



UNIVERSITAS INDONESIA

**PENGEMBANGAN REKOMENDASI PENGELOLAAN
LIMPASAN HUJAN KAMPUS UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik

**RAKHMAT HADIKUSUMAH
06 06 04 160 4**

**FAKULTAS TEKNIK
PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL**

**DEPOK
JULI 2011**



UNIVERSITY OF INDONESIA

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATION FOR RUNOFF
MANAGEMENT AT UNIVERSITAS INDONESIA, DEPOK**

FINAL ASSIGNMENT

Submitted to fulfill of the requirements to obtain S1 Degree of Engineering

**RAKHMAT HADIKUSUMAH
06 06 04 160 4**

**FACULTY OF ENGINEERING
CIVIL ENGINEERING DEPARTMENT**

**DEPOK
JULY 2011**

HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

**Skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri,
dan semua sumber baik yang dikutip maupun dirujuk
telah saya nyatakan dengan benar.**

Nama : Rakhmat Hadikusumah

NPM : 0606041604

Tanda Tangan : 

Tanggal : 1 Juli 2011

STATEMENT OF AUTHENTICITY

**Herewith I honestly declare that this final assignment is made by myself, and
all of references is valid**

Name : Rakhmat Hadikusumah

NPM : 0606041604

Signature : 

Date : July, 1st 2011

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh

Nama : Rakhmat Hadikusumah
NPM : 0606041604
Program Studi : Teknik Sipil
Judul Skripsi : Pengembangan Rekomendasi Pengelolaan
Limpasan Hujan Kampus Universitas Indonesia
Depok.

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Teknik pada Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih M., Dipl HE ()

Pembimbing II : RR. Dwinanti Rika M., ST, MT ()

Penguji I : Ir. Ruswan Rasul, M.Si ()

Penguji II : Ir. Toha Saleh, M.Sc ()

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 1 Juli 2011

SHEET OF APPROVAL

This final assignment submitted by :

Name : Rakhmat Hadikusumah
NPM : 0606041604
Study Program : Civil Engineering
Title : Development of Recommendation for Runoff Management
At Universitas Indonesia, Depok

Have succeeded to be submitted in examiner board and accepted as partial fulfilment needed to obtain S1 Degree in Civil Engineering Department, Faculty of Engineering, Universitas Indonesia

EXAMINER BOARD

Counsellor : Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih M., Dipl HE ()

Counsellor : RR. Dwinanti Rika M., ST, MT ()

Examiner : Ir. Ruswan Rasul, M.Si ()

Examiner : Ir. Toha Saleh, M.Sc ()

Approved in : Depok

Date : July, 1st 2011

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT pemilik alam semesta raya atas segala limpahan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat serta salam semoga selalu tercurah kepada guru besar umat manusia Nabi Muhammad saw yang telah membimbing manusia dari gelapnya jalan kebodohan kepada terangnya jalan ilmu pengetahuan.

Penulisan skripsi yang berjudul “Pengembangan Rekomendasi Pengelolaan Limpasan Hujan Kampus Universitas Indonesia Depok” ini dilakukan dalam rangka memenuhi salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Teknik Jurusan Teknik Sipil pada Fakultas Teknik Universitas Indonesia.

Penulis menyadari bahwa, tanpa bantuan dan bimbingan dari berbagai pihak, dari masa perkuliahan sampai pada penyusunan skripsi ini, sangatlah sulit bagi penulis untuk menyelesaikan skripsi ini. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Ibu Dr.-Ing. Ir. Dwita Sutjiningsih M., Dipl. HE., dan RR. Dwinanti Rika M., ST, MT selaku dosen pembimbing skripsi yang telah meluangkan waktunya untuk memberikan pengarahan, saran serta bimbingan selama proses penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Ir. Toha Saleh, M.Sc dan Ir. Ruswan Rasul, M.Si selaku dosen penguji yang memberikan petunjuk, saran selama proses sidang.
3. Ibu Dr. Ir. Wiwik Rahayu M.T. selaku dosen pembimbing akademik penulis.
4. Bapak dan Ibu dosen Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, yang telah memberikan ilmu dan pengalamannya yang tidak ternilai.
5. Seluruh Staf Departemen Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Indonesia, yang telah memberikan bantuan dan kemudahan akademik.
6. Keluarga tercinta, Bapak, Ibu, Aa, Tete, dan Dani yang tak henti-hentinya memberikan do'a restu, dorongan moril dan materiil, perhatian serta pengertian yang tulus tanpa mengharapkan imbalan dalam proses menyelesaikan skripsi ini.

7. Kodja family (Ruben, Indra, Icksan, Ackrie, Angga, dan teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu) atas persaudaraan dan semangatnya dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Teman-teman, sahabat, serta teman spesial penulis yang senantiasa memberikan dorongan moral dan semangat.
9. Teman-teman satu perjuangan (Sendi, Joko, Tri, Bang Adi, Fajar, Hilmi, Randy, dan teman-teman yang tidak bisa disebutkan satu persatu).
10. Semua pihak yang telah membantu secara langsung maupun tidak langsung yang tidakmungkin disebutkan satu persatu, semoga Allah SWT. yang dapat membalas seluruh jasa baik kalian semua. Amien.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih terdapat kekurangan-kekurangan yang tidak dapat penulis elakkan karena keterbatasan pengalaman dan pengetahuan yang penulis miliki, oleh karena itu dengan senang hati penulis akan menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun demi kesempurnaan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT, yang Maha Pengasih lagi Maha Penyayang berkenan membalas segala kebaikan semua pihak yang telah membantu. Semoga skripsi ini membawa manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan.

