

Panduan teruntuk Sistem Proteksi Banjir Dinamis

Sistem Darurat Bencana



Maret 2004

Asosiasi Asuransi Kebakaran dan Banjir, Bern



www.vkf.ch

Kantor Federal urusan Air dan Hidrologi Swiss, Biel



BWG
OFEG
UFAEG
UFAEG
FOWG

www.bwg.admin.ch

Daftar isi	
Pengantar	1
<i>Tujuan umum dibuatnya panduan ini</i>	1
<i>Latar Belakang</i>	1
<i>Partisipan</i>	1
<i>Sistem yang digunakan</i>	1
<i>Lokasi penggunaan dan parameter</i>	1
<i>Jenis peristiwa</i>	2
<i>Perlindungan Warga</i>	2
<i>Obyek perlindungan serta puing tambahan</i>	3
<i>Faktor-faktor pendukung resiko</i>	3
Skenario Aplikasi dalam Banjir dan Aliran Permukaan	5
<i>Skenario 1: Pengalihan air pada lahan miring</i>	5
<i>Skenario 2: Bendungan lingkaran ganda dengan celah</i>	6
<i>Skenario 3: Dinding pemisah jalan</i>	7
<i>Skenario 4: Tahanan sepanjang sungai</i>	8
<i>Skenario 5: Tahanan pemotong arus linear</i>	9
<i>Skenario 6: Membendung aliran air</i>	10
<i>Skenario 7: Dinding penahan cairan</i>	11
Kendala saat Pemasangan	12
<i>Kegagalan sistem</i>	12
<i>Luapan di atas tahanan</i>	12
<i>Perkolasi air tanah</i>	12
<i>Faktor resiko tambahan</i>	12
Kriteria Perencanaan dan Evaluasi	13
<i>Sistem peringatan dini</i>	13
<i>Alokasi dana</i>	13
<i>Cara penyimpanan dan pemasangan</i>	13
<i>Informasi publik</i>	14
<i>Kebutuhan tenaga manusia</i>	14
<i>Pelatihan pemadam kebakaran</i>	14
<i>Zona resiko dan pengawasan</i>	14
<i>Perawatan dan penyimpanan</i>	14
<i>Kekuatan bahan bertemu bahaya terprediksi</i>	14
Penjelasan Sistem Lainnya	15
<i>Sistem karung pasir</i>	15
<i>Sistem papan</i>	16
<i>Sistem modulo beton</i>	17
<i>Sistem pipa</i>	18
<i>Sistem basin</i>	19
<i>Sistem fold-out</i>	20
<i>Sistem pendukung (pallet)</i>	21
<i>Sistem dan serta tabel perbandingan antar sistem</i>	23
Tabel kecocokan sistem dengan skenario bencana – bagian 1	24
Tabel kecocokan sistem dengan skenario bencana – bagian 2	25
Tabel kecocokan sistem dengan kriteria fungsi – bagian 1	26
Tabel kecocokan sistem dengan kriteria fungsi – bagian 2	27
Perhitungan sistem	28
<i>Pengantar</i>	28
<i>Asumsi nilai beban</i>	28
<i>Jenis perlakuan</i>	30
Rekomendasi Aplikasi TURBOSwiss pada Bencana Banjir di Indonesia	31
<i>Kampung Pulo</i>	31
<i>Latuharhary</i>	31

<i>Rawajati</i>	32
<i>Grogol</i>	32
<i>UOB Plaza</i>	33
<i>Bundaran Hotel Indonesia</i>	33
Dokumentasi tambahan produk	34
<i>Proses pengembangan pipa</i>	34
<i>Kunci Storz</i>	34
<i>Perlakuan pipa</i>	35
<i>Aplikasi ring dam (Rumania)</i>	36
<i>Uji Lapangan (Swiss)</i>	37

Pengantar

Tujuan Umum dari buku ini

Buku ini dibuat untuk menyediakan panduan umum kepada siapa saja yang terlibat dalam perencanaan penggunaan sistem proteksi banjir sementara. Secara khusus ditujukan bagi para pemadam kebakaran yang terlibat langsung dalam perlindungan area publik.

Latar Belakang

Perlindungan Banjir bergerak sementara mutlak diperlukan. Sama seperti alat semprot pemadam kebakaran yang tak mungkin tergantikan oleh petugas pemadam kebakaran, sistem penanganan banjir yang terstruktur sekalipun tidak akan cukup mengatasi semua kemungkinan yang akan terjadi, sehingga harus dilengkapi dengan perencanaan sikap tanggap gawat darurat yang matang. Seringnya, tahun-tahun berlalu dengan parameter-parameter yang telah ditentukan, membuat bangunan (air) rentan terhadap bahaya. Terkadang, situasinya hanya sesederhana seperti melebihi spesifikasi desain atau terdapat kejadian masa depan yang tidak terduga (pandangkalan, sampah) yang menyebabkan banjir, walau sistem pengawasan ketat sudah diberlakukan.

Pihak terkait

Partisipan di bawah ini dapat diikutsertakan dalam perencanaan dan persiapan proteksi banjir dinamis sementara:

Partisipan	Peranan
Pemadam kebakaran	Persiapan penanggulangan bencana, pengembangan & pelepasan sistem, evakuasi
Polisi	Penjagaan, Pengalihan jalur, sumber informasi
Hansip/kemanan setempat	Perlindungan warga, pendanaan, pemilihan sistem, sumber informasi
Pihak mesin hidrolis	Skenario penaksiran resiko, hal-hal alat berat, perlindungan warga, sumber informasi
Perusahaan asuransi gedung	Finansial, pencegahan kerusakan mendasar
Relawan	Bantuan langsung

Sistem yang digunakan dalam pedoman ini

Banyak sistem penanggulangan banjir telah diciptakan beberapa tahun belakangan disamping alternatif tradisional seperti karung pasir dan penyusunan papan-papan kayu. Kita dapat membedakannya secara:

- **Sistem statis:**

Terdapat pondasi permanen yang rentan terhadap banjir. Yang termasuk sistem ini ialah: tanggul, sistem buoyant(apung), sistem lempit(fold-out),

- **Sistem dinamis/bergerak:**

Dimana tidak terdapat lahan pekerjaan pendahuluan di lokasi bencana. Contohnya seperti karung pasir, bak tampung, dll.

Pedoman keselamatan ini hanya ditujukan bagi sistem dinamis!

Lokasi beserta Parameter Penggunaan

Perlindungan dinamis sementara tanpa konstruksi permanen di atas tanah, dapat digunakan sebagai pencegahan darurat peristiwa banjir intensitas rendah yang sudah diprediksi. Sistem ini hanya mampu memberikan perlindungan terbatas, tergantung dari ketinggian air, faktor-faktor seperti tinggi gelombang, kecepatan aliran, benturan puing mengambang, maupun mengendap sesuai spesifikasi, ataupun jika sudah terdapat peringatan dini mengenai banjir kepada masyarakat.

Jenis Peristiwa

Sistem perlindungan banjir dinamis (tanpa pekerjaan pendahuluan) dapat digunakan pada bencana yang diperkirakan maupun dalam keadaan darurat. Pada situasi darurat, tidak ada yang bisa diperkirakan baik parameter—parameter bencana yang akan terjadi di lokasi, atau bagaimana kemungkinan terburuk yang akan terjadi. Jika kasusnya adalah bencana yang telah diprediksi, lokasi telah dipelajari dengan seksama, sehingga sistem yang terpilih dan relevansinya terhadap bencana dapat diklarifikasikan di dalam rancangan tanggap darurat. Resiko lain yang mungkin timbul dapat diminimalisir secara signifikan pada bencana yang telah diprediksi, dibandingkan jika keadaan darurat. Ketinggian maksimum perlindungan yang direkomendasikan adalah 1.2 m pada bencana terprediksi, dan 0.6m jika situasinya darurat.



Kriteria	Penggunaan darurat	Penggunaan terencana
Tempat kejadian bencana	Tidak diketahui	Diketahui dengan pasti
Peringatan awal	Ketika sirine berbunyi	Pemberitahuan lebih awal
Pilihan sistem	Seketika	Sistem telah dipilih sebelumnya
Perkiraan parameter / contoh kasus	Tidak ada	Berdasarkan data-data
Ketinggian disarankan	0.6 meter	1.2 meter
Saat pengembangan	Menurut instruksi pimpinan di lapangan	Sudah ditentukan dalam rancangan gawat darurat
Pengawasan dalam pemasangan	Diwajibkan	Diperlukan
Penentuan zona-zona beresiko	Diwajibkan	Diperlukan
Peemeriksaan	Diperlukan	Diperlukan
Pembongkaran sistem	Sesuai instruksi pimpinan	Sudah ditentukan dalam rancangan gawat darurat

Perlindungan Warga

Perlindungan banjir dinamis sementara maupun terencana ditujukan guna mencegah kerusakan bangunan bukan untuk melindungi masyarakat. Sistem peringatan dini banjir dan perencanaan evakuasi harus dipadukan guna mencapai tujuan ini.

Obyek Perlindungan dan Resiko Puing Tambahan

Tujuan dari perlindungan ini adalah desain ketinggian perlindungan banjir sepanjang area yang harus dilindungi. Pada keadaan darurat, perlindungan dinamis yang tersedia harus mampu untuk mencegah, paling tidak mengurangi kerusakan yang mungkin timbul. Hal ini harus menjadi prioritas terhadap apapun yang akan dilindungi. Ketika merancang sistem perlindungan banjir yang terprediksi, terdapat beberapa alasan mengapa area tertentu perlu dilindungi:

- a. Implikasi keuangan serta investasi

Nilai investasi dan biaya pemeliharaan yang timbul oleh sistem dinamis manapun, harus lebih rendah 2 sampai 5 kali dari total biaya kerusakan yang dapat dicegah pada lokasi tersebut. Hal ini harus disadari pada saat

evaluasi anggaran keuangan dibandingkan dengan umur pemakaian sistem. Rumus $p = (1-(1/T))^n$ dapat digunakan untuk menghitung kemungkinan terjadinya banjir selama umur pakai sistem. Pada rumusan tersebut, n adalah nilai taksiran lama usia pakai, T melambangkan waktu diperlukan untuk BEP/balik modal, sedangkan p sendiri adalah besar kemungkinan kejadian banjir dalam usia pakai sistem.

Contoh: terdapat kemungkinan kejadian 61% banjir dari 100 tahun, selama periode usia pakai 50 tahun.

Semakin besar obyek/nilai yang akan dilindungi, semakin besar investasi dan biaya dan semakin rendah nilai kemungkinan terjadinya banjir yang akan terjadi (kerusakan) selama priode usia pakai sistem.

b. Keamanan masyarakat

Di tempat dimana tidak mungkin didirikannya sistem perlindungan untuk menaungi luasan yang besar, obyek yang akan dilindungi harus dikorbankan sedikit demi sedikit. Jika pengurangan ini tidak dapat diterima, proses evakuasi tambahan perlu dimasukkan dalam rancangan tanggap bencana.

c. Pengurangan Sumber Daya

Tenaga manusia/pengurangan waktu : sistem perlindungan harus dapat didirikan berdasarkan jumlah tenaga tersedia dan dibantu oleh sistem peringatan dini dan seberapa panjang area yang akan dilindungi. Dua tujuan pengamanan berbeda harus disadari:

Tujuan pengamanan 1 : mengurangi ketinggian sistem ketika peringatan dini berlangsung lebih cepat dari yang diperkirakan.

