

Penerapan *Low Impact Development* (LID) dalam Mendukung Kebijakan *Zero Delta Q* di Kabupaten Karawang

The Implementation of Low Impact Development (LID) to Support Zero Delta Q Policy in Karawang Regency

Navis Bustiawan¹, Aries Purwanto²

¹ Teknik Pengairan Ahli Muda pada Dinas PUPR Kabupaten Karawang. ² Teknik Lingkungan UNSIKA Karawang

Corresponding Author:

¹ naviz_b@yahoo.co.id

ABSTRAK

Pertumbuhan penduduk dan urbanisasi telah mendorong terjadinya peningkatan alih fungsi lahan di banyak daerah di Indonesia. Kabupaten Karawang sebagai salah satu daerah utama tujuan investasi di Provinsi Jawa Barat juga dihadapkan dengan tantangan tersebut. Semakin luas area lahan yang beralih fungsi menjadi area terbangun, semakin berkurang area resapan dan meningkatnya limpasan permukaan (*run off*) dan risiko banjir. Penelitian ini menganalisis penerapan Konsep *Low Impact Development* (LID) dengan pendekatan studi kasus pada salah satu lokasi perumahan untuk mengetahui sejauh mana penerapannya dapat mendukung kebijakan *Zero Delta Q* di Kabupaten Karawang. Pemodelan hidrologi dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*). Teknik LID yang diusulkan pada lokasi kajian terdiri dari sumur resapan, bioretensi serta porous pavement. Simulasi hidrologi dilakukan dengan hujan rancangan periode ulang 2, 10, dan 100 tahun. Hasil analisis menunjukkan bahwa alih fungsi lahan dari sawah menjadi permukiman di lokasi kajian menyebabkan peningkatan debit puncak serta volume limpasan yang signifikan. Hasil tersebut juga menunjukkan Ruang Terbuka Hijau (RTH) yang tersedia sebesar 22,9% tidak mampu mengakomodasi perubahan hidrologi yang terjadi. Penerapan teknik LID yang diusulkan dapat menurunkan debit puncak hingga 77% serta volume limpasan hingga 66% pada lokasi kajian dibanding dengan kondisi *postdevelopment* tanpa LID. Penerapan LID di lokasi kajian belum mampu mencapai kondisi yang diharapkan dikarenakan keterbatasan lahan yang hanya sebesar 15,9% dari total luasan yang ada. Namun demikian, hasil tersebut telah menunjukkan bahwa konsep LID dapat mendukung kebijakan *zero delta q policy* di Kabupaten Karawang.

Kata kunci: *EPA SWMM, low impact development, zero delta Q policy.*

ABSTRACT

Population growth and urbanization have driven an increase in land use conversion in many areas of Indonesia. Karawang Regency, as one of the main investment destinations in West Java Province faces this same challenge. The larger the area of converted land, the less absorption area remains, and finally resulting in increased surface runoff and flood risks. This study analyzes the implementation of the *Low Impact Development* (LID) concept, using a case study approach in one residential area, to determine its support to the *Zero Delta Q* policy in Karawang Regency.

Hydrological modeling is conducted using the EPA SWMM software (Environmental Protection Agency Storm Water Management Model). The proposed LID techniques at the study location include infiltration wells, bioretention, and porous pavement. Hydrological simulations are carried out using design rainfalls for return periods of 2, 10, and 100 years. The results show that the conversion of land in the study area has led to an increase in peak discharge and runoff volume. Additionally, the available Green Open Space (RTH) of 22.9% is insufficient to accommodate the hydrological changes. The proposed implementation of LID techniques can reduce peak discharge by up to 77% and runoff volume by up to 66% compared to post-development conditions without LID. The implementation of LID has not yet achieved the desired conditions due to the limited land area, which accounts for only 15.9% of the total available area. However, these results have shown that principally the LID concept can support the Zero Delta Q policy in Karawang Regency.

Keywords: *EPA SWMM, low impact development, zero delta Q policy.*

1. Pendahuluan

Meningkatnya pertumbuhan penduduk serta pertumbuhan pusat-pusat ekonomi di Indonesia, telah mendorong terjadinya pembangunan infrastruktur secara masif. Menurut (Mawarda, 2016), konversi lahan terbesar terjadi di Pulau Jawa sebesar 54%, dan jenis alih fungsi yang terbesar adalah menjadi lahan permukiman (69%) serta kawasan industri (20%). Rata-rata alih fungsi lahan yang terjadi di tingkat kabupaten/kota di Pulau Jawa dalam 20 tahun (1978-1998) yaitu sebesar 53.540 hektar. Besarnya alih fungsi lahan tersebut, dari sisi hidrologis dapat berimplikasi terhadap meningkatnya volume dan puncak debit limpasan yang terjadi karena berkurangnya lahan resapan atau lahan yang tembus air. Peningkatan volume dan puncak debit limpasan tentu akan meningkatkan potensi banjir, yang dapat memberikan kerugian yang lebih besar.

Dalam menghadapi isu tersebut, sebuah konsep diperkenalkan yaitu *Low Impact Development* (LID) oleh Wilayah Prince George's Negara Bagian Maryland, Amerika Serikat di akhir tahun 1990an, yang selanjutnya telah diimplementasikan di beberapa daerah di negara bagian tersebut (EPA-USA, 2000). LID sendiri merupakan pengelolaan air hujan dan strategi pengembangan lahan terapan pada skala tertentu yang menekankan pada pentingnya konservasi dan fitur alami di lapangan (pepohonan, semak, dsb) yang terintegrasi dengan rekayasa kontrol hidrologi skala mikro untuk sedapat mungkin meniru kondisi hidrologi sebagaimana sebelum pengembangan (Hinman, 2012).

Di Indonesia terdapat beberapa peraturan yang telah dikeluarkan pemerintah dalam menghadapi isu di atas (perubahan hidrologis akibat alih fungsi lahan) baik yang tertera secara eksplisit maupun implisit. Di antara peraturan tersebut adalah (1) Undang-Undang Nomor 17 Tahun 2019 tentang Sumber Daya Air, (2) Undang-Undang Nomor 26 Tahun 2007 tentang Penataan Ruang, Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional. Pada tataran Peraturan Daerah (Perda) yaitu Perda Kabupaten Karawang Nomor 9 Tahun 2009 tentang Penyerahan Prasarana, Sarana, Utilitas Perumahan dan Permukiman serta Perda Kabupaten Karawang Nomor 10 Tahun 2022 tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase.