Depok, 1 Juli 2011



Penulis

**HALAMAN PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI
TUGAS AKHIR UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai sivitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Rakhmat Hadikusumah
NPM : 0606041604
Program Studi : Program Pendidikan Sarjana Ekstensi
Departemen : Teknik Sipil
Fakultas : Teknik
Jenis karya : Skripsi

demi pengembangan ilmu pengetahuan, menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Indonesia **Hak Bebas Royalti Noneksklusif (*Non-exclusive Royalty-Free Right*)** atas karya ilmiah saya yang berjudul :

**PENGEMBANGAN REKOMENDASI PENGELOLAAN LIMPASAN
HUJAN KAMPUS UNIVERSITAS INDONESIA DEPOK**

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneksklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/format-kan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan memublikasikan tugas akhir saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/pencipta dan sebagai pemilik Hak Cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Dibuat di : Depok
Pada tanggal : 1 Juli 2011
Yang menyatakan



(Rakhmat Hadikusumah)

ABSTRAK

Nama : Rakhmat Hadikusumah
Program Studi : Teknik Sipil
Judul : Pengembangan Rekomendasi Pengelolaan Limpasan Hujan
Kampus Universitas Indonesia Depok

Rencana pengembangan fasilitas di Kampus UI Depok pada tahun 2025 untuk menunjang sarana pendidikan mengakibatkan perubahan jenis penutup lahan dan pengurangan lahan lulus air. Pengelolaan limpasan hujan yang tepat dan berwawasan lingkungan di Kampus UI Depok dibutuhkan untuk menjaga kondisi hidrologis pra-pengembangan. Tujuan penelitian yang dilakukan adalah untuk memberikan rekomendasi pengelolaan limpasan hujan terpadu untuk menjaga kondisi hidrologis tahun 2011 dalam bentuk luasan *Best Management Practice* (BMP) yang dibutuhkan. Metode perhitungan penentuan luasan BMP yang dibutuhkan untuk menjaga kondisi hidrologis pra-pengembangan fasilitas pada tahun 2011 dengan menggunakan metode *Low Impact Development* (LID) yang memiliki tujuan untuk menyerupai kondisi hidrologis pra-pengembangan dengan menggunakan sarana BMP yang dapat menyimpan, menyerap, dan menahan limpasan hujan. Hasil yang didapat yaitu penentuan *Curve Number* (CN) dan luasan BMP di daerah tangkapan hujan Kampus UI pada tahun 2011 dan 2025. Rekomendasi hasil penelitian adalah pemasangan sarana BMP sesuai dengan ketersediaan lahan yang ada.

Kata kunci :
Best Management Practice, Low Impact Development, Limpasan Hujan, Curve Number, Universitas Indonesia.

ABSTRACT

Name : Rakhmat Hadikusumah
Study Program : Civil Engineering
Title : Development of Recommendation for Runoff Management at Universitas Indonesia, Depok

Facility development plans on Campus UI Depok in 2025 to support educational facilities resulting in changes in land cover types and reduction of pervious area. Proper management of rainfall runoff and environmentally sound in the Campus UI Depok required to maintain pre-development hydrological conditions. The goal of research is done is to provide an integrated rain runoff management recommendations for maintaining the hydrological year 2011 in the form of an area of Best Management Practice (BMP) is needed. Calculation method of determining the extent of BMP required to maintain pre-development hydrological conditions of the facility in 2011 using the Low Impact Development (LID) which has the purpose to resemble pre-development hydrological conditions by means of BMPs that can store, absorb, and retain runoff. The results of the determination of the Curve Number (CN) and the extent of BMP in the catchment of rain on the UI campus in 2011 and 2025. Recommendations of research results is the installation of BMP facilities in accordance with the availability of existing land.

Key words:

Best Management Practices, Low Impact Development, Runoff, Curve Number, University of Indonesia

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL.....	i
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS	iii
HALAMAN PENGESAHAN.....	v
KATA PENGANTAR	vii
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	ix
ABSTRAK	x
DAFTAR ISI.....	xii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL.....	xvii
DAFTAR LAMPIRAN.....	xviii
1. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penulisan	2
1.4 Batasan Masalah.....	2
1.5 Metode Penulisan	2
1.6 Sistematika Penulisan.....	2
2. DASAR TEORI	4
2.1 Umum.....	4
2.2 Hujan.....	6
2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)	7
2.3.1 Luas DAS.....	7
2.3.2 Bentuk DAS.....	9
2.3.3 Jaringan Sungai.....	9
2.4 Permasalahan Yang Terjadi Akibat Adanya Pembangunan	10
2.4.1 Perubahan Pada Aliran	11
2.4.2 Perubahan Pada Bentuk Sungai	12
2.4.3 Dampak Terhadap Habitat Air.....	13
2.4.4 Dampak Terhadap Kualitas Air	14
2.5 Pengelolaan Air Hujan (<i>Rainwater Management</i>).....	14
2.5.1 Hujan Merupakan Suatu Sumber Daya	16
2.5.2 Menggunakan Semua Spektrum Hujan Dalam Perencanaan	17
2.5.3 Mengutamakan Daerah Tangkapan yang Paling Beresiko	18
2.5.4 Perencanaan Pada Skala Regional, DAS, Perumahan, dan Pada Suatu Lokasi.....	18
2.5.5 Menguji Solusi Dan Mengurangi Biaya Dengan Manajemen Penyesuaian	18
2.6 <i>Low Impact Development</i>	19
2.6.1 Perencanaan Kawasan.....	20
2.6.1.1 Menggunakan Hidrologi Sebagai Kerangka Yang Terintegrasi	20

