

MENGATASI MASALAH BANJIR SECARA STRUKTUR DAN NON STRUKTUR

Eva Rolia, S.T., M.T.

Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Muhammadiyah Metro

Email : roliaeva@yahoo.com

Abstrak: Secara Umum banjir disebabkan empat hal. *Pertama*, kegiatan manusia yang menyebabkan terjadinya perubahan tata ruang dan berdampak pada perubahan alam. *Kedua*, peristiwa alam seperti curah hujan sangat tinggi. *Ketiga*, degradasi lingkungan seperti hilangnya tumbuhan penutup tanah pada *catchment area*, sistem drainase baik kawasan perumahan dan jalan yang kurang baik, dan *keempat*, yang tidak kalah pentingnya adalah peran serta dan partisipasi masyarakat akan kepedulian terhadap lingkungannya. Proses alih fungsi lahan dari lahan pertanian atau hutan ke perumahan akan dapat menimbulkan dampak negatif, apabila tidak diikuti oleh upaya-upaya menyeimbangkan kembali fungsi lingkungan. Disisi lain dipicu oleh pengembangan fisik bangunan rumah yang terlalu pesat ke arah horisontal yang menyebabkan tidak adanya lagi area terbuka sebagai resapan air, sehingga air yang meresap ke dalam tanah menjadi kecil dan memperbesar volume aliran air permukaan.

Dari permasalahan banjir yang terjadi, maka kebijakan penanggulangan banjir yang bersifat fisik/struktur, harus diimbangi dengan langkah-langkah non-fisik/non-struktur, sehingga peran masyarakat dan *stakeholder* lainnya diberi tempat yang sesuai. Agar penanggulangan banjir lebih integratif dan efektif, diperlukan tidak hanya koordinasi di tingkat pelaksanaan, tetapi juga di tingkat perencanaan kebijakan, termasuk partisipasi masyarakat dan *stakeholder* lainnya. Atas pertimbangan tersebut, sebagai institusi yang ditugaskan mengkoordinasikan perencanaan pembangunan, Bappeda mengkaji kebijakan penanggulangan banjir yang komprehensif dan tidak bias sektor dan wilayah, dengan penekanan pada partisipasi masyarakat dalam penanggulangan banjir.

I. BANJIR

Banjir merupakan fenomena alam karena tingginya curah hujan dan tidak cukupnya kapasitas badan air (sungai ataupun saluran drainase) untuk menampung dan mengalirkan air (Prof. Dr. Ir. Indratmo S., 2008). Banjir belum menjadi masalah bila tidak menimbulkan kerugian bagi kehidupan manusia, tetapi bila sudah jatuh korban baik jiwa maupun harta maka harus segera diatasi. Banjir dapat diakibatkan oleh kejadian alam dan akibat aktivitas manusia.

Proses terjadinya banjir menurut Ir. Rubiyanto, Dipl. HE (Presentasi Penanggulangan Bencana, 2005) adalah kombinasi dari ketiga faktor di bawah ini, antara lain:

1. Kondisi alam: geografi, topografi, geometri alur sungai (kemiringan dasar, meandering, "bottle-neck", sedimentasi, ambal alam)
2. Peristiwa alam: curah hujan tinggi, pembendungan dari air laut pasang atau dari induk sungai, amblesan tanah, dan pendangkalan sungai.

3. Kegiatan manusia: pembudidayaan dataran banjir, tata ruang/peruntukan dataran banjir yg tdk sesuai, tata ruang/pengelolaan DAS, permukiman di bantaran sungai, pembangunan drainase, bangunan sungai/silang, sampah padat, prasarana pengendali banjir yang terbatas, amblesan permukaan tanah, persepsi masyarakat yang keliru terhadap banjir, kenaikan muka air laut akibat "global warming".

