang menyebabkan terjadinya naiknya permukaan air sungai. Dalam keadaan demikian longsor merupakan permulaan proses sewaktu-waktu dapat terjadi. Pada hakekatnya terjadinya longsor merupakan permulaan proses kerusakan tubuh tanggul yang selanjutnya dapat menyebabkan bobolnya tanggul tersebut. Mengingat hal-hal diatas, maka pemadatan pada seluruh bagian tubuh tanggul secara baik dan sempurna, adalah salah satu persyaratan yang paling utama dalam pembangunan tanggul guna meningkatkan stabilitasnya dan harus pula diingat pada pembuatan tanggul-tanggul dari bahan pasir yang koefisien filtrasinya cukup tinggi, agar sebelumnya dilakukan pengujian yang seksama pada stabilitas tubuh tanggul terhadap pengaruh air rembesan. Selanjutnya pengujian yang seksama diperlukan pula pada tanggul-tanggul yang akan dibangun diatas lapisan pondasi yang lolos air. Sebagai tambahan pengujian yang lebih seksama harus dilakukan terhadap kemungkinan kebocoran pada tanggul yang sudah dibangun diatas pondasi yang lulus air dan terhadap kemungkinan terjadinya kerusakankerusakan akibat longsor pada tanggul-tanggul yang dibangun diatas pondasi yang lunak serta diatas pondasi lapisan tanah kohesif yang tebal.

(<http://taufikekablog.students.uui.ac.id/2010/05/19/bangunan-pengatur-sungai/8/20>)

6.4. Jenis jenis Tanggul

1. Berbagai Jenis Tanggul

Berdasarkan fungsi dan dimensi tempat serta bahan yang dipakai dan kondisi topografi setempat, tanggul dapat dibedakan sebagai berikut :

a. Tanggul utama

Bangunan tanggul sepanjang kanan-kiri sungai guna menampung debit banjir rencana.

b. Tanggul sekunder

Tanggul yang dibangun sejajar tanggul utama, baik di atas bantaran di depan tanggul utama yang disebut tanggul musim panas maupun di belakang tanggul utama yang berfungsi untuk pertahanan kedua, andaikan terjadi bobolan pada tanggul utama. Tergantung pada pentingnya suatu areal yang dilindungi kadang-kadang dibangun pula tanggul tersier.

c. Tanggul terbuka

Pada sungaisungai yang deras arusnya, biasanya dapat dibangun tanggul-tanggul yang tidak menerus, tetapi terputus-putus. Dengan demikian puncak banjir yang tinggi tetapi periode waktunya pendek dapat dipotong, karena sebagian banjir mengalir keluar melalui celah-celah antara tanggul-tanggul tersebut memasuki areal-areal di belakang tanggul yang dipersiapkan untuk penampungan banjir sementara biasanya areal-areal penampungan tersebut dikelilingi tanggul-tanggul pula. Setelah banjir mereda, maka air yang tertampung tersebut, kemudian mengalir kembali ke dalam sungai melalui celah-celah ini. Jadi tidak diperlukan adanya pintu-pintu atau pelimpah serta bangunan pelengkap lainnya.

Selain ketiga contoh tanggula diatas, masih ada beberapa tanggul, diantaranya ; tanggul pemisah, tanggul melingkar, tanggul melintang, tanggul pengarah, tanggul keliling, tanggul tepi, tanggul khusus dan tanggul belakang. (<http://olpiadri.blogspot.co.id/2011/01/cek-dam-bangunan-pengendali-banjir.html> 3/11)

6.5. Tahapan Perencanaan Tanggul

6.5.1. Persiapan

1. Pemilihan ternpat pembangunan tanggul
 - a. Pemilihan lokasi tanggul dipilih pada lokasi yang kedap air
 - b. Arah trase tanggul

Dalam menentukan arah trase tanggul agar diperhatikan hal-hal sebagai berikut :

- Pilihlah penampang sungai yang paling efektif dengan kapasitas pengaliran maksimum.
 - Agar trase searah dengan arah arus sungai dan dihindarkan terjadinya belokan yang tajam.
 - Diusahakan agar arah trase tanggul kiri dan tanggul kanan separalel mungkin dengan alur sungai.
 - Pada sungai-sungai yang arusnya tidak besar, diusahakan agar kurva alirannya stabil.
2. Orientasi lapangan yakni penyesuaian antara tempat yang memenuhi kriteria dengan lokasi sebenarnya.
 3. Konsultasi dengan berbagai pihak yang terkait baik formal maupun non formal untuk memperoleh masukan sebelum lokasi dan tipe tanggul ditetapkan.

6.5.2. Pengumpulan data dan informasi lapangan.

1. Data primer

Data primer diperoleh dengan cara survey dan pengukuran lapangan, meliputi sebagai berikut :

- a. Topografi lokasi bangunan
- b. Penutupan lahan dan pola tanam
- c. Tanah (jenis, tekstur, permeabilitas)
- d. Luas OTA
- e. Jumlah, kepadatan dan pendapatan penduduk dan tingkat harga/upah disekitar lokasi

2. Data sekunder

Data sekunder dapat diperoleh dengan cara pengumpulan data yang telah ada/tersedia baik di instansi pemerintah, swasta dsb meliputi :

- a. Administrasi wilayah
- b. Curah hujan (jumlah, intensitas dan hari hujan)
- c. Erosi dan sedimentasi
- d. Adat istiadat masyarakat disekitar lokasi

6.5.3. Pengolahan dan analisa data atau informasi.

Dari hasil pengumpulan data dan informasi di lapangan dilakukan pengolahan dan analisa, sebagai berikut :

1. Dari data tanah, erosi/sedimentasi, topografi, curah hujan dan luas OTA kita bisa mendapatkan :
 - a. Lokasi tanggul yang tepat yang memenuhi standar kriteria yang telah kita tetapkan sebelumnya.
 - b. Bahan yang kita perlukan.

Bahan yang biasanya dipergunakan dalam pembuatan tanggul adalah tanah. Namun untuk memperkuat tanggul kita dapat juga menambahkan pasir, bamboo dan batu. Penentuan sifat-sifat mekanis bambu berdasarkan persyaratan bahwa bambu yang digunakan dalam pembangunan merupakan bahan bangunan yang kering dengan kadar air 12%. Hal ini merupakan kadar air kesetimbangan pada kelembapan udara 70% yang dapat dianggap sebagai nilai rata-rata yang wajar pada iklim tropis. Pasir dipilih karena pasir biasanya digunakan sebagai agregat halus dalam campuran beton, bahan spesi perekat pasangan bata maupun keramik, pasir urug, screed lantai dan lain-lain. Bahan yang sangat cocok untuk pembangunan tanggul adalah tanah dengan karakteristik sebagai berikut:

- Dalam keadaan jenuh air mampu bertahan terhadap gejala gelincir dan longsor.
- Pada waktu banjir yang lama tidak rembes atau bocor.
- Penggalian, transportasi dan pematatannya mudah.
- Tidak terjadi retak-retak yang membayakan kesetabilan tubuh tanggul.
- Bebas dari bahan-bahan organis. seperti akar-akaran, pohon-pohonan dan rumput-rumputan.

c. Spesifikasi tanggul yang diperlukan

Meliputi panjang, tinggi, kemiringan dan lainnya. Tinggi tambahan diperlukan dalam pembuatan tanggul untuk menampung loncatan air dari permukaan air sungai yang sedang mengalir, yang diakibatkan oleh adanya ombak gelombang dan loncatan hidrolis pada saat banjir. Pada daerah yang padat, dimana perolehan areal tanah untuk tempat kedudukan tanggul sangat sukar dan mahal, pembangunan tanggul dengan mercu yang tidak lebar dan dengan lerengnya yang agak curam cukup memadai. Penentuan kemiringan lereng tanggul merupakan tahapan yang paling penting dalam perencanaan tanggul dan sangat erat kaitannya dengan infiltrasi air dalam tubuh tanggul tersebut. Dalam keadaan biasa tanpa perkuatan lereng tanggul direncanakan dengan kemiringan 1 : 2 atau lebih kecil. Dalam menghitung panjang, tinggi dan kemiringana perlu diperhitungkan juga gaya-gaya yang bekerja pada dinding (per-m panjang) seperti :

Gaya gravitasi : $W = m \cdot g$

Gaya hidrostatis : $F_h = \gamma_w \cdot h^2$

Gaya friksi : $F_f = m \cdot W = m \cdot m \cdot g$

d. Debit aliran air/debit banjir rencana

Debit bisa dicari dengan menggunakan rumus :

$$Q = C \times B \times H^{1.5} \times I^{0.5}$$

Dimana:

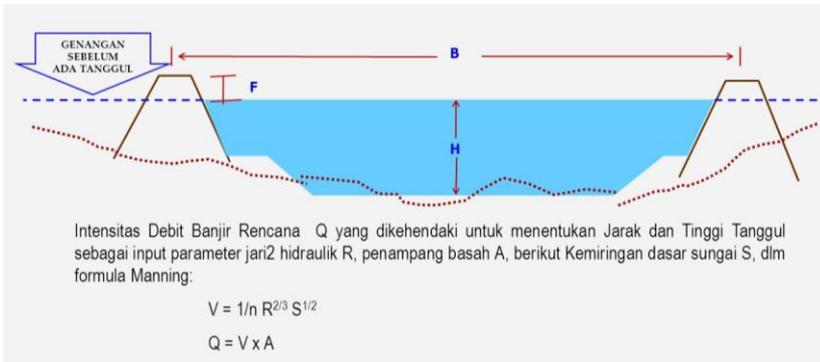
Q : Debit (m^3/dt)

C : Koefisien Chezy

B : Lebar sungai (m)

H : Kedalaman rata-rata (m)

I : Kemiringan permukaan sungai



Gambar 6.1 Bentuk Penampang Tanggul

Dalam perhitungan luas penampang lintang sungai dengan menggunakan formula tersebut, untuk beberapa arus sungai kadang-kadang sangat sukar merubah nilai I dan C . Jadi lebar sungai dan kedalaman air sungai disesuaikan dengan memperhatikan kecepatan aliran air sungai yang diperkenankan.

