

LAMPIRAN I
PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM
NOMOR 12/PRT/M/2014
TENTANG
PENYELENGGARAAN SISTEM DRAINASE
PERKOTAAN

TATA CARA PERENCANAAN
SISTEM DRAINASE PERKOTAAN

A. TATA CARA PENYUSUNAN RENCANA INDUK SISTEM DRAINASE
PERKOTAAN

1. DESKRIPSI

1.1. Konsep Pendekatan Pembangunan Drainase Perkotaan

1.1.1. Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan, kawasan industri/jasa dan fasilitas pendukungnya, yang selanjutnya mengubah lahan terbuka dan/atau lahan basah menjadi lahan terbangun. Perkembangan kawasan terbangun yang sangat pesat sering tidak terkendali dan tidak sesuai lagi dengan tata ruang maupun konsep pembangunan yang berkelanjutan, mengakibatkan banyak kawasan-kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara (*retarding pond*) dan bantaran sungai berubah menjadi tempat hunian penduduk.

Hal tersebut diatas membawa dampak pada rendahnya kemampuan drainase perkotaan dan kapasitas sarana serta prasarana pengendali banjir (sungai, kolam tampungan, pompa banjir, pintu pengatur) untuk mengeringkan kawasan terbangun dan mengalirkan air ke pembuangan akhirnya yaitu ke laut.

Masalah tersebut diatas memerlukan peningkatan pengelolaan diantaranya mencakup bagaimana merencanakan suatu sistem drainase perkotaan yang berkesinambungan yang terdiri dari pembuatan Rencana Induk, Studi Kelayakan dan Rencana Detail (*Rancangan teknik terinci*). Untuk itu diperlukan Pedoman Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan Yang Berwawasan Lingkungan.

1.1.2. Konsep Drainase Berwawasan Lingkungan

1) Drainase Pengatusan

Konsep drainase yang dulu dipakai di Indonesia (paradigma lama) adalah drainase pengatusannya itu mengataskan air kelebihan (utamanya air hujan) ke badan air terdekat. Air kelebihan secepatnya dialirkan ke saluran drainase, kemudian ke sungai dan akhirnya ke laut, sehingga tidak menimbulkan genangan atau banjir. Konsep pengatusan ini masih dipraktekkan masyarakat sampai sekarang. Pada setiap proyek drainase, dilakukan upaya untuk membuat alur-alur saluran pembuang dari titik genangan ke arah sungai dengan kemiringan yang cukup untuk membuang sesegera mungkin air genangan tersebut. Drainase pengatusan semacam ini adalah drainase yang lahir sebelum pola pikir komprehensif berkembang, dimana masalah genangan, banjir, kekeringan dan kerusakan lingkungan masih dipandang sebagai masalah lokal dan sektoral yang bisa diselesaikan secara lokal dan sektoral pula tanpa melihat kondisi sumber daya air dan lingkungan di hulu, tengah dan hilir secara komprehensif.

2) Drainase Ramah Lingkungan

Dengan perkembangan berfikir komprehensif serta didorong oleh semangatantisipasi perubahan iklim yang dewasa ini terjadi, maka diperlukan perubahan konsep drainase menuju ke drainase ramah lingkungan atau eko-drainase (paradigma baru). Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya untuk mengelola air kelebihan (air hujan) dengan berbagai metode diantaranya dengan menampung melalui bak tandon air untuk langsung bisa digunakan, menampung dalam tampungan buatan atau badan air alamiah, meresapkan dan mengalirkan ke sungai terdekat tanpa menambah beban pada sungai yang bersangkutan serta senantiasa memelihara sistem tersebut sehingga berdaya guna secara berkelanjutan.

Dengan konsep drainase ramah lingkungan tersebut, maka kelebihan air hujan tidak secepatnya dibuang ke sungai terdekat. Namun air hujan tersebut dapat disimpan di berbagai lokasi di wilayah yang bersangkutan dengan berbagai macam cara, sehingga dapat langsung dimanfaatkan atau dimanfaatkan pada musim berikutnya, dapat digunakan untuk mengisi/konservasi air tanah, dapat digunakan untuk meningkatkan kualitas ekosistem dan lingkungan, dan dapat digunakan sebagai sarana untuk mengurangi genangan dan banjir yang ada. Dengan drainase ramah

lingkungan, maka kemungkinan banjir/genangan di lokasi yang bersangkutan, banjir di hilir serta kekeringan di hulu dapat dikurangi. Hal ini karena sebagian besar kelebihan air hujan ditahan atau diresapkan baik bagian hulu, tengah maupun hilir. Demikian juga Longsor di bagian hulu akan berkurang karena fluktuasi lengas tanah tidak ekstrim dan perubahan iklim yang ada di daerah tengah dan hulu dan beberapa daerah hilir tidak terjadi dengan tersedianya air yang cukup, lengas tanah yang cukup maka flora dan fauna di daerah tersebut akan tumbuh lebih baik. Hal ini dapat mengurangi terjadinya perubahan iklim mikro maupun makro di wilayah yang bersangkutan.

3) Drainase Ramah Lingkungan dan Perubahan Iklim

Konsep drainase ramah lingkungan ini merupakan suatu konsep yang ke depan sangat diperlukan dan erat kaitannya dengan perubahan iklim. Perubahan iklim ditandai dengan kenaikan muka air laut, kenaikan temperatur udara, perubahan durasi dan intensitas hujan, perubahan arah angin dan perubahan kelembaban udara. Dampak perubahan iklim bisa diantisipasi dengan pembangunan drainase yang berwawasan lingkungan. Jadi dapat disimpulkan bahwa reformasi drainase yang diperlukan adalah membalikkan pola pikir masyarakat dan pengambil keputusan serta akademisi, bahwa apa yang dilakukan masyarakat, pemerintah termasuk para akademisi yang mengembangkan drainase pengatusan, justru sebenarnya bersifat destruktif, yaitu: meningkatkan banjir di hilir, kekeringan di hulu dan tengah dan penurunan muka air tanah serta dampak ikutan lainnya. Hal ini pada akhirnya justru akan meningkatkan perubahan iklim global.

Oleh karena itu perlu dikampanyekan drainase ramah lingkungan, yaitu drainase yang mengelola air kelebihan (air hujan) dengan cara ditampung untuk dipakai sebagai sumber air bersih, menjaga lengas tanah dan meningkatkan kualitas ekologi, diresapkan ke dalam tanah untuk meningkatkan cadangan air tanah, dialirkan atau diataskan untuk menghindari genangan serta dipelihara agar berdaya guna secara berkelanjutan.

Konsep drainase konvensional (paradigma lama) adalah upaya membuang atau mengalirkan air kelebihan secepatnya ke sungai terdekat. Dalam konsep drainase konvensional, seluruh air hujan yang jatuh di suatu wilayah, harus secepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya ke laut. Dampak dari konsep ini adalah kekeringan yang terjadi di mana-mana,

banjir, dan juga longsor. Dampak selanjutnya adalah kerusakan ekosistem, perubahan iklim mikro dan makro serta tanah longsor di berbagai tempat yang disebabkan oleh fluktuasi kandungan air tanah pada musim kering dan musim basah yang sangat tinggi.

Konsep drainase baru (paradigma baru) yang biasa disebut drainase ramah lingkungan atau eko-drainase atau drainase berwawasan lingkungan yang sekarang ini sedang menjadi konsep utama di dunia internasional dan merupakan implementasi pemahaman baru konsep eko-hidrolik dalam bidang drainase.

Drainase ramah lingkungan didefinisikan sebagai upaya mengelola air kelebihan dengan cara meresapkan sebanyak-banyaknya air ke dalam tanah secara alamiah atau mengalirkan air ke sungai dengan tanpa melampaui kapasitas sungai sebelumnya.

Dalam drainase ramah lingkungan, justru air kelebihan pada musim hujan harus dikelola sedemikian rupa sehingga tidak mengalir secepatnya ke sungai. Namun diusahakan meresap ke dalam tanah, guna meningkatkan kandungan air tanah untuk cadangan pada musim kemarau. Konsep ini sifatnya mutlak di daerah beriklim tropis dengan perbedaan musim hujan dan kemarau yang ekstrim seperti di Indonesia.

Ada beberapa metode drainase ramah lingkungan yang dapat dipakai di Indonesia, diantaranya adalah metode kolam konservasi, metode sumur resapan, metode *river side polder* dan metode pengembangan areal perlindungan air tanah (*ground water protection area*).

Metode kolam konservasi dilakukan dengan membuat kolam-kolam air baik di perkotaan, permukiman, pertanian atau perkebunan. Kolam konservasi ini dibuat untuk menampung air hujan terlebih dahulu, diresapkan dan sisanya dapat dialirkan ke sungai secara perlahan-lahan. Kolam konservasi dapat dibuat dengan memanfaatkan daerah dengan topografi rendah, daerah bekas galian pasir atau galian material lainnya, atau secara ekstra dibuat dengan menggali suatu areal atau bagian tertentu.

Metode sumur resapan merupakan metode praktis dengan cara membuat sumur-sumur untuk mengalirkan air hujan yang jatuh pada atap perumahan atau kawasan tertentu. Sumur resapan ini juga dapat dikembangkan pada areal olahraga dan wisata. Konstruksi dan kedalaman sumur resapan disesuaikan dengan kondisi lapisan tanah setempat. Perlu dicatat bahwa sumur resapan ini hanya dikhususkan untuk air hujan,

sehingga masyarakat harus mendapatkan pemahaman mendetail untuk tidak memasukkan air limbah rumah tangga ke sumur resapan tersebut.

Metode *river side polder* adalah metode menahan aliran air dengan mengelola/menahan air kelebihan (hujan) di sepanjang bantaran sungai. Pembuatan polder pinggir sungai ini dilakukan dengan memperlebar bantaran sungai di berbagai tempat secara selektif di sepanjang sungai.

Lokasi *polder* perlu dicari, sejauh mungkin *polder* yang dikembangkan mendekati kondisi alamiah, dalam arti bukan *polder* dengan pintu-pintu hidraulik teknis dan tanggul-tanggul lingkaran hidraulis yang mahal. Pada saat muka air naik (banjir), sebagian air akan mengalir ke *polder* dan akan keluar jika banjir reda, sehingga banjir di bagian hilir dapat dikurangi dan konservasi air terjaga.

Metode areal perlindungan air tanah dilakukan dengan cara menetapkan kawasan lindung untuk air tanah, dimana di kawasan tersebut tidak boleh dibangun bangunan apapun. Areal tersebut dikhususkan untuk meresapkan air hujan ke dalam tanah. Di berbagai kawasan perlu sesegara mungkin dicari tempat yang cocok secara geologi dan ekologi sebagai areal untuk recharge dan perlindungan air tanah sekaligus sebagai bagian penting dari komponen drainase kawasan.

4) Pemisahan Jaringan Drainase dan Jaringan Pengumpul Air Limbah

Sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 42 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sumber Daya Air dinyatakan bahwa jaringan drainase harus terpisah dengan pengumpul air limbah sehingga semua air limbah baik dari tempat cuci, dapur, kamar mandi dan kakus harus dibuang ke jaringan pengumpul air limbah. Masa peralihan dari kondisi tercampur yang sudah terjadi saat ini ke arah sistem terpisah perlu adanya penerapan bertahap sesuai dengan kondisi dan kemampuan daerah masing-masing. Tahapan penerapan sistem pemisahan dilakukan sesuai dengan kebijakan dan strategi sektor air limbah.

1.2. Pengertian

Yang dimaksud dengan:

1. Drainase adalah prasarana yang berfungsi mengalirkan kelebihan air dari suatu kawasan ke badan air penerima.
2. Drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan/atau merugikan masyarakat.

3. Sistem drainase perkotaan adalah satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan sarana drainase perkotaan.
4. Rencana induk sistem drainase perkotaan adalah perencanaan dasar drainase yang menyeluruh dan terarah pada suatu daerah perkotaan yang mencakup perencanaan jangka panjang, jangka menengah dan jangka pendek sesuai dengan Rencana Tata Ruang Kota.
5. Daerah genangan adalah kawasan yang tergenang air akibat tidak berfungsinya sistem drainase yang mengganggu dan/atau merugikan aktivitas masyarakat.
6. Daerah Pengaliran Saluran (DPSal) adalah daerah yang mengalirkan air hujan ke dalam saluran dan/atau badan air penerima lainnya.
7. Kala ulang adalah waktu hipotetik dimana probabilitas kejadian debit atau hujan dengan besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut.
8. Debit banjir rencana adalah debit maksimum dari suatu sistem drainase yang didasarkan kala ulang tertentu yang dipakai dalam perencanaan.
9. Saluran primer adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran sekunder dan menyalurkannya ke badan air penerima.
10. Saluran sekunder adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran tersier dan menyalurkannya ke saluran primer.
11. Saluran tersier adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran penangkap dan menyalurkannya ke saluran sekunder.
12. Kolam detensi adalah prasarana drainase yang berfungsi untuk menampung sementara air hujan di suatu wilayah.
13. Bangunan pelengkap adalah bangunan air yang melengkapi sistem drainase berupa gorong-gorong, bangunan pertemuan, bangunan terjunan, siphon, talang, tali air/*street inlet*, pompa dan pintu air.
14. Studi terkait adalah studi lain yang terkait dengan kegiatan studi drainase perkotaan, antara lain: RUTRK, studi persampahan, studi limbah dan studi transportasi.
15. Tinggi jagaan adalah ruang pengaman berupa ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran dan/atau muka tanah (pada saluran tanpa tanggul).
16. Waktu konsentrasi (t_c) adalah waktu yang diperlukan oleh titik air hujan yang jatuh terjauh pada permukaan tanah dalam Daerah Tangkapan Air ke saluran terdekat (t_o) dan ditambah waktu untuk mengalir sampai di suatu titik di saluran drainase yang ditinjau (t_d).

17. Hidrogaf satuan adalah hidrograf limpasan langsung yang terbentuk dari satu satuan hujan efektif dengan durasi curah hujan tertentu yang bersifat spesifik untuk suatu daerah tangkapan air tertentu.
18. Hujan efektif adalah curah hujan dikurangi infiltrasi dan evaporasi.
19. Aliran seragam (*uniform flow*) adalah aliran yang kedalaman airnya tidak berubah sepanjang saluran.
20. Aliran tidak seragam (*non uniform flow*) adalah aliran yang kedalaman airnya berubah di sepanjang saluran.
21. Normalisasi adalah kegiatan untuk memperbaiki saluran dan sarana drainase lainnya termasuk bangunan pelengkap sesuai dengan kriteria perencanaan.
22. Kota metropolitan adalah kota yang mempunyai penduduk lebih dari 1.000.000 jiwa.
23. Kota besar adalah kota yang mempunyai penduduk antara 500.000 jiwa - 1.000.000 jiwa.
24. Kota sedang adalah kota yang mempunyai penduduk antara 100.000 jiwa - 500.000 jiwa.
25. Kota kecil adalah kota yang mempunyai penduduk antara 20.000 jiwa - 100.000 jiwa.
26. Sistem drainase lokal adalah saluran awal yang melayani suatu kawasan kota tertentu seperti komplek, areal pasar, perkantoran, areal industri dan komersial. Pengelolaan sistem drainase lokal menjadi tanggung jawab masyarakat, pengembang atau instansi lainnya.
27. Sistem drainase utama adalah jaringan saluran drainase primer, sekunder, tersier beserta bangunan pelengkap yang melayani kepentingan sebagian besar masyarakat. pengelolaan/pengendalian banjir merupakan tugas dan tanggung jawab pemerintah kota.
28. Zona adalah daerah pelayanan satu aliran saluran drainase.
29. Analisis keuangan atau perhitungan sendiri bila yang berkepentingan langsung dalam benefit dan biaya-biaya proyek adalah individu atau pengusaha. Dalam hal ini yang dihitung sebagai benefit adalah apa yang diperoleh orang-orang atau badan-badan swasta yang menanamkan modalnya dalam proyek itu saja.
30. Analisis ekonomi atau perhitungan sosial bila yang berkepentingan langsung dalam benefit dan biaya proyek adalah pemerintah atau masyarakat secara keseluruhan. Dalam hal ini kita menghitung seluruh benefit yang terjadi dalam masyarakat sebagai hasil dari proyek dan

semua biaya yang terpakai untuk itu lepas dari siapa dalam masyarakat yang menikmati benefit dan siapa yang mengorbankan sumber-sumber tersebut.

31. Harga Berlaku (*current prices*):

- Biaya yang meliputi dampak inflasi.
- Harga yang betul-betul dikeluarkan untuk proyek pada masa lalu atau mendatang.
- Untuk dasar perhitungan analisa finansial.

32. Harga konstan (*constant price*):

- Tidak memperhitungkan dampak inflasi.
- Untuk dasar perhitungan analisis ekonomi.
- Penting dari komponen drainase kawasan.

2. KETENTUAN-KETENTUAN

2.1. Umum

Ketentuan-ketentuan umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

1) Rencana induk sistem drainase disusun dengan memperhatikan hal-hal sebagai berikut:

a. rencana pengelolaan sumber daya air

- Rencana induk sistem drainase merupakan bagian dari rencana pengelolaan sumber daya air. Perencanaan sistem drainase harus dilaksanakan secara terintegrasi dengan pengelolaan sumber daya air agar dalam memberikan pelayanan dapat memberikan daya guna yang optimal.

b. rencana umum tata ruang kota (RUTRK)

- Untuk arahan perencanaan induk sistem drainase di daerah perkotaan yang mencakup perencanaan jangka panjang, jangka menengah dan jangka pendek perlu memperhatikan Rencana Umum Tata Ruang Kota (RUTRK), dan dapat dilakukan peninjauan kembali Rencana Umum Tata Ruang Kota (RUTRK) untuk disesuaikan dengan keperluan dilapangan.

c. tipologi kota/wilayah

- Tipologi kota mempengaruhi beberapa aspek dalam sistem drainase perkotaan diantaranya yaitu luasan daerah tangkapan air dan besaran limpasan air yang terjadi. Pada umumnya kota metropolitan dan kota besar penduduknya padat dan daerah huniannya tidak mempunyai daerah resapan air, akibatnya limpasan hujan (*run off*)

akan menjadi lebih besar. Semakin besar kota maka akan semakin besar pula aktifitas perekonomiannya, apabila daerah itu aktifitasnya terhambat oleh adanya banjir/genangan, maka semakin besar pula kerugian ekonominya, oleh sebab itu kota metropolitan dan kota besar sebaiknya direncanakan mempunyai kejadian banjir/genangan dengan waktu kala ulang yang panjang.

d. konservasi air

- Perencanaan sistem drainase harus memperhatikan kelestarian lingkungan hidup perkotaan terkait dengan ketersediaan air tanah maupun air permukaan. Oleh karena itu perlu dilakukan upaya konservasi air agar ketersediaan air tanah dan air permukaan tetap terjaga.

e. kondisi lingkungan, sosial, ekonomi, dan kearifan lokal

- Partisipasi masyarakat yang berbasis pada kearifan lokal.

- 2) Pemerintah Daerah menyediakan alokasi ruang (*space*) untuk penempatan saluran drainase dan sarana drainase serta bangunan pelengkapya.
- 3) Daerah perkotaan/permukiman yang elevasi muka tanahnya selalu lebih rendah daripada elevasi muka air sungai atau laut dapat dibangun sistem polder.
- 4) Pembangunan sistem drainase harus berwawasan lingkungan.
- 5) Bangunan pelengkap yang dibangun pada saluran dan sarana drainase kapasitasnya minimal 10% lebih tinggi dari kapasitas rencana saluran dan sarana drainase.
- 6) Rencana induk sistem drainase perkotaan yang berwawasan lingkungan disahkan oleh instansi atau lembaga yang berwenang.

2.2. Teknis

2.2.1. Data dan Informasi

Data dan persyaratan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- 1) Data spasial adalah data dasar yang sangat dibutuhkan dalam perencanaan drainase perkotaan, yang diperoleh baik dari lapangan maupun dari pustaka, mencakup antara lain:
 - a) Data peta yang terdiri dari peta dasar (peta daerah kerja), peta sistem drainase dan sistem jaringan jalan yang ada, peta tata guna lahan, peta topografi masing-masing berskala antara 1 : 5.000 sampai dengan 1 : 25.000 atau disesuaikan dengan tipologi kota.

- b) Data kependudukan yang terdiri dari jumlah, kepadatan, laju pertumbuhan, penyebaran dan data kepadatan bangunan.
 - c) Data rencana pengembangan kota, data geoteknik, data foto udara terbaru (untuk kota metropolitan).
 - d) Rencana Tata Ruang wilayah (RTRW).
- 2) Data hidrologi
 - a) Data hujan minimal sepuluh tahun terakhir.
 - b) Data tinggi muka air, debit sungai, pengaruh air balik, peil banjir, dan data pasang surut.
- 3) Data sistem drainase yang ada, yaitu:
 - a) Data kuantitatif banjir/genangan yang meliputi: luas genangan, lama genangan, kedalaman rata-rata genangan, dan frekuensi genangan berikut permasalahannya serta hasil rencana induk pengendalian banjir wilayah sungai di daerah tersebut.
 - b) Data saluran dan bangunan pelengkap.
 - c) Data sarana drainase lainnya seperti kolam tandon, kolam resapan, sumur-sumur resapan.
- 4) Data Hidrolika
 - a) Data keadaan, fungsi, jenis, geometri dan dimensi saluran, dan bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pompa, dan pintu air, serta kolam tandon dan kolam resapan.
 - b) Data arah aliran dan kemampuan resapan.
- 5) Data teknik lainnya

Data prasarana dan fasilitas kota yang telah ada dan yang direncanakan antara lain: jaringan jalan kota, jaringan drainase, jaringan air limbah, TPS (Tempat Pengolahan Sampah Sementara), TPA (Tempat Pemrosesan Akhir), jaringan telepon, jaringan listrik, jaringan pipa air minum, jaringan gas (jika ada) dan jaringan utilitas lainnya.
- 6) Data non teknik

Data pembiayaan termasuk biaya OP, peraturan-peraturan terkait, data institusi/kelembagaan, data sosial ekonomi dan budaya (kearifan lokal), data peran serta masyarakat serta data keadaan kesehatan lingkungan permukiman.

2.2.2. Penentuan Debit Banjir Rencana

Hubungan antara probabilitas atau peluang dan resiko dari suatu debit banjir rencana, yang berkaitan dengan umur layan bangunan didasarkan pada rumus seperti berikut:

$$r = 1 - (1 - p)^{Ly}$$

$$p = 1/T$$

Keterangan:

T = kala ulang dalam Tahun

Ly = umur layan bangunan dalam Tahun

r = resiko terjadinya banjir

p = probabilitas

2.2.3. Kriteria Perencanaan Hidrologi

Kriteria perencanaan hidrologi adalah sebagai berikut:

1) Hujan Rencana:

- a. Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian rata-rata maksimum tahunan, dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun terakhir dari minimal 1(satu) stasiun pengamatan.
- b. Apabila dalam suatu wilayah administrasi kota terdapat lebih dari 1(satu) stasiun pengamatan, maka perhitungan rata-rata tinggi curah hujan harian maksimum tahunan dapat ditentukan dengan tiga metode yang umum digunakan, yaitu: (i) Metode Aritmatik, (ii) Metode Polygon Thiessen, dan (iii) Metode Ihsohyet. Pemilihan dari ketiga metode tersebut tergantung pada jumlah dan sebaran stasiun hujan yang ada, serta karakteristik DAS.
- c. Analisis frekuensi terhadap curah hujan, untuk menghitung hujan rencana dengan berbagai kala ulang (1, 2, 5, 10, 25, dan 50 tahun), dapat dilakukan dengan menggunakan metode Gumbel, log normal (LN), atau log Pearson tipe III (LN3).
- d. Untuk pengecekan data hujan, lazimnya digunakan metode kurva masa ganda atau analisis statistik untuk pengujian nilai rata-rata.
- e. Perhitungan intensitas hujan ditinjau dengan menggunakan metode Mononobe atau yang sesuai.

- 1) Rumus Intensitas curah hujan digunakan Persamaan Mononobe, yaitu:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Bila:

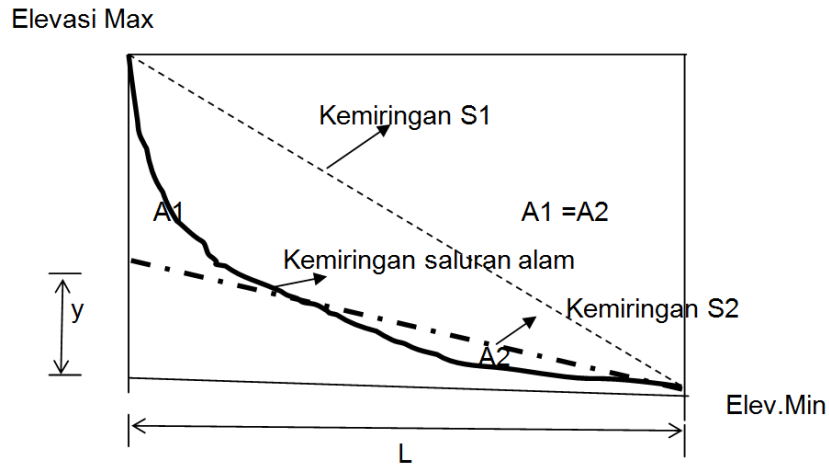
I = intensitas curah hujan dalam mm/jam.

R_{24} = curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang t tahun (mm).

t_c = waktu konsentrasi dalam jam.

2) Debit Banjir Rencana:

- a) Debit banjir rencana drainase perkotaan dihitung dengan metode rasional, metode rasional yang telah dimodifikasi, dan/atau *typical hydrograf for urban areas*, atau cara lain yang sesuai dengan karakteristik DPSal dan data yang tersedia.
- b) Koefisien limpasan (*run off*) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan.
- c) Waktu konsentrasi adalah jumlah waktu pengaliran di permukaan yang diperlukan air untuk mencapai debit maksimum dari titik saluran yang terjauh sampai titik yang ditinjau. Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus Kirpich atau lainnya.
- d) Saluran primer dalam kota yang mempunyai kemiringan dasar saluran yang berbeda-beda, maka perhitungan kemiringan ekuivalennya, *equivalent slope*, S_3 digunakan rumus *equivalent slope* S_3 , seperti dalam Gambar 1.
- e) Kemiringan dasar saluran (S) dikelompokkan menjadi tiga kelompok:
 - (1) Kelompok pertama adalah kemiringan saluran yang diperoleh dari elevasi dasar saluran yang paling tinggi (*maximum elevation*) dan dasar saluran yang paling rendah (*minimum elevation*) disebut kemiringan dasar saluran (*channel gradient*) S_1 .
 - (2) Kelompok kedua adalah kemiringan saluran di bagian atas ($A1$) sama dengan daerah di bagian bawah ($A2$), kemiringan tersebut disebut kemiringan konstan (*constant slope*) S_2 ; lihat Gambar 1.



Gambar 1. Kemiringan Dasar Saluran Ekuivalen

$$S2 = \frac{Y}{L}$$

- (3) Kelompok ketiga adalah kemiringan saluran yang diperoleh dari resultan kemiringan saluran dari masing-masing sub daerah pengaliran (*subreach length*), kemiringan dasar saluran ini disebut kemiringan dasar saluran ekuivalen (*equivalent slope*), S3, yang dinyatakan dengan persamaan matematik sebagai berikut:

$$S3 = \left[\frac{\sum_{i=1}^n Li}{\sum_{i=1}^n \left(\frac{Li}{Si^2} \right)} \right]^2$$

Bila :

S3 = kemiringan dasar saluran ekuivalen (*equivalent slope*).

Li = panjang saluran pada masing-masing sub-DPS/DPSal.

n = jumlah sub-DPS/DPSal

Si = kemiringan dasar saluran pada masing-masing sub-DPS/DPSal.

f) Kala ulang harus memenuhi ketentuan sebagai berikut:

- (1) Kala ulang yang dipakai berdasarkan luas daerah pengaliran saluran dan jenis kota yang akan direncanakan sistem drainasenya, seperti terlihat dalam Tabel 1.
- (2) Untuk bangunan pelengkap dipakai kala ulang yang sama dengan sistem saluran di mana bangunan pelengkap ini berada ditambah 10% debit saluran.

- (3) Perhitungan curah hujan berdasarkan data hidrologi minimal 10 tahun terakhir (mengacu pada tata cara analisis curah hujan drainase perkotaan).

Tabel 1

Kala Ulang Berdasarkan Tipologi Kota

TIPOLOGI KOTA	DAERAH TANGKAPAN AIR (Ha)			
	< 10	10 – 100	101 – 500	> 500
Kota Metropolitan	2 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th	10 – 25 Th
Kota Besar	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 20 Th
Kota Sedang	2 Th	2 – 5 Th	2 – 5 Th	5 – 10 Th
Kota Kecil	2 Th	2 Th	2 Th	2 – 5 Th

- g) Menyusun IDF Curve drainase perkotaan untuk kota yang bersangkutan untuk kala ulang 2, 5, 10, dan 20 tahun.
- h) Daerah Pengaliran Saluran (DPSal) yang mempunyai sub-DPSal, dan setiap sub-DPSal mempunyai koefisien limpasan yang berbeda-beda, maka perhitungan koefisien limpasan ekuivalen (C_{eq}) menggunakan rumus koefisien limpasan ekuivalen (C_{eq}).

2.2.4. Kriteria Perencanaan Hidrolika

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut:

- 1) Bentuk saluran drainase umumnya: trapesium, segi empat, bulat, setengah lingkaran, dan segitiga atau kombinasi dari masing-masing bentuk tersebut.
- 2) Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan rumus Chezy, Manning atau Strickler.
- 3) Apabila di dalam satu penampang saluran existing terdapat nilai kekasaran dinding atau koefisien Manning yang berbeda satu dengan lainnya, maka dicari nilai kekasaran ekuivalen (n_{eq}).
- 4) Aliran kritis, sub-kritis dan super-kritis dinyatakan dengan bilangan Froude. Aliran kritis apabila Froude number, $Fr=1$; aliran sub-kritis apabila Froude number, $Fr<1$ dan aliran super kritis apabila Froude number, $Fr>1$.

2.2.5. Kriteria Perencanaan Struktur

Perlu diperhatikan bahwa dinding penahan tanah pasangan batu hanya dapat digunakan untuk ketinggian yang tidak terlalu besar (<5 m). Untuk dinding penahan tanah dari beton bertulang tidak ada batasnya.