Beberapa poin penting dari peraturan-peraturan tersebut di antaranya adalah (1) Pengendalian daya rusak air dengan mengutamakan pencegahan, nonstruktural; (2) Penyediaan ruang terbuka hijau (RTH) minimal sebesar 30% dari luas wilayah kabupaten kota dengan rincian RTH publik 20% dan RTH privat 10%; (3) Pemanfaatan ruang secara terbatas untuk kegiatan budidaya tidak terbangun yang memiliki kemampuan tinggi dalam menahan limpasan air hujan; (4)

Penyediaan sumur resapan dan/atau waduk pada lahan terbangun yang sudah ada; dan (5) Penerapan prinsip *Zero Delta Q policy* terhadap setiap kegiatan budidaya terbangun yang diajukan izinnya.

Prinsip *Zero Delta Q policy* yang dimaknai bahwa adanya keharusan agar tiap bangunan yang terbangun di suatu wilayah tidak boleh mengakibatkan bertambahnya debit dari limpasan air hujan ke sistem saluran drainase atau sistem aliran sungai di wilayah tersebut. Prinsip ini identik dengan LID di mana memiliki tujuan agar kondisi hidrologi (dalam hal ini limpasan permukaan) baik sebelum pembangunan maupun sesudah pembangunan adalah identik. Begitu juga dengan penyediaan sumur resapan dan atau waduk juga memiliki kesamaan dengan LID. Namun letak perbedaan pada kedua konsep ini adalah pada prinsip dasarnya, di mana LID menekankan pada penataan ruang yang multifungsi yang terdistribusi merata dengan hidrologi sebagai *main frame*-nya sedangkan pada konsep *Zero Delta Q policy* lebih ditekankan pada tidak terdapatnya penambahan debit.

Dari penjelasan di atas, diperlukan suatu analisis penerapan LID sebagai suatu alternatif pengelolaan air hujan yang mampu menjawab permasalahan alih fungsi lahan dari sisi hidrologinya, serta sejauh mana LID mampu mendukung peraturan-peraturan yang telah ada baik di tingkat nasional maupun daerah, khususnya terkait dengan kebijakan *Zero Delta Q policy*. Penelitian ini menganalisis penerapan Konsep *Low Impact Development* (LID) dengan pendekatan studi kasus pada salah satu lokasi perumahan untuk mengetahui sejauh mana penerapannya dapat mendukung kebijakan *Zero Delta Q* di Kabupaten Karawang.

2. Metodologi

2.1. Konsep *Low Impact Development* (LID)

Menurut (*Department of Environmental Resources*, 1999), LID sendiri memiliki konsep dasar di antaranya (1) menjadikan hidrologi sebagai kerangka kerja yang terintegrasi, (2) berfikir secara *micro-management*, (3) mengontrol limpasan air hujan (*stormwater*) pada sumbernya, (4) menggunakan metode non-struktural yang sederhana, (5) menciptakan penataan ruang (*landscape*), infrastruktur yang multifungsi.

Beberapa teknik LID yang telah dikenal di antaranya adalah sumur resapan, bioretensi atau *rain garden*, parit infiltrasi, perkerasan yang lolos air, atap hijau (*green roof*) dan sebagainya. Penerapan konsep LID dibanyak lokasi mampu menurunkan volume dan puncak limpasan. sebagai contoh pada wilayah bangunan 171 di markas angkatan udara Amerika Serikat di San Antonio, Texas, di mana penerapan LID diwilayah bangunan tersebut (khususnya dengan *rain garden*, penggunaan tanaman asli dikombinasikan dengan *vegetative filter strip*) mampu mengurangi volume limpasan di wilayah itu hingga 50% dari curah hujan rencana (Aldred, 2005), penerapan LID dengan kombinasi parit resapan, *permeable pavement* dan *rain barrel* di salah satu Universitas di Dresden Jerman menunjukkan kapasitas pengendalian limpasan dengan laju penyisihan 23,2%-27,4% (Yang et al., 2020).

2.2. Lokasi Kajian

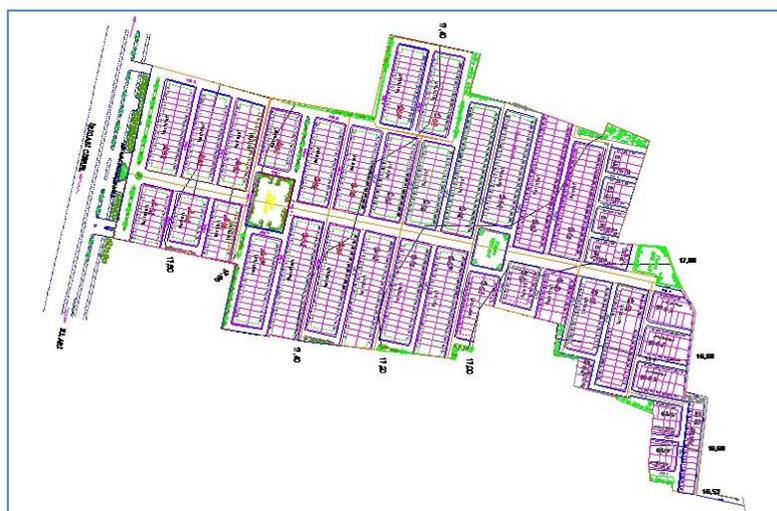
Lokasi yang menjadi studi kasus adalah Perumahan Nuansa Tradisi Residence yang berada di Desa Kondangjaya, Kecamatan Karawang Timur, Kabupaten Karawang, Provinsi Jawa Barat. Perumahan ini memiliki luas lahan 9,08 hektar (*site plan* awal), dan dibangun di atas lahan yang sebelumnya adalah lahan pertanian sawah sehingga sangat tepat untuk dijadikan studi kasus alih fungsi lahan yang ada di Kabupaten Karawang. Perumahan Nuansa Tradisi Residence berada pada ketinggian sekitar 17 mdpl. Dengan kemiringan lahan rata-rata sebesar 0.5%.



sumber: Citra Google Earth

Gambar 1. Lokasi Penelitian

Dari data geologi lembar karawang, diketahui bahwa Perumahan Nuansa Tradisi Residence berada di atas formasi Qaf yaitu formasi endapan dataran banjir, yang dalam penjelasannya, tanah penyusunnya adalah berjenis lempung pasir. Volume hujan tahunan di wilayah kajian berdasarkan data dari Stasiun Hujan Karawang, berkisar antara 1500–2000 mm per tahun dengan bulan yang sangat basah berkisar antara bulan Desember hingga bulan Maret. Berdasarkan data yang diperoleh, secara umum peruntukan lahan di Perumahan ini adalah 61,8% merupakan kavling (44,1% terbangun dan 17,7% tidak terbangun), 4,1% merupakan fasos (tempat ibadah 0,2%, sarana pendidikan 0,2%, dan taman 3,7%) serta 34,1% merupakan sarana jalan perumahan (perkerasan jalan 32,6% serta taman median 1,5%).