2.6.1.2	Pemikiran <i>Micromanagement</i>	22
2.6.1.3	Mengendalikan Air Hujan di Tempat	22
2.6.1.4	Menggunakan Metode Yang Sederhana dan Nonstruktural	22
2.6.1.5	Menciptakan Infrastruktur Dan Lanskap Yang Multifungsi.....	23
2.6.2	Analisa Hidrologis <i>Low-Impact Development</i>	23
2.6.2.1	Menentukan Koefisien Limpasan LID.....	23
2.6.2.2	Perhitungan Kebutuhan Pengelolaan Limpasan Hujan ..	25
2.7	Perhitungan Tinggi Limpasan	32
2.8	Aplikasi Pengelolaan Air Hujan.....	33
2.8.1	Bioretensi	35
2.8.2	Sumur Resapan (<i>Dry Wells</i>)	37
2.8.3	<i>Filter Strips</i>	38
2.8.4	<i>Vegetated Buffer</i>	40
2.8.5	<i>Level Spreader</i>	40
2.8.6	<i>Grassed Swales</i>	41
2.8.7	<i>Rain Barrels</i>	43
2.8.8	<i>Cistern</i>	44
2.8.9	Parit Resapan (<i>Infiltration Trenches</i>)	45
3	METODE PENELITIAN	46
3.1	Pendahuluan	46
3.2	Metode <i>Low Impact Development</i>	47
3.2.1	Pengumpulan Data.....	47
3.3	Analisa Hidrologi LID	48
3.3.1	Deliniasi Sub-DAS Kampus Universitas Indonesia	48
3.3.2	Menentukan Koefisien Limpasan LID	48
3.3.3	Perhitungan Kebutuhan Pengelolaan Air Hujan	48
3.3.4	Pemilihan BMP	49
3.3.5	Kesimpulan dan Rekomendasi.....	50
4	ANALISA PENELITIAN	51
4.1	Gambaran Umum Sub-Das Kampus Universitas Indonesia	51
4.1.1	Letak, Luas dan Batas Wilayah	51
4.1.2	Topografi	51
4.1.3	Tata Guna Lahan.....	53
4.1.4	Rencana Induk Kampus Universitas Indonesia	53
4.2	Data Hujan.....	56
4.3	Deliniasi Sub-DAS Kampus.....	56
4.4	Perhitungan Koefisien Aliran (CN).....	60
4.5	Perhitungan Kebutuhan Pengelolaan Limpasan Hujan	62
4.6	Pemilihan BMP	63
4.7	Penempatan BMP Pada Kampus UI Depok.....	66
4.8	Menentukan Nilai <i>Curve Number</i> dan Tinggi Limpasan Setelah Adanya Penerapan BMP	77

5 PENUTUP	79
5.1 Kesimpulan.....	79
5.2 Saran.....	80
DAFTAR REFERENSI	81
LAMPIRAN	83



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Siklus Hidrologi.....	4
Gambar 2.2.	Unit DAS	8
Gambar 2.3.	Orde Sungai	9
Gambar 2.1.	Perubahan yang Terjadi Akibat Adanya Pembangunan.....	10
Gambar 2.2.	Perubahan Pada Bentuk Sungai.....	13
Gambar 2.3.	Dilema Pengelolaan Air Hujan	15
Gambar 2.4.	Perubahan Sudut Pandang Dalam Pengelolaan Air Hujan	16
Gambar 2.5.	Desain Untuk Seluruh Spektrum Hujan Yang Ada.....	17
Gambar 2.6.	Lanskap Yang Memiliki Fungsi Hidrologi	21
Gambar 2.7.	Grafik Seri A	26
Gambar 2.8.	Grafik Seri B.....	27
Gambar 2.9.	Grafik Seri C.....	28
Gambar 2.10.	Bioretensi (Tampak Atas)	36
Gambar 2.11.	Bioretensi (Potongan Melintang)	36
Gambar 2.12.	Sumur Resapan.....	38
Gambar 2.13.	<i>Filter Strips</i> (tampak atas)	39
Gambar 2.14.	<i>Filter Strips</i> (potongan melintang).....	39
Gambar 2.15.	<i>Level Spreader</i>	40
Gambar 2.16.	<i>Dry Swales</i> (tampak atas)	41
Gambar 2.17.	<i>Dry Swales</i> (Potongan Melintang)	41
Gambar 2.18.	<i>Wet Swales</i> (Tampak Atas)	42

Gambar 2.19. <i>Wet Swales</i> (Potongan Melintang)	43
Gambar 2.20. <i>Rain Barrels</i> (a).....	43
Gambar 2.21. <i>Rain Barrels</i> (b).....	44
Gambar 2.22. <i>Cistern</i>	44
Gambar 2.23. <i>Infiltration Trenches</i>	45
Gambar 3.1. Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian.....	46
Gambar 4.24. Kondisi Eksisting Kampus Universitas Indonesia Depok.....	52
Gambar 4.2. Rencana Pengembangan Kampus UI Depok.....	54
Gambar 4.3. Sub-DAS Kampus UI Depok	59
Gambar 4.4. Tutupan Lahan Sub-DAS Kampus UI Tahun 2011	60
Gambar 4.5. Tutupan Lahan Sub-DAS Kampus UI Tahun 2025	61
Gambar 4.6. Lahan yang Tersedia Untuk BMP	65
Gambar 4.7. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 3.....	67
Gambar 4.8. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 6.....	68
Gambar 4.9. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 9.....	69
Gambar 4.10. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 10.....	70
Gambar 4.11. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 1.....	71
Gambar 4.12. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 2.....	72
Gambar 4.13. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 8.....	73
Gambar 4.14. Daerah Tangkapan 11.....	74
Gambar 4.15. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 12.....	75
Gambar 4.16. Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 13.....	76