1) Teori Dasar

Dinding penahan tanah gravitasi umumnya dibuat dari pasangan batu. Perencanaan dinding penahan dilakukan dengan metode “coba-coba/ *trial and error*” untuk memperoleh ukuran yang paling ekonomis. Prosedur perencanaan dilakukan berdasarkan analisis terhadap gaya-gaya yang bekerja pada penahan tanah tersebut. Dinding juga harus direncanakan sedemikian rupa, sehingga tidak ada tegangan tarik pada tiap titik pada dinding untuk setiap kondisi pembebanan.

Tiap-tiap potongan dinding *horizontal* akan menerima gaya-gaya antara lain sebagai berikut:

- Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah.
- Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah.
- Gaya akibat tekanan tanah aktif.
- Gaya akibat tekanan tanah pasif.

2) Analisis Yang Diperlukan

Pada perencanaan dinding penahan tanah, beberapa analisis yang harus dilakukan adalah:

- Analisis kestabilan terhadap guling.
- Analisis ketahanan terhadap geser.
- Analisis kapasitas daya dukung tanah pada dasar dinding penahan.

2.2.6. Kriteria Biaya Konstruksi Dan Pemeliharaan

Kriteria biaya konstruksi dan pemeliharaan meliputi:

1) Biaya konstruksi

- Investasi biaya pembangunan saluran drainase dan bangunan pelengkap sesuai dengan kebutuhan dan kemampuan pemerintah.
- Harga satuan pekerjaan termasuk harga satuan upah sesuai dengan ketentuan yang berlaku dari Pemerintah Daerah Setempat.
- Prioritas pembangunan sesuai dengan skala prioritas yang ditetapkan dalam *master plan drainase*.

2) Biaya pemeliharaan

- Pembersihan saluran dan perawatan bangunan pelengkap secara berkala sesuai dengan peraturan pemeliharaan yang berlaku.
- Pemeliharaan saluran drainase dengan cara penggelontoran diperhitungkan sejak tahap awal perencanaan, dan debit minimum untuk penggelontoran diusahakan dari saluran yang ada di dalam atau di dekat perkotaan.

- Pemerintah Daerah setempat membuat peraturan garis sempadan saluran yang batasnya ditetapkan sesuai dengan macam saluran.
- Saluran drainase perkotaan dilengkapi dengan jalan inspeksi yang berfungsi ganda, yaitu di samping berfungsi sebagai jalan inspeksi untuk pemeliharaan dapat pula berfungsi sebagai jalan akses, jalan lokal, jalan kolektor atau jalan arteri yang merupakan bagian dari jaringan jalan dalam kota.
- Saluran drainase di kota metropolitan atau kota besar sebaiknya diberi lapisan pasangan batu kali atau beton tulang untuk menghindari penyerobotan tanah akibat urbanisasi dan juga untuk menghindari longsor akibat tekanan kendaraan dan lainnya.

2.2.7. Kriteria Ekonomi

Investasi yang digunakan untuk pembangunan jaringan drainase dan bangunan pelengkapanya dimaksudkan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat, termasuk meningkatkan kesehatan masyarakat. Manfaat investasi pada sektor ini tidak secara langsung dapat diukur dengan uang, tapi dapat dirasakan langsung oleh masyarakat, antara lain kesehatan, tidak mengganggu arus lalu lintas dan kegiatan masyarakat tidak terganggu.

Kriteria ekonomi meliputi antara lain hal-hal sebagai berikut:

- 1) Macam-macam kriteria investasi (*Investment criteria*) yang ada kaitannya dengan dokumen ini adalah :
 - *Net Present Value dari arus benefit dan biaya (NPV).*
 - *Internal Rate of Return (IRR).*
 - *Net Benefit-Cost Ratio (Net B/C).*
- 2) Benefit dan biaya proyek:
 - Analisa privat/analisa finansial, untuk menghitung benefit dan biaya dipergunakan harga pasar.
 - Analisa sosial/analisa ekonomi untuk menghitung benefit dan biaya dipergunakan *shadow prices*.
 - Sebagai patokan dalam analisa sosial/analisa ekonomi ialah apa saja yang menambah barang konsumsi atau yang secara langsung atau tidak langsung menambah barang-barang konsumsi sehubungan dengan proyek, digolongkan sebagai benefit. Sebaliknya apa saja yang mengurangi persediaan barang-barang konsumsi baik secara langsung maupun tidak langsung sehubungan dengan proyek digolongkan sebagai biaya proyek.

- 3) Harga Berlaku (*current prices*):
 - Biaya yang meliputi dampak inflasi.
 - Harga yang benar-benar dikeluarkan untuk proyek pada masa lalu atau mendatang.
 - Untuk dasar perhitungan analisa finansial.
- 4) Harga konstan (*constant prices*):
 - Tidak memperhitungkan dampak inflasi.
 - Untuk dasar perhitungan analisis ekonomi.
- 5) *Benefit tangible* dapat diukur dengan uang: kenaikan produksi, penurunan biaya transport dan sebagainya.
- 6) *Benefit intangible* tidak dapat dinilai dengan uang: kenaikan gizi, perasaan aman terhadap banjir, ada jaminan pendapatan dan sebagainya.

2.2.8. Parameter Penentuan Prioritas Penanganan Genangan

Parameter penentuan prioritas penanganan meliputi hal sebagai berikut:

- 1) Parameter genangan, meliputi tinggi genangan, luas genangan, frekuensi genangan dalam satu tahun dan lama genangan terjadi. Kriteria parameter genangan seperti dalam Tabel 2.
- 2) Parameter ekonomi, dihitung perkiraan kerugian atas fasilitas ekonomi yang ada, seperti: kawasan industri, fasum, fasos, perkantoran, perumahan, daerah pertanian dan pertambangan.
Kriteria kerugian/kerusakan ekonomi seperti dalam Tabel 3.
- 3) Parameter gangguan sosial dan fasilitas pemerintah, seperti: kesehatan masyarakat, keresahan sosial dan kerusakan lingkungan dan kerusakan fasilitas pemerintah.
Kriteria gangguan sosial dan fasilitas pemerintah seperti dalam Tabel 4.
- 4) Parameter kerugian dan gangguan transportasi. Kriteria kerugian dan gangguan transportasi seperti dalam Tabel 5.
- 5) Parameter kerugian pada daerah perumahan, kriterianya seperti dalam Tabel 6.
- 6) Parameter kerugian hak milik pribadi/rumah tangga, kriterianya seperti dalam Tabel 7.

Tabel 2
Kriteria Parameter Genangan

No.	Parameter Genangan	Nilai	Persentase Nilai
1	Tinggi genangan: > 0,50 m - 0,30 m - 0,50 m - 0,20 m - < 0,30 m - 0,10 m - < 0,20 m - < 0,10 m	35	100 75 50 25 0
2	Luas genangan - > 8 ha - 4 – 8 ha - 2 - < 4 ha - 1 - < 2ha - < 1ha	25	100 75 50 25 0
3	Lamanya genangan > 8 jam 4 – 8 jam 2 - <4 jam 1 – 2 jam < 1 jam	20	100 75 50 25 0
4	Frekuensi genangan Sangat sering (10 kali/tahun) Sering (6 kali/tahun) Kurang sering (3 kali/tahun) Jarang (1 kali/tahun) Tidak pernah	20	100 75 50 25 0

Tabel 3
Kriteria Kerugian Ekonomi

No.	Parameter	Pengaruh/Kerugian	Nilai
1	jika genangan air/banjir terjadi pada daerah industri, daerah komersial dan daerah perkantoran padat	Tinggi	100
2	jika genangan air/banjir terjadi di daerah industri dan daerah komersial yang kurang padat	Sedang	65
3	jika genangan air/banjir mempengaruhi atau terjadi di daerah perumahan dan/atau daerah pertanian (dalam daerah perkotaan yang terbatas)	Kecil	30
4	jika terjadi genangan pada daerah yang jarang penduduknya dan daerah yang tidak produktif	Sangat Kecil	0

Tabel 4

Kriteria Gangguan Sosial dan Fasilitas Pemerintah

No.	Parameter	Pengaruh/Kerugian	Nilai
1	jika genangan air/banjir terjadi pada daerah yang banyak pelayanan fasilitas sosial dan fasilitas pemerintah	Tinggi	100
2	jika genangan air/banjir terjadi di daerah yang sedikit pelayanan fasilitas sosial dan fasilitas pemerintah	Sedang	65
3	jika genangan air/banjir mempengaruhi atau terjadi di daerah yang pelayanan fasilitas sosial dan fasilitas pemerintah terbatas	Kecil	30
4	jika tidak ada fasilitas sosial dan fasilitas pemerintah	Sangat kecil	0

Tabel 5

Kriteria Kerugian dan Gangguan Transportasi

No.	Parameter	Pengaruh/Kerugian	Nilai
1	jika genangan air/banjir terjadi pada daerah yang jaringan transportasinya padat	Tinggi	100
2	jika genangan air/banjir terjadi di daerah yang jaringan transportasinya kurang padat	Sedang	65
3	jika genangan air/banjir mempengaruhi atau terjadi di daerah yang yang jaringan transportasinya terbatas	Kecil	30
4	jika tidak ada jaringan jalan	Sangat kecil	0

Tabel 6

Kriteria Kerugian Pada Daerah Perumahan

No.	Parameter	Pengaruh/Kerugian	Nilai
1	jika genangan air/banjir terjadi pada perumahan padat sekali	Tinggi	100
2	jika genangan air/banjir terjadi pada perumahan yang kurang padat	Sedang	65
3	jika genangan air/banjir mempengaruhi atau terjadi di daerah yang hanya pada beberapa bangunan perumahan	Kecil	30
4	jika ada perumahan pada daerah genangan air/banjir	Sangat kecil	0

Tabel 7
Kriteria Kerugian Hak Milik Pribadi

No.	Parameter	Pengaruh/Kerugian	Nilai
1	jika kerugian lebih dari 80% nilai milik pribadi	Tinggi	100
2	jika kerugian 80% dari nilai milik pribadi	Sedang	65
3	jika kerugian kurang dari 40% milik pribadi	Kecil	30
4	tidak ada kerugian milik pribadi	Sangat kecil	0

Jumlah nilai dari keenam kriteria tersebut di atas berkisar antara 0 s/d 600. Nilai tertinggi merupakan kawasan dengan prioritas utama, makin rendah nilainya makin rendah pula prioritasnya.

2.2.9. Tahapan Perencanaan Drainase Perkotaan

Tahapan perencanaan drainase perkotaan meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1) Penyusunan Rencana Induk.
- 2) Studi kelayakan.
- 3) Perencanaan Teknik Terinci/ *Detail Design*.

1) Penyusunan Rencana Induk

Tahapan Penyusunan Rencana Induk meliputi:

- (1). Topografi, mengumpulkan data hidrologi, misalnya foto udara skala 1:25.000, peta topografi skala 1:10.000 s/d 50.000.
- (2). Hidrologi, mengumpulkan data lapangan mengenai banjir, genangan air. Mengunjungi dan memeriksa tempat-tempat pengukuran debit banjir dan curah hujan. Menganalisis frekuensi banjir, memperkirakan sedimen, limpasan air hujan dan erosi.
- (3). Hidrolika, mengasumsi dasar hidrolika secara umum, misalnya rencana dimensi saluran, kapasitas *existing* saluran dan dimensi bangunan pelengkap.
- (4). Geoteknik dan Mekanika Tanah, mempelajari peta geologi regional. Memperkirakan parameter perencanaan geoteknik, menilai awal kesediaan bahan bangunan.
- (5). Perekayasa, membuat garis besar perencanaan dengan sketsa tata letak & uraian pekerjaan skala 1:25.000 dan memperkirakan stabilitas kasar bangunan pelengkap.

- (6). Aspek Multisektor, sinergi dengan tata ruang dan tata guna lahan, sinergi dengan rencana induk kota, sinergi dengan kebijakan Pemda dan mengendalikan dampak lingkungan.
- (7). Produk Akhir, gambar dasar (*basic design*), isi laporan rencana induk, arah trase saluran, lokasi alternatif bangunan pelengkap, modul drainase kasar, luas daerah tergenang dan daerah dikeringkan, program pelaksanaan, skala prioritas, perkiraan biaya, prakelayakan untuk sosial, ekonomi dan teknis.
- (8). Tingkat Ketelitian untuk teknis 60% dan ekonomi 70%.

2) Studi kelayakan

Tahapan Studi kelayakan meliputi:

- (1). Topografi, mengumpulkan data hidrologi, misalnya foto udara skala 1:10.000, atau peta topografi skala 1:5.000, peta lokasi bangunan utama atau bangunan besar.
- (2). Hidrologi, mengumpulkan data lapangan mengenai banjir, genangan air. Mengunjungi dan memeriksa tempat-tempat pengukuran debit banjir dan curah hujan. Menganalisis frekuensi banjir, memperkirakan sedimen, limpasan air hujan dan erosi.
- (3). Hidrolika, menganalisis hidrolika saluran pendahuluan, menganalisis hidrolika bangunan pendahuluan.
- (4). Geoteknik dan Mekanika Tanah, menyelidiki untuk lokasi bangunan pelengkap dengan pemboran, mengambil contoh tanah pada beberapa tempat sebagai sampel sepanjang trase saluran dan lokasi bangunan dan menyelidiki bahan bangunan yang akan digunakan, lokasi, kualitas pekerjaan dan volumenya. Melakukan uji lab contoh tanah terpilih untuk mengetahui sifat tanah.
- (5). Perencanaan, membuat rencana pendahuluan tata letak saluran dan bangunan, tipe bangunan pelengkap dan perencanaannya, menganalisis stabilitas pendahuluan bangunan pelengkap dan menganalisis pendahuluan kapasitas saluran, bangunan pelengkap. Mengecek trase saluran & elevasi saluran setiap 500 m, melakukan rincian volume pekerjaan dan biaya pendahuluan.
- (6). Aspek Multisektor, sinergi dengan tata ruang dan tata guna lahan, sinergi dengan rencana induk kota, sinergi dengan kebijakan Pemda, dan mengendalikan dampak lingkungan serta mengidentifikasi komponen drainase perkotaan dengan sektor lainnya.

- (7). Produk Akhir, perencanaan pendahuluan (*preliminary design*), modul drainase detail, mengecek ulang daerah tergenang dan daerah yang akan dikeringkan, tata letak pendahuluan saluran dan bangunan pelengkap skala 1:25.000 dan 1:5000, gambar dari tipe bangunan pelengkap, rincian volume biaya (BOQ), kelayakan dari sosial, ekonomi, teknis, BCR, IRR, NPV dan laporan Amdal.
- (8). Tingkat Ketelitian untuk teknis 75% dan ekonomi 90%.

3) Perencanaan Teknik terinci/ *Detail Design*

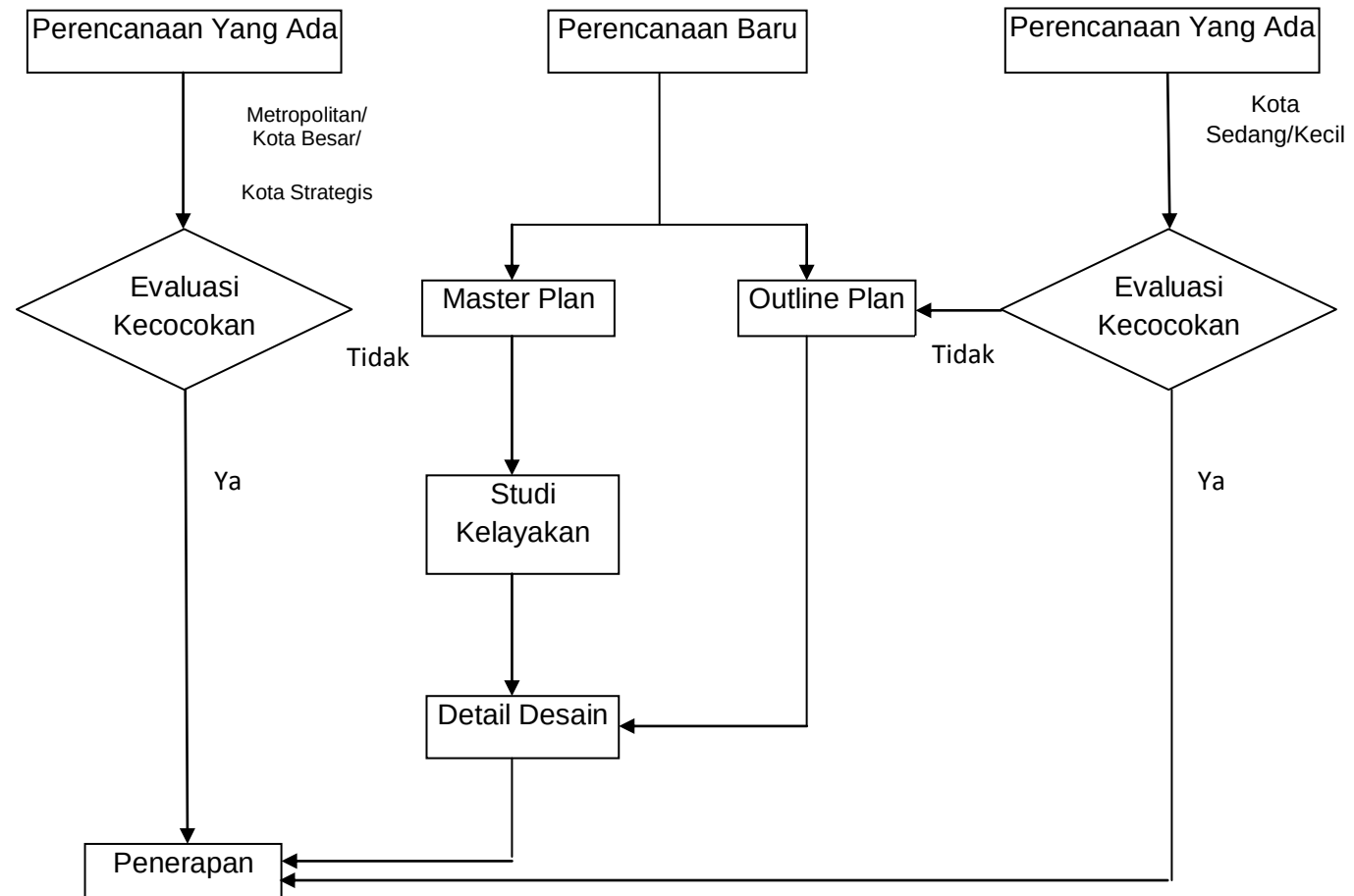
Tahapan Perencanaan Teknik terinci/ *Detail Design* meliputi:

- (1) Topografi, mengumpulkan peta topografi skala 1:2000, peta penampang memanjang dan melintang skala 1:100 s/d 1:200.
- (2) Hidrologi, perhitungan akhir untuk laporan perencanaan, menganalisa debit banjir setiap ruas saluran.
- (3) Hidrolika, menganalisa detail hidrolika final, menganalisa stabilitas saluran dan menganalisa bangunan pelengkap secara detail.
- (4) Geoteknik dan Mekanika Tanah, penyelidikan geoteknik detail dengan pemboran untuk bangunan pelengkap, perhitungan parameter perencanaan geoteknik, perhitungan akhir untuk laporan perencanaan.
- (5) Perekayasa: model tes untuk bangunan pelengkap, jika perlu; tinjau dan modifikasi perencanaan pendahuluan menjadi perencanaan detail; analisa detail stabilitas, geser, guling, ambblas, erosi buluh; perencanaan detail saluran dan setiap bangunan pelengkap; rincian volume pekerjaan dan estimasi anggaran biaya; tender dokumen; metode pelaksanaan dan manual OP.
- (6) Aspek Multisektor : kerjasama dengan instansi terkait lain: Pemda, jalan, SDA. Cek ulang arah saluran dan posisi bangunan terkait sektor lainnya.
- (7) Produk Akhir: laporan perencanaan detail, analisa perhitungan perencanaan, gambar pelaksanaan/gambar bestek, rincian volume pekerjaan dan rencana anggaran biaya, metode dan program pelaksanaan, dokumen tender dan manual SOP.
- (8) Tingkat Ketelitian untuk teknis 90% dan ekonomi 95%.

2.2.10. Penyusunan Rencana Induk

Proses penyusunan rencana induk drainase perkotaan perlu memperhatikan:

- 1) Sistem drainase yang ada (*existing drainage*).
- 2) Pekerjaan drainase yang sedang dilaksanakan (*on going project*).
- 3) Perencanaan drainase yang ada (*existing plans*).
- 4) Proses penanganan pekerjaan *Existing* dan *New Plans* seperti terlihat dalam Gambar 2.
- 5) Proses penanganan perencanaan drainase baru untuk kota metropolitan, kota besar dan kota yang mempunyai nilai strategis harus melalui penyusunan : i) Rencana Induk Sistem Drainase (*Drainage Master Plan*), ii) Studi Kelayakan (*studi kelayakan*), iii) *Rancangan teknik terinci (DED)* dan iv) *implementation*.
- 6) Proses penanganan perencanaan drainase baru untuk kota sedang dan kota kecil harus melalui penyusunan: i) *outline plan*, ii) *rancangan teknik terinci (DED)* dan iii) *implementation*.
- 7) *Outline plan* paling sedikit memuat:
 - inventarisasi kondisi awal sistem drainase, termasuk daerah-daerah genangan;
 - kajian dan analisis drainase dan konservasi air;
 - rencana sistem jaringan drainase perkotaan;
 - skala prioritas dan tahapan penanganan;
 - perencanaan dasar; dan
 - pembiayaan.
- 8) Untuk kota yang telah mempunyai master plan atau outline plan, karena perkembangan kota yang demikian cepat akibat urbanisasi atau sebab lain, maka sebelum menyusun master plan baru atau outline plan baru, perlu mengevaluasi dengan seksama *master plan* atau *outline plan* yang ada sebelum memutuskan menyusun *master plan* atau *outline plan* baru.



Gambar 2. Proses Penanganan Existing Plan dan New Plan

(Sumber: Diadopsi dari Departemen Pekerjaan Umum: URBAN DRAINAGE GUIDELINES AND TECHNICAL DESIGN STANDARD, Jakarta, August 1994)

3. Cara Pengerjaan

3.1. Inventarisasi Kondisi Awal Sistem Drainase

Inventarisasi kondisi awal sistem drainase dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

1) Mengumpulkan Data

Data yang dikumpulkan antara lain adalah sebagai berikut:

a) Data spasial antara lain:

- studi-studi terkait.
- data rencana pengembangan kota.
- foto udara, atau citra satelit.
- peta topografi.
- peta tata guna lahan.
- peta jenis tanah.
- peta geologi.
- peta air tanah (hidrogeologi).
- peta jaringan drainase eksisting dan bangunan-bangunannya.
- peta arah aliran.
- lokasi genangan.
- Peta jaringan infrastruktur bawah tanah (air bersih, kabel telekomunikasi, listrik, dll).
- penduduk dan kepadatan penduduk.

b) Data hidrologi antara lain:

- daerah pengaliran sungai atau saluran.
- data stasiun klimatologi dan/atau stasiun penakar hujan.
- data debit sungai dan saluran.
- data genangan (tinggi genangan, kedalaman, lama genangan, frekuensi kejadian).
- data sumber air.
- data sedimentasi.
- data pasang surut.
- data fasilitas pemanenan air hujan: kolam, embung, waduk, sumur resapan, biopori, bioretensi, dll.

c) Data hidrolika dan bangunan pelengkap antara lain:

- data dimensi saluran (panjang, lebar, kedalaman, bahan, tahun dibangun, kemiringan dasar saluran dan kapasitas).

- data bangunan: pintu air, gorong-gorong, *box culvert*, stasiun pompa (jenis bangunan, letak, tahun dibangun, dimensi, kapasitas, fungsi, saringan sampah).
 - Kondisi badan air penerima (elevasi permukaan air tertinggi, sedimentasi, penyempitan).
- d) Data sarana dan prasarana kota lainnya, antara lain:
- Gambar jaringan utilitas yang ada, jaringan listrik, jaringan air PDAM, jaringan telpon, jaringan pipa gas (kalau ada).
 - Gambar rencana pengembangan jaringan utilitas tersebut di atas.
- e) Data lain:
- Harga bahan dan upah.
 - Analisis harga satuan setempat.
 - Data kerugian akibat genangan.
- 2) Buat peta pembagian sistem, sub-sistem drainase berdasarkan peta topografi dan kondisi aktual di lapangan.
 - 3) Susun besaran daerah pengaliran (*catchment area* dalam Ha) saluran, sungai, menjadi sub-sub sistem daerah pengaliran.
 - 4) Hitung panjang saluran (dalam “m”) dan nama badan air penerimanya dari setiap saluran yang ada.
 - 5) Inventarisir semua komponen sistem drainase, baik saluran maupun bangunan pendukungnya, jika data tidak tersedia, ukur dimensi saluran dan/atau segmen saluran, serta bangunan lainnya.
 - 6) Lakukan cek lapangan untuk memastikan kondisi yang ada sesuai dengan data.
 - 7) Catat permasalahan utama yang terjadi pada masing-masing saluran, segmen saluran dan bangunan lainnya beserta foto kondisinya.

3.2. Kajian dan Analisis Drainase dan Konservasi Air

Analisis yang dilakukan meliputi hal-hal sebagai berikut:

- 1) Analisis kondisi eksisting yaitu:
 - a. Analisis kapasitas sistem drainase eksisting: kapasitas saluran, segmen saluran, dan bangunan pendukungnya.
 - b. Bandingkan analisis pada point a) dengan kapasitas rencana (awal); jika kapasitas eksisting lebih besar atau sama dengan kapasitas awal, maka komponen sistem drainase yang bersangkutan masih aman, sebaliknya perlu dilakukan tindakan.

2) Analisis kebutuhan:

- a. Tentukan rencana saluran sesuai topografi dan rencana tata guna lahan dan/atau tata ruang. Dalam penataan jaringan saluran drainase diusahakan sebanyak mungkin mengikuti pola eksisting dan alur alam. Kembangkan sistem gravitasi, sistem pompa hanya dipakai kalau tidak ada alternatif lain.
- b. Tentukan kala ulang pada masing-masing saluran dan/atau segmen saluran sesuai dengan klasifikasi kota dan orde saluran.
- c. Analisis hujan kawasan dan intensitas hujan sesuai dengan kala ulang yang diperlukan.
- d. Hitung debit rencana masing-masing saluran dan/atau segmen saluran dengan metode yang sesuai, untuk sistem pompa dan/atau sistem *polder* perlu dihitung hidrograf banjir.
- e. Analisis perbedaan antara kebutuhan (point d) dan kondisi yang ada (sub bab 3.3, bagian 1, point a). Apabila kapasitas saluran existing lebih besar atau sama dengan debit rencana, maka saluran yang ada dapat digunakan. Apabila saluran existing lebih kecil dari rencana, maka saluran tersebut perlu ada tindakan.
- f. Tindakan yang dilakukan diarahkan untuk penurunan debit, dengan mengimplementasikan fasilitas pemanenan air hujan. Jika dengan tindakan ini kapasitas saluran masih lebih kecil dari debit yang akan terjadi, baru dilakukan peningkatan kapasitas.

3) Analisa Solusi

Dari peta genangan, kemudian dibuat beberapa alternatif pemecahan atau solusi dan dipilih satu alternatif yang paling efisien dan efektif. Alternatif itu yang dijadikan dasar untuk perencanaan detail dan penyusunan program tahunan.

3.3. Pendekatan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan

Pertumbuhan penduduk dan kepadatan penduduk yang cepat menimbulkan tekanan terhadap ruang dan lingkungan untuk kebutuhan perumahan, kawasan industri/jasa dan fasilitas penduduknya, yang selanjutnya mengubah lahan terbuka dan/atau lahan basah menjadi lahan terbangun. Perkembangan kawasan terbangun yang sangat pesat sering tidak terkendali dan tidak sesuai lagi dengan tata ruang maupun konsep pembangunan yang berkelanjutan, mengakibatkan banyak kawasan-kawasan rendah yang semula berfungsi sebagai tempat penampungan air sementara (*retarding pond*) dan

bantaran sungai berubah menjadi tempat hunian penduduk.

Hal tersebut di atas membawa dampak pada rendahnya kemampuan drainase perkotaan dan kapasitas sarana serta prasarana pengendalian banjir (sungai, kolam tampungan, pompa banjir, pintu pengatur) untuk mengeringkan kawasan terbangun dan mengalirkan air ke pembuangan akhir yaitu ke laut.

Masalah tersebut di atas memerlukan peningkatan pengelolaan diantaranya mencakup bagaimana merencanakan suatu sistem drainase perkotaan yang berkesinambungan yang terdiri dari pembuatan rencana induk sistem drainase, studi kelayakan, *detail engineering design* (DED).

3.4. Rencana Sistem Jaringan Drainase Perkotaan Termasuk Skema Jaringan Drainase Perkotaan

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

- 1) Susun skema jaringan drainase dan pola aliran dengan alternatif sistem. Alternatif sistem yang dimaksud adalah beberapa alternatif yang diambil untuk memecahkan masalah genangan dalam satu lokasi. Dipilih alternatif yang paling efisien dan efektif untuk mengatasi genangan dalam lokasi tersebut demikian pula untuk lokasi genangan lainnya. Jaringan drainase hasil alternatif dan jaringan drainase lainnya yang baik yang dapat mengatasi genangan dalam kota, sehingga tak ada genangan untuk kala ulang tertentu disebut pola aliran sistem drainase kota.
- 2) Buat urutan prioritas sub sistem drainase. Dari pola aliran sistem drainase seperti butir 1 di atas, kemudian disusun prioritas sub-sistemnya berdasarkan kebutuhan daerah masing-masing.
- 3) Tentukan debit rencana (m^3/detik) dari masing-masing saluran. Debit masing-masing saluran telah dihitung pada saat menganalisis kebutuhan.
- 4) Rencanakan bentuk-bentuk penampang dan bangunan pelengkap pada masing-masing saluran. Sebaiknya dalam perencanaan baru atau normalisasi digunakan penampang ekonomis, sedangkan untuk pekerjaan rehabilitasi digunakan bentuk profil lama dengan dimensi yang berbeda.
- 5) Tentukan luas lahan yang akan dibebaskan. Untuk pekerjaan baru, lebar lahan yang dibebaskan tergantung dari lebar atas saluran, ditambah lebar tanggul apabila ada tanggul dan ditambah lebar jalan inspeksi di kiri kanan saluran, tergantung kebutuhan dan luas lahan yang

dibebaskan, lebar lahan yang dibebaskan kali panjang saluran. Untuk pekerjaan normalisasi, lebar yang dibebaskan dikurangi lebar atas saluran yang ada.

