

PENGENDALIAN ALIRAN PERMUKAAN AKIBAT PERUBAHAN TATA GUNA LAHAN DENGAN KONSEP *LOW IMPACT DEVELOPMENT*

Hermono S. Budinetto, A. Karim Fatchan, M. Nur Sahid
Program Studi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Pabelan Kartasura Tromol Pos 1 Surakarta 57102

ABSTRAK

Perubahan tata guna lahan akan berakibat pada berkurangnya daerah peresapan dan menaikkan laju aliran permukaan. Suatu kawasan hutan apabila diubah menjadi permukiman maka yang terjadi adalah hutan yang bisa menahan aliran permukaan cukup besar menjadi permukiman dengan resistensi aliran permukaan yang kecil. Laju aliran permukaan yang semakin besar mengakibatkan muka air banjir semakin tinggi, kerusakan tebing sungai dan air tercemar masuk ke sistem sungai. Salah satu cara untuk mengendalikan aliran permukaan akibat perubahan tata guna lahan adalah dengan pendekatan pembangunan berdasarkan konsep *Low Impact Development (LID)*. *LID* merupakan suatu konsep pengelolaan skala kecil dari suatu sistem drainase air hujan, yang dimulai dari sumber masalah, sehingga efek negatif dari urban runoff dapat dikendalikan. *LID* direncanakan mampu mengendalikan tinggi muka air banjir, volume air banjir yang akan dilepas ke daerah hilir serta memelihara aliran dasar (*base flow*) dan menyaring limbah. Dalam penerapannya dilapangan *LID* terdiri dari beberapa unit yang sangat tergantung kebutuhan lokal. Unit-unit tersebut antara lain: *Bioretensi*, *Sumur Resapan*, *Lahan Filter Vegetasi*, *Vegetasi Penyangga*, *Saluran Rumpuk*, *Saluran Infiltrasi*.

Kata Kunci: *Tata guna lahan, Low impact development, urban runoff, base flow*

I. PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Perubahan tata guna lahan akan berakibat pada berkurangnya daerah peresapan dan menaikkan laju aliran permukaan. Perubahan tata guna lahan dari hutan menjadi areal permukiman/*real estate* mengakibatkan kenaikan debit puncak menjadi 5-20 kali dari kondisi semula (Raudkivi, 1979; Subarkah, 1980; Schwab dkk, 1981; Loebis, 1984 dalam Kodoaite dan Roestam, 2005). Suatu kawasan hutan apabila diubah menjadi permukiman maka yang terjadi adalah hutan yang bisa menahan aliran permukaan cukup besar menjadi permukiman dengan resistensi aliran permukaan yang kecil. Laju aliran permukaan yang semakin besar mengakibatkan muka air banjir semakin tinggi, kerusakan tebing sungai dan air tercemar masuk ke sistem sungai.

Kondisi yang berpengaruh langsung terhadap kualitas dan kuantitas aliran air permukaan termasuk kondisi dari sistem eko-hidrologi, *diversity* ekologi dan kesehatan publik (Loucks et al., 1997) antara lain:

- a. Naiknya kepadatan penduduk
- b. Perubahan tata guna lahan sehingga meningkatkan daerah impervious dan kapasitas saluran drainase terlampaui.
- c. Meningkatnya urban residu serta sumber polusi

Salah satu cara untuk mengendalikan aliran permukaan akibat perubahan tata guna lahan adalah dengan pendekatan pembangunan berdasarkan konsep *Low Impact Development (LID)*. *LID* merupakan suatu konsep pengelolaan skala kecil dari suatu sistem drainase air hujan, yang dimulai dari sumber masalah, sehingga efek negatif dari *urban runoff* dapat dikendalikan. *LID* direncanakan mampu mengendalikan tinggi muka

air banjir, volume air banjir yang akan dilepas ke daerah hilir serta memelihara aliran dasar (*base flow*) dan menyaring limbah.

2. Maksud dan Tujuan

Tujuan dari penulisan ini adalah memberikan suatu alternatif penanggulangan akibat negatif perubahan tata guna lahan sehingga bisa memelihara karakteristik hidrologi daerah yang mengalami perubahan tata guna lahan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

