

GOVERNMENT OF REPUBLIC OF INDONESIA
MINISTRY OF PUBLIC WORKS
DIRECTORATE GENERAL OF WATER RESOURCES

**WATER RESOURCES AND IRRIGATION SECTOR MANAGEMENT PROGRAM
(WISMP)**

BASIN WATER RESOURCES MANAGEMENT (BWRM) - WISMP

PERENCANAAN PEMELIHARAAN SUNGAI DAN BANGUNANNYA

JANUARI 2009

Disusun Oleh :

C.LOTTI & ASSOCIATI
SOCIETA DI INGEGNERIA S.p.A. - ROMA

Asosiasi dengan :

Yachiyo Engineering Co.Ltd
PT. DDC Consultant
PT. Tricon Jaya
PT. Bina Karya
PT. Cipta Sanita Mandiri
PT. Sehat Pratama Sejati
PT. Jasa Mitra Manunggal

PERENCANAAN PEMELIHARAAN SUNGAI

BAB I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Landasan Hukum	1
1.3 Maksud dan Tujuan	2
1.4 Ruang Lingkup	3
BAB II. PENGERTIAN – PENGERTIAN	4
BAB III. PEMELIHARAAN SUNGAI	7
3.1. Komponen Pemeliharaan Sungai	7
3.1.1. Perlindungan Sungai	7
3.1.2. Pengendalian Sungai	7
3.2. Pelaksanaan Pemeliharaan Sungai	8
3.2.1. Prinsip Pemeliharaan Sungai	8
3.2.2. Cakupan Pemeliharaan Sungai	8
3.2.3. Kegiatan Pemeliharaan Sungai	8
3.3. Siklus Kegiatan Pemeliharaan Sungai	11
3.4. Jenis-jenis Pemeliharaan Sungai	11
3.4.1. Pemeliharaan Preventif.....	11
3.4.2. Pemeliharaan Korektif/Penyempurnaan	13
3.4.3. Pemeliharaan Darurat	14
BAB IV. PERENCANAAN PEMELIHARAAN SUNGAI	15
4.1. Data Pendukung Utama	15
4.2. Data Hasil Pemantauan/Pengamatan Sungai	15
4.3. Data Hasil Evaluasi	16
4.4. Perencanaan	16
BAB V. APLTKASI STABILII-AS BANGUNAN PENGAIRAN	18
5.1. Penentuan Beban	18
5.1.1. Pembebanan Akibat Fluktuasi Aliran Sungai	18
5.1.2. Pembebanan Akibat Penumpukan Sedimen	18
5.1.3. Pembebanan Akibat Penurunan Air Hilir Yang Secara Tiba-tiba ...	18
5.1.4. Gaya Aktif Bekerja.....	18
5.2. Analisa Stabilitas Bangunan Pengendali Sedimen	22
5.2.1. Analisa Slitabilitas Lereng	23
5.2.2. Variabel Persamaan	27
BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN	27

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. LATAR BELAKANG

Sungai adalah salah satu sumber air yang paling pokok diantara berbagai sumber air lain yang terdapat pada permukaan tanah. Pada tingkat tertentu, kebutuhan masyarakat dapat dipenuhi oleh sungai secara alamiah, baik dari segi kuantitas maupun kualitas. Pada kondisi ini kebutuhan masyarakat dapat dipenuhi tanpa mengganggu kelestarian sumber airnya.

Dengan adanya perkembangan masyarakat, baik yang berkaitan dengan peningkatan jumlah penduduk maupun tingkat kehidupannya, maka jenis kebutuhan, kuantitas, dan kualitas air yang dibutuhkan semakin meningkat, sehingga semakin sulit untuk dapat dipenuhi oleh sungai secara alamiah.

Kenyataan yang sering kita temui di lapangan, debit normal sungai cenderung semakin menurun, dan kualitas air sungai di beberapa lokasi juga semakin menurun, sehingga tidak dapat dimanfaatkan lagi untuk kehidupan masyarakat. Gejala ini timbul terutama pada sungai-sungai yang mengalir melalui daerah permukiman dan perindustrian.

Keadaan lain yang sering terjadi adalah semakin menurunnya kapasitas tampung sungai sebagai penyalur ari banjir, karena desakan kebutuhan lahan untuk pemukiman dan kawasan industri. Alur sungai menjadi semakin sempit dan dangkal, tebing sungai serta bangunan prasarana sungai lainnya (seperti tanggul, bangunan pelindung tebing dan lain-lain) terancam rusak akibat intensifnya masyarakat sekitarnya memanfaatkan sungai (misal usaha penambangan pasir, pembuatan batu-batu di dataran banjir).

Berbagai usaha perlindungan dan pengendalian sungai serta bangunan infrastruktur lainnya telah banyak dilaksanakan di Indonesia selama beberapa Pelita, namun usaha Pemeliharaan Sungai beserta Infrastruktur lainnya masih perlu ditingkatkan untuk memecahkan masalah yang ada serta untuk mengantisipasi persoalan yang akan timbul di kemudian hari.

1.2. LANDASAN HUKUM

Usaha-usaha dalam pemeliharaan sungai beserta bangunan infrastruktur lainnya masih perlu dikembangkan berdasarkan pengertian yang terkandung di dalam Peraturan Perundang-undangan yang berlaku, baik Pusat maupun Daerah.

Peraturan perundang-undangan yang melandasi kegiatan pengelolaan dan pemeliharaan sungai antara lain :

1. Undang-undang Nomor 7 Tahun 2004 tentang Sumber Daya Air, pasal 64 Pelaksanaan Operasi dan Pemeliharaan Sumber Daya Air
2. Undang-undang Nomor 12 tahun 2004 tentang Pemerintahan Daerah
3. Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 1982 tentang Tata Pengaturan Air, Bab VII Eksploitasi dan Pemeliharaan Bangunan Pengairan.
4. Peraturan Pemerintah Nomor 35 Tahun 1991 tentang Sungai Bab VII Eksploitasi dan Pemeliharaan Sungai dan Bangunan Sungai
5. Peraturan Pemerintah Nomor 38 Tahun 2007 tentang Pembagian Urusan Pemerintahan Antara Pemerintah, Pemerintah Daerah Provinsi, dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota.
6. Keputusan Presiden Nomor 32 Tahun 1990 tentang Kawasan Lindung.
7. Peraturan Daerah Propinsi Jawa Tengah No. 11 tahun 2004 tentang Garis Sempadan.
8. Keputusan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 456A/KPTS/1986 tentang Ketentuan Pengamanan Sungai dalam hubungan dengan Penambangan Bahan Galian Golongan C.
9. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 58/PRT/1989 tentang Penyelenggaraan Pembinaan Teknis dan Pengawasan Teknis Bidang Pekerjaan Umum Kepada Dinas Pekerjaan Umum.
10. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 49/PRT/1990 tentang Tata Cara dan Persyaratan Ijin menggunakan Air atau Sumber Air.
11. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 63/PRT/1993 tentang Garis Sempadan Sungai, Daerah Manfaat Sungai, Daerah Penguasaan Sungai dan Bekas Sungai.
12. Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Nomor 11A/PRT/2006 tentang Kriteria Pembagian Wilayah Sungai.

1.3. MAKSUD DAN TUJUAN

Maksud penulisan modul ini untuk dapat memberikan pengertian dan uraian tentang Perencanaan Pemeliharaan Sungai, yang merupakan bagian yang tidak dapat dipisahkan dalam melaksanakan kegiatan-kegiatan, Pemeliharaan Sungai pada umumnya.

Tujuan penulisan modul ini adalah untuk dapat dijadikan salah referensi pemeliharaan sungai, sehingga dapat terselenggara kegiatan-kegiatan Pemeliharaan Sungai sesuai dengan ketentuan-ketentuan yang berlaku dalam rangka melindungi dan menjaga kelestarian sungai, meningkatkan fungsi dan kemanfaatan sungai termasuk bangunan sungai, serta mengendalikan daya rusak sungai terhadap lingkungannya.

1.4. RUANG LINGKUP

Ruang Lingkup penulisan buku ini terdiri dari pokok bahasan yang mencakup aspek pemeliharaan sungai pada umumnya, dan kegiatan perencanaan pemeliharaan sungai pada khususnya, serta didasarkan pada semua tinjauan baik fisik maupun non fisik

BAB II

PENGERTIAN - PUNGERTIAN

Agar tidak timbul keragu-raguan dalam mengartikan suatu istilah, maka akan dijelaskan arti dari istilah pokok yang dipakai dalam perencanaan pemeliharaan sungai.