Tujuan pengamanan 2 : sistem didirikan dengan ketinggian maksimum, jika peringatan dini berlangsung tepat atau melebihi perkiraan.

Sumber daya terbatas : Jika tidak terdapat sumber daya yang cukup untuk mendirikan sistem guna memberikan jaminan perlindungan bagi keseluruhan area, akan sangat layak apabila panjang perlindungan maksimal dapat diperoleh dengan konsekuensi pengurangan ketinggian/area yang dilindungi.

d. Tanggung jawab pribadi

Berbagai hal terkait harus diinformasikan dimana penggunaan sistem perlindungan dinamis sementara memang dapat memenuhi tujuannya. Pemilik lalu akan bertanggung jawab jikalau memberikan perhitungan-perhitungan kemampuan tahanan yang tidak sesuai dengan spesifikasi sistem.

e. Ketinggian tahanan tergantung pada sistem

Bagi setiap sistem, ketinggian tahanan bertambah beberapa level dalam hitungan desimeter. Perlindungan terhadap obyek dapat terwujud seiring pertambahan tinggi sistem.

Puing Tambahan

Keikutsertaan puing-puing tambahan pada jalur banjir patut diperhitungkan dalam perencanaan. Ketinggian puing tersebut dapat diukur berdasar kondisi lingkungan setempat seperti kemungkinan ketinggian ombak, tebing yang curam sepanjang jalur banjir, ditambah berkurangnya peluang hidup warga perlu diperhitungkan.

Faktor-faktor pendukung bertambah-parahnya resiko pada lokasi bencana

Keberhasilan penggunaan sistem pertahanan banjir dinamis pada keadaan darurat, sangat bergantung pada kondisi sekitar.

Kriteria	Penjelasan
Topografi	Perbedaan tinggi serta kerataan tanah akan berakibat pada kestabilan tahanan (kemungkinan ambruk)
Lanskap (kondisi tanah)	Jenis permukaan (aspal, beton, kerikil, rumput maupun tanah) serta kondisinya (kering, basah, bersalju, tertutup es) dapat mempengaruhi resiko geser.
Kebocoran air	Kebocoran air dapat terjadi baik dalam keadaan diam, apalagi dalam keadaan mengalir. Hal ini berarti sistem harus diikat sedemikian rupa ke tanah dan kedap air.

Kriteria	Penjelasan
Akses ke lokasi	Sistem harus dinamis (maksimal 30kg) jika tidak terdapat akses jalan bagi kendaraan
Ketersediaan bahan baku	Beberapa sistem menggunakan air /tanah dalam proses pendiriannya. Jika bahan baku ini tidak tersedia, akan menghambat keseluruhan proses.
Kondisi malam (gelap)	Pemasangan sistem akan lebih sulit di waktu malam, terlebih jika terdapat beberapa bagian kecil yang harus disatukan.
Suhu dingin	Suhu yang dingin akan mempengaruhi proses bongkar pasang sistem, khususnya yang berbasis air.

Skenario Aplikasi dalam Banjir dan Aliran Air Permukaan

Skenario 1: Pengalihan air pada lahan miring



Penjelasan

Situasi ini dapat terjadi di area pegunungan maupun dataran rendah. Pengalihan air dapat sangat penting pada lingkungan tempat tinggal masyarakat selama banjir, saat terjadinya air permukaan akibat tanah jenuh atau ketika kapasitas selokan tidak mencukupi. Sistem dinamis digunakan untuk menghadang arus air menuju saluran air baru. Sistem harus mampu mengatasi tanah labil, kemiringan, dan transisi trotoar serta harus cukup fleksibel dalam membentuk kurva sepanjang pipa. Tekanan hidrostatik dan hidrodinamis akan tergerus oleh sudut, sehingga ketinggian air yang dialihkan akan cenderung merendah.

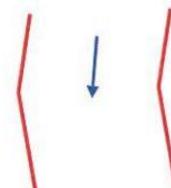
Pengukuran Resiko

Sistem ini terbuka akan tekanan hidrostatik dan hidrodinamis. Sistem perlindungan dinamis ini membawa air dengan kecepatan aliran antara 0.5-3m/s. Pada lekukan luar seharusnya berada di tanah yang lebih tinggi. Dengan catatan massa jenis air 1.1 ton/m³. Kerikil dan tanah kemungkinan akan terbawa arus.

Catatan : Stabilitas dari kemiringan harus benar-benar diperhitungkan sehingga aliran puing saat kemiringan nol tidak terhambat.



Cross-sectional view



View from above

Skenario 2 : Bendungan lingkaran ganda dengan celah diantaranya

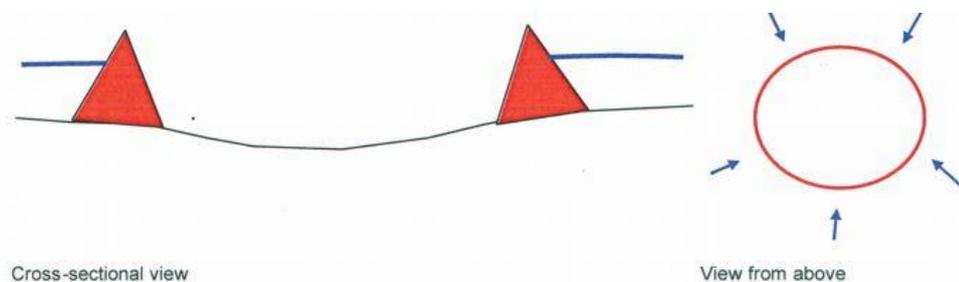


Penjelasan

Skenario ini terjadi pada tanah rata dan terdapat celah antara pipa. Objek yang dilindungi terlindung dari banjir dengan tahanan melingkar. Sistem ini mengantisipasi rembesan air dari celah tanah dan pipa, air tanah dan perkolasi air tanah dan semuanya dapat menyebabkan banjir di antara tahanan. Pompa dapat digunakan untuk membuang air di antara tahanan. Jika tahanan harus berada pada periode yang lama, terdapat resiko kegagalan sistem jika pompa bermasalah (listrik mati, pompa ngadat, kapasitas pompa yang kecil, dll).

Pengukuran Resiko

Sistem sangat rentan terhadap tekanan hidrostatik. Aliran arus air sangat rendah dan langsung menghantam sistem. Dengan catatan massa jenis air 1.1 ton/m^3 . Jika terdapat jumlah air yang sangat banyak di sekeliling bendungan lingkaran, efek dari ombak sekecil apapun harus diperhitungkan. Potensi tanah menghadapi tekanan statis maupun hidrostatik harus diperhitungkan.



Skenario 3 : Dinding pemisah jalan

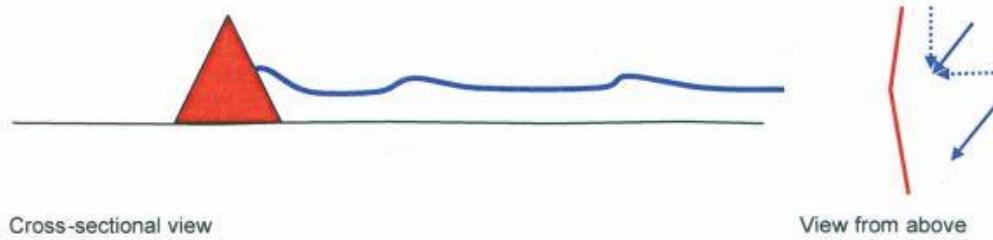


Penjelasan

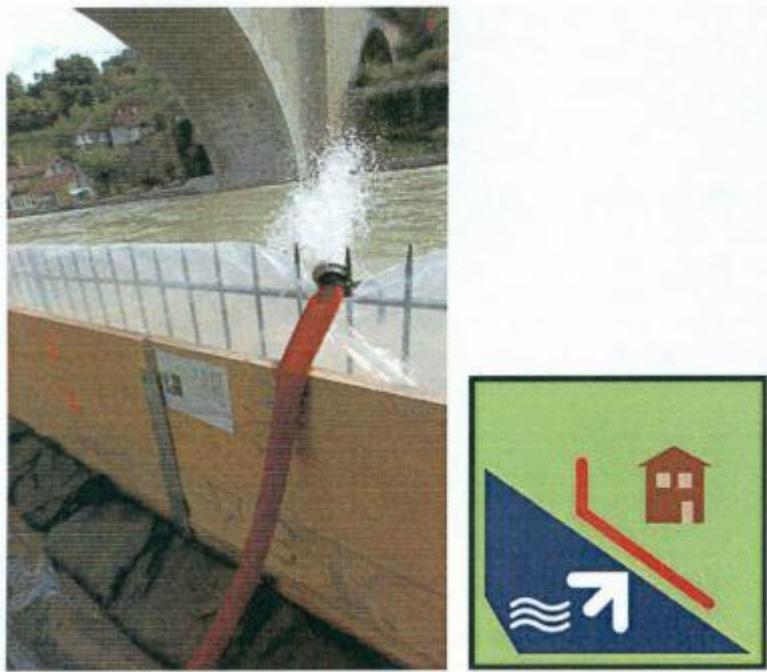
Insiden skenario seperti ini dapat terjadi pada daerah perkotaan maupun pedesaan. Sistem dinamis ini digunakan untuk membuat tahanan melintasi sebuah jalan. Salah satu syarat dari sistem ini adalah kondisi kedap air pada sisi-sisi tembok maupun rumah. Ini berarti sistem harus cukup fleksibel untuk mendapatkan kondisi kedap air yang diperlukan. Pada area pegunungan beban tambahan seperti tumbukan balok kayu maupun puing harus juga diperhitungkan.

Pengukuran Resiko

Sistem ini rawan terhadap tekanan hidrostatis dan hidrodinamis. Perhitungan harus mampu menahan kecepatan aliran air sebesar 0.5-3m/s yang mungkin terjadi secara paralel atau searah. Dengan catatan massa jenis air 1.1 ton/m³.



Skenario 4 : Tahanan sepanjang sungai (kemiringan < 5%)

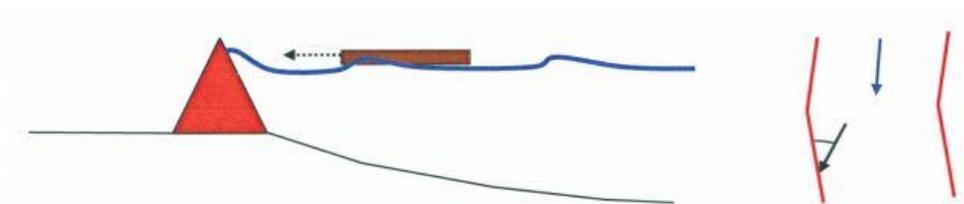


Penjelasan

Skenario ini dibutuhkan pada area perumahan yang akan dilindungi dari sungai dan banjir kanal. Tahanan sepanjang aliran perlu dibuat dalam hitungan jam pada satu atau kedua pinggir aliran air. Lagi-lagi lapisan kedap air sangat dibutuhkan pada tanah dengan komposisi berbeda atau pada tanah tidak rata. Ketinggian air yang akan ditahan lebih tinggi secara signifikan daripada jika air dialihkan pada tanah miring (lihat skenario 1) dan bahkan melebihi ketinggian 1meter. Pada daerah perkotaan, sistem harus terlindung dari tingkah-tingkah pengrusakan oleh masyarakat.