- 6) Perkirakan besar biaya ganti rugi lahan. Apabila lahan yang akan dibebaskan telah diketahui, maka harga satuan besarnya ganti rugi dapat diperkirakan, biasanya oleh tim yang dibentuk oleh Pemda setempat berdasarkan peraturan yang berlaku.

3.5. Skala Prioritas dan Tahapan Penanganan

Langkah-langkah yang dilakukan dalam menyusun skala prioritas dan tahapan penanganan adalah sebagai berikut:

- 1) Susun tabel skala prioritas berdasarkan parameter sebagaimana dalam sub bab 2.2.8. Jumlahkan nilai semua parameter untuk masing-masing sub sistem drainase atau komponen drainase yang dinilai.
- 2) Urutkan jumlah nilai pada masing-masing sub sistem drainase atau komponen drainase dari nilai tertinggi ke nilai terendah. Nilai tertinggi menempati prioritas pertama dan nilai terendah menempati prioritas terakhir.
- 3) Susun kegiatan berdasarkan hasil penilaian pada point 2) menjadi tahapan mendesak (5 tahun), menengah (10 tahun), dan panjang (25 tahun), kemudian disusun jangka waktu pelaksanaannya: jadwal tahunan, jangka pendek 5 tahun, menengah 10 tahun dan jangka panjang 25 tahun.

3.6. Perencanaan Dasar

Proses penyusunan perencanaan dasar drainase perkotaan perlu memperhatikan:

- 1) Sistem drainase yang ada (*existing drainage*)
- 2) Pekerjaan drainase yang sedang dilaksanakan (*on going project*)
- 3) Perencanaan drainase yang ada (*existing plans*)
- 4) Proses penanganan pekerjaan *existing* dan *new plans*
- 5) Proses penanganan perencanaan drainase baru untuk kota metropolitan, kota besar dan kota yang mempunyai nilai strategis harus melalui penyusunan: i) rencana induk sistem drainase, ii) studi kelayakan, iii) *detail engineering design* (DED) dan iv) *implementation*
- 6) Proses penanganan perencanaan drainase baru untuk kota sedang dan kota kecil harus melalui penyusunan: i) *outline plan*, ii) *detail engineering*

design (DED) dan iii) *implementation*

- 7) Untuk kota yang telah mempunyai *master plan* atau *outline plan*, karena perkembangan kota yang demikian cepat akibat urbanisasi atau sebab lain, maka sebelum menyusun *master plan* baru atau *outline plan* baru, perlu mengevaluasi dengan seksama *master plan* atau *outline plan* yang ada sebelum memutuskan menyusun *master plan* atau *outline plan* baru.

3.7. Pembiayaan

Menyusun usulan biaya meliputi hal sebagai berikut:

- 1) Hitung besaran biaya pembangunan yang dibutuhkan untuk seluruh pembangunan atau perbaikan sistem drainase yang diusulkan sesuai tahapan. Harga satuan yang digunakan untuk biaya pembangunan atau perbaikan sistem drainase harus sesuai dengan Surat Keputusan Kepala Daerah setempat pada tahun yang berjalan.
- 2) Susun rencana sumber-sumber pembiayaan yang diharapkan. Dalam item pekerjaan pembangunan atau perbaikan harus dicantumkan sumber dana yang akan diinvestasikan, misalnya sumber dana dari: APBN, APBD, Pembiayaan Luar Negeri, Pinjaman Luar Negeri/*Loan* dan Hibah.
- 3) Hitung besaran biaya operasi dan pemeliharaan seluruh sistem drainase pertahun. Biasanya biaya operasi dan pemeliharaan diambil 10% dari biaya pembangunannya.
- 4) Identifikasi besaran biaya yang dapat ditanggung oleh masyarakat, swasta atau instansi lain. Untuk mengidentifikasi biaya yang akan ditanggung oleh masyarakat perlu ada diskusi dan koordinasi dengan pemakai fasilitas yang dibangun oleh Pemerintah Pusat maupun Daerah. Fasilitas mana yang akan ditanggung pemeliharaannya oleh masyarakat. Koordinasi ini sebaiknya dilaksanakan pada tahap perencanaan dan dilanjutkan pada tahap pelaksanaan, selanjutnya masyarakat menerima O&M fasilitas tersebut.
- 5) Usulkan kegiatan untuk meningkatkan sumber pembiayaan. Sumber pembiayaan untuk pembangunan fasilitas drainase umumnya disediakan oleh Pemerintah Pusat maupun Pemda, swasta berkenan turut membiayai pembangunan fasilitas drainase hanya pada daerah-daerah khusus misalnya *real estate* atau pengembang. Mereka membangun fasilitas drainase pada daerahnya sendiri atas izin Pemda dan mengalirkannya ke fasilitas milik Pemda di luar lokasi mereka. Untuk meningkatkan sumber pembiayaan fasilitas drainase sebaiknya melibatkan pengembang atau

real estate atau instansi lain baik swasta maupun pemerintah yang mempunyai masalah dengan fasilitas drainase.

3.8. Kelembagaan

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

1) Usulkan bentuk kelembagaan:

- a. Usulkan instansi yang berwenang menangani sistem drainase. Pada saat menyusun *master plan* drainase, *out line plan* drainase atau *detail design* drainase biasanya diusulkan instansi yang akan menangani operasional dan pemeliharaan drainase. Tergantung dari jenis kota dan Pemdanya, memilih dinas atau instansi mana yang akan bertanggungjawab atas O&M drainase dan biasanya Pemda merujuk kepada Peraturan Pemerintah Republik Indonesia mengenai Pemerintahan Daerah.
- b. Usulkan peningkatan fungsi organisasi pengelola. Sebelum mengusulkan peningkatan fungsi organisasi pengelola drainase, sebaiknya konsultan mengadakan survei lebih dahulu kepada instansi atau dinas yang terkait yang mengelola drainase dan dinas lain yang ada hubungannya dengan drainase dan berkoordinasi dengan Bappeda setempat dan juga mengadakan perbandingan dengan Pemda lainnya mengenai pengelolaan drainase. Konsultan harus mempelajari dengan seksama untuk:
 - kota metropolitan apakah perlu membentuk dinas baru atau memperkuat dinas yang ada dengan menambah sub-dinas drainase, yang fungsinya khusus menangani drainase.
 - kota besar apakah perlu membentuk dinas baru atau memperkuat dinas yang ada dengan menambah sub-dinas drainase, yang fungsinya khusus menangani drainase.
 - kota sedang dan kecil tidak perlu membentuk dinas baru, cukup memperkuat dinas yang ada dengan menambah sub-dinas drainase pada dinas yang terkait yang ada hubungannya dengan drainase.
- c. Usulkan jumlah personil dan uraian tugas dari masing-masing satuan organisasi. Pengusulan jumlah personil sebanding dengan peningkatan organisasi demikian pula dengan uraian tugas masing-

masing personil harus jelas, sehingga personil dapat melakukan tugas dengan mantap dan tidak terjadi dualisme.

- d. Usulkan koordinasi kegiatan pembangunan prasarana dan sarana kota lainnya. Perlu ada koordinasi antara dinas yang menangani drainase dengan dinas lainnya, misalnya dengan dinas yang menangani persampahan, dengan dinas yang menangani pertamanan dan keindahan kota dan dinas lainnya yang ada dalam Pemda. Koordinasi dipimpin oleh Tim yang dibentuk oleh Pemda atau Bappeda setempat.
 - e. Usulkan koordinasi dengan dinas atau balai yang menangani sungai-sungai yang melalui kota. Perlu ada koordinasi antara dinas atau balai yang menangani operasi dan pemeliharaan sungai dengan dinas yang menangani drainase kota (misalnya Balai Besar Wilayah Sungai Brantas dengan Dinas Pematusan Kota Surabaya).
- 2) Usulkan kebutuhan aspek hukum dan peraturan. Konsultan dalam menyusun *master plan* drainase, *outline plan* drainase atau *detail design* perlu mengusulkan kebutuhan aspek hukum dan peraturan antara lain:
- a. Peraturan Daerah yang melarang warga membuang sampah ke dalam saluran drainase (apabila belum ada) beserta sanksinya.
 - b. Peraturan Daerah yang mewajibkan warga membangun rumah berhadapan dengan saluran drainase serta sanksinya.
 - c. Peraturan Bupati atau Walikota mengenai garis sempadan saluran drainase.
 - d. Peraturan Bupati atau Walikota mengenai sumur resapan pada pembangunan rumah.
 - e. Peraturan Bupati atau Walikota mengenai sumur resapan pada pembangunan saluran primer.
 - f. Peraturan Bupati atau Walikota mengenai penyediaan bak sampah pada jalan-jalan tertentu, fasilitas umum, taman kota dan lainnya.

3.9. Pemberdayaan Masyarakat

Konsultan dalam menyusun *master plan* drainase, *out line plan* drainase atau *detail design* perlu menyiapkan mekanisme dan peningkatan partisipasi masyarakat dan swasta yang dalam hal ini harus tertuang dalam KAK (Kerangka Acuan Kerja) antara lain:

- a. Pada penyusunan Laporan Pendahuluan tokoh masyarakat diikutsertakan dalam diskusi dan survei, agar masyarakat tahu sejak awal rencana pembangunan sistem drainase.
- b. Pada diskusi Laporan Pendahuluan diikutsertakan dinas yang terkait masalah drainase dan tokoh masyarakat setempat untuk memperoleh masukan untuk suksesnya perencanaan drainase.
- c. Pada diskusi Laporan Akhir diikutsertakan dinas yang terkait masalah drainase dan tokoh masyarakat setempat serta Badan Pertanahan Nasional setempat, Bappeda dan Dinas Tata Kota mengenai lahan yang terkena pembebasan untuk jalur drainase dan masalah lainnya sebagai masukan untuk suksesnya perencanaan drainase.
- d. Pada pelaksanaan fisik di lapangan masyarakat telah mengetahui rencana jaringan drainase ini, sehingga pelaksanaan fisiknya tidak mengalami kesulitan dalam pembebasan tanahnya.

Usul Tim pembebasan tanah dapat dibentuk setahun sebelum pelaksanaan fisik dimulai. Tim dibentuk oleh Pemda setempat berdasarkan ketentuan yang berlaku dengan mengikutsertakan tokoh masyarakat setempat mengenai penetapan harga ganti rugi tanah dan bangunan berdasarkan hak kepemilikan tanah dan bangunan. Kesepakatan Tim mengenai harga ganti rugi tanah dan bangunan sebagai dasar untuk pelaksanaan fisik pembebasan di lapangan.

Kerangka penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan

Kerangka pembuatan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan dilakukan sesuai dengan sistematika sebagai berikut:

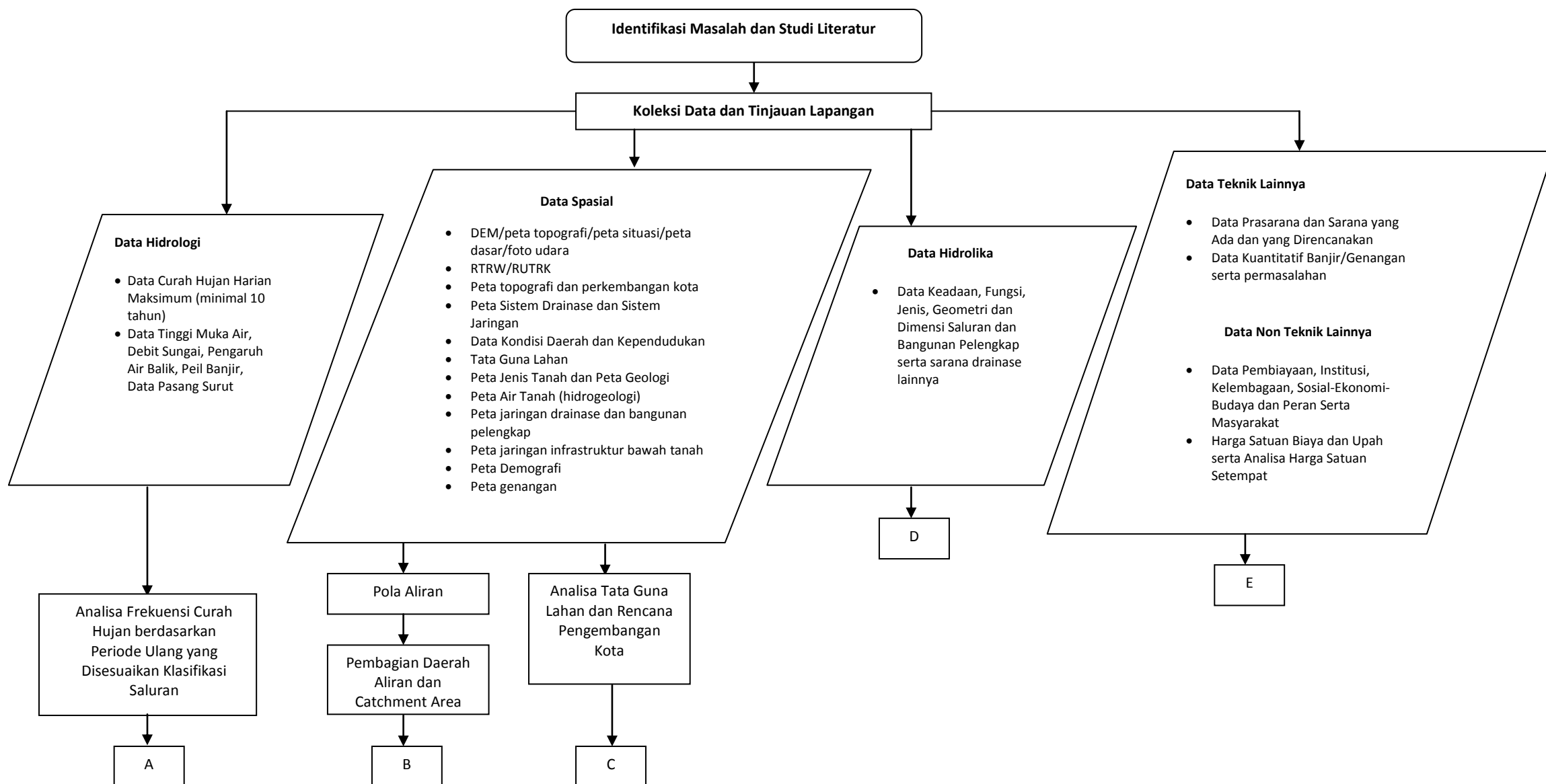
1. Pendahuluan
 - 1.1 Latar Belakang
 - 1.2 Tujuan Studi
 - 1.3 Ruang Lingkup Studi
 - 1.3.1 Ruang Lingkup Spasial
 - 1.3.2 Ruang Lingkup Material
2. Deskripsi Daerah Studi
 - 2.1 Lokasi
 - 2.2 Kondisi Fisik Daerah Studi
 - 2.2.1. Luas Daerah Studi
 - 2.2.2. Topografi dan Geologi

- 2.2.3. Kondisi Tanah dan tata Guna Lahan
- 2.2.4. Hidrologi dan Hidrogeologi
- 2.3 Kondisi Sosekbudkesmas
 - 2.3.1. Demografi
 - 2.3.2. Kegiatan ekonomi
 - 2.3.3. Budaya dan adat istiadat
 - 2.3.4. Kesehatan Masyarakat
- 2.4 Kondisi dan Permasalahan Drainase yang Ada
 - 2.4.1 Kondisi Sistem Drainase yang Ada
 - 2.4.2 Permasalahan drainase (genangan, sampah, sedimentasi, operasi dan pemeliharaan, penegakan hukum, dll)
 - 2.4.3 Identifikasi Penyebab Banjir
- 2.5 Perkiraan Pengembangan Yang Akan Datang
 - 2.5.1 Proyeksi penduduk
 - 2.5.2 Rencana Tata Ruang Wilayah
 - 2.5.3 Rencana Pengembangan Infrastruktur Kota
- 3. Standar dan Kriteria Perencanaan
 - 3.1 Standar yang digunakan
 - 3.2 Kriteria Hidrologi
 - 3.3 Kriteria Hidrolika
 - 3.4 Kriteria Kesehatan
 - 3.6 Kriteria Lingkungan
 - 3.7 Kriteria Sosial Ekonomi
- 4. Analisis dan Perencanaan
 - 4.1 Pengumpulan Data
 - 4.2 Inventarisasi Sistem Drainase dan Bangunan Pendukungnya
 - 4.3 Evaluasi Sistem Drainase Eksisting
 - 4.3.1 Analisis Hidrologi
 - 4.3.2 Analisis Hidrolika
 - 4.3.3 Simpulan Hasil Evaluasi
 - 4.4 Perencanaan Sistem Drainase
 - 4.4.1 Pembagian Sistem, Sub Sistem Drainase
 - 4.4.2 Analisis Debit Banjir Kondisi Mendatang tanpa fasilitas Pemanenan Air Hujan (PAH)
 - 4.4.3 Analisis Debit Banjir Kondisi Mendatang dengan fasilitas Pemanenan Air Hujan (PAH)

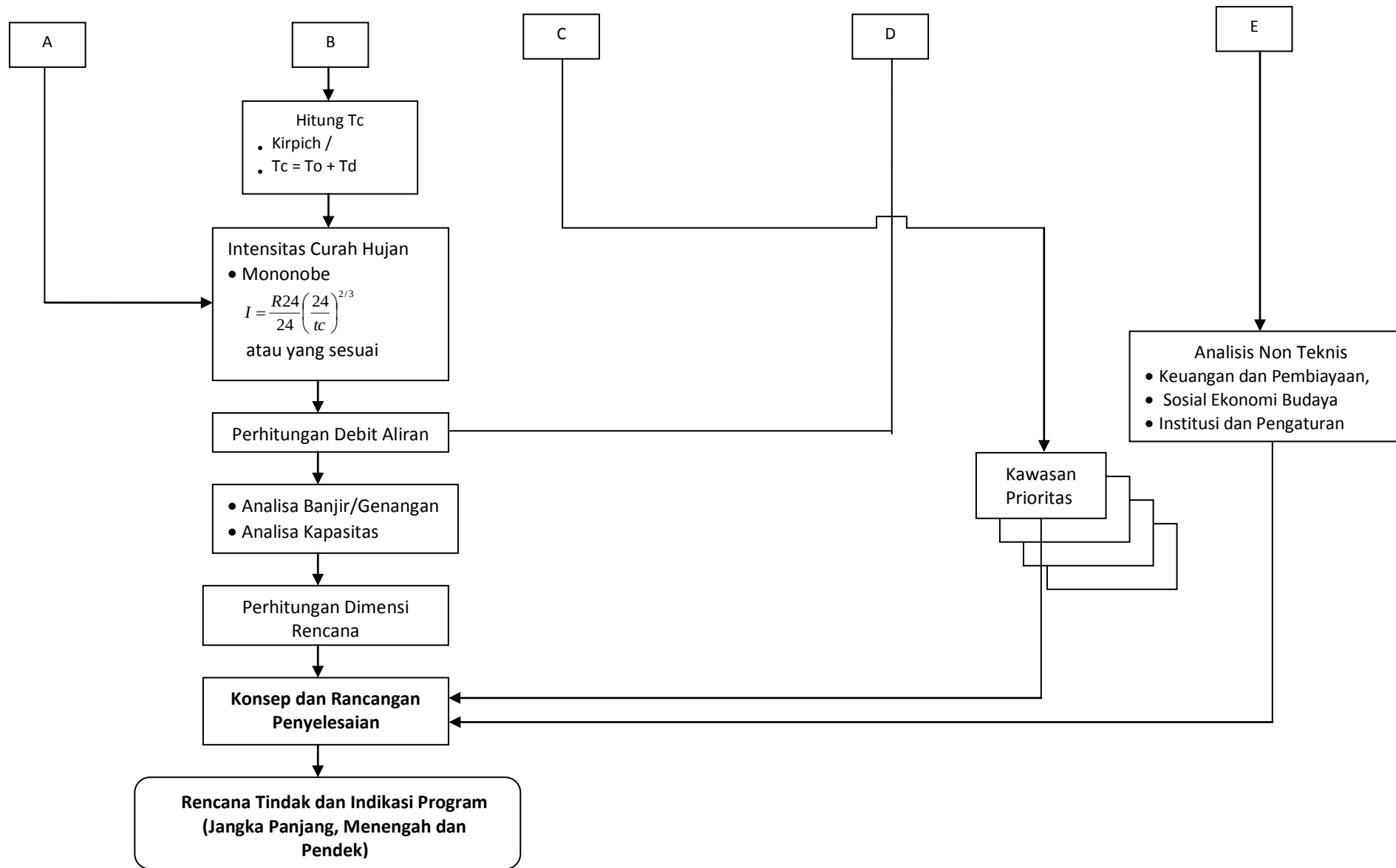
- 4.4.4 Penyusunan Sistem Drainase dengan Optimalisasi Sistem Drainase yang Ada
- 4.4.5 Analisis Biaya (Investasi dan OP)
- 4.5. Penyusunan Skala Prioritas Untuk Studi Selanjutnya, Rencana Rinci dan Pelaksanaan
- 4.6. Penyusunan Rencana Implementasi
- 4.7. Penyusunan SOP
- 4.8. Penyiapan Institusi dan Kelembagaan.

Bagan Alir Penyusunan Tata Cara Perencanaan Pembuatan Rencana Induk Drainase Perkotaan

Bagan Alir ini dapat dilihat dalam Gambar 3.



Gambar 3. Bagan Alir Tata Cara Perencanaan Pembuatan Rencana Induk Drainase Perkotaan



Gambar 3. Bagan Alir Tata Cara Perencanaan Pembuatan Rencana Induk Drainase Perkotaan (Lanjutan)

B. TATA CARA PENYUSUNAN STUDI KELAYAKAN SISTEM DRAINASE PERKOTAAN

1. KETENTUAN-KETENTUAN

2.1. Umum

Ketentuan-ketentuan umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- 1) Penyusunan studi kelayakan drainase dilakukan berdasarkan prioritas zona yang telah ditentukan dalam Rencana Induk Sistem Drainase.
- 2) Biaya atau *cost* adalah semua barang dan jasa yang mengurangi pendapatan bersih pihak-pihak yang terkait (*project participant*).
- 3) Macam-macam *cost* dalam ekonomi proyek.
 - (1) Biaya investasi (*investment cost*): biaya modal yang diperlukan untuk pelaksanaan proyek.
 - (2) Biaya tetap (*fixed cost*): atau overhead adalah biaya yang tidak terpengaruh oleh adanya kegiatan-kegiatan (misal: gaji).
 - (3) Biaya variable (*variable cost*): biaya yang langsung berhubungan dengan kegiatan-kegiatan.
 - (4) Biaya tambahan (*incremental cost*): biaya yang diakibatkan oleh kenaikan output suatu produk, disebut juga *marginal cost*.
 - (5) Biaya hilang (*sunk cost*): biaya yang dikeluarkan pada waktu yang lalu sebelum kepastian pelaksanaan proyek.
 - (6) Biaya kesempatan (*opportunity cost*): biaya yang diakibatkan karena penggunaan sumber daya karena keterbatasan kesempatan.
- 4) *Benefit* atau manfaat adalah peningkatan penerimaan barang ataupun jasa yang meningkatkan pendapatan bersih pihak-pihak terkait.
- 5) Ada dua macam *benefit* yaitu:
 - (1) *Direct benefit* atau manfaat langsung yaitu manfaat yang langsung diperoleh sesuai dengan tujuan investasi.
 - (2) *Indirect benefit* atau manfaat tidak langsung yaitu manfaat yang merupakan dampak dari adanya proyek suatu investasi.
- 6) *Interest* atau bunga adalah uang yang harus dibayarkan oleh Yang Meminjam (Peminjam) kepada Yang Meminjamkan (Peminjamkan) untuk pemakaian uang pinjaman.
- 7) *Rate of interest* atau suku bunga adalah perbandingan antara besarnya bunga dengan uang yang dipinjam untuk jangka waktu yang sama, misalnya selama setahun.

- 8) Ada dua jenis bunga yaitu (i) bunga sederhana atau *simple interest*: bunga berbanding proporsional dengan jumlah uang yang dipinjam, tingkat suku bunga dan total pinjaman, dan (ii) bunga berganda/bunga majemuk atau *compound interest*: tingkat suku bunga untuk suatu periode dikenakan pada jumlah akumulasi pinjaman dan bunga dari waktu awal pinjaman. Istilah yang lebih populer adalah bunga berbunga.

Rumus bunga sederhana (*simple interest*):

$$I = (P).(N).(i)$$

Bila:

I = Bunga

P = Jumlah Pinjaman

i = Tingkat Bunga/Tahun

Rumus bunga berganda (*compound interest*):

$$F = P(1+i)^n$$

Bila :

P = *Present value*

F = *Future value*

I = Tingkat suku bunga per periode waktu

n = Jumlah periode waktu

- 9) Pengesahan rencana teknik oleh penanggung jawab yang ditunjuk instansi yang berwenang menggunakan data paling mutakhir.

2.2. Teknis

2.2.1. Perencanaan Teknis

Tata cara penyusunan perencanaan teknis sistem drainase perkotaan ini memuat ketentuan-ketentuan umum dan teknis berupa data informasi, pengukuran, penggambaran, penyelidikan tanah dan kriteria perencanaan, serta cara pengerjaan rencana teknik sistem drainase di daerah perkotaan.

2.2.2. Kelayakan Teknis

Kelayakan Teknis Drainase meliputi:

- 1) Perhitungan hidrologi dilakukan untuk mendapat debit rencana dan perhitungan hidrolika untuk mendapatkan dimensi saluran dengan memperhatikan ketentuan:
 - a) Tinggi jagaan adalah ketinggian yang diukur dari permukaan air maksimum sampai permukaan tanggul saluran atau muka tanah.

- b) Debit maksimum bangunan perlintasan (gorong-gorong) dihitung sebesar 1,1 sampai 1,5 kali debit maksimum saluran.
 - c) Kecepatan maksimum ditentukan oleh kekasaran dinding dan dasar saluran. Untuk saluran tanah $V = 0,7$ m/dt, pasangan batu kali $V = 2$ m/dt dan pasangan beton $V = 3$ m/dt. Kecepatan maksimum dan minimum saluran juga ditentukan oleh kemiringan talud saluran.
 - d) Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan yang paling rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air.
 - e) Bentuk saluran drainase umumnya: trapesium, segiempat, bulat, setengah lingkaran dan segitiga atau kombinasi dari masing-masing bentuk tersebut.
 - f) Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan rumus *Manning* atau *Strickler* atau *Chezy*.
 - g) Apabila di dalam saluran eksisting terdapat nilai kekasaran dinding atau koefisien *Manning* yang berbeda satu dengan lainnya, maka dicari nilai kekasaran dinding ekuivalen (neq).
 - h) Debit rencana drainase perkotaan dihitung dengan metode rasional yang telah dimodifikasi dan atau *typical hydrogram for urban areas*.
 - i) Debit rencana saluran primer dalam kota atau yang melintasi kota dihitung dengan *flood hydrograph*.
 - j) Koefisien limpasan (*run off*) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan.
- 2) Usulan pembangunan sistem drainase harus dibuat minimal 2 alternatif dengan ketentuan:
- a) Meminimalkan pembebasan tanah dengan cara sebagai berikut:
 - Untuk saluran baru dengan menggunakan saluran profil ekonomis.
 - Untuk saluran normalisasi sebaiknya menggunakan saluran profil ekonomis (jika kondisi lapangan memungkinkan) atau profil tegak lurus.
 - Untuk saluran rehabilitasi menggunakan profil saluran rencana semula.
 - b) Semaksimal mungkin memakai sistem drainase aliran gravitasi untuk hal-hal sebagai berikut:
 - Pada dataran rendah atau daerah/kota pantai sebagian gravitasi dan sebagian lain sistem *polder*. Hal ini tergantung dari elevasi

muka air muara saluran: i) apabila elevasi muka air muara saluran lebih tinggi dari elevasi muka tanah tempat permukiman, maka diperlukan sistem polder, ii) apabila elevasi muka air muara saluran lebih rendah dari elevasi muka tanah tempat permukiman, maka sistem gravitasi lebih baik.

- Pada dataran tinggi harus sistem gravitasi.

3) Kriteria kelayakan teknis

a) Memenuhi persyaratan kekuatan struktur dengan analisis sebagai berikut:

- Analisis kestabilan terhadap guling.
- Analisis ketahanan terhadap geser.
- Analisis kapasitas daya dukung tanah pada dasar dinding penahan.
- Analisis tegangan dalam dinding penahan tanah.

b) Memenuhi persyaratan hidrologi yaitu sebagai berikut:

- Data curah hujan minimal 10 tahun terakhir untuk masing-masing stasiun pengamat hujan yang ada di dalam daerah tersebut.
- Debit banjir rencana sesuai dengan kala ulang yang ditentukan.
- Perhitungan debit saluran dengan menggunakan *rational method*.
- Perhitungan waduk dan pompa dengan menggunakan hidrograf satuan untuk daerah perkotaan (*for urban areas*).

c) Memenuhi persyaratan hidrolika yaitu sebagai berikut:

- Debit saluran memenuhi hukum kontinuitas.
- Perhitungan dimensi saluran menggunakan formula *Manning* atau *Strikler* atau *Chezy*.
- Saluran sebaiknya terbuka, kecuali dalam kondisi khusus dapat tertutup.
- Aliran saluran sebaiknya gravitasi.

d) Material yang dibutuhkan dapat diperoleh dengan mudah di lokasi pembangunan, sebaiknya menggunakan material dalam negeri, kecuali dalam kondisi khusus.

e) Dapat dilaksanakan dengan kemampuan yang ada (tenaga, peralatan).

f) Operasi dan pemeliharaan dapat dilaksanakan dengan mudah.

2.2.3. Kelayakan Ekonomi

Analisis ekonomi dilakukan dengan memperhatikan pengaruh langsung dan tidak langsung, biaya pembangunan, biaya operasi dan pemeliharaan.