1). Sumber Air

Sumber air adalah tempat atau wadah air alami dan atau buatan yang terdapat pada, di atas ataupun di bawah permukaan tanah.

2). Sungai

Sungai, termasuk anak-anak sungai dan sungai buatan, adalah alur atau tempat atau wadah air berupa jaringan pengaliran air, sedimen, dan ekosistem yang terkait mulai dari hulu dan atau mata air sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri di sepanjang pengalirannya oleh garis sempadan.

3). Daerah Aliran Sungai

Daerah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan.

4). Wilayah Sungai

Wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000 km².

5). Bangunan Sungai

Bangunan Sungai adalah bangunan yang berfungsi untuk perlindungan, pengembangan, penggunaan dan pengendalian sungai.

6). Garis Sempadan Sungai

Garis sempadan sungai adalah garis maya batas luar perlindungan sungai.

7) Daerah Sempadan Sungai

Daerah sempadan sungai adalah kawasan kiri kanan sepanjang sungai termasuk sungai buatan yang dibatasi oleh garis sempadan sungai.

8). Daerah Manfaat Sungai

Daerah manfaat sungai adalah mata air, badan sungai dan daerah sempadan sungai yang telah dibebaskan.

9). Daerah Penguasaan Sungai

Daerah penguasaan sungai adalah dataran banjir, daerah retensi, dan daerah sempadan sungai yang tidak dibebaskan dan peruntukannya diatur.

10). Bekas Sungai

Bekas sungai adalah sungai yang tidak berfungsi lagi sebagai sungai.

11). Palung Sungai

Palung sungai adalah cekungan yang terbentuk oleh aliran air secara alamiah atau buatan manusia untuk mengalirkan air dan sedimen.

12). Pemeliharaan Sungai

Pemeliharaan Sungai adalah upaya menjaga dan mengamankan sungai agar selalu dapat berfungsi dengan baik guna memper lancar pelaksanaan operasi dan mempertahankan kelestariannya.

13). Rehabilitasi Bangunan Sungai

Rehabilitasi Bangunan Sungai adalah kegiatan fisik pemeliharaan bangunan sungai yang mengalami kerusakan, karena itu harus diperbaiki agar kapasitas, kondisi dan fungsinya dapat dikembalikan seperti sebelum terjadi kerusakan, tanpa menggunakan perencanaarr baru.

14). Rektifikasi Bangunan Suingai

Rektifikasi Bangunan Sungai adalah kegiatan pemeliharaan bangunan sungai yang rnengalami kerusakan atau belum rusak tetapi kondisinya sudah tidak berfungsi sebagaimana mestinya, karena itu sistemnya harus diperbaiki secara keseluruhan dengan menggunakan perencanaan baru yang konprehensip dan terpadu dengan sistem disekitarnya.

15). Bantaran Sungai

Bantaran sungai adalah lahan pada kedua sisi sepanjang palung sungai dihitung dari tepi sampai dengan kaki tanggul sebelah dalam.

16). Perlindungan Sungai

Perlindungan Sungai adalah upaya pengamanan sungai terhadap kerusakan-kerusakan yang disebabkan oleh tindak manusia dan peristiwa alam.

17). Pengembangan Sungai

Pengembangan Sungai adalah upaya yang dilakukan untuk meningkatkan kemanfaatan fungsi sungai sebesar-besarnya tanpa merusak keseimbangan sungai dan lingkungannya.

18). Penggunaan Sungai

Penggunaan Sungai adalah upaya memanfaatkan sungai.

19). Pengendalian Sungai

Pengendalian Sungai adalah upaya untuk lebih memanfaatkan aliran sungai sepanjang tahun, guna memperoleh kemanfaatan sungai sebesar-besarnya, dan mengurangi / meniadakan daya rusak air terhadap sungai terhadap lingkungannya.

20). Sungai Berfungsi Ekonomi dan Lingkungan

Sungai berfungsi ekonomi dan lingkungan adalah jika air dan atau sumber air yang ada sudah diberdayakan sehingga dapat digunakan dalam proses produksi untuk menghasilkan barang atau jasa yang mempunyai nilai dan kegunaan tambah dibandingkan dengan nilai dan kegunaan aslinya, sehingga perlu segala upaya dan usaha untuk meningkatkan fungsi dan kemanfaatannya serta menanggulangi dan atau mengendalikan daya rusaknya terhadap lingkungan di sekitarnya.

21). Sungai Berfungsi Sosial

Sungai Berfungsi Sosial adalah jika air dan atau sumber air yang ada dapat dimanfaatkan dan digunakan tanpa menimbulkan konflik kepentingan dan gangguan didalam masyarakat yang memanfaatkan dan atau menggunakannya.

BAB III

PEMELIHARAAN SUNGAI

3.1. KOMPONEN PEMELIHARAAN SUNGAI

Komponen Pemeliharaan Sungai terdiri dari perlindungan Sungai dan Pengendalian Sungai.

3.1.1. Perlindungan Sungai

Perlindungan Sungai merupakan upaya pengamanan sungai terhadap ancaman bahaya yang berasal dari lingkungan di luar sistem sungai, terdiri dari ;

1. Ancaman bahaya yang berasal dari kekuatan alam, antara lain gempa bumi, tanah longsor, atau galodo/banjir lumpur.
2. Ancaman bahaya yang berasal dari ulah manusia, antara lain pencemaran air dari limbah industri, limbah pertanian/perkebunan, atau limbah rumah tangga, pemanfaatan lahan di daerah manfaat sungai, bekas sungai, atau daerah rawan banjir.

3.1.2. Pengendalian Sungai

Pengendalian Sungai merupakan upaya pengamanan sungai terhadap ancaman bahaya yang berasal dari sistem sungai itu sendiri, terdiri dari :

1. Ancaman bahaya yang berasal dari sistem sungai akibat dari kekuatan alam antara lain banjir, banjir lahar, erosi dan atau pendangkalan pada dasar palung sungai, serta erosi tebing palung sungai yang mempengaruhi morfologi sungai, atau gerusan lokal pada bangunan-bangunan sungai.
2. Ancaman bahaya yang berasal dari sistem sungai akibat dari ulah manusia, anantara lain penambangan secara berlebihan bahan galian golongan c, kegiatan transportasi air di palung sungai atau didaerah manfaat sungai, yang ada pada sungai aluvial, karena akan mengganggu dalam :
 - a. Kestabilan angkutan sedimen dalam palung sungai,
 - b. Peningkatan erosi pada dasar dan tebing palung sungai,
 - c. Keseimbangan pertumbuhan morfologi sungai,
 - d. Kestabilan dari kinerja bangunan-bangunan sungai,
 - e. Kegiatan transportasi.

3. Ancaman bahaya yang berasal dari kombinasi kekuatan alam dan ulah manusia, akan berbandak jauh lebih parah.

3.2. PELAKSANAAN PEMELIHARAAN SUNGAI

3.2.1. Prinsip Pemeliharaan Sungai

Prinsip-prinsip pemeliharaan sungai meliputi :

1. Agar fungsi sebagai sumber daya air, yang meliputi fungsi sosial, ekonomi, dan lingkungan dapat dipertahankan.
2. Agar upaya dan usaha pengamanan sungai dapat berjalan dengan baik.

3.2.2. Cakupan Pemeliharaan Sungai

Cakupan pemeliharaan sungai, meliputi :

1. Pemeliharaan terhadap komponen sumber daya alam, yaitu mata air, air dan kekayaan alam bukan hewani yang terkandung di daerah manfaat sungai atau yang mengalir dalam palung sungai, dan lahan di daerah manfaat sungai.
2. Perneliharaan terhadap komponen sumber daya buatan, yaitu bangunan-bangunan sungai yang berada di palung sungai, dan atau di lahan daerah manfaat sungai.