Gambar 2. Site plan Perumahan Nuansa Tradisi Residence

2.3. Pengumpulan Data

Data yang diperlukan dalam kajian ini di antaranya adalah data curah hujan, data *site plan* perumahan, data topografi, data jenis tanah serta data peruntukan lahan. Data-data tersebut didapatkan dari instansi terkait di antaranya BAPPEDA Kabupaten Karawang, Perum Jasa Tirta II serta Perumahan Nuansa Tradisi Residence.

2.3.1. Analisis Curah Hujan

Analisis curah hujan dilakukan untuk menentukan curah hujan rencana yang akan digunakan sebagai input dalam model hidrologi yang digunakan. Data hujan yang digunakan merupakan data hujan harian maksimum tahunan dari stasiun hujan terdekat (Telagasari). Untuk mendapatkan curah hujan rencana tersebut dilakukan dengan mengolah data hujan harian maksimum tahunan yang didapat dengan pendekatan statistik (Soewarno, 1995). Tahapannya sebagai berikut:

- a. Mengolah data hujan dengan metode Weibull
- b. Menentukan periode ulang dari poin a.
- c. Melakukan ekstrapolasi data dengan distribusi tertentu (dalam kajian ini digunakan log pearson tipe III) untuk mengetahui periode ulang yang tinggi (di atas 25 tahun), di mana ketersediaan data yang ada tidak mendukung dalam hal tersebut.
- d. Melakukan uji kesesuaian distribusi pada poin c.
- e. Penetapan curah hujan rencana
- f. Menentukan distribusi hujan jam-jaman dari masing-masing curah hujan rencana yang telah ditetapkan dengan metode mononobe (Soemarto, 1999).

2.3.2. Model Hidrologi EPA SWMM (*Environmental Protection Agency Storm Water Management Model*)

Kajian dilakukan dengan melakukan simulasi model hidrologi dalam 3 kondisi, yaitu kondisi *pre-development*, kondisi *post-development* tanpa LID serta kondisi *post-development* dengan penerapan LID. Adapun dalam melakukan simulasi hidrologi tersebut digunakan perangkat lunak EPA SWMM versi 5 yang dikeluarkan oleh *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat. Penggunaan program EPA SWMM sendiri dipilih karena program tersebut telah mengakomodir bentuk-bentuk Teknik LID sehingga dapat diterapkan ke dalam pemodelan (Gironas et al, 2009). Secara eksplisit EPA SWMM dapat memodelkan lima jenis dari tipe umum penggunaan Teknik LID kontrol yaitu bioretensi, parit infiltrasi, *vegetative strip*, *permeable pavement* dan *rain barrel* (Rosmann, 2010). Dalam membangun model, diperlukan parameter-parameter lapangan yang akan menjadi input dari pemodelan. Tahapannya adalah sebagai berikut:

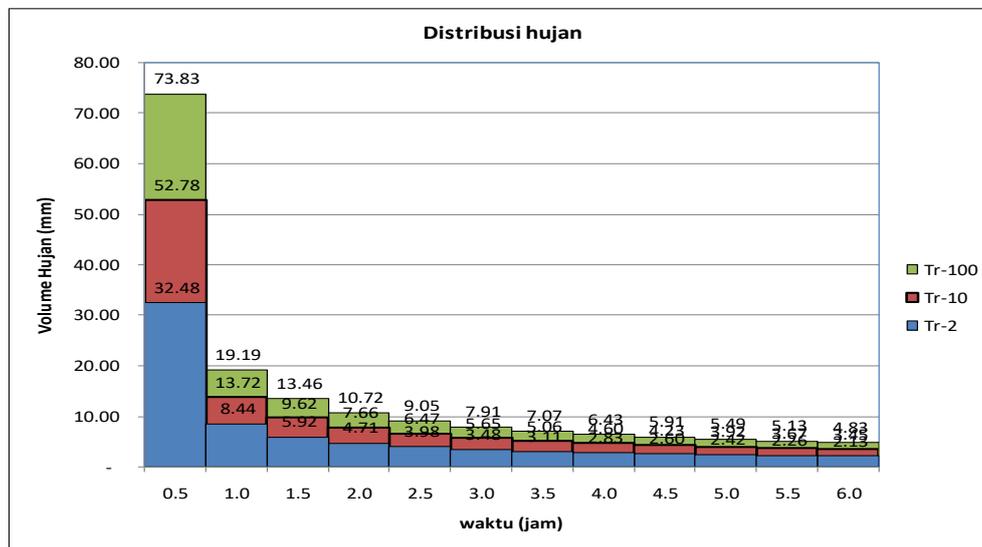
- 1) Menentukan *subcatchment* pada lokasi kajian serta parameter-parameter di dalamnya yaitu:
 - a. Luas, lebar dan *slope* dari tiap-tiap *subcatchment*
 - b. persentase daerah *pervious* dan *impervious* serta *depression storage*
 - c. koefisien kekasaran tiap-tiap *subcatchment*
- 2) Menentukan parameter tanah seperti nilai *hydraulic conductivity*, *initial moisture deficit* dan *suction head* dari jenis tanah di lokasi kajian. Nilai-nilai tersebut untuk berbagai jenis tanah diberikan oleh SWMM. Parameter tanah tersebut diperlukan untuk perhitungan infiltrasi dengan metode *green-ampt*. Metode tersebut dipilih karena sifatnya yang berbasis pada kondisi fisik di lapangan, sehingga tidak perlu banyak menebak kaitannya dengan pemilihan parameter tersebut (Pittman, 2011).
- 3) *Routing* aliran menggunakan metode *kinematic wave*, di mana metode ini dianggap cukup baik dalam analisa *routing* banjir terutama pada aliran diatas permukaan (*overland flow*) dan saluran pada *catchment* area yang kecil dengan nilai Froude kurang dari 2 (HEC,1993).

Dengan mempertimbangkan kondisi *site plan* perumahan yang ada, dalam kajian ini diusulkan tiga LID kontrol yaitu berupa sumur resapan, bioretensi dan *porous pavement*. Untuk dua LID kontrol terakhir yang disebutkan sudah dapat di terapkan pada program EPA SWMM, sedangkan untuk sumur resapan diperlukan sedikit modifikasi dengan menggunakan *infiltration trench* sebagai basisnya pada program EPA SWMM.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Curah Hujan Rencana

Analisis curah hujan pada lokasi kajian dilakukan dengan mengolah data curah hujan harian maksimum tahunan untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan periode ulang tertentu. Dalam kajian ini periode ulang hujan yang dibutuhkan adalah hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun, 10 tahun dan 100 tahun. Curah hujan rencana tersebut kemudian didistribusikan menjadi hujan jam-jaman dengan pendekatan mononobe. Hasil analisis menunjukkan curah hujan dengan periode ulang 2 tahunan adalah sebesar 74,36 mm, untuk 10 tahunan adalah 120,83 mm dan 100 tahunan sebesar 169,03 mm.