- 1) Manfaat proyek dihitung dari pengaruh/manfaat langsung dan tidak langsung.
- 2) Biaya proyek dihitung dari biaya pembangunan dan biaya operasi dan pemeliharaan.
- 3) Pengaruh/manfaat langsung terdiri dari:
 - (1) Pengurangan biaya untuk pembuatan dan perbaikan sistem drainase yang rusak.
 - (2) Pengurangan biaya untuk pembuatan dan perbaikan prasarana dan sarana kota lainnya yang rusak, seperti jalan, jaringan kabel di bawah tanah.
 - (3) Pengurangan biaya untuk pembuatan dan perbaikan bangunan dan rumah-rumah yang rusak, seperti: rumah sakit, puskesmas, kantor pemerintah dan swasta, serta pemukiman penduduk.
 - (4) Pengurangan biaya penanggulangan akibat genangan, seperti jalan, taman kota, lapangan olahraga.
 - (5) Biaya harga tanah menjadi mahal.
 - (6) Pengurangan resiko banjir.
 - (7) Penurunan biaya produksi.
- 4) Pengaruh/manfaat tidak langsung terdiri dari:
 - (1) Pengurangan biaya sosial akibat bencana banjir, seperti: kesehatan, pendidikan dan lingkungan.
 - (2) Pengurangan biaya ekonomi yang harus ditanggung masyarakat akibat banjir, seperti: produktivitas, perdagangan, jasa pelayanan.
 - (3) Kenaikan harga tanah.
 - (4) Peningkatan kegiatan ekonomi.
 - (5) Peningkatan penerimaan pajak.
 - (6) Peningkatan kegiatan sektor swasta.
 - (7) Perkembangan wilayah yang bersangkutan.
- 5) Usulan biaya pembangunan terdiri dari:
 - (1) Biaya dasar konstruksi untuk pekerjaan baru maupun perbaikan.
 - (2) Biaya engineering.
 - (3) Biaya pembebasan tanah.
 - (4) Biaya pembuatan rencana teknik dan pengawasan.
 - (5) Biaya administrasi.

- (6) Biaya hilang (*sunk cost*).
- (7) Biaya pajak.
- (8) Biaya penggantian (*replacement*).
- (9) Biaya tidak terduga yang tidak lebih dari 10% biaya konstruksi.
- 6) Biaya operasi dan pemeliharaan meliputi:
 - (1) Peralatan.
 - (2) Upah.
 - (3) Material.
 - (4) Administrasi dan umum.
 - (5) Penyusutan.
- 7) Kriteria kelayakan ekonomi dan keuangan
 - (1) *Net Present Value (NPV)* > 0
 - (2) *Economic Internal Rate of Return (EIRR)* > tingkat bunga berlaku
 - (3) *Benefit Cost Ratio* > 1

2.2.4. Kelayakan Lingkungan

Kelayakan lingkungan dilaksanakan sesuai dengan ketentuan yang berlaku yaitu Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 13 Tahun 2010 Tentang Upaya Pengelolaan Lingkungan Hidup dan Upaya Pemantauan Lingkungan Hidup dan Surat Pernyataan Kesanggupan Pengelolaan dan Pemantauan Lingkungan Hidup.

2.2.5. Rencana Penyediaan Lahan dan Permukiman Kembali, Bila Diperlukan

Pembangunan sistem drainase perkotaan memerlukan lahan yang terkadang harus menggusur daerah permukiman. Oleh karena itu perlu dilakukan relokasi apabila pembangunan sistem drainase perkotaan tersebut memasuki wilayah permukiman.

3. CARA Pengerjaan

3.1. Perencanaan Teknis

Data dan informasi yang harus dikumpulkan sebagai berikut:

- a) Kumpulkan rencana induk yang ada kaitannya dengan studi kelayakan sistem drainase perkotaan.
- b) Kumpulkan studi yang terkait.
- c) Kumpulkan data penduduk, perkembangan penduduk.
- d) Kumpulkan data sosial ekonomi.

Perencanaan teknis meliputi:

1) Analisis hidrologi dan hidrolika

Kriteria perencanaan hidrologi terdiri dari:

a) Hujan dengan ketentuan sebagai berikut:

- Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun.
- Analisa frekuensi terhadap curah hujan, menggunakan Metode Gumbel untuk kala ulang 2, 5, 10 dan 20 tahun.

b) Debit banjir dengan ketentuan sebagai berikut:

- Debit rencana dihitung dengan metode *rational* atau metode *rational* yang telah dimodifikasi atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan.
- Koefisien limpasan (*run off*) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan.
- Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus Kirpich.
- Perhitungan intensitas hujan ditinjau dengan menggunakan metode Mononobe.

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut:

a) Bentuk saluran drainase umumnya: trapesium, segiempat, lingkaran, dan segitiga.

b) Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan rumus Chezy, Manning dan Strickler.

c) Apabila di dalam saluran eksisting terdapat nilai kekerasan dinding atau koefisien Manning yang berbeda satu dengan lainnya, maka dicari nilai kekasaran dinding equivalen (n_{eq}).

d) Aliran kritis, sub-kritis dan super-kritis dinyatakan dengan bilangan Froude. Aliran kritis apabila Froude number, $Fr = 1$; aliran sub-kritis apabila Froude number < 1 dan aliran super-kritis apabila Froude number > 1 .

e) Saluran drainase yang terpengaruh oleh pengempangan (*back water effect*) dapat diperhitungkan dengan *Standart Step* atau *Direct Step Method*.

f) Penampang saluran terbaik atau penampang saluran ekonomis adalah penampang saluran yang mempunyai keliling basah minimum akan memberikan daya tampung maksimum kepada penampang saluran.

g) Ruang bebas saluran (*freeboard*) berkisar antara 0,30 sampai dengan 1,20 m tergantung dari dalam dan lebarnya.

- h) Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan yang paling rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air. Kecepatan ditentukan oleh kekasaran dinding dan dasar.
 - i) Saluran dengan berbagai lapisan adalah saluran yang dilapis dengan beton, batu kali dan lapisan lainnya, sedangkan dasar saluran dari tanah.
- 2) Sistem jaringan drainase
 - 3) Analisis model sistem jaringan drainase (apabila diperlukan)
 - 4) Analisis kekuatan konstruksi bangunan air

Perlu diperhatikan bahwa dinding penahan tanah pasangan batu hanya dapat digunakan untuk ketinggian yang tidak terlalu besar (< 5 m). Untuk dinding penahan tanah dari beton bertulang tidak ada batasnya.

Tiap-tiap potongan dinding horizontal akan menerima gaya-gaya sebagai berikut:

 - a) Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah
 - b) Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah
 - c) Gaya akibat tekanan tanah aktif
 - d) Gaya akibat tekanan tanah pasif

Analisis yang diperlukan adalah:

 - Analisis kestabilan terhadap guling
 - Analisis ketahanan terhadap geser
 - Analisis kapasitas daya dukung tanah pada dasar dinding penahan
 - 5) Nota disain

Susun nota disain perhitungan sebagai kumpulan dari hasil analisis hidrologi, analisi hidrolika, analisis struktur, kriteria-kriteria yang digunakan, dan catatan lain yang dianggap perlu.
 - 6) Gambar tipikal sistem jaringan drainase dan bangunan pelengkap
 - 7) Perkiraan volume pekerjaan untuk masing-masing jenis pekerjaan meliputi pekerjaan sipil dan *mechanical electrical*
 - 8) Perkiraan biaya pembangunan sistem drainase perkotaan

3.2. Kelayakan Teknik

Data dan informasi yang harus dikumpulkan sebagai berikut:

- a) Lakukan inventarisasi sistem drainase yang ada, dilengkapi dengan peta jaringan dan keterangan mengenai arah aliran, dimensi eksisting saluran.

- b) Kumpulkan data hidrologi, antara lain: curah hujan, data iklim, cuaca, temperatur, data pasang surut (apabila diperlukan).
- c) Kumpulkan data hidrolika, seperti data genangan, luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan, baik secara kuantitatif maupun kualitatif dan data dimensi dan kondisi saluran.
- d) Kumpulkan data kapasitas dan struktur bangunan pelengkap.

Kelayakan teknik meliputi:

1) Analisis permasalahan:

- (1) Lakukan evaluasi terhadap kapasitas sistem saluran berdasarkan data primer dan sekunder yang tersedia.
- (2) Lakukan evaluasi permasalahan:
 - a. Frekuensi genangan.
 - b. Tinggi, lamanya genangan serta luasnya genangan.
 - c. Kapasitas saluran yang tidak memadai.
 - d. Sedimentasi.
 - e. Bangunan pelengkap yang tidak berfungsi.
 - f. Pemeliharaan yang tidak memadai.

2) Analisis kebutuhan:

- (1) Tentukan lokasi prioritas yang akan ditangani, berdasarkan arah perkembangan kota dan permasalahan yang ada.
- (2) Buat rencana perbaikan dan pemeliharaan yang disesuaikan dengan kondisi setempat.
- (3) Buat rencana pembangunan baru sistem drainase yang dibutuhkan.
- (4) Hitung debit rencana untuk masing-masing sistem saluran dan bangunan pelengkap.
- (5) Hitung besaran penampang saluran dan besaran fasilitas bangunan pelengkap.
- (6) Buat kebutuhan pembebasan lahan yang diperlukan.
- (7) Lakukan kajian teknis terhadap rencana kegiatan dan tentukan kelayakannya berdasarkan kriteria kelayakan teknis.
- (8) Tentukan rencana teknik untuk masing-masing saluran dan bangunan pelengkap dengan prioritas produksi dalam negeri.
- (9) Buat rencana kerja pembangunan masing-masing usulan.

3) Analisa Solusi

Dari peta genangan, kemudian dibuat beberapa alternatif pemecahan atau solusi dan dipilih satu alternatif yang paling efisien dan efektif.

Alternatif itu yang dijadikan dasar untuk perencanaan detail dan penyusunan program tahunan.

3.3. Kelayakan Ekonomi

Data dan informasi yang harus dikumpulkan sebagai berikut:

- a) Kumpulkan data aspek sosial ekonomi yang terpengaruh oleh prasarana drainase.
- b) Kumpulkan data kerugian langsung yang diakibatkan oleh genangan (kerusakan prasarana, biaya pemeliharaan).
- c) Kumpulkan data kerugian tidak langsung yang ditimbulkan karena aktivitas ekonomi.
- d) Kumpulkan data partisipasi masyarakat dalam proses pembangunan prasarana drainase, baik pra konstruksi, konstruksi maupun pasca konstruksi.
- e) Kumpulkan data harga tanah yang berlaku di lokasi perencanaan.

Kelayakan ekonomi dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Hitung biaya kerugian akibat banjir atau genangan.
- 2) Hitung rencana biaya pembangunan operasi dan pemeliharaan.
- 3) Buat analisis ekonomi dan keuangan (besaran EIRR, NPV, dan BCR), rumus untuk menghitung *Net Present Value* adalah sebagai berikut:

(1) *Net Present Value* (NPV) dari Arus Biaya dan *Benefit*:

$$PV \text{ arus } benefit = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}$$

$$PV \text{ arus biaya} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} - \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}$$

Bila, i = *social discount rate*

$1/(1+i)^t$ = *discount factor*

B_t = *benefit* atau produk komoditas pada tahun t

C_t = investasi pada tahun t

(2) *Internal Rate of Return (IRR)* adalah *social discount rate* yang membuat NPV proyek sama dengan nol.

$$C_0 - B_0 = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}, \text{ kemudian } \text{-----} > 0 = \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0$$

Istilah $\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$ tidak lain adalah *net present value* proyek

berdasarkan *social discount rate*, sebesar i .

$$\text{Rumus IRR} = i_t + \frac{NPV_1}{NPV_1 - NPV_2} (i_2 - i_1)$$

(3) *Net Benefit Cost Ratio* (Net B/C)

Untuk menghitung indeks ini terlebih dahulu dihitung $\frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$ untuk setiap tahun t . Lalu Net B/C merupakan angka perbandingan antara jumlah *present value* yang positif (sebagai pembilang) dengan jumlah yang negatif (sebagai penyebut). Secara umum rumusnya adalah :

$$\text{Net B/C} = \frac{\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} \text{ untuk } B_t - C_t > 0}{\sum_{t=0}^n \frac{C_t - B_t}{(1+i)^t} \text{ untuk } B_t - C_t > 0}$$

Kalau Net B/C = 1, berarti:

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t - B_t}{(1+i)^t}$$

$$\sum_{t=0}^n \frac{B_t}{(1+i)^t} = \sum_{t=0}^n \frac{C_t}{(1+i)^t} \quad \sum_{t=0}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

dengan perkataan lain, NPV= 0

Kalau rumus tadi memberikan hasil lebih besar dari 1, berarti NPV > 1. Jadi Net B/C ≥ merupakan tanda “go” untuk sesuatu proyek, sedangkan Net B/C < 1 merupakan tanda “no – go”.

- 4) Tentukan kelayakan proyek berdasarkan kriteria yang berlaku.
- 5) Tentukan sumber pembiayaan untuk pembangunan, perbaikan dan pemeliharaan sistem drainase.
- 6) Tentukan sumber pembiayaan untuk pembangunan, perbaikan dan pemeliharaan sistem drainase.
- 7) Manfaat langsung dan tidak langsung

3.4. Kelayakan Lingkungan

Data dan informasi yang harus dikumpulkan sebagai berikut:

- a) Kumpulkan data lingkungan pada lokasi rencana kegiatan proyek.
- b) Kumpulkan data lingkungan pada lokasi pembebasan tanah.
- c) Kumpulkan data lingkungan pada tempat penampungan penduduk yang terkena proyek.

Analisis kelayakan lingkungan dilaksanakan berdasarkan peraturan yang berlaku:

- 1) Buat klasifikasi kegiatan yang memerlukan Amdal dan yang tidak memerlukan Amdal.
- 2) Buat RKL dan RPL untuk kegiatan yang memerlukan kegiatan Amdal (sesuai dengan ketentuan yang berlaku).

- 3) Buat UPL dan UKL untuk kegiatan yang tidak memerlukan Amdal (sesuai dengan tata cara penyusunan UKL dan UPL drainase perkotaan).
- 4) Buat Amdal untuk kegiatan yang memerlukan Amdal.

3.5. Rencana Penyediaan Lahan dan Permukiman Kembali, Bila Diperlukan Tahapan dalam penyelenggaraan pengadaan tanah meliputi:

- 1) Tahapan persiapan yang meliputi:
 - a) Menetapkan lokasi
 - b) Membentuk panitia pengadaan tanah.
- 2) Tahapan pelaksanaan yang meliputi:
 - a) Melaksanakan penyuluhan
 - b) Melaksanakan inventarisasi
 - c) Mengumumkan Hasil Investasi
 - d) Melaksanakan Musyawarah
 - e) Menetapkan bentuk dan besarnya ganti rugi

Kerangka Penyusunan Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan

Studi kelayakan dilaksanakan setelah ada Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan. Tujuan studi kelayakan difokuskan pada pelaksanaan dari sistem drainase yang telah dipilih dari beberapa alternatif sistem drainase dan termasuk di dalamnya investigasi dan penilaian rinci dari sistem yang akan dilaksanakan tersebut.

Kerangka Penyusunan Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan dilakukan sesuai dengan sistematika sebagai berikut:

1. Deskripsi
 - 1.1 Maksud Dan Tujuan
 - 1.1.1 Maksud
 - 1.1.2 Tujuan
 - 1.2 Ruang Lingkup
 - 1.3 Pengertian
2. Ketentuan-Ketentuan
 - 2.1 Umum
 - 2.2 Teknis
3. Cara Pengerjaan
 - 3.1 Mengumpulkan data Dan Informasi
 - 3.2 Kelayakan Teknik
 - 3.3 Kelayakan Ekonomi

3.4 Kelayakan Lingkungan

3.5 Usulan Kegiatan Proyek

Berikut ini adalah penjelasan dari evaluasi dan implementasi studi kelayakan :

1. Evaluasi

1.1 Deskripsi Rinci Dari Jenis Pekerjaan

1.2 Rencana Rekayasa Awal Untuk Memperkirakan Biaya Proyek

1.3 Identifikasi Survey Tambahan Dan Investigasi Untuk Rencana Rinci

1.4 Penilaian rinci mengenai syarat dan biaya O&M

1.5 Evaluasi Ekonomi Rinci Berdasarkan Pada Analisa Kerusakan Dan Kerugian Serta Analisis Dengan Atau Tanpa Proyek

1.6 Penyiapan Institusi Yang Diperlukan

1.7 Penilaian Dampak Lingkungan Pada Sumber Air Penerima

2. Implementasi

2.1 Kriteria Desain Untuk DED

2.2 Jadwal Waktu Pelaksanaan

2.3 Tahap Pelaksanaan

2.4 Keuangan Pada Tahap Masing-Masing Item Pekerjaan

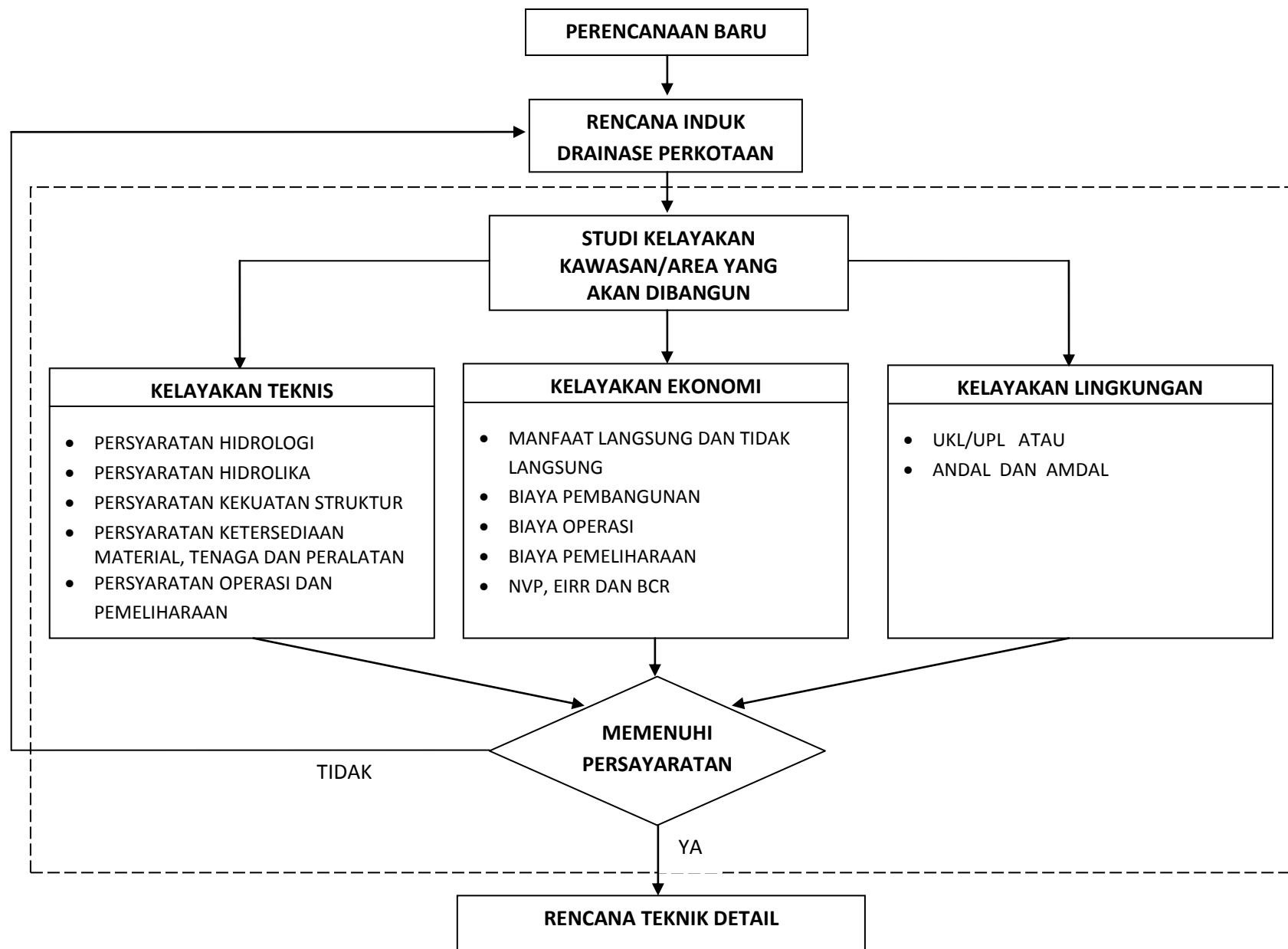
2.5 Indikasi Bahwa Tujuan Tercapai Pada Tahap Masing-Masing item Pelaksanaan

2.6 Manfaat Sementara Untuk Penduduk Perkotaan

2.7 Jadwal dan Persyaratan Untuk meng-*update* Perencanaan

Bagan Alir Tata Cara Penyusunan Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan

Bagan alir proses penyusunan tata cara pembuatan studi kelayakan sistem drainase perkotaan seperti terlihat dalam Gambar 4.



Gambar 4. Proses Penyusunan Tata Cara Penyusunan Studi Kelayakan Sistem Drainase Perkotaan

C. TATA CARA PENYUSUNAN PERENCANAAN TEKNIK TERINCI SISTEM DRAINASE PERKOTAAN

1. KETENTUAN-KETENTUAN

1.1. Umum

Ketentuan-ketentuan umum yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- 1) Untuk dapat membuat perencanaan teknik sistem drainase, harus dilakukan dahulu rencana induk sistem drainase perkotaan, studi kelayakan dan kondisi lokal lokasi perencanaan.
- 2) Pengesahan laporan perencanaan teknis harus oleh penanggung jawab yang ditunjuk instansi yang berwenang.

1.2. Teknis

1.2.1. Data dan informasi

Data dan informasi yang diperlukan sebagai berikut:

- 1) Data klimatologi yang terdiri dari data hujan, angin, kelembaban dan temperatur dari stasiun klimatologi atau badan meteorologi dan geofisika terdekat.
- 2) Data kondisi aliran terdiri dari data tinggi muka air, debit sugai, laju sedimentasi, pengaruh air balik, peil banjir.
- 3) Data kondisi daerah terdiri dari: karakteristik daerah aliran, pasang surut dan data genangan.
- 4) Data sistem drainase yang ada yaitu: hasil rencana induk dan studi kelayakan, data kondisi saluran dan data kuantitatif banjir yaitu genangan berikut permasalahannya.
- 5) Data peta yang terdiri peta dasar (peta daerah kerja) peta sistem drainase dan sistem jaringan yang ada, peta tata guna lahan, peta topografi yang disesuaikan dengan tipologi kota dengan skala antara 1 : 5.000 sampai dengan 1 : 10.000.
- 6) Data kependudukan yang terdiri dari jumlah, kepadatan, laju pertumbuhan, penyebaran dan data kepadatan bangunan.bulat, setengah lingkaran dan segitiga atau kombinasi dari masing-masing bentuk tersebut.

1.2.2. Pengukuran

Pengukuran situasi dengan poligon tertutup untuk menggambarkan posisi saluran dengan ketentuan sebagai berikut:

- 1) Pengukuran yang dilaksanakan harus dapat memberikan gambaran yang cukup jelas tentang keadaan medan lapangan yang diukur dan sesuai dengan keperluan perencanaan saluran drainase.
- 2) Pengukuran saluran meliputi pengukuran profil memanjang dan profil melintang dan pengukuran peta situasi. Pengukuran profil melintang dilaksanakan pada jalur lurus setiap 50 m, dan kurang dari 50 m untuk jalur belokan atau daerah padat.
- 3) Toleransi kesalahan pengukuran levelling maksimum $7\Phi d$ (mm), dengan d adalah jarak yang diukur dalam Km.
- 4) Toleransi kesalahan penutupan sudut poligon sebesar maksimal $10\Phi n$ (detik), dengan n adalah jumlah titik poligon.
- 5) Pengukuran menggunakan suatu titik acuan ketinggian dan koordinat tertentu yang terikat dengan titik triangulasi yang ada, bila titik triangulasi tidak ada, dapat dipakai titik acuan yang ada yang telah mendapat ketetapan dari Pemda setempat.

1.2.3. Penggambaran

Ketentuan yang diperlukan dalam penggambaran sebagai berikut:

- 1) Peta sistem drainase, jaringan jalan, tata guna tanah dan topografi (kontur setiap 0,5 m sampai 2 m) dibuat dengan skala 1 : 5.000 sampai 1 : 10.000.
- 2) Gambar potongan memanjang saluran, horizontal 1 : 1.000, vertikal 1 : 100.
- 3) Gambar potongan melintang saluran, horizontal dan vertikal : skala 1 : 100.
- 4) Gambar detail bangunan, skala 1 : 10 sampai 1 : 100.

1.2.4. Penyelidikan Tanah

Ketentuan yang perlu dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Pengambilan sampel dipilih pada tempat-tempat yang akan memikul konstruksi bangunan pelengkap saluran seperti : jembatan, rumah pompa, gorong-gorong yang relatif besar, dinding penahan tanah dan lainnya.
- 2) Minimal dua sampel untuk daerah yang labil untuk menentukan konstruksi saluran.
- 3) Jenis penyelidikan tergantung dari jenis konstruksi.

1.2.5. Kriteria Perencanaan Hidrologi

Kriteria perencanaan hidrologi terdiri dari:

- 1) Hujan dengan ketentuan sebagai berikut :
 - (1). Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan sekurang-kurangnya 10 tahun.
 - (2). Analisis frekuensi terhadap curah hujan, menggunakan Metode Gumbel untuk kala ulang 2, 5, 10 dan 20 tahun. Rumus Metode Gumbel adalah sebagai berikut:

$$X_t = X + kS_X$$

Bila:

Xt = x yang terjadi dalam kala ulang t tahun.

X = rata-rata dari seri data Xi.

Xi = seri data maksimum tiap tahun.

Sx = simpangan baku.

n = jumlah data.

Atau

$$Sx = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (Xi-x)^2}{n-1}}$$

$$k = \frac{Yt-Yn}{Sn}$$

$$Yt = -\ln\left(-\ln\left(\frac{t-1}{t}\right)\right)$$

Bila :

k = konstanta yang dapat dibaca dari Tabel 9.

Yn dan Sn = besaran yang merupakan fungsi dari jumlah pengamatan (n).

Yt = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas; besaran Yt, k; Sn; Yn, (lihat Tabel 8, 10, 11, sampai Tabel 12).

t = jumlah tahun kala ulang.

Tabel 8. Harga Yt Sebagai Fungsi T

T	Yt	T	Yt
1,01	-1,53	20	2,97
1,58	0,0	50	3,90
2,00	0,37	100	4,60
5,00	1,50	200	5,30
10,00	2,25		

Sumber : "Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir"

Tabel 9. Faktor Frekuensi Untuk Nilai Ekstrim (k)

n.	KALA ULANG						
	10	20	25	50	75	100	1000
15	1,703	2,410	2,632	3,321	3,721	4,005	6,265
20	1,625	2,302	2,517	3,179	3,563	3,836	6,006
25	1,575	2,235	2,444	3,088	3,463	3,729	5,843
30	1,541	2,188	2,393	3,026	3,393	3,653	5,727
40	1,495	2,126	2,326	2,943	3,301	3,554	5,467
50	1,466	2,086	2,283	2,889	3,241	3,491	5,478
60	1,466	2,059	2,253	2,852	3,200	3,446	
70	1,430	2,038	2,230	2,824	3,169	3,413	5,359
75	1,423	2,029	2,220	2,812	3,155	3,400	
100	1,401	1,998	2,187	2,770	3,109	3,349	5,261

Sumber : “Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir”

Tabel 10. Simpangan Baku Tereduksi (Sn)

n.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0,94	0,96	0,98	0,99	1,00	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05
20	1,06	1,06	1,07	1,08	1,08	1,09	1,09	1,10	1,10	1,10
30	1,11	1,11	1,11	1,12	1,12	1,12	1,13	1,13	1,13	1,13
40	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,15	1,15	1,15	1,15	1,15
50	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16	1,16
60	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17	1,17
70	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18	1,18
80	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19	1,19
90	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
100	1,20									

Sumber : “Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir”

Tabel 11. Rata-rata tereduksi yn

0.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	n.
,495	,499	,503	,507	,510	,512	,515	,518	,520	,522	10
,523	,525	,526	,528	,529	,530	,532	,533	,534	,535	20
,536	,537	,538	,538	,539	,540	,541	,541	,542	,543	30
,543	,544	544	,545	,545	,546	,546	,547	,547	,548	40
,548	,549	,549	,549	,550	,550	,550	,551	,551	,551	50
,552	,552	,552	,553	,553	,553	,553	,554	,554	,554	60
,554	,555	,555	,555	,555	,555	,555	,556	,556	,556	70
,556	,557	,557	,557	,557	,558	,558	,558	,558	,558	80
,558	,558	,558	,559	,559	,559	,559	,559	,559	,559	90
,560										100

Sumber : “Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir”

Tabel 12. Hubungan Antara Kala Ulang Dengan Faktor Reduksi (Yt)

KALA ULANG (TAHUN)	FAKTOR REDUKSI (Yt)
2	0,3665
5	1,4999
10	2,2502
25	3,1985
50	3,9019
100	4,6001

Sumber : “Standar SK SNI M-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir”

2) Debit banjir dengan ketentuan sebagai berikut :

(1). Debit rencana dihitung dengan metode rasional atau metode rasional yang telah dimodifikasi atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan.

a. Metode Rasional persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Q_p = 0,00278 C \cdot I \cdot A$$

Bila :

Q_p = debit puncak banjir (m³/dt).

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm)

$$C_{eq} = \frac{A_1 \times C_1 + A_2 \times C_2 + A_3 \times C_3 + \dots + A_n \times C_n}{\sum_{i=1}^n A_i}$$

Bila :

C_{eq} = koefisien limpasan ekuivalen.

$C_1, C_2, C_3, \dots, C_n$ = koefisien limpasan masing-masing sub-DPSal.

$A_1, A_2, A_3, \dots, A_n$ = luas sub-DPSal dalam ha.

- Waktu konsentrasi (t_c) persamaannya menurut Kirpich (1940) adalah sebagai berikut:

$$t_c = 0,0195 L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

atau

$$t_c = t_0 + t_d$$

Bila :

t_c = waktu konsentrasi dalam menit.

L = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau dalam meter.

S = kemiringan dasar saluran.

t_0 = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (*inlet time*) dalam menit.

t_d = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit, atau

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per-menit.

- Intensitas curah hujan, dinyatakan dalam satuan mm/jam, yang dihitung dengan persamaan dari Mononobe sebagai berikut:

$$td = \frac{L}{V}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Bila:

I = intensitas curah hujan dalam mm/jam.

R24 = curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang t tahun.

tc = waktu konsentrasi dalam jam.

b. *Modified Rational Method* atau *rational method* yang dimodifikasi persamaannya sebagai berikut:

$$Q_p = 0,00278 C_s \cdot C \cdot I \cdot A$$

Qp = debit puncak banjir (m³/dt).

Cs = koefisien tampungan (*storage coefficient*).

Atau

$$C_s = \frac{2tc}{2tc + td}$$

tc = waktu konsentrasi dalam menit.

td = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau dalam menit.