2. Dari data jumlah penduduk, mata pencaharian, pendapatan serta adat istiadat diolah dan dianalisa menjadi informasi:

a. Potensi ketersediaan tenaga kerja

Tenaga kerja yang kita perlukan diantaranya adalah orang yang ahli dalam teknik geodesi (untuk meneliti kekuatan dan penyerapan tanah), teknik kelautan (untuk membangun tanggul dan menentukan bahan-bahan yang kita perlukan), teknik planologi (untuk mengetahui dampak pembuatan tanggul bagi masyarakat), teknik lingkungan (untuk mengetahui dampak pembuatan tanggul bagi lingkungan), teknik meteorologi (menghitung kuatnya aliran air) dan tukang-tukang lain yang membantu.

b. Standar satuan biaya/upah yang berlaku.

Standar ini dapat kita sesuaikan dengan kondisi masyarakat di daerah sana.

6.5.4. Pembuatan tanggul

1. Persiapan

a. Penyiapan Kelembagaan

- Pertemuan dengan masyarakat/kelompok dalam rangka sosialisasi rencana pelaksanaan pembuatan dam pengendali.
- Pembentukan organisasi dan penyusunan program kerja.



Gambar 6.2 Pembuatan Tanggul (1)

2. Pengadaan sarana dan prasarana

Pengadaan peralatan/sarana dan prasarana diutamakan untuk jenis peralatan dan bahan habis pakai. Sedang pembuatan sarana dan prasarana dibuat dengan tujuan untuk memperlancar pelaksanaan pekerjaan dilapangan yang antara lain :

- Pembuatan jalan masuk
- Pembuatan gubuk kerja/gubuk material

3. Penataan areal kerja

- Pembersihan lapangan
- Pengukuran kembali
- Pemasangan patok batas
- Pembuatan tanggul



Gambar 6.3 Pembuatan Tanggul (2)

BAB VII

DRAINASE

7.1. Pengertian Drainase

Drainase adalah pembuangan alami atau buatan air permukaan dan air permukaan dari suatu daerah. Pengeringan internal sebagian besar lahan pertanian cukup baik untuk mencegah genangan air yang parah (kondisi anaerobik yang merusak pertumbuhan akar), namun banyak tanah memerlukan drainase buatan untuk memperbaiki produksi atau untuk mengelola persediaan air.

Drainase yang berasal dari kata *to drain* yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air drainase, merupakan suatu sistem pembuangan air bersih dan air limbah dari daerah pemukiman, industri, pertanian, badan jalan dan permukaan perkerasan lainnya, serta berupa penyaluran kelebihan air pada umumnya, baik berupa air hujan, air limbah maupun air kotor lainnya yang keluar dari kawasan yang bersangkutan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah ke badan air atau ke bangunan resapan buatan

7.2. Sejarah Drainase di dunia

7.2.1. Belanda

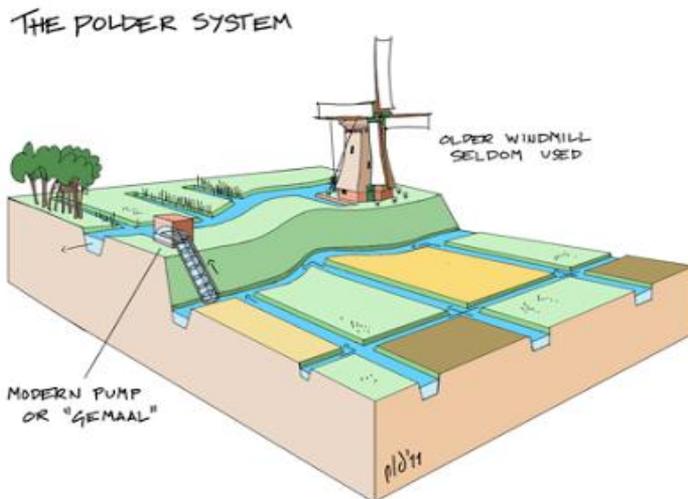
Sistem Drainase yang baik? Nampaknya kita perlu belajar dari Belanda.

Belanda merupakan Negara yang memiliki sistem pengelolaan air terbaik di dunia. Salah satu kota yang drainase-nya dikelola oleh Belanda pada masa kolonial adalah Yogyakarta, tepatnya di daerah

Kotabaru yang dulunya dikenal dengan nama Nieuwe Wijk. Merupakan daerah pemukiman Belanda yang memiliki desain pola radial yang sangat rapi serta infrastruktur yang terencana. Dibangun saluran bawah tanah untuk mengelola limbah rumah tangga guna mencegah pencemaran lingkungan serta mengalirkan air hujan ke selokan kecil yang kemudian bermuara pada pembuangan akhir. Nieuwe Wijk tidak pernah banjir.



Gambar 7.1 Sistem Polder di Kinderdijk, Belanda



Gambar 7.2 Sketsa Sistem Polder.

Belanda menerapkan sistem polder yang kompleks untuk mempertahankan wilayah Belanda dari ancaman banjir dan air pasang. Sistem ini dimulai di Belanda pada abad ke-11 yang kemudian disempurnakan dengan adanya penggunaan kincir angin pada abad ke-13. Polder adalah dataran rendah yang membentuk daerah yang dikelilingi oleh tanggul. Pada daerah ini air buangan seperti air kotor dan air hujan dikumpulkan di suatu badan air (sungai, kanal) lalu dipompakan ke badan air yang lebih tinggi posisinya, hingga pada akhirnya dipompakan ke sungai atau kanal yang bermuara ke laut. Sistem polder banyak diterapkan pada reklamasi laut atau muara sungai, juga pada manajemen air buangan (air kotor dan drainase hujan) di daerah yang lebih rendah dari permukaan laut dan sungai. Air dalam sistem dikendalikan sedemikian rupa sehingga jika terdapat kelebihan air yang dapat menyebabkan banjir, maka kelebihan air itu dipompa keluar sistem polder.



Gambar 7.3 Proyek Delta (Delta Works/Deltawerken)

Penerapan sistem polder dapat memecahkan masalah banjir perkotaan. Suatu subsistem-subsistem pengelolaan tata air tersebut sangat demokratis dan mandiri sehingga dapat dikembangkan dan dioperasikan oleh dan untuk masyarakat dalam hal pengendalian banjir kawasan permukiman mereka. Belanda berjuang melawan

banjir yang hampir satu milenium menimpa. Salah satu bencana banjir yang paling banyak memakan korban jiwa adalah yang terjadi pada tahun 1953. Pada akhirnya Pemerintah Belanda membuat Proyek Delta (Delta Works/Deltawerken), yakni pembangunan infrastruktur polder strategis untuk menguatkan pertahanan terhadap bencana banjir. Secara konsep, Proyek Delta ini akan mengurangi resiko banjir di South Holland dan Zeeland untuk sekali per 10.000 tahun. Belanda memang negri yang tidak berhenti untuk berinovasi. Meskipun begitu, Belanda terus menerus menyempurnakan sistem poldernya, hal ini adalah perjuangan yang dilakukan Belanda untuk terus berada di “atas air”. Kita patut belajar dari sang ahli.

7.2.2. Tokyo, Jepang

Drainase Terbesar Didunia Berada Di Tokyo, Jepang



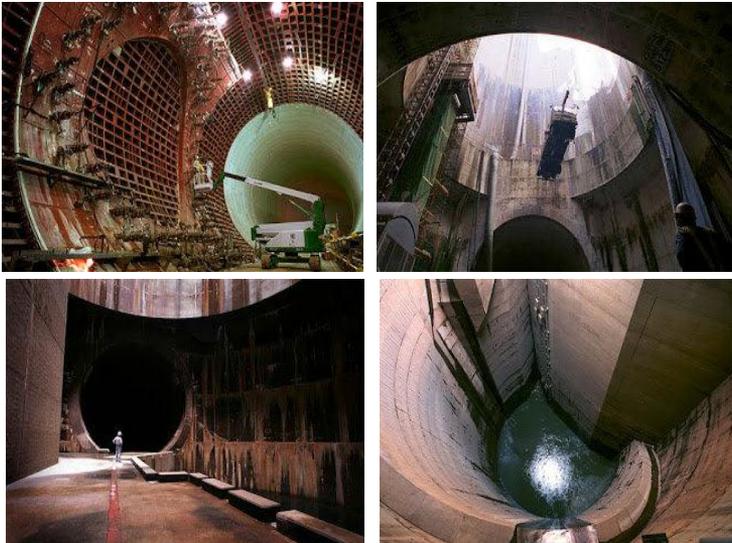
Gambar 7.4 Proyek G-Cans

Tokyo, dengan populasi 12,4 juta, adalah salah satu kota terbesar di dunia dan masih terus berkembang. Proyek G-Cans (Shutoken Gaikaku Housui Ro, atau Channel area Discharge Outer Metropolitan Underground) adalah jalur air bawah tanah dan air besar area penyimpanan yang dibangun oleh pemerintah Jepang untuk melindungi Tokyo dari banjir selama musim hujan.