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Perbandingan Spektrum Hujan di Kanada dan di Indonesia.....	6
Tabel 2.2. Deskripsi Berbagai Unit DAS	8
Tabel 2.3. Batasan dan Kriteria Penempatan BMP Pada Lahan	34
Tabel 2.4. Fungsi Hidrologi BMP	35
Tabel 2.5. Komponen Desain Bioretensi	37
Tabel 2.6. Komponen Desain Sumur Resapan	38
Tabel 2.7. Komponen Desain <i>Filter Strip</i>	40
Tabel 2.8. Komponen Desain <i>Grasses Swale</i>	42
Tabel 4.1. Rencana Pembangunan dan Pengembangan Kampus UI Depok..	55
Tabel 4.2. Data Curah Hujan Harian Maksimum dan Hujan Rencana Sub-DAS UI	56
Tabel 4.3. Luas Tiap Daerah Tangkapan	57
Tabel 4.4. Daerah Tangkapan yang Berada di Dalam Kampus UI	58
Tabel 4.5. Daerah Tangkapan yang Berada di Luar Kampus UI	58
Tabel 4.6. Daerah Tangkapan yang Berada di Dalam dan Luar Kampus UI.....	58
Tabel 4.7. Koefisien Aliran Komposit Pada Setiap Daerah Tangkapan	61
Tabel 4.8. Perhitungan Luas BMP yang Dibutuhkan	62
Tabel 4.9. Luas Lahan yang Tersedia Untuk BMP Pada Wilayah Kampus UI	64
Tabel 4.10 Luas BMP yang Diterapkan Pada Daerah Tangkapan.....	77
Tabel 4.11 Tinggi Limpasan Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan BMP.....	77
Tabel 4.12 Nilai CN Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan BMP.....	78

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1.	Nilai <i>Curve Number</i> (CN) Pada Setiap Penutup Lahan	83
Lampiran 2	Kurva Tinggi Limpasan (Q) – Tinggi Hujan (P).....	86
Lampiran 3	Perhitungan Luas BMP.....	87
Lampiran 4	Peta Wilayah Kampus Universitas Indonesia Depok.....	100



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kebutuhan manusia akan lahan tidak dapat dihindari, hal ini menyebabkan limpasan air yang menyerap ke dalam tanah menjadi semakin berkurang, sehingga volume limpasan air permukaan semakin meningkat yang pada akhirnya dapat menyebabkan banjir dan dapat merusak kualitas air. Oleh karena itu dibutuhkan pengelolaan limpasan hujan yang memiliki dampak yang ringan dan menjaga kondisi lingkungan seperti pada saat sebelum adanya pembangunan.

Pengelolaan limpasan hujan yang konvensional pada saat ini sudah mulai ditinggalkan karena mengalirkan dan menghilangkan air hujan secepat-cepatnya dari lokasi dapat menyebabkan perubahan hidrologi yang besar (meningkatnya volume, frekuensi, dan kecepatan aliran) atau dengan kata lain berkurangnya penyimpanan alami, meningkatnya dataran yang tidak dapat menyerap air, dan waktu limpasan air yang lebih cepat.

Pengelolaan limpasan hujan yang digunakan dalam penelitian ini adalah dengan menerapkan metode *Low Impact Development* (LID) yang dikembangkan oleh Prince George County, Maryland. Tujuan dari metode LID sendiri adalah untuk menyerupai kondisi hidrologi pra-pembangunan pada suatu kawasan dengan menggunakan beberapa bentuk teknik (*Best Management Practices*) yang dapat menyimpan, menyerap, menguapkan, dan menahan limpasan hujan. *Best Management Practices* (BMP) merupakan suatu sarana pengelolaan limpasan hujan terpadu yang diaplikasikan pada luasan lahan. Dengan adanya penerapan BMP pada suatu kawasan, diharapkan fungsi hidrologi pada suatu kawasan tersebut menyerupai fungsi hidrologi pra-pembangunan.

Pengelolaan air hujan di Kampus Universitas Indonesia sekarang ini masih menggunakan sistem pengelolaan limpasan hujan yang konvensional. Adanya rencana penambahan fasilitas untuk menunjang sarana pendidikan di Kampus Universitas Indonesia Depok dapat mengakibatkan perubahan pada penutup lahan dan berkurangnya lahan yang dapat menyerap air. Oleh karena itu dibutuhkan pengelolaan limpasan hujan yang tepat dan berwawasan lingkungan di Kampus

Universitas Indonesia (UI) Depok untuk menjaga kondisi hidrologi pra-pembangunan.

1.2 Perumusan Masalah

Permasalahan yang diangkat dalam penelitian ini, yaitu perubahan tata guna lahan yang menyebabkan penambahan luas daerah kedap air sehingga mengakibatkan meningkatnya jumlah limpasan permukaan dan berkurangnya infiltrasi yang terjadi akibat perubahan pada penutup lahan. Oleh karena itu, diusulkan pengelolaan limpasan hujan untuk menjaga kondisi hidrologis kawasan.