C = koefisien limpasan.

I = intensitas hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam).

A = luas daerah pengaliran saluran/DPSal (ha).

$$tc = t_0 + t_d$$

t0 = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (*inlet time*) dalam menit.

td = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit, atau

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per-menit.

$$t_d = \frac{L}{V}$$

(2). Koefisien limpasan (*run off*) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan. Dalam Tabel 13 dapat dilihat Tabel koefisien limpasan.

Tabel 13. Nilai Koefisien Limpasan

Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
Perdagangan		Jalan	
Daerah kota	0,70 – 0,95	Aspalt	0,70 – 0,95
Derah dekat kota	0,50 - 0,70	Beton	0,80 – 0,95
Pemukiman		Batu bata	0,70 – 0,85
Rumah tinggal	0,30 – 0,50	Batu kerikil	0,15 – 0,35
terpencar	0,40 – 0,60	Jalan raya dan trotoar	0,70 – 0,85

Kondisi Daerah	Koefisien Pengaliran	Sifat Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran
Kompleks perumahan Pemukiman(suburban) Apartemen	0,25 – 0,40 0,50 – 0,70	Atap Lapangan rumput, tanah berpasir	0,75 – 0,95
Industri		Kemiringan 2 persen	0,05 – 0,10
Industri ringan	0,50 – 0,80	Rata-rata 2 – 7 persen	0,10 – 0,15
Industri berat	0,60 – 0,90	Curam (7 persen)	0,15 – 0,20
Taman, kuburan	0,10 – 0,25	Lapangan rumput,	0,13 – 0,17
Lapangan bermain	0,10 – 0,25	tanah keras.	0,18 – 0,22
Daerah halaman KA	0,20 – 0,40	Kemiringan 2 persen	0,25 – 0,35
Daerah tidak terawat	0,10 – 0,30	Rata-rata 2 – 7 persen Curam (7 persen)	

Sumber : “Urban Drainage Guidelines and Technical Design Standards “, Dep.PU, Jakarta, November, 1994

(3). Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus Kirpich seperti berikut:

$$t_c = 0,0195L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

atau

$$t_c = t_0 + t_d$$

Bila :

tc = waktu konsentrasi dalam menit.

L = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau dalam meter.

S = kemiringan dasar saluran.

to = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (inlet time) dalam menit.

td = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (conduit time) dalam menit, atau

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per-menit.

$$t_d = \frac{L}{V}$$

(4). Perhitungan intensitas hujan ditinjau dengan menggunakan metode Mononobe, adalah sebagai berikut:

Bila:

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

I = intensitas curah hujan dalam mm/jam.

R24 = curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang t tahun.

tc = waktu konsentrasi dalam jam

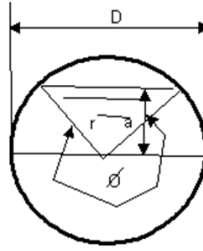
1.2.6. Kriteria Perencanaan Hidrolika

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut:

- 1) Bentuk saluran drainase umumnya: trapesium, segiempat, lingkaran, dan segitiga. Bentuk dan rumusnya adalah sebagai berikut:

Rumus Luas Profil Basah

- (1) luas profil basah berbentuk lingkaran.



Gambar 5. Profil Basah Berbentuk Lingkaran

$$a = r \sin \left(\frac{\Phi - 180^\circ}{2} \right)$$

Bila:

a = tinggi air (dalam m).

Φ = sudut ketinggian air (dalam radial)= y

r = jari-jari lingkaran (dalam m).

A = luas profil basah (dalam m²) = $\frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\Phi P}{180} - \sin \Phi \right)$.

P = keliling basah (dalam m) = $r \Phi = r \cdot \frac{\Phi P}{180}$

Penjelasan:

- $R = A/P$ = jari-jari hidrolis (dalam m).

Atau

$$A = \frac{1}{2} r^2 (y - \sin y)$$

$$A = \frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\psi \pi}{180^\circ} - \sin \psi \right)$$

- $P = r \frac{\pi \psi}{180^\circ} = r \psi$

Jika dihitung dengan bagian radial ($360^\circ = 2\pi$ bagian radial).

atau

$$R = \frac{A}{P} = \frac{\frac{1}{2} r^2 \left(\frac{\Phi P}{180^\circ} - \sin \Phi \right)}{r \frac{P \Phi}{180^\circ}}$$

- Kecepatan rata-rata yang paling besar (V_{maks}), jika luas profil basah, A , mempunyai harga jari-jari hidrolis, R yang terbesar. Dengan perkataan lain, kecepatan aliran terbesar akan ada jika:

$$R = \frac{1}{2} r \left(1 - \frac{180^\circ}{\pi \psi} \right) \sin \psi = \frac{1}{2} \left(1 - \frac{\sin \psi}{\psi} \right)$$

Setelah dihitung terdapat $\Psi = 2570\ 30'$, sedangkan $\sin 257,50 = -\sin 770\ 30'$ jadi:

$$R_{maks} = \frac{1}{2}r\left(-\frac{\sin \psi}{\psi}\right) = \frac{1}{2}\left(1 - \frac{\sin 257,5^\circ}{257,5^\circ}\right)$$

atau

$$R_{maks} = \frac{1}{2}r(1 + 0,222 \times 0,976) = \frac{1}{2}r \times 1,22$$

- Untuk pipa yang terisi air penuh, jari-jari hidrolis,

$$R_p = \frac{Ap}{Pp} = \frac{r^2}{2r} = \frac{1}{2}r$$

$$R_{maks} = \left(\frac{1}{2}r \times 1,22 + \frac{1}{2}r\right)R_p = 1,22R_p$$

$$\frac{dR}{d\psi} = 0, \text{ jadi } \frac{dR}{d\psi} = \frac{1}{2}r \frac{(\psi \cos \psi - \sin \psi)}{\psi^2} = \psi \cos \psi - \sin \psi = 0,$$

- Kecepatan rata-rata pada pipa terisi air penuh

$$V_p = KR_p^{2/3}S^{1/2}, \text{ dan } V_{maks} = K(R_{maks})^{2/3}S^{1/2} =$$

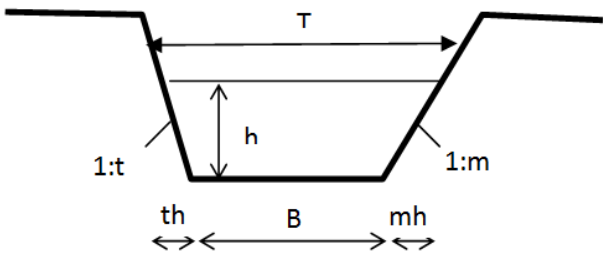
$$K(1,22R_p)^{2/3}S^{1/2} = 1,14KR_p^{2/3}S^{1/2} \text{ atau } V_{maks} = 1,14V_p$$

Aliran atau debit terbesar (Q) terjadi apabila $dQ/d\psi = 0$, ini berarti bahwa:

Q terbesar akan terdapat, jika terdapat $\phi = 3080\ 9'$ (hasil hitungan).

- Untuk menghitung Q maks dapat dilakukan perhitungan dengan $Q_{maks} = A \times V$. Debit Q yang terbesar bukan karena A_{maks} atau V_{maks} , akan tetapi $A \times V$ yang terbesar hasilnya yang menentukan:
- Pada pipa yang terisi penuh air, banyaknya aliran atau debit:
 $Q_{maks} = 1,077Q_p \text{ atau } \propto 1,08Q_p$

(2) luas profil basah berbentuk trapesium



Gambar 6. Profil Saluran Drainase Berbentuk Trapesium

- Luas profil basah berbentuk trapesium dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut:

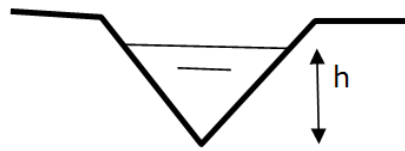
$$A = \frac{(B+T)}{2} \times h \dots\dots\dots (32)$$

Bila:

A = luas profil basah (m^2).
 B = lebar dasar saluran (m).
 h = tinggi air di dalam saluran (m).
 T = $(B + m h + t h)$ = lebar atas muka air.
 m = kemiringan talud kanan.
 t = kemiringan talud kiri.

(3) luas profil basah berbentuk segitiga

Luas profil basah berbentuk segitiga dapat dinyatakan sebagai berikut:



Gambar 7. Profil Basah Berbentuk Segitiga

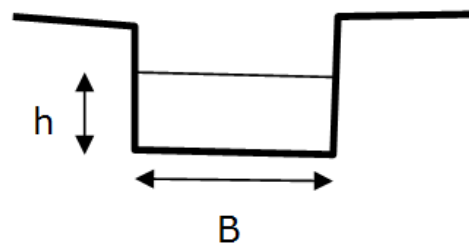
$$A = \frac{1}{2} \times T \times h$$

Bila:

A = luas profil basah (m^2).
 B = 0 (nol).
 h = tinggi air di dalam saluran (m).
 T = $(B + m h + t h)$.
 m = kemiringan talud kanan.
 t = kemiringan talud kiri.

(4) Luas profil basah berbentuk segiempat

Luas profil basah berbentuk segiempat dapat dinyatakan dalam rumus sebagai berikut :



Gambar 8. Profil Basah Berbentuk Segiempat

$$A = B \times h$$

Bila:

A = luas profil basah (m^2).

- B = lebar dasar saluran (m).
- h = tinggi air di dalam saluran (m).
- T = B.
- m = 0 (nol) dan
- t = 0 (nol).

2) Kecepatan saluran rata-rata dihitung dengan rumus Chezy, Manning dan Strickler. Rumusnya adalah sebagai berikut:

(1) Rumus Chezy

$$V = C\sqrt{RI},$$

Bila :

- V = kecepatan aliran dalam m/dt
- C = koefisien Chezy;
- R = jari-jari hidrolis dalam m;
- A = profil basah saluran dalam m²;
- P = keliling basah dalam m;
- I = kemiringan dasar saluran.

Beberapa ahli telah mengusulkan beberapa bentuk koefisien *Chezy* dari rumus umum $V = C$, antara lain : *Bazin*, *Manning* dan *Strickler*.

(2) Rumus *Bazin*

Bazin mengusulkan rumus berikut ini :

$$C = \frac{87}{1 + \frac{gB}{\sqrt{R}}},$$

dengan gB adalah koefisien yang tergantung pada kekasaran dinding. Nilai gB untuk beberapa jenis dinding saluran dapat dilihat dalam Tabel 14.

Tabel 14. Koefisien Kekasaran Bazin

Jenis Dinding	gB
Dinding sangat halus (semen)	0,06
Dinding halus (papan, batu, bata)	0,16
Dinding batu pecah	0,46
Dinding tanah sangat teratur	0,85
Saluran tanah dengan kondisi biasa	1,30
Saluran tanah dengan dasar batu pecah dan tebing rumput	1,75

Sumber : “Standar SK SNIM-18-1989-F, Metode Perhitungan Debit Banjir”

(3) Rumus *Manning*

- Seorang ahli dari Islandia, *Robert Manning* mengusulkan rumus berikut ini:

$$C = \frac{i}{n} R^{2/3}$$

- Dengan koefisien tersebut maka rumus kecepatan aliran menjadi :

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} I^{1/2},$$

rumus ini dikenal dengan rumus *Manning*

Bila :

n = koefisien Manning dapat dilihat dalam Tabel 15;

R = jari-jari hidrolis dalam m;

A = profil basah saluran dalam m²;

P = keliling basah dalam m;

I = kemiringan dasar saluran.

Tabel 15. Koefisien Kekasaran Bazin

Bahan	Koefisien Manning, n
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Saluran beton	0,013
Bata dilapis mortar	0,015
Pasangan batu disemen	0,025
Saluran tanah bersih	0,022
Saluran tanah	0,030
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,040
Saluran pada galian batu padas	0,040

Sumber : “Hidraulika”, Prof.Dr.Ir. Bambang Triatmodjo,CES,DEA

(4) Rumus Strickler

Strickler mencari hubungan antara nilai koefisien n dari rumus Manning sebagai fungsi dari dimensi material yang membentuk dinding saluran. Untuk dinding saluran dari material yang tidak koheren, koefisien Strickler, ks diberikan oleh rumus :

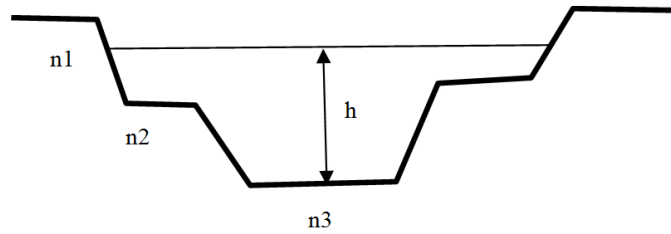
$$ks = \frac{1}{n}, \text{ sehingga rumus kecepatan aliran menjadi :}$$

$$V = ks R^{2/3}I^{1/2}$$

- Apabila di dalam saluran existing terdapat nilai kekasaran dinding atau koefisien Manning yang berbeda satu dengan lainnya, maka dicari nilai kekasaran dinding ekuivalen (neq).

(1) Rumus Kekasaran Dinding Ekuivalen (n)

Bentuk profil saluran seperti dalam Gambar 9, maka untuk mencari nilai kekasaran dinding ekuivalen digunakan rumus:



Gambar 9. Penampang Profil Basah Majemuk

$$n = \frac{(\sum n_i^{3/2} P_i)^{2/3}}{P^{2/3}}$$

Bila:

n = nilai kekasaran dinding ekuivalen.

P_t = total keliling basah dalam m.

n_i = kekasaran dinding pada sub-profil basah i .

P_i = panjang keliling basah pada sub-profil basah i .

(2) Rumus Aliran (Q)

Untuk menghitung debit profil majemuk *existing* pada saluran drainase perkotaan digunakan rumus kontinuitas dengan mengalikan luas profil basah dengan kecepatan rata-rata menggunakan rumus Manning dan koefisien kekasaran ekuivalen (n_{eq}). Rumus alirannya adalah sebagai berikut:

$$Q_t = A_t \frac{1}{n_{eq}} R_t^{2/3} S^{1/2}$$

Q_t = total dalam m^3/dt

A_t = luas profil basah total dari masing-masing sub-profil basah dalam m^2 .

R_t = total jari-jari hidraulik dari masing-masing sub-profil basah dalam m.

S = kemiringan rata-rata dasar saluran.

n_{eq} = kekasaran dinding ekuivalen yang nilainya dinyatakan dalam persamaan:

$$n_{eq} = \frac{A_t (R_t)^{2/3}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{n_i} A_i R_i^{2/3}}$$

(3) Aliran kritis, sub-kritis dan super-kritis dinyatakan dengan bilangan Froude. Aliran kritis apabila Froude number, $Fr=1$; aliran sub-kritis

apabila Froude number <1 dan aliran super-kritis apabila Froude number >1 .

$$\text{Froude number, } = \frac{V}{\sqrt{gD}};$$

Bila :

V = kecepatan aliran dalam m/dt;

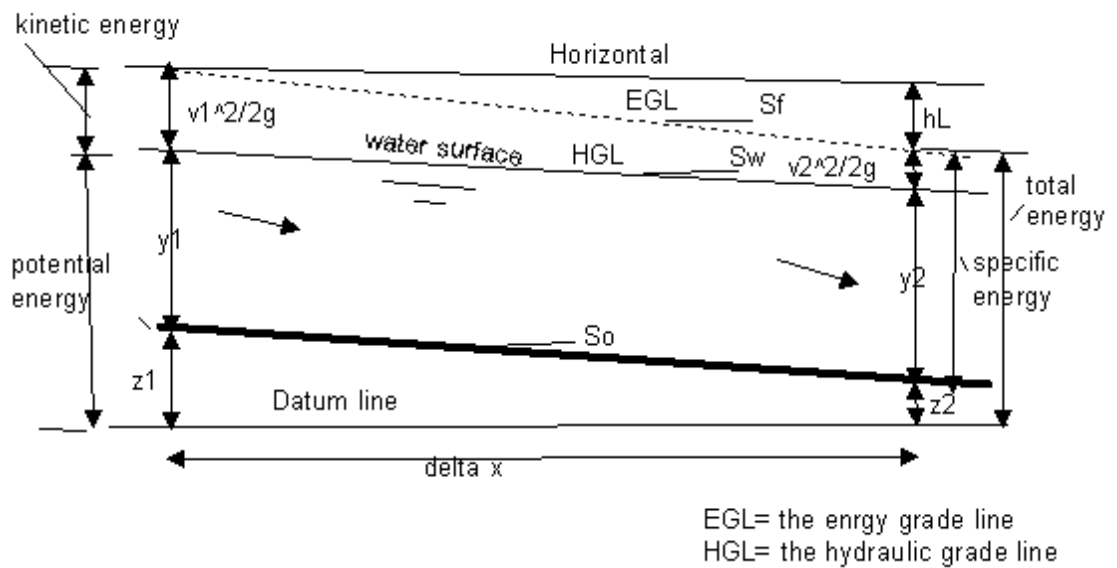
$\sqrt{gD}$ = cepat rambat gelombang dalam m/dt;

$D = A/T$ = kedalaman hidraulis dalam m;

A = luas profil basah dalam m^2 ;

T = lebar muka air dari tampang saluran.

- 4) Saluran drainase yang terpengaruh oleh pengempangan (*back water effect*) dapat diperhitungkan dengan *Standard Step* atau *Direct Step Method*.



Gambar 10. Energy Of Open Channel Flow

$$\text{Energi spesifik, } E = y + \frac{v^2}{2g}$$

- (1) Direct Step Method

Persamaan metode ini adalah sebagai berikut

$$\frac{E}{x} = S_o - S_f$$

Bila :

$x=\Delta x$ = panjang ruas saluran antara profil 1 dan profil 2 dalam m;

Hukum Bernoulli :

$$Z_1 + y_1 + \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + h_f$$

$$Z_1 - Z_2 = S_o \Delta x$$

$h_L = S_w \cdot \Delta x$, maka:

$$S_o \Delta x + y_1 + \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + \frac{v_2^2}{2g} + S_f \Delta x \rightarrow \Delta x = \frac{\left(y_2 + \frac{v_2^2}{2g}\right) - \left(y_1 + \frac{v_1^2}{2g}\right)}{S_o - S_f} \text{ atau}$$

$$\Delta x = \frac{\frac{E_2 - E_1}{S_o - S_f}}$$

Kedalaman normal

a) Saluran segiempat :

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = B y \frac{1}{n} \left(\frac{B y}{B + 2y} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

b) Saluran trapesium:

$$Q = A \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} = y_n (B + m y_n) \frac{1}{n} \left(\frac{(B + 2m y_n) y_n}{B + 2y_n \sqrt{1 + m^2}} \right)^{2/3} S^{1/2}$$

Kedalaman kritis

$$y_c = \sqrt[3]{\frac{Q^2 (B + 2m y_c)}{g (B + m y_c)^3}}$$

c) Friction slope, $S_f = \frac{n^2 V^2}{R^{4/3}}$

(2) Standard Step Method

Pada Gambar 1 memperlihatkan potongan ruas saluran 1 dan 2, persamaan *total head* potongan 1 dan 2 adalah sebagai berikut:

$$S_o \Delta x + y_1 + a_1 \frac{v_1^2}{2g} = y_2 + a_2 \frac{v_2^2}{2g} + S_f \Delta x;$$

Bila : a_1, a_2 = koefisien energi pada potongan 1 dan potongan 2.

Elevasi muka air di atas datum pada potongan 1 dan potongan 2, persamaannya adalah sebagai berikut:

$$Z_1 = S_o \Delta x + y_1 + z_2;$$

$$Z_2 = y_2 + z_2.$$

$$\text{Friction loss : } h_f = S_f \Delta x + \frac{1}{2} (S_{f1} + S_{f2}) \Delta x;$$

Bila : S_{f1}, S_{f2} = kemiringan friksi (*friction slope*) pada potongan 1 dan potongan 2.

Kemiringan friksi rata-rata, $\overline{S_f}$, adalah rata-rata kemiringan friksi potongan 1 dan potongan 2 :

$$\overline{S_f} = \frac{n^2 \cdot V^2}{R^{4/3}} \text{ (METRIC)}$$

Bila:

$\overline{S_f}$ = kemiringan friksi rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2;

$\bar{V}$ = kecepatan rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2;

$\bar{R}$ = jari-jari hidraulis rata-rata pada potongan 1 dan potongan 2.

Persamaan *total head* menjadi :

$$Z_1 + a_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + a_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_f + h_o;$$

Bila : $h_o = \text{eddy loss (m)}$.

Eddy loss sangat tergantung dari perubahan *velocity head (velocity head change)* dan biasanya $h_o = 0$ dalam perhitungan.

Total head pada penampang 1 dan penampang 2 menjadi :

$$H_1 = Z_1 + a_1 \frac{V_1^2}{2g}$$

$$H_2 = Z_2 + a_2 \frac{V_2^2}{2g}$$

Maka persamaan total menjadi :

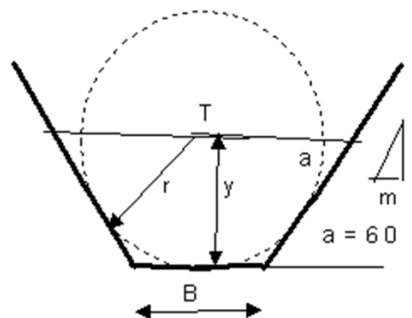
$$H_1 = H_2 + h_f + h_o$$

- 5) Penampang saluran terbaik atau penampang saluran ekonomis adalah penampang saluran yang mempunyai keliling basah minimum akan memberikan daya tampung maksimum kepada penampang saluran.

(1) Bentuk Trapesium

Untuk saluran ekonomis berbentuk trapesium seperti dalam Gambar, dengan lebar dasar B, kedalaman y, dan kemiringan tebing $\text{tga} = 1/m$, sehingga sudut $\alpha = 60^\circ$.

Luas Profil Basah, $A = y(B + my)$;



Gambar 11. Saluran ekonomis Berbentuk Trapesium

Parameter atau geometric elements dari saluran ekonomis berbentuk trapesium seperti terlihat dalam Tabel 16.

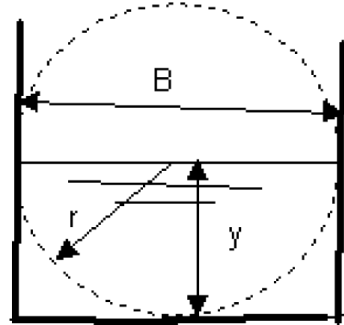
(2) Bentuk Segiempat

Saluran dengan bentuk segiempat biasanya digunakan untuk saluran yang terbuat dari pasangan batu atau beton seperti terlihat dalam Gambar 12.

Luas Tampang Basah : $A = By$

Keliling Basah : $P = B+2y$

Lebar $B = 2y$

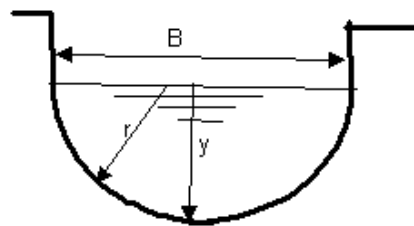


Gambar 12. Saluran Ekonomis Berbentuk Segiempat

Parameter atau *geometric elements* dari saluran ekonomis berbentuk segiempat seperti terlihat dalam Tabel 16.

(3) Bentuk Setengah Lingkaran

Dari semua bentuk tampang lintang yang ada, bentuk setengah lingkaran mempunyai keliling basah terkecil untuk luas tampang tertentu.

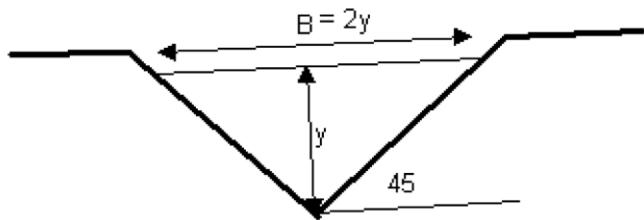


Gambar 13. Saluran Ekonomis Bentuk $\frac{1}{2}$ Lingkaran

Dalam hal ini, $r=y$, $A=1/2py^2$; $P=py$ dan $R=y/2$.

Parameter atau *geometric elements* dari saluran ekonomis berbentuk setengah lingkaran seperti terlihat dalam Tabel 16.

(4) Bentuk Segitiga



Gambar 14. Saluran ekonomis Bentuk Segitiga

Tabel 16 memperlihatkan formula penampang saluran ekonomis untuk profil trapesium, segiempat, setengah lingkaran dan segitiga.

Tabel 16. Penampang Melintang Ekonomis Untuk Saluran Trapesium, Segiempat Dan Segitiga dan Setengah Lingkaran

Penampang Melintang Saluran	Luas Penampang Basah (A)	Keliling Basah (P)	Jari-Jari Hidraulis (R)	Lebar Atas Muka Air (T)	Kedalaman Hidraulis (D)	Section Factor (Z)
1	2	3	4	5	6	7
Trapesium	$y^2\sqrt{3}$	$2y\sqrt{3}$	$\frac{1}{2}y$	$\frac{4}{3}y\sqrt{3}$	$\frac{3}{4}y$	$\frac{3}{2}y^{2.5}$
Segi empat	$2y^2$	$4y$	$\frac{1}{2}y$	$2y$	y	$2y^{2.5}$
Segi tiga	y^2	$2y\sqrt{2}$	$\frac{1}{4}y\sqrt{2}$	$2y$	$1/2y$	$\frac{\sqrt{2}}{2}y^{2.5}$
Setengah Lingkaran	$p/2y^2$	py	$1/2y$	$2y$	$p/4y$	$p/4y^{2.5}$

Sumber: “Urban Drainage Guidelines And Technical Design Standards”, CIDA, Nopember 1994.

- 6) Ruang bebas saluran (*freeboard*) berkisar antara 0,30 sampai dengan 1,20 m tergantung dari dalam dan lebarnya saluran, atau dengan menggunakan rumus seperti berikut ini :

$$F_r = \sqrt{C_f \cdot y}$$

Bila:

Fr = ruang bebas (m)

y = kedalaman aliran rencana (m)

Cf = koefisien yang bervariasi dari 1,5 pada $Q = 60 \text{ m}^3/\text{dt}$ sampai dengan 2,5 untuk $Q = 85 \text{ m}^3/\text{dt}$

- 7) Kecepatan minimum yang diizinkan adalah kecepatan yang paling rendah yang akan mencegah pengendapan dan tidak menyebabkan berkembangnya tanaman-tanaman air. Kecepatan maksimum ditentukan oleh kekasaran dinding dan dasar. Untuk saluran tanah $V = 0,7 \text{ m/dt}$, pasangan batu kali $V = 2 \text{ m/dt}$ dan pasangan beton $V = 3 \text{ m/dt}$.

Kecepatan maksimum dan minimum saluran juga ditentukan oleh kemiringan talud saluran. seperti terlihat dalam tabel-tabel berikut ini:

Tabel.17
Jenis Saluran Terbuka

Jenis Saluran	Ruang Bebas	Kecepatan Max. Dan Min Yang Diizinkan	Kemiringan Talud	
			Material tanah pada galian	Kemiringan talud
Saluran Tanah (Yang tidak dilapisi)	Min. $F=\sqrt{cy}$ USBR Q(m3/dt) F(m) <0,5 0,40 0,5-1,5 0,50 1,5-5,0 0,60 5,0-10,0 0,75 10,0-15,0 0,85 >15,0 1,00	Min. V = 0,60 m/dt. Merujuk ke Tabel 2 untuk kecepatan maksimum yang diizinkan	Batu/Rock	1H:0,25V
			Tanah keras	1H:1H to 1H:2V
			Lempung keras	1H:1V to 1H:2V
			Pasir lempung	1H:1,5V to 1H:2,5V
			Pasir lumpur	1H:2V to 1H:3V
Tanah lembek	1H:3H to 1H:4H			
			Tanah Yang Dipadatkan	
			Kedalaman air+Ruang bebas, D,(m)	Min. Kemiringan Talud
			Df≤1,0	1V:1H
			1,0<D<2,0	1V:1,5H
			Df>2,0	1V:2H
Yang Dilapis	Min, $F=\sqrt{cy}$ F(m) USBR Q(m3/dt) 0,20 0,5-1,5 0,20 1,5-5,0 0,25 5,0-10,0 0,30 10,0-15,0 0,40 >15,0 0,50	Min.V=0,60-1,0 m/dt Max. V=3,0 m/dt	Kedalaman air, y(m) <0,4 m 0,4<y≤0,75	Min. Kemiringan talud Vertikal 1:1
Beton				
Pasangan batu kali	Sama dengan beton	Min.V=0,60 m/dt Max.V=2,0 m/dt		Sama dengan beton

Sumber: "Urban Drainage Guidelines And Technical Design Standards", CIDA, Nopember 1994.

Tabel 18. Kecepatan Maksimum Yang Diizinkan Atas Rekomendasi Fortie dan Scoby (1926) untuk *Straight Channels of Small Slope and After Aging*

Material	n	Air Bersih, V (m/dt)	Air Yang Membawa Lumpur Koloid, V(m/dt)
Pasir halus/baik (<i>noncolloidal</i>)	0,020	0,457	0,762
Pasir lempung (<i>noncolloida</i>)	0,020	0,533	0,762
Lumpur lempung	0,020	0,610	0,914
Lumpur alluvial (<i>noncolloida</i>)	0,020	0,610	1,07
Lempung keras ordinary	0,020	0,762	1,07
Abu vulkanik	0,020	0,762	1,07
Lempung keras (<i>vert colloidal</i>)	0,025	1,14	1,52

Material	n	Air Bersih, V (m/dt)	Air Yang Membawa Lumpur Koloid, V(m/dt)
Lumpur alluvial (<i>colloida</i>)	0,025	1,14	1,52
Shales and Hardpans	0,025	1,83	1,83
Kerikil halus	0,020	0,762	1,52
Graded Loam to Cobbles (bila <i>colloidal</i>)	0,030	1,14	1,52
Graded Silt to Cobbles (bila <i>colloidal</i>)	0,030	1,22	1,68
Krikil kasar (<i>noncolloidal</i>)			
<i>Cobbles and Shingles</i>	0,025	1,22	1,83
	0,035	1,52	1,68

Sumber: "Urban Drainage Guidelines And Technical Design Standards", CIDA, Nopember 1994.