3.2.3. Kegiatan Pemeliharaan Sungai

3.2.3.1. Pemelrharaan Sungai Secara Non Fisik.

Kegiatan non fisik berupa pembinaan, pengaturan pengawasan, baik yang ditujukan untuk perlindungan maupun untuk pengendalian, meliputi :

1. Perlindungan Sunga

Kegiatan Pemeliharaan sungai non fisik yang bersifat perlindungan terhadap konrponen sumber daya alam dari sungai, antara lain berupa pembinaan, pengiaturan dan pengawasan, berkaitan dengan :

- a. Upaya dan usaha, penyelamatan tanah dan air melalui konservasi kawasan lindung dan kawasan penyangga secara lintas bidang dan lintas sektoral, diselenggarakan secara inter departemen dengan dukungan dari lembaga swadaya masyarakat (LSM) yang mempunya kompetensi terhadap konservasi,
- b. Upaya dan usaha pencegahan atau mitigasi terhadap pencemaran air dan sumber air serta lingkungannya,
- c. Pengawasr terhadap penggunaan atau pemanfaatan lahan yang dapat mengancam kualitas lingkungan dalam kaitannya dengan kelestarian fungsi sungai.

Kegiatan pemeliharaan sungai non fisik yang bersifat perlindungan terhadap komponen, sumber daya buatan dari sungai, antara lain berupa pembinaan, pengaturan dan pengawasan terhadap bangunan-bangunan sungai yang berada di palung sungai dan atau di lahan daerah manfaat sungai melalui pencegahan dan atau mitigasi terhadap ancaman keamanan atau gangguan fungsi bangunan-bangunan sungai agar tetap berfungsi dengan kinerja sebagaimana mestinya.

2. Pengendalian Sungai

Kegiatan Pemeliharaan Sungai non fisik yang bersifat pengendalian terhadap komponen sumber daya alam dari sungai, antara lain berupa pembinaan, pengaturan dan pengawasan yang berkaitan dengan :

- a. Penanggulangan bencana banjir
- b. Penambangan bahan galian golongan C di sungai agar dilakukan secara tidak berlebihan.
- c. Penggunaan pemanfaatan daerah manfaat sungai agar sesuai dengan peruntukannya.

Kegiatan Pemeliharaan Sungai non fisik yang bersifat pengendalian terhadap komponen sumber daya buatan dari sungai antara lain berupa pembinaan, pengaturan dan pengawasan yang berkaitan dengan perawatan, pemeliharaan, penggunaan, pemanfaatan, dan pengoperasian bangunan-bangunan sungai, agar tetap sesuai dengan fungsi dan manfaat yang diharapkan.

3.2.3.2. Pemeliharaan Sungai Secara Fisik

1. Perlindungan Sungai

Kegiatan fisik pemeliharaan sungai yang bersifat perlindungan terhadap komponen sumber daya alam dari sungai, antara lain berupa :

- a. Pengamanan mata air dengan bangunan khusus sehingga aman terhadap ancaman bahaya pencemaran dari manusia dan lingkungannya.
- b. Pengamanan palung sungai agar terlindung dari endapan lahar yang berlebihan dengan membangun serangkaian check dam/sabo dam.
- c. Pengamanan secara vegetatif agar mata air, sungai dan sumber daya air lainnya terlindung dari ancaman pencemaran oleh sedimen hasil erosi lahan.

Kegiatan fisik pemeliharaan sungai yang bersifat perlindungan terhadap komponen sumber daya buatan dari sungai, antara lain berupa :

- a. Pengamanan bangunan-bangunan sungai dengan konstruksi pengamanan tertentu sehingga aman terhadap ancaman pengrusakan dan atau penggunaan / pemanfaatan yang menyimpang.
- b. Pengamanan bangunan-bangunan sungai secara vegetatif sehingga aman terhadap ancaman kerusakan oleh curah hujan dan atau erosi

- c. Pengamanan terhadap lahan bantaran dari ancaman pertumbuhan vegetasi secara berlebihan / tidak beraturan, agar tersedia ruang bebas yang berfungsi sebagai daerah laluan banjir sebagaimana mestinya.
- d. Pengamanan terhadap kualitas bangunan-bangunan sungai dengan melakukan, perawatan rutin dan periodik agar aman terlindung dari ancaman keausan oleh cuaca dan lingkungannya.

2. Pengendalian Sungai

Kegiatan fisik pemeliharaan sungai yang bersifat pengendalian terhadap komponen sumber daya alam dari sungai, antara lain berupa ;

- a. Pengamanan dasar sungai dari degradasi dan aggradasi
Dengan membangun bangunan-bangunan pengendali kemiringan dasar sungai, seperti : ground sill / anggelan, bottom control, dan bangunan sejenis lainnya.
- b. Pengamanan palung sungai dari ancaman kerusakan akibat aliran lahar atau sedimen yang berlebihan dengan membangun dam pengendali sedimen pada palung sungai.
- c. Pengamanan palung sungai dari endapan sedimen yang berlebihan akibat erosi lahan di DAS bagian hulu serta upaya meminimalkan konsentrasi sedimen yang berlebihan di dalam aliran air sungai, dengan melakukan pembangunan dam-dam penampung sedimen di palung-palung sungai berorde rendah (orde 1 , orde 2, atau orde 3), khususnya di kawasan-kawasan yang berlahan kritis

Kegiatan fisik pemeliharaan sungai yang bersifat pengendalian terhadap komponen sumber daya buatan dari sungai, antara lain berupa :

- a. Pemeriksaan dan inventarisasi secara rutin dan periodik terhadap bangunan-bangunan sungai serta prasarana dan sarana penanggulangan bencana banjir, dengan tujuan :
 - 1. Mengetahui latar belakang perencanaan, pembangunan, fungsi, kapasitas, dan kondisi awal,
 - 2. Mengetahui secara dini hal-hal yang sekiranya dapat merusak, melemahkan, atau mengganggu kondisi, fungsi, dan kemanfaatannya.
 - 3. Mendapatkan gambaran untuk kegiatan-kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pemantauan, serta taksiran perbaikan, dan atau perawatan dalam rangka pemeliharaan sungai.
- b. Melakukan pemeliharaan fisik terhadap bangunan-bangunan sungai yang ada, baik yang berkaitan dengan bangunan penanggulangan bencana banjir maupun bangunan pengendali banjir.

3.3. SIKLUS KEGIATAN PEMELIHARAAN SUNGAI

Siklus kegiatan pemeliharaan sungai merupakan siklus dari kegiatan-kegiatan perencanaan, pelaksanaan, pengamatan, atau pemantauan, dan evaluasi.

Perencanaan dalam rangka pemeliharaan sungai mencakup hal-hal yang berkaitan dengan :

- a. Inventarisasi dan Dokumentasi kondisi sungai, baik aspek sumber daya alamnya maupun aspek sumber daya buaatannya.
- b. Penyusunan program kegiatan pemeliharaan sungai, termasuk urutan prioritasnya.
- c. Penyusunan petunjuk pelaksanaan (juklak) dan petunjuk teknis (Juknis) pmeliharaan sungai yang lebih spesifik dan rinci.
- d. Perencanaan dan perencanaan teknis (survey, investigasi, dan desain).

Pelaksanaan pemeliharaan sungai adalah implementasi dari perencanaan dan perencanaan teknis, baik fisik maupun non fisik dari komponen-komponen sungai yang berbentuk sumber daya alam maupun sumber daya buatan.

Pengamatan atau pemantauan adalah kegiatan yang ditujukan terhadap kondisi dan kinerja sungai, baik komponen sumber daya alam maupun sumber daya buaatannya, berkaitan dengan adanya bahaya yang selalu mengancam fungsi dan manfaat sungai, baik karena kekuatan alam, ulah manusia atau kombinasi dari keduanya.

Evaluasi dilakukan terhadap penyelenggaraan kegiatan pemeliharaan sungai untuk mendapatkan hil-hal, baik positif maupun negatif, yang akan dimanfaatkan uniuik perbaikan peningkatan atau penyempurnaan kegiatan pemeliharaan sungai selanjutnya.

3.4. JENIS-J dNI S PEM ELIHARAAN ST]NGAI

3.4.1. PemeliharaanPreventip

Pemeliharaan prefentip yaitu kegiatan pencegahan yang bertujuan untuk menjaga agar bangunin sungai tetap berfungsi secara optimal sesuai dengan tingkat layanan yang direncanakan. Kriteria umum dari pemeliharaan prefentip adalah :

1. Dilakukan terhadap bangunan sungai yang kondisinya sudah mantap.
2. Pemeliharaan perlu dilakukan secara terus-menerus atau kontinyu.
3. Terdiri dari pekerjaan pemeliharaan yang sederhana sehingga ,tidak memerlukan kelengkapan perhitungan desain maupun tim konsultan perencanaan.
4. Tidak dimaksudkan untuk meningkatkan kemampuan fungsi bangunan.