Pengukuran Resiko

Sistem ini rawan terhadap tekanan hidrostatis dan hidrodinamis. Perhitungan harus mampu menahan kecepatan aliran air sebesar 0.5-3m/s yang mungkin terjadi secara paralel atau searah. Dengan catatan massa jenis air 1.1 ton/m³. Kemungkinan tumbukan puing terapung maksimal 45^o harus diperhitungkan. Aktivitas ombak perlu dicermati di saat aliran sungai melewati ngarai yang lebar guna mengantisipasi erosi.



Skenario 5 : Tahanan pemotong arus linear

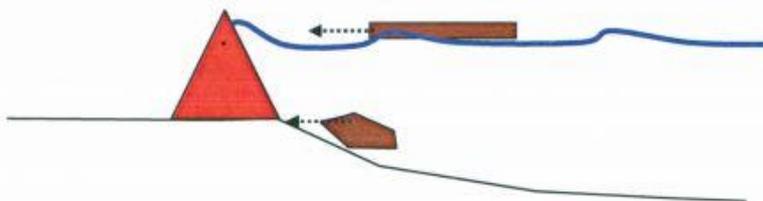


Penjelasan

Skenario ini adalah skenario dimana tahanan dinamis sesungguhnya sangat diperlukan. Sistem harus mampu menahan beban yang jauh lebih tinggi daripada skenario pinggiran sungai berdasarkan tekanan dinamis yang berkelanjutan. Pada kasus-kasus tertentu puing-puing mengambang diikuti oleh lumpur bercampur kerikil menambah hebat tekanan hidrodinamis (contohnya: banjir di atas jembatan). Sistem harus dipasang secara cepat. Siapapun yang terdapat pada tim penanggulangan yang turun langsung memasang sistem berada pada resiko yang besar. Kemampuan sistem untuk tetap kedap air tidak dapat ditentukan – sistem harus mampu bertahan dari gaya-gaya dinamis sampai banjir mereda.

Pengukuran Resiko

Sistem ini rawan terhadap tekanan hidrostatik dan hidrodinamis. Sistem harus mampu menahan arus air yang datang secara paralel maupun pada sudut tertentu (lihat skenario 4), namun kecepatan berada pada 2-4m/s. Sebagai tambahan, tumbukan dari puing dan lumpur bercampur batu akan memberi tekanan yang sangat besar (dianjurkan sudut tumbukan maksimal 45°). Massa jenis air akan mencapai 1.3ton/m^3 . Ketinggian ombak yang akan terjadi harus diperhitungkan saat pemasangan tahanan.



Skenario 6 : Membendung aliran air

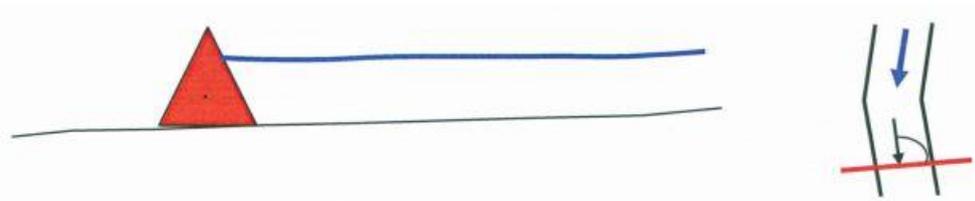


Penjelasan

Skenario ini tidak ada hubungannya dengan banjir. Sistem ini dipakai untuk mencegah pencemaran air, sebagai contoh: pembendungan air terkontaminasi menuju aliran air terbuka. Sistem juga dapat berguna untuk membantu ahli hidrologi dalam penelitian maupun hal memancing. Sistem harus didirikan di tengah air mengalir. Lapisan kedap air antara pipa dan dinding saluran harus benar-benar diperhitungkan guna mencegah kebocoran, sama seperti skenario “dinding pemisah jalan”.

Pengukuran Resiko

Sistem ini rawan terhadap tekanan hidrostatik dan hidrodinamis, namun kecepatannya rendah antara 0.5-2m/s dan massa jenis air hanya 1.0 ton/m³.



Skenario 7: Dinding penahan cairan

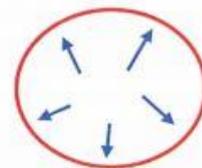


Penjelasan

Digunakan untuk penampungan air bagi pemadam kebakaran saat kebakaran, penampungan air untuk isi truk pemadam kebakaran, pembuatan penampungan air, kolam renang. Sistem ini dipasang sama seperti bendungan lingkaran ganda. Dalam hal ini tekanan air datang dari dalam tahanan. Aplikasi ini mempunyai banyak tujuan penggunaan, mulai dari industri konstruksi, kebutuhan pertanian, atau sebatas kolam renang.

Pengukuran Resiko

Sistem akan menghadapi tekanan hidrostatis yang mengalir, tergantung dari tipe dan arah pemasukan air. Massa jenis air ditentukan juga oleh tipe dan jumlah air yang ditampung. Resiko kegagalan tanah statis (ambias, perkolasi) maupun hidrolis (rem



Problem yang dapat terjadi selama penggunaan

Potensi masalah yang dapat terjadi selama penggunaan sistem, diilustrasikan sebagai berikut.

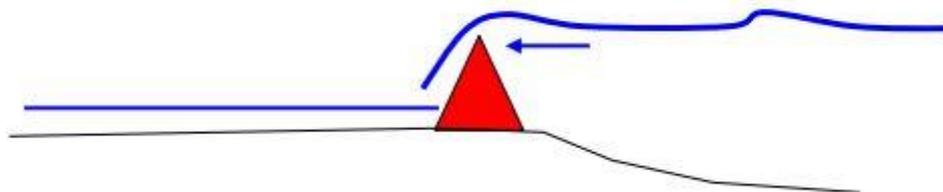
Kegagalan sistem

sistem dapat mengalami kegagalan jika terjadi slip pada tanah licin. Untuk mencegah hal tersebut, penguatan dudukan sistem pada tanah perlu dilakukan, tergantung pada jenis sistem digunakan. Sistem juga dapat mengalami ambruk, jika sistem didirikan di atas tanah yang berbeda tinggi ataupun karena besarnya ombak. Jika sistem belum sempurna dipasang (kurangnya tekanan, dsb) stabilitas akan terpengaruh. Sistem darurat dinamis biasanya punya sedikit kebocoran di dasar sistem dengan tanah dan samping kanan-kiri sistem. Penggunaan sistem yang kurang tepat dapat memperburuk keadaan.



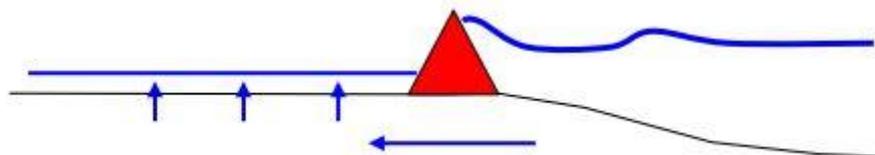
Luapan di atas tahanan

Jika air sudah melebihi tinggi tahanan, hal ini seharusnya tidak serta-merta menggagalkan sistem. Jika kondisi sistem benar-benar stabil (tahan geser, tahan ambruk).



Perkolasi air tanah

Air juga mungkin masuk dari belakang tahanan dari bawah tanah, khususnya jika sistem dibangun di samping danau (jangka waktu yang lama dan topografi yang rata). Hal ini juga dapat terjadi dari selokan/saluran air, perkolasi dekat lapisan tanah didirikannya sistem, maupun kejenuhan tanah dalam menyimpan air sehingga air tidak dapat tertampung lagi oleh tanah.



Faktor resiko tambahan

Ketika perhitungan resiko digunakan, resiko tambahan lain dapat terbagi menjadi:

- Resiko tambahan yang dapat ditangani
- Resiko yang terjadi karena perkiraan yang kurang teliti
- Resiko yang terjadi dalam kesalahan pengukuran

Resiko tambahan ditentukan ketika obyek perlindungan dipilih. Terdapat pertambahan resiko dalam pengukuran yang salah, khususnya jika sistem yang digunakan ialah sistem perlindungan banjir dinamis. Resiko yang lebih jauh karena kesalahan penggunaan adalah ketidakmampuan sistem menghadapi pengrusakan yang dapat terjadi pada daerah ramai penduduk. Resiko yang sama akan dihadapi jika sistem dipaksa didirikan pada lahan dengan variasi topografi yang terlalu banyak.

Kriteria perencanaan dan evaluasi

Sistem peringatan dini

Bencana yang tidak dapat dicegah harus dapat disebarluaskan secara cepat, guna memberi waktu bagi sistem perlindungan banjir untuk diantar dan didirikan di lokasi.

Contoh waktu peringatan yang seharusnya:

Danau	: harus beberapa hari sebelumnya
Lembah pinggiran sungai	: beberapa hari, sampai minimal 1 hari sebelumnya
Hujan Badai	: minimal 30 menit sebelumnya
Luapan air (kecil)	: beberapa menit saja

Kita dapat melihat dari data di atas bahwa waktu yang diperlukan guna membangun sistem pertahanan banjir dinamis pada danau dan lembah sangat cukup. Yang perlu dicermati lebih jauh resiko penanggulangan adalah adanya luapan air, karena biasanya banjir sudah terjadi di suatu tempat sebelum sistem tiba di lokasi.

Dana yang harus disiapkan

Pengeluaran dapat dirinci menjadi berikut :

Survei	: perencanaan dan anggaran biaya
Investasi	: investasi berupa barang, termasuk mesin-mesin khusus
Pelatihan	: biaya perorangan dan biaya latihan
Bencana	: biaya perorangan dan bea transportasi
Perawatan	: pengecekan dan penggantian suku cadang
Penyimpanan	: biaya sewa gudang
Perkiraan usia pakai	: depresiasi produk

Cara penyimpanan serta pemasangan

Tempat penyimpanan di tengah area pemukiman mempunyai keunggulan sebagai berikut:

- Pelatihan dan kursus tambahan dapat dibatasi pada satu kelompok tertentu (pemadam, dsb)
- Ketersediaan bagi semua daerah pada wilayah tersebut
- Biaya dapat menjadi ringan karena dipungut dari warga masyarakat

Materi sistem dapat ditranspor menuju lokasi bencana menggunakan sistem cincin maupun titik sebar.



Sistem cincin dapat digunakan jika peringatan dini telah diberikan beberapa hari sebelumnya seperti kebocoran danau, karena waktu yang sangat cukup dan tidak perlunya pemindahan lokasi seseorang ke tempat lain. Sistem titik sebar cocok digunakan pada bencana yang terbatas pada satu wilayah, dengan waktu peringatan yang sedikit, yang memerlukan efisiensi.