8) Saluran dengan berbagai lapisan adalah saluran yang dilapis dengan beton, batu kali dan lapisan lainnya sedangkan dasar saluran dari tanah. Dengan menggunakan rumus Manning dan koefisien kekasaran yang tepat untuk masing-masing dinding saluran, debit dari tiap sub-penampang dapat dihitung sebagai berikut:

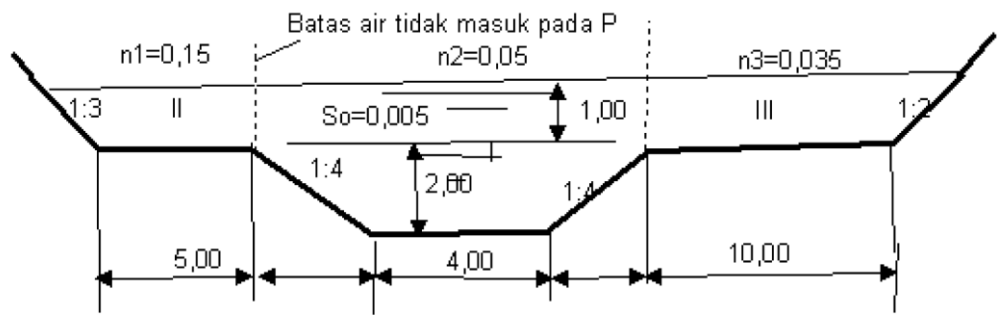
$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Bila:

Q_1 , Q_2 dan Q_3 = debit dari masing-masing sub-penampang melintang 1,2 dan 3.

Subsitusikan Q_1 , Q_2 dan Q_3 ke dalam persamaan *Manning*, maka diperoleh debit total menjadi:

$$Q = \frac{1}{n_1} A_1 R_1^{2/3} S_o^{1/2} + \frac{1}{n_2} A_2 R_2^{2/3} S_o^{1/2} + \frac{1}{n_3} A_3 R_3^{2/3} S_o^{1/2}$$



Gambar 15. Profil Melintang Saluran Ganda

1.2.7. Kriteria Perencanaan Struktur

Perlu diperhatikan bahwa dinding penahan tanah pasangan batu hanya dapat digunakan untuk ketinggian yang tidak terlalu besar (<5 m). Untuk dinding penahan tanah dari beton bertulang tidak ada batasnya.

Tiap-tiap potongan dinding horizontal akan menerima gaya-gaya antara lain sebagai berikut :

- Gaya vertikal akibat berat sendiri dinding penahan tanah.
- Gaya luar yang bekerja pada dinding penahan tanah.
- Gaya akibat tekanan tanah aktif.
- Gaya akibat tekanan tanah pasif.

1) Analisis Yang Diperlukan

Pada perencanaan dinding penahan tanah, beberapa analisis yang harus dilakukan adalah:

- a. Analisis kestabilan terhadap guling.
- b. Analisis ketahanan terhadap geser.
- c. Analisis kapasitas daya dukung tanah pada dasar dinding penahan.

(1). Kestabilan Terhadap Guling

Kestabilan struktur terhadap kemungkinan terguling dihitung dengan persamaan berikut:

$$SF_{guling} = \frac{\sum M_R}{\sum M_o}$$

$\sum M_o$ = jumlah dari momen-momen yang menyebabkan struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik O. $\sum M_o$ merupakan momen-momen yang disebabkan oleh gaya vertikal dari struktur dan berat tanah diatas struktur

$\sum M_R$ = jumlah dari momen-momen yang mencegah struktur terguling dengan titik pusat putaran di titik O. $\sum M_R$

(2). Ketahanan Terhadap Geser

Ketahanan struktur terhadap kemungkinan struktur bergeser dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$SF_{geser} = \frac{\sum F_R}{\sum F_D}$$

$\sum F_D$ = jumlah dari gaya-gaya horizontal yang menyebabkan struktur bergeser. $\sum F_D$ disebabkan oleh tekanan tanah aktif yang bekerja pada struktur.

$\sum F_R$ = jumlah gaya gaya horizontal yang mencegah struktur bergeser.

(3). Ketahanan Terhadap Geser

Tekanan yang disebabkan oleh gaya-gaya yang terjadi pada dinding penah ke tanah harus dipastikan lebih kecil dari daya dukung ijin tanah. Penentuan daya dukung ijin pada dasar dinding penahan/*abutmen* dilakukan seperti dalam perencanaan pondasi dangkal.

Hal pertama yang perlu diperiksa adalah eksentrisitas dari gaya-gaya ke pondasi yang dihitung dengan rumus berikut :

$$eks = \frac{B}{2} - \frac{M_{net}}{\sum V}$$

Tekanan ke tanah dihitung dengan rumus :

$$q_{min}^{maks} = \frac{\sum V}{B} + \left(1 \pm \frac{6 * eks}{B} \right)$$

Jika nilai eks > B/6 maka nilai q_{min} akan lebih kecil dari 0. Hal tersebut adalah sesuatu yang tidak diharapkan. Jika hal ini terjadi maka lebar dinding penahan B perlu diperbesar.

2. CARA Pengerjaan

2.1. Mengumpulkan Data dan Informasi

Kumpulkan data dan informasi yang ada kaitannya dengan perencanaan detail sesuai dengan butir 2.2.1.

2.2. Menghitung Debit Saluran Drainase

Perhitungan debit aliran berdasarkan kriteria hidrologi pada butir 2.2.5 dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 3) Cari data hujan di Badan Meteorologi dan Geofisik (BMG) setempat, minimum 10 tahun terakhir.
- 4) Tentukan kala ulang rencana saluran drainase, misalnya 10 tahun.
- 5) Hitung luas daerah pengaliran saluran (DPSal) dalam ha.
- 6) Hitung panjang saluran dalam m.
- 7) Hitung kemiringan dasar saluran rata-rata dari hasil pengukuran water pas.
- 8) Hitung waktu konsentrasi (t_c) dengan rumus Kirpich:

$$t_c = 0,0195L^{0,77} \cdot S^{-0,385}$$

Atau

$$t_c = t_0 + t_d$$

Bila :

T_c = waktu konsentrasi dalam menit.

L = panjang saluran dari titik yang terjauh sampai dengan titik yang ditinjau dalam meter.

S = kemiringan dasar saluran.

t_o = waktu pengaliran air yang mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran (*inlet time*) dalam menit.

t_d = waktu pengaliran air yang mengalir di dalam saluran sampai titik yang ditinjau (*conduit time*) dalam menit, atau

V = kecepatan air di dalam saluran dalam meter per menit.

$$t_d = \frac{L}{V};$$

9) Hitung intensitas hujan dengan rumus Mononobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

Bila:

I = intensitas curah hujan dalam mm/jam.

R_{24} = Curah hujan harian maksimum tahunan untuk kala ulang tahun.

t_c = waktu konsentrasi dalam jam.

10) Tentukan koefisien run off, C .

$$Q_p = 0,00278C \cdot I \cdot A$$

2.3. Bagan Alir Perhitungan Debit Aliran

Lihat Bagan Alir Perhitungan Debit Aliran Lihat Gambar 16.

2.4. Melaksanakan Pengukuran

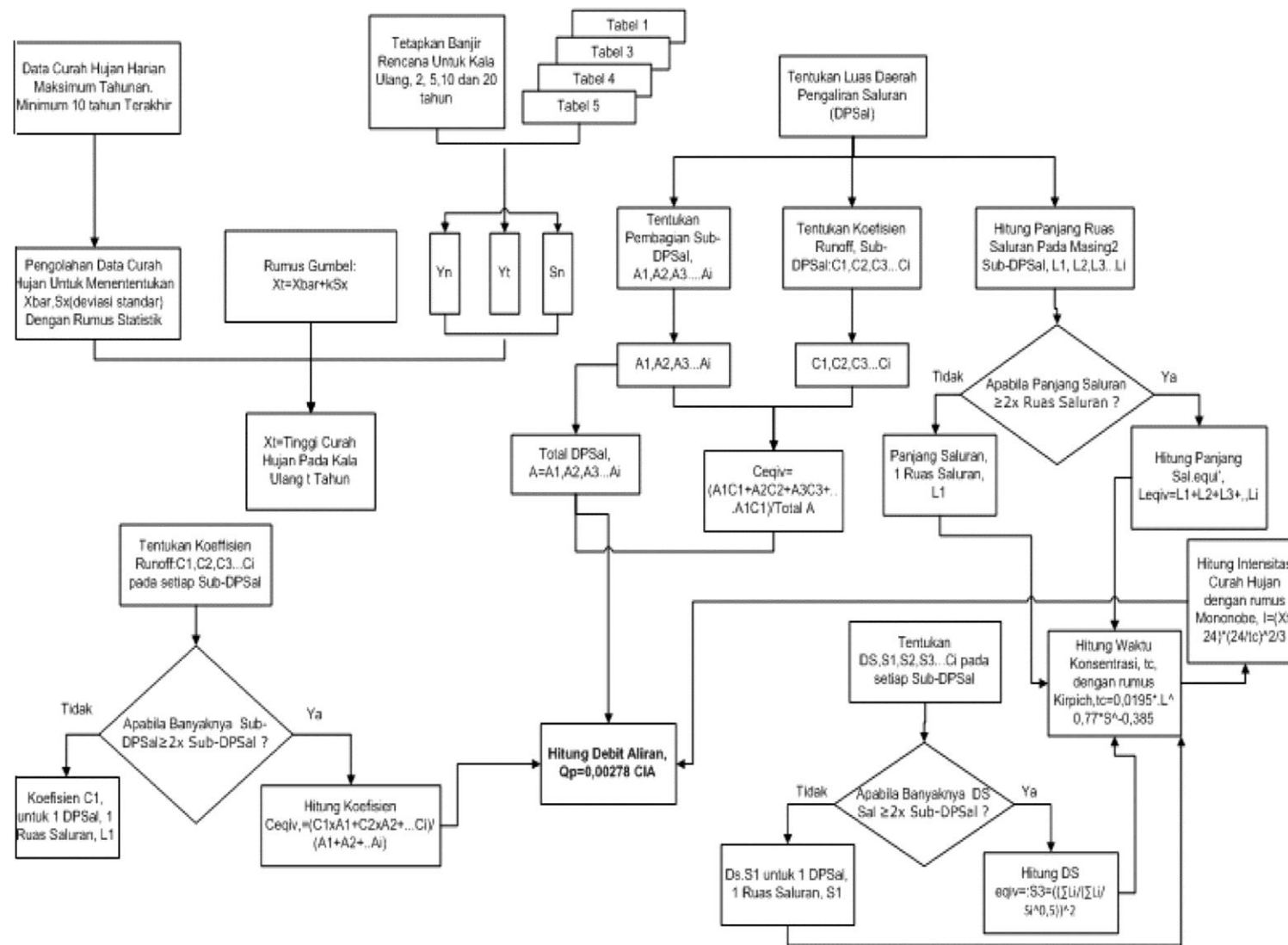
Pengukuran dilaksanakan sesuai ketentuan pada butir 2.2.2.

2.5. Menggambar Saluran

Penggambaran yang dilaksanakan sebagai berikut :

- 1) Gambarkan situasi detail lapangan berdasarkan pengukuran.
- 2) Gambarkan saluran yang ada, yang terdiri dari potongan memanjang dan melintang sesuai dengan ketentuan pada butir 2.2.3.
- 3) Gambarkan hasil desain dimensi saluran pada profil melintang dan memanjang dari hasil pengukuran lapangan.

- 4) Gambar detail saluran atau bangunan pelengkap dengan skala 1:10 dan atau skala 1:20.

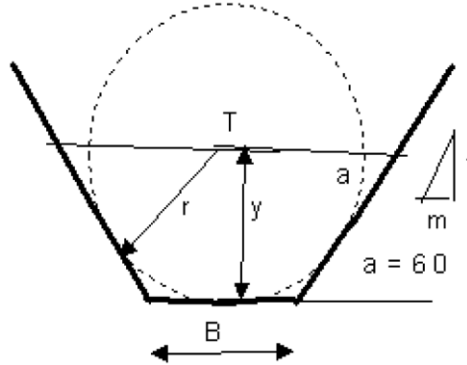


Gambar 16. Bagan Aliran Perhitungan Debit Aliran

2.6. Menghitung Dimensi Saluran Drainase

Perhitungan dimensi saluran drainase berbentuk trapesium dengan penampang ekonomis dilaksanakan sebagai berikut :

- 1) Tentukan debit saluran.
- 2) Penampang melintang ekonomis berbentuk trapesium sebagai berikut :
atau skala 1:20.



Gambar 17. Saluran ekonomis Bentuk Trapesium

- 3) Hitung profil basah, $A = (B+my)y$
- 4) Keliling basah, $p = (B+2\sqrt{y^2 + m^2y^2}) = B+2y\sqrt{1+m^2}$
- 5) Jari-jari hidraulis, $R = \frac{A}{P} = \frac{(B+my)y}{B+2y\sqrt{1+m^2}}$;
- 6) Lebar atas muka air, $T = B+2my$
- 7) Kecepatan aliran, $V = \frac{Q}{V} = \frac{Q}{(B+my)y} = 1/nR^{2/3}S^{1/2}$
- 8) Profil ekonomis berbentuk trapesium, rumusnya :

Luas profil basah, $A = y^2\sqrt{3} = (B+my)y$;

Keliling Basah, $P = 2y\sqrt{3} = B+2y\sqrt{(1+m^2)}$;

Jari-jari hidraulis, $R = 1/2y = \frac{(B+my)y}{B+2y\sqrt{1+m^2}}$

Lebar atas muka air, $T = \frac{4}{3}y\sqrt{3} = B+2my$

- 9) Kemiringan dasar saluran, S ditentukan berdasarkan pengukuran profil memanjang dan melintang di lapangan.
- 10) Koefisien kekasaran Manning, n ditentukan berdasarkan jenis konstruksi
- 11) Kemiringan talud, m diketahui.
- 12) Dari persamaan kecepatan, $V = 1/nR^{2/3}S^{1/2} = 1/n(1/2y)^{2/3}S^{1/2}$; dapat dihitung kedalaman air, y dengan cara coba banding.
- 13) Apabila kedalaman air, y diketahui, maka dimensi lain dapat dihitung.

2.7. Bagan Alir Perhitungan Dimensi Saluran Ekonomis Trapesium

Bagan alir perhitungan dimensi saluran ekonomis trapesium dapat dilihat dalam Gambar 18.

2.8. Menganalisis Data Struktur

Analisis data struktur dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Analisis hasil penyelidikan tanah sesuai dengan ketentuan pada butir 2.2.4.
- 2) Hitung berat dan beban rencana untuk saluran berdasarkan hasil penyelidikan dengan kondisi struktur tanah.
- 3) Tentukan stabilitas struktur, stabilitas kemiringan talud.
- 4) Tentukan struktur saluran dan bangunan pelengkap berdasarkan kondisi tanah dan tersedianya bahan bangunan di lokasi.

2.9. Menggambar Desain

Menggambar desain dilaksanakan sebagai berikut:

- 1) Gambarkan desain saluran dan bangunan pelengkap, berdasarkan analisis hidrologi, hasil penggambaran kondisi di lapangan, analisis hidrolika dan analisis struktur.
- 2) Lengkapi gambar-gambar detail untuk saluran atau bangunan tertentu.

2.10. Menentukan Paket Pekerjaan

Paket pekerjaan ditentukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Tentukan paket-paket pekerjaan berdasarkan fungsi saluran dan bangunan pelengkap atau berdasarkan perkiraan kemampuan kontraktor setempat.
- 2) Hitung volume pekerjaan yang dibuat per paket pekerjaan.
- 3) Hitung rencana anggaran biaya.
- 4) Tentukan urutan prioritas paket-paket pekerjaan yang akan dilaksanakan di lapangan, berdasarkan kepentingan dan pengembangan daerah, pembobotan, ketersediaan dana.
- 5) Buat jadwal pekerjaan setiap paket pekerjaan, dibuat per tahun anggaran atau berdasarkan tersedianya dana untuk pelaksanaan pekerjaan.

```

graph TD
    A[Perhitungan Debit Saluran (m3/dt)] --> B[Debit=Q(m3/dt)]
    B --> C[Kecepatan Aliran, V=Q/A=Q/y*(B+m*y)]
    C --> D[Parameter Yang Diketahui]
    C --> E[Profil Saluran Ekonomis Trapezium:  
A=y^2*3^0,5;  
P=2y*3^0,5;  
R=1/2y;  
T=4/3*y*3^0,5]
    D --> F[Kemiringan Dasar Saluran, DS]
    D --> G[Koefisien Kekasaran Manning, n]
    D --> H[Kemiringan Talud, m]
    F --> I[Kecepatan Aliran, V=1/n*R^(2/3)*S^(1/2)]
    G --> I
    H --> I
    E --> J[Luas Profil Basah, A=y^2*3^0,5]
    E --> K[Keilling Basah, P=2*y*3^0,5]
    E --> L[Jari-Jari Hidraulis, R=1/2*y]
    E --> M[Lebar Atas Saluran, T=4/3*y*(3^0,5)]
    J --> N[Kecepatan Aliran, V=Q/A=Q/(y^2*3^0,5)]
    K --> N
    L --> N
    M --> N
    N --> O[Kecepatan Aliran, V=1/n*(1/(2y)^(2/3)*S^(1/2)= Q/(y^2*3^0,5))]
    I --> O
    O --> P[Dengan Jalan Coba Banding, dapat diketahui y selanjutnya dapat dihitung, B dan T]
    P --> Q[Dimensi Trapezium Ekonomis Dapat Diketahui, y, B dan T]
  
```

Gambai

2.11. Nota Perhitungan

Susun nota perhitungan sebagai kumpulan dari hasil analisis hidrologi, analisis hidrolika, analisis struktur, kriteria-kriteria yang digunakan, dan catatan lain yang dianggap perlu.

2.12. Dokumen Tender

Membuat dokumen tender sesuai kategori paket pelelangan pekerjaan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- 1) Buat syarat-syarat teknis.
- 2) Buat syarat-syarat umum.
- 3) Buat syarat-syarat administrasi berdasarkan ketentuan yang berlaku.

2.13. Kerangka penyusunan Perencanaan Teknik Terinci

Kerangka penyusunan Perencanaan Teknik Terinci dilakukan sesuai dengan sistematika sebagai berikut:

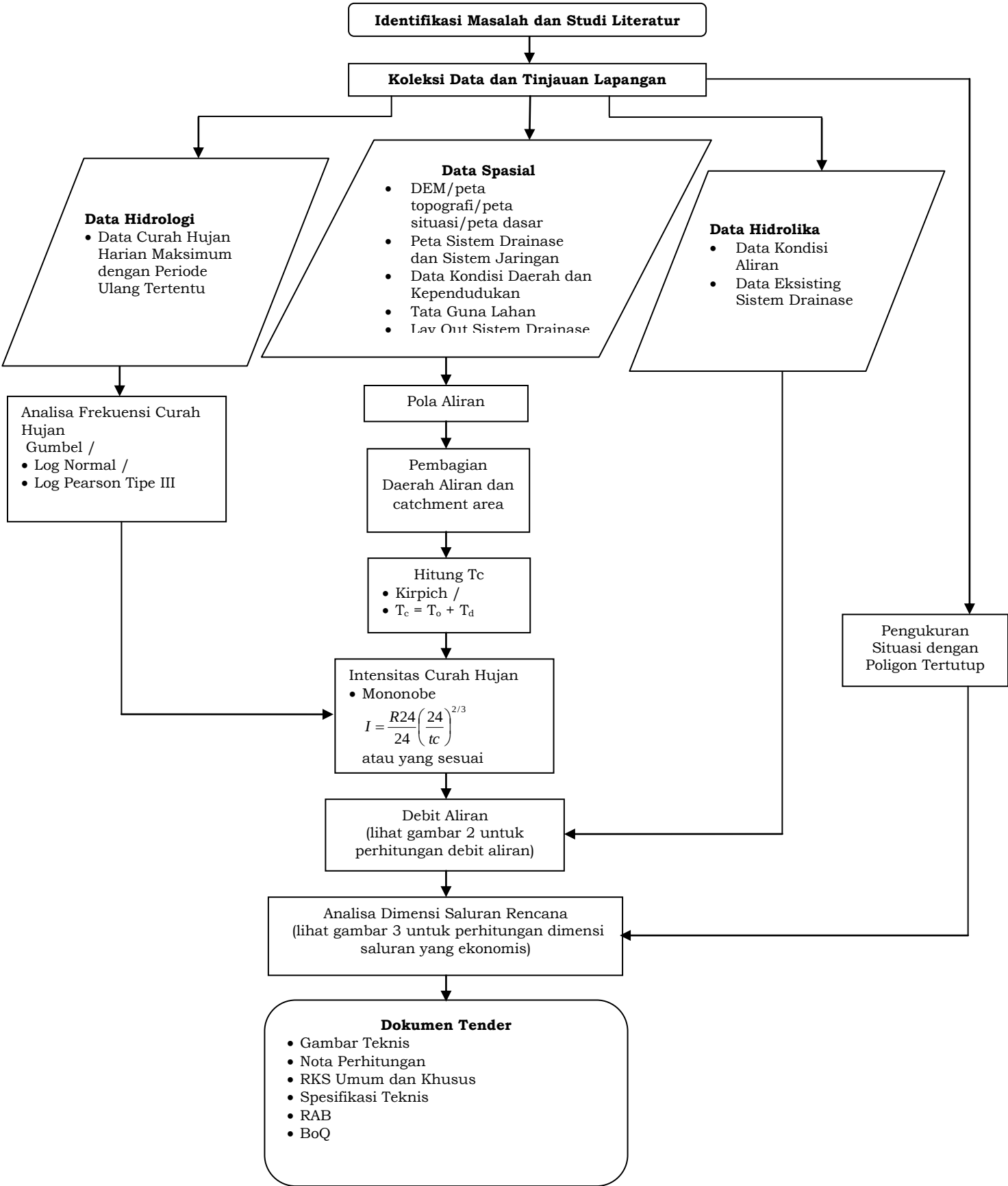
1. Pendahuluan
 - 1.1 Latar Belakang
 - 1.2 Tujuan Studi
 - 1.3 Ruang Lingkup Studi
 - 1.3.1 Ruang Lingkup Wilayah Perencanaan
 - 1.3.2 Ruang Lingkup Pekerjaan
2. Deskripsi Wilayah Perencanaan
 - 2.1 Lokasi dan Delinasi Wilayah Perencanaan
 - 2.2 Kondisi Fisik Wilayah Perencanaan
 - 2.2.1. Luas Wilayah Perencanaan
 - 2.2.2. Topografi dan Geologi
 - 2.2.3. Kondisi Tanah dan tata Guna Lahan eksisting dan perencanaan
 - 2.2.4. Hidrologi dan Hidrogeologi
 - 2.3 Kondisi dan Permasalahan Drainase yang Ada
 - 2.3.1 Arahana Rencana Induk Sistem Drainase terhadap Wilayah Perencanaan
 - 2.3.2 Kondisi Sub Sistem Drainase yang Ada di Wilayah Perencanaan
 - 2.3.3 Permasalahan drainase, banjir dan genangan di wilayah perencanaan
 - 2.3.4 Identifikasi Penyebab Banjir/Genangan
3. Standar dan Kriteria Perencanaan
 - 3.1 Dasar Perencanaan
 - 3.2 Faktor-faktor Perencanaan
 - 3.3 Standar Perencanaan
 - 3.4 Kriteria Hidrologi
 - 3.4.1 Perhitungan Frekuensi Curah Hujan

- 3.4.2 Penentuan Debit Banjir Rencana (Metode Rasional dan Metode Unit Hidrograf)
- 3.5 Kriteria Hidrolika
 - 3.5.1 Perencanaan Saluran dan Bangunan Air
 - 3.5.2 Analisis Kapasitas Eksisting
- 3.6 Spesifikasi Bahan dan Struktur Bangunan
 - 3.6.1 Spesifikasi Bahan
 - 3.6.2 Pembebanan
 - 3.6.3 Struktur Bangunan
- 4. Analisis dan Perencanaan
 - 4.1 Data dan Asumsi yang Digunakan
 - 4.2 Resume Hasil Pengukuran Topografi dan atau/Bathimetri dan Pengukuran Situasi
 - 4.3 Analisis Hidrologi
 - 4.3.1 Penentuan Stasiun Pengamatan Hujan
 - 4.3.2 Penentuan Curah Hujan Rencana
 - 4.3.3 Analisis Frekuensi Curah Hujan Rencana
 - 4.3.4 Penentuan Intensitas Curah Hujan Rencana yang digunakan
 - 4.3.5 Perhitungan Koefisien Pengaliran
 - 4.3.6 Perhitungan Waktu Konsentrasi
 - 4.3.7 Perhitungan Debit Banjir Rencana
 - 4.4 Analisis Hidrolika
 - 4.4.1 Perhitungan Kapasitas Saluran Eksisting
 - 4.4.2 Perhitungan Uji Kapasitas Eksisting
 - 4.4.3 Perhitungan Dimensi Saluran Rencana (penampang saluran terbaik dan ekonomis)
 - 4.4.4 Resume Simulasi Modeling Kapasitas Saluran dengan perangkat lunak
 - 4.4.5 Rekomendasi Disain Tipikal Saluran
 - 4.5 Analisis Struktur
 - 4.5.1 Resume Hasil Penyelidikan Tanah
 - 4.5.2 Perhitungan Struktur (Analisis kestabilan terhadap guling, geser dan kapasitas daya dukung tanah)
 - 4.5.3 Resume Simulasi Modeling Struktur Saluran dengan perangkat lunak
 - 4.6 Perhitungan Volume Pekerjaan dan Rencana Anggaran Biaya
 - 4.6.1 Perhitungan Volume Pekerjaan (Kuantitas)
 - 4.6.2 Analisis Harga Satuan Bahan, Barang dan Jasa/Tenaga
 - 4.6.3 Resume Perhitungan Biaya
- 5. Kesimpulan dan Rekomendasi
 - 5.1. Kesimpulan

5.2. Rekomendasi

2.14. Bagan Alir Penyusunan Tata Cara Perencanaan Teknis Terinci

Bagan Alir ini dapat dilihat dalam Gambar 19.



Gambar 19. Diagram Alir Detail Perencanaan Teknis Drainase

D. TATA CARA PERENCANAAN KOLAM DETENSI, KOLAM RETENSI DAN SISTEM POLDER

1. KETENTUAN-KETENTUAN

1.1. Umum

Ketentuan-ketentuan yang harus dipenuhi adalah sebagai berikut:

- 1) Rencana penyusunan sistem kolam detensi, kolam retensi, kolam tandon dan sistem polder harus memperhatikan faktor sosial, ekonomi, dan lingkungan.
- 2) Kelayakan dalam pelaksanaan kolam detensi, kolam retensi, kolam tandon dan sistem polder harus mencakup kelayakan teknis, kelayakan sosial ekonomi dan kelayakan lingkungan.
- 3) Rencana pembangunan kolam detensi, kolam retensi, tandon dan sistem polder harus sesuai dengan RUTRK.
- 4) Ketersediaan lahan dan ruang sempadan untuk kolam detensi, kolam retensi, kolam tandon dan sistem polder.
- 5) Perencanaan kolam detensi, kolam retensi, tandon dan sistem polder dilaksanakan berdasarkan urutan prioritas zona yang telah ditentukan dalam rencana induk sistem drainase perkotaan dengan memperhatikan/sinergis dengan rencana pengelolaan sumber daya air.
- 6) Perencanaan pembangunan kolam detensi, kolam retensi, kolam tandon dan sistem polder harus melibatkan dan diterima masyarakat

1.2. Teknis

1.2.1. Data dan Informasi

Data dan persyaratan yang diperlukan adalah sebagai berikut:

- 1) Data spasial adalah data dasar yang sangat dibutuhkan dalam perencanaan drainase perkotaan, yang diperoleh baik dari lapangan maupun dari pustaka, mencakup antara lain :
 - a) Data peta yang terdiri dari peta dasar (peta daerah kerja), peta sistem drainase dan sistem jaringan jalan yang ada, peta tata guna lahan, peta topografi masing-masing berskala antara 1 : 5.000 sampai dengan 1 : 25.000 atau disesuaikan dengan tipologi kota;
 - b) Data kependudukan yang terdiri dari jumlah, kepadatan, laju pertumbuhan, penyebaran dan data kepadatan bangunan;
 - c) Data rencana pengembangan kota, data geoteknik, data foto udara terbaru (untuk kota metropolitan),

- 2) Data hidrologi
 - a) Data hujan minimal sepuluh tahun terakhir;
 - b) Data tinggi muka air, debit sungai, pengaruh air balik, peil banjir, dan data pasang surut.
- 3) Data sistem drainase yang ada, yaitu :
 - a) Data kuantitatif banjir/genangan yang meliputi: luas genangan, lamanya genangan, kedalaman rata-rata genangan, dan frekuensi genangan berikut permasalahannya dan hasil rencana induk pengendalian banjir wilayah sungai di daerah tersebut;
 - b) Data saluran dan bangunan pelengkap.
 - c) Data sarana drainase lainnya seperti kolam tandon, kolam resapan, sumur-sumur resapan.
- 4) Data Hidraulika
 - a) Data keadaan, fungsi, jenis, geometri dan dimensi saluran, dan bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pompa, dan pintu air, serta kolam tandon dan kolam resapan;
 - b) Data arah aliran dan kemampuan resapan.
- 5) Data teknik lainnya

Data prasarana dan fasilitas kota yang telah ada dan yang direncanakan antara lain: jaringan jalan kota, jaringan drainase, jaringan air limbah, TPS (tempat pengolahan sampah sementara), TPA (tempat pemrosesan akhir), jaringan telepon, jaringan listrik, jaringan pipa air minum, jaringan gas (jika ada) dan jaringan utilitas lainnya;
- 6) Data non teknik

Data pembiayaan, data institusi dan kelembagaan, data sosial ekonomi dan budaya [kearifan lokal], data peran serta masyarakat, dan data keadaan kesehatan lingkungan permukiman.

1.2.2. Kriteria Hidrologi

Kriteria perencanaan hidrologi adalah sebagai berikut:

- 1) Hujan
 - a. Perkiraan hujan rencana dilakukan dengan analisis frekuensi terhadap data curah hujan harian maksimum tahunan, dengan lama pengamatan paling sedikit 10 tahun yang berurutan.
 - b. Analisis frekuensi terhadap curah hujan, menggunakan metode yang sesuai dengan kala ulang 2, 5, 10, 20, 50, dan 100 tahun mengacu pada tata cara perhitungan debit desain saluran dan pertimbangan

tingkat risiko dan urgensi infrastruktur drainase serta mempertimbangkan pengaruh perubahan iklim.