Agar banjir yang terjadi tidak mengakibatkan kerugian yang besar terhadap kehidupan manusia, maka banjir harus dikelola. Tantangan pengelolaan banjir saat ini menurut Prof. Dr. Indratmo Soekarno, adalah sebagai berikut ini:

1. Kehidupan yang aman:

- Pertumbuhan penduduk dan peningkatan kegiatan ekonomi merupakan ancaman serius terhadap tata sumber daya alam.
- Kegiatan ekonomi di daerah bantaran banjir, baik karena pertumbuhan penduduk maupun pembangunan infrastruktur telah meningkatkan resiko banjir.
- Di negara berkembang dimana sektor pertanian masih dominan, kestabilan dan ketersediaan pangan menjadi bagian utama dari keamanan kehidupan.
- Masyarakat yang lemah, yang sebagian besar menempati dataran banjir tidak dibebani lagi dengan kebijakan yang mengurangi kesempatan untuk kehidupan mereka.

2. Pendekatan model DAS, dimana Daerah Aliran Sungai adalah sistem yang dinamis dimana serangkaian interaksi antara tanah dan air terjadi. Interaksi ini melibatkan tidak hanya air dengan tanah namun juga dengan

nutrisi dan polutan yang ada didalamnya.

3. Aman Total Terhadap Banjir adalah Mitos.

4. Pendekatan Ekosistem dengan mengedepankan konsep konservasi dan pemanfaatan sumberdaya secara berkelanjutan:

- Penataan Tata Guna Lahan
- Pengelolaan Ekosistem Sungai

5. Iklim dan perubahannya

- Data menunjukkan adanya perubahan suhu dunia, ditandai dengan melelehnya es di kutub, melelehnya es di puncak Jaya Wijaya dan lain-lain.
- Ini dapat berarti akan terjadi peningkatan banjir musiman yang tentu saja akan mempengaruhi standar perencanaan. Peningkatan muka air laut karena peningkatan suhu global juga akan meningkatkan areal banjir di daerah pesisir dan secara perlahan akan berpengaruh ke hulunya

6. Perubahan dalam proses pengambilan keputusan. Keputusan yang semula hanya difokuskan pada efisiensi ekonomi, harus berubah menjadi multi dimensi untuk memecahkan beberapa hal, bahkan secara bersamaan memecahkan beberapa hal dalam yang mempunyai potensi posisi konflik.

7. Pengelolaan Resiko. Secara tradisional dapat dikatakan sangat kecil upaya untuk ini

II. DAMPAK SOSIAL BANJIR

Masalah sosial yang diakibatkan oleh banjir adalah merupakan salah satu faktor penting yang harus dipertimbangkan. Dampak lainnya antara lain gangguan kesehatan, trauma yang diakibatkan oleh banjir, dan kerusakan dari pelayanan-

pelayanan penting. Masalah-masalah sosial tersebut antara lain:

1. Gangguan transportasi, gangguan pelayanan public dan komersil, gangguan pasokan makanan, dan gangguan pelayanan masyarakat.
2. Kesehatan masyarakat dan kondisi tempat tinggal pada waktu evakuasi yang tidak memenuhi syarat kesehatan.
3. Kesiapan emergensi dalam penyediaan makanan dan sarana listrik, pelayanan kesehatan, dan transportasi
4. Ketidakpedulian dari kelompok-kelompok sosial
5. Kehilangan lapangan pekerjaan
6. Akomodasi temporer
7. Dampak dari relokasi ke tempat-tempat lain yang lebih aman
8. Aspek keamanan

III. KELEMBAGAAN PENGELOLAAN SUMBER DAYA AIR

Ivan Andjelkovic, dalam bukunya berjudul *Guidelines On Non-Structural Measure in Urban Flood Management*, yang diterbitkan oleh *International Hidrological Programme*, menjelaskan peran kelembagaan, baik itu pemerintah maupun pemerintah daerah dalam pengendalian banjir, sebagai berikut ini:

a. Peran Pemerintah

Adalah suatu hal yang umum apabila pemerintah pusat bersama-sama dengan pemerintah daerah bertanggung jawab penuh dalam penanggulangan bencana. Struktur organisasi yang dibutuhkan dalam management penanggulangan bencana adalah struktur organisasi pemerintah yang telah ada saat ini. Telah dibuktikan bahwa menciptakan pengaturan yang bersifat sementara (*ad hoc*) untuk penanggulangan bencana

adalah kurang efektif bila dibandingkan dengan suatu struktur organisasi yang telah disahkan oleh undang-undang yang seharusnya lebih berfungsi.