1. Air

Kajian global kondisi air di dunia yang disampaikan pada *World Water Forum II* di Den Haag tahun 2000, memproyeksikan bahwa pada tahun 2025 akan terjadi krisis air di beberapa negara. Meskipun Indonesia termasuk 10 negara kaya air namun krisis air diperkirakan akan terjadi juga, sebagai akibat dari kesalahan pengelolaan air yang tercermin dari tingkat pencemaran air yang tinggi, pemakaian air yang tidak efisien, fluktuasi debit air sungai yang sangat besar, kelembagaan yang masih lemah dan peraturan perundang-undangan yang tidak memadai. Ketersediaan air di Indonesia mencapai 15.000 meter kubik per kapita per tahun -masih di atas rata-rata dunia yang hanya 8.000 meter kubik per kapita per tahun- namun jika ditinjau ketersediaannya per pulau akan sangat lain dan bervariasi. Pulau Jawa yang luasnya mencapai tujuh persen dari total daratan wilayah Indonesia hanya mempunyai empat setengah persen dari total potensi air tawar nasional, namun pulau ini dihuni oleh sekitar 65 persen total penduduk Indonesia. Kondisi ini menggambarkan potensi kelangkaan air di Pulau Jawa sangat besar. Jika dilihat ketersediaan air per kapita per tahun, di Pulau Jawa hanya tersedia 1.750 meter kubik per kapita per tahun, masih di bawah standar kecukupan yaitu 2000 meter kubik per kapita per tahun. Jumlah ini akan terus menurun sehingga pada tahun 2020 diperkirakan hanya akan tersedia sebesar 1.200 meter kubik per kapita per tahun. Apabila fenomena ini terus berlanjut maka akan terjadi keterbatasan pengembangan dan pelaksanaan pembangunan di daerah-daerah tersebut karena daya dukung sumberdaya air yang telah terlampaui. Potensi 4 krisis air ini juga terjadi di Bali, Nusa Tenggara Barat, dan Sulawesi Selatan (Isnugroho, 2000 mengutip orasi Dyah R. Pangesti, 2000).

2. Aliran Permukaan

Selama peristiwa hujan, sebagian air hujan ditahan oleh tanaman sebelum mencapai permukaan bumi (*interception*). Air ini sebagian pada akhirnya akan jatuh ke bumi dan sebagian akan menguap. Pada kawasan hutan yang rimbun, sebagian besar hujan ditangkap oleh dedaunan dan ranting. Jika kapasitas dedaunan sudah penuh, air akan turun melalui cabang batang pohon dan menetes ke bawah (Brown and Barker, 1970; Regerson and Byrnes, 1968; Helvey, 1967 dalam Suripin, 2004).

Aliran permukaan dipengaruhi oleh banyak faktor secara bersamaan. Secara umum faktor yang berpengaruh dikelompokkan menjadi dua yaitu faktor meteorologi dan karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS).

Faktor-faktor meteorologi yang berpengaruh terhadap aliran permukaan antara lain Intensitas hujan, Durasi hujan dan Distribusi curah hujan. Sementara karakteristik suatu DAS yang berpengaruh terhadap pola aliran permukaan adalah: Luas dan bentuk DAS, Topografi,

Tata guna lahan merupakan faktor penting dalam mempengaruhi laju dan volume aliran permukaan. Tata guna lahan merupakan nisbah antara besarnya aliran permukaan dan intensitas hujan. Tata guna lahan dalam perhitungan dinyatakan dalam koefisien aliran permukaan (C). Nilai C berkisar antara 0 sampai 1, nilai C = 0, menunjukkan bahwa semua air hujan terinfiltrasi ke dalam tanah, sebaliknya nilai C = 1 maka semua air hujan berubah menjadi aliran permukaan. Pada DAS yang kondisinya masih baik harga C mendekati 0, semakin rusak suatu DAS harga C semakin mendekati 1.

Perubahan karakteristik DAS bisa berupa peningkatan daerah yang kedap air yang akan menyebabkan peningkatan volume aliran permukaan. Perbandingan antara volume aliran permukaan dengan total hujan yang terjadi disebut koefisien aliran permukaan (koefisien *runoff*). Koefisien *runoff* dapat dipelihara seperti kondisi masa prapembangunan dengan memberikan pengalihan air hujan menjadi infiltrasi, penahanan dan penyimpanan.