Sumber: Hasil Analisis

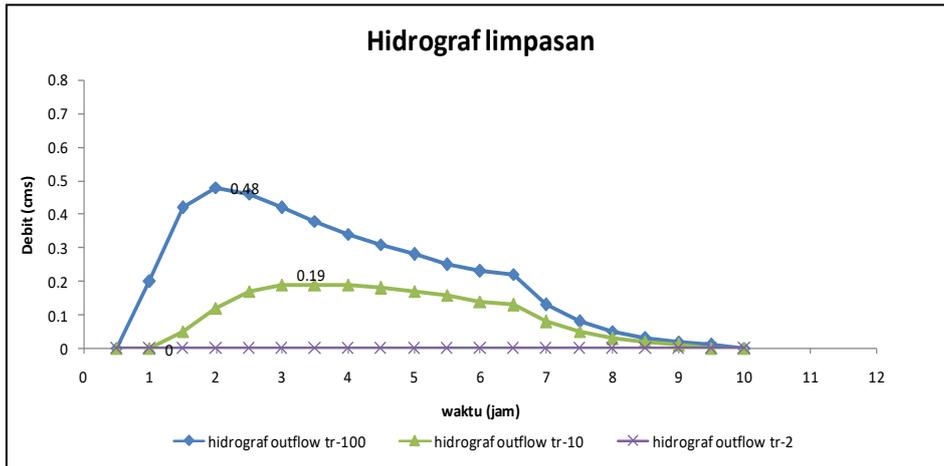
Gambar 3. Distribusi Hujan

3.2. Simulasi Hidrologi

a. Kondisi *predevelopment*

Kondisi *predevelopment* dari lokasi kajian adalah lahan persawahan yang beralih fungsi menjadi lahan permukiman. Persawahan memiliki kemampuan untuk dapat menampung air dalam jumlah tertentu 5-10 cm yang dalam kajian ini di ambil nilai 5 cm sebagai *depression storage* dari persawahan. Sedangkan jenis tanah di lokasi kajian yang berupa lempung pasiran memiliki nilai *hydraulic conductivity* yang kecil sebesar 1,2 mm/jam.

Hasil simulasi menunjukkan bahwa untuk hujan dengan periode ulang 2 tahun tidak terjadi limpasan permukaan di lokasi, sebagian besar hujan terinfiltrasi dan sisanya tertampung pada tampungan permukaan. Sedangkan untuk curah hujan dengan periode ulang 10 tahun, limpasan permukaan terjadi dengan volume limpasan sebesar 3.420 m³ dan puncak debit limpasan sebesar 0.19 m³/detik. Begitu pula dengan hujan periode ulang 100 tahun di mana volume limpasan sebesar 7.790 m³ dan puncak debit limpasan sebesar 0,48 m³/detik.



Sumber: Hasil Analisis

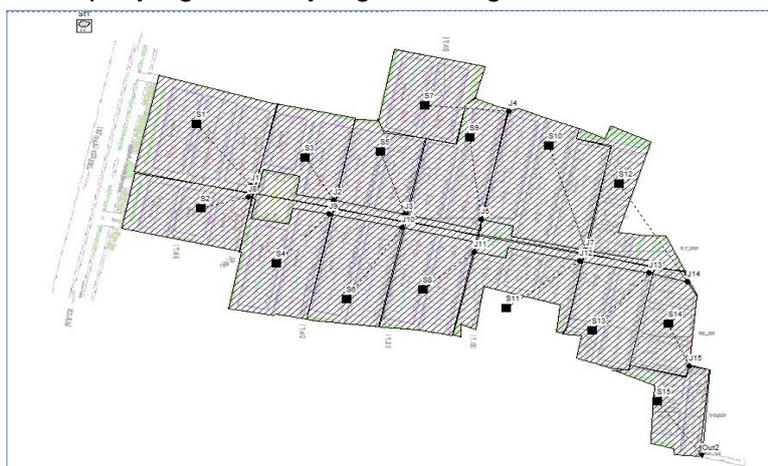
Gambar 4. Grafik Hidrograf Banjir di Titik *Outfall* pada Kondisi *Pre-development*

b. Kondisi *post-development* tanpa LID

Kondisi *post-development* adalah kondisi *catchment area* yang telah terbangun sebagaimana *site plan*. Pada kondisi ini simulasi dilakukan untuk mengetahui sejauh mana perubahan hidrologi yang terjadi setelah adanya pembangunan. Kondisi yang paling nampak adalah kondisi limpasan permukaan. Dari data *site plan*, diketahui bahwa total ruang hijau yang tersedia adalah sebesar 22,9% yang terdiri dari kavling yang tidak terbangun (17,7%) taman pada fasilitas sosial (3,7%) serta taman pada median jalan (1,5%).

Dari *site plan* yang ada, *catchment area* lokasi kajian kemudian dibagi ke dalam 15 *subcatchment* yang luasnya berkisar antara 391 m² hingga 1.043 m², panjang aliran sebesar 15 m diambil dari ujung kavling hingga pertengahan jalan, sedangkan *slope* rerata adalah sebesar 0,4%. Persentase luasan wilayah *impervious* pada masing-masing *subcatchment* berkisar antara 55,85% hingga 81,94%. Sedangkan nilai *depression storage* dari lahan *impervious* ditetapkan sebesar 0,012 mm dan untuk lahan *pervious* sebesar 0,15 mm.

Saluran yang terdapat pada lokasi kajian merupakan saluran terbuka dengan elevasi berkisar antara 16.50 mdpl sampai dengan 17.62 mdpl di mana saluran berbentuk persegi dengan terbuat dari pasangan batu. Total panjang saluran yang di-*routing* adalah 1.156 m.