Salah satu peran pemerintah dalam membuat suatu kebijakan penanganan banjir adalah memberikan perhatian pada resiko yang mengancam kehidupan, kesehatan, dan asset di lokasi-lokasi banjir yang telah dan akan terjadi.

Pembuatan masterplan biasanya dibagi antara tingkatan pemerintah sesuai dengan tanggung jawabnya yang telah diatur oleh undang-undang. Pemerintah pusat pada umumnya mengembangkan suatu pedoman teknik, mengidentifikasi DAS-DAS yang harus dikaji, menyiapkan suatu model peraturan, memberikan bantuan teknis, dan memberikan bantuan pendanaan kepada pemerintah daerah.

Pemberian diseminasi informasi kepada masyarakat adalah suatu tugas penting pemerintah. Oleh karena banjir merupakan kejadian yang sangat mungkin untuk terjadi secara berulang-ulang, maka pemerintah memegang peranan penting dalam mengumpulkan informasi kejadian banjir.

Keragaman dalam mitigasi banjir tidak seharusnya menjadi hambatan pemerintah daerah dalam mengatur tindakan yang diperlukan dalam penanganan di berbagai institusi. Ada empat hal yang harus disiapkan dan selalu diperbaharui, antara lain:

1. Saluran drainasi banjir, rencana penanggulangan banjir dan pencemaran, yang berbasis pada wilayah sungai dan berwawasan lingkungan, ditujukan langsung untuk mengatur perkembangan masa yang akan datang atau penanggulangan bencana yang sedang terjadi.
2. Program pencegahan banjir, untuk menetapkan tindakan-tindakan yang diperlukan sebelum banjir terjadi,

bagaimana meningkatkan kesiagaan masyarakat, penguatan kelembagaan, kegiatan simulasi banjir, dll.

3. Perkiraan kejadian banjir, hal ini untuk menentukan respon dan tindakan-tindakan yang diperlukan sewaktu banjir terjadi, termasuk mobilisasi dan evakuasi korban, menyiapkan koordinasi penanggulangan, persiapan medis, dan penyediaan bahan makanan, dll.
4. Program penanggulangan banjir, hal ini untuk mengetahui tindakan-tindakan yang diperlukan oleh masyarakat setelah banjir terjadi, program ini antara lain: asuransi, bantuan keuangan, rehabilitasi, perlindungan kesehatan, ketenagakerjaan, dll.

b. Peran Pemerintah Daerah

Pengaturan kelembagaan dan tanggung jawab yang diemban oleh institusi dalam bidang sumber daya air di kota-kota di seluruh dunia biasanya terbagi-bagi. Institusi-institusi tersebut terbagi dalam institusi yang membidangi limbah perkotaan, institusi yang membidangi system drainasi dan pengendalian banjir, dan institusi yang membidangi drainase jalan. Mungkin terjadi overlap dalam kewenangan masing-masing institusi ini sehingga hal ini mengakibatkan konflik kepentingan antar institusi yang ada dalam suatu wilayah sungai. Koordinasi dalam pengendalian banjir harus diserahkan kepada satu institusi yang bertanggung jawab penuh secara administrasi dan penyediaan anggaran. Institusi ini harus mempunyai sumber daya yang mampu untuk menerbitkan suatu kebijakan mengenai pengendalian banjir struktural dan non-struktural. Manajemen pengendalian debit banjir, termasuk didalamnya pengaturan persetujuan suatu desain, harus merupakan tanggung jawab Dinas yang membidangi Pekerjaan Umum (Pengelolaan Sumber Daya Air).