Agar tingkat layanan suatu bangunan sungai dapat dipertahankan, maka pemeliharaan prefentip ini perlu dilaksanakan secara tertib dan terprogram dan waktu ke waktu tanpa menunggu gejala penurunan kondisi dan kestabilan stuktur bangunan yang mencolok. Dengan demikian segala kebutuhan yang diperlukan untuk melaksanakannya dapat diprogramkan secara pasti. Kegiatan-kegiatan prefentip berupa:

a. Pemeliharaan rutin misalnya:

- Sosialisasi peraturan perundang-undangan tentang pengamanan dan pemeliharaan sungai kepada masyarakat.
- Pembersihan sampah yang tersangkut pada bangunan-bangunan sungai.
- Penebangan pohon-pohon dan pembongkaran bangunan atau barang-barang yang berada di bantaran, yang tidak sesuai dengan peruntukannya.
- Perbaikan atau penggantian papan larangan / petunjuk yang rusak atau hilang
- Perbaikan terhadap kerusakan bangunan sungai yang telah menjadi fasilitas umum, yang karena pertimbangan keamanan umum harus secepat mungkin diperbaiki .
- Pembangunan konstruksi perkuatan, perlindungan atau pengamanan tebing palung sungai untuk mempertahankan palung sungai dari gerusan arus sungai, agar tidak bergeser ke arah yang membahayakan bangunan pengendali banjir yang ada.

b. Pemeliharaan berkala, yaitu pemeliharaan yang dilaksanakan menurut tata waktu tertentu (3 bulanan, 5 bulanan, 1 tahunan, 2 tahunan dsb), misalnya :

- a. Pengecatan pintu bangunan sungai.
- b. Service besar pada instalasi pompa air
- c. Overhaul kendaraan dan alat berat.

c. Reparasi atau perbaikan ringan, misalnya :

- a. Perbaikan tanggul yang amblas atau permukaannya rusak.
- b. Perbaikan pada bagian konstruksi pasangan batu yang amblas.
- c. Perbaikan kecil pintu angkat yang macet.
- d. Perbaikan jalan inspeksi.
- e. Perbaikan AWLR atau *Staff Gauge*.

3.4.2. Pemeliharaan Korektif/Penyempurnaan

Pemeliharaan korektif yaitu pekerjaan perbaikan kerusakan bangunan sungar atau pembetulan terhadap kekurangan yang ada pada suatu bangunan sungai tanpa mengubah tujuan dan tingkat layanan bangunan yang bersangkutan.

Kriteria umum dari pemeliharaan korektif adalah :

1. Dilakukan pada bangunan sungai yang kondisi strukturnya mengalami kerusakan berat sehingga nilai kinerjanya sudah kurang dari 70 %.
2. Dilakukan apabila pemeliharaan rutin dipandang sudah tidak efisien lagi.
3. Bertujuan mengembalikan dan menyempurnakan fungsi bangunan sungai pada tingkat kemampuan layanan semula (tidak melampaui kemampuan layanan rencana).

4. Kebutuhan pemeliharaan didasarkan pada perhitungan perencanaan struktur dan analisa biaya secara khusus (keberuntungan tidak dapat distandarkan).

Secara grafis pengertian pemeliharaan preventip dan pemeliharaan korektip dalam hubunennya dengan proses penurunan nilai kinerja suatu bangunan sungai dapat digambarkan seperti pada kurva sebagaimana tersebut pada halaman terakhir dan bab 3 ini. Pemeliharaan korektip dapat dibagi kedalam 3 tingkatan yaitu :

- a. Pemeliharaan khusus, yaitu pekerjaan perbaikan berat yang perlu dilakukan setelah nilai kinerja suatu bangunan atau bagian bangunan sudah berada dibawah 70 % dari rencana sehingga pekerjaan pemeliharaan preventip sudah tidak efektif lagi.
- b. Rehabilitasi yaitu pekerjaan perbaikan kerusakan bangunan dalam rangka mengembalikan fungsi bangunan yang nilai kinerjanya kurang dari 50 %, menuju kepada kondisi semula tanpa mengubah sistem dan tingkat layanan bangunan.
- c. Rektifikasi, adalah pekerjaan pembetulan / koreksi atau penyempurnaan dalam skala terbatas guna menyempurnakan fungsi dan nilai kinerja suatu bangunan sungai atau sistem bangunan sungai.

Yang termasuk dalam kategori rektifikasi, misalnya menambah jajaran krib atau mengubah panjang krib dalam rangka melindungi tebing sungai terhadap erosi. Rektifikasi ini diperlukan mengingat banyaknya fenomena alam yang sampai saat ini belum terpecahkan model matematisnya sehingga pada waktu merencanakannya banyak dilakukan asumsi yang belum tentu tepat sehingga kekurangan-kekurangan atas nilai kinerja yang diharapkan justru baru terlihat setelah selesai dibangun atau difungsikan.

3.4.3. Pemeliharaan Darurat

Pemeliharaan darurat adalah pemeliharaan yang dikerjakan pada waktu yang sangat mendesak dengan kualitas pekerjaan yang benar-benar darurat. Kriteria umum pekerjaan pemeliharaan darurat adalah:

- a. Dilaksanakan pada bagian-bagian bangunan sungai yang mengalami perubahan atau gangguan yang bersifat mendadak.
- b. Dilaksanakan pada kondisi darurat (bencana banjir, tanah longsor, dll.)
- c. Mutu hasil kerjanya bersifat darurat dan tidak perlu didukung dengan analisis perencanaan yang mendetail.

Pekerjaan pemeliharaan darurat tidak dapat diprogramkan sesuai keperluan, karena terjadinya kerusakan bangunan sungai yang bersifat mendadak dan gejalanya tidak diketahui sebelumnya, misalnya pada saat banjir, tanah longsor atau bencana lainnya. Jenis kegiatan pemeliharaan darurat, yakni :

- Penutupan sementara tanggul bobol dengan kantong berisi pasir.
- Penanggulangan bocoran / rembesan pada tanggul dan bangunan sungai lainnya.
- Pengamanan tebing yang runtuh.

BAB IV

PBRENCANAAN PEMELIHARAAN SUNGAI

4.1. DATA PENDUKUNG UTAMA

Data pendukung utama berupa

- Semua dokumen perencanaan: seperti laporan-laporan perencanaan dan perencanaan teknis, gambar rencana/desain ;
- Metode pelaksanaan;
- Gambar pelaksanaan atau CD;
- Gambar purna pelaksanaan (*As Buih Drawing*);
- Data-data hasil survey dan investigasi, dan data-data lain yang terkait;
- Data inventarisasi kondisi sungai dan bangunan sungai yang ada;
- Data inventarisasi potensi sungai yang ada;
- Data inventarisasi fungsi / manfaat sungai. .

4.2. DATA HASIL PENGAMATAN / PEMANTAUAN SUNGAI

Pengamatan / pemantauan sungai adalah salah satu upaya yang sangat penting dalam pemeliharaan sungai, baik pemeliharaan sumber daya alam maupun sumber daya buatan, khususnya yang berkaitan dengan biaya. Dengan adanya pengamatan dan pemantauan yang kontinyu, kerusakan yang terjadi akan dapat diketahui secara dini sebelum berubah lebih parah, dengan demikian biaya perbaikan akan menjadi lebih murah.

Pemantauan yang perlu dilakukan pada sungai adalah dengan memperhatikan latar belakang perencanaan dan pelaksanaan yang pernah dikerjakan, meliputi antara lain:

1. Perubahan aligment alur sungai yang membahayakan lingkungannya.
2. Perubahan pada penampang normal palung sungai.
3. Penemuan kinerja bangunan-bangunan sungai.
4. Tanda-tanda dan gejala kerusakan pada bangunan-bangunan sungai (tanggul, krib, dan lain-lain).
5. Hambatan yang mengganggu jalannya air banjir.
6. Pengamanan daerah sempadan sungai.
7. Aspek-aspek non fisik yang berkaitan dengan masyarakat, ancaman bahaya (dari dalam dan luar sistem sungai), dan lingkungan sungai.