3. Perubahan Tata Guna Lahan

Daerah perkotaan yang mempunyai banyak pemikat menyebabkan penduduk desa berjubel di daerah perkotaan. Penduduk di daerah perkotaan di Indonesia sejak dekade 1950 sampai sekarang cenderung meningkat. Tahun antara 1950-1960 laju pertumbuhan penduduk perkotaan di Indonesia 3 % pertahun kemudian tahun 1961-1970 meningkat menjadi 3,6% pertahun dan pada dasawarsa 1971-1981 mencapai angka sekitar 5% (Dit. Tata Kota & Tata Daerah, 1990). Sedangkan dalam Pelita IV ditaksir laju pertumbuhan tetap sekitar 5% rata-rata per tahun. Jumlah penduduk yang tinggal di wilayah perkotaan berdasarkan sensus 1961 adalah 15,6% lalu pada sensus tahun 1971 sebesar 17,2% pada tahun 1980 naik menjadi 22,3%. Pada tahun 1983, hanya dalam masa 3 tahun naik menjadi 23,7%. Saat ini ditaksir penduduk yang tinggal di wilayah perkotaan sebesar 28% dari seluruh penduduk Indonesia (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Perubahan tataguna lahan yang tidak teratur dan tidak terencana dengan baik memberikan andil besar terhadap kenaikan tajam debit sungai sebagai saluran drainase alami. Misal suatu Daerah Pengaliran Sungai (DPS) yang semula berupa hutan mempunyai debit $10 \text{ m}^3/\text{detik}$ apabila diubah amenjadi sawah, maka debit sungainya akan menjadi antara 25 sampai $90 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau ada kenaikan debit sebesar 2,5 sampai 9 kali dari debit semula. Bila hutan diubah menjadi kawasan perdagangan atau perindustrian maka debitnya yang semula $10 \text{ m}^3/\text{detik}$ akan meningkat tajam menjadi antara 60 sampai $250 \text{ m}^3/\text{detik}$ atau meningkat menjadi 6 sampai 25 kali debit semula. Perubahan yang paling besar adalah apabila kawasan hutan dijadikan daerah beton/beraspal maka hujan yang turun semuanya akan mengalir di permukaan dan tidak ada yang meresap ke dalam tanah. Debit berubah dari $10 \text{ m}^3/\text{detik}$ menjadi 6,3 sampai 35 kalinya. Apabila daerah pengaliran sungai berupa pesawahan kemudian dijadikan kawasan perindustrian maka debit sungainya akan naik menjadi 2-3 kalinya, debit sungai yang awalnya 25 sampai $90 \text{ m}^3/\text{detik}$ untuk sawah menjadi 60 samapai $250 \text{ m}^3/\text{detik}$ untuk daerah industri (Kodoatie dan Sugiyanto, 2002).

Sementara Prince George's County Maryland (1999) menyebutkan bahwa untuk kawasan yang masih natural dan belum dibangun menghasilkan aliran permukaan berkisar antara 10 – 30 % dari total air hujan. Apabila kawasan itu dibangun akan memberikan dampak kenaikan aliran permukaan sampai 50 % dari total air hujan. Selanjutnya upaya untuk menghindari banjir pada kawasan regional biasanya dibuat drainase, tetapi dengan adanya drainase justru meningkatkan debit aliran permukaan.

Perubahan karakteristik aliran permukaan suatu DAS akan meningkatkan volume dan laju aliran permukaan yang akan mengakibatkan banjir, peningkatan erosi, pengurangan pengisian air bawah tanah, dan berperan dalam menurunkan kualitas air permukaan dan merusak system ekologi.

4. Konsep Pengendalian Aliran Permukaan

Pengendalian Aliran permukaan sebagai akibat terjadinya pembangunan dilakukan dengan perencanaan pembangunan yang lebih memperhatikan kondisi hidrologis daerah pembangunan. Fungsi hidrologi seperti *storage*, infiltrasi dan pengisian air tanah atau juga volume dan frekuensi dari debit aliran permukaan dipelihara dengan cara penanganan aliran air hujan dalam skala kecil yang menyeluruh dan terintegrasi baik itu area retensi dan detensi, pengurangan permukaan kedap air dan memperpanjang waktu konsentrasi. Pendekatan pembangunan dengan cara-cara seperti diatas sering disebut dengan *Low Impact Development (LID)*.

Konsep dasar yang menggambarkan inti dari pendekatan LID adalah dengan perencanaan yang bisa dilaksanakan dan penerapan rencana tapak secara menyeluruh untuk mencapai keberhasilan. Konsep dasar ini antara lain (Departement of Environmental Resources maryland, 1999):

a. Penggunaan hidrologi sebagai kerangka kerja

Pendekatan hidrologi dalam proses perencanaan kawasan dimulai dengan identifikasi dan menjaga area sensitif yang berpengaruh terhadap hidrologi kawasan, termasuk didalamnya aliran dan penyangganya, dataran banjir, *wetland*, lereng, tanah berpermeabilitas tinggi dan hutan lindung. Skema dari daerah yang akan dibangun kemudian dievaluasi untuk mengurangi, meminimalisir daerah impervious total dari kawasan tersebut. Analisis selanjutnya adalah membuat area kedap air yang tak bisa dihindarkan untuk meminimalisir permukaan kedap air yang saling berhubungan langsung. Daerah bioretensi, memperpanjang alur aliran, daerah infiltrasi, saluran drainase, daerah retensi, dan praktek lainnya dapat digunakan untuk mengontrol dan mengubah daerah kedap air. Hasil akhir dari penggunaan hidrologi dalam perencanaan kawasan adalah menjaga kondisi karakteristik hidrologi prapembangunan selain itu dapat menambah unsur estetika dan menyediakan tempat rekreasi.