Sumber: Hasil Analisis

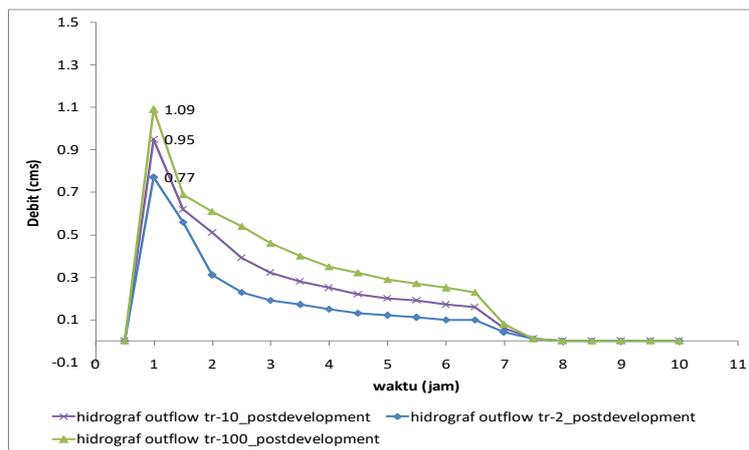
Gambar 5. Pembagian *Subcatchment* dari lokasi kajian

Tabel.1 Data Karakteristik Pembagian *Sub-catchment* Kondisi *Post-development*

Subcatchment	Area (ha)	Flow Length (m)	width (m)	Slope (%)	impervious	% impervious	N-pervious	N-impervious	Ds imper	Ds perv	%zero imper
S1	0,898	15	598,442	0,4	0,8194	81,94	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S2	0,555	15	370,326	0,4	0,8143	81,43	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S3	0,590	15	393,177	0,4	0,7603	76,03	0,2	0,012	1,27	2,54	25
S4	0,735	15	490,163	0,4	0,7534	75,34	0,2	0,012	1,27	2,54	25
S5	0,503	15	335,266	0,4	0,8059	80,59	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S6	0,641	15	427,073	0,4	0,8087	80,87	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S7	0,548	15	365,400	0,4	0,7910	79,10	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S8	0,608	15	405,495	0,4	0,8056	80,56	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S9	0,634	15	422,390	0,4	0,8074	80,74	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S10	1,043	15	695,318	0,4	0,7911	79,11	0,2	0,012	1,27	2,54	25
S11	0,537	15	357,954	0,4	0,7170	71,70	0,2	0,012	1,27	2,54	25
S12	0,491	15	327,342	0,4	0,5585	55,85	0,2	0,012	1,27	2,54	25
S13	0,569	15	379,331	0,4	0,7974	79,74	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S14	0,391	15	260,750	0,4	0,7553	75,53	0,15	0,012	1,27	2,54	25
S15	0,344	15	229,627	0,4	0,7131	71,31	0,15	0,012	1,27	2,54	25

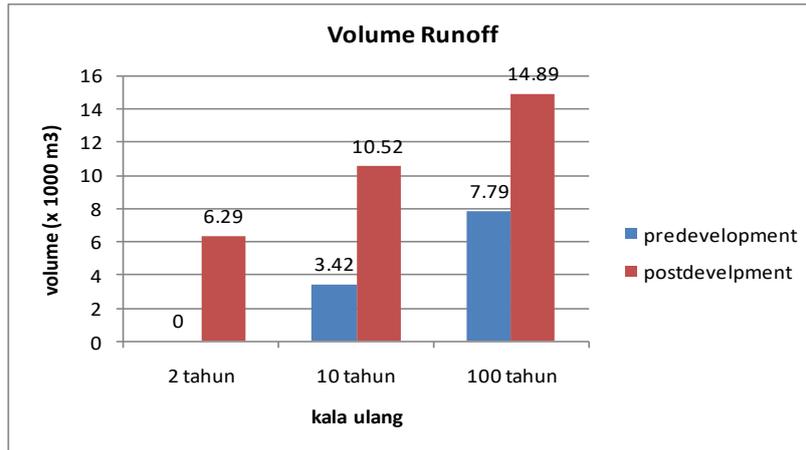
Sumber: Hasil Analisis

Hasil simulasi menunjukkan adanya kenaikan puncak aliran yang signifikan terutama pada curah hujan dengan periode ulang 2 tahunan, di mana yang sebelumnya tidak terjadi limpasan menjadi naik hingga 0,77 m³/detik. Selain itu volume air yang menambah beban di *downstream catchment area* sebesar 6.290 m³. Begitu juga pada curah hujan dengan periode ulang 10 dan 100 tahunan di mana terjadi peningkatan volume limpasan masing-masing sebesar 208% dan 91%, serta peningkatan debit puncak limpasan sebesar 400% dan 127%. Potensi air yang terbuang akan menambah beban pada daerah hilir menyebabkan potensi banjir yang lebih besar. Kemudian terkait dengan regulasi yang telah diungkapkan sebelumnya, menunjukkan bahwa hanya dengan bersandar pada ketersediaan ruang terbuka hijau di lokasi eksisting (22,9%) tidak mampu mengakomodasi perubahan kondisi hidrologi terutama limpasan permukaan yang terjadi pada lokasi kajian. Bila dikaitkan dengan peraturan pemerintah yang menjelaskan mengenai *zero delta Q policy* maka diperlukan usaha lain untuk mampu mengakomodasi perubahan kondisi hidrologi tersebut.



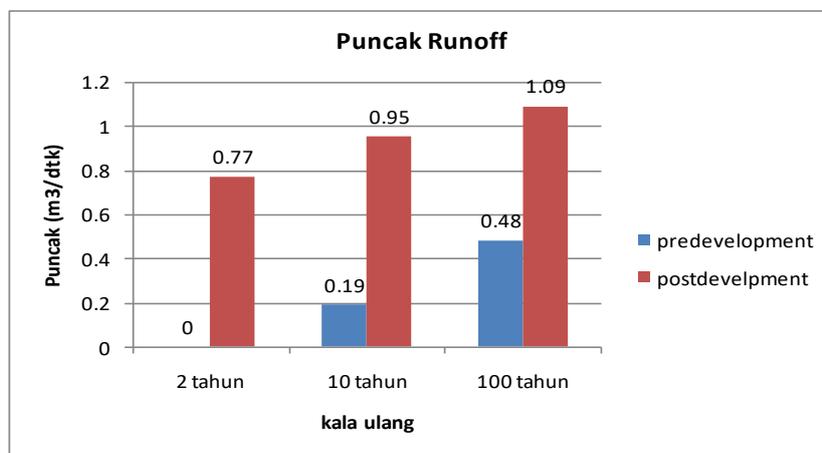
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 6. Hidrograf di Titik *Outfall* pada Kondisi *post-development*



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 7. Perbandingan Volume Limpasan *pre-development* vs *post-development*