c. Stakeholders dan Partisipasi Masyarakat Dalam Pengendalian Banjir

Stakeholder penanggulangan banjir secara umum dikelompokkan menjadi tiga, yaitu:

1. *Beneficiaries*, masyarakat yang mendapat manfaat/dampak secara langsung maupun tidak langsung;
2. *Intermediaries*, kelompok masyarakat atau perseorangan yang dapat memberi pertimbangan atau fasilitasi dalam penanggulangan banjir, antara lain: konsultan, pakar, LSM, dan profesional di bidang SDA.;
3. *Decision/ policy makers*, lembaga/institusi yang berwenang membuat keputusan dan landasan hukum, seperti lembaga pemerintahan dan dewan sumberdaya air.

Sejalan dengan tuntutan masyarakat akan keterbukaan dalam program-program pemerintah, maka akuntabilitas pemerintah dapat dinilai dari sejauh mana partisipasi masyarakat dan pihak terkait (*stakeholder*) dalam program pembangunan. Partisipasi masyarakat, mulai dari tahap kegiatan pembuatan konsep, konstruksi, operasional/pemeliharaan, serta evaluasi dan pengawasan.

Penentuan dan pemilahan *stakeholder* dilakukan dengan metode *Stakeholders Analysis* yang terdiri dari empat tahap yaitu:

1. Identifikasi *stakeholder*;
2. Penilaian ketertarikan *stakeholder* terhadap kegiatan penanggulangan banjir;
3. Penilaian tingkat pengaruh dan kepentingan setiap *stakeholder*;
4. Perumusan rencana strategi partisipasi *stakeholder* dalam penanggulangan banjir pada setiap fase kegiatan.

Semua proses dilakukan dengan mempromosikan kegiatan pembelajaran

dan peningkatan potensi masyarakat, agar secara aktif berpartisipasi, serta menyediakan kesempatan untuk ikut ambil bagian, dan memiliki kewenangan dalam proses pengambilan keputusan dan alokasi sumber daya dalam kegiatan penanggulangan banjir.

Tingkat partisipasi masyarakat dalam kegiatan penanggulangan banjir terdiri dari tujuh tingkat yang didasarkan pada mekanisme interaksinya, yaitu:

1. Penolakan (*resistance/opposition*);
2. Pertukaran informasi (*information-sharing*);
3. Konsultasi (*consultation with no commitment*);
4. Konsensus dan pengambilan kesepakatan bersama (*concensus building and agreement*);
5. Kolaborasi (*collaboration*);
6. Pemberdayaan dengan pembagian risiko (*empowerment-risk sharing*);
7. Pemberdayaan dan kemitraan (*empowerment and partnership*).

Jenis dan tingkat partisipasi masyarakat akan berbeda, tergantung pada jenis kebijakan atau kegiatan. Untuk memudahkan identifikasi jenis dan tingkat partisipasi masyarakat dalam kebijakan atau kegiatan, Bank Dunia memperkenalkan *social assessment* yang umumnya mengelompokkan empat jenis kebijakan atau kegiatan berdasarkan karakteristik hasil dan dampak sosialnya, yaitu:

1. *Indirect social benefits and direct social costs*;
2. *Significant uncertainty or risks*;
3. *Large number of beneficiaries and few social cost*; dan
4. *Targeted assistance*.

Indirect benefits, direct social cost, kebijakan atau kegiatan yang memberi manfaat tidak langsung kepada masyarakat, tetapi menimbulkan biaya sosial. Contohnya, antara lain

pembangunan infrastruktur, keanekaragaman hayati, *structural adjustment*, dan privatisasi.

Significant uncertainty or risk, kebijakan untuk menyelesaikan masalah yang bentuk penyelesaiannya belum jelas dan tidak cukup tersedia informasi serta komitmen dari kelompok sasaran. Contohnya, antara lain intervensi/pembangunan wilayah pasca konflik.