Adapun pemantauan terhadap perubahan aligment alur sungai meliputi :

1. Apabila ada kecenderungan alur sungai akan bebas "mengembara" di dataran banjir, dapat diketahui secara dini, mungkin dampaknya akan menggerus, menerjang, atau menghancurkan infrastruktur dan fasilitas umum yang telah dibangun di dataran banjirnya (saluran induk, jalan KA' jalan raya dan lain-lain).
2. Agar "*physis control* " (lokasi dimana alur sungai "tidak boleh" bergerak ke kiri atau ke kanan), karena di lokasi tersebut sudah terdapat infrastruktur atau fasilitas umum yang sangat penting dan tidak mungkin di pindah-pindah lagi (bendung, pintu banjir, bendung karet, dan lain-lain).

Pemantauan secara fisik terhadap "alignment" alur sungai memerlukan data pengukuran alur sungai dan situasi serta posisi/letak bangunan-bangunannya. Pengukuran tersebut harus didasarkan ke *Bench Mark* (BM) yang ada, yang tersebar merata di seluruh wilayah kerja, sebagaimana pengukuran yang sudah menghasilkan *Design Drawing* (DD), *Construction Drawing* (CD), dan gambar akhir pelaksanaan (*As Built Drawing*). Dengan demikian maka hasilnya akan dapat dibandingkan dengan data alignment yang telah ditetapkan pada tahap perencanaan yang juga tercantum pada gambar-gambar tersebut. Berdasarkan hasil pemantauan tersebut akan dapat ditetapkan jenis-jenis pemeliharaan sungai baik ditinjau dari perkembangannya (penyimpangan, pergeseran) "alignment" alur maupun dari dampak atau pengaruhnya. Dari jenis kegiatan pemeliharaan sungai yang dihasilkan dari pemantauan tersebut, dapat diprogramkan penyediaan dana pelaksanaannya.

Data yang dihasilkan dari pengukuran tersebut bisa digunakan juga untuk memantau profil palung sungai (morfologi sungai), dan data penunjang kinerja bangunan-bangunan sungai. Pengukuran dilakukan sekurang-kurangnya 2 tahun sekali pada saat kondisi yang paling baik ditinjau dari saat musim banjir.

4.3. DATA HASIL EVALUASI

Berdasarkan hasil inventarisasi data kondisi sungai dan bangunan sungai yang telah dikumpulkan serta hasil pengamatan/pemantauan yang telah dilakukan, selanjutnya dilakukan tahap evaluasi. Dalam tahap evaluasi ini segala aspek harus diperhatikan baik aspek teknis dan non teknis, biaya dan lain-lain. Setelah tahap evaluasi, selanjutnya dilakukan tahap perencanaan pemeliharaan sungai itu sendiri.

4.4. PERENCANAAN

Di dalam perencanaan pemeliharaan sungai, jenis kegiatan fisik harus sepenuhnya mengacu pada prinsip perbaikan dan pengaturan alur sungai. Perencanaan yang dilakukan harus komprehensif, menyeluruh, dan terpadu serta dihindari pemeliharaan sungai tanpa pola (harus mengikuti spesifikasi teknis).

Perencanaan teknis yang dilakukan untuk pemeliharaan sungai meliputi :

1. Perencanaan alignment (as) alur sungai terdiri dari :
 - a. Jari-jari belokan alur sungai
 - b. Luas tampang basah sungai.
2. Perencanaan bangunan sungai (bangunan pengendali banjir), pada umumnya meliputi pekerjaan persungai sebagai berikut :
 - a. Tanggul tanah dan tanggul pasangan ;
 - b. Krib beton dan krib bronjong ;
 - c. Pintu banjir ;
 - d. *Flood way* / saluran banjir;
 - e. Bangunan-bangunan lainnya seperti:
 - Jalan inspeksi,
 - Portal;
 - Pintu klep.
 - Gorong-gorong, dan
 - Gebalan rumput.

BAB V

APLIKASI STABILITAS BANGUNAN PENGAIRAN

5.1. PENENTUAN BEBAN

5.1.1. Pembebanan Akibat Fluktuasi Aliran Sungai

- **Kondisi limpasan**
Pada saat air di hilir sedikit lebih rendah dari mercu, dalam kondisi pelimpahan sempurna, dan aliran superkritis terjadi di kolam olakan, maka gaya horizontal diperkirakan paling besar bersamaan dengan gaya gempa.
- **Kondisi banjir**
Pada saat banjir puncak muka air hilir akan menenggelamkan mercu bendung, sehingga tidak ada limpasan namun terjadi gaya angkat air (*uplift*) yang terbesar. Kondisi ini berakibat gaya penahan geser bangunan mengecil yang harus tetap aman terhadap tekanan horisontal aliran tanpa ada pengaruh gempa.
- **Kondisi normal**
Pada saat air paling minimum muka air sama tinggi dengan mercu dan sama sekali tidak ada air dikolam olak, sehingga selisih muka air hulu dan hilir menjadi besar dan gaya horisontal menjadi besar pula bersamaan dengan gaya gempa.

5.1.2. Pembebanan Akibat Penumpukan Sedimen

Kondisi aliran sungai yang berfluktuasi dihitung dalam kondisi tanpa adanya tumpukan sedimen. Namun demikian dalam keadaan penuh sedimen, kondisi aliran sungai tersebut juga perlu diperhitungkan.

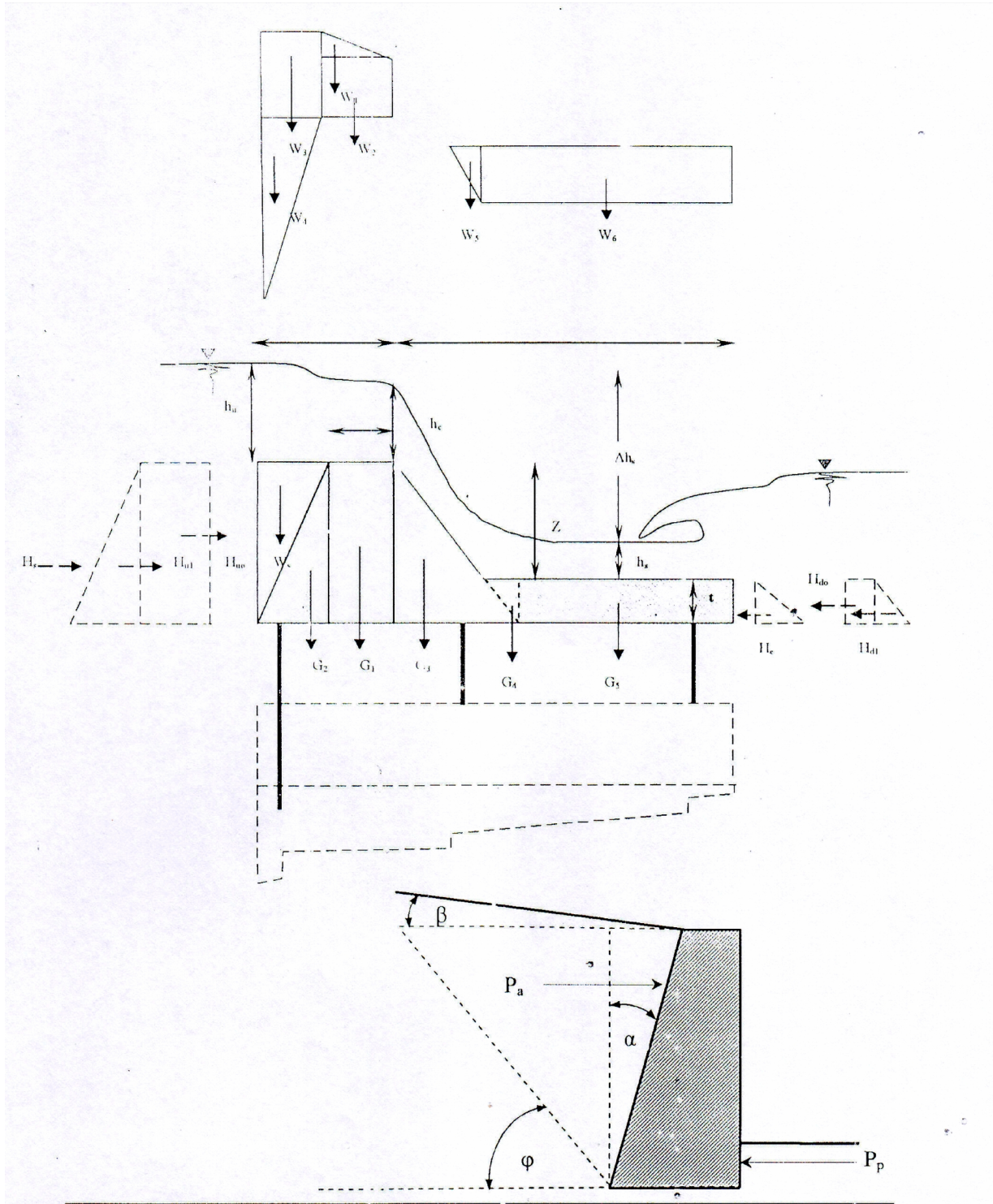
5.1.3. Penbebanan Akibat Penurunan Air Hilir Secara Tiba-tiba.