Sumber: Hasil Analisis

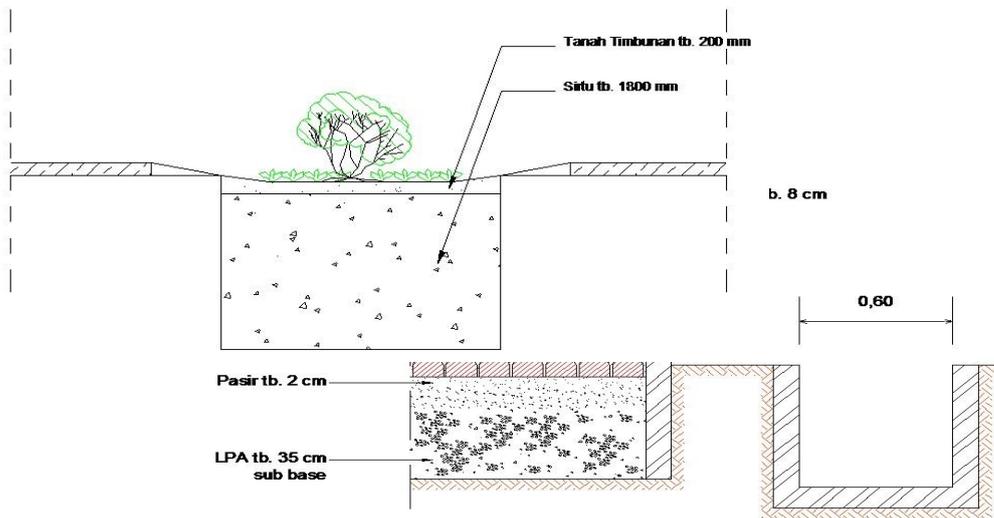
Gambar 8. Perbandingan Puncak Limpasan *pre-development* vs *post-development*

c. Kondisi *post-development* dengan LID

Teknik LID yang diusulkan pada lokasi kajian yaitu sumur resapan, bioretensi serta *porous pavement*. Pertimbangan dipilihnya teknik LID tersebut adalah dikarenakan ketersediaan lahan terbuka yang ada pada *site plan* eksisting sangat terbatas. Adapun dimensinya dari masing-masing teknik LID kontrol tersebut disesuaikan dengan standar yang telah ada di antaranya mengacu pada beberapa daftar pustaka di kajian ini. Adapun untuk sumur resapan, didesain dengan kedalaman 3 meter yang kemudian akan di isi dengan material sirtu (pasir batu) dengan luas permukaan 2.25 m² karena disesuaikan dengan kavling rumah yang kecil. Untuk penempatannya, *dry well* ditempatkan di seluruh kavling yang tersedia sedangkan untuk bioretensi hanya ditempatkan di beberapa ruang taman median serta beberapa taman yang tersedia, adapun *porous pavement* ditempatkan pada jalan-jalan blok yang bukan merupakan jalan utama.

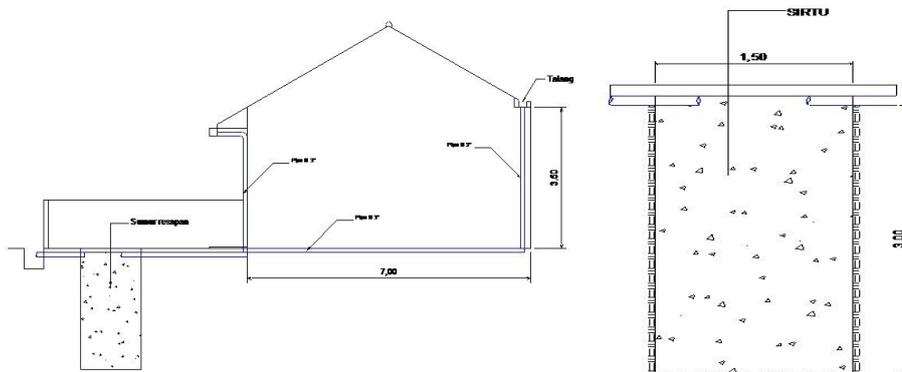


Gambar 9. Penempatan Bioretensi dan *porous pavement* di Lokasi Kajian



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 10. Skema Bioretensi (atas) dan *porous pavement* (bawah) di Lokasi Kajian



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 11. Skema sumbu resapan modifikasi di lokasi kajian

Untuk sumur resapan, didesain mampu untuk mengontrol 49,75 m² daerah *impervious* serta 10,25 m² daerah *pervious* pada tiap kavlingnya. Sehingga dalam pemodelan diperlukan beberapa modifikasi. Sumur resapan didesain memiliki lapisan tumpungan sebesar 3.000 mm di mana diisi di dalamnya dengan sirtu yang memiliki nilai *void ratio* sebesar 0,75. sedangkan untuk bioretensi di beberapa lokasi mampu untuk mengontrol air yang berasal dari daerah *impervious* seperti jalan, namun di beberapa lokasi hanya mengontrol air yang jatuh di atasnya. Bioretensi didesain dengan kedalaman 2.000 mm di mana 200 mm diperuntukan untuk lapisan tanah atas dan 1.800 mm untuk lapisan tumpungan yang diisi dengan material sirtu.

Permukaan bioretensi ditanami dengan tanaman dengan penutupnya ditetapkan 80%. *Porous pavement* didesain hanya mengontrol air hujan yang jatuh di atasnya namun mereka mampu untuk mengurangi persentase dari luasan daerah yang *impervious* dari tiap-tiap *subcatchment*. Tebal lapisan pavement adalah 100 mm dan tebal lapisan tumpungannya adalah sebesar 350 mm. dengan adanya LID maka terdapat penyesuaian terhadap persentase lahan *pervious* dan *impervious* dari masing-masing *subcatchment*. Total luasan penerapan LID pada lokasi adalah sebesar 15,9% dari total luasan wilayah kajian yang sebesar 9,08 ha, di mana porsi terbesar adalah pada *porous pavement* sebesar 10% kemudian diikuti dengan bioretensi sebesar 3,8% serta sumur resapan sebesar 2,1%.

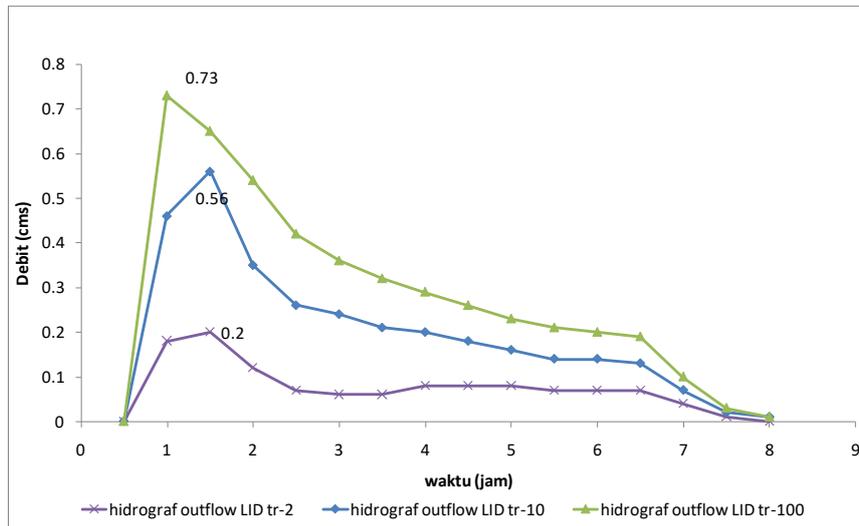
Tabel 2. Data Karakteristik Pembagian *Subcatchment* Kondisi *post-development* dengan LID