1.3 Tujuan Penulisan

Tujuan dari penulisan ini adalah untuk memberikan rekomendasi pengelolaan limpasan hujan terpadu untuk menjaga kondisi hidrologis tahun 2011 dalam bentuk luasan BMP yang dibutuhkan.

1.4 Batasan Masalah

Pembahasan dalam penulisan dibatasi dalam kawasan Kampus Universitas Indonesia Depok dan daerah tangkapan airnya menurut prioritas perubahan tata guna lahan.

1.5 Metode Penulisan

Berdasarkan dari tujuan penulisan, metode yang digunakan dalam penulisan ini adalah metode deskriptif yaitu memaparkan permasalahan yang ada dengan jelas, menganalisis masalah dan menguraikan pemecahannya berdasarkan ilmu-ilmu yang berkaitan.

1.6 Sistematika Penulisan

Sistematika penulisan pada penelitian ini mencakup :

BAB 1 PENDAHULUAN

Berisikan tentang latar belakang, tujuan penulisan, batasan masalah, metode penulisan, sistematika penulisan yang berhubungan dengan permasalahan yang akan dibahas.

Universitas Indonesia

BAB 2 DASAR TEORI

Bab ini mengulas tentang teori-teori yang dipergunakan sebagai acuan dalam penulisan skripsi ini. Studi pustaka dilakukan pada buku-buku referensi yang ada, jurnal dan bahan kuliah serta sumber lain yang mendukung penelitian penulisan ini.

BAB 3 METODE PENELITIAN

Bab ini membahas tentang prosedur penelitian yang meliputi proses pengumpulan data, pengolahan data, metode yang akan digunakan untuk menganalisa data.

BAB 4 ANALISA DATA

Bab ini memaparkan tentang bagaimana melakukan hasil analisis berdasarkan pengolahan data-data yang didapat berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan

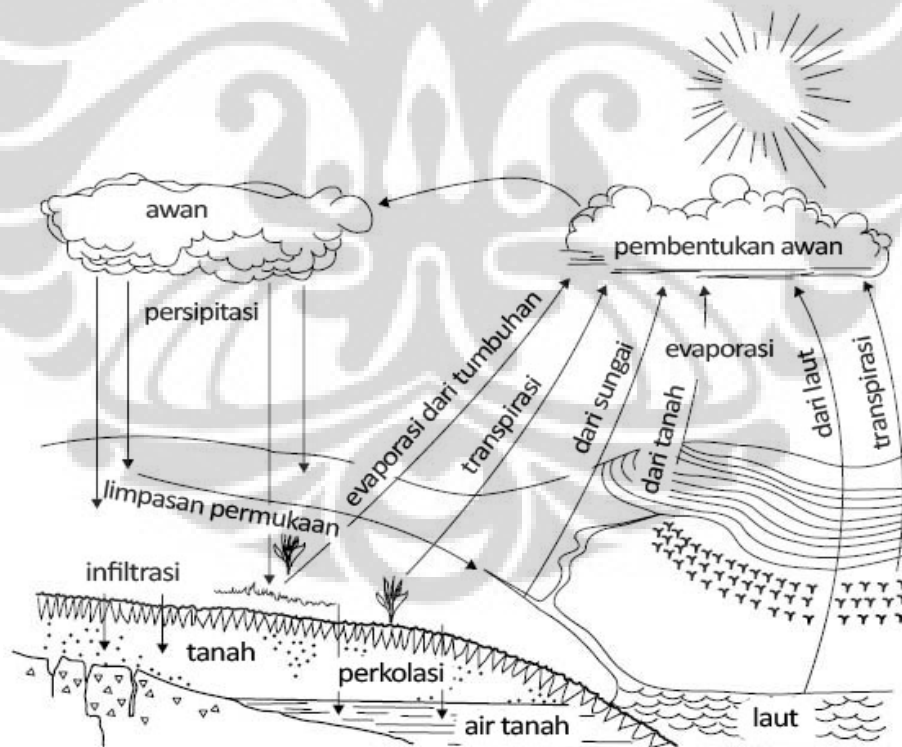
BAB 5 KESIMPULAN

Berisi kesimpulan dari hasil pembahasan bab empat serta saran-saran dari penulis mengenai penelitian yang dilakukan.

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Umum

Hujan terjadi karena penguapan air, terutama air dari permukaan laut, yang naik ke atmosfer, dan mendingin, kemudian menyuling dan jatuh sebagian di atas laut dan sebagian di atas daratan. Air hujan yang jatuh di atas daratan, sebagian meresap ke dalam tanah (infiltrasi), sebagian ditahan tumbuh-tumbuhan (intersepsi), sebagian menguap kembali (evaporasi) dan sebagian menjadi lembab. Juga air yang meresap ke dalam tanah untuk sebagian menguap melalui pori-pori tanah, dan demikian pula air yang ditahan tumbuh-tumbuhan sebagian menguap (transpirasi). Air hujan yang menguap, meresap ke dalam tanah, ditahan oleh tumbuh-tumbuhan dan transpirasi tidak ikut menjadi aliran air di dalam sungai, dan disebut air hilang (Iman Subarkah, 1980). Gambar 2.1 berikut memperlihatkan komponen-komponen utama dari siklus hidrologi.



Gambar 2.1 Siklus Hidrologi

Sumber: NRCS, 2001 "telah diolah kembali"

Air hujan yang jatuh ke daratan sebagian besar atau seluruhnya akan meresap ke dalam tanah dan bagian yang tidak meresap ke dalam tanah akan menjadi limpasan permukaan. Kapasitas infiltrasi curah hujan dari permukaan tanah ke dalam tanah sangat berbeda-beda yang tergantung pada kondisi tanah di tempat bersangkutan (Suyono, 1993).