Perhatian! Gudang di tengah pemukiman hanyalah sebuah pilihan dengan waktu peringatan dini yang cukup lama. Jika kasusnya seperti kebocoran semburan air dan luapan air kecil, tempat penyimpanan harus terletak dekat sekitar area bencana. Keuntungan dari gudang di tengah pemukiman, ialah penghematan waktu transpor.

Informasi masyarakat

Pada lokasi yang akan digunakan sistem pertahanan banjir dinamis, berdasarkan rancangan yang sudah dibuat (danau), populasi yang akan terkena dampak harus sudah diinformasikan jauh—jauh hari mengenai informasi penanganan dan bangunan mana yang aman. Ketika sistem digunakan secara darurat, masyarakat harus diberi tahu jika sistem akan tetap terpasang disana untuk beberapa hari.

Kebutuhan tenaga manusia

Dibutuhkan 40 pria dewasa untuk membangun bendung dari karung pasir sepanjang 100 meter dengan ketinggian 50cm dalam waktu 1 jam. Ketika sistem tahanan dan sistem wadah digunakan, kebutuhan akan tenaga kerja berkurang 2 hingga 8 orang.

Semakin pendek waktu peringatan, semakin besar tenaga yang diperlukan untuk membangun sistem sebelum banjir menyerang.

Pelatihan pemadam kebakaran

Jika segala sesuatunya ingin dilakukan dengan benar dan efisien, harus terdapat pelatihan dan praktek yang cukup mengenai pemasangan dan pembongkaran sistem. Sesi latihan yang bervariasi perlu dilakukan guna membiasakan diri pada medan yang berbeda-beda. Pelatihan ini juga harus mengajarkan langkah-langkah yang harus ditempuh saat terjadinya luapan air melebihi sistem maupun seandainya terjadi kegagalan sistem.

Zona resiko dan inspeksi

Ancaman terhadap masyarakat tidak boleh bertambah jika menggunakan sistem perlindungan dinamis. Untuk memastikan hal ini tidak terjadi, area yang akan digunakan untuk pendirian sistem harus bebas dari kegiatan masyarakat. Hal ini juga meminimalisir resiko pengrusakan. Dibawah ini adalah luas zona yang disarankan, yang menjamin jarak yang cukup bagi masyarakat untuk terkena efek banjir dibawah intensitas kritis 0.5 m²/detik bagi masyarakat di ruang terbuka. Tidak seorang pun tanpa otoritas diizinkan memasuki zona ini. Hal ini dapat efektif jika menggunakan barikade, maupun garis polisi, dan menempatkan yang berwajib guna memastikan tidak ada masyarakat yang nekat masuk. Zona luasan ditentukan sebagai berikut:

- Tinggi tahanan 0.6 meter zona berbahaya 3 – 10 meter
- Tinggi tahanan 0.6 – 1.2 meter zona berbahaya 10 – 20 meter
- Tinggi tahanan 1.2 – 2.0 meter zona berbahaya 20 – 50 meter

Jika luasan tersebut tidak dimungkinkan pada aplikasi nyata, terdapat resiko bahaya bagi siapapun di dalam radius tersebut. Inspeksi pada sistem wajib dilakukan jika sistem tahanan lebih dari 0.6 meter. Hal ini dapat mencegah lebih awal jika terdapat kesalahan posisi, kerusakan, kebocoran, perkolasi, dll.

Perawatan dan penyimpanan

Menurut anjuran produsen, sistem penyimpanan yang tepat dapat mengurangi perawatan. Bahan berbasis plastik harus disimpan di tempat yang gelap dan kering. Sistem harus benar-benar kering saat memasuki gudang penyimpanan guna mencegah jamur bertumbuh dan merusak produk.

Kekuatan bahan bertemu bahaya terprediksi

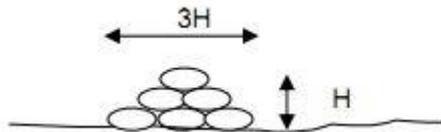
Tanggung jawab keselamatan dipegang penuh oleh produsen dalam memproduksi bahan yang cukup kuat guna mengimbangi dampak-dampak yang akan timbul seiring banjir dan yang sedemikian rupa dapat berdiri pada bermacam permukaan tanah pada produk mereka.

Ketahanan geoteknis dari sistem dapat terlaksana diimbangi oleh penilaian yang cermat oleh ahli-ahli yang bertanggung jawab langsung di lapangan (erosi tanah, ketahanan saluran, dsb.)

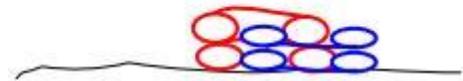
Penjelasan sistem lainnya

Sistem karung pasir

Sistem ini telah dikenal luas di dunia dan paling sering digunakan guna menghadapi banjir karena kemudahan penggunaan, dapat dilakukan pada area yang cukup luas, serta kemudahan bahan baku pasir/kerikil yang tersedia alami di alam. Bahkan plastik belanja sekalipun jika diisi oleh tanah dapat disusun membentuk bendung. Sebagai bandingan yang kontras adalah penggunaan sistem wadah atau pipa, dimana karung pasir dapat diangkat oleh 1 orang. Karung pasir tersedia dalam berbagai ukuran dan berbagai bahan (plastik, goni). Satu desain khusus yaitu karung pasir bertandem, memungkinkan ketinggian tahanan yang lebih tinggi, dengan penggunaan bahan yang lebih sedikit. Pengalaman penggunaan karung pasir telah dilakukan pada semua skenario bencana.



Bendung dibangun dari karung pasir biasa



karung pasir tandem: meningkatnya stabilitas karena penyerapan kekuatan tarik

Penjelasan

Saat diperlukan, karung pasir dapat digunakan tanpa struktur penguat lainnya dan disusun dengan tangan membentuk tahanan. Stabilitas yang lebih baik dicapai jika karung disusun selang-seling tegak lurus (horizontal-vertikal-horizontal-dst). Dengan cara ini, bendung dengan ketinggian 1 meter dapat dibuat – 2 meter bendung juga dapat dibangun dengan usaha yang lebih.

Pengembangan lebih jauh dari karung pasir awal adalah karung bertandem, terbuat dari dua karung polypropilene yang terhubung oleh lapisan plastik anti-sobek. Dengan menghubungkan kedua karung tersebut, bendung dapat dibangun jauh lebih stabil, karena mampu meredam kekuatan dorong arus banjir, serta lebih hemat tempat, karena karung hanya disusun bertingkat dalam satu arah. Tanpa konstruksi tambahan, ketinggian tahanan 2.0 meter dapat dicapai. Jika ingin menambah ketinggian, tambahan seperti tahanan kayu di belakang tumpukan perlu dibuat.

Aplikasi

Karung pasir dan karung tandem dapat digunakan dalam berbagai situasi. Mulai dari perlindungan properti pada area kecil (gerbang masuk), sampai perlindungan sepanjang bahu jalan. Karung pasir juga dapat digunakan sebagai tambahan pada tanggul alami/tembok yang telah stabil sebelumnya, sehingga dapat sebagai penunjang konstruksi yang sudah ada agar lebih kuat dan tidak rubuh saat menghadapi banjir yang lebih besar. Karung pasir juga dapat digunakan bersamaan dengan sistem dinamis, karung pasir dapat diletakkan menghadap banjir di depan sistem dinamis guna mengurangi gaya dorong yang mungkin terjadi.

Masalah yang timbul dari sistem ini ialah pengumpulan tenaga kerja yang diperlukan guna membangun sistem, serta keterbatasan pasir di sekitar lokasi. Walaupun sudah terdapat mesin otomatis pengisi karung pasir, namun menjadi masalah tersendiri untuk membawa mesin tersebut ke lokasi banjir. Karung pasir yang telah digunakan baik plastik maupun goni, tidak secara mudah dapat digunakan kembali (karena sudah terkontaminasi oli) dan harus didaur ulang dengan cara yang seharusnya.

Logistik **data diambil dari bencana banjir Elbe tahun 2002*

Sebuah benteng pasir ukuran 100m panjang dan 0.5m tinggi memerlukan:

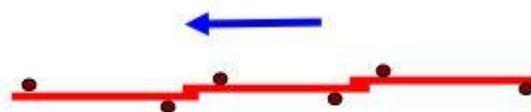
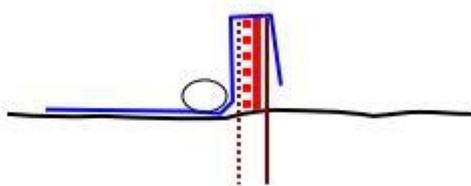
- 3500 karung pasir ukuran 16kg atau setara 10 dm³ tanah per karung
- 12 lori untuk transpor (300 karung pasir atau 5 ton per-lori)
- 4 buah forklift untuk penyusunan maupun pembongkaran
- Sekitar 40 pria dewasa bekerja selama 1 jam (dengan catatan jarak karung dan lokasi 10 meter, jika jarak tempuh lebih jauh, dibutuhkan lebih banyak pekerja).

Sebuah benteng pasir ukuran **100m** panjang dan **1m** tinggi memerlukan:

- 14000 karung pasir ukuran 16kg atau setara 10 dm³ tanah per karung
- 48 lori untuk transpor (300 karung pasir atau 5 ton per-lori)
- 8 buah forklift untuk penyusunan maupun pembongkaran
- Sekitar 50 pria dewasa bekerja selama 3 jam (dengan catatan jarak karung dan lokasi 10 meter, jika jarak tempuh lebih jauh, dibutuhkan lebih banyak pekerja).

Sistem Papan

Sistem ini tidak terdapat pada pasar alat penanggulangan banjir, sistem ini datang dari wacana masyarakat. Peralatan yang dibutuhkan (papan triplek, batang penguat, tiang pancang) diambil dari rumah warga guna membuat perlindungan banjir sementara. Sistem ini biasa digunakan guna mencegah luapan air pada kanal memasuki jalanan/pemukiman. Ketika kondisi tanah cocok, sistem papan linear dapat dibangun menggunakan papan triplek dan batang penguat sebagai support di belakang papan. Sistem ini lebih ditujukan untuk pengalihan arus/pembuatan jalur air dan kurang kedap air.



Papan triplek (**merah**), batang penguat (**coklat**) dan lapisan plastik (**biru**) dengan karung pasir

Penjelasan

Benteng pendek pengalih arus air dapat dibuat dengan menggunakan papan triplek, dibantu oleh batang penguat disisi belakang struktur. Keuntungan dari sistem mandiri ini ialah ketersediaan bahan si sekitar lokasi serta mudah dalam pemasangan. Setiap rumah warga pasti mempunyai bahan baku ini untuk digunakan. Struktur ini dapat pula didirikan pada jalan tanah, padang rumput, maupun area pertanian. Masalah mulai muncul jika lokasi pemasangan di atas permukaan yang keras seperti jalan aspal, beton, maupun kondisi ekstrim seeperti tanah lumpur. Pada tanah lumpur, lebih mudah menggunakan batang pohon daripada batang besi sebagai penopang. Karung pasir juga dapat digunakan guna mencegah rembersnya air pada bagian bawah papan. Untuk menambah daya kedap terhadap air, pelapisan dengan kain plastik dapat digunakan.