2) Debit banjir

- a. Debit banjir rencana dihitung dengan metode rasional atau metode rasional yang telah dimodifikasi atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan/ *unit hydrograph for urban areas*.
- b. Koefisien limpasan (*run off*) ditentukan berdasarkan tata guna lahan daerah tangkapan air.
- c. Waktu konsentrasi dihitung dengan rumus Kirpich atau US-SCS (*United States-Soil Conservation Service*).
- d. Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode *Mononobe, Talbot, Sherman, Ishiguro, ARRO* (sesuai ketersediaan data).
- e. Volume kolam detensi, kolam retensi, kolam tandon dan tampungan polder dihitung dengan *flood routing*.

1.2.3. Kriteria Hidrolika

Kriteria perencanaan hidrolika ditentukan sebagai berikut:

- a. Kecepatan air rata-rata dalam saluran dihitung dengan rumus *Manning-strickler* atau *chezy*.
- b. Profil saluran drainase dapat berbentuk: trapesium, segiempat, segitiga, lingkaran, setengah lingkaran atau gabungan diantara bentuk tersebut.
- c. Saluran drainase khususnya saluran drainase primer dan sekunder yang terpengaruh pengempangan/aliran balik (*back water effect*) dihitung pasang surutnya dengan *Standard Step* atau *Direct Step Method*.
- d. Saluran harus direncanakan dengan konsep saluran stabil (*stable channel*) yaitu tidak terjadi erosi dan tidak terdapat endapan sedimen; dengan:
 - Kecepatan air maksimum (v) ditentukan untuk saluran tanah $v = 0,7$ m/dt, pasangan batu kali $v = 2$ m/dt dan pasangan beton $v = 3$ m/dt.
 - Kecepatan air minimum untuk saluran drainase ditentukan antara 0,3 s/d 0,4 m/dt, kecuali untuk kolam tampungan memanjang.
 - Dalam hal saluran berfungsi sebagai *long storage/channel storage* kecepatan lebih kecil dari 0,3 m/det dengan konsekuensi terjadi endapan di saluran tersebut.
- e. Perencanaan dimensi saluran baru, sebaiknya menggunakan profil ekonomis yang sesuai dengan perencanaan dan kondisi setempat.

- f. Perencanaan elevasi muka air saluran harus memperhatikan elevasi muka air muara saluran atau badan air penerima (dalam kondisi yang maksimum).
- g. Disediakan tinggi jagaan yang memadai.

1.2.4. Kriteria Konstruksi

Kriteria perencanaan konstruksi ditentukan sebagai berikut:

- a. Pembebanan yang digunakan dalam perencanaan infrastruktur drainase harus sesuai standar teknik yang berlaku.
- b. Kombinasi pembebanan dan pendimensian atas konstruksi ditentukan oleh perencana sesuai fungsi, cara dan tempat penggunaannya berdasarkan SNI.
- c. Stabilitas konstruksi bangunan penahan tanah dikontrol keamanannya terhadap kekuatan penahan tanah (ambblas), geser dan guling; sedang stabilitas timbunan tanah dikontrol dengan lingkaran longsor (*sliding circle*). Faktor-faktor keamanan (SF) minimum ditentukan sebagai berikut:
 - σ kekuatan penahan tanah $\leq \sigma$ yang diijinkan
 - SF geser (kondisi biasa) $\geq 1,5$
 - SF geser (kondisi gempa) $\geq 1,2$
 - SF guling $\geq 1,5$
- d. Bahan konstruksi yang digunakan harus sesuai dengan standar teknik yang berlaku dengan mengutamakan material lokal.
- e. Tidak terletak pada daerah sesar gempa (*fault*).

1.2.5. Parameter Penentuan Prioritas Penanganan Daerah Genangan/Banjir

Parameter penentuan prioritas penanganan meliputi hal sebagai berikut:

- a. Parameter genangan, meliputi tinggi genangan, luas genangan dan lama genangan terjadi.
- b. Parameter frekuensi terjadinya genangan setiap tahunnya.
- c. Parameter gangguan/kerugian ekonomi, dihitung perkiraan kerugian atas fasilitas ekonomi yang ada, seperti: kawasan industri, fasum, fasos, perkantoran, perumahan, daerah pertanian dan pertamanan.
- d. Parameter gangguan sosial, seperti: kesehatan masyarakat, keresahan sosial dan kerusakan lingkungan.
- e. Parameter kerugian harta benda milik pribadi.
- f. Parameter kerugian/kerusakan tempat permukiman penduduk.

Uraian secara rinci mengenai penentuan prioritas penanganan genangan air/banjir dapat dilihat dalam Tata Cara Penyusunan Rencana Induk Sistem Drainase Perkotaan.

2. SURVEI DAN PENYELIDIKAN TANAH

2.1. Survey Topografi

- 1) Mengidentifikasi daerah perencanaan aliran polder/kolam detensi, retensi dengan menggunakan/memanfaatkan peta Topografi skala 1 : 5000 s/d 1 : 25000.
- 2) Menentukan batas garis hidrologis masing-masing DTA/daerah tangkapan air (DPSal).
- 3) Melakukan pengukuran topografi untuk membuat peta situasi rencana sistem retensi/polder dengan interval garis kontur ketinggian lahan 0,25 s/d 2.50 m atau skala 1:200 s/d 1:500.
- 4) Melakukan pengukuran situasi dan potongan memanjang untuk alur saluran drainase inlet dan outlet dengan skala 1:1000, serta potongan melintang dengan skala 1:100 s/d 1:200.
- 5) Pengukuran harus menggunakan benchmark (BM) sistem pengukuran resmi (Bakosurtanal, SDA dan Pelabuhan). Dalam hal tidak terdapat BM resmi maka dapat dilakukan dengan menggunakan BM daerah setempat.

2.2. Survey Sosial, Ekonomi dan Lingkungan

- 1) Survey sosial dilakukan untuk melihat respon dari masyarakat terhadap perencanaan pembangunan.
- 2) Survey ekonomi dilakukan untuk melihat respon dan dampak ekonomi akibat perencanaan pembangunan.
- 3) Survey lingkungan dilakukan untuk melihat dampak lingkungan akibat perencanaan pembangunan.

2.3. Penyelidikan Tanah

- 1) Penyelidikan tanah dilakukan pada tempat yang direncanakan untuk pembangunan drainase dan perlengkapannya (rumah pompa, dinding penahan tanah, bangunan pintu, bangunan pelimpah, terjunan, tanggul, bangunan perlintasan) dan pada lokasi-lokasi kolam retensi, detensi, kolam tandon, dan tampungan dalam polder.
- 2) Paramater mekanika tanah (*physical and engineering properties*) yang

digunakan mengikuti standar teknik Kementerian Pekerjaan Umum.

- 3) Penyelidikan lokasi, karakteristik, dan kuantitas material timbunan yang diperlukan.

3. PERENCANAAN TEKNIK KOLAM DETENSI, KOLAM RETENSI DAN SISTEM POLDER

3.1. Tahap Perencanaan Kolam Detensi, Kolam Retensi, Kolam tandon dan Sistem Polder

Tahap perencanaan ini dibagi dua:

- 1) Tahap Perencanaan Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Kolam Tandon
- 2) Tahap Perencanaan sistem Polder.

3.2. Tahap Perencanaan Kolam Detensi, Retensi dan Kolam Tandon

Kolam detensi, kolam retensi dan kolam tandon digunakan untuk melindungi daerah bagian hilir saluran dari kerusakan yang disebabkan karena kondisi saluran sebelah hilir tidak mampu menampung debit dari saluran sebelah hulu, kelebihan debit tersebut ditampung dalam kolam detensi. Berdasarkan hal tersebut, maka tahapan perencanaan Kolam detensi, kolam retensi dan kolam tandon tergantung dari lokasi kolam detensi, kolam retensi dan kolam tandon.

Ada 4 (empat) tipe lokasi Kolam detensi, kolam retensi dan kolam tandon:

- 1) Kolam detensi dan retensi terletak di samping badan saluran/ sungai.
- 2) Kolam detensi dan retensi terletak pada badan saluran/sungai.
- 3) Kolam detensi dan retensi terletak pada saluran/sungai tersebut yang disebut *channel storage* atau *long storage*.
- 4) Kolam tandon dapat diletakkan diluar alur sungai.

Tahap Perencanaan kolam detensi, retensi dan kolam tandon sesuai dengan tipe lokasi:

3.2.1. Tahap perencanaan kolam detensi dan retensi yang terletak di samping badan saluran/sungai

- 1) Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.
- 2) Memastikan bahwa elevasi muka air pada saat banjir rencana di badan penerima lebih rendah daripada permukaan air di hilir saluran
- 3) Menghitung kapasitas saluran existing dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.

- 4) Menentukan lokasi Kolam detensi, retensi pada lokasi genangan atau di bagian hulunya.
- 5) Menentukan lokasi bangunan pelimpah samping atau pintu inlet dan outlet.
- 6) Perhitungan pelimpah samping menggunakan formula yang dikutip dari “Standar Perencanaan Irigasi, Kriteria Perencanaan Bagian Bangunan, KP-04”, Cetakan I, Badan Penerbit Pekerjaan Umum, Jakarta, Desember 1986, adalah sebagai berikut :
 - Debit di saluran pelimpah samping tidak seragam dan, oleh karena itu persamaan kontinuitas untuk aliran mantap yang kontinu (terus menerus) tidak berlaku. Jenis aliran demikian disebut “aliran tak tetap berubah berangsur” (*gradually varied flow*);
 - Pada dasarnya aliran dengan debit yang menurun dapat dianggap sebagai cabang aliran di mana air yang dibelokkan tidak mempengaruhi tinggi energi;
 - Metode yang digunakan untuk perencanaan pelimpah samping adalah metode bilangan yang didasarkan pada pemecahan masalah secara analitis yang diberikan oleh De Marchi seperti terlihat dalam Gambar 1. Dengan mengandaikan bahwa aliran adalah aliran subkritis, panjang bangunan pelimpah dapat dihitung sebagai berikut:
- 7) Di dekat ujung bangunan pelimpah, kedalaman aliran h_o dan debit Q_o sama dengan kedalaman dan debit potongan saluran di belakang pelimpah. Dengan $H = h + v^2/2g$ tinggi energi di ujung pelimpah dapat dihitung;
- 8) Pada jarak Δx di ujung hulu dan hilir bangunan pelimpah tinggi energi juga H_o , karena sudah diandaikan bahwa tinggi energi di sepanjang pelimpah adalah konstan:

$$H_x = h_x + v_x^2/2g;$$

$$H_x = h_x + Q_x^2/(2g A_x^2),$$

Bila

Q_x = debit Q_o potongan hilir ditambah debit q_x , yang mengalir pada potongan pelimpah dengan panjang Δx .

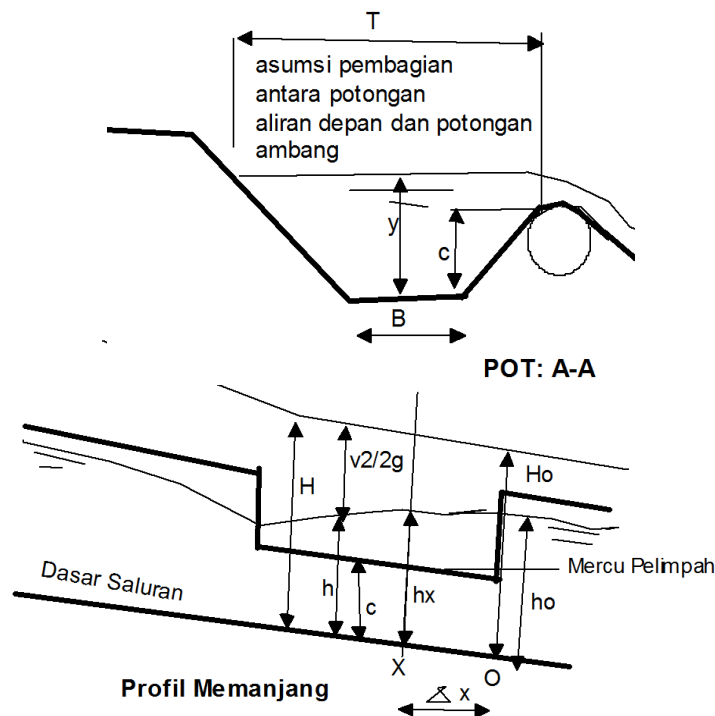
$$Q_x = \mu \Delta x \sqrt{2g} \cdot \frac{(h_o - c)(h_x - c)^{3/2}}{2}$$

Andaikata, $h_o = h_x$ menghasilkan $q_x = \mu \Delta x \sqrt{2g} \cdot (h_o - c)^{3/2}$

Dan $Q_x = Q_o + q$

Dengan Q_x ini kedalaman h_x dapat dihitung dari:

$$h_x = H_x \mp Q_x^2 / (2g \cdot A_x^2),$$



Gambar 20. Bangunan Pelimpah Samping

Koefisien debit μ untuk mercu pelimpah harus diambil 5% lebih kecil dari pada koefisien serupa untuk mercu yang tegak lurus terhadap aliran;

- 9) Setelah h_x dan Q_x ditentukan, kedalaman h_{2x} dan debit Q_{2x} akan dihitung untuk suatu potongan pada jarak $2\Delta x$ di depan ujung pelimpah dengan cara yang sama seperti yang dijelaskan pada no (8). Q_o dan h_o harus digantikan dengan Q_x dan h_x ; dalam langkah kedua ini Q_x dan h_x menjadi Q_{2x} , Q_{2x} dan h_{2x} .
- 10) Perhitungan-perhitungan ini harus diteruskan sampai Q_{nx} sama dengan debit banjir rencana potongan saluran di bagian hulu bangunan pelimpah samping. Panjang pelimpah adalah $n\Delta x$ dan jumlah air lebih yang akan dilimpahkan adalah $Q_{nx} - Q_o$. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan pelimpah samping ini dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 11) Menentukan sistem aliran inlet dan outlet untuk menghitung volume kolam detensi, kolam retensi yang dibutuhkan. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan volume kolam detensi/retensi yang terletak di samping badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 12) Elevasi muka air di kolam detensi, kolam retensi diatur menggunakan

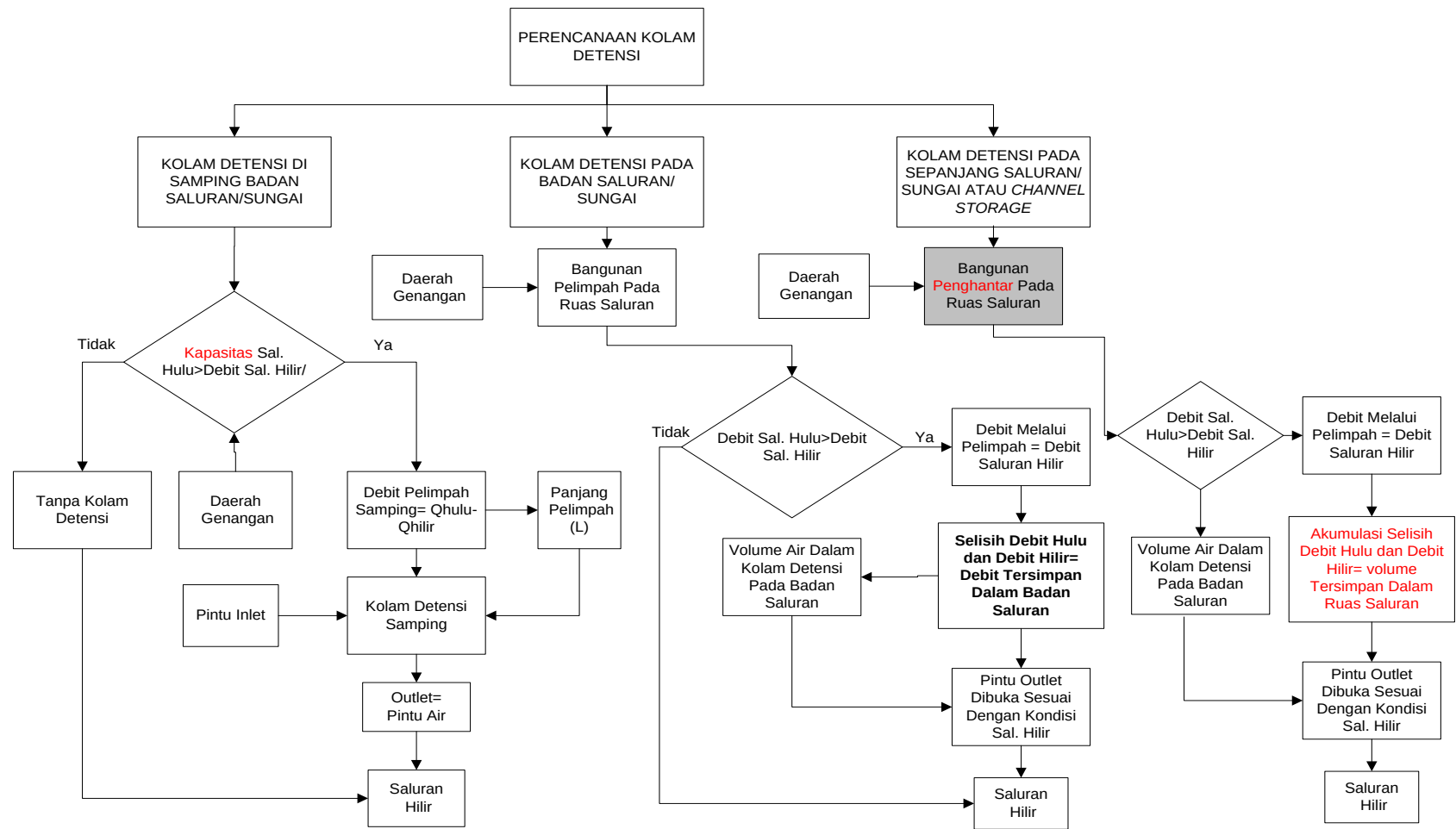
pintu air atau pelimpah/pelimpah samping pada *inlet/outlet* sedemikian rupa, sampai elevasi muka air saluran di sebelah hilir dapat dialiri air dari kolam detensi, retensi yang tidak menimbulkan genangan pada daerah bagian hilir. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan elevasi muka air pada saluran dan kolam detensi/retensi yang terletak di samping badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.

13) Komponen bangunan pelengkap pada kolam detensi, kolam retensi yang terletak disamping badan saluran/ sungai

- Bangunan pelimpah samping dan pintu inlet
- Pintu outlet
- Jalan akses menuju kolam detensi, retensi
- Ambang rendah di depan pintu outlet
- Saringan sampah pada pintu inlet
- Kolam penangkap sedimen
- Rumah jaga dan gudang.

Bagan alir tahap perencanaan kolam detensi, retensi yang terletak di samping badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 21.

PERENCANAAN KOLAM DETENSI



Gambar

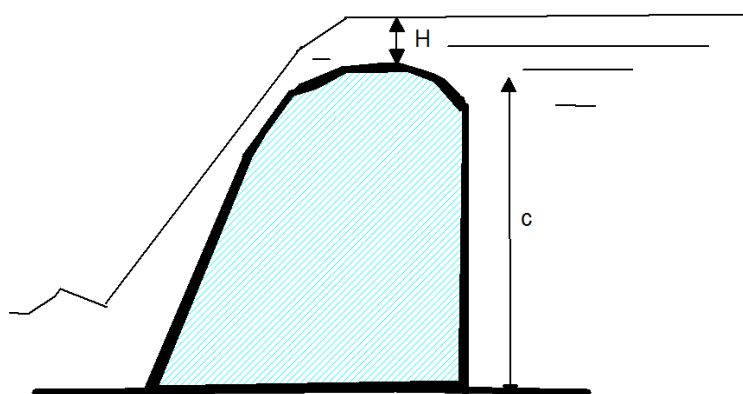
Gambar 21. Perencanaan Kolam Detensi



Gambar 22. kolam detensi dan retensi yang terletak di samping badan saluran/sungai

3.2.2. Tahap perencanaan kolam detensi, retensi yang terletak di dalam badan sungai

- 1) Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.
- 2) Memastikan bahwa elevasi muka air pada saat banjir rencana di badan penerima lebih rendah daripada permukaan air di hilir saluran
- 3) Menghitung kapasitas saluran existing dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.
- 4) Menentukan lokasi Kolam detensi, retensi pada lokasi genangan atau di bagian hulunya.
- 5) Menentukan lokasi bangunan pelimpah samping atau pintu inlet dan outlet.
- 6) Sket gambar pelimpah sesuai dengan rumus dibawah ini dan dapat dilihat seperti dalam Gambar 23.
- 7) Menghitung debit yang melalui pelimpah sama dengan debit saluran sebelah hilir, sehingga panjang pelimpah dapat dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :



Gambar 23 : Pelimpah

$$Q = C_d L H^{3/2}$$

Q = jumlah air yang melimpas (m³/det)

L = panjang ambang peluap (m)

H = tinggi air di atas ambang peluap di sebelah hilir (m) C_d = nilai

koefisien debit= 2 – 2,1

(Sumber: Bendungan Type Urugan Editor Ir. Suyono Sosrodarsono, Kensaku Takeda, Assosiation for International Technical Promotion, Tokyo, Japan)

Uraian lebih lanjut tentang perhitungan panjang/lebar bangunan pelimpah yang kolam detensi/retensi terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.

- 8) Menentukan sistem aliran inlet dan outlet untuk menghitung volume kolam retensi, detensi yang dibutuhkan. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan volume kolam detensi/retensi yang terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam retensi dan Sistem Polder.
- 9) Elevasi muka air di kolam detensi, kolam retensi diatur menggunakan pintu air inlet/outlet sedemikian rupa, sampai elevasi muka air saluran di sebelah hilir dapat dialiri air dari kolam detensi, retensi yang tidak menimbulkan genangan pada daerah bagian hilir. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan elevasi muka air pada kolam detensi/ retensi terletak di badan saluran/sungai serta elevasi muka air saluran dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 10) Komponen bangunan pelengkap pada kolam detensi, kolam retensi yang terletak pada badan saluran/ sungai
 - Bangunan pelimpah samping dan pintu inlet

- Pintu outlet
 - Jalan akses menuju kolam detensi, retensi
 - Ambang rendah di depan pintu outlet
 - Saringan sampah pada pintu inlet
 - Kolam penangkap sedimen
 - Rumah jaga dan gudang
- 11) Bagan alir tahap perencanaan kolam detensi, retensi yang terletak pada badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 24.
- 12) Hitung lebar pintu untuk debit sama dengan debit saluran sebelah hilir ditambah 10%, rumusnya adalah sebagai berikut:

$$Q = C_d b a \sqrt{2gH}$$

Bila:

Q = debit pintu (m^3/dt)

C_d = koefisien debit 0,62 (Hidrolika II, Prof. DR. Ir. Bambang Triatmodjo)

B = lebar pintu (dalam m)

a = tinggi lubang pintu (dalam m)

H = selisih tinggi air di hulu dan hilir pintu (dalam m)

Uraian lebih lanjut tentang perhitungan dimensi pintu air pada bangunan pelimpah yang kolam detensi/retensi terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.

- 13) Elevasi muka air di kolam detensi direncanakan maksimum sama dengan elevasi mercu pelimpah. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan elevasi muka air pada bangunan pelimpah yang kolam detensi/retensi terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 14) Bagan alir tahap perencanaan kolam detensi yang terletak di ruas/badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 24.



Gambar 24. kolam detensi dan retensi yang terletak di pada badan saluran/sungai

3.2.3. Tahap perencanaan kolam detensi tipe *storage* memanjang

Tahapannya sama dengan tahapan kolam detensi yang terletak pada badan saluran /sungai, hanya kolam detensinya yang berbeda.

Pada kolam detensi tipe *storage* memanjang, kolam detensinya adalah ruas saluran hulu itu sendiri, sedangkan pada kolam detensi yang terletak pada badan saluran/sungai, kolam detensi hanya sebagian yang terletak dalam ruas saluran, selebihnya di kiri dan kanan badan atau ruas saluran. Tahapannya adalah sebagai berikut:

- 1) Pastikan daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan.
- 2) Pastikan bahwa bendung pelimpah yang dilengkapi dengan pintu air terletak pada badan saluran di sebelah hulu daerah genangan yang merupakan bangunan pemisah antara saluran hulu dan saluran hilir.
- 3) Survey dan ukur profil memanjang dan melintang saluran sebelah hulu dan sebelah hilir.
- 4) Hitung debit saluran sebelah hulu dan sebelah hilir.
- 5) Tinggi elevasi mercu bendung pelimpah sama dengan tinggi elevasi debit maksimum saluran sebelah hulu.
- 6) Besarnya volume air yang ditampung dalam kolam detensi tergantung dari lamanya debit saluran sebelah hulu tersimpang.
- 7) Debit yang melalui bendung pelimpah sama dengan debit saluran sebelah hilir. Panjang pelimpah dapat dihitung menggunakan rumus:

$$Q = C_d L H^{3/2}$$

Bila :

Q = jumlah air yang melimpas (m³/det)

L = panjang ambang peluap (m)

H = tinggi air di atas ambang peluap di sebelah hilir (m)

Cd = nilai koefisien debit= 2 – 2,1

- 8) Hitung lebar pintu untuk debit sama dengan debit saluran sebelah hilir ditambah 10%, menggunakan rumus:

$$Q = C_d b a \sqrt{2gH}$$

Bila:

Q = debit pintu (m³/dt)

Cd = koefisien debit 0,62 (Hidrolika II, Prof. DR. Ir. Bambang Triatmodjo)

B = lebar pintu (dalam m)

a = tinggi lubang pintu (dalam m)

H = selisih tinggi air di hulu dan hilir pintu (dalam m).

- 9) Elevasi muka air di kolam detensi sama dengan elevasi mercu pelimpah. Bagan alir tahap perencanaan kolam detensi yang terletak pada badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 2.

3.3. Tahap Perencanaan Polder

Ada 3 Tipe Sistem Polder yaitu:

- 1) Sistem polder dengan instalasi pompa dan kolam tampung di samping badan saluran/sungai
- 2) Sistem polder dengan instalasi pompa dan kolam tampung pada badan saluran/ sungai
- 3) Sistem polder dengan instalasi pompa dan kolam tampung tipe *long storage*.

Tahapan perencanaan sesuai dengan tipe sistem polder diuraikan sebagai berikut:

3.3.1. Tahapan perencanaan sistem polder dengan instalasi pompa terletak di samping badan saluran/sungai adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.

- 2) Memastikan bahwa elevasi muka air pada saat banjir rencana di badan penerima lebih tinggi daripada permukaan air di hilir saluran. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan elevasi muka air pada saluran dan kolam tampung yang terletak di samping badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam retensi dan Sistem Polder.
- 3) Menghitung kapasitas saluran existing dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.
- 4) Menentukan lokasi Kolam tampung.
- 5) Merencanakan tanggul keliling sistem polder berdasarkan tinggi maksimum elevasi muka air sungai/badan air penerima;
- 6) Menentukan lokasi bangunan pelimpah samping inlet dan/atau pintu inlet serta pintu outlet.
- 7) Menentukan lokasi bangunan rumah pompa.
- 8) Menghitung lebar pelimpah samping yang berfungsi untuk memasukkan debit masuk kedalam kolam tampung, dihitung dengan menggunakan rumus :

$$Q = C_d L H^{3/2}$$

Bila :

Q = jumlah air yang melimpas (m^3/det)

L = panjang ambang peluap (m)

H = tinggi air di atas ambang peluap di sebelah hilir (m)

C_d = nilai koefisien debit= 2 – 2,1,

Uraian lebih lanjut tentang perhitungan lebar pelimpah pada kolam tampung yang terletak di samping badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.

- 9) Sket gambar peluap samping (*side channel spillway*) sesuai dengan rumus tersebut di atas dapat dilihat seperti dalam Gambar 1.
- 10) Menentukan sistem aliran inlet dan kapasitas pompa untuk menghitung volume kolam tampungan yang dibutuhkan (kombinasi volume kolam tampungan dan kapasitas pompa harus dianalisa untuk menemukan kombinasi yang paling optimum). Uraian lebih lanjut tentang perhitungan volume kolam tampung yang terletak di samping badan saluran/ sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 11) Komponen bangunan pelengkap pada sistem polder yang kolam tampungnya terletak disamping badan saluran/ sungai:
 - (1). Rumah pompa

- (2). Bangunan pelimpah samping inlet dan
- (3). Pintu inlet
- (4). Pintu outlet
- (5). *Trash Rack*/ saringan sampah
- (6). Kolam penangkap sedimen
- (7). Akses jalan masuk
- (8). Rumah jaga
- (9). Gudang

Bagan alir tahap perencanaan sistem polder yang terletak di samping badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 26.