Ada empat proses utama dari siklus hidrologi yang mempengaruhi debit aliran yang menuju ke sungai, yaitu presipitasi, evaporasi dan transpirasi, infiltrasi, dan limpasan (Linsley, 1991).

- Presipitasi, menurut bentuknya presipitasi dibagi menjadi dua, yaitu presipitasi vertikal (hujan, hujan gerimis, salju, hujan es dan hujan salju) dan presipitasi horizontal (es, kabut, dan embun).
- Evaporasi dan transpirasi, evaporasi merupakan proses naiknya air dari permukaan bumi ke udara secara langsung, sedangkan transpirasi adalah proses dimana tanaman menghisap air dari dalam tanah dan menguapkannya ke udara sebagai uap. Lebih dari separuh presipitasi yang mencapai permukaan tanah dikembalikan lagi ke atmosfer oleh gabungan dari kedua proses ini.
- Infiltrasi, merupakan proses masuknya air dari permukaan tanah ke dalam tanah. Daya infiltrasi adalah laju infiltrasi maksimum yang dimungkinkan, yang ditentukan oleh kondisi permukaan termasuk lapisan atas air tanah. Daya infiltrasi menentukan besarnya air hujan yang dapat diserap ke dalam tanah. Sekali air hujan tersebut masuk ke dalam tanah, air hujan dapat diuapkan kembali atau mengalir sebagai air tanah.
- Limpasan, limpasan sendiri dibagi menjadi dua, yaitu limpasan permukaan dan limpasan air tanah. Limpasan permukaan adalah pergerakan air yang terjadi di permukaan bumi. Besarnya limpasan permukaan tergantung dari besar curah hujan, evaporasi, dan infiltrasi yang terjadi. Semakin besar daya infiltrasi, maka perbedaan antara intensitas hujan dengan daya infiltrasi akan semakin kecil. Akibatnya limpasan permukaannya akan semakin kecil sehingga debit puncaknya juga menjadi semakin kecil. Limpasan air tanah

adalah pergerakan air yang terjadi dibawah permukaan bumi. Definisi air tanah yaitu air yang menempati rongga-rongga dalam lapisan geologi.

Konsep neraca air merupakan suatu konsep yang dikembangkan dari siklus hidrologi. Pada proses presipitasi, hujan yang jatuh kepada suatu daerah menyebar pada empat arah, yaitu: menjadi limpasan permukaan yang mengalir di atas permukaan, terinfiltrasi dalam tanah melalui aliran air di bawah permukaan tanah, perkolasi secara vertikal ke dalam air tanah yang dalam, dan evaporasi kembali dari berbagai permukaan dan transpirasi dari tumbuhan. Karena volume total dari air hujan adalah sama dengan keempat komponen tersebut, maka hubungan ini dikenal sebagai neraca air.

2.2 Hujan

Berdasarkan BMKG, intensitas curah hujan di Indonesia dibagi menjadi 5 kategori, yaitu hujan sangat ringan, hujan ringan, hujan normal, hujan lebat, dan hujan sangat lebat. Tingkat intensitas hujan berbeda-beda di setiap negara, contohnya di Kanada sendiri spektrum hujan dibagi menjadi 3, yaitu hujan ringan, hujan besar, dan hujan ekstrim. Sebagai perbandingan, tabel 2.1 di bawah ini memperlihatkan perbedaan spektrum hujan berdasarkan jangka waktu 24 jam yang ada di Indonesia dan di Kanada.

Tabel 2.1 Perbandingan Spektrum Hujan di Kanada dan di Indonesia

Spektrum Hujan di Kanada		Spektrum Hujan di Indonesia	
Kategori	Intensitas	Kategori	Intensitas
Hujan Ringan	< 30 mm	Sangat Ringan	< 5 mm
Hujan Besar	30 – 60 mm	Ringan	5 – 20 mm
Hujan Ekstrim	> 60 mm	Sedang	21 – 50 mm
		Lebat	51 – 100 mm
		Sangat Lebat	> 100 mm

Sumber:

- Kategori Hujan di Kanada: British Columbia, Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002
“telah diolah kembali”.

- Kategori Hujan di Indonesia: BMKG, 2010

Universitas Indonesia

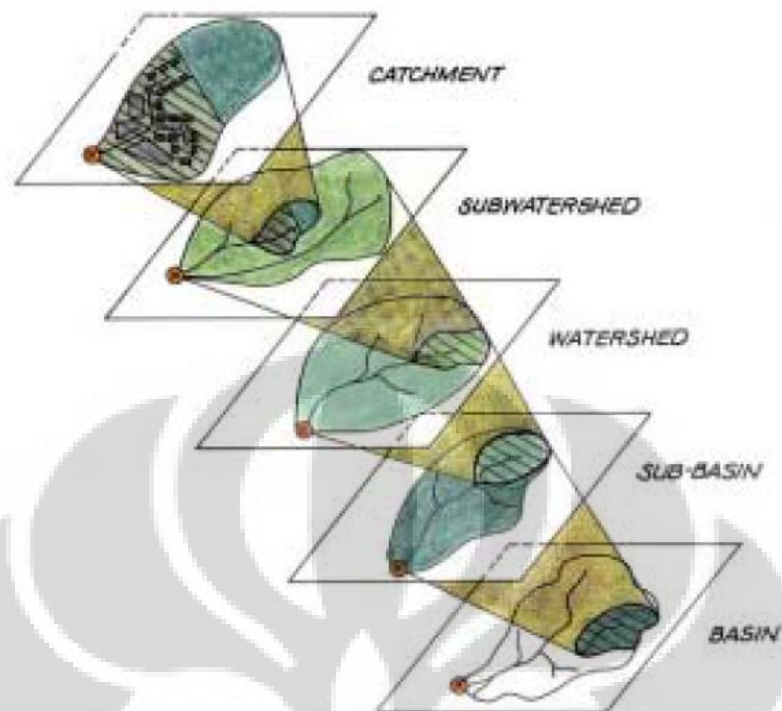
2.3 Daerah Aliran Sungai (DAS)