b. Berfikir mikromanajemen

Kunci untuk membuat LID adalah dengan konsep mikromanajemen. Hal ini membutuhkan perubahan perspektif kita dalam pendekatan dalam cara pandang luas area (*microsubsheds*) yang akan dikontrol, cara pengontrolan (*microtechniques*), lokasi dan ukuran pengendalian serta frekuensi dari aliran air hujan yang dikendalikan. Teknik manajemen skala kecil dilakukan pada sub DAS yang kecil atau pada kawasan pemukiman juga pada area publik, yang menyediakan pembagian pengendalian aliran air hujan secara menyeluruh pada daerah pengamatan. Hal ini memberikan kesempatan untuk memelihara fungsi hidrologi kawasan seperti infiltrasi, tampungan dangkal, dan intersepsi air hujan juga sama baiknya dalam mengurangi waktu konsentrasi (Tc).

c. Pengendalian aliran hujan disumbernya

Kunci untuk perbaikan fungsi hidrologi daerah yang terbangun adalah untuk meminimalisir dan mengurangi akibat perubahan tataguna lahan yang dilakukan pada daerah sumbernya. Hal ini didasarkan untuk pembagian strategi pengendalian pada daerah sumber dan dilaksanakan dengan menggunakan teknik mikromanajemen pada seluruh kawasan.

d. Penggunaan metode yang simpel dan non struktural

Penggunaan teknik LID dapat menurunkan penggunaan tipe material seperti beton atau baja. Dengan menggunakan material seperti tumbuhan lokal, tanah dan kerikil dapat lebih mudah menyatu dengan kawasan dan penampakannya bisa lebih natural dibandingkan dengan teknik konvensional. Karakteristik yang natural itu mungkin juga akan menaikkan penerimaan dan kemauan untuk memakai dan memelihara sistem ini. Fasilitas kolam juga dibuat lebih kecil, ditujukan terutama supaya kolam tetap dangkal dan kemiringan dinding yang kecil juga mengurangi faktor keamanan. Kesatuan dari fasilitas ini memberikan kesempatan untuk menirukan fungsi hidrologi yang natural dan memberikan tambahan nilai estetika.

e. Membuat kawasan yang multifungsional

LID menawarkan alternatif inovasi dalam pendekatan manajemen aliran air hujan perkotaan yang terintegrasi dengan perencanaan kawasan dimana aliran permukaan dapat dikelola dalam skala kecil dan dikendalikan di sumber polusi. Dengan "kolam" retensi yang berwawasan lingkungan setiap taman kota atau infrastruktur lainnya (atap, jalan, tempat parkir, dan daerah hijau) dapat didesain menjadi multifungsi dengan menjadikannya sebagai tempat penahan (*detention*), penyimpanan (*retention*), penyaring, atau digunakan untuk aliran air.

III. PEMBAHASAN

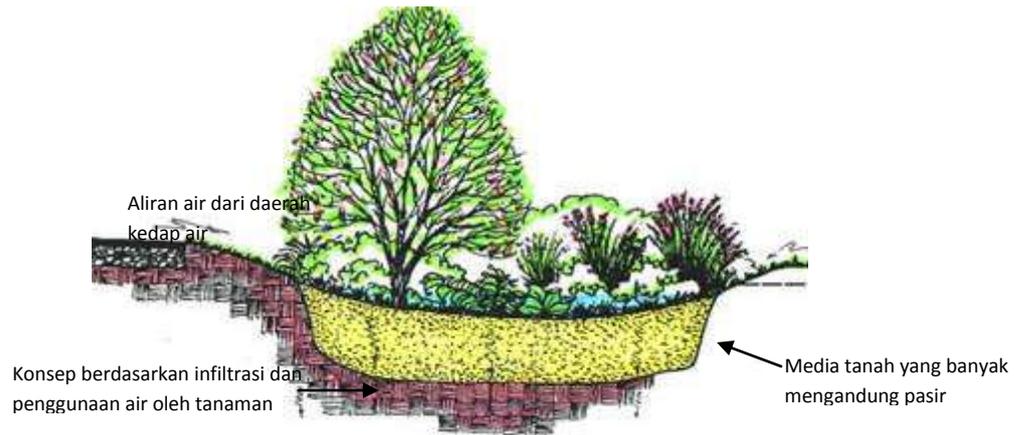
UNIT-UNIT LOW IMPACT DEVELOPMENT (LID)

Untuk melaksanakan pendekatan LID dilakukan dengan memilih dan membuat unit-unit LID sesuai dengan kebutuhan lokal yang sebagai berikut:

1. Bioretensi

Bioretensi adalah area timbunan dibawah permukaan tumbuhan yang bersifat meloloskan air dan merupakan sebuah drainase yang mendorong aliran terinfiltrasi juga sebagai penyaringan kualitas air dan juga menghindari adanya tambahan luas dan tinggi genangan. Konsep *bioretensi* pertamakali dikembangkan oleh Prince George's County, Maryland, Departement of Environmental Resources pada awal 1990. Metode yang digunakan merupakan kombinasi dari filtrasi dengan proses fisik dan penyerapan dengan proses biologis.