Aplikasi

Sistem ini hanya dapat digunakan pada ketinggian banjir yang rendah (+/- 0.4 meter). Sistem ini biasa digunakan untuk menyalurkan arus air dari melewati jalanan. Sistem ini juga berhasil diterapkan untuk mengalihkan air pada tanah berumput. Sisteem ini hanya ideal digunakan pada daerah dengan beda tinggi yang kecil. Volume spesifik air yang mampu dialihkan dengan sistem ini sangat kecil karena kemampuannya menahan tekanan air juga sangat rendah. Dalam hal melindungi satu properti, sistem ini ditujukan untuk mengalihkan aliran air, seperti mencegah air memasuki garasi ataupun pintu masuk utama rumah. Sistem papan memerlukan pengawasan yang terus menerus karena rentan pengrusakan.

Logistik

Sistem tahanan papan sepanjang **100m** dan setinggi **0.5m** memerlukan:

- 1 lori untuk transportasi
- 50 papan triplek
- 100 batang besi diameter 1cm sebagai penguat/batang kayu
- 150 karung pasir 16kg
- 250m² plastik cor untuk anti-bocor
- 4-8 orang pekerja dalam 1 jam

Sistem modul beton

Sistem modul beton biasa digunakan untuk menciptakan pembatas linear selama hujan badai. Terkadang kita dapat melihatnya digunakan sebagai penghalang jalan sementara. Setiap modulnya kira—kira sepanjang 2 meter, dan berbentuk sudut dan kaku seperti di bawah ini. Benda ini mampu menahan kekuatan arus selama hujan badai.



Penjelasan

Sistem modul ini, seperti sistem papan, adalah sistem yang mengambil keuntungan dari bahan-bahan industri konstruksi. Beton cetak yang sesuai digunakan sebagai blokade jalan. Modul-modul ini disimpan pada halaman kantor proyek-proyek pembangunan pemerintah/disisi-sisi jalan. Modul tersebut didesain untuk digunakan sebagai contoh pada ujung rel kereta api untuk menahan gaya kereta yang besar.

Modul ini harus tahan terhadap resiko ambruk dan biasanya dilengkapi pengait guna memudahkan pemindahan dengan alat berat.

Aplikasi

Sistem modul ini biasa digunakan jika menghadapi air dengan kekuatan benturan arus yang sangat tinggi. Biasa digunakan untuk menghadang hujan badai ketika kebocoran terjadi pada area tertentu – sisi luar jembatan, atau jika struktur bangunan bank mulai rapuh karena lapuk.

Sistem ini juga dapat digunakan untuk menghadapi gelombang tinggi pada danau. Dibalik dinding ini dapat dibangun bendung cadangan guna mencegah banjir lanjutan.

Logistik

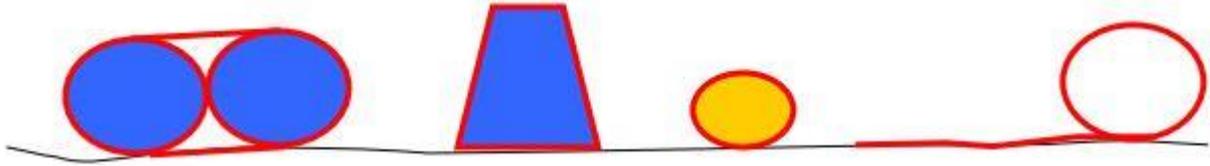
Struktur penahan beton sepanjang 100m dan tinggi 1m memerlukan:

- 13 lori untuk transpor (4 modul per bagian/6.5 ton per lori)
- 50 modul beton (masing-masing panjang 2m dengan berat 1.6 ton)
- 2 alat berat (pengeruk, crane, forklift)
- 4 pekerja dalam 1 jam

Sistem pipa (sistem wadah)

Saat ini banyak produk di pasaran semua berdasar azas yang sama. Wadah yang terbuat dari plastik, dan diisi secara masinal dengan air, pasir, maupun udara.

Keragaman produk sedang dalam posisi puncak, dimana pengambilan bentuk dari pipa bulat, maupun trapezoid. Sistem ini diisi oleh air, udara, maupun pasir. Dalam kasus tertentu, mesin khusus digunakan untuk mengisi, mengosongkan serta membersihkan. Sistem berbasis air dan udara menggunakan material pelapis dari PVC guna mencegah kebocoran. Hal ini tidak dibutuhkan pada sistem berbasis pasir.



Penjelasan

Sistem pipa (berongga) memungkinkan sistem tiba dalam kondisi gulungan maupun tersusun rapi di lokasi bencana. Lalu sistem diisi oleh udara bertekanan, dimana memerlukan adanya kompresor di lokasi. Bagi pipa berbasis udara, tahap ini telah selesai. Namun pada pipa berbasis air, masih memerlukan pemompaan air ke dalam pipa menggunakan selang pemadam dan pompa bergerak untuk pengisian air dari sumber air terdekat, maupun hidran sementara udara dikeluarkan secara bersamaan dengan masuknya air. Sedangkan pipa berbasis pasir diisi menggunakan alat khusus yang dihubungkan langsung dengan truk molen/truk pasir. Sementara pipa berbasis air mulai dikembangkan, dua pipa harus diletakkan sejajar bersebelahan, karena jika hanya pipa tunggal, kemungkinan resiko bergulingnya pipa akibat hantaman arus banjir dapat terjadi. Tergantung dari besar diameter, pipa-pipa tersebut dihubungkan bersama dengan menggunakan kunci khusus atau menggunakan sabuk-sabuk sehingga saling terikat. Ketinggian tahanan pada sistem dapat ditambah dengan menambahkan pipa ketiga diatas kedua pipa paralel tersebut. Namun pipa tersebut juga harus diikat dengan sabuk tambahan. Sistem pipa trapezoidal didesain terbagi menjadi beberapa ruangan dalam, guna menambah kestabilan sistem. Pipa berbasis udara menggunakan lembar plastik yang diletakkan di dasar permukaan yang terkena banjir sebagai stabilisator.

Aplikasi

Bahan yang fleksibel pada sistem ini membuat sistem ini mudah dalam pemasangan secara umum. Sistem tersebut dapat dengan mudah beradaptasi dengan topografi yang bervariasi hingga tanah lumpur. Dengan pemasangan secara paralel maupun sambung-menyambung pada ujung-ujungnya membuat sistem ini dapat sepanjang yang diperlukan. Perubahan arah dapat dengan mudah dilakukan dengan menekuk / menggeser pipa, atau dalam sistem trapezoidal, dapat menggunakan sambungan khusus.

Sistem pipa cocok digunakan sebagai pertahanan kedua maupun sistem pertahanan utama saat tidak adanya sistem lain. Sifatnya yang sangat fleksibel dan kedap air membuatnya dapat digunakan sebagai perlindungan tambahan dari struktur tembok yang ada guna melindungi pintu masuk, tangga, maupun jalan menuju bawah tanah.

Sistem pipa juga dapat menambah tinggi perlindungan banjir yang sudah ada seperti tembok, bendung sejauh konstruksinya memungkinkan dan stabil.

Penggunaan pipa berbasis air akan sangat merepotkan pada cuaca bersalju. Jika air dalam pipa berubah bentuk menjadi es, maka berat sistem akan berkurang, mengganggu kestabilan, menggagalkan sistem dan memperlama waktu pembongkaran karena harus menunggu es mencair. Masalah tambahan lainnya adalah pembengkakan volume yang terjadi karena pembekuan yang dapat menghancurkan sistem dari dalam karena over-capacity. Pipa berbasis air dan udara harus mendapatkan supervisi yang ketat guna mencegah pengrusakan.

Logistik

Sebuah tahanan **pipa berbasis air** sepanjang **100m** dan setinggi **0.6 m** memerlukan:

- 1 lori untuk transpotasi
- 10 pipa dobel (terbagi per 10m panjang dengan berat mencapai 50kg)
- 1-2 kompresor untuk proses pengembangan
- 1 pompa air beserta selang untuk pengisian air
- 60m³ air
- 4 orang pekerja dalam 1 jam

Sebuah tahanan **pipa berbasis air** sepanjang **100m** dan setinggi **1.0m** memerlukan:

- 1 lori untuk transpotasi
- 10 pipa dobel (terbagi per 10m panjang dengan berat mencapai 50kg)
- 2 kompresor untuk proses pengembangan
- 2 pompa air beserta selang untuk pengisian air
- 145m³ air
- 6 orang pekerja dalam 1 jam

Sebuah tahanan **pipa berbasis pasir** sepanjang **100m** dan setinggi **0.5m** memerlukan:

- 10 lori untuk transpotasi pasir (5 ton per lori)
- 1 lori untuk tranpor pipa dan material tambahan
- 50 pipa (terbagi per 10m panjang dengan berat mencapai 3kg)
- 1 molen dengan sabuk konveyor untuk pengisian pipa dengan pasir
- 20 pipa penyalur jika blok pengisi sedang digunakan
- 1 adaptor, 1 pipa penyalur pasir utama, 1 mekanisme pengereman, 1 blok pengisi
- 30m³ pasir
- 4 orang pekerja dalam 1 jam

Sebuah tahanan **pipa berbasis udara** sepanjang **100m** dan setinggi **0.75m** memerlukan:

- 1 lori untuk transpotasi
- 10 pipa (terbagi per 10m panjang dengan berat mencapai 50kg)
- 1-2 kompresor untuk proses pengembangan (pengisian udara)
- 50 karung pasir sebagai tahanan agar sistem stabil
- 4 orang pekerja dalam 1 jam

Sistem basin (tampung)

Sistem basin dapat diisi baik dengan air maupun tanah, sisi-sisi basin ditopang oleh konstruksi besi.



Penjelasan

Sistem basin terdiri dari konstruksi besi dan lapisan luar penahan. Jika pasir digunakan sebagai materi pengisi, lapisan penahan terbuat dari bahan kain geotekstil anti-sobek. Jika air yang digunakan, kain penahan terbuat dari PVC yang diperkuat. Pengisian basin dilakukan secara manual maupun dengan alat.

Sistem basin dapat digabungkan bersama untuk membentuk bendung perlindungan dengan panjang yang diinginkan. Basin memberikan tekanan yang cukup hingga kedap air pada kedua sisinya dengan volume yang sesuai. Kain kedap air tambahan tidak diperlukan.

Aplikasi

Sistem fold-out ini dikhususkan untuk menampung air yang datang. Kondisi slip pada tanah licin dapat dicegah dengan patok. Pengawasan perlu dilakukan guna mencegah pengrusakan kecil.

Logistik

Sistem fold-out ini dapat dipasang secara cepat, oleh satu orang bila perlu!

Sistem fold-out sepanjang **100m** dan setinggi **0.5m** memerlukan:

- 1 mobil untuk transportasi
- 7 buah fold-out sistem (terbagi dalam panjang 15m dengan berat 34kg)
- 200 patok (bahan disesuaikan kondisi lapangan)
- 2-4 orang pekerja dalam 30 menit

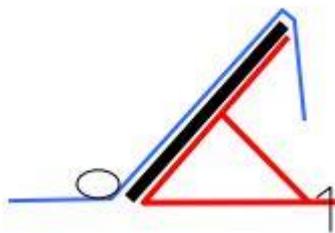
Sistem fold-out sepanjang **100m** dan setinggi **0.7m** memerlukan:

- 1 mobil bak terbuka untuk transportasi
- 10 buah fold-out sistem (terbagi dalam panjang 10m dengan berat 35kg)
- 200 patok (bahan disesuaikan kondisi lapangan)
- 2-4 orang pekerja dalam 30 menit

Sistem pendukung (pallet)

Sistem pallet ini didirikan melalui 3 tahap. Pertama, pendirian kaki-kaki. Kedua, rangka kaki dihubungkan dengan material papan. Ketiga, lapisan plastik digunakan agar sistem kedap air. Sistem ini dapat secara umum digunakan pada beberapa situasi.