Subcatchment	Area S (ha)	Area pervious (m ²)	area impervious	area LID PP	area LID BR	jumlah DW	area LID DW	Area S - Area LID	Area S (ha)
S1	0,898	1443,02	7533,62	720	148,00	79	177,75	8108,6357	0,811
S2	0,555	923,55	4631,33	527	74,00	48	108,00	4953,8833	0,495
S3	0,590	1314,49	4583,17	238	92,00	44	99,00	5567,6623	0,557
S4	0,735	1664,25	5688,19	941	154,00	66	148,50	6257,4383	0,626
S5	0,503	859,00	4169,99	583	56,00	52	117,00	4389,9947	0,439
S6	0,641	1067,71	5338,38	945	0,00	70	157,50	5461,0929	0,546
S7	0,548	1037,33	4443,68	270	245,00	48	108,00	4966,0028	0,497
S8	0,608	1033,95	5048,48	850	0,00	66	148,50	5232,4276	0,523
S9	0,634	1067,00	5268,85	605	53,00	68	153,00	5677,8505	0,568
S10	1,043	1920,37	8509,40	969	360,00	115	258,75	9100,7708	0,910
S11	0,537	1429,29	3940,01	721	360,00	40	90,00	4288,3052	0,429
S12	0,491	2107,22	2802,91	524	1310,00	27	60,75	3076,1267	0,308
S13	0,569	1024,44	4665,52	712	226,00	57	128,25	4751,9614	0,475
S14	0,391	875,94	3035,32	300	0,00	36	81,00	3611,2571	0,361
S15	0,344	925,34	2519,06	187	400,00	28	63,00	2857,3988	0,286

Subcatchment	flow length	width Area S	Area pervious baru	Area impervious baru	% impervious baru	% impervious treated by LID PP	% impervious treated by LID BR	% impervious treated by LID DW
S1	12	675,7196	1295,02	6635,87	82%	0	15%	59%
S2	12	412,8236	849,55	3996,33	81%	0	17%	60%
S3	12	463,9719	1222,49	4246,17	76%	0	22%	52%
S4	12	521,4532	1510,25	4598,69	73%	0	7%	71%
S5	12	365,8329	803,00	3469,99	79%	0	4%	75%
S6	12	455,0911	1067,71	4235,88	78%	0	0%	82%
S7	12	413,8336	792,33	4065,68	82%	0	10%	59%
S8	12	436,0356	1033,95	4049,98	77%	0	0%	81%
S9	12	473,1542	1014,00	4510,85	79%	0	8%	75%
S10	12	758,3976	1560,37	7281,65	80%	0	0%	79%
S11	12	357,3588	1069,29	3129,01	73%	0	0%	64%
S12	12	256,3439	797,22	2218,16	72%	0	0%	61%
S13	12	395,9968	798,44	3825,27	80%	0	0%	74%
S14	12	300,9381	875,94	2654,32	74%	0	0%	67%
S15	12	238,1166	525,34	2269,06	79%	0	3%	61%

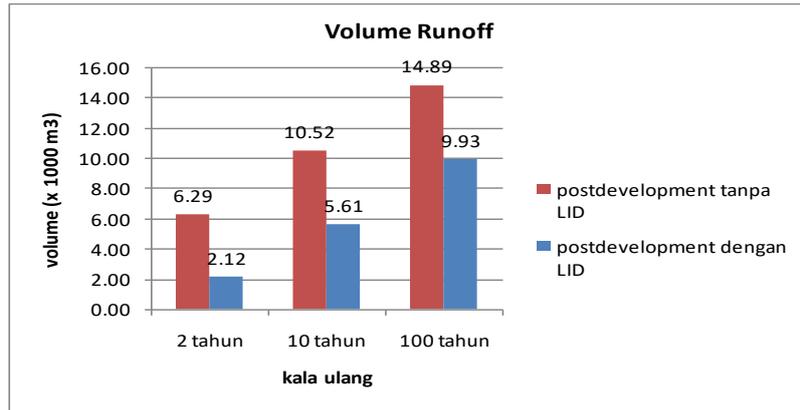
Sumber: Hasil Analisis

Hasil simulasi menunjukkan terdapat penurunan puncak limpasan pada lokasi kajian bila dibandingkan dengan kondisi tanpa adanya kontrol LID. Besarnya penurunan puncak limpasan berturut-turut adalah sebesar 74 %, 41% dan 33 % untuk hujan dengan periode ulang 2, 10 dan 100 tahun. Sedangkan dari sisi volumenya penurunan yang dihasilkan bila dibanding dengan kondisi tanpa kontrol LID adalah berturut-turut 66%, 47% dan 33%. Meskipun demikian, hasil yang didapat tersebut belum mampu menyamai kondisi *predevelopment*-nya, sehingga diperlukan kontrol tambahan agar mampu mencapai tujuan dari penerapan LID serta tercapainya prinsip *zero delta Q* di mana baik sebelum dan sesudah pembangunan di suatu kawasan tidak boleh menghasilkan tambahan debit limpasan.



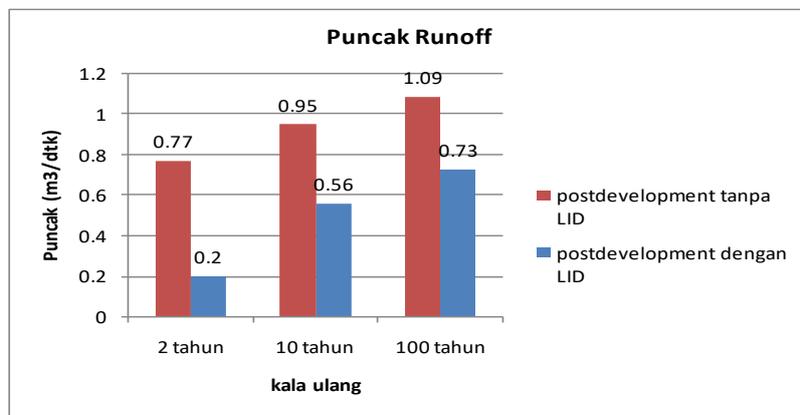
Sumber: Hasil Analisis

Gambar 12. Hidrograf di Titik *Outfall* pada Kondisi *post-development* dengan LID