Gambar 25. Sistem polder dengan instalasi pompa terletak di dalam badan saluran/sungai

Prosedur perhitungan dan operasi sistem polder:

- (1). Saluran drainase bermuara pada badan air penerima dan pada outletnya dipasang pintu air yang berfungsi untuk mengalirkan air dari saluran drainase ke badan air penerima. Pada keadaan normal, elevasi muka air badan air penerima lebih rendah dari elevasi muka air saluran, sehingga air dalam saluran drainase dapat mengalir ke badan air penerima. Pada saat banjir pintu air ditutup, sehingga air hujan masuk seluruhnya ke dalam waduk/ kolam detensi.
- (2). Luasnya kolam tampung/waduk tergantung dari debit saluran drainase, dalamnya air dalam waduk dan kapasitas pompa.
- (3). Volume waduk/kolam detensi, dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta S = \frac{I_2 + I_1}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t$$

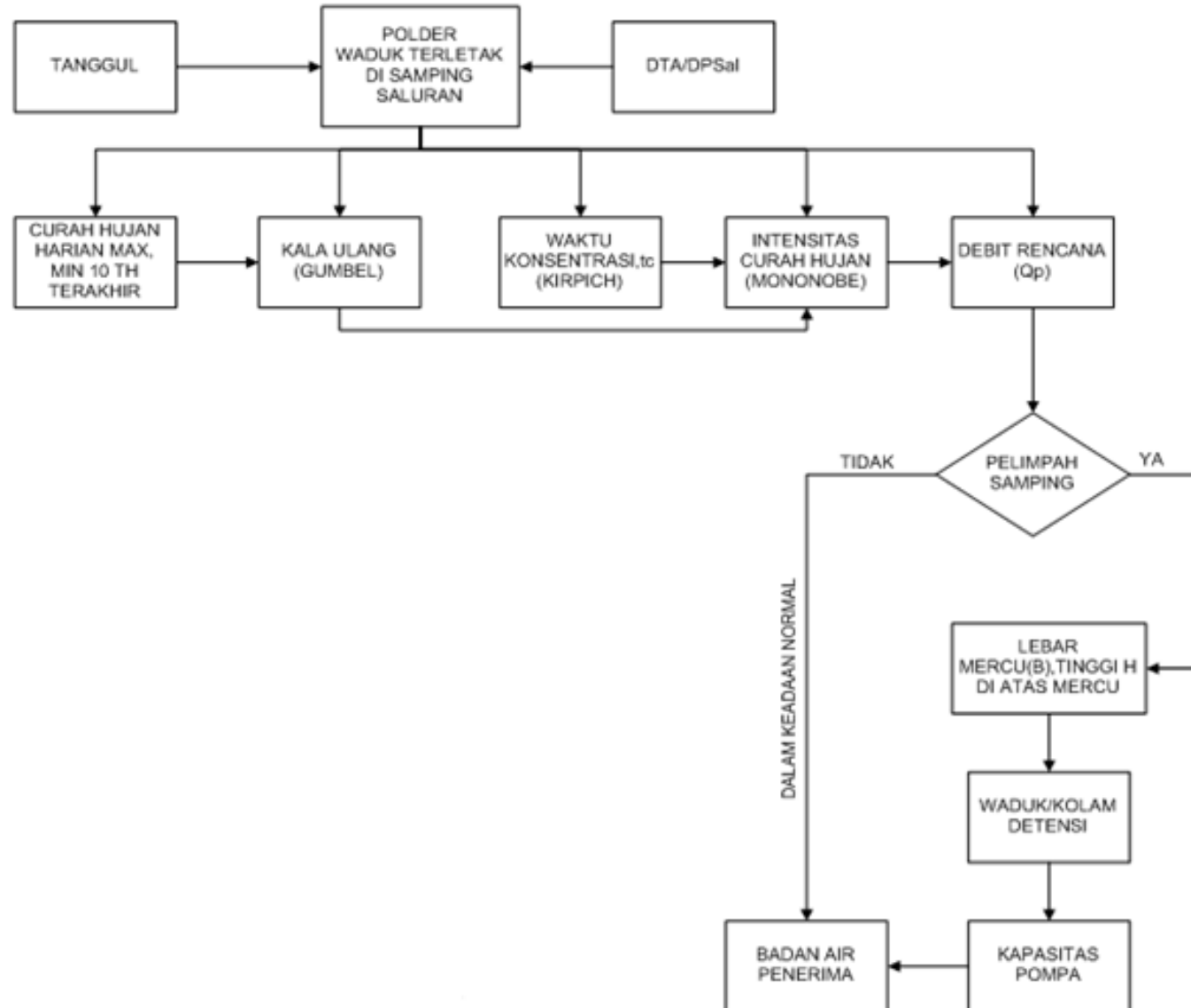
Bila :

ΔS = volume waduk selama waktu interval Δt (m^3)

I_1 = aliran masuk pada awal interval waktu (m^3/dt)

I_2 = aliran masuk pada akhir interval waktu (m^3/dt)

- (4). Volume atau debit tersebut masuk ke dalam kolam tampung melalui pelimpah.
- (5). Pada keadaan air saluran drainase normal, air tersebut tidak masuk ke dalam kolam tampung/waduk, tapi mengalir melalui pintu air ke badan air penerima.



Gambar 26. Tahap Perencanaan Polder, Waduk Di Samping Saluran

3.3.2. Tahapan perencanaan Sistem Polder Dengan Pompa Dan Kolam Di Dalam Badan Saluran/Sungai

Pada sistem ini, waduk/kolam sebagian terletak pada badan saluran dan sebagian lagi terletak pada kiri dan kanan ruas/ badan saluran drainase. Pada saat musim kering dan musim banjir air saluran drainase masuk seluruhnya ke dalam waduk/ kolam, prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.
- 2) Memastikan bahwa elevasi muka air pada saat banjir rencana di badan penerima lebih tinggi daripada permukaan air di hilir saluran
- 3) Menghitung kapasitas saluran existing dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.
- 4) Menentukan lokasi Kolam tampung.
- 5) Merencanakan tanggul keliling sistem polder berdasarkan tinggi maksimum elevasi muka air sungai/badan air penerima;
- 6) Menentukan lokasi dan desain pintu outlet. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan pintu outlet pada kolam tampung yang terletak pada badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 7) Menentukan lokasi bangunan rumah pompa.
- 8) Menghitung debit yang masuk kedalam kolam tampung.
Uraian lebih lanjut tentang perhitungan debit yang masuk kolam tampung yang terletak pada badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 9) Menentukan sistem aliran saluran dan kapasitas pompa untuk menghitung volume kolam tampungan yang dibutuhkan. (kombinasi volume kolam tampungan dan kapasitas pompa harus dianalisa untuk menemukan kombinasi yang paling optimum). Uraian lebih lanjut tentang perhitungan volume kolam tampung yang terletak pada badan saluran/ sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 10) Menentukan elevasi muka air saluran dan kolam tampung/ waduk yang terletak pada badan sungai/saluran. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan elevasi muka air saluran dan kolam tampung yang terletak di samping badan saluran/ sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam

Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.

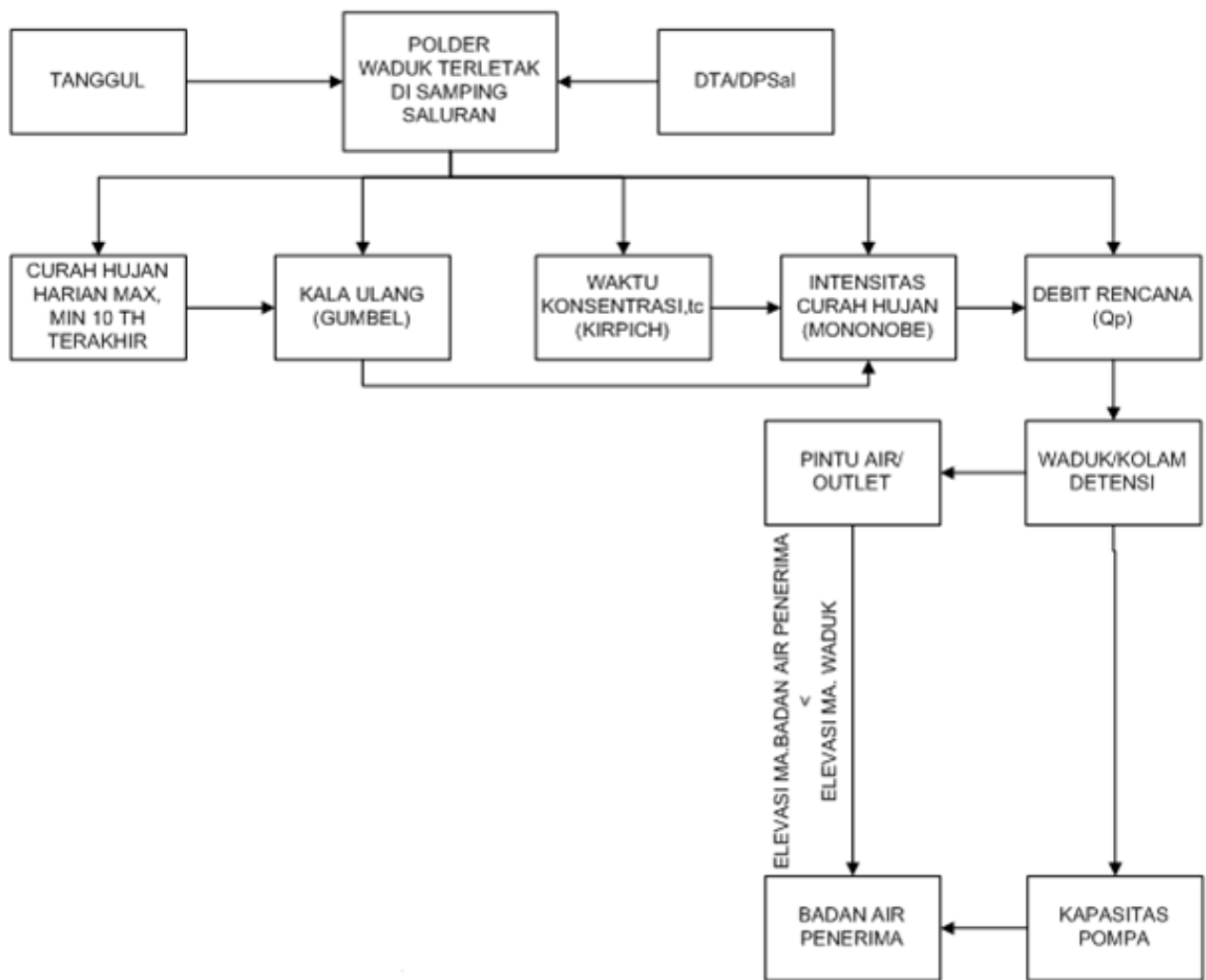
11) Komponen bangunan pelengkap pada sistem polder yang kolam tampungnya terletak disamping badan saluran/sungai:

- (1). Rumah pompa
- (2). Pintu outlet
- (3). *Trash Rack*/ saringan sampah
- (4). Kolam penangkap sedimen
- (5). Akses jalan masuk
- (6). Rumah jaga

Gambar denah sistem adalah sebagai berikut:



Gambar 27. Sistem polder dengan instalasi pompa terletak di samping badan saluran/sungai



Gambar 28. Tahap Perencanaan Polder, Waduk Di Dalam Badan/Ruas Saluran

Prosedur perhitungan dan operasi sistem polder:

- (1). Kumpulkan data hidrologi, seperti data curah hujan harian maksimum tahunan, minimal 10 tahun terakhir.
- (2). Tentukan besarnya kala ulang dengan menggunakan metode Gumbel dan atau Log Person Type III.
- (3). Air hujan dari saluran pada sistem polder masuk ke dalam kolam detensi atau waduk yang merupakan badan saluran, dipompa ke badan air penerima.
- (4). Air hujan yang masuk ke dalam waduk/kolam detensi, dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta S = \frac{I_2 + I_1}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t$$

Bila :

ΔS = volume waduk selama waktu interval Δt (m^3)

I_1 = aliran masuk pada awal interval waktu (m^3/dt)

I_2 = aliran masuk pada akhir interval waktu (m^3/dt)

- (5). Pompa bekerja setengah jam setelah hujan dan air masuk ke dalam waduk, volume waduk sama dengan volume air yang terbanyak tersimpan dalam waduk setelah dipompa.
- (6). Luasnya kolam tampung/waduk tergantung dari dalamnya waduk dan kapasitas pompa. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan luas kolam tampung yang terletak pada badan saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- (7). Hitung debit rencana sesuai dengan kala ulang dengan metode rasional atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan.
- (8). Pada saat musim kering air saluran drainase mengalir melalui pintu outlet ke badan air penerima dan pada saat musim hujan/banjir pintu outlet ditutup dan air dipompa ke badan air penerima.
- (9). Bagan alir tahap perencanaan kolam detensi/waduk yang terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 28.

3.3.3. Tahapan perencanaan Sistem Polder Dengan Pompa Dan Ruas Saluran Sebagai Kolam Tipe *Long Storage*

Pada sistem ini, saluran drainase sebagai waduk/kolam detensi. Pada saat musim kering dan musim banjir air saluran drainase sebagai waduk/kolam, prosedur perencanaannya adalah sebagai berikut:

- 1) Mengidentifikasi daerah genangan dan parameter genangan yang meliputi luas genangan, tinggi genangan, lama genangan dan frekuensi genangan serta penyebab genangan.
- 2) Memastikan bahwa elevasi muka air pada saat banjir rencana di badan penerima lebih tinggi daripada permukaan air di hilir saluran.
- 3) Menghitung kapasitas saluran existing dibandingkan debit banjir rencana untuk menentukan penyebab genangan secara pasti.
- 4) Menentukan lokasi dan panjang ruas saluran yang berfungsi sebagai kolam tampung yang tergantung dari dalamnya saluran dan kapasitas pompa.
- 5) Merencanakan tanggul keliling sistem polder berdasarkan perhitungan.
- 6) Menentukan lokasi dan desain pintu outlet. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan pintu outlet kolam tampung yang terletak pada ruas

saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam retensi dan Sistem Polder.

- 7) Menentukan lokasi bangunan rumah pompa.
- 8) Menghitung debit yang masuk kedalam ruas saluran yang berfungsi sebagai kolam tampung. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan debit yang masuk kolam tampung yang terletak pada ruas saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 9) Menentukan sistem aliran saluran dan kapasitas pompa untuk menghitung volume kolam tampungan yang dibutuhkan. (kombinasi volume kolam tampungan dan kapasitas pompa harus dianalisa untuk menemukan kombinasi yang paling optimum). Uraian lebih lanjut tentang perhitungan volume kolam tampung yang terletak pada ruas saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam retensi dan Sistem Polder.
- 10) Menentukan elevasi muka air saluran dan kolam tampung/ waduk yang terletak pada ruas sungai/saluran. Uraian lebih lanjut tentang perhitungan elevasi muka air saluran dan kolam tampung yang terletak pada ruas saluran/sungai dapat dilihat dalam Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 11) Komponen bangunan pelengkap pada sistem polder yang kolam tampungnya terletak disamping badan saluran/sungai:
 - (1). Rumah pompa
 - (2). Pintu outlet
 - (3). *Trash Rack*/ saringan sampah
 - (4). Kolam penangkap sedimen
 - (5). Akses jalan masuk
 - (6). Rumah jaga

12) Gudang

Bagan alir tahap perencanaan kolam tampung/waduk yang terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 9.

Prosedur perhitungan dan operasi sistem polder:

- (1). Kumpulkan data hidrologi, seperti data curah hujan harian maksimum tahunan, minimal 10 tahun terakhir.
- (2). Tentukan besarnya kala ulang dengan menggunakan metode Gumbel dan atau Log Person Type III.
- (3). Air hujan dari saluran pada sistem polder masuk ke dalam kolam

detensi atau waduk yang merupakan badan saluran, dipompa ke badan air penerima.

- (4). Air hujan yang masuk ke dalam waduk/kolam detensi, dihitung dengan formula sebagai berikut:

$$\Delta S = \frac{I_2 + I_1}{2} \Delta t - \frac{O_1 + O_2}{2} \Delta t$$

Bila :

ΔS = volume waduk selama waktu interval Δt (m^3)

I_1 = aliran masuk pada awal interval waktu (m^3/dt)

I_2 = aliran masuk pada akhir interval waktu (m^3/dt)

- (5). Pompa bekerja setengah jam setelah hujan dan air masuk ke dalam kolam tampung/waduk, volume kolam tampung/ waduk sama dengan volume air yang terbanyak tersimpan dalam waduk setelah dipompa.
- (6). Panjang ruas saluran sebagai waduk tergantung dari dalamnya saluran dan kapasitas pompa.
- (7). Hitung debit rencana sesuai dengan kala ulang dengan metode rasional atau hidrograf satuan untuk daerah perkotaan.
- (8). Pada saat musim kering air saluran drainase mengalir melalui pintu outlet ke badan air penerima dan pada saat musim hujan/banjir pintu outlet ditutup dan air dipompa ke badan air penerima.
- (9). Bagan alir tahap perencanaan kolam detensi/waduk yang terletak di badan saluran/sungai dapat dilihat pada Gambar 28.

3.4. Analisa Perencanaan Hidrologi

- 1) Kumpulkan data curah hujan harian maksimum tahunan untuk periode minimum terakhir selama 10 tahun yang berurutan, dari beberapa stasiun curah hujan di daerah pengaliran saluran (DPSal).
- 2) Hitung tinggi curah hujan harian rata-rata dari butir 1) diatas dengan metode Aritmatik atau Thiesen atau Isohyet, apabila tidak ada peta stasiun curah hujan dianjurkan menggunakan metode Aritmatik.

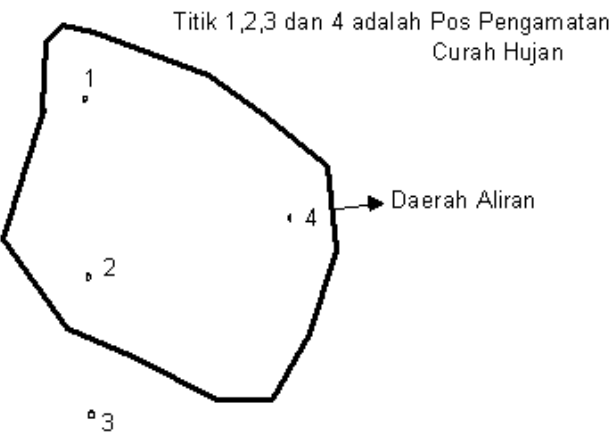
Metode Aritmatik (Gambar 30)

Metode ini dipergunakan bila daerah pengamatan relatif datar dan titik-titik pengamatan tersebar merata di dalam dan di sekitar daerah yang b

$$R = \frac{\Sigma(R_1+R_2+...R_n)}{n} \dots\dots\dots (1)$$

Bila:

- R = tinggi curah hujan rata-rata harian pada suatu DPS atau DPSAL (mm/hari).
- R1, R2,...Rn = tinggi curah hujan harian pada masing-masing stasiun hujan (mm/hari).
- n = jumlah stasiun hujan.



Gambar 30. Metode Aritmatik

Penjelasan Gambar 30

- Titik 1, 2, 3, dan 4 adalah pos pengamatan curah hujan;
- Tinggi curah hujan di titik 1,2,3 dan 4 masing-masing dalam sehari d1,d2,d3 dan d4.

Metode Polygon Thiessen (Gambar 31)

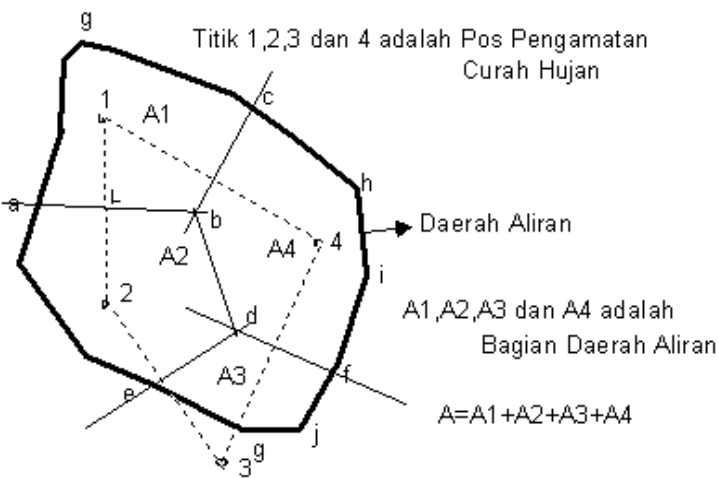
Metode ini didasarkan atas cara rata-rata timbang (*weighted average*).

Masing-masing penakar mempunyai daerah pengaruh yang dibentuk dengan menggambarkan garis-garis sumbu tegak lurus terhadap garis penghubung antara dua pos penakar, dengan rumus:

$$d = \sum_{n=1}^n \left(\frac{A_i \cdot d_i}{A} \right) \dots\dots\dots (2)$$

Bila :

- A = Luas Areal
- d = tinggi curah hujan rata-rata areal
- d₁, d₂, d₃,d_n = tinggi curah hujan di pos 1,2,3, ...n
- A₁,A₂,A₃A_n = luas daerah pengaruh pos 1,2,3,...n
- A₁d₁,A₂d₂,...A_nd_n = luas daerah pengaruhxtinggi curah hujan
- n = banyaknya pos pengamatan.



Gambar 31. Metode Polygon Thiessen

Penjelasan Gambar 31

- Titik 1, 2, 3, dan 4 adalah pos pengamatan curah hujan;
- Garis a-b tegak lurus tengah-tengah titik 1 dan titik 2;
- Garis c-b tegak lurus tengah-tengah titik 1 dan titik 4;
- Garis d-f tegak lurus tengah-tengah titik 3 dan titik 4;
- Garis d-e tegak lurus tengah-tengah titik 2 da titik 3;
- Luas bagian daerah aliran A1= bagian daerah aliran a-b-c-g;
- Luas bagian daerah aliran A2=bagian daerah aliran a-b-d-e;
- Luas bagian daerah aliran A3 = bagian daerah aliran d-f-j-e;
- Luas bagian daerah aliran A4= bagian daerah aliran b-c-h-i-f-d;
- Tinggi curah hujan di titik 1, 2,3 dan 4 masing-masing dalam sehari, adalah d1,d2,d3 dan d4.

Metode Isohyet (Gambar 32)

Dalam metode ini harus digambar lebih dahulu countour dengan tinggi

- A6 adalah luas daerah aliran antara garis isohyet 5 dan batas daerah aliran;

Luas daerah aliran dihitung dengan planimeter.

- 3) Hitung hujan rencana beberapa kala ulang dengan menggunakan persamaan Log Pearson Tipe III atau persamaan Gumbel, dengan menggunakan data curah hujan harian rata-rata dari butir 2).

Analisis Data Curah Hujan

- a) Cara analisis menghitung kala ulang X_t dengan persamaan Gumbel:

$$X_t = X + k S_x$$

Bila:

X_t = x yang terjadi dalam kala ulang t tahun

X = rata-rata dari seri data X_i .

X_i = seri data maksimum tiap tahun.

S_x = simpangan baku.

n = jumlah data.

$$\text{atau } S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - X)^2}{n-1}}$$

$$k = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$Y_t = -\ln\left(-\ln\left(\frac{t-1}{t}\right)\right)$$

Bila :

k = konstanta yang dapat dibaca dari Tabel 3.

Y_n dan S_n = besaran yang merupakan fungsi dari jumlah Pengamatan (n).

Y_t = reduksi sebagai fungsi dari probabilitas; besaran Y_t , k ; S_n ; Y_n , (lihat Tabel 2 sampai Tabel 6).

t = jumlah tahun kala ulang.

- b) Metoda Log Pearson Type III (Sumber : "Hidrologi Teknik", Ir.CD. Soemarto, BIE, Dipl.H)

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi PEARSON Type III adalah:

- Harga rata-rata;
- Standard deviasi
- Koefisien kepengcengan.

Garis besar cara tersebut adalah sebagai berikut:

- (2) Ubah data curah hujan harian tahunan maksimum sebanyak $n=21$ buah $X_1, X_2, X_3, \dots, X_n$ menjadi $\log X_1, \log X_2, \log X_3, \dots, \log X_n$;
- (3) Hitung harga rata-ratanya dengan rumus berikut ini :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n}$$

- (4) Hitung harga standard deviasinya dengan rumus berikut ini:

$$S_1 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}}$$

- (5) Hitung koefisien kepencengannya (*Skew Coefficient*) dengan rumus berikut ini:

$$Cs = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)s_1^3}$$

- (6) Hitung logaritma curah hujan dengan waktu balik yang dikehendaki dengan rumus berikut ini :

$$\text{Log } Q = \overline{\log X} + G.S_1$$

Harga-harga G dapat diambil dari Tabel 8 untuk harga-harga Cs positif, dan Tabel 9 untuk harga-harga Cs negatif. Jadi dengan harga Cs yang dihitung dan waktu balik yang dikehendaki G dapat diketahui.

- (7) Cari antilog dari $\log Q$ untuk mendapatkan debit banjir dengan waktu balik yang dikehendaki Q_T .
- 4) Tentukan koefisien pengaliran (C) berdasarkan literatur dan penelitian di lapangan sesuai dengan tata guna lahan.
- 5) Tentukan koefisien pengaliran *equivalent* (C_{eq}), apabila daerah pengaliran saluran ($DPSal$) terdiri dari beberapa sub- $DPSal$.
- 6) Hitung waktu konsentrasi (t_c) dengan menggunakan rumus Kirpich.
- 7) Kolam Retensi dipakai apabila diinginkan memotong puncak banjir yang terjadi, juga untuk mengurangi dimensi saluran.
- 8) Sistem Polder dipilih apabila daerah yang akan dikeringkan, relatif lebih rendah dari muka air tinggi sungai/badan air penerima atau muka air laut pasang.
- 9) Hitung intensitas curah hujan dengan menggunakan rumus Mononobe dari nilai hujan rencana dari butir 3), dan waktu konsentrasi dari butir 6).
- 10) Hitung debit banjir rencana dengan metode rasional praktis dengan koefisien pengaliran dari butir 4) atau dari butir 5), dan intensitas curah

hujan dari butir 7).

- 11) Hitung debit banjir rencana dengan menggunakan unit hidrograph untuk daerah perkotaan.
- 12) Hitung debit banjir rencana dengan metode Rasional Modifikasi.

3.5. Analisa Perencanaan Hidrolika

- 1) Hitung profil basah saluran *existing* sesuai bentuknya (lingkaran, trapesium atau segiempat).
- 2) Hitung keliling basah saluran *existing* sesuai bentuknya (lingkaran, trapesium atau segiempat).
- 3) Hitung jari-jari hidraulis saluran dari perbandingan butir 1 dan butir 2.
- 4) Hitung kemiringan dasar saluran rata-rata dari penelitian hasil lapangan.
- 5) Hitung kecepatan aliran rata-rata maksimum menggunakan rumus Manning. Apabila kekasaran dinding bervariasi maka harus dihitung kekasaran dinding *equivalent*.
- 6) Hitung kapasitas maksimum saluran *existing*.
- 7) Bandingkan kapasitas maksimum saluran *existing* dari butir 6) dengan debit banjir rencana dari butir 10), 11) dan 12) di sub-bab 4.2.
- 8) Dari ketiga perhitungan debit banjir rencana tersebut pilih yang terbesar. Apabila kapasitas *existing* lebih besar dari debit banjir rencana yang terbesar, maka saluran *existing* tidak perlu direhabilitasi.

3.6. Tahap Perencanaan Kapasitas Kolam Detensi dan Pompa

- 1) Buat unit *hidrograph* daerah perkotaan, kemudian jumlahkan masing-masing ordinatnya. Sehingga diperoleh debit rencana maksimum dengan gambar *hidrograph*-nya.
- 2) Hitung volume kumulatif air yang masuk ke dalam kolam retensi dari *hidrograph*.
- 3) Gambarkan hasil perhitungan volume kumulatif dari butir 2) di atas dalam koordinat *orthogonal* dengan ordinat besarnya volume kumulatif dan absis besarnya waktu.
- 4) Hitung volume kumulatif pompa untuk berbagai kapasitas pompa dan terapkan pada kumulatif air yang masuk kolam retensi dari butir 3) di atas.
- 5) Ukur ordinat yang terletak antara garis volume kumulatif pompa dengan garis singgung volume kumulatif air yang masuk ke dalam kolam retensi seperti pada butir 4) di atas, menunjukkan volume air yang tertinggal di

dalam kolam retensi.

- 6) Hitung luas kolam retensi yang diperlukan dengan membagi volume kumulatif yang tertinggal di dalam kolam retensi seperti butir 5) di atas dengan rencana dalamnya air efektif di kolam retensi.
- 7) Lakukan langkah butir 4), butir 5) dan butir 6) di atas berulang-ulang, sehingga diperoleh biaya yang efisien dan efektif dalam menentukan luas kolam retensi dan kapasitas pompa yang dibutuhkan. Contoh perhitungan kapasitas kolam detensi dan pompa dapat dilihat di Lampiran: Kolam Detensi, Kolam Retensi dan Sistem Polder.
- 8) Hitung kebutuhan head pompa dari elevasi muka air minimum di kolam retensi ke muka air maksimum banjir di sungai atau muka air pasang tertinggi di laut.
- 9) Pilih tipe pompa sesuai dengan kebutuhan yang ada. Tipe-tipe pompa yang dimaksud adalah sebagai berikut:

c) Pompa *Archemedian Screw*.

Pompa *archemedian screw* digunakan untuk kondisi elevasi muka air yang dipompa relatif aman, tidak sesuai untuk elevasi muka air yang perubahannya relatif besar.

Pompa ini tidak terganggu dengan adanya tumbuhan air dan sampah, oleh sebab itu pompa ini mampu beroperasi tanpa dijaga dalam jangka waktu yang lama.

b) Pompa *Rotodynamic*.

Pompa *rotodynamic* dipilih sesuai dengan keperluan perencanaan. Pompa ini terdiri atas:

(1) Pompa *Centrifugal* (aliran *radial*)

Dipergunakan untuk memompa air dengan ketinggian yang besar dan aliran sedang.

(2) Pompa *Axial* (baling-baling)

Dipergunakan untuk memompa air dengan ketinggian yang rendah sampai aliran yang besar.

c) Pompa Aliran campuran

Digunakan dengan karakteristik tengah-tengah antara Pompa *Centrifugal* dengan Pompa *Axial*.

4. LAIN-LAIN

4.1. Laporan

Laporan mengenai pembuatan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder

dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Setiap aspek perencanaan baik yang menyangkut bangunan baru maupun bangunan lama agar dilaporkan dan dikonsultasikan kepada instansi yang berwenang dan bertanggung jawab atas pembuatan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder.
- 2) Laporan perlu dibuat secara berkala oleh perencana, dan dilaporkan kepada instansi yang berwenang dan bertanggung jawab atas pembuatan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder.
- 3) Laporan tersebut yang dimaksud adalah dampak negatifnya terhadap masyarakat dan lingkungan.

4.2. Koordinasi dan Tanggung Jawab Perencanaan

Koordinasi dan tanggung jawab pembuatan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder dijelaskan sebagai berikut:

- 1) Seluruh penyelenggaraan teknis pekerjaan pembuatan kolam detensi dan polder agar dilaksanakan di bawah koordinasi dan tanggung jawab seorang ahli yang kompeten, dibantu tim terpadu yang karena pelatihan dan pengalamannya berpengetahuan luas dan ahli dalam pekerjaan yang berkaitan dengan pembuatan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder.
- 2) Apabila dalam tahapan pembuatan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder timbul masalah yang tidak dapat diselesaikan oleh instansi yang berwenang, maka masalah tersebut harus diajukan kepada pihak berwenang yang lebih tinggi.
- 3) Pembebasan tanah untuk pembangunan kolam detensi, kolam retensi dan sistem polder, sebaiknya diselesaikan lebih dahulu sebelum perencanaan teknisnya dilanjutkan.
- 4) Penanggung jawab O&P harus mempunyai *Standard Operation Prosedure (SOP)* untuk setiap jenis pekerjaan dari kegiatan *operation and maintenance* (O&P).

MENTERI PEKERJAAN UMUM
REPUBLIK INDONESIA,

ttd.

DJOKO KIRMANTO

Salinan sesuai dengan aslinya
KEMENTERIAN PEKERJAAN UMUM
Kepala Biro Hukum,