Sistem pallet ini dapat digunakan untuk membuat tahanan linear, bendungan lingkaran, menampung aliran air, dll. Sistem terbentuk dari rangka dengan sudut tertentu yang dilapisi plastik yang ditahan oleh karung pasir di depan pallet, patok juga digunakan agar sistem tidak slip.



Salah satu variasi dengan rangka baja (**merah**), papan/pallet (**hitam**) dan lapisan plastik (**biru**)

Penjelasan

Sistem pallet ini diproduksi oleh beberapa produsen dengan variasinya. Namun, komponen yang wajib adalah rangka besi, papan penahan, dan lapisan kedap air.

Sistem pallet didirikan melalui tahapan sebagai berikut:

Rangka besi didirikan hingga ketinggian 1.2-1.5m, sudut yang terbentuk dikencangkan dengan mur dan baut untuk mencegah ambruk. Lebih baik mendirikan sistem pada permukaan yang cukup rata seperti aspal untuk menambah stabilitas. Rangka silang digunakan untuk menahan papan.

Elemen dinding diletakkan di atas rangka tersebut disusul lapisan plastik. Lapisan plastik tersebut lalu ditahan menggunakan karung pasir/rantai besi agar kedap air.

Penggunaan pallet/triplek sebagai bahan dinding dapat menahan ketinggian air setinggi 1m dengan cukup 1 lapis saja. Jika lapisan dinding menjadi 2 rangkap ketahanan maksimal dapat mencapai 1.8m.

Jika dinding terbuat dari plat besi, ketinggian tahanan dapat mencapai 1.5-3m tergantung desain.

Aplikasi

Tidak ada batasan baku untuk ketinggian yang dapat dicapai menggunakan sistem pallet ini. Engsel khusus dapat dibenamkan pada sistem untuk memfasilitasi perubahan arah sistem. Kondisi tanah harus benar-benar rata dan keras untuk mencapai stabilitas yang maksimal. Sangat tidak disarankan menggunakan sistem ini pada tanah lumpur. Dimungkinkan terdapat perbedaan tinggi pada area yang akan dilindungi. Dari masalah tersebut, dinding dari bahan besi atau metal lainnya dapat lebih fleksibel, karena tidak memerlukan jarak standar rangka besi akibat kekuatan bahan dari besi itu sendiri yang lebih kuat dari papan.

Sistem dapat berdiri seperti biasa maupun menggunakan karung pasir sebagai bantuan menahan beban. Sistem pallet ini sangat cocok untuk perlindungan perumahan atau sebagai benteng perlindungan tambahan jika pertahanan utama gagal (bendung alami, tembok pelindung). Sistem ini harus diawasi untuk mencegah pengrusakan.

Logistik

Sebuah **tahanan dengan plat besi setebal 1.5mm** sepanjang **100m** dan setinggi **0.6m** memerlukan :

- 1 lori untuk transportasi
- 85 buah sistem pallet (berat masing-masing 8kg)
- 85 lembar bahan dinding (dengan berat 10-22kg)
- 250m² lembar plastik
- 150 buah karung pasir 16kg atau rantai besi
- 100 buah patok
- 4 pekerja dalam 1jam.

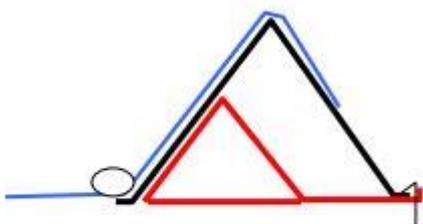
Sebuah **tahanan dengan plat besi setebal 1.5mm** sepanjang **100m** dan setinggi **1.25m** memerlukan :

- 1 lori untuk transportasi
- 85 buah sistem pallet (berat masing-masing 8kg)
- 170 lembar bahan dinding (dengan berat 10-22kg)
- 400m² lembar plastik
- 150 buah karung pasir 16kg atau rantai besi
- 100 buah patok
- 6 pekerja dalam 1jam.

Sebuah **tahanan dengan plat besi setebal 3mm** sepanjang **100m** dan setinggi **1.5m** memerlukan :

- 1 lori untuk transportasi
- 85 buah sistem pallet (berat masing-masing 60kg)
- 255 lembar bahan dinding (dengan berat 30kg)
- 400m² lembar plastik
- 150 buah karung pasir 16kg atau rantai besi
- 100 buah patok
- 8 pekerja dalam 1jam.

Sistem bendungan (Dam)



Salah satu variasi dengan plastik pendukung (hitam), rangka besi (merah), dan lapisan kedap air (biru)

Penjelasan

Perbedaan antara sistem dam dengan sistem pallet adalah plastik pendukung berfungsi sebagai pendukung sekaligus tahanan itu sendiri. Kekuatan tarik berlebih pada dasar sistem diserap oleh rangka besi. Sistem dilapisi plastik yang ditahan oleh karung pasir seperti pada gambar. Plastik pendukung disini terbuat dari plastik fiberglass yang diperkuat (FRP). Panjang modul masing-masing 2m dengan ketinggian 1m dan berat hanya 17kg dimana mempercepat proses pemasangan secara signifikan. Tahap pemasangan sistem, rangka besi dipatok ke tanah lalu plastik pendukung diletakkan di atas rangka, dan terakhir lapisan plastik diletakkan di paling atas, tidak lupa karung pasir diletakkan sebagai penahan lapisan.

Aplikasi

Pada pengertian umum, sistem dam dapat digunakan pada kondisi yang sama seperti sistem pallet. Sistem dam lebih cepat dan secara teknis lebih mudah dipasang. Kerugian dari sistem ini adalah ketinggian maksimal yang dapat tercapai dan tidak dapat digunakan pada tanah yang tidak rata. Jalan raya dan permukaan rata lainnya sangat ideal dengan menggunakan sistem dam, terlebih ketika perlindungan banjir harus didirikan secara cepat dengan pekerja yang terbatas. Sistem ini harus diawasi untuk mencegah perusakan.

Logistik

Sistem tahanan dam sepanjang 100m dan setinggi 1m memerlukan :

- 1 lori untuk transportasi
- 50 buah modul dam (masing-masing panjang 2m, dengan berat 17kg)
- 50 rangka pendukung (masing-masing beratnya kg)
- 250m² lembar plastik
- 150 buah karung pasir 16kg
- 50-100 patok
- 4 pekerja dalam 1jam

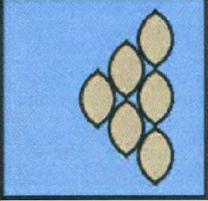
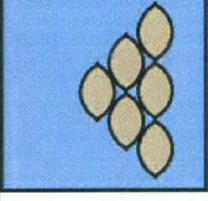
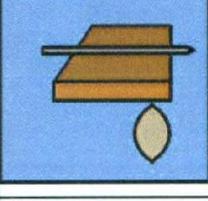
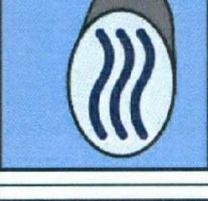
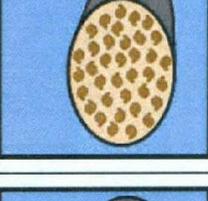
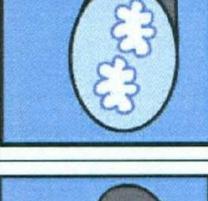
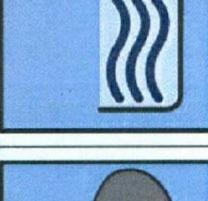
Tabel perbandingan antar sistem

Tipe sistem	Maksimal perlindungan	tinggi	Pekerja dibutuhkan /100m/tinggi* untuk pemasangan	Investasi Rp/m**
Sistem karung pasir	2m		40 orang	1-1.5juta
Sistem papan	0.5m		4-8 orang	500rb-1jt
Sistem pipa	1.2m		4 orang	2.5-5jt
Sistem basin	1.5m		4-8 orang	4-4.5jt
Sistem fold out	2m		2 orang	3.5-4jt
Sistem pallet	2m		4-8 orang	5-6jt
Sistem dam	1m		4 orang	5.5-6jt
Sistem modul beton	1m		4 orang	2.5jt

*) Semua berdasarkan ketinggian perlindungan 0.5m

***) tidak termasuk ongkos pembelian dan transportasi pasir

Tabel Kecocokan Sistem dengan skenario bencana (1)

Jenis sistem	Karung Pasir	Benteng Karung Pasir	Papan barikade	Pipa diisi air	Pipa diisi pasir	Pipa diisi udara	benteng air
Jenis bencana							
Tahanan di tanah miring							
Bendung lingkaran ganda							
Tahanan pemotong jalan							
Tahanan pinggir sungai							
Tahanan arus searah							
Membendung air							
Penampungan air							
Gambar							

Sangat dianjurkan

Dapat digunakan

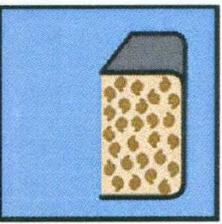
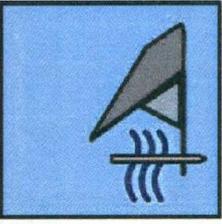
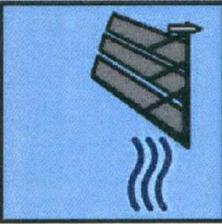
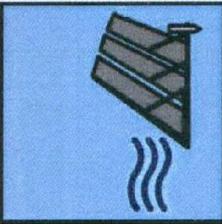
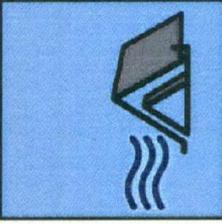
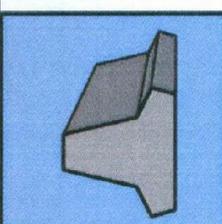
Tidak cocok

Sistem ini sangat dianjurkan dalam kasus ini.

Sistem dapat digunakan untuk skenario ini, dengan beberapa catatan.

Sistem tidak cocok bagi skenario ini, akan gagal jika tetap digunakan.