Kondisi ini jarang terjadi pada saat aliran air sungai cukup besar, kemungkinan dapat terjadi pada saat aliran kecil mendekati aliran dasar / *base flow*.

5.1.4. Gaya Aktif Bekerja

Gaya "aktif bekerja" khususnya pembebanan hidraulik dan sedimen, dianggap bekerja hanya kepada tubuh bendung dan tidak termasuk "kolam olakan" seperti diuraikan dengan sketsa berikut.

Gaya Aktif yang bekerja pada BPS



- **Beban Vertikal**

- Berat sendiri BPS $G_s = \gamma_s V$ (gkN)
- Berat air di atas BPS $W_w = \gamma_w V$ (gkN/m²)
- Daya angkat air $U_x = \left(h_s + \Delta h \frac{\Sigma L - \Sigma L_x}{\Sigma L} \right) \gamma_w$ (gkN)

γ_s : berat isi materi bangunan (ton/m³)
 U_x : daya angkat air pada titik tertentu (ton/m²)
 h_s : dalam air di kolam oak saat pelipasan sempurna (m)
 Δh : beda muka air hulu dengan hilir (m)
 ΣL : panjang total aliran rembesan (m)
 ΣL_x : panjang aliran rembesan pada titik tertentu (m)

- **Beban Horizontal**

- *Tekanan Hidrostatik*
 - Tekanan aktif di hulu : $H_u = \frac{1}{2} \gamma_w (Z + t)^2 + \gamma_w h_u$ (gkN)
 - Tekanan pasif di hilir : $H_d = \frac{1}{2} \gamma_w t^2 + \gamma_w h_s$ (gkN)
- *Tekanan Hidrodinamis Akibat Gempa*
 - Tekanan aktif di hulu : $H_{us} = 7/12 \gamma_w (Z + t + h_u)^{0.5} h_u^{1.5}$ (gkN)
 - Tekanan pasif di hilir : $H_{ds} = 7/12 \gamma_w (t + h_s)^{0.5} h_s^{1.5}$ (gkN)
- *Tekanan Tanah atau Sedimen*
 - Tekanan aktif di hulu : $E_u = \frac{1}{2} \lambda_a \gamma_e (Z + t)^2$ (ton)
 - Tekanan pasif di hilir : $E_d = \frac{1}{2} \lambda_a \gamma_e t^2$ (ton)

$$\text{Koefisien } \lambda_a := \frac{\cos^2(\phi - \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\alpha + \delta + \theta) \left\{ 1 + \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi - \beta - \theta)}{\cos(\alpha + \delta + \theta) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

$$\text{Koefisien } \lambda_p := \frac{\cos^2(\phi + \alpha - \theta)}{\cos \theta \cos^2 \alpha \cos(\alpha - \delta + \theta) \left\{ 1 - \sqrt{\frac{\sin(\phi + \delta) \sin(\phi + \beta - \theta)}{\cos(\alpha - \delta + \theta) \cos(\alpha - \beta)}} \right\}^2}$$

h_u : dalam air diatas mercu di hulu bendung (m)
 h_s : dalam air dikolam olah di hilir bendung (m)
 Z : tinggi terjun (m)
 t : tebal kolan olah (m)
 γ_w : berat isi air (ton/m³)
 γ_e : berat isi tanah (ton/m³)

ϕ	: sudut geser dalam material tanah	($^{\circ}$)
δ	: sudut geser luar antara tanah dan bendung	($^{\circ}$)
α	: sudut dinding turap terhadap vertikal	($^{\circ}$)
β	: sudut tanah timbunan terhadap horisontal	($^{\circ}$)
θ	: $\arctan \kappa_h$: sudut koefisien gempa	($^{\circ}$)
κ_h	: koefisien seismic gaya gempa horisontal	($^{\circ}$)

➤ *Koefisien Seismic*

Berdasarkan buku Pedoman Penentuan Beban Gempa Pada Bangunan Pengairan Direktorat Jendral Pengairan tahun 1999 / 2000.

$$\begin{aligned} \text{Koefisien gempa} & \quad \kappa = \alpha_d / g \\ \text{Percepatan gempa permukaan terkoreksi} & \quad \alpha = Z \alpha_c v \quad (\text{gal}) \end{aligned}$$

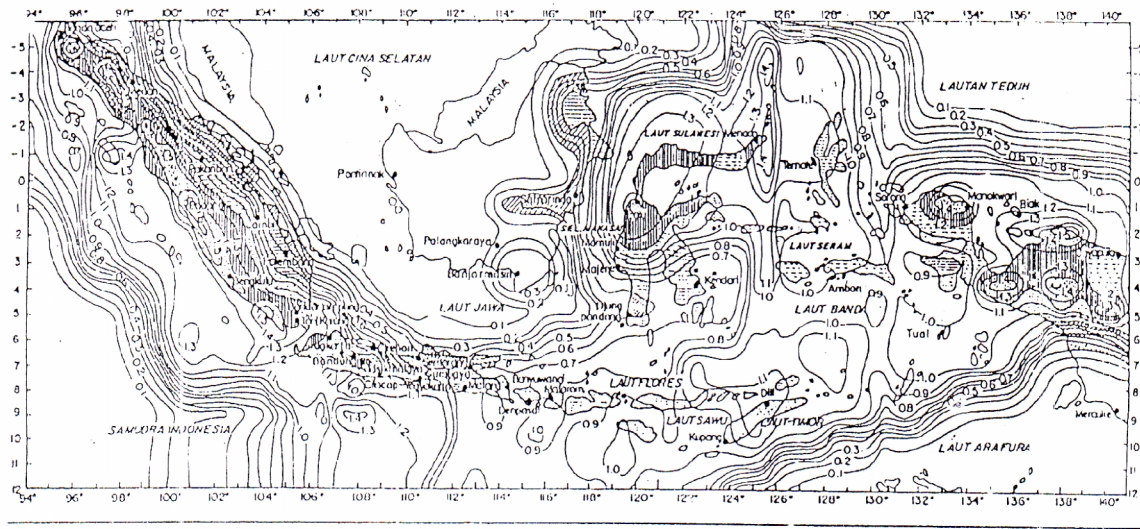
α_c	: percepatan gempa dasar, Tabel	(gal)
Z	: koefisien zona gempa, Tabel	
v	: Faktor koreksi, Tabel	
g	: gravitasi akselerasi = 981	(cm/s ²)

Tabel Variabel untuk penentuan koefisien gempa

Zona	Koefisien Z
A	0.10 – 0.30
B	0.30 – 0.60
C	0.60 – 0.90
D	0.90 – 1.20
E	1.20 – 1.40
F	1.40 – 1.60

Kala Ulang T (year)	Akselerasi gempa dasar A_c (gal)
10	90
20	120
50	160
100	190
200	220
300	250
1,000	280
5,000	330
10,000	350

Jenis lapisan tanah dasar	Faktor koreksi v
Rock	90
Dilluvium	120
Alluvium	160
Soft alluvium	190



PERIODA ULANG DAN PERCEPATAN GEMPA DASAR		RUMUS		FAKTOR KOREKSI PENGARUH JENIS TANAH / BATUAN		
Periode Ulang T (tahun)	g ₀ (gal)	$C_d = Z + 0.4 \times v$	$k = a_{oc}/v$	ZONA	KOEFISIEN ZONA	Jenis Batuan Dasar
10	90			A	$Z \pm 0.1 - 0.3$	Batu
20	120			B	$Z \pm 0.3 - 0.6$	Batu
50	160			C	$Z \pm 0.6 - 0.9$	Plutonium
100	190			D	$Z \pm 0.9 - 1.2$	Alluvium
200	220			E	$Z \pm 1.2 - 1.4$	Alluvium lunak
500	250			F	$Z \pm 1.4 - 1.6$	Alluvium lunak
1000	280					
5000	330					
10000	350					

5.2 ANALISA STABILITAS BANGUNAN PENGENDALI SEDIMEN

Stabilitas dievaluasi pada tubuh dam dengan pertimbangan bahwa bangunan tersusun oleh beberapa komponen yang secara teknis struktural perlu dipisahkan.