Large number of beneficiaries and few social cost, kebijakan atau kegiatan yang jumlah penerima manfaat atau dampaknya sangat besar, tetapi hanya sedikit menimbulkan biaya sosial. Contoh kegiatan ini antara lain pembangunan kesehatan, pendidikan, penyuluhan pertanian, dan desentralisasi.

Targeted assistance, kebijakan atau kegiatan yang kelompok dan jumlah penerima manfaat atau dampaknya telah terdefiniskan secara jelas. Contoh kegiatan ini antara lain penanggulangan kemiskinan di suatu wilayah, penanganan pengungsi, reformasi kelembagaan (*institutional reform*), dan korban bencana alam.

IV. PENGENDALIAN BANJIR

Pengendalian banjir merupakan upaya yang dilakukan untuk meminimalkan kerugian akibat banjir. Pada prinsipnya ada dua metode pengendalian banjir yaitu metode struktur dan metode non-struktur, yang dijelaskan sebagai berikut ini (Robert J. Kodoatie, Rustam Sjarief, 2005):

1. Metode Struktur

A. Bangunan Pengendali Banjir:

- Bendungan (Dam)
- Kolam retensi
- Pembuatan check dam (penangkap sedimen)
- Bangunan pengurangan kemiringan sungai
- Groundsill

- Retarding basin
 - Pembuatan polder
- B. Perbaikan dan Pengaturan Sistem Sungai:
- Sistem jaringan sungai
 - Pelebaran atau pengerukan sungai (normalisasi sungai)
 - Perlindungan tanggul
 - Tanggul banjir
 - Sudetan
 - Floodway

2. Metode non-struktur

- Pengelolaan Daerah Aliran Sungai (DAS)
- Pengaturan tata guna lahan
- *Law Enforcement*
- Pengendalian erosi di DAS
- Pengaturan dan pengembangan daerah banjir

A. Metode Struktur

1. Tanggul Sebagai Alternatif Pengendalian Banjir

Sosrodarsono dan Masateru (1985) menguraikan tanggul adalah salah satu bangunan yang paling utama dan paling penting dalam usaha melindungi kehidupan dan harta benda masyarakat terhadap genangan-genangan yang disebabkan oleh banjir dan badai.

Tanggul dibangun terutama dengan konstruksi urugan tanah, karena tanggul merupakan bangunan menerus yang sangat panjang serta membutuhkan bahan urugan yang volumenya sangat besar.

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

- a. Tanggul utama, bangunan tanggul sepanjang kiri kanan sungai guna menampung debit banjir rencana.
- b. Tanggul sekunder, tanggul yang dibangun sejajar tanggul utama yang berfungsi untuk pertahanan kedua,

andaikata terjadi kebobolan pada tanggul utama.

- c. Tanggul terbuka, tanggul yang dibangun tidak secara menerus atau terputus-putus untuk mengalirkan sebagian banjir melalui celah-celah tanggul.
- d. Tanggul pemisah, tanggul yang dibangun diantara dua buah sungai yang berdekatan, agar arus sungai pada muara kedua sungai tidak selalu mengganggu.
- e. Tanggul melingkar, tanggul yang dibangun untuk melindungi areal-areal yang luas dan penting.
- f. Tanggul sirip, tanggul yang dibangun secara melintang sungai untuk melindungi areal pertanian akibat debit banjir.
- g. Tanggul pengarah, tanggul yang dibangun sebagai pengarah arus di muara sungai untuk menjaga agar muara sungai tidak mudah berpindah – pindah.
- h. Tanggul keliling, tanggul yang dibangun di sebelah luar *retarding basin*.
- i. Penyadap banjir, yaitu tanggul sebagai penyadap sebagian aliran banjir, pada saat muka air banjir di sungai melampaui tinggi yang diperkirakan.
- j. Tanggul pasang, tanggul yang dibuat untuk disekeliling rawa atau danau yang dipengaruhi pasang surut air laut.