Tabel Kecocokan Sistem dengan skenario bencana (2)

Jenis sistem	Bendung isi pasir	fold-out membran plastik	bangunan pendukung ringan	bangunan pendukung berat	bendung plastik	bendung dinding beton
Jenis bencana						
Tahanan di tanah miring						
Bendung lingkaran ganda						
Tahanan pemotong jalan						
Tahanan pinggir sungai						
Tahanan arus searah						
Membendung air						
Penampungan air						
Gambar						

Sangat dianjurkan

Dapat digunakan

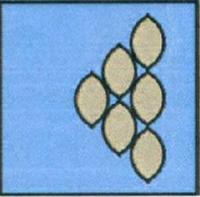
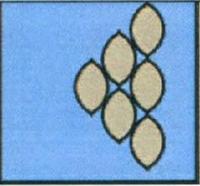
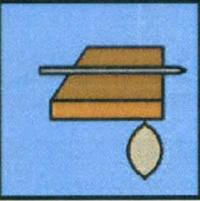
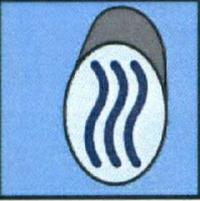
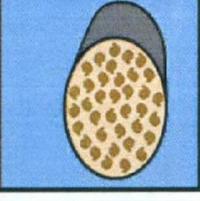
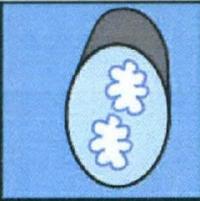
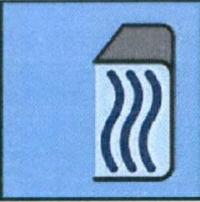
Tidak cocok

Sistem ini sangat dianjurkan dalam kasus ini.

Sistem dapat digunakan untuk skenario ini, dengan beberapa catatan.

Sistem tidak cocok bagi skenario ini, akan gagal jika tetap digunakan.

Tabel kecocokan sistem dengan kriteria fungsi (1)

Jenis sistem Spesifikasi	Karung Pasir	Benteng Karung Pasir	Papan barikade	Pipa diisi air	Pipa diisi pasir	Pipa diisi udara	benteng air
Ketinggian tahanan > 0.5m	Green	Red	Red	Green	Green	Green	Green
Kebutuhan pekerja sedikit	Red	Red	Green	Green	Green	Green	Green
Tidak perlu akses menuju lokasi	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Green
Arah datangnya air tidak penting	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green
Dasar tanah licin/tidak stabil	Green	Green	Red	Red	Green	Green	Red
Pengrusakan kecil tidak akan merusak sistem	Green	Green	Red	Red	Green	Red	Red
Gambar							

Criteria:

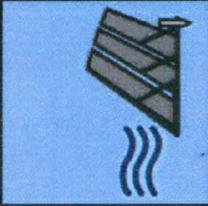
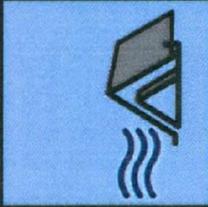
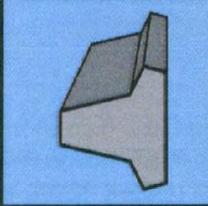
Memenuhi kriteria

Tidak memenuhi kriteria

Penjelasan kriteria

1. Ketinggian perlindungan > 0.5 m: sistem mampu memberi perlindungan dengan ketinggian lebih dari 0.5 meter.
2. Sedikit pekerja dibutuhkan : Kurang dari 10 pekerja dibutuhkan untuk membuat sistem sepanjang 100 meter dengan ketinggian 0.5 meter dalam waktu 1 jam
3. Tidak terdapatnya akses : baik sistem maupun materi pengisi memerlukan transpor menuju area banjir
4. Arah datangnya air tidak penting: sistem tetap akan stabil, walaupun tekanan air datang dari depan, belakang, maupun samping
5. Tanah licin/tidak stabil: Sistem tetap akan berjalan penuh walau keadaan dasar tanah licin/tidak stabil
6. Pengrusakan kecil tidak akan merusak sistem: sistem tetap akan berjalan penuh, walaupun mengalami kerusakan kecil oleh masyarakat (seperti tusukan pisau, maupun pemotongan sambungan)

Tabel kecocokan sistem dengan kriteria fungsi (2)

Jenis sistem Spesifikasi	Bendung isi pasir	fold-out membran plastik	bangunan pendukung ringan	bangunan pendukung berat	bendung plastik	bendung dinding beton
Ketinggian tahanan > 0.5m	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Kebutuhan pekerja sedikit	Green	Green	Green	Green	Green	Green
Tidak perlu akses menuju lokasi	Red	Green	Green	Red	Green	Red
Arah datangnya air tidak penting	Green	Red	Red	Red	Green	Green
Dasar tanah licin/tidak stabil	Red	Green	Green	Red	Red	Red
Pengrusakan kecil tidak akan merusak sistem	Green	Red	Red	Red	Red	Green
Gambar						

Criteria:

Memenuhi kriteria

Tidak memenuhi kriteria

Penjelasan kriteria

1. Ketinggian perlindungan > 0.5 m: sistem mampu memberi perlindungan dengan ketinggian lebih dari 0.5 meter.
2. Sedikit pekerja dibutuhkan : Kurang dari 10 pekerja dibutuhkan untuk membuat sistem sepanjang 100 meter dengan ketinggian 0.5 meter dalam waktu 1 jam
3. Tidak terdapatnya akses : baik sistem maupun materi pengisi memerlukan transpor menuju area banjir
4. Arah datangnya air tidak penting: sistem tetap akan stabil, walaupun tekanan air datang dari depan, belakang, maupun samping
5. Tanah licin/tidak stabil: Sistem tetap akan berjalan penuh walau keadaan dasar tanah licin/tidak stabil
6. Pengrusakan kecil tidak akan merusak sistem: sistem tetap akan berjalan penuh, walaupun mengalami kerusakan kecil oleh masyarakat (seperti tusukan pisau, maupun pemotongan sambungan)

Perhitungan sistem

Pengantar

Produsen pembuat sistem perlindungan dinamis sementara wajib membuktikan bahwa produk mereka mampu menghadapi beban baik dari aliran banjir maupun ancaman tambahan yang mungkin timbul dari keadaan sekitar. Produk harus memenuhi aturan yang dikeluarkan oleh pemerintah. Perlu diingat bahwa standar dan norma penggunaan harus dipenuhi guna memenuhi perhitungan di bawah ini.

Asumsi pembebanan

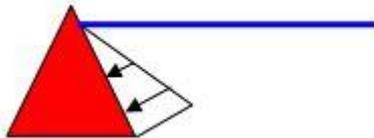
Efek hidrostatik

Rumus: $P_s = H \times \rho \times g$ [kN/m²]

Dapat digunakan untuk menghitung tekanan yang disebabkan oleh gaya hidrostatik.

Nilai dari ρ ialah sebagai berikut:

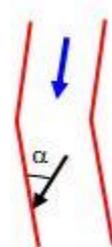
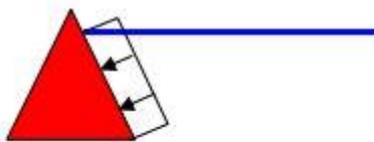
- Air danau: 1.0 ton/m³
- Air sungai: 1.1 ton/m³
- Aliran air banjir: 1.3 ton/m³



Efek Hidrodinamis

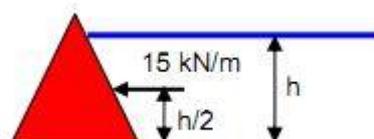
Rumus: $P_d = \rho \times (v \times \sin\alpha)^2$ [kN/m²]

Dapat digunakan untuk menghitung tekanan yang disebabkan oleh gaya hidrodinamis. Sudut α yang terbentuk ketika aliran menyentuh sistem wajib diperhitungkan.



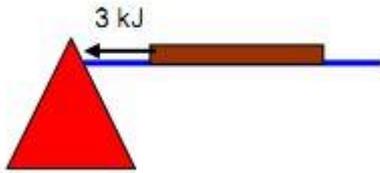
Tekanan Ombak

Tekanan ombak perlu diperhitungkan ketika sistem digunakan pada danau. Hal ini diperhitungkan dengan beban ekuivalen pada 15kN/m pada setengah ketinggian air. Gaya ini terjadi saat ketinggian ombak mencapai 40cm.



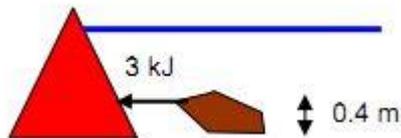
Tumbukan puing mengapung

Tumbukan oleh puing yang mengapung harus diperhitungkan berdasarkan perubahan energi kinetik efektif sebesar 3kJ pada ketinggian air maksimum. Hal ini sama seperti hantaman batang pohon seberat 1 ton (panjang 6m dengan diameter 0.5m) dengan kecepatan 2.5m/s. Jika puing ini menghantam sistem dengan sudut tertentu, gaya tumbukan dapat berkurang.



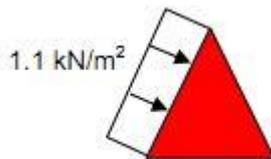
Tumbukan puing arus dalam

Jika batu maupun material keras lainnya menumbuk sistem pada bagian dasar, gaya tambahan yang disebabkan oleh benda ini harus diperhitungkan kepada tekanan hidrostatik dan hidrodinamis. Hal ini dihitung berdasarkan perubahan energi kinetik efektif sebesar 3kJ pada ketinggian 0.4m. Benda ini diasumsikan berdiameter 0.9m dengan kecepatan 2.5m/s. Jika puing ini menghantam sistem dengan sudut tertentu, gaya tumbukan dapat berkurang.



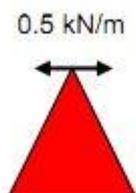
Gaya dorong angin

Pembuktian efek tekanan angin terhadap sistem selama ketiadaan air juga patut diperhitungkan. Tekanan angin dapat dihitung berdasarkan estimasi $1.2 \times 0.9 \text{ kN/m}^2 = 1.08 \text{ kN/m}^2$ (berdasar standar SIA 261 , mengenai efek tekanan pada struktur untuk info lebih lanjut).



Gaya dorong oleh manusia

Sebuah gaya yang disebarkan merata secara horisontal sebesar 0.5kN/m harus diperhitungkan menjadi tekanan maupun dorongan yang disebabkan oleh pejalan kaki maupun petugas pemeliharaan.



Jenis Perlakuan

Jenis perlakuan pada setiap sistem harus diklasifikasikan menjadi 2 tingkatan, berdasarkan pada kejadian darurat maupun terukur.

Perlakuan darurat:

Ketika sistem akan digunakan dengan ketinggian perlindungan 0.6m, produsen harus menyiapkan:

- Bukti ketahanan kapasitas sistem atas beban dibawah pengaruh gaya hidrostatis ditambah dengan gaya oleh tekanan angin
- Bukti ketahanan rubuh pada kondisi horisontal dan permukaan tanah miring. Produsen harus mampu menentukan sudut maksimal yang diizinkan sebagai dasar berdirinya sistem
- Bukti ketahanan geser pada kondisi permukaan horisontal dan permukaan tanah miring ketika keadaan tanah kering, basah, berlapis es maupun tertutup salju pada bebatuan dan rumput. Produsen harus menentukan sudut maksimal yang diizinkan sebagai dasar berdirinya sistem

Perlakuan terukur:

Ketika sistem akan digunakan pada kejadian terukur dengan ketinggian perlindungan 1.2m atau lebih, produsen harus mampu menunjukkan:

- Bukti ketahanan kapasitas sistem atas beban dibawah pengaruh gaya hidrostatis, gaya hidrodinamis, ketahanan tumbuk oleh puing mengapung, gaya akibat ombak, gaya oleh manusia ditambah dengan gaya oleh tekanan angin
- Bukti ketahanan rubuh pada kondisi horisontal dan permukaan tanah miring. Produsen harus mampu menentukan sudut maksimal yang diizinkan guna menghadapi berbagai gaya yang dijelaskan di atas
- Bukti ketahanan geser pada kondisi permukaan horisontal dan permukaan tanah miring ketika keadaan tanah kering, basah, berlapis es maupun tertutup salju pada bebatuan dan rumput. Produsen harus menentukan sudut maksimal yang diizinkan guna menghadapi berbagai gaya yang dijelaskan di atas
- Nilai ketahanan kapasitas sistem atas beban maksimal yang akan mengakibatkan kegagalan sistem.