- a). Stabilitas terhadap guling $\frac{\sum M_R}{\sum M_O} \geq SF$
- b). Stabilitas terhadap geser $\frac{\sum H}{\tan \phi \sum V + Lc} \geq SF$
- c). Eksentrisitas gaya vertikal $e = \frac{L}{2} - \left| \frac{\sum M_o + \sum M_R}{\sum V} \right| \leq \frac{L}{6}$
- d). Daya dukung tanah pondasi $\sigma = \frac{\sum V'}{L} \left\{ 1 \pm 6 \frac{e}{L} \right\} \leq \sigma_s$

Dimana :

$\sum M_R$ = jumlah momen penahan pada tumit tubuh bendung (ton m)

ΣM_O = jumlah momen pengguling pada tumit tubuh bendung (ton m)
 ΣH = jumlah gaya horisontal
 ΣV = jumlah gaya vertikal
 SF = faktor keamanan
 L = total panjang bawah bangunan
 ϕ = sudut geser dalam material tanah (0)
 σ = daya dukung tanah yang terjadi dibawah bangunan (gkN/m^2)
 σ_s = daya dukung tanah yang diperbolehkan dibawah bangunan (gkN/m^2)
 c = kohesi yang diperbolehkan (gkN/m^2)

Tabel Penetapan Angka Keamanan Untuk Analisa Stabilitas

Stabilitas	Normal	Seismic	Banjir	Konstruksi
Guling	2	1.50	2	2
Geser	2	1.25	2	2
Eksentrisitas	$\leq L/6$	$\leq L/6$	$\leq L/6$	$\leq L/6$

5.2.1. Analisar Stabilitas Lereng

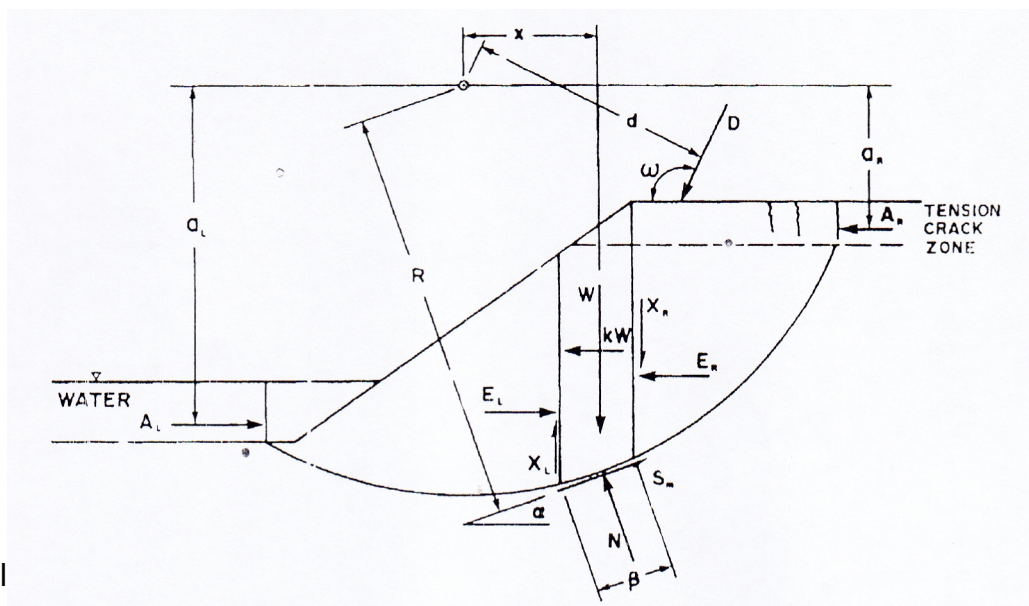
1. Tinjauan Umum

Meskipun bangunan sudah stabil pada kedudukan setempat, namun bilamana lokasinya berada pada dasar sungai yang curam, diperlukan analisa stabilitas lereng untuk melihat kemungkinan peristiwa gelincir guling (*tilting*)

2. Tipikal tanah longsor

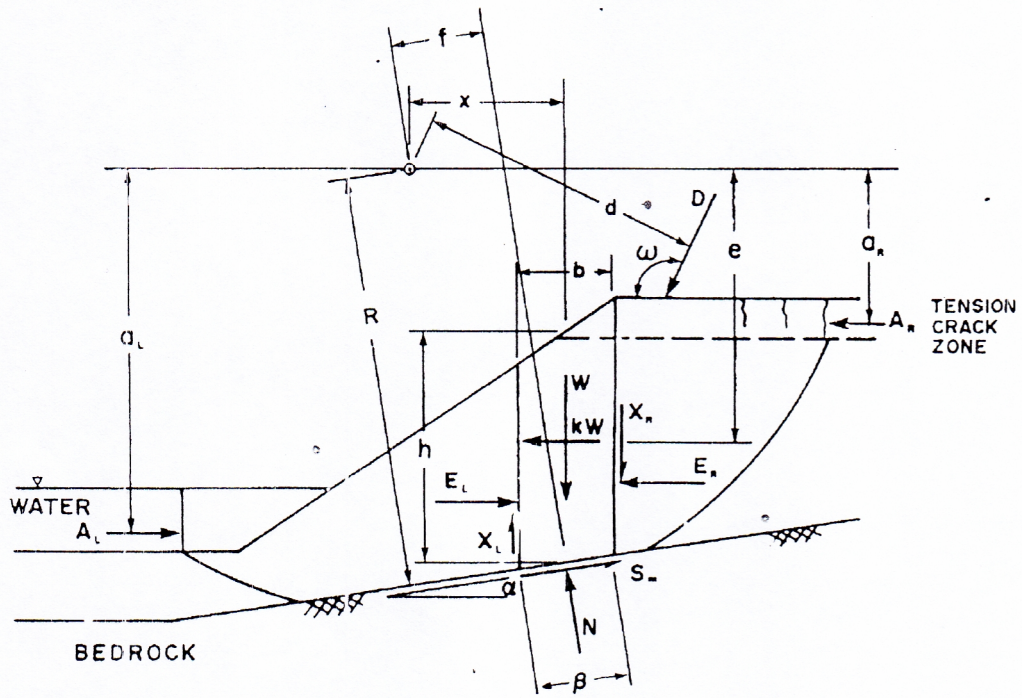
Beberapa fenomena tipikal tanah tergelincir dapat disimpulkan sebagai berikut :