2. *Retarding Basin* sebagai Alternatif Pengendalian Banjir

Daerah depresi sangat diperlukan untuk menampung volume banjir yang datang dari arah hulu, untuk sementara waktu dan dilepaskan kembali pada waktu banjir surut. Kondisi lapangan berdasarkan survey, peta topografi dan foto udara sangat menentukan lokasi *retarding basin*. Umumnya *retarding basin* dibuat pada bagian hulu pada suatu wilayah sungai

(Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Daerah rawa yang akan digunakan sebagai daerah cekungan/depresi harus memperhatikan :

- a. Pemanfaatan *retarding basin/pond* untuk mengendalikan banjir dan bermanfaat efektif untuk daerah yang ada di bagian hilir.
- b. Daerah tersebut mempunyai potensi dan efektif untuk dijadikan kolam penampungan banjir sementara.
- c. Daerah tersebut mempunyai *head/energi* yang cukup (perbedaan muka air banjir antara di sungai dan muka air banjir di kolam).
- d. Daerah tersebut mempunyai area atau volume tampungan yang besar untuk banjir.

Adapun langkah-langkah pertimbangan teknis yang harus diperhatikan adalah :

a. **Pola hidrograf inflow-outflow banjir.** Dengan adanya kolam penampungan banjir sementara, maka sebagian banjir di sungai dialirkan ke kolam, sehingga akan merubah bentuk hidrograf banjir sebelum kolam dan sesudah kolam. Melalui *flood routing* dapat diketahui bentuk hidrograf banjir di sebelah hilir kolam (*outflow hydrograph*). Maka berdasarkan bentuk *inflow* dan *outflow* hidrograf dapat diketahui penurunan debit banjir puncak dan waktu perlambatan di sebelah hilirnya.

Pada waktu banjir di sungai besar, maka sebagian volume banjir masuk ke kolam. Pada waktu banjir di sungai surut, maka air di kolam kembali dilepas ke sungai.

b. **Daerah cekungan untuk kolam banjir sementara.** Untuk mengetahui area dan volume cekungan, perlu dilakukan pengukuran teristik untuk daerah yang tidak tergenang air dan dilakukan pengukuran sounding untuk daerah yang tergenang air. Melalui pemetaan dan pengukuran luas dan volume dapat

diperoleh grafik hubungan antara elevasi dan volume/area kolam.

Untuk mengetahui seberapa jauh pengaruh kolam pengendali banjir perlu dilakukan *flood routing*, sehingga diperoleh bentuk *outflow* hidrograf banjir di hilir kolam, dan penurunan debit banjir puncak serta perlambatan banjir di hilir kolam.

c. **Tanggul kolam penampungan banjir sementara.** Maksud dibangunnya kolam pengendali banjir adalah untuk melokalisir air banjir di kolam sehingga tidak menggenangi daerah peruntukan yang tidak diinginkan tergenang. Melalui peta topografi daerah kolam dapat ditentukan jalur tanggul yang diperlukan di sekeliling kolam. Syarat teknis tanggul seperti yang diuraikan pada sub-bab sebelumnya.

d. **Bangunan pintu pengatur banjir sementara.** Bangunan pintu dimaksudkan untuk mengatur debit banjir yang akan masuk dan keluar kolam.

Beberapa hal yang perlu diperhatikan adalah :

- Cara operasi, yaitu secara manual (tenaga manusia) dan secara otomatis (elektrik).
- Biaya operasi dan pemeliharaan. Secara umum untuk pintu yang dioperasikan secara manual memerlukan biaya operasi dan pemeliharaan yang lebih murah dibandingkan pintu otomatis. Maka pemilihan jenis pintu harus mempertimbangkan ketelitian pengaturan yang diperlukan.