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 13. Perbandingan Volume Limpasan *post-development* tanpa LID vs *post-development* dengan LID



Sumber: Hasil Analisis

Gambar 14. Perbandingan Volume Limpasan *post-development* tanpa LID vs *post-development* dengan LID

4. Kesimpulan

Dari hasil analisis dan pembahasan, terdapat beberapa kesimpulan yang dapat di hasilkan di antaranya :

- a. Perubahan fungsi lahan di lokasi kajian telah meningkatkan volume dan puncak limpasan yang sebelumnya tidak terjadi limpasan naik hingga 6.290 m³ pada volumenya serta 0.77 m³/detik pada puncaknya di kondisi hujan dengan periode ulang 2 tahunan. sedangkan pada hujan dengan periode ulang 10 tahunan serta 100 tahunan, terjadi peningkatan volume limpasan serta puncak limpasan yang cukup signifikan. Hal ini menunjukkan alih fungsi lahan persawahan menjadi permukiman memberikan dampak yang luar biasa terkait dengan peningkatan volume limpasan serta debit puncak limpasan.
- b. Pada kondisi *post-development* tanpa penerapan LID, ruang hijau yang terdapat pada lokasi kajian sebesar 22,9% dari luas total lahan yang tersedia, tidak mampu mengakomodir perubahan hidrologi yang terjadi.
- c. Penerapan LID pada lokasi kajian (sumur resapan, bioretensi dan *porous pavement*) mampu mengurangi volume limpasan sebesar 66%, 47% ,dan 33% pada hujan dengan periode ulang 2 tahun, 10 tahun dan 100 tahun. Adapun dari sisi puncak limpasan terjadi penurunan untuk masing-masing kondisi hujan (2 tahun, 10 tahun, 100 tahun) yaitu 74%, 41% dan 33%.

- d. Penerapan LID pada lokasi kajian dengan total luas LID sebesar 15,9% dari total lahan yang tersedia, belum mampu untuk menyamai kondisi hidrologi pada kondisi *predevelopmentnya* yang berupa persawahan, sehingga masih diperlukan fasilitas tambahan untuk mengontrol sisa limpasan yang terjadi.

Beberapa rekomendasi bagi para pemangku kepentingan berdasarkan hasil kajian yang telah dilakukan, di antaranya adalah:

- a. LID menjadi alternatif yang sangat baik dalam pengelolaan air hujan, sehingga penerapannya pada setiap kawasan permukiman akan sangat mendukung kebijakan pemerintah mengenai *zero delta q policy*, efektifitas LID akan menjadi lebih tinggi bila di jadikan pertimbangan utama dalam perencanaan *site plan*.
- b. Pemerintah harus mengkaji kembali tentang kebijakan ruang terbuka hijau minimum yang harus disediakan oleh pihak pengembang, yang harus dikaitkan dengan potensi perubahan hidrologi yang akan terjadi pasca pembangunan.
- c. Mengombinasikan LID dengan RTH yang tersedia dapat meningkatkan efektifitas RTH dalam menjaga kondisi hidrologi baik sebelum dan sesudah pengembangan.
- d. Diperlukan penelitian lanjutan terkait dengan simulasi dengan data hujan yang menerus untuk mengetahui efektifitas LID bila dihadapkan pada kondisi hujan yang menerus.
- e. Perlunya penelitian lanjutan dalam menilai manfaat-manfaat yang dapat diterima dari penerapan LID di suatu Kawasan, tantangan penerapannya khususnya pada lokasi-lokasi pengembangan di Kabupaten Karawang.

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak yang telah membantu dalam terlaksananya penelitian hingga penulisan artikel ini khususnya Kementerian Pekerjaan Umum dan Penataan Ruang, serta Bpk. M. Cahyono Ph.D dan Bpk. Hadi Kardhana, Ph.D atas bimbingannya selama menempuh program S-2 MPSDA ITB.

Daftar Pustaka

- Aldred, Josh. (2005) . Investigating the use of Low Impact Development (LID) techniques on a large impervious surface at Kelly Field in San Antonio, term paper CE 394K.2.
- Department of Environmental Resources. (1999). Low-Impact Development Design Strategies Low-Impact Development Design Strategies An Integrated Design Approach.
- EPA-USA. (2000). Low Impact Development (LID): A Literature Review.
- Gironas,J., Roesner, L.A., Davis, J. (2009). stormwater management model application manual. Department of civil and environmental engineering Colorado state university.
- Hinman, C. (2012). Technical Guidance Manual for Puget Sound. www.pierce.wsu.edu
- Hydrologic engineering center (1993). Introduction of application of kinematic wave routing techniques using HEC-1, US. Army corps of engineer.
- Kabupaten Karawang (2020). Peraturan Daerah Kabupaten Karawang Nomor 10 Tahun 2020 Tentang Penyelenggaraan Sistem Drainase. Lembaran Daerah Kabupaten Karawang Tahun 2020 Nomor 10. Sekretaris Daerah. Karawang
- Mawardi, I. (2016). Kajian Pembentukan Kelembagaan Untuk Pengendalian Konversi dan Pengembangan Lahan, Peran dan Fungsinya. Jurnal Teknik Lingkungan, 7(2), 206–2011.
- Pittman, J. (2011) . Urban Hydrology modeling with EPA's Stromwater management model (SWMM) and analysis of water quality in a newly constructed stormwater wetland, Master thesis, villanova university.

- Rosmann, A, Lewis (2010) : stormwater management model user's manual version 5.0, national risk management research laboratory, Cincinnati.
- Republik Indonesia (2007). Undang-undang Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2007 Tentang Penataan Ruang. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2007 Nomor 68. Sekretariat Negara. Jakarta
- Republik Indonesia (2008). Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 26 Tahun 2008 Tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2008 Nomor 48. Kementerian Hukum dan HAM. Jakarta
- Republik Indonesia (2019). Undang-undang Republik Indonesia Nomor 17 Tahun 2019 Tentang Sumber Daya Air. Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 2019 Nomor 190. Kementerian Sekretariat Negara. Jakarta
- Soemarto, CD. 1999. Hidrologi Teknik. Jakarta: Erlangga.
- Soewarno. 1995. Hidrologi – Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I. Bandung: Nova.
- Yang, W., Brüggemann, K., Seguya, K. D., Ahmed, E., Kaeseberg, T., Dai, H., Hua, P., Zhang, J., & Krebs, P. (2020). Measuring performance of low impact development practices for the surface runoff management. *Environmental Science and Ecotechnology*, 1. <https://doi.org/10.1016/j.esec.2020.100010>.