Longsor media bidang lengkung

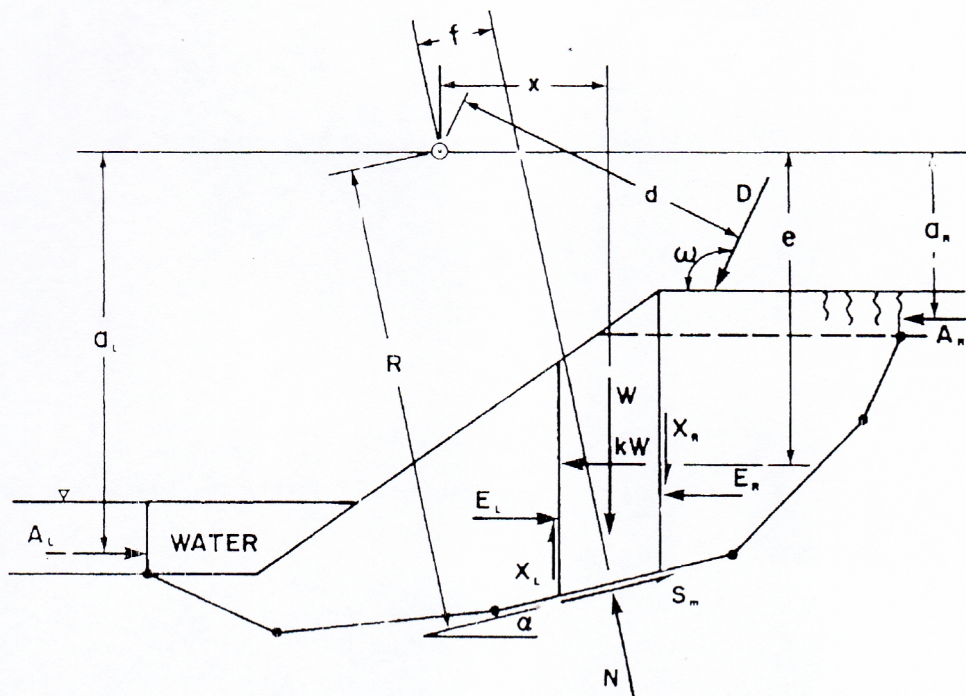


Longsor media bidang lengkung dan rata

Longsor media bidang patah-patah



Longsoran media bidang patah-patah



3. Formula dasar

a). Gaya geser

- Tegangan geser $\tau = c' (\sigma_n - \mu) \tan \phi'$
 c' : kohesi *effectif cohesion*
 ϕ' : sudut geser dalam efektif
 μ : tekanan air pori
 σ_n : tegangan normal
- Gaya geser penahan $S_m = \frac{\tau B}{F_f} = \frac{B \{c' + (\sigma_n - \mu) \tan \phi'\}}{F_f}$
- Keseimbangan geseran
 $\Sigma(E_R - E_L) = \Sigma(N \sin \alpha) - \Sigma(S_m \cos \alpha) + \Sigma(\kappa W)$
disederhanakan $\Sigma(E_R - E_L) = 0$
- Faktor keamanan geser

$$F_f = \frac{\Sigma \{c' B \cos \alpha + (N - \mu B) \tan \phi' \cos \alpha\}}{\Sigma(N \sin \alpha) + \Sigma(\kappa W) - (D \cos \alpha) \pm A}$$

b). Analisa gaya normal

- Tegangan Normal $\sigma_n = N / B$
- Keseimbangan normal $N \cos \alpha + S_m \sin \alpha = W + (X_R - X_L) + D \sin \varpi$

- Gaya normal penahan

$$N = \frac{W + D \sin \varpi - \frac{c' B \sin \alpha + \mu B \sin \alpha \tan \phi'}{F_f}}{\cos \alpha + \frac{\sin \alpha \tan \phi'}{F_f}}$$

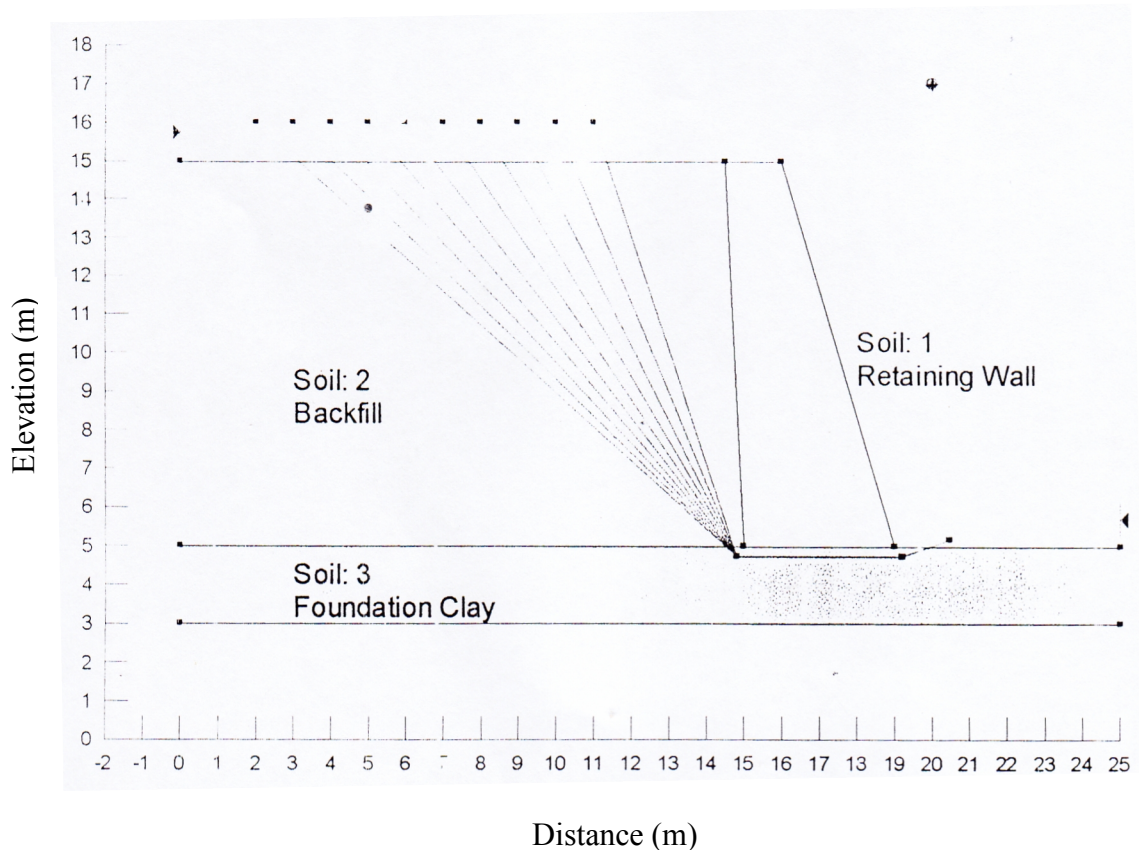
c). Momen yang bekerja

- Keseimbangan momen
 $\Sigma(S_m R) = \Sigma(Wx) - \Sigma(Nf) + \Sigma(\kappa We) \pm (Dd) \pm (Aa)$
- Faktor Keamanan momen

$$F_m = \frac{\Sigma \{c' B R + (N - \mu B) R \tan \phi'\}}{\Sigma(Wx) - \Sigma(Nf) + \Sigma(\kappa We) \pm (Dd) \pm (Aa)}$$

5.2.2. Variabel Persamaan

W : total berat irisan dengan lebar b dan tinggi h
 N : total gaya normal force pada dasar irisan
 S : gaya geser yang bekerja pada dasar setiap irisan
 E : gaya horisontal antara irisan akibat gaya normal
 X : gaya vertikal antar irisan akibat gaya geser
 D : beban luar garis
 κ_W : beban gempa horisontal melalui titik berat irisan
 R : jari-jari bidang lengkung gelincir atau lengan momen gelincir
 f : garis tegak lurus terhadap gaya normal dari titik putar gelincir atau pusat M
 x : jarak horisontal dari titik tengah setiap irisan ke pusat gelincir
 e : jarak vertikal dari titik tengah setiap irisan ke pusat gelincir
 d : garis tegak lurus terhadap arah beban garis ke pusat gelincir
 II : jarak vertical distance dari titik pusat dasar irisan ke garis elevasi tertinggi
 α : jarak tegak lurus dari resultan air diluar ke pusat bidang gelincir
 A : resultan gaya air luar
 B : Panjang dasar irisan
 ω : sudut beban garis terhadap the horizontal, berlawanan jarum jam
 α : sudut antara tangen terhadap titik tengah dasar setiap irisan dengan horisontal
 F : faktor keamanan



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kegiatan Perencanaan Pemeliharaan Sungai merupakan salah satu kegiatan yang tidak dapat dipisahkan dari kegiatan-kegiatan sungai secara keseluruhan.
2. Dalam melakukan kegiatan Perencanaan Pemeliharaan Sungai harus mengacu pada kegiatan Perencanaan dan Pelaksanaan yang telah dilakukan sebelumnya.
3. Kegiatan Perencanaan Pemeliharaan Sungai sama dengan kegiatan Perencanaan Teknis pada umumnya dan mengacu pada awal perencanaan.
4. Jenis-jenis kegiatan Perencanaan Pemeliharaan Sungai secara fisik ditetapkan berdasarkan hasil pemantauan aliran palung sungai dan urutannya disusun disesuaikan dengan prinsip-prinsip perencanaan.
5. Agar hasil dari Pemeliharaan Sungai mencapai sasaran, maka tahapan-tahapan dalam siklus kegiatan pemeliharaan sungai harus dilaksanakan secara berkelanjutan.
6. Dalam kegiatan Pemeliharaan Sungai terutama dalam Perencanaan Pemeliharaan Sungai, data awal yang sangat dibutuhkan yaitu informasi, data kondisi sungai dan bangunan sungai, serta perencanaan sungai yang telah dilakukan, agar dapat dibuat konsep Perencanaan Sungai yang cepat, tepat dan biaya murah.