3. Waduk sebagai Alternatif Pengendalian Banjir

Waduk pada umumnya dibangun untuk pengembangan sumber daya air sungai, dengan menampung air pada waktu musim hujan untuk memperbaiki kondisi aliran sungai terutama pada musim kemarau. Hal ini untuk mengantisipasi

kebutuhan air yang meningkat terutama pada musim kemarau. Disamping itu waduk biasanya dibangun untuk beberapa manfaat/*multipurpose* misalnya untuk irigasi, penyediaan air baku air minum, dan pembangkit listrik tenaga air (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Waduk yang mempunyai faktor tampungan, memiliki efek terhadap aliran air di hilir waduk. Dengan kata lain waduk dapat merubah pola *inflow-outflow* hidrograf. Perubahan *outflow* hidrograf di hilir waduk biasanya menguntungkan terhadap pengendalian banjir, dengan adanya debit banjir yang lebih kecil dan perlambatan waktu banjir.

Pengendalian banjir dengan waduk hanya dapat dilakukan pada bagian hulu. Yang perlu diperhatikan dalam pengendalian banjir dengan waduk adalah perlambatan waktu tiba banjir, penurunan debit banjir yang dilepas ke hilir dan rasio lokasi volume waduk untuk pengendalian banjir terhadap volume untuk pengembangan sumber daya air. Beberapa faktor yang diperhatikan dalam perencanaan waduk pengendali banjir adalah :

a. Fungsi waduk untuk pengendali banjir. Untuk mendapatkan manfaat yang lebih besar sebagai pengendali banjir, maka waduk didisain dengan pintu pengendali banjir, sehingga penurunan debit banjir di hilir waduk akan lebih besar

b. Alokasi volume untuk pengendalian banjir. Semakin besar alokasi volume untuk pengendali banjir, maka semakin besar penurunan *outflow* hidrograf banjir di hilir waduk. Namun terdapat konflik antara kebutuhan volume waduk untuk pengendali banjir dan untuk kepentingan yang lain, sehingga diperlukan analisis optimasi waduk untuk menentukan alokasi volume waduk untuk masing-masing kepentingan.

c. Biaya operasional dan pemeliharaan. Waduk memiliki dua tipe *spillway*, yaitu *spillway* dengan *crest* tetap dan dengan *crest* tidak tetap. Waduk yang mempunyai *spillway* dengan *crest* tidak tetap adalah *spillway* yang tidak dilengkapi dengan pintu pengendali banjir. Maka dengan pembuatan pintu pengendali banjir akan diperlukan biaya operasi dan pemeliharaan yang lebih besar. Namun pembengkakan biaya untuk operasional pintu akan memeperkecil biaya normalisasi dan pemeliharaan di bagian hilir waduk.

d. Pintu pengendali banjir. Berfungsi untuk mengatur debit yang akan dilepas dari waduk sehubungan dengan kepentingan pengendalian banjir. Yang perlu diperhatikan adalah dimensi pintu (lebar total pintu dan tinggi pintu) dan cara pengoperasian pintu.

e. Pola *inflow-outflow* hidrograf. Waduk multi purpose yang dimanfaatkan juga untuk pengendalian banjir, perlu analisis *inflow-outflow hydrograph*. Hal ini untuk mengetahui seberapa besar pengaruh waduk terhadap debit banjir di sebelah hilir waduk. Maka perlu dilakukan analisis penelusuran banjir (*flood routing*), untuk memperoleh *outflow* hidrograf banjir waduk.

f. Kondisi muka air waduk. Sehubungan dengan pengendalian banjir, muka air waduk berfluktuasi secara cepat. ini akan membahayakan stabilitas tubuh bendungan (talud bendungan), karena muka air tanah yang tinggi dalam tubuh bendungan tidak dapat mengikuti secara cepat muka air waduk. Tubuh bendungan perlu dilakukan analisis stabilitas terhadap longsor sehingga memerlukan proteksi tebing terhadap longsor (terutama lokal).