Darah aliran sungai adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan (UU no.7, 2004). Sedangkan menurut Tom Schueler, daerah aliran sungai didefinisikan sebagai luas daerah daratan yang mengalirkan air permukaan dan air tanah ke daerah badan air di bawahnya seperti sungai, danau dan muara (Schueler, 2005).

Terdapat keterkaitan yang erat antara DAS dan sungai sebagai satu kesatuan yang disebut morfometri DAS. Morfometri DAS merupakan ukuran kuantitatif karakteristik DAS yang terkait dengan aspek geomorfologi suatu daerah. Karakteristik ini terkait dengan proses pengatusan (drainase) air hujan yang jatuh di dalam DAS. Parameter tersebut adalah luas DAS, bentuk DAS, jaringan sungai, kerapatan aliran, pola aliran, dan gradien kecuraman sungai (Rahayu, Widodo, Noordwijk, Suryadi, & Verbist, 2009).

2.3.1 Luas DAS

DAS merupakan tempat pengumpulan presipitasi ke suatu sistem sungai. Luas aliran dapat diperkirakan dengan mengukur daerah tersebut pada peta topografi. Dalam suatu daerah aliran sungai terdapat beberapa unit pengelolaan. Unit pengelolaan tersebut terdiri dari berbagai macam ukuran dan seringkali membutuhkan tingkatan yang berbeda dalam perencanaan dan pengelolaan. Deskripsi mengenai tingkatan pada unit daerah aliran sungai dapat dilihat pada tabel 2.2.



Gambar 2.2 Unit DAS

Sumber: Zielinski, 2002

Tabel 2.2 Deskripsi Berbagai Unit DAS

Unit Pengelolaan DAS	Luas Tipikal (mile ²)	Pengaruh Terhadap <i>Impervious Cover</i>	Tingkat Pengelolaan
Catchment	0,05 – 0,5	Sangat Tinggi	Pengelolaan limpasan hujan dan perencanaan kawasan
Sub-DAS	0,5 – 30	Tinggi	Pengelolaan dan klasifikasi sungai
DAS	30 – 100	Sedang	Watershed-based zoning
Sub-basin	100 – 1.000	Rendah	Perencanaan Basin
Basin	1.000 – 10.000	Sangat Rendah	Perencanaan Basin