Ilustrasi konsep dari fasilitas *bioretensi* diperlihatkan pada Gambar 1. *Bioretensi* menggunakan desain yang simpel, terintegrasi dengan kawasan, desain berdasarkan kondisi natural yang memberikan kesempatan untuk infiltrasi, filtrasi, tampungan dan evapotranspirasi oleh vegetasi. Bioretensi menangkap aliran air hujan untuk difilter oleh media tanah yang telah disiapkan. Ketika kapasitas rongga pori dari media tanah dicapai, aliran air hujan mulai menggenang di permukaan tanah tempat penanaman tumbuhan. Apabila menggunakan rekomendasi teknis campuran tanah dengan underdrain, genangan akan habis untuk waktu kurang dari setengah jam, tetapi akan lebih lama apabila pembuangan air hanya dengan infiltrasi (DERPGC, 2001).



Sumber : DERPGC, 2001

Gambar 1 Konsep *bioretensi*

2. Sumur resapan

Sumur resapan merupakan lubang galian kecil yang diisi kembali dengan agregat, biasanya dengan kerikil atau batuan. Fungsi dari sumur resapan adalah sebagai sistem infiltrasi yang digunakan untuk pengendalian aliran permukaan dari atap bangunan. Kegunaan yang lain dari sumur resapan adalah untuk membuat daerah tangkapan dari inflow berbentuk aliran permukaan langsung. Sumur resapan menyediakan perlakuan utama dengan proses yang sama dengan infiltrasi air tanah, yang didalamnya ada proses pengikatan, penyaringan, dan penurunan bakteri.

3. Lahan filter vegetasi

Lahan filter vegetasi biasanya berdekatan dengan daerah vegetasi, biasanya rumput. Ditempatkan diantara daerah sumber polutan dan daerah hilir yang menerima aliran air. Lahan filter ini berfungsi sebagai alat pengolahan awal untuk aliran sebelum masuk *bioretensi*.

4. Vegetasi penyangga

Vegetasi penyangga adalah lahan yang ditumbuhi tanaman, baik itu tumbuh sendiri atau ditanami, disekitar area yang sensitif seperti DAS, *wetlands*, *woodlands*, atau tanah yang mudah tererosi. Untuk menjaga area yang sensitif maka lahan yang dipenuhi vegetasi membantu untuk mengurangi dampak dari aliran air hujan dengan menangkap sedimen dan membatasi polutan, menyediakan area untuk infiltrasi dan memperlambat dan memperlebar aliran air hujan dengan area yang lebih luas.

5. Saluran rumput

Desain saluran drainase konvensional yang simpel dengan saluran rumput yang tugas utamanya untuk melewati aliran air hujan jauh dari jalan. Perencana dapat merencanakan saluran untuk mengoptimalkan kinerja dengan mempertimbangkan berbagai macam faktor hidrologi. Ada dua macam tipe saluran rumput yang digunakan untuk tujuan ini, pertama saluran kering yang menyediakan baik itu kuantitas dan menjaga kualitas dengan memfasilitasi infiltrasi aliran air hujan dan saluran basah yang menggunakan waktu tinggal dan pertumbuhan natural untuk mengurangi puncak limpasan dan menyediakan pengolahan kualitas air sebelum melimpas ke lokasi hilir.

6. Bak tampungan air hujan

Bak tampungan air hujan merupakan metode penyimpanan yang murah, efektif dan mudah pemeliharaannya yang bisa digunakan didaerah permukiman maupun industri. Bak tampungan air hujan beroperasi dengan menahan volume awal dari aliran

air hujan, sementara pipa limpasan bekeraja sebagai pelimpas air setelah kapasitas penyimpanan bak tampungan terlewati.

Air hujan yang jatuh ke tempat dengan berbagai jenis tipe material bisa langsung dimasukkan kedalam bak tampungan. Penyimpanan bak tampungan harus mempertimbangkan estetika dan terpadu dengan lingkungan. Pancuran atau pipa bisa digunakan sebagai pembawa air dari atap ke bak tampungan. Saringan harus dipasang diatas pancuran untuk menghindari penyumbatan oleh sampah. Outlet untuk limpasan harus disediakan untuk mempersiapkan pembuangan pada saat hujan besar. Bak penampungan harus direncanakan yang mudah dipindah, aman buat anak-anak dan diberikan saringan nyamuk pada daerah lubang masuk. Ukuran bak tampungan sesuai dengan luas area atap yang akan didrainase oleh bak tampungan.

7. Parit infiltrasi

Parit infiltrasi adalah galian parit yang kemudian diisi kembali dengan batu untuk membentuk bak dibawah permukaan. Aliran air hujan dibelokan ke dalam parit dan disimpan sampai air dapat diinfiltrasi ke dalam tanah, biasanya lebih dari beberapa hari. Hal yang harus diperhatikan adalah menjaga parit supaya tidak tersumbat, oleh karena itu air yang masuk harus diolah dulu baik itu dengan saluran rumput atau juga dengan lahan filter vegetasi.