Rekomendasi Aplikasi TURBOswiss pada Bencana Banjir di Indonesia

Berikut kami sertakan gambar beserta legenda dimana sistem perlindungan banjir sementara TURBOswiss dapat digunakan, sebelum datangnya bencana banjir. Foto diambil pada kejadian aktual Januari 2013.

Kampung Pulo – Jakarta Timur

Jenis perlindungan : Bendung linear sepanjang pinggiran sungai (skenario 4)



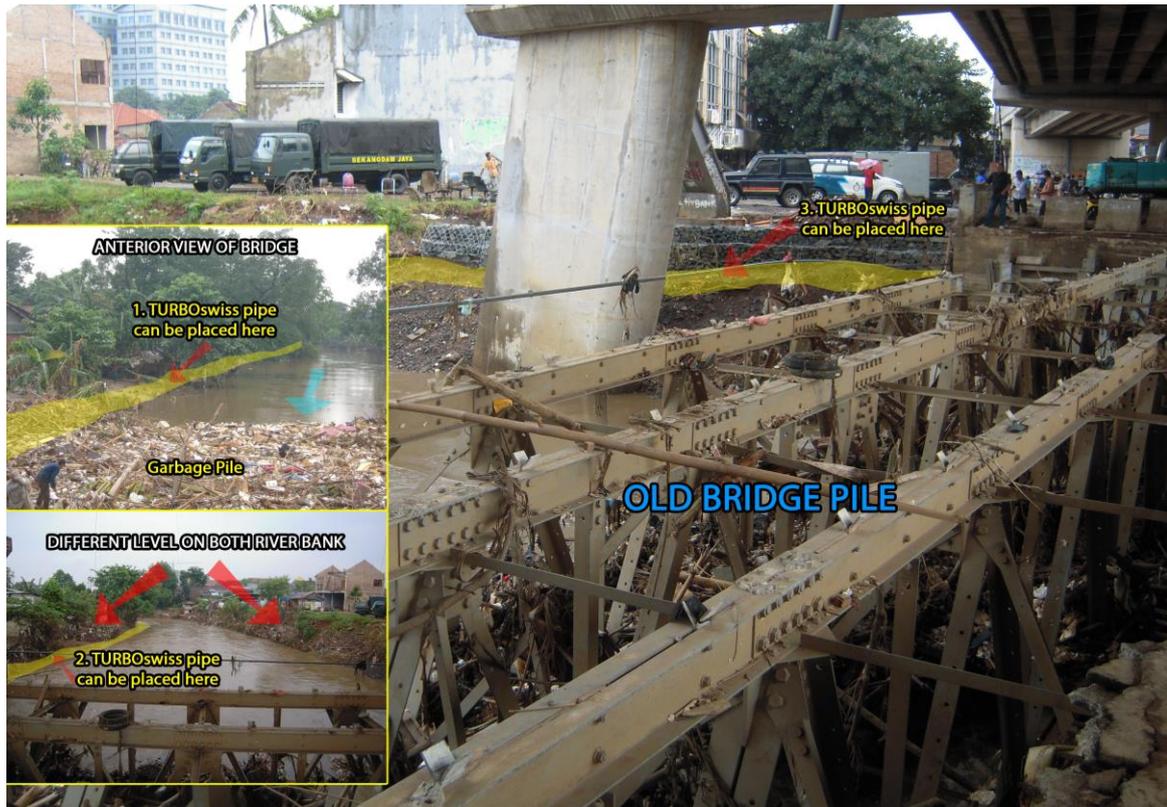
Latuharhary – Jakarta Pusat

Jenis perlindungan : Pengalihan jalur air, Bendung linear sepanjang pinggiran sungai, pencegahan aliran mengalir lebih jauh (skenario 1, 4 & 6)



Rawajati – Jakarta Selatan

Jenis perlindungan : Bendung linear sepanjang pinggiran sungai (skenario 4)



Grogol – Jakarta Barat

Jenis perlindungan : Bendung linear sepanjang pinggiran sungai (skenario 4)



UOB plaza, MH. Thamrin

Jenis perlindungan : Ring dam sekeliling gedung (skenario 2 – tanpa celah diantaranya)



Bundaran Hotel Indonesia



Dokumentasi Tambahan Produk



1. pipa dilentangkan

2. air mulai dipompakan ke dalam pipa

3. volume air sudah 3/4 pipa

4. pipa dalam tekanan optimal

Proses Penggembungan Pipa langsung dengan Air



1. Gambar inlet pada pipa



2. Selang sudah terhubung dengan pipa
(siap untuk pemompaan air)

Gambar detail sistem kunci storz (mudah dalam penggunaan dan anti bocor)

Perlakuan Pipa



Ring dam sekeliling bangunan pabrik (Rumania)



Ring dam sekeliling hutan mangrove



Uji Coba Lapangan (swiss)



Pertanyaan-pertanyaan seputar produk

Rangkaian pertanyaan di bawah ini dikeluarkan secara periodik oleh Asosiasi Asuransi Kebakaran dan Banjir (VKF) terhadap setiap produsen yang tertarik untuk membuat sistem perlindungan dinamis. Daftar jawaban dapat dilihat dan diunduh pada alamat www.vkf.ch

Pertanyaan tipe produk

1.1 Material

Material apa yang digunakan pada produk?

1.2 Jaminan

Jaminan apa yang ditawarkan dari material tersebut dan bagaimana performanya?

1.3 Ketahanan erosi

Apakah bahan tahan terhadap erosi oleh puing dalam? Jika iya, berapa lama?

1.4 Ketahanan ultraviolet

Berapa lama produk tahan terhadap sinar ultraviolet?

1.5 Ketahanan terhadap pencemaran (minyak, garam, feses)

Dapatkah produk tahan terhadap pencemaran?

1.6 Daur ulang

Bagian manakah dari produk yang dapat dibersihkan dan bagian mana yang harus didaur ulang?

1.7 Perbaikan

Bagian manakah dari produk yang dapat diperbaiki jika rusak dan bagian mana yang harus diganti?

1.8 Rentang suhu ideal

Pada rentang suhu berapa produk dapat digunakan?

1.9 Servis dan pemeliharaan

Bagaimana dan seberapa sering produk memerlukan servis? Apakah terdapat pemeliharaan berkala?

1.10 Penyimpanan

Bagaimana cara penyimpanan yang dibutuhkan? Apakah tempat penyimpanan perlu memenuhi beberapa kriteria kondisi iklim? Dapatkah produk ditumpuk? Apakah sarana penyimpanan produk turut diberikan ketika pembelian?

Pertanyaan mengenai stabilitas produk

2.1 Desain ukuran tinggi

Berapakah ketinggian minimal dan maksimal dari sistem?

2.2 Ketahanan kecepatan air

Berapakah kecepatan air yang dapat ditoleransi oleh sistem?

2.3 Ketahanan kapasitas sistem atas beban

Dapatkah produsen membuktikan bahwa produk benar-benar menghadapi besar beban sesuai spesifikasi?

2.4 Ketahanan rubuh

Berapakah sudut kemiringan maksimal dari tanah yang produsen tentukan terhadap produk sehingga masih dapat berfungsi dengan baik?

2.5 Ketahanan geser/slip

Pada kondisi tanah apakah dan sudut berapakah yang produsen tentukan terhadap produk sehingga tidak slip pada kondisi beban sesuai spesifikasi?

2.6 Pengapungan

Apakah terdapat pencegahan khusus yang diperlukan guna mencegah produk mengambang?

2.7 Kedap air (dengan permukaan tanah, antara sesama produk, terhadap tembok)

Kondisi tanah seperti apakah yang dibutuhkan agar produk kedap air? Bagaimana kondisi kedap air antar produk dapat tercapai? Seberapa baguskah kondisi kedap yang terjadi antara produk dengan tembok?

2.8 Mengatasi ketidakrataan tanah

Apakah batasan definisi tanah tidak rata?

2.9 Jari-jari kurva horisontal minimum

Berapakah radius terkecil yang dapat dibentuk oleh sistem?

2.10 Luber

Bagaimana reaksi sistem ketika ketinggian air berlebih?

2.11 Bukti uji lapangan

Apakah uji lapangan sudah pernah dilakukan terutama ketahanan kapasitas sistem atas beban statis?

Pertanyaan mengenai perlengkapan produk

3.1 Ruang penyimpanan

Seberapa besarkah ruangan penyimpanan yang dibutuhkan bagi sistem sepanjang 100m?

3.2 Transport

Transport apakah yang diperlukan? Seberapa beratkah setiap modul secara terpisah?

3.3 Pemasangan (peralatan khusus, waktu pasang, pemasangan di atas air)

Apakah terdapat alat khusus yang diperlukan saat pemasangan? Seberapa lamakah waktu yang dibutuhkan oleh 4 orang untuk memasang sistem sepanjang 100m dan ketinggian 0.5m? Berapakah kedalaman air maksimum sistem dapat masih digunakan?

3.4 Pembongkaran (waktu, perapian)

Berapa lamakah waktu yang diperlukan untuk membongkar sistem sepanjang 100m dan setinggi 0.5m oleh 4 orang? Bagaimanakah seharusnya produk dibersihkan?

Pertanyaan mengenai biaya produk

4.1 Biaya produk

Berapakah biaya yang dikeluarkan untuk 10m atau 100m atau 1000m untuk membangun sistem dengan ketinggian 0.5m?

4.2 Biaya untuk peralatan khusus

Berapakah biaya yang diperlukan untuk membeli peralatan khusus yang diperlukan?

4.3 Biaya pelatihan

Berapakah biaya yang dikeluarkan untuk melatih 20 orang?

Dokumentasi tambahan

5.1 Gambar teknik

Apakah terdapat gambar teknik tiap produk beserta dimensi riilnya?

5.2 Laporan uji coba

Apakah terdapat laporan uji coba yang telah dilakukan?

5.3 Dokumentasi tambahan

Apakah terdapat data-data penggunaan produk secara nyata?

Dokumentasi pelengkap

Sebuah daftar lengkap dan aktual mengenai produsen produk dan jawaban pertanyaan dari produk perlindungan banjir dapat dilihat pada website VKF:

www.vkf.ch

Brosur mengenai penggunaan terencana produk perlindungan banjir dinamis sementara telah dikeluarkan oleh Asosiasi Insinyur Hidrologi/Managemen Limbah Cair dan Properti Kultur (BWK). Leaflet ini "Sistem Perlindungan Banjir Dinamis", dapat diunduh dari BWK: www.bwk-bund.de