

**KAJIAN AWAL PENETAPAN TEKNOLOGI *LOW IMPACT DEVELOPMENT/GREEN INFRASTRUCTURE* PADA PENGELOLAAN LIMPASAN HUJAN MENGGUNAKAN SISTEM INFORMASI GEOGRAFI (STUDI KASUS : DAS CITARUM HULU BUKAN KOTA)**

***INITIAL STUDY ON DETERMINATION OF LOW IMPACT DEVELOPMENT TECHNOLOGY/GREEN INFRASTRUCTURE FOR MANAGING STORMWATER USING GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEM (CASE STUDY: UPSTREAM CITARUM RIVER BASIN NON URBAN)***

**\*<sup>1</sup>Yanita Hanastasia S dan <sup>2</sup>Arief Sudradjat**

Program Studi Magister Teknik Lingkungan  
Fakultas Teknik Sipil dan Lingkungan, Institut Teknologi Bandung  
JL. Ganesha No.10 Bandung

<sup>1</sup>yanita.hanastasia@rocketmail.com dan <sup>2</sup>arief.sudradjat@yahoo.com

**Abstrak :** Meningkatnya pembangunan di DAS Citarum Hulu menyebabkan berkurangnya wilayah resapan air yang mengakibatkan meningkatnya limpasan hujan. Oleh karena itu suatu teknologi pengelolaan limpasan hujan dibutuhkan untuk menahan limpasan hujan agar tidak terjadi banjir dan meningkatkan penyerapan limpasan hujan ke dalam tanah sebagai upaya menjaga ketersediaan air tanah. *Low Impact Development* adalah paradigma baru pengelolaan air yang menekankan upaya konservasi dan penggunaan fitur alami untuk melindungi kualitas air serta menjaga kesetimbangan hidrologi agar sama kondisinya saat sebelum dan sesudah pembangunan. Dalam penelitian ini, analisa dilakukan dengan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) untuk menentukan teknologi yang tepat (*Best Management Practices*) dalam pengelolaan limpasan hujan sesuai dengan konsep LID. Analisa spasial dilakukan terhadap fitur alami DAS Citarum Hulu sesuai dengan kriteria teknologi BMPs yang ditetapkan. Sebagian besar wilayah DAS Citarum Hulu merupakan terrain pegunungan dengan lereng curam ( $\text{slope} > 15\%$ ) dan 84% wilayahnya merupakan zona resapan air. Jenis tanah dominan di wilayah studi DAS Citarum Hulu, 58% cenderung memiliki laju infiltrasi tinggi, terdiri dari alluvial (16%) dan andosol (42%). Kedalaman air tanah dangkal wilayah studi bervariasi, dipengaruhi kontur, tata guna lahan, zona resapan dan curah hujan. Berdasarkan fitur alami wilayah studi, 43% dari total kelurahan sesuai mengaplikasikan kelompok BMPs yang dapat memenuhi parameter  $Re_v$ , sedangkan 57% sesuai mengaplikasikan kelompok BMPs yang tidak dapat memenuhi parameter  $Re_v$ . *Recharge volume requirements* ( $Re_v$ ) adalah parameter untuk mempertahankan tingkat peresapan air ke dalam tanah yang ada di situs.

**Kata Kunci :** BMPs, DAS Citarum Hulu, LID, limpasan hujan,  $Re_v$ , SIG

**Abstract :** Increased development in The Upstream Citarum River Basin has led to reduce water catchment areas that result in increased runoff. Therefore, stormwater management technologies are needed to prevent flooding and improve absorption of runoff into the ground in an effort to maintain the availability of groundwater. *Low Impact Development* is a new paradigm of water management that emphasizes conservation and use of natural features to protect water quality and maintain hydrology balance for same condition as before and after construction. In this study, analysis is done using Geographic Information System (GIS) to determine the right technology (*Best Management Practices*) in the management of stormwater in accordance with the concept of LID. Natural features in The Upstream Citarum River Basin will be analyzed spatially based on criteria of BMPs. Most area in Upstream Citarum River Basin is mountains with steep slopes ( $\text{slope} > 15\%$ ) and 84% of area is water catchment zone. Type of soil that dominates in Upstream Citarum River Basin, 58% tend to has high infiltration rate, consist of alluvial(16%) and andosol(42%). Depth of shallow ground water in study areas has many variations, influenced by contours, landuse, presence of water catchment zone, and rainfall. Based on the natural features of study area, 43% of total villages appropriate to apply BMPs design that can meet parameters of  $Re_v$ , while 57%

*appropriate to apply BMPs design that can not meet the  $Re_v$  parameter. Recharge volume requirements ( $Re_v$ ) is parameter to maintain existing groundwater recharge rates at sites.*

**Key Words :** *BMPs, GIS, LID,  $Re_v$ , runoff, Upstream Citarum River Basin*

---

## PENDAHULUAN

Dalam dua puluh tahun terakhir ini kondisi lingkungan dan kualitas air di DAS Citarum semakin menurun (BBWCS, 2011). Jumlah penduduk, permukiman dan kegiatan industri di sepanjang aliran sungai bertambah dan berkembang dengan pesat. Hal ini berdampak pada ketersediaan sumberdaya air, baik air tanah maupun air permukaan. Perubahan penggunaan lahan di DAS Citarum mengakibatkan berkurangnya wilayah tangkapan air dan meningkatnya jumlah limpasan hujan. Pengelolaan air yang tepat, terpadu dan berkelanjutan merupakan keharusan untuk mengatasi hal tersebut. Studi sumber daya air di DAS Citarum hulu akan dilakukan dengan konsep *Low Impact Development* (LID) menggunakan data Sistem Informasi Geografis.

*Low Impact Development* (LID) adalah istilah yang digunakan untuk menggambarkan perencanaan tanah dan rekayasa desain untuk mengelola limpasan air hujan. LID menekankan upaya konservasi dan penggunaan fitur alami untuk melindungi kualitas air (MDE, 2000). Pendekatan ini menerapkan rekayasa skala kecil dalam mengontrol hidrologi untuk meniru pengembangan pra-rezim hidrologi DAS melalui infiltrasi, penyaringan, penyimpanan, penguapan, dan menahan limpasan dekat ke sumbernya (Hood, 2007).

Penilaian kondisi lahan adalah langkah awal untuk melaksanakan *Low Impact Development* (Hinman, 2005). Dengan memanfaatkan analisis spasial menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) akan dikaji teknologi yang tepat (*Best Management Practices*) berdasarkan konsep *Low Impact Development* untuk memaksimalkan air hujan meresap kedalam tanah sesuai dengan kondisi jenis tanah, topografi, zona resapan, kemiringan lereng, kedalaman air tanah, dan keberadaan daerah urban. Penentuan teknologi BMPs sesuai fitur alami DAS memiliki tujuan untuk memenuhi parameter *recharge volume requirements* ( $Re_v$ ) yang menjaga tingkat peresapan air untuk mengisi kembali air tanah.

Maksud dari penelitian ini adalah menganalisa secara spasial fitur alami DAS Citarum Hulu menggunakan data Sistem Informasi Geografis untuk menentukan teknologi yang tepat (*Best Management Practices*) dalam pengelolaan limpasan hujan berdasarkan konsep *Low Impact Development*. Tujuan dari penelitian ini antara lain:

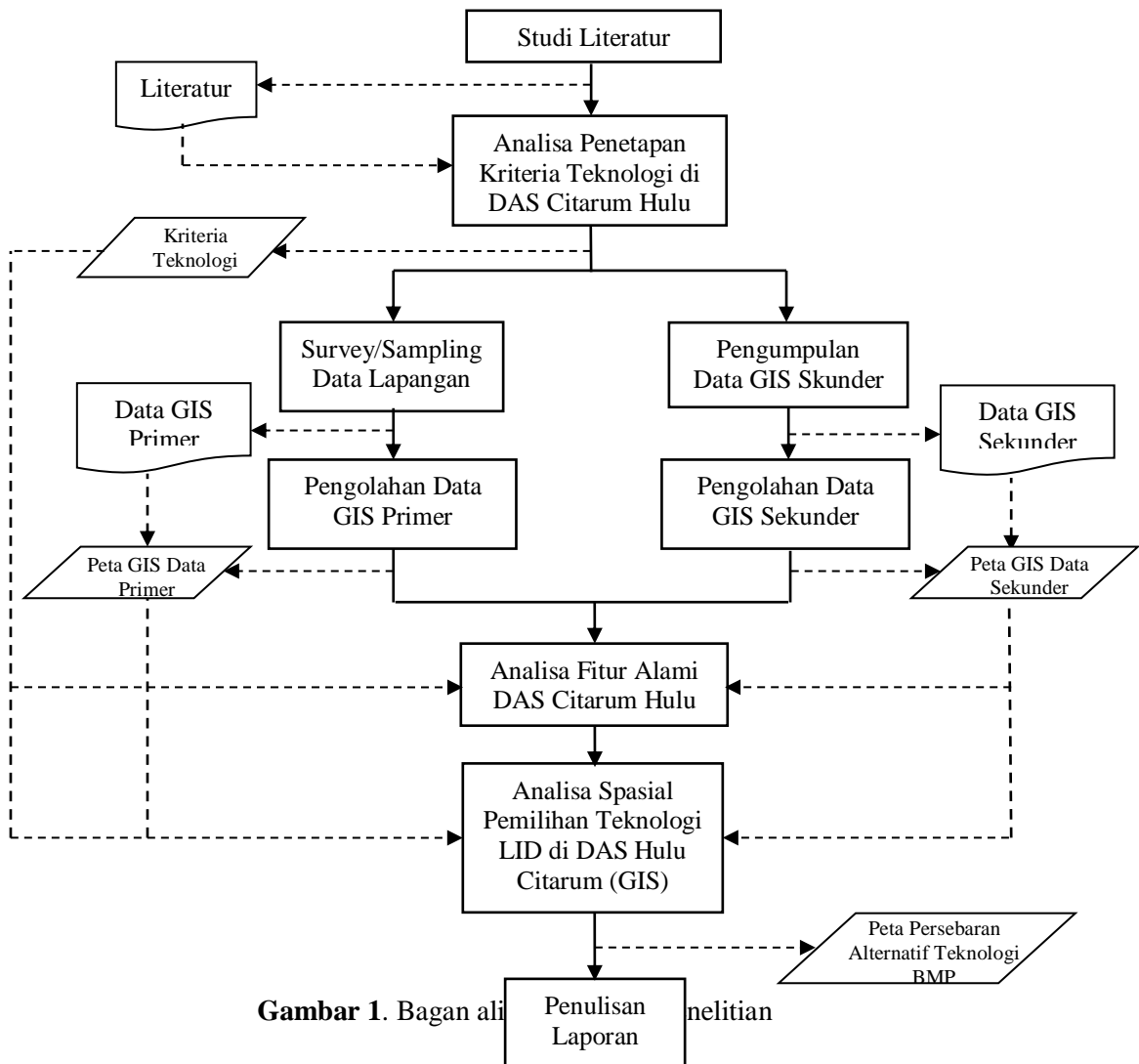
1. Mengetahui kriteria teknologi BMPs pengelolaan limpasan hujan yang dapat diterapkan di DAS Citarum hulu bukan kota berdasarkan konsep *Low Impact Development*.
2. Mengetahui karakteristik fitur alami DAS Citarum.
3. Mengetahui alternative teknologi BMPs dalam pengelolaan limpasan hujan di DAS Citarum hulu berdasarkan kondisi fitur alami dan kesesuaiannya dengan kriteria teknologi LID.

## METODOLOGI

Bagan alir metode penelitian diperlihatkan dalam **Gambar 1**. Berdasarkan bagan alir dalam **Gambar 1**, metodologi penelitian yang dilakukan meliputi:

1. Studi literatur mengenai hidrologi, pengelolaan air hujan, *Low Impact Development*, dan teknologi *Best Management Practices*.
2. Pengumpulan data sekunder dari badan-badan terkait dan survey lapangan untuk memperoleh data primer.
3. Pengolahan data primer dan sekunder untuk memperoleh data yang siap digunakan dalam analisa spasial.
4. Analisa fitur alami wilayah studi DAS Citarum Hulu.
5. Analisa penetapan kriteria teknologi pengelolaan limpasan hujan dengan konsep *Low Impact Development* di wilayah studi DAS Citarum Hulu.

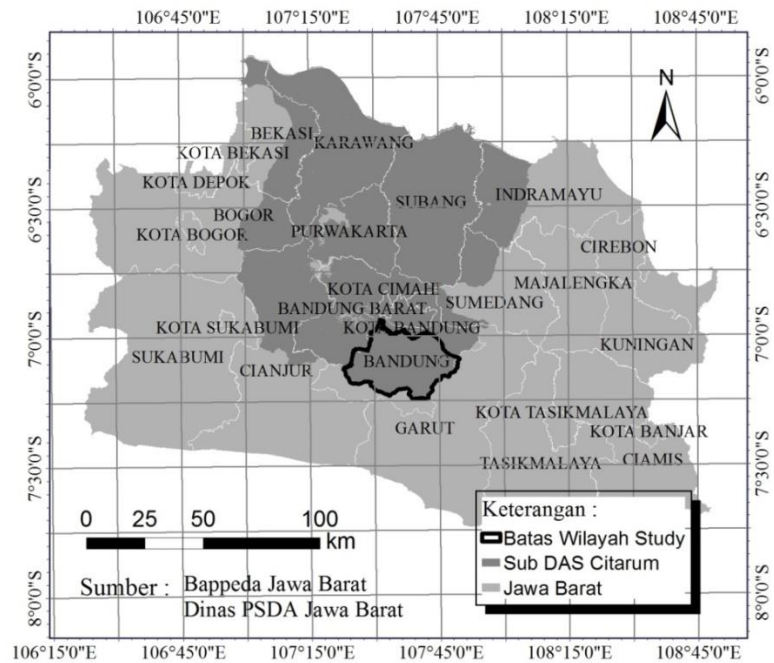
6. Analisa spasial menggunakan Sistem Informasi Geografi untuk pemilihan teknologi yang tepat dalam mengelola limpasan hujan di wilayah studi DAS Citarum hulu.



**Gambar 1.** Bagan alir penelitian

### Wilayah Studi

Wilayah studi dalam penelitian adalah DAS Citarum Hulu bukan kota. Wilayah studi merupakan Kabupaten Bandung yang terletak di sebelah selatan Kota Bandung. Area studi terdiri dari 205 kelurahan yang berlokasi di 24 kecamatan di Kabupaten Bandung. Letak astronomi wilayah studi berada pada 6°54'30" LU, 7°15'54" LS, 107°21'5" BT, dan 107°49'30" BT. Peta lokasi wilayah studi dapat dilihat dalam **Gambar 2**.



**Gambar 2.** Peta wilayah studi

### Parameter Studi

Dalam penelitian ini parameter yang digunakan merupakan faktor-faktor kriteria yang berpengaruh dalam pemilihan suatu teknologi BMPs. Dalam pemilihan suatu teknologi BMPs digunakan lima faktor kriteria, yang terdiri dari faktor *terrain*, faktor DAS, faktor kesesuaian treatment, faktor kelayakan fisik, dan kesesuaian lahan. Masing-masing faktor kriteria pemilihan teknologi memiliki satu atau beberapa parameter yang digunakan dalam penelitian. Daftar parameter penelitian diperlihatkan dalam **Tabel 1**.

**Tabel 1.** Daftar parameter penelitian

No.	Faktor Kriteria Teknologi BMPs	Parameter
1.	Faktor <i>terrain</i>	- Jenis <i>terrain</i>
2.	Faktor DAS	- Keberadaan zona resapan air tanah
3.	Faktor kesesuaian treatment	- $Re_v$ - $Cp_v$ - $Qp$ - Keamanan - Ruang/lahan
4.	Faktor kelayakan fisik	- Jenis tanah - Kedalaman air tanah - Ketinggian hulu - Keberadaan daerah urban
5.	Faktor kesesuaian lahan	- Sistem lahan - Tata guna lahan

### Data

Data dalam penelitian ini terdiri dari data primer dan data sekunder. Data primer yang digunakan dalam penelitian adalah data pengukuran kedalaman air tanah dangkal yang dilakukan

di 25 titik yang tersebar di wilayah studi. Data kedalaman air tanah hasil pengukuran tersebut digunakan untuk memodelkan kontur kedalaman air tanah wilayah studi. Selain data primer, dalam penelitian digunakan juga data sekunder berupa peta data GIS yang diperoleh dari berbagai instansi-instansi pemerintah daerah. Peta-peta tersebut antara lain, peta administrasi, peta sub DAS Citarum, peta topografi, peta jenis tanah, peta lereng, peta zona resapan air, dan peta tata guna lahan.

### **Pengolahan Data GIS dan Analisa Spasial Pemilihan Teknologi**

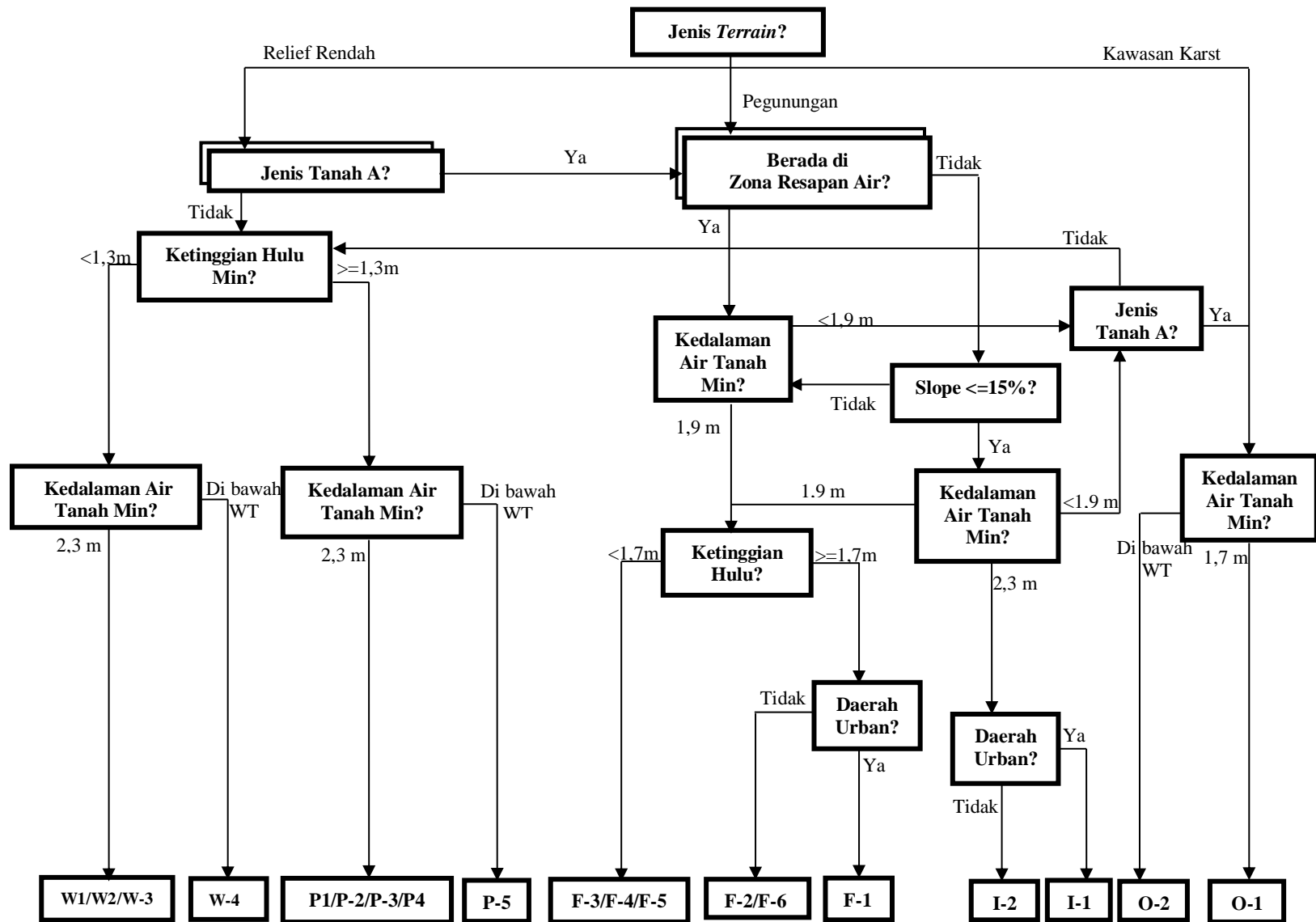
Pengolahan data GIS dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak ArcGIS 9.3. ArcGIS adalah paket perangkat lunak yang terdiri dari produk perangkat lunak sistem informasi geografis (SIG) yang diproduksi oleh Esri. Pengolahan data yang dilakukan antara analisa spasial (*overlay*) dan interpolasi spline untuk menggambarkan kedalaman air tanah wilayah studi.

### **Analisa Penetapan Kriteria Teknologi**

Penetapan kriteria teknologi dilakukan melalui studi literatur mengenai teknologi *Low Impact Development* yang telah dilakukan di Amerika Serikat dalam buku Maryland Stormwater Design Manual 2009, dengan melihat kecocokan dan kelayakan penerapan teknologi tersebut di Indonesia khususnya DAS Citarum Hulu. Hasil penetapan kriteria teknologi LID digambarkan dalam bagan alir pada **Gambar 3**. Bagan alir tersebut digunakan sebagai panduan untuk memilih kelompok dan desain teknologi BMPs di DAS Citarum Hulu. Analisa spasial dilakukan terhadap fitur alami DAS Citarum Hulu dengan mengikuti langkah yang telah ditetapkan dalam bagan alir tersebut. Keterangan kode variasi desain dari setiap kelompok teknologi dalam bagan alir disajikan dalam **Tabel 2**.

**Tabel 2.** Daftar kelompok dan variasi desain teknologi BMPs

<b>Kelompok Teknologi</b>	<b>Kode Desain</b>	<b>Keterangan</b>
<i>Ponds</i>	P-1	<i>Micropool</i>
	P-2	<i>Wet Pond</i>
	P-3	<i>Wet ED Pond</i>
	P-4	<i>Multiple Pond</i>
	P-5	<i>Pocket Pond</i>
<i>Wetlands</i>	W-1	<i>Shallow Wetland</i>
	W-2	<i>ED Wetland</i>
	W-3	<i>Pond/Wetland</i>
	W-4	<i>Pocket Wetland</i>
<i>Infiltration</i>	I-1	<i>Infiltration Trench</i>
	I-2	<i>Infiltration Basin</i>
<i>Filtering systems</i>	F-1	<i>Surface Sand Filter</i>
	F-2	<i>Underground Filter</i>
	F-3	<i>Perimeter Filter</i>
	F-4	<i>Organic Filter</i>
	F-5	<i>Pocket Sand Filter</i>
	F-6	<i>Bioretention</i>
<i>Wetlands</i>	O-1	<i>Dry Swale</i>
	O-2	<i>Wet swale</i>

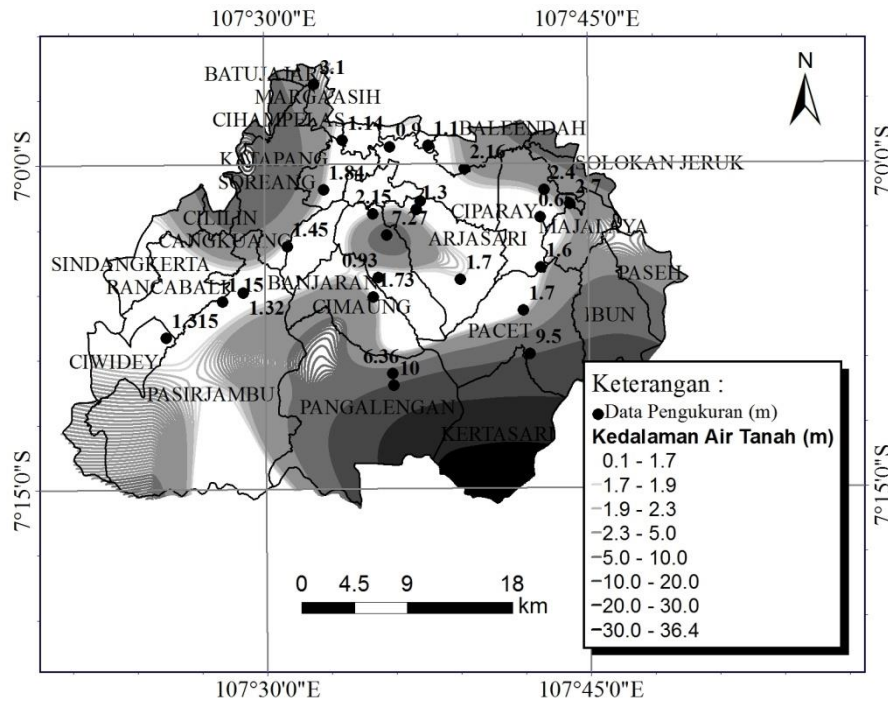


Gambar 3. Diagram alir pemilihan teknologi BMPs untuk DAS Citarum Hulu





diperoleh dari pengukuran di titik-titik yang tersebar di wilayah studi. Data tersebut diinterpolasi dengan metode spline untuk menghasilkan kontur kedalaman air tanah dangkal di wilayah studi. Peta kontur kedalaman air tanah dangkal wilayah studi disajikan dalam **Gambar 5**.



**Gambar 5.** Peta kedalaman air tanah dangkal wilayah studi

Berdasarkan peta kedalaman air tanah dalam **Gambar 5**, dapat diketahui kawasan studi dengan kedalaman air tanah dangkal paling dekat ke permukaan tanah berlokasi di bagian utara wilayah studi yang memiliki kontur paling rendah dengan lereng landai. Pada lokasi tersebut kedalaman air tanah sekitar 0,1-1,7 m, diukur dari permukaan tanah. Kondisi kedalaman air tanah yang sangat dangkal mengindikasikan lokasi tersebut tidak berpotensi untuk menyerap air. Kecamatan dengan kondisi kedalaman air tanah yang sangat dangkal tersebut antara lain, Baleendah, Dayeuh Kolot, dan Bojongsoang. Berdasarkan data zona resapan air, wilayah tersebut merupakan 14% wilayah DAS Citarum Hulu yang menjadi zona pelepasan air tanah.

Kondisi kedalaman air tanah yang relatif dangkal juga terjadi di wilayah DAS Citarum Hulu yang memiliki *terrain* pegunungan. Wilayah *terrain* pegunungan dengan kondisi kedalaman air tanah relatif dangkal (<1,7 m) antara lain Kecamatan Sindangkerta, Rancabali, Ciwidey, dan Arjasari. Walaupun demikian, wilayah tersebut berpotensi untuk menyerap air karena berada di zona resapan air utama dan kawasannya berupa hutan alami dengan kontur yang relatif tinggi dengan curah hujan tinggi.

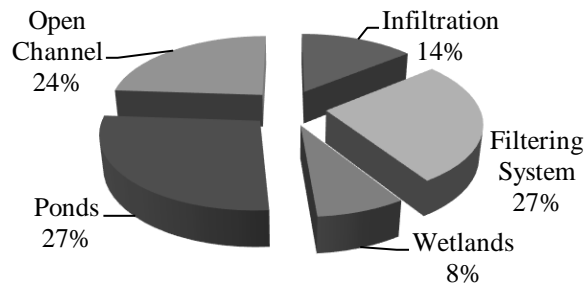
Kondisi kedalaman air tanah dangkal terjauh dari muka tanah berada di Kecamatan Kertasari, Pacet, dan Pengalengan yang memiliki kontur diatas 2000 m, berlereng curam, dan lahannya digunakan untuk sawah atau perkebunan. Besarnya kedalaman air tanah di wilayah tersebut, memberikan potensi besar dalam menyerapkan air ke dalam tanah. Kedalaman air tanah dangkal di DAS Citarum Hulu bervariasi, dipengaruhi oleh kontur, tata guna lahan, keberadaan zona resapan, dan curah hujan.



### Pemilihan Teknologi LID

Pemilihan teknologi BMPs dilakukan berdasarkan data kondisi fitur alami DAS Citarum dan berpedoman pada kriteria teknologi dalam diagram alir pemilihan teknologi LID. Faktor pertama yang dilihat dalam pemilihan teknologi adalah *terrain*. Berdasarkan analisa, 81 kelurahan wilayah studi yang berada di sebelah utara memiliki *terrain relief* rendah dengan kriteria slope kurang dari 15% dan *reliefnya* relatif datar. Sedangkan 123 kelurahan yang terletak di bagian selatan tergolong *terrain* pegunungan dengan slope curam dan kontur yang tidak datar. DAS Citarum Hulu juga memiliki sebuah kelurahan dengan *terrain* karst, yaitu Kelurahan Selacau yang berada di Kecamatan Cililin.

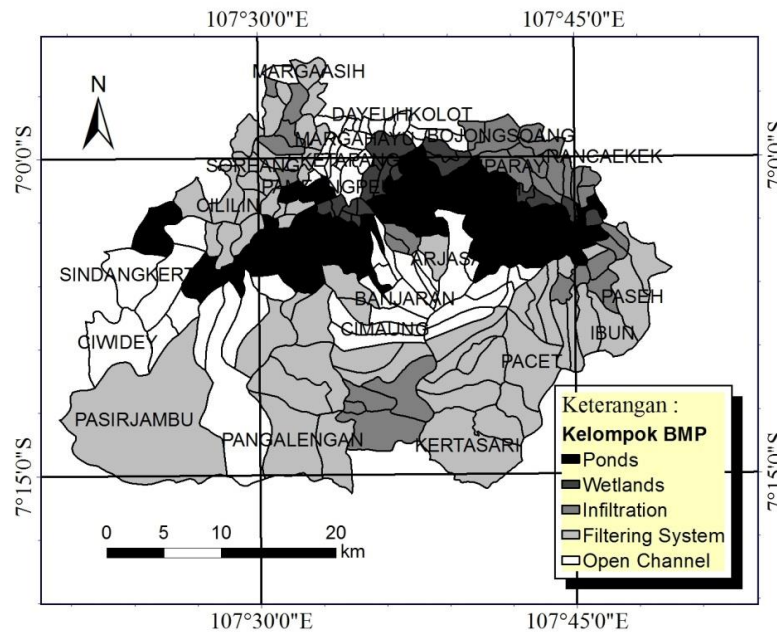
Setelah menentukan pengelompokan *terrain* wilayah studi, analisa spasial dilanjutkan dengan melihat faktor kriteria lainnya, seperti jenis tanah, keberadaan zona resapan, slope, air tanah dangkal, dan seterusnya sampai diperoleh kelompok dan desain teknologi BMPs yang sesuai. Rekapitulasi hasil pemilihan kelompok teknologi BMPs dapat dilihat pada presentase terpilihnya masing-masing kelompok BMPs di DAS Citarum Hulu yang ditampilkan dalam diagram pada **Gambar 6**.



**Gambar 6.** Presentase kelompok BMPs terpilih di DAS Citarum Hulu

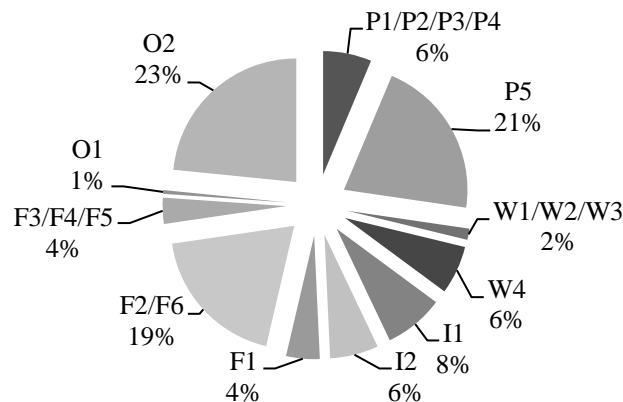
Presentase kelompok BMPs yang paling banyak terpilih adalah *filtering system* (27%) dan *ponds* (27%). *Filtering system* sesuai untuk sebagian besar wilayah DAS Citarum Hulu yang memiliki lereng curam dan kedalaman air tanah dangkal lebih dari 1,9 m dari atas permukaan tanah. Sedangkan *ponds* merupakan alternatif teknologi yang dapat dipilih untuk *terrain relief* rendah dan pegunungan yang memiliki jenis tanah dengan laju infiltrasi sedang atau rendah. Seluruh jenis desain *ponds* dapat dengan baik menahan debit puncak, tetapi tidak mampu memenuhi parameter  $Re_v$ .

Kelompok BMPs yang memberikan presentase cukup besar juga adalah *filtering system* (24%). *Filtering system* memiliki jenis desain yang tidak dapat memenuhi parameter  $Re_v$  yaitu *wet swale* (O2) dan juga jenis desain yang dapat memenuhi  $Re_v$  yaitu *dry swale* (O1). Demikian juga dengan kelompok BMPs *wetlands* yang memiliki presentase terpilih 8%. Kelompok BMPs *wetlands* dan *filtering system* memiliki jenis desain yang dapat memenuhi dan juga yang tidak dapat memenuhi  $Re_v$ . Kelompok BMPs yang seluruh jenis desainnya mampu memenuhi parameter  $Re_v$  adalah *infiltration* yang terpilih dengan presentase 14%. Peta hasil analisa spasial pemilihan teknologi BMPs diperlihatkan dalam **Gambar 7**.



**Gambar 7.** Peta persebaran kelompok BMPs terpilih di DAS Citarum Hulu

Selain menentukan kelompok BMPs yang tepat untuk masing-masing kelurahan di wilayah studi, analisa spasial juga dilakukan untuk menentukan desain dari kelompok BMPs terpilih. Presentase pemilihan desain BMPs untuk seluruh wilayah studi disajikan dalam **Gambar 8**.



**Gambar 8.** Presentase desain BMPs terpilih di DAS Citarum Hulu

Berdasarkan diagram dalam **Gambar 8**, presentase desain BMPs yang banyak terpilih adalah desain *wet swale* (O2) sebesar 23%, *pocket ponds* (P5) sebesar 21%, dan *underground sand filter/bioretention* (F2/F6) sebesar 19%. *Wet swale* (O2), *pocket ponds* (P5) dan *underground sand filter* (F2) adalah jenis desain yang tidak dapat memenuhi parameter  $Re_v$ . *Bioretention* (F6) adalah jenis desain yang dapat memenuhi parameter  $Re_v$ . Tidak seluruh jenis desain BMPs dapat memenuhi parameter  $Re_v$  dan tidak seluruh wilayah DAS Citarum Hulu memiliki fitur alami yang sesuai untuk mengaplikasikan desain BMPs yang dapat memenuhi parameter  $Re_v$ . Sebesar 43% dari total kelurahan di wilayah studi memiliki fitur alami yang sesuai mengaplikasikan desain BMPs yang dapat memenuhi parameter  $Re_v$ . Sedangkan 57% dari total kelurahan di wilayah studi memiliki fitur alami yang sesuai mengaplikasikan desain BMPs yang tidak dapat memenuhi parameter  $Re_v$ .

## KESIMPULAN

Wilayah DAS Citarum Hulu yang merupakan wilayah studi memiliki fitur alami yang dapat dianalisa secara spasial untuk memilih kelompok dan desain teknologi BMPs sebagai aplikasi dari konsep LID. Berdasarkan hasil analisa spasial pemilihan kelompok teknologi BMPs dalam penelitian, diperoleh presentase jumlah kelurahan untuk masing-masing kelompok BMPs sebagai berikut, *wetlands*(8%), *Ponds*(27%), *infiltration*(14%), *filtering system*(27%), dan *filtering system* (24%).

Fitur alami DAS Citarum Hulu sebagian besar merupakan pegunungan dengan slope lebih dari 15%, sehingga hanya sebagian kecil wilayah yang sesuai menerapkan kelompok BMPs *wetlands*(8%) dan *infiltration* (14%). Sebesar 41% wilayah studi merupakan zona resapan air utama sehingga lebih tepat untuk mengaplikasikan kelompok BMPs *filtering system* (27%), dengan desain utama *underground filter/bioretenion* (F2/F6). Jenis tanah yang mendominasi wilayah DAS Citarum Hulu adalah tanah yang cenderung memiliki laju infiltrasi tinggi, yaitu tanah alluvial (16%) dan andosol (42%). Kondisi tanah dengan laju infiltrasi tinggi serta kedalaman air tanah dangkal yang relatif kurang dari 1,7 m di DAS Citarum Hulu, cenderung mengarahkan pilihan teknologi pada kelompok BMPs *filtering system* (24%), dengan desain utama *wet swale* (O2). Wilayah bagian utara DAS Citarum Hulu yang tergolong *relief* rendah dengan kontur tidak datar dan jenis tanah latosol, sesuai menerapkan kelompok BMPs *ponds* (27%), dengan desain utama *pocket pond* (P5).

Berdasarkan hasil pemilihan desain teknologi BMPs, 43% dari total kelurahan di wilayah studi memiliki fitur alami yang sesuai mengaplikasikan desain BMPs yang dapat memenuhi parameter  $Re_v$ . Sedangkan 57% dari total kelurahan di wilayah studi memiliki fitur alami yang sesuai mengaplikasikan desain BMPs yang tidak dapat memenuhi parameter  $Re_v$ .

## Daftar Pustaka

- Ahiablame, L.M., Bernard A. Engel & Indrajeet C. 2012. Representation and Evaluation of Low Impact Development Practices with L-THIA-LID: An Example for Site Planning. *Journal Environment and Pollution* Vol. 1 No. 2:1-13.
- Andrew Homan, et al. 2007. Self-Influencing Interpolation in Groundwater Flow. Ohio Northern University.
- Ardiyanto, Adhy. 2004. Analisis Kapasitas Infiltrasi dan Hantaran Hidrolik Berbagai Jenis Tanah dengan Vegetasi Penutup The dan Karet pada PTPN VIII Perkebunan Panglejar, Kabupaten Bandung. Tesis Fakultas Pertanian. Institut Pertanian Bogor
- Balai Besar Sungai Citarum (BBWSC), 2011. Basin Status Map Citarum 2011. Direktorat Jendral Sumber Daya Air. Departemen Pekerjaan Umum.
- Comstock, Stewart R. and Charles Wallis. 2007. The Maryland Stormwater Management Program A New Approach to Stormwater Design. Maryland Department of the Environment Baltimore, Maryland.
- Dachlan, Diella dkk. Pengelolaan Sumber Daya Air di Wilayah Sungai Citarum. Balai Besar Wilayah Sungai Citarum (BBWSC), Direktorat Jenderal Sumber Daya Air.
- Darsono, Suseno, 2007. Sistem Pengelolaan Air Hujan Lokal yang Ramah Lingkungan. *Journal Teknik Keairan DIKTI*. 2007.
- Hassan, S.M. dan K.M. Saiful Islam. 2007. Application of GIS to Identify Spatial and Temporal Extent of Critical Condition for Rural Drinking Water Supply During Dry Season. *Journal of International Conference on Water & Flood Management (ICWFM-2007)*:413-420.
- Hnman, Curtis, 2005. *Low Impact Development: Technical Guidance Manual for Puget Sound*. Washington State University.
- Hood, Mark J., John C. Clausen, dan Glenn S. Warner, 2007. Comparison of Stormwater Lag Times for Low Impact and Traditional Residential Development. *Journal of The American Water Resources Association* 39(4):1036-1046.

- Indriatmoko, R. H., dkk. 2004. Evaluasi Lingkungan Air Tanah di DAS Citarum Hulu. *Jurnal Teknik Lingkungan P3TL-BPPT.5.(2):82-94.*
- Maryland Department of The Environment Water Management Administration, 2000. Maryland Stormwater Design Manual Volume I&II. Centre of Watershed Protection Ellicott City, Maryland.
- Ohgaki, Shinicro, et al. 2007. Sustainable Groundwater Management in Asian Cities. Institute for Global Environmental Strategies (IGES), Japan.
- Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup, Nomor : 12 Tahun 2009 Pemanfaatan Air Hujan.
- Putranto, Thomas Triadi dan Kristi Indra Kusuma. 2009. Permasalahan Air Tanah pada Daerah Urban. *Journal Teknik – Vol. 30 No. 1:48-57.*
- Rahayu, Subekti, dkk. 2009. Monitoring Air di Daerah Aliran Sungai. World Agroforestry Centre. ICRAF Asia Tenggara.
- Rizal, M. Khairul. 2009. Analisis Pemetaan Zonasi Resapan Air Untuk Kawasan Perlindungan Sumberdaya Air Tanah (*Groundwater*) PDAM Tirtanadi Sibolangit Kabupaten Deli Serdang Propinsi Sumatera Utara. Tesis Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Ruminta. 2008. Karakteristik, Mekanisme, dan Model Temporal Hidrometeorologi Daerah Aliran Sungai Citarum Hulu dan Tengah. Disertasi, Institut Teknologi Bandung.
- Setiawan, Fajar. 2010. Aplikasi Penginderaan Jauh dan GIS untuk Penentuan Lokasi TPA Sampah di Kota Surabaya. *Jurnal Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi 2010 (SNATI 2010) C: 14-18.*
- Spatari S.,et al., 2011. Life Cycle Implications Of Urban Green Infrastructure . *International Journal of Environmental Pollution* 159 : 2174-2179.
- Syukur, Syamsul. 2009. Laju Infiltrasi dan Peranannya Terhadap Pengelolaan Daerah Aliran Sungai Allu-Bangkala. *Jurnal Agroland* 16 (3) : 231-236.
- Wang, Xinhao, William Shuster, Chandrima Pal, Steven Buchberger, James Bonta, and Kiran Avadhanula. 2010. *Low Impact Development Design—Integrating Suitability Analysis and Site Planning for Reduction of Post-Development Stormwater Quantity. Sustainability Journal 2 : 2467-2482.*
- Wibowo, Mardi. 2006. Model Penentuan Kawasan Resapan Air untuk Perencanaan Tata Ruang Berwawasan Lingkungan. *Jurnal Hidrosfir* Vol.1: 1-7.
- Zokaites, Carol. 1997. Living on Karst. Cave Consevancy of The Virginias. Glen Allen, Virginia.
- \_\_\_\_\_. 2005. Modul ArcGis 2<sup>nd</sup> edition.
- \_\_\_\_\_. 2007. Stormwater *Best Management Practicesss* Manual. North Carolina Division of Water Quality.
- \_\_\_\_\_. 2012. Storm Water Standard. The City of San Diego.