TINJAUAN KINERJA LID

Pembangunan suatu kawasan mau tidak mau akan berpengaruh terhadap fungsi hidrologi DAS. Jika masa sebelum prapembangunan volume aliran permukaan sekitar 10-30% dari hujan tahunan total maka setelah pembangunan bisa lebih dari 50% tergantung tingkat pembangunan dan metode perencanaan tata ruang yang digunakan. Kemudian peningkatan drainase konvensional yang diharapkan mengurangi kemungkinan banjir justru dapat menyebabkan peningkatan debit puncak aliran permukaan.

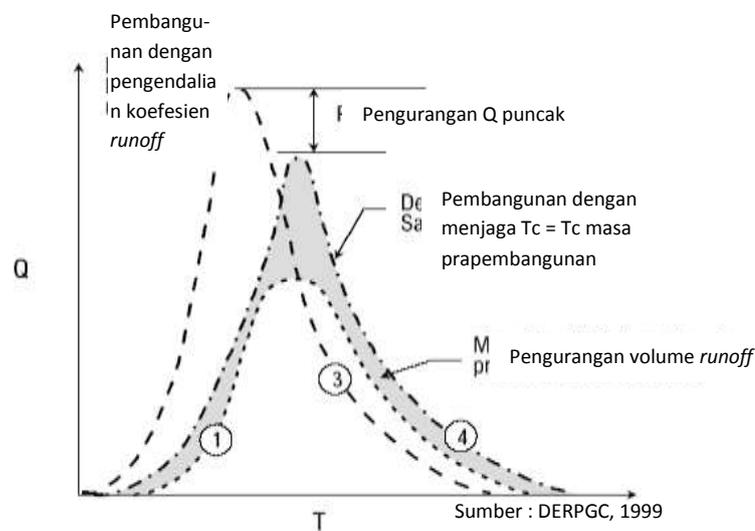
Peningkatan aliran yang berkaitan dengan perubahan permukaan topografi menghasilkan drainase yang mengalir lebih deras dan meningkatkan daerah hidrologi aktif dalam DAS. Daerah hidrologi aktif adalah daerah yang menghasilkan aliran permukaan selama terjadinya hujan. Peningkatan penutup tanah yang kedap air juga memberikan andil dalam peningkatan aliran permukaan. Pasangan perubahan ini dengan waktu konsentrasi yang pendek menghasilkan bentuk hidrograf yang tajam. Bentuk hidrograf yang tajam menunjukkan bahwa untuk mencapai puncak aliran diperlukan waktu yang lebih singkat dan debit yang mengalir lebih besar dan kecepatan pun mengalir lebih cepat. Kecapatan yang besar bisa menimbulkan erosi juga membawa polutan masuk ke dalam badan sungai.

Untuk mempertahankan atau mengembalikan fungsi hidrologi DAS maka diperlukan pengembangan LID. Mempertahankan karakteristik hidrologi masa prapembangunan dapat dievaluasi dengan melihat volume *runoff*, kecepatan puncak aliran, ukuran dan frekuensi hujan dan kualitas air.

Dalam usahanya mengembalikan fungsi hidrologi DAS, LID memiliki berbagai variasi cara yang dibutuhkan untuk menjaga kondisi hidrologi seperti masa prapembangunan. Langkah pertama yang harus dilakukan adalah menjaga potensi runoff dengan mengendalikan atau membuat koefesien *runoff* sekecil mungkin. Cara-cara yang bisa dilakukan untuk meminimalkan koefesien *runoff* bisa dengan

- meningkatkan nilai kekasaran permukaan (misal: menyediakan daerah tumbuhan, menggunakan saluran vegetasi)
- menahan aliran (misal dengan saluran terbuka, *bioretention*)
- meminimalkan gangguan (misalnya: meminimalkan pemadatan dan perubahan vegetasi yang ada)
- membuat kemiringan yang sekecil mungkin di daerah pembangunan
- memutus daerah yang kedap air
- menghubungkan daerah lolos air dan daerah vegetasi

Kombinasi dari teknik-teknik diatas perlu dicari mana yang terbaik sesuai dengan kondisi di lapangan, sehingga bisa menjaga waktu konsentrasi aliran seperti masa prapembangunan. Tanggapan hidrologi untuk waktu konsentrasi sebelum dan sesudah masa pembangunan bisa dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3 Hidrograf pada daerah dengan reduksi koefisien runoff dan pengaturan waktu konsentrasi.