Gambar 7.5 Proyek G-Cans (Shutoken Gaikaku Housui Ro)

Untuk menyerap air hujan, kompleks tersebut dilengkapi dengan 59 turbo pump dan total kapasitas lebih dari 14 ribu tenaga kuda. Tampaknya ini jelas mungkin dirancang untuk banjir paling intens.



Gambar 7.6 Proyek G-Cans (Channel area Discharge Outer Metropolitan Underground)

Dimulai pada tahun 1992, proyek dua-miliar-dolar yang akan selesai pada tahun 2009. Terowongan lebih dari 100 km lari, tapi mungkin fitur yang paling mengesankan dari sistem drainase adalah tinggi silo 213 kaki dan 83 kaki serta 580 kaki panjang tangki utama berpilar. Dan dikenal sebagai "Temple Underground," yang dibangun untuk mengumpulkan limbah dari saluran air kota. Sistem drainase humongous dapat memompa lebih dari 200 ton air per detik. Oleh karena itu, margin fasilitas keselamatan ditempatkan besar. Membiarkan semua laut akan bangkit dalam awan dan jatuh hujan. Desainer harus mempertimbangkan satu set penyimpanan bawah tanah yang sangat besar untuk ribuan ton air ke atas curah hujan tinggi daerah bukanlah untuk penyelaman.

Sejak pembukaannya, G-Cans telah mencegah banjir masuk metropolis, tapi "sayangnya" tidak bisa mencegah banyak orang, termasuk selebriti dan pembuat film dari tempat banjir. Hal ini karena proyek G-Cans ini juga dimaksudkan untuk menjadi daya tarik wisata, dan dapat dikunjungi secara gratis dua kali sehari, dari Selasa sampai Jumat. Sebuah tur gratis yang ditawarkan dalam bahasa Jepang saja. Dianjurkan agar anda membawa penerjemah untuk "alasan keamanan."

7.3. Sejarah Drainase di Indonesia

7.3.1. Menurut Sejarah Terbentuknya

1. Drainase Alamiah (Natural Drainase)

Drainase yang terbentuk secara alami dan tidak terdapat bangunan-bangunan penunjang seperti bangunan pelimpah, pasangan batu/beton, gorong-gorong dan lain-lain. Saluran ini terbentuk oleh gerusan air yang bergerak karena grafitasi yang lambat laun membentuk jalan air yang permanen seperti sungai.



Gambar 7.7 Jenis Saluran Alami

2. Drainase Buatan (Artificial Drainage)

Drainase yang dibuat dengan maksud dan tujuan tertentu sehingga memerlukan bangunan-bangunan khusus seperti selokan pasangan batu/beton, gorong-gorong, pipa-pipa dan sebagainya.



Gambar 7.8 Jenis Saluran Buatan

7.3.2. Menurut Letak Bangunan

1. Drainase Permukaan Tanah (Surface Drainage)

Saluran drainase yang berada di atas permukaan tanah yang berfungsi mengalirkan air limpasan permukaan. Analisa alirannya merupakan analisa open chanel flow.

2. Drainase Bawah Permukaan Tanah (Subsurface Drainage)

Saluran drainase yang bertujuan mengalirkan air limpasan permukaan melalui media dibawah permukaan tanah (pipa-pipa), dikarenakan alasan-alasan tertentu. Alasan itu antara lain Tuntutan artistik, tuntutan fungsi permukaan tanah yang tidak membolehkan adanya saluran di permukaan tanah seperti lapangan sepak bola, lapangan terbang, tamandanlain-lain.

7.3.3. Menurut Fungsi

1. Single Purpose, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan satu jenis air buangan, misalnya air hujan saja atau jenis air buangan yang lainnya seperti limbah domestik, air limbah industri dan lain-lain.
2. Multi Purpose, yaitu saluran yang berfungsi mengalirkan beberapa jenis air buangan baik secara bercampur maupun bergantian.

7.3.4. Menurut Konstruksi

1. Saluran Terbuka. Yaitu saluran yang lebih cocok untuk drainase air hujan yang terletak di daerah yang mempunyai luasan yang cukup, ataupun untuk drainase air non-hujan yang tidak membahayakan kesehatan/mengganggu lingkungan.



Gambar 7.9 Saluran Terbuka

2. Saluran Tertutup, yaitu saluran yang pada umumnya sering dipakai untuk aliran kotor (air yang mengganggu kesehatan/ lingkungan) atau untuk saluran yang terletak di kota/ permukiman.



Gambar 7.10 Saluran Tertutup

7.3.5. Jenis-Jenis Drainase

1. Land dan Smoothing

Land grading (mengatur tahap kemiringan lahan) dan Land smoothing (Penghalusan permukaan lahan) diperlukan pada areal lahan untuk menjamin kemiringan yang berkelanjutan secara sistematis yang dibutuhkan untuk penerapan saluran drainase permukaan

Studi menunjukkan bahwa pada lahan dengan pengaturan saluran drainase permukaan yang baik akan meningkatkan jarak drainase pipa sampai 50%, dibandingkan dengan lahan yang kelebihan air dibuang dengan drainase pipa tanpa dilakukan upaya pengaturan saluran drainase permukaan terlebih dahulu.

Untuk efektifitas yang tinggi, pekerjaan land grading harus dilakukan secara teliti. ketidakteraturan dalam pengolahan lahan dan areal yang memiliki cekungan merupakan tempat aliran permukaan (runoff) berkumpul, harus dihilangkan dengan bantuan peralatan pengukuran tanah. Pada tanah cekungan, air yang tak berguna dialirkan secara sistematis melalui:

- a. Saluran/parit (terbuka) yang disebut sebagai saluran acak yang dangkal (shallow random field drains)
- b. Dari shallow random field ditch air di alirkan lateral outlet ditch
- c. Selanjutnya diteruskan ke saluran pembuangan utama (Main Outlet ditch)

Outlet ditch : umumnya saluran pembuangan lateral dibuat 15 – 30 cm lebih dalam dari saluran pembuangan acak dangkal.

Overfall : jatuh air dari saluran pembuangan lateral ke saluran pembuangan utama dibuat pada tingkat yang tidak menimbulkan erosi, bila tidak memungkinkan harus dibuat pintu air, drop spillway atau pipa

2. Drainase Acak (Random Field Drains)

Drainase ini merupakan gambaran yang menunjukkan pengelolaan untuk mengatasi masalah cekungan dan lubang-lubang tempat berkumpulnya air. Lokasi dan arah dari saluran drainase

disesuaikan dengan kondisi tofografi lahan. Kemiringan lahan biasanya diusahakan sedatar mungkin, hal ini untuk memudahkan peralatan traktor pengolah tanah dapat beroperasi tanpa merusak saluran yang telah dibuat. Erosi yang terjadi pada kondisi lahan seperti diatas, biasanya tidak menjadi masalah karena kemiringan yang relatif datar. Tanah bekas penggalian saluran, disebarakan pada bagian cekungan atau lubang-lubang tanah, untuk mengurangi kedalaman saluran drainase.

3. Drainase Pararel (Pararelle Field Drains)

Drainase ini digunakan pada tanah yang relative datar dengan kemiringan kurang dari 1% - 2 %, system saluran drainase parallel bisa digunakan. System drainase ini dikenal sebagai system bedengan. Saluran drainase dibuat secara parallel, kadang kala jarak antara saluran tidak sama. Hal ini tergantung dari panjang dari barisan saluran drainase untuk jenis tanah pada lahan tersebut, jarak dan jumlah dari tanah yang harus dipindahkan dalam pembuatan barisan saluran drainase, dan panjang maksimum kemiringan lahan terhadap saluran (200 meter). Keuntungan dari system saluran drainase parallel, pada lahan terdapat cukup banyak saluran drainase. Tanaman dilahan dalam alur, tegak lurus terhadap saluran drainase paralel. Jumlah populasi tanaman pada lahan akan berkurang dikarenakan adanya saluran paralel. Sehingga bila dibandingkan dengan land grading dan smoothing, hasil produksi akan lebih sedikit. Penambahan jarak antara saluran paralel, akan menimbulkan kerugian pada sistem bedding, karena jarak yang lebar menimbulkan kerugian pada sistem bedding, karena jarak yang lebar membutuhkan saluran drainase yang lebih besar dan dalam. Bila lebar bedding 400 m, maka aliran akan dibagi dua agar lebar bedding tidak lebih dari 200 m. Pada bedding yang lebar, harus dibarengi dengan land grading dan smoothing. Pada tanah gambut, saluran drainase paralel dengan side slope yang curam digunakan adalah 1 meter. Pada daerah ini biasa dilengkapi dengan bangunan pengambilan dan pompa, bangunan pintu air berfungsi untuk mengalirkan air drainase pada musim hujan.