Sumber: Zielinski, 2002

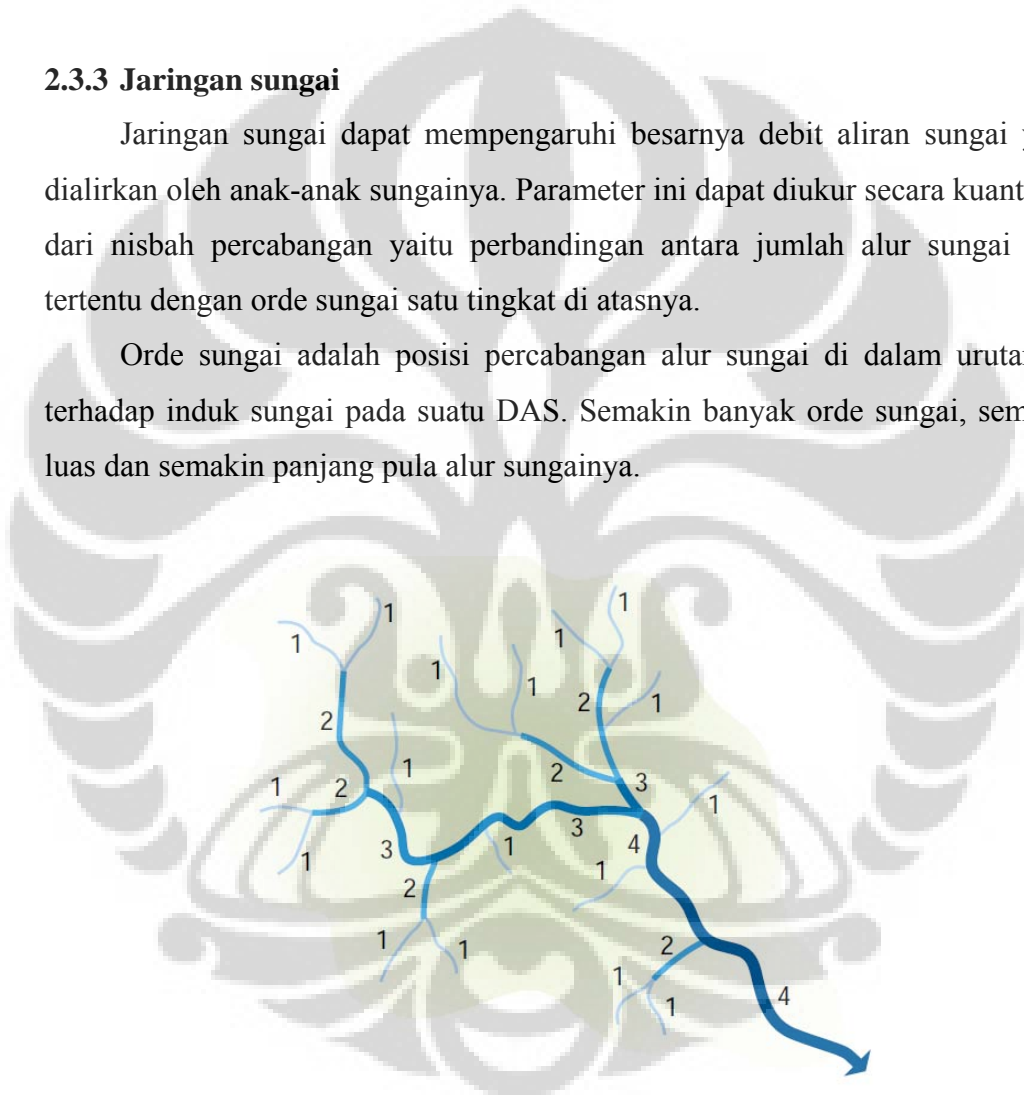
2.3.2 Bentuk DAS

Bentuk DAS mempengaruhi waktu konsentrasi air hujan yang mengalir menuju outlet. Semakin bualt bentuk DAS berarti semakin singkat waktu konsentrasi yang diperlukan, sehingga semakin tinggi fluktuasi banjir yang terjadi. Sebaliknya semakin lonjong bentuk DAS, waktu konsentrasi yang diperlukan semakin lama sehingga fluktuasi banjir semakin rendah.

2.3.3 Jaringan sungai

Jaringan sungai dapat mempengaruhi besarnya debit aliran sungai yang dialirkan oleh anak-anak sungainya. Parameter ini dapat diukur secara kuantitatif dari nisbah percabangan yaitu perbandingan antara jumlah alur sungai orde tertentu dengan orde sungai satu tingkat di atasnya.

Orde sungai adalah posisi percabangan alur sungai di dalam urutannya terhadap induk sungai pada suatu DAS. Semakin banyak orde sungai, semakin luas dan semakin panjang pula alur sungainya.

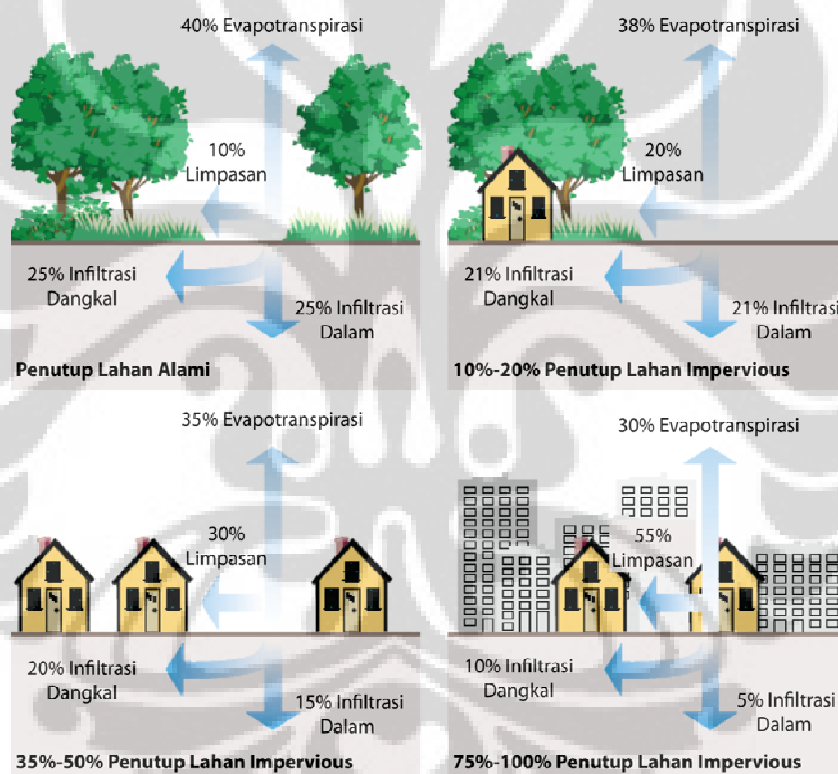


Gambar 2.3 Orde Sungai

Sumber: FISRWG, 1998

2.4 Permasalahan Yang Terjadi Akibat Adanya Pembangunan

Ketika pembangunan dilakukan pada suatu lahan, maka hidrologi atau neraca air pada lahan tersebut terganggu dan berubah. Adanya penambahan bangunan, jalan, tempat parkir, dan penutup lahan yang tidak lulus air akan mengurangi infiltrasi dan meningkatkan volume limpasan air hujan. Pembangunan dan permukaan yang tidak lulus air juga mengurangi jumlah air yang dapat mengisi ulang air tanah dan menjadi cadangan air pada saat musim kering. Gambar 2.4 di bawah ini mengilustrasikan perubahan yang terjadi akibat adanya pembangunan.



Gambar 2.4 Perubahan yang Terjadi Akibat Adanya Pembangunan

Sumber: FISRWG, 1998

Pembangunan dan urbanisasi tidak hanya berpengaruh pada kuantitas dari limpasan air hujan, tetapi juga mempengaruhi kualitasnya. Pembangunan juga meningkatkan konsentrasi dan tipe dari polutan yang terbawa oleh limpasan air hujan, dimana air hujan melimpas di atas permukaan atap bangunan, lahan parkir,

Universitas Indonesia

dan lahan industri yang membawa berbagai macam