Hidrograf 1 menunjukkan kondisi eksisting sebelum pembangunan dimana debit puncak masih rendah dan waktu yang dibutuhkan untuk mencapai debit puncak cukup panjang. Hidrograf 3 menunjukkan respon kawasan terhadap hidrologi setelah pembangunan dengan menggunakan manajemen aliran yang mengurangi daerah kedap air dan meningkatkan volume penyimpanan, dapat dilihat bahwa ada pengurangan baik dalam volume maupun debit puncak. Hal ini terjadi karena air hujan lebih banyak terinfiltrasi ke dalam tanah akibat dari tersedianya lahan yang permeabel. Sementara, Hidrograf 4 menunjukkan hasil dalam menjaga waktu konsentrasi sama dengan waktu konsentrasi masa pra pembangunan, terlihat bahwa nilai debit puncak berada dibawah nilai debit puncak pembangunan tanpa memperhitungkan waktu konsentrasi, sementara waktu untuk mencapai debit puncak lebih lama daripada pembangunan tanpa memperhitungkan waktu konsentrsai dan sama seperti kondisi eksisting sebelum pembangunan.

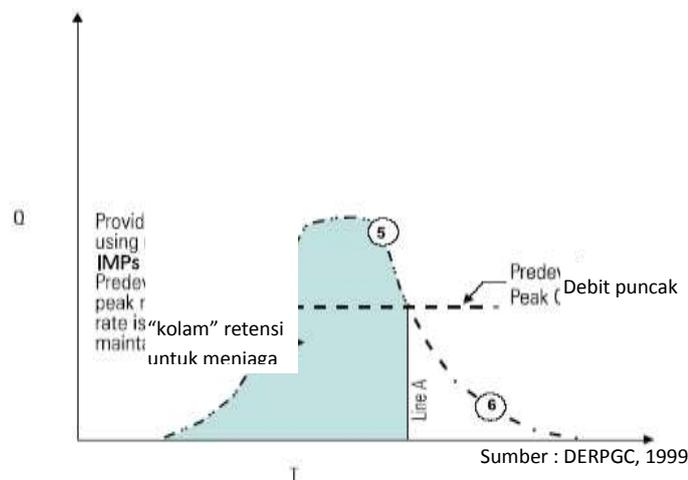
Pencapaian terbaik untuk peningkatan T_c dalam DAS kecil dapat dilakukan dengan memperbesar nilai kekasaran Manning's "n" untuk aliran permukaan awal di bagian hulu DAS dan memperpanjang jarak alur aliran dari titik terjauh sampai titik keluaran drainase. Selain itu bisa digunakan teknik dengan menurunkan kemiringan, meningkatkan panjang aliran, dan mengarahkan aliran ke daerah yang lolos air. Pada LID sebaiknya dihindarkan pengaliran melalui pipa tertutup. Saluran terbuka harus didesain dengan mengikuti bentuk berikut :

- meningkatkan kekasaran permukaan untuk memperlambat kecepatan
- membuat kondisi aliran yang dangkal
- menggunakan sistem jaringan dalam saluran yang lebar dan datar untuk menghindari gerakan saluran yang cepat
- meningkatkan lintasan saluran
- mengurangi kemiringan saluran untuk mengurangi kecepatan (kemiringan minimum 2-persen)
- saluran harus melewati tanah yang lolos air supaya meningkatkan peresapan sehingga bisa mengurangi aliran permukaan.

Setelah mengendalikan potensi *runoff* dan waktu konsentrasi (T_c) maka langkah selanjutnya adalah mengendalikan volume *runoff* supaya tidak melebihi waktu konsentrasi masa prapembangunan. Untuk mengendalikan volume *runoff* dilakukan dengan menggunakan LID. Dengan LID memungkinkan untuk mengurangi volume aliran setelah masa pembangunan dan juga mengurangi debit puncak karena adanya peningkatan volume penyimpanan dan juga kapasitas infiltrasi. Unit LID untuk memelihara penyimpan air adalah berikut ini walau tidak terbatas hanya unit-unit berikut:

- *Bioretensi*
- Parit infiltrasi
- Vegetasi penyangga/penyangga
- Bak tampungan air hujan

Apabila volume pada unit LID meningkat maka akan mengakibatkan penurunan debit puncak yang berarti pula menurunkan volume aliran permukaan. Apabila air yang masuk unit LID cukup banyak, maka debit puncak akan dapat dikurangi sampai sama pada masa pra pembangunan bahkan mungkin lebih kecil (lihat Gambar 4).



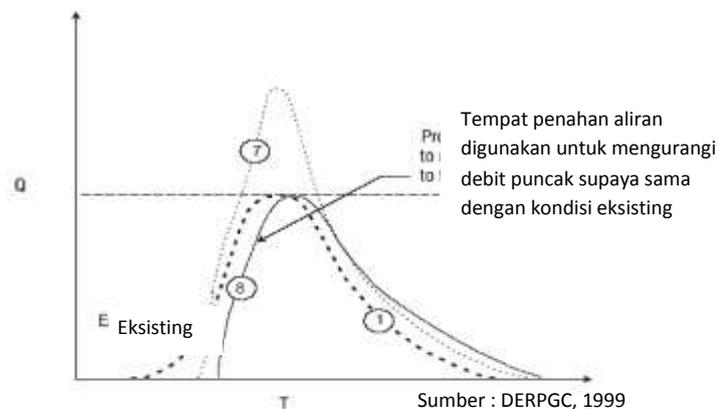
Gambar 4 Kebutuhan "kolam" retensi untuk menjaga debit puncak pembangunan