Pada daerah dataran tertentu ditemukan sistem khusus dari jarak saluran paralel, 2 saluran diletakkan secara paralel dengan jarak 5-15 meeter. Tanah galian saluran diletakkan diantara kedua saluran tersebut, dimanfaatkan sebagai jalan yang diperlukan pada saat pemeliharaan saluran.

4. Drainase Mole

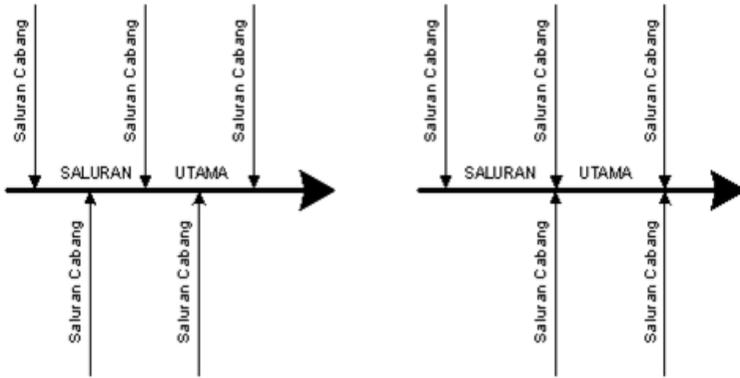
Drainase mole biasa disebut dengan lubang tikus berupa saluran bulat yang konstruksinya tanpa dilindungi sama sekali, pembuatannya tanpa harus menggali tanah, cukup dengan menarik (dengan traktor) bantukan baja bulat yang disebut mol yang dipasang pada alat seperti bajak dilapisan tanah subsoil pada kedalaman dangkal. Pada bagian belakang alat mole biasanya disertakan alat expander yang gunanya untuk memperbesar dan memperkuat bentuk lubang. Tidak semua daerah terdapat usaha-usaha pertanian atau perkebunan memerlukan irigasi. Irigasi biasanya diperlukan pada daerah-daerah pertanian dimana terdapat satu atau kombinasi dari keadaan-keadaan berikut :

- a. Curah hujan total tidak cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman akan air.
- b. Meskipun hujan cukup, tetapi tidak terdistribusi secara baik sepanjang tahun.
- c. Terdapat keperluan untuk meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil pertanian yang dapat dicapai melalui irigasi secara layak dilaksanakan baik ditinjau dari segi teknis, ekonomis maupun sosial.

7.3.6. Pola Jaringan Draenase

1. Siku

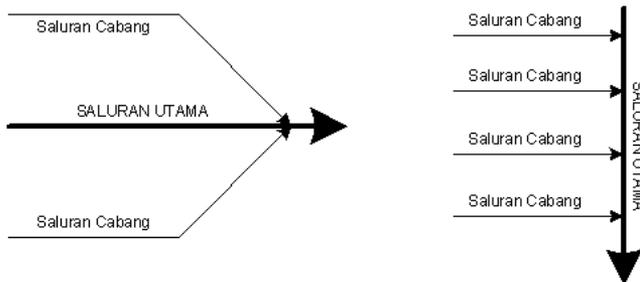
Dibuat pada daerah yang mempunyai topografi sedikit lebih tinggi dari pada sungai. Sungai sebagai saluran pembuang akhir berada akhir berada di tengah kota.



Gambar 7.11 Pola Jaringan Drainase Siku

2. Paralel

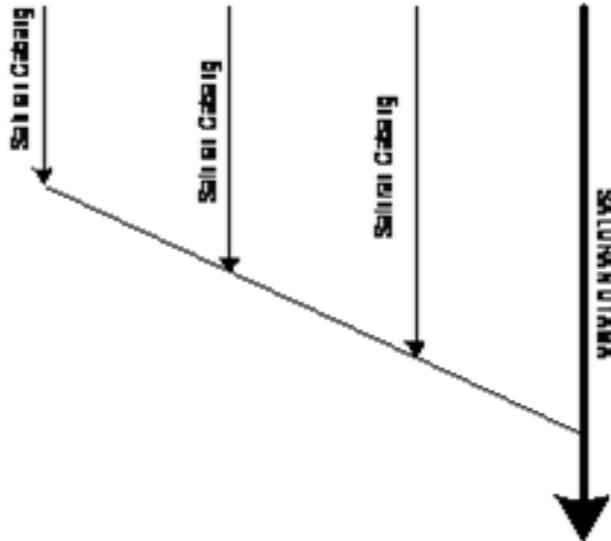
Saluran utama terletak sejajar dengan saluran cabang. Dengan saluran cabang (sekunder) yang cukup banyak dan pendek-pendek, apabila terjadi perkembangan kota, saluran-saluran akan dapat menyesuaikan diri.



Gambar 7.12 Pola Jaringan Drainase Pararel

3. Grid Iron

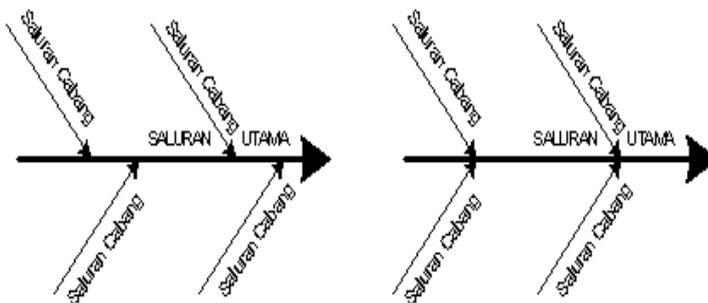
Untuk daerah dimana sungainya terletak di pinggir kota, sehingga saluran-saluran cabang dikumpulkan dulu pada saluran pengumpulan.



Gambar 7.13 Pola Jaringan Drainase Grid Iron

4. Alamiah

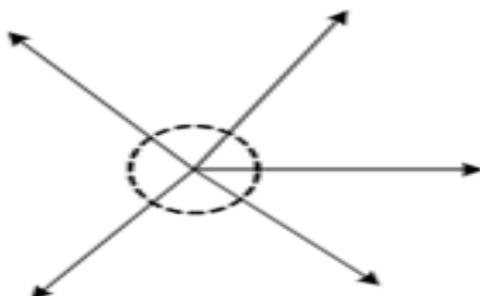
Sama seperti pola siku, hanya beban sungai pada pola alamiah lebih besar



Gambar 7.14 Pola Jaringan Drainase Alamiah

5. Radial

Pada daerah berbukit, sehingga pola saluran memencar ke segala arah.



Gambar 7.15 Pola Jaringan Drainase Radial

7.4. Fungsi dan Manfaat Drainase

Drainase merupakan salah satu fasilitas dasar yang dirancang sebagai sistem guna memenuhi kebutuhan masyarakat dan merupakan komponen penting dalam perencanaan kota (perencanaan infrastruktur khususnya).

Drainase juga dapat diartikan sebagai usaha untuk mengontrol kualitas air tanah dalam kaitannya dengan salinitas, dimana drainase merupakan salah satu cara pembuangan kelebihan air yang tidak diinginkan pada suatu daerah, serta cara-cara penanggulangan akibat yang ditimbulkan oleh kelebihan air tersebut. Dari sudut pandang yang lain, drainase adalah salah satu unsur dari perasana umum yang dibutuhkan masyarakat kota dalam rangka menuju kehidupan kota yang aman, nyaman, bersih, dan sehat.

Drainase yang berasal dari kata *to drain* yang berarti mengeringkan atau mengalirkan air drainase, merupakan suatu sistem pembuangan air bersih dan air limbah dari daerah pemukiman, industri, pertanian, badan jalan dan permukaan perkerasan lainnya, serta berupa penyaluran kelebihan air pada umumnya, baik berupa air hujan, air limbah maupun air kotor lainnya yang keluar dari kawasan yang bersangkutan baik di atas maupun di bawah permukaan tanah ke badan air atau ke bangunan resapan buatan.

Pemahaman secara umum mengenai drainase perkotaan adalah suatu ilmu dari drainase yang mengkhususkan pengkajian pada kawasan perkotaan, yaitu merupakan suatu sistem pengeringan dan pengaliran air dari wilayah perkotaan yang meliputi pemukiman, kawasan industri dan perdagangan, sekolah, rumah sakit, lapangan olahraga, lapangan parkir, instalasi militer, instalasi listrik dan telekomunikasi, pelabuhan udara, pelabuhan laut, serta tempat-tempat lainnya yang merupakan bagian dari sarana kota yang berfungsi mengendalikan kelebihan air permukaan, sehingga menimbulkan dampak negatif dan dapat memberikan manfaat bagi kegiatan kehidupan manusia.

Untuk mendapatkan pemahaman tentang drainase secara umum, maka kita perlu mengetahui latar belakang diperlukannya suatu drainase, tujuan dan manfaat dari pembuatan drainase tersebut, jenis drainase yang umum digunakan, sejarah perkembangan, prinsip-prinsip sistem drainase dan kebijakan-kebijakan yang diambil pemerintah berhubungan dengan pencapaian lingkungan yang baik, asri dan nyaman bagi masyarakat.

Siklus keberadaan air di suatu lokasi dimana manusia bermukim, pada masa tertentu akan mengalami keadaan berlebih, sehingga dapat mengganggu kehidupan manusia.

Selain itu semakin kompleksnya kegiatan manusia dapat menghasilkan limbah berupa air buangan yang dapat mengganggu kelangsungan hidupnya, dan dengan adanya keinginan untuk meningkatkan kenyamanan dan kesejahteraan hidup maka manusia mulai berusaha untuk mengatur lingkungannya dengan cara melindungi daerah pemukimannya dari air berlebih dan air buangan.