4. Pelebaran dan Pengerukan Sungai

Pelebaran atau pengerukan sungai untuk meningkatkan kapasitas angkut dari alur alami, atau memungkinkan elevasi air banjir lebih rendah daripada yang terjadi alami. sampai dengan kapasitas sungai bertambah sesuai dengan yang diinginkan. Setelah dilakukan pelebaran dan pengerukan sungai, potensi kembali ke kapasitas sungai semula sebelum dilakukan normalisasi cukup besar akibat sedimentasi dan morfologi sungai yang belum stabil, demikian pula kedalaman sungai yang dikeruk akan kembali ke kedalaman semula akibat besarnya sedimentasi (Robert J. Kodoatie, Rustam Sjarief, 2005).

B. Metode Non-Struktur

Pada masa lalu metode struktur lebih diutamakan dibandingkan dengan metode non-struktur. Namun pada saat ini banyak di negara maju mengubah pola pengendalian banjir dengan lebih dahulu mengutamakan metode non-struktur baru kemudian menggunakan metode struktur. Metode non-struktur harus dikedepankan lebih dahulu karena pengaruh perubahan tata guna lahan mengkontribusi debit puncak sungai bertambah menjadi 5 sampai 25 kali semula. Apabila perubahan tata guna lahan sudah bisa dipastikan sampai ke masa yang akan datang, maka dapat diketahui debit rencana yang pasti melalui sungai tersebut. Bilamana hal ini terjadi maka perbaikan sungai dengan metode struktur dapat dilakukan (Robert J. Kodoatie, Rustam Sjarief, 2005).

C. Pengendalian Banjir Terpadu

Pengendalian banjir terpadu ini memadukan upaya pengendalian banjir metode struktur dan non-struktur, yaitu dengan analisa teknis seperti analisa debit banjir, analisa hidrolis, dan analisa non

teknis seperti: analisa sosial & ekonomi, analisa penataan ruang, dan analisa kelembagaan sumber daya air.

Unsur-unsur dalam pengelolaan banjir terpadu (Prof. Dr. Ir. Indratmo Soekarno):

1. Mengelola sirkulasi air menyeluruh
2. Memadukan pengelolaan air dan lahan
3. Mengambil strategi yang terbaik
4. Meyakinkan pendekatan partisipasi
5. Mengambil pendekatan pengelolaan resiko secara terpadu

DAFTAR PUSTAKA

Anonim, Makalah Loka Karya Persoalan Kebijakan Air Di Indonesia

Anonim, 2008. *Program Unggulan & Antisipasi Banjir*. Balai Besar Wilayah Sungai.

Anonim, 2005. *Kebijakan Pengelolaan Sumber Daya Air di Indonesia*. Ditjen. Sumber Daya Air Departemen Pekerjaan Umum.

Anonim. *Kebijakan Penanggulangan Banjir di Indonesia*. Deputi Bidang Sarana dan Prasarana, Direktorat Pengairan dan Irigasi, Bappenas.

Diseminasi dan Sosialisasi Bidang PLP, 2007, Departemen Pekerjaan Umum

Indratmo Soekarno, 2006. *Pengelolaan Banjir Terpadu*, Presentasi Universitas Muhammadiyah Malang, 2006.

Internet, *Google.co.id*, 2008, Masalah-masalah berkenaan dengan banjir.

Ivan Andjelkovic 2001. **Guidelines On Non-Structural Measures In Urban Flood Management.** International Hydrological Programme, Technical Documents in Hydrology No. 50 UNESCO.

Kebijakan terpadu dalam rangka penanganan banjir Nasional, Menteri Pekerjaan Umum

Pasaribu, 1999. Sumur Resapan Air Mengurangi Genangan Banjir Dan Mengembalikan Persediaan Air. Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Vol.5 No.19 Th.V IKIP Medan, Medan.

PU Cipta Karya. 2003. Sumur Resapan Air. <http://www.pu.go.id/publik/ciptakarya/html/ind/resapan-htm>.

Robert J. Kodoatie, Ph.D., Roestam Sjarief, Ph.D., 2005. **Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu.**

Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, 2003. **Hidrologi Untuk Pengairan.**