Hidrograf 5 menunjukkan aliran yang masuk setelah pembangunan. Karena adanya LID aliran permukaan tidak dilepaskan sampai kapasitas maksimum LID dilebihi. Garis A menunjukkan batas LID. Setelah batas kapasitas LID dilebihi air akan dialirkan keluar ditunjukkan oleh Hidrograf 6. LID memelihara volume aliran permukaan dan mengendalikan debit puncak dari aliran permukaan.

Meskipun koefisien *runoff* dan waktu konsentrasi dipertahankan seperti masa pra pembangunan, adakalanya diperlukan ditambahkan tempat penahanan aliran karena adanya keterbatasan dalam ketersediaan ruang bagi LID. Jumlah tempat penyimpanan yang memelihara volume aliran permukaan mungkin tidak mencukupi untuk memelihara debit puncak. Karena itu diperlukan tempat penahanan aliran. Beberapa teknik dalam penahanan aliran antara lain :

- saluran dengan check dams, membatasi drainase pipa, dan lubang masuk.
- Saluran yang lebih lebar
- Bak tampungan air hujan

Hasil dari penerapan penahanan aliran air adalah seperti terlihat pada Gambar 5.



Gambar 5 Efek penambahan tempat penahanan aliran pada daerah pembangunan

Hidrograf 7 memperlihatkan tanggapan dari kondisi setelah pembangunan yang menggunakan LID. Ukuran LID yang tersedia tidak mencukupi untuk menjaga debit puncak aliran permukaan masa pra pembangunan, sehingga diperlukan tempat penahanan aliran. Dari Hidrograf 8 terlihat bahwa dengan menggunakan teknik penahanan aliran mampu mereduksi debit puncak aliran permukaan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

LID mempunyai keunggulan dalam pola penanganan masalah yang lebih berwawasan lingkungan, lebih estetik dan lebih aman. Pengelolaan hidrology dalam skala kecil memungkinkan masyarakat berkontribusi lebih besar dan penanganannya berbiaya murah.

Perlu suatu pendekatan baru dalam melakukan konsep pembangunan yaitu dengan pendekatan hidrology sebagai dasar pengembangan pembangunan. Dengan hidrology sebagai dasar pengembangan mengakibatkan perubahan pola pengembangan fisik bangunan yang lebih memelihara kondisi karakteristik alami suatu daerah meskipun telah terjadi pembangunan.

B. Saran

Melihat kinerja LID maka diperlukan suatu konsep yang sesuai dengan kondisi lokal oleh karena itu masih diperlukan penelitian yang menyeluruh sesuai dengan karakteristik hidrologis dan pendekatan pembangunan di Indonesia.

V. DAFTAR PUSTAKA

- A. Halim Hasmar : "Drainase Perkotaan", UII Press, Yogyakarta, 2002
- Department of Environmental Resources (DERPGC): "*Low Impact Development Design Strategies*", Integrated Design Approach, Prince George's County, Maryland, June 1999
- Department of Environmental Resources (DERPGC) : "*Low Impact Development Modeling Programs In Prince George's County, Maryland*"
- Department of Environmental Resources (DERPGC): "*Low Impact Development Design Strategies*", Integrated Design Approach, Prince George's County, Maryland, June 1999.
- Department of Environmental Resources (DERPGC): "*Site Design Checklist and LID Calculation Worksheet*", Integrated Design Approach, Prince George's County, Maryland, June 2003.
- Latif Kalin, Mohammed M. Hantush : "*Evaluation of Sediment transport Models and Comparative Application of Two Watershed Models*", United States Environmental Protection Agency, Cincinnati, September 2003.
- Kodoatie, Robert J., PhD & Roestam Sjarief, PhD : *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*, Andi, Yogyakarta, 2005.
- Kodoatie, Robert J., & Sugiyanto : *Banjir*. Pustaka Pelajar, Yogyakarta, 2002.
- Seyhan, Ersin: *Dasar- Dasar hidrologi*, Gadjah Mada University Press, Bulak Sumur Yogyakarta, 1977.
- Suripin : *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*, Andi, Yogyakarta, 2004
- Suripin : *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*, Andi, Yogyakarta, 2004
- Sutrisno, C. Totok dkk : *Teknologi Penyediaan Air Bersih*, Rineka Cipta, Jakarta, edisi ke lima 2004.
- United States Department of Defense : "*Design: Low Impact Development Manual*", Unified Facilities Criteria, October 2004.
- United States Environmental Protection Agency (USEPA): "*Low Impact Development, Literature Review*", Washington DC, October 2000.