Didalam daerah yang belum berkembang/pedesaan, drainase terjadi secara alamiah sebagai bagian dari siklus hidrologi. Drainase alami ini berlangsung tidak secara statis melainkan terus berubah secara konstan menurut keadaan fisik lingkungan sekitar. Seiring dengan berkembangnya kawasan perkotaan yang ditandai dengan banyak didirikannya bangunan-bangunan yang dapat menunjang kehidupan dan kenyamanan masyarakat kota, maka sejalan dengan itu diperlukan pula suatu sistem pengeringan dan pengaliran air yang baik untuk menjaga kenyamanan masyarakat kota. Sehingga

drainase perkotaan harus saling padu dengan sampah, sanitasi dan pengendalian banjir perkotaan.

Drainase perkotaan bertujuan untuk mengalirkan air lebih dari suatu kawasan yang berasal dari air hujan maupun air buangan, agar tidak terjadi genangan yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Karena suatu kota terbagi-bagi menjadi beberapa kawasan, maka drainase di masing-masing kawasan merupakan komponen yang saling terkait dalam suatu jaringan drainase perkotaan dan membentuk satu sistem drainase perkotaan. Dengan adanya suatu sistem drainase di perkotaan maka akan diperoleh banyak manfaat pada kawasan perkotaan yang bersangkutan, yaitu akan semakin meningkatnya kesehatan, kenyamanan dan keasrian daerah pemukiman khususnya dan daerah perkotaan pada umumnya, dan dengan tidak adanya genangan air, banjir dan pembuangan limbah yang tidak teratur, maka kualitas hidup penduduk di wilayah bersangkutan akan menjadi lebih baik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan ketentraman seluruh masyarakat

7.4.1. Fungsi Drainase Perkotaan Secara Umum

- a. Mengeringkan bagian wilayah kota dari genangan sehingga tidak menimbulkan dampak negatif.
- b. Mengalirkan air permukaan ke badan air penerima terdekat secepatnya.
- c. Mengendalikan kelebihan air permukaan yang dapat dimanfaatkan untuk persediaan air dan kehidupan akuatik.
- d. Meresapkan air permukaan untuk menjaga kelestarian air tanah (konservasi air).
- e. Melindungi sarana dan prasarana yang sudah terbangun.

7.4.2. Berdasarkan Fungsi Layanan

a. Sistem Drainase Lokal

Yang termasuk sistem drainase lokal adalah saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti kompleks permukiman, areal pasar, perkantoran, areal industri dan komersial. Sistem ini melayani areal kurang dari 10 ha. Pengelolaan sistem drainase lokal

menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang atau instansi lainnya.

b. Sistem Drainase Utama

Yang termasuk dalam sistem drainase utama adalah saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkap yang melayani kepentingan sebagian besar warga masyarakat. Pengelolaan sistem drainase utama merupakan tanggung jawab pemerintah kota.

c. Pengendalian Banjir (Flood Control)

Sungai yang melalui wilayah kota yang berfungsi mengendalikan air sungai, sehingga tidak mengganggu dan dapat memberi manfaat bagi kehidupan masyarakat. Pengelolaan pengendalian menjadi tanggung jawab Direktorat Jenderal SDA.

7.4.3. Berdasarkan Fisiknya

a. Sistem Saluran Primer

Adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder. Dimensi saluran ini relatif besar. Akhir saluran primer adalah badan penerima air.

b. Sistem Saluran Sekunder

Adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air dari permukaan sekitarnya, dan meneruskan air ke saluran primer. Dimensi saluran tergantung pada debit yang dialirkan.

c. Sistem Saluran Tersier

Adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

Dalam perencanaan dan pembangunan suatu drainase perlu strategi yang dapat diandalkan sehingga sistem drainase berjalan dengan lancar tanpa timbulnya permasalahan dikemudian hari. Adapun yang harus diperhatikan yaitu :

- Penyiapan rencana induk sistem drainase yang terpadu antara sistem drainase utama maupun lokal dengan pengaturan dan pengelolaan sungai.
- Mengembangkan sistem drainase yang berwawasan lingkungan.

Adapun gambar alur perencanaanya sebagai berikut :



Gambar 7.16.1 Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan



Gambar 7.16.2 Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan



Gambar 7.16.3 Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan



Gambar 7.16.4 Pola Perencanaan sistem drainase yang berwawasan lingkungan

7.5. Peraturan-Peraturan yang berkaitan dengan Drainase

Hal tersebut seperti diatur dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2017 Tentang penyelenggaraan sistem draenase perkotaan.

7.6. Tahapan-tahapan dalam Perencanaan Drainase

7.6.1. Perencanaan Umum

Ketentuan ketentuan umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut :

1. rencana induk disusun dengan memperhatikan rencana pengembangan kota dan rencana prasarana dan sarana kota lainnya;
2. rencana induk disusun dengan memperhatikan keterpaduan pelaksanaannya dengan prasarana dan sarana kota lainnya, sehingga dapat meminimalkan biaya pelaksanaan, biaya operasional dan pemeliharaan;
3. rencana induk disusun untuk arahan pembangunan sistem drainase didaerah perkotaan selama 25 tahun, dan dapat dilakukan peninjauan kembali disesuaikan dengan keperluan;
4. rencana induk disahkan oleh instansi atau lembaga yang berwenang.

7.6.2. Teknis

1. Data dan Informasi

Data dan informasi yang diperlukan adalah sebagai berikut :

- a. data klimatologi yang terdiri dari data hujan, angin, kelembaban dan temperature dari station klimatologi atau Badan Meteorologi dan Geofisika terdekat;
- b. data hidrologi terdiri dari data tinggi muka air, debit sungai, laju sedimentasi, pengaruh air balik, peil banjir, karakteristik daerah aliran dan data pasang surut;
- c. data sistem drainase yang ada, yaitu, data kuantitatif banjir/genangan berikut permasalahannya dan hasil rencana induk pengendalian banjir di daerah tersebut;
- d. data peta yang terdiri dari peta dasar (peta daerah kerja), peta sistem drainase dan sistem jaringan jalan yang ada, peta tata guna lahan, peta topografi masing-masing berskala antara 1 : 5.000 sampai dengan 1 : 50.000 atau disesuaikan dengan tipologi kota;
- e. data kependudukan yang terdiri dari jumlah, kepadatan, laju pertumbuhan, penyebaran dan data kepadatan bangunan.

2. Kala Ulang

Kala ulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut :

- a. kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran, dan jenis kota yang akan direncanakan;
- b. untuk bangunan pelengkap dipakai kala ulang yang sama dengan sistem saluran di mana bangunan pelengkap ini berada;
- c. perhitungan curah hujan berdasarkan data hidrologi minimal 10 tahun terakhir (mengacu pada tata cara analisis curah hujan drainase perkotaan).

3. Kriteria Perencanaan Hidrologi

Kriteria perencanaan hidrologi adalah sebagai berikut :

- a. Hujan, perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun;
- b. analisis frekuensi terhadap curah hujan, menggunakan metode log Pearson tipe III, atau sesuai dengan kala ulang 1, 2, 5, 10 dan 25 tahun (mengacu pada tata cara perhitungan debit desain saluran);
- c. untuk pengecekan data hujan, lazimnya digunakan metode kurva masa ganda atau yang sesuai;
- d. perhitungan intensitas hujan ditinjau dengan menggunakan metode Mononobe atau Hasper Der Weduwen atau yang sesuai.
 - a) Debit banjir :
 - debit rencana dihitung dengan metode rasional yang telah dimodifikasi (lihatpada lampiran);
 - koefisien limpasan (run off) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan, table
 - waktu konsentrasi adalah jumlah waktu pengaliran dipermukaan dan waktu drainase;
 - koefisien penyimpangan dihitung dari waktu rumus konsentrasi dan waktu drainase.

4. Kriteria Perencanaan Hidrolika

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut :

- a. kapasitas saluran dihitung dengan rumus Manning atau yang sesuai;
- b. saluran drainase yang terpengaruh oleh pengempangan (back water effect) perlu diperhitungkan pasang surutnya dengan Standard Step Method;
- c. kecepatan maksimum ditentukan oleh kekasaran dinding dan dasar. Untuk saluran tanah $V = 0,7 \text{ m/dt}$, pasangan batu kali $V = 2 \text{ m/dt}$ dan pasangan beton $V = 3 \text{ m/dt}$.

5. Parameter Penentuan

Prioritas Penanganan. Parameter penentuan prioritas penanganan meliputi hal sebagai berikut :

- a. parameter genangan, meliputi tinggi genangan, luas genangan, dan lamanya genangan terjadi;
- b. parameter frekuensi terjadinya genangan setiap tahunnya;
- c. parameter ekonomi, dihitung perkiraan kerugian atas fasilitas ekonomi yang ada, seperti : kawasan industri, fasum, fasos, perkantoran, perumahan, daerah pertanian dan pertamanan;
- d. parameter gangguan sosial, seperti : kesehatan masyarakat, keresahan social dan kerusakan lingkungan.

7.6.3. Cara Pengerjaan

1. Mengumpulkan Data

Data yang dikumpulkan adalah sebagai berikut :

- a. kumpulkan studi-studi terkait;
- b. kumpulkan data hidrologi, hidrolika dan bangunan pelengkap;
- c. kumpulkan data sosial ekonomi, penduduk dan data lainnya yang ada hubungan dengan studi terkait;
- d. kumpulkan data keadaan saluran drainase dan badan air penerima yang ada, sistem, geometri dan dimensi saluran;
- e. kumpulkan data daerah pengaliran sungai atau saluran meliputi topografi, morfologi, sifat tanah dan tata guna lahan;
- f. kumpulkan data prasarana dan fasilitas kota yang telah ada dan yang direncanakan;

g. kumpulkan data rencana pengembangan kota, foto udara, pembiayaan, institusidan kelembagaan dan peran serta masyarakat.

2. Mengusun Kondisi Sistem Drainase

Menyusun kondisi sistem drainase dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- a. susun besaran daerah pengaliran (catchment area) dalam ha, saluran, sungai, menjadi sub-sub sistem daerah pengaliran;
- b. hitung panjang saluran (dalam m') dan nama badan air penerimanya dari setiap saluran yang ada;
- c. ukur penampang saluran dan kemiringan saluran minimal 3 titik berbeda (awal, tengah, dan akhir) dari masing-masing saluran;
- d. gambar bentuk dan ukuran penampang saluran-saluran yang ada, serta mencatat kondisinya saat ini dan tahun pembuatannya;
- e. kumpulkan data, gambar dan kapasitas bangunan pelengkap yang ada dan dilengkapi dengan mencatat kondisi saat ini dan tahun pembuatan;
- f. catat permasalahan utama yang terjadi pada masing-masing saluran.

7.6.4. Membuat Peta Genangan

Membuat peta genangan meliputi genangan rutin dan genangan potensial yang perlu dilakukan meliputi :

1. petakan lokasi genangan yang berada dalam area studi;
2. catat luas, tinggi, dan lamanya genangan, serta frekuensi dan waktu kejadian dalam satu tahun, untuk setiap daerah genangan;
3. catat penyebab genangan;
4. taksiran dan catat besaran kerusakan atau kerugian yang ditimbulkan dalam bentuk biaya.

7.6.5. Analisis

Analisis yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut :

1. Analisis kondisi yaitu :
 - a. analisis kapasitas saluran dan genangan;
 - b. analisis kapasitas bangunan pelengkap;
 - c. analisis struktur saluran dan bangunan pelengkap.

2. Analisis kebutuhan :

- a. tentukan rencana alur saluran sesuai topografi dan tata guna lahan;
- b. tentukan kala ulang pada masing-masing saluran;
- c. analisis intensitas hujan sesuai dengan kala ulang;
- d. hitung debit rencana masing-masing saluran;
- e. analisis perbedaan antara kebutuhan dan kondisi yang ada.

7.6.6. Menyusun Usulan Prioritas

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun usulan prioritas adalah sebagai berikut:

1. susun tabel skala prioritas berdasarkan kepentingan dan pengembangan daerah;
2. analisis berdasarkan pembobotan;
3. usulkan skala prioritas;
4. catat kepentingan daerah yang strategis;
5. catat pengaruh langsung terhadap daerah lingkungan kumuh;
6. catat fasilitas umum dan fasilitas sosial;
7. catat pengaruh terhadap pengembangan tata ruang perkotaan;
8. susun kegiatan berdasarkan tahapan mendesak 5, 10, 20 dan 25 tahun.

7.6.7. Menyusun Usulan Sistem Drainase

Menyusun usulan sistem drainase perkotaan dilaksanakan dengan langkah-langkah sebagai berikut :

1. susun pola aliran dan sistem drainase kota dengan alternatif sistem;
2. buat urutan prioritas sub sistem drainase;
3. tentukan debit rencana ($m^3/detik$) dari masing-masing saluran;
4. rencanakan bentuk-bentuk penampang dan bangunan pelengkap pada masing-masing saluran;
5. tentukan luas yang akan dibebaskan;
6. perkirakan besar biaya ganti rugi lahan.

7.6.8. Menyusun Usulan Biaya

Menyusun usulan biaya meliputi hal sebagai berikut :

1. hitung besaran biaya pembangunan yang dibutuhkan untuk seluruh pembangunan atau perbaikan sistem drainase yang diusulkan sesuai tahapan;
2. susun rencana sumber-sumber pembiayaan yang diharapkan;
3. hitung besaran biaya operasi dan pemeliharaan seluruh sistem drainase pertahun;
4. identifikasi besaran biaya yang dapat ditanggung oleh masyarakat, swasta, atau instansi lain;
5. usulkan kegiatan untuk meningkatkan sumber pembiayaan.

7.6.9. Membuat Jadwal Kegiatan Pembangunan Drainase

Membuat jadwal kegiatan pembangunan sistem drainase dilakukan sebagai berikut:

1. tentukan jadwal prioritas zona yang akan ditangani;
2. tentukan zona sistem drainase yang akan dikerjakan;
3. tentukan waktu pembuatan studi kelayakan;
4. tentukan waktu pembuatan rencana teknik;
5. tentukan waktu pelaksanaan pembangunan fisik;
6. tentukan waktu kegiatan operasional dan pemeliharaan dimulai.

7.6.10. Rekomendasi

Untuk mendukung pengembangan sistem drainase perkotaan perlu diusulkan langkah-langkah sebagai berikut :

1. usulkan bentuk kelembagaan;
 - a. usulkan instansi yang berwenang menangani sistem drainase;
 - b. usulkan peningkatan fungsi organisasi pengelola;
 - c. usulkan jumlah personil dan uraian tugas dari masing-masing satuan organisasi;
 - d. usulkan koordinasi kegiatan pembangunan prasarana dan sarana kota lainnya;
2. usulkan kebutuhan aspek hukum dan peraturan;
3. usulkan mekanisme dan peningkatan partisipasi masyarakat dan swasta.

7.7. Data perencanaan yang harus diperoleh

Sistem drainase perkotaan data dan persyaratan untuk perencanaannya sebagai berikut :

1. Data primer

Merupakan data dasar yang dibutuhkan dalam perencanaan yang diperoleh baik dari lapangan maupun dari pustaka, mencakup :

- Data permasalahan dan data kuantitatif pada setiap lokasi genangan atau banjir yang meliputi luas, lama, kedalaman rata-rata dan frekuensi genangan.
- Data keadaan fungsi, sistem, geometri dan dimensi saluran
- Data daerah pengaliran sungai atau saluran meliputi topografi, hidrologi, morfologi sungai, sifat tanah, tata guna tanah dan sebagainya. Data prasarana dan fasilitas kota yang telah ada dan yang direncanakan.

2. Data sekunder

Merupakan data tambahan yang digunakan dalam perencanaan drainase perkotaan yang sifatnya menunjang dan melengkapi data primer, terdiri atas :

- Rencana Pengembangan Kota
- Geoteknik
- Pembiayaan
- Kependudukan
- Institusi/kelembagaan
- Sosial ekonomi
- Peran serta masyarakat
- Keadaan kesehatan lingkungan permukiman

Masalah dalam Sistem Drainase

- Terjadi Endapan
- Terdapat timbunan Sampah
- Tumbuhnya tanaman liar
- Penyumbatan, kerusakan, penyalah-gunaan saluran dan bangunan
- Peningkatan debit akibat perubahan tata guna lahan

Untuk memulai suatu perencanaan system drainase perlu dikumpulkan data penunjang agar hasil perencanaan dapat dipertanggung-jawabkan. Data yang diperoleh dari sumbernya atau dikumpulkan langsung di lapangan dengan melakukan pengukuran/penyelidikan. Jenis dan data sumbernya akan diuraikan sebagai berikut:

a. Data permasalahan

Pertimbangan dalam merencanakan suatu drainase adalah laporan mengenai terjadinya permasalahan genangan atau banjir. Data genangan yang perlu diketahui antara lain:

- a) Lokasi genangan
- b) Lama genangan
- c) Tinggi genangan
- d) Besarnya kerugian

b. Data Topografi

Peta skala kecil diperoleh dengan melakukan pengukuran langsung di lapangan seluas wilayah yang diperlukan. Hasil pengukuran dituangkan dalam peta yang dilengkapi garis kontur. Garis kontur digambarkan dengan beda tinggi 0,5 m untuk lahan yang sangat datar atau 1m untuk lahan datar. Dalam pengukuran tersebut dilakukan pula pengukuran sampai ke alur buangan (sungai) terdekat berikut elevasi muka air pada saat banjir. Apabila pengukuran dilakukan pada musim kemarau, elevasi banjir tersebut dapat ditanyakan pada penduduk yang bermukim didekatnya.

c. Data tata guna lahan

Data tata guna lahan ada kaitannya dengan besarnya aliran permukaan. Aliran permukaan ini menjadi besaran aliran drainase. Besarnya aliran permukaan tergantung banyaknya air hujan yang mengalir setelah dikurangi banyaknya air hujan yang meresap.

Betapa besarnya air yang meresap tergantung pula pada tingkat kerapatan permukaan tanah, dan ini berkaitan dengan penggunaan lahan. Penggunaan lahan bias dikelompokkan dalam berapa besar koefisien larian (persentase besarnya air yang mengalir).

d. Jenis tanah

Tiap daerah mempunyai jenis tanah yang berbeda. Jenis tanah disuatu daerah dapat berupa tanah lempung, berpasir, kapur, atau lainnya. Tujuannya untuk menentukan kemampuan menyerap air.

e. Master Plan

Agar perkembangan dapat berkembang secara terarah, diperlukan suatu master plan, dengan demikian pula halnya dalam perencanaan system drainase adalah system yang melayani kebutuhan kota akan saluran buangan. Master plan kota dapat diperoleh dari pemerintah daerah setempat.

f. Data Prasarana dan Utilitas

Prasarana dan utilitas kota lainnya, disamping sistem jaringan drainase adalah jalan raya, pipa air minum, pipa gas, kabel listrik, telpon dan PLN.

g. Biaya

- a) Kondisi eksisting: kemampuan pembiayaan pemerintah, swasta dan masyarakat dalam investasi pengelolaan Drainase secara terpadu berwawasan lingkungan dan melakukan operasi serta pemeliharaan,
- b) Permasalahan yang dihadapi,
- c) Analisis permasalahan, kelayakan investasi, operasi dan pemeliharaan serta rekomendasinya,
- d) Sistem pembiayaan yang dibutuhkan untuk investasi, operasi dan pemeliharaan.

Untuk proyek drainase tidak ada investor yang mau menanamkan modalnya sehingga pemerintahlah yang menyediakan biaya untuk membangun saluran drainase.

h. Data Kependudukan

Data kependudukan bisa diperoleh dari biro statistik. Selain jumlah, lokasi dari penduduk juga diperlukan. Data ini dimaksudkan untuk menghitung air buangan, dalam mendimensi saluran saat musim kemarau.

i. Kelembagaan

- a) Kondisi eksisting: keberadaan institusi/kelembagaan pengelola Drainase, persampahan, dan air limbah,
- b) Permasalahan yang dihadapi,
- c) Analisa permasalahan dan rekomendasi,
- d) Sistem kelembagaan yang dibutuhkan dalam pengelolaan Drainase secara terpadu berwawasan lingkungan.

Kelembagaan adalah instansi pemerintah yang terkait dengan system drainase, khususnya pada saat pemeliharaan dan pengoperasian, bila ada. Setelah hasil perencanaan hasil system drainase, apabila telah dilaksanakan diperlukan suatu organisasi yang menangani baik dalam mengelola, pengoperasian dan pemeliharaan. Dari personil yang ada, masih diperlukan lagi. Ini diperlukan kepada instansi terkait, agar sudah dipersiapkan baik kebutuhan personil, ruang kerja, peralatan dan biaya operasi.

j. Peraturan

- a) Peraturan dan kebijakan daerah,
- b) Kondisi eksisting penegakan hukum/penertiban terkait dengan wilayah keairan (sungai dan Drainase),
- c) Permasalahan yang dihadapi,
- d) Analisa peraturan dan kebijakan,
- e) Rekomendasi aspek hukum peraturan dan kebijakan,
- f) Hukum peraturan dan kebijakan yang dibutuhkan.

Peraturan-peraturan yang diperlukan adalah semua peraturan yang berkaitan dengan drainase perkotaan misalnya Perda tentang saluran drainase, sampah dan sebagainya. Kemudian ditinjau lagi apakah peraturan yang sudah ada apakah sudah memada dengan system jaringan drainase yang akan dikerjakan.

k. Aspirasi Pemerintah dan Peran Serta Masyarakat

- a) Kondisi eksisting: pengelolaan sampah dan air limbah oleh masyarakat di daerah pengaliran sungai/saluran, pengelolaan sampah dan air limbah domestik oleh swasta (industri, perdagangan dan jasa) di daerah pengaliran sungai/saluran dan kesadaran masyarakat dan swasta dalam pengelolaan Drainase, sampah dan air limbah.
- b) Permasalahan yang dihadapi,
- c) Analisa permasalahan dan rekomendasi,
- d) Bentuk dan peran masyarakat dan swasta yang dikehendaki.

Dengan mengetahui aspirasi pemerintah daerah, antara lain berdiskusi dengan instansi terkait dan pemda, perencanaan drainase akan lebih terarah dan mencapai saluran. Dengan berdialog dengan masyarakat khususnya dengan tokoh-tokoh masyarakat atau yang mewakili kepentingan masyarakat untuk ikut memikirkan jalan keluar mengatasi masalah yang ada, akan menumbuhkan rasa ikut memiliki apabila jaringan drainase yang telah dilaksanakan. Dengan demikian mereka mudah diajak untuk memelihara atau minimal menjaga.

l. Data Sosial Ekonomi

Data sosial ekonomi dapat diperoleh dari biro statisti atau kantor kelurahan, tujuannya untuk mengetahui kondisi sosial ekonomi masyarakat adalah untuk menghindari timbulnya masalah-masalah sosial apabila saluran drainase atau bangunan-bangunannya akan dibangun di kemudian hari. Contoh : hindari menempatkan saluran induk ditengah-tengah daerah padat penduduk, yang mengakibatkan terjadinya pengurusan dalam jumlah yang besar.

m. Kesehatan Lingkungan Pemukiman

Masalah ini perlu dipertimbangkan dalam perencanaan. Tujuan membangun system drainase adalah untuk meningkatkan kesehatan lingkungan, jangan sampai yang terjadi adalah sebaliknya. Contoh : dengan dibangunnya saluran drainase, pada musim kemarau menimbulkan bau yang tidak enak, atau saluran drainase meningkatkan populasi nyamuk.

n. Banjir Kiriman

Perlu dikaji adanya kemungkinan banjir kiriman dari daerah hulu. Bila ada, perlu diantisipasi dalam perancahan atau koordinasi dengan instansi yang menangani masalah tersebut.

o. Peta situasi dan pengukuran jalur saluran

Untuk perencanaan detail yaitu penempatan saluran-saluran kwarter dan tersair diperlukan peta situasi dalam skala besar, misalkan 1 : 1000. Setelah jalur saluran ditentukan, dilakukan lagi pengukuran jalur saluran baik dalam arah memanjang maupun dalam arah melintang. Arah melintang tiap jarak 50 meter dengan batas pengukuran kekiri dan kekanan sejauh yang diperlukan.

p. Data Tanah

Data tanah yang diperlukan khususnya pada rencana bangunan-bangunan yang besar misalnya jembatan. Data tanah ini dilihat dari segi kekuatannya. Data tanah yang diperlukan khususnya pada rencana bangunan-bangunan besar. Misalnya : jembatan.

q. Data Hujan

Data hujan diperoleh dari dinas Meteorologi dan Geofisika atau stasiun pengamat hujan lainnya, misalnya milik puslitbang pengairan. Yang perlu dikumpulkan minimal data curah hujan harian selama 10 tahun atau lebih. Data ini diperlukan untuk menghitung debit rencana.

1). Penyiapan Data Curah Hujan

Sebelum dilakukan pengolahan, data curah hujan perlu dicek kontinuitasnya mengingat data curah hujan yang ada terkadang tidak lengkap (kosong) dan sering dianggap sebagai data yang hilang. Hal ini dapat disebabkan karena tidak tercatatnya data hujan oleh petugas di tempat pengamatan akibat kerusakan alat penakar, kelupaan petugas untuk mencatat atau sebab lain.

Menurut Soewarno, untuk analisis data yang diperoleh perlu dilengkapi dengan menggunakan data curah hujan dari stasiun terdekat, yaitu :

1. Jika perbedaan curah hujan tahunan normal stasiun yang mempunyai data kosong dibandingkan dengan curah hujan tahunan normal stasiun pengukur terdekat kurang dari 10%, maka digunakan rata-rata aritmatik
2. Jika perbedaan curah hujan tahunan normal stasiun yang mempunyai data kosong dibandingkan dengan curah hujan tahunan normal stasiun pengukur terdekat lebih dari 10%, maka digunakan metode perbandingan normal

Sampai saat ini cara yang dianggap paling baik untuk memperkirakan besar hujan dengan periode ulang tertentu adalah melakukan analisis frekuensi data hujan di tempat yang ditinjau, karena data hujan merupakan serangkaian data yang dianggap memenuhi persamaan atau fungsi probabilitas. Analisis frekuensi adalah kejadian yang diharapkan terjadi, rata-rata sekali setiap T tahun atau dengan kata lain periode ulang T tahun.

2). Tes Konsistensi

Data hujan yang telah dilengkapi, digunakan untuk menyelesaikan masalah-masalah hidrologis. Ketelitian hasil perhitungannya tergantung pada kekonsistensian data. Sebelum dianalisis lebih lanjut data curah hujan yang telah dilengkapi dites konsistensi. Suatu array data pengamatan hujan mungkin terjadi ketidaksesuaian (inconsistency) yang dapat mengakibatkan penyimpangan pada hasil perhitungan. Tidak konsistensinya data curah hujan dapat disebabkan karena :

- a. Perubahan mendadak pada sistem lingkungan hidrologis seperti ekosistem terhadap iklim, misalnya karena kebakaran hutan, ekosistem sawah berubah menjadi ekosistem pemukiman, gempa bumi, kebakaran hutan, meletusnya gunung berapi, dll.
- b. Perpindahan lokasi stasiun pengukur hujan.

c. Terdapat kesalahan sistem observasi pada sekumpulan data akibat posisi dan cara pemasangan alat ukur curah hujan yang tidak baik atau terjadi perubahan pengukuran (sehubungan adanya metode atau alat yang baru).

Pengecekan konsistensi data dapat dilakukan dengan teknik kurva massa ganda (*double mass curve technique*). Teknik ini berdasarkan prinsip setiap pencatatan data yang berasal dari populasi sekandung akan konsisten. Sedangkan yang bukan sekandung tidak konsisten, dimana terdapat penyimpangan atau trend.

Prinsip metode analisis massa ganda adalah sejumlah tertentu stasiun dalam wilayah iklim yang sama diseleksi sebagai stasiun dasar dihitung untuk setiap periode yang sama. Rata-rata aritmatik dari semua stasiun dasar dihitung untuk periode yang sama. Rata-rata hujan tersebut ditambahkan (diakumulasikan mulai dari periode awal pengamatan).

Demikian pula dengan stasiun utama yang akan dicek kekonsistensiangannya. Grafik yang menghubungkan curah hujan akumulatif stasiun dasar dan stasiun utama untuk setiap periode, diplot pada koordinat segi empat dalam kurva massa-ganda. Bila data stasiun yang dicek konsistensinya dengan stasiun dasar adalah konsisten, maka kurva massa gandanya hampir merupakan garis lurus.

Jika terdapat patahan atau belokan yang menyimpang dari garis pada titik tertentu maka mulai titik tersebut sampai dengan tahun pengamatan berikutnya dianggap tidak akurat. Menurut Linsey perubahan slope tidak akan terlihat jelas kecuali didukung paling sedikit oleh 5 tahun data atau dengan bukti nyata adanya perubahan exposure.

r. Data Bahan Bangunan

Mencari data bahan bangunan yang mudah diperoleh dan murah untuk kepentingan pemilihan jenis bangunan pada desain sarluran dan bangunan.

Setelah mengetahui faktor-faktor perencanaan sistem drainase agar memperjelas materi di dalam sistem drainase terbagi menjadi 3 yaitu :

a. Sistem Terpisah (Separate System)

Sistem air buangan dimana air hujan dan air limbah dilayani secara terpisah. (Prof. Ir. Joetata H, Drainase Perkotaan, 1997).

Pemilihan sistem ini berdasarkan atas beberapa pertimbangan antara lain:

1. Periode musim hujan dan musim kemarau yang terlalu lama.
 2. Kuantitas yang jauh berbeda antara buangan dan air hujan.
 3. Air buangan memerlukan pengolahan terlebih dahulu sedangkan air hujan tidak perlu dan harus secepatnya dibuang ke saluran pembuangan.
- Keuntungan pemakaian sistem ini :
 - a) Proses pembuatan dan operasinya mudah karena mempunyai dimensi saluran yang kecil.
 - b) Mengurangi bahaya bagi kesehatan masyarakat.
 - c) Pada instalasi pengolahan air buangan tidak ada tambahan beban kapasitas.
 - d) Dapat merencanakan pembilasan sendiri, baik pada musim kemarau maupun pada musim penghujan.
 - Kerugian sistem ini :

Membuat dua sistem saluran sehingga memerlukan tempat yang luas dan biaya yang cukup besar.

b. Sistem Tercampur (Combined System)

Air kotor dan air hujan disalurkan melalui satu saluran pembuangan yang sama. Saluran ini harus tertutup. (Prof. Ir. Joetata H, Drainase Perkotaan, 1997).

Pemilihan sistem ini berdasarkan atas beberapa pertimbangan antara lain:

1. Debit masing-masing buangan relatif kecil sehingga dapat disatukan.
 2. Kuantitas air buangan dan air hujan tidak jauh berbeda.
 3. Frekuensi curah hujan dari tahun ke tahun relative kecil.
- Keuntungan pemakaian sistem ini :

- a) Hanya diperlukan satu sistem penyaluran air sehingga dalam pemilihannya lebih ekonomis.
- b) Terjadi pengenceran air buangan oleh air hujan sehingga konsentrasi air buangan menurun.
- Kerugian sistem ini :
Diperlukan areal yang luas untuk menempatkan instalasi tambahan untuk penanggulangan pada saat-saat tertentu.

c. Sistem Kombinasi

Sistem kombinasi merupakan perpaduan antara saluran air buangan dan air hujan tercampur dalam satu air buangan, sedangkan air hujan berfungsi sebagai opengencer dan penggelontor. Kedua saluran ini tidak bersatu tetapi dihubungkan dengan sistem perpipaan interceptor. (Prof. Ir. Joetata H, Drainase Perkotaan, 1997).

Pertimbangan pemakaian sistem ini :

1. Perbedaan yang cukup besar antara kuantitas air buangan kan melalui jaringan penyalur air buangan dan kuantitas urah hujan pada daerah pelayanan.
2. Umumnya dalam kota dilalui sungai-sungai dimana air hujan secepatnya dibuang ke dalam sungai-sungai tersebut.
3. Periode musim kemarau dan musim hujan yang lama dan fluktuasi air hujan yang tidak tetap.

Berdasarkan pertimbangan tersebut, maka secara teknis dan ekonomis sistem yang memungkinkan diterapkan adalah sistem terpisah antara air buangan rumah tangga dengan air buangan yang berasal dari air hujan.

7.8 Contoh – contoh Drainase yang ada di Indonesia dan dunia

Masalah klasik yang sepertinya bukan hal yang mudah untuk di selesaikan dan menjadi PR bagi pemerintah Kota Jakarta dari tahun ketahun. Kondisi jalanan atau area di Jakarta saat ini menjadi sangat parah dan memprihatinkan ketika hujan turun. Jangankan hujan lebat, hujan dengan intensitas sedang saja sudah berhasil menimbulkan genangan. Belum lagi jika hujan turun dalam waktu yang lama, wah banjir dimana-mana.



Gambar 7.17 Banjir di Kawasan Bundaran HI, Jakarta.

Drainase Kota Jakarta yang buruk, menjadi salah satu penyebab utama banjir. Drainase yang berupa gorong-gorong di bawah jalanan di Jakarta sangat kecil dan tua. Misalnya saja drainase yang berada di sepanjang jalan Sudirman-MH Thamrin hanya berkelas mikro. Lubang resapan di sisi jalan hanya berdiameter 60 cm. Resapan ini tersambung dengan gorong-gorong di bawah trotoar yang memiliki diameter 80 cm. Fyi, gorong-gorong kelas mikro itu tidak mampu menampung beban curah hujan yang banyak. Kota yang memiliki ketinggian rendah seperti Jakarta harusnya memiliki sistem drainase terpadu lebih baik.



Gambar 7.18 Waterway di Belanda



Gambar 7.19 Polder River Expansion

7.9 KESIMPULAN

Perkotaan merupakan pusat segala kegiatan manusia, pusat produsen, pusat perdagangan, sekaligus pusat konsumen. Di daerah perkotaan tinggal banyak manusia, banyak fasilitas umum, transportasi, komunikasi dan sebagainya. Urbanisasi yang terjadi di hampir seluruh kota besar di Indonesia akhir-akhir ini menambah beban daerah perkotaan menjadi lebih berat, kebutuhan akan lahan baik untuk permukiman maupun kegiatan perekonomian meningkat. Perubahan fungsi lahan ini menimbulkan dampak yang cukup besar pada siklus hidrologi sehingga berpengaruh besar terhadap sistem drainase perkotaan, karena siklus hidrologi sangat dipengaruhi oleh tata guna lahan.

Drainase perkotaan bertujuan untuk mengalirkan air lebih dari suatu kawasan yang berasal dari air hujan maupun air buangan, agar tidak terjadi genangan yang berlebihan pada suatu kawasan tertentu. Karena suatu kota terbagi bagi menjadi beberapa kawasan, maka drainase di masing-masing kawasan merupakan komponen yang saling terkait dalam suatu jaringan drainase perkotaan dan membentuk satu sistem drainase perkotaan.

Dengan adanya suatu sistem drainase di perkotaan maka akan diperoleh banyak manfaat pada kawasan perkotaan yang bersangkutan, yaitu akan semakin meningkatnya kesehatan, kenyamanan dan keasrian daerah pemukiman khususnya dan daerah perkotaan pada umumnya, dan dengan tidak adanya genangan air, banjir dan pembuangan limbah yang tidak teratur, maka kualitas hidup penduduk di wilayah bersangkutan akan menjadi lebih baik sehingga dapat meningkatkan kesejahteraan dan ketentraman seluruh masyarakat.

7.10. Saran

Setelah bersama telah kita ketahui data-data apa saja yang perlu dihimpun dalam perencanaan drainase perkotaan. Maka oleh karena itu, patutlah kita terus memperhatikan dengan baik akan drainase yang ada di daerah yang akan dibangun dengan perencanaan sistem drainase yang terencana dengan konsep yang matang.

Karena dengan perlakuan yang baik dan sesuai terhadap drainase yang ada, akan memberikan pengaruh yang luas terlebih di daerah yang akan dibangun sistem drainase agar terhindar dari banjir.

DAFTAR PUSTAKA

<http://www.scribd.com/doc/52396284/2/Perencanaan-Drainase-Kota>

<http://www.kaskus.us/showthread.php?t=6114953&page=3>

<http://bahan-referensi.blogspot.com/2010/05/drainase.html>

<http://www.scribd.com/doc/59121543/655609132-Pembuatan-Rencana-Induk-Drainase-Perkotaan>

G-Cans Proyek Bawah Tanah Terbesar didunia dan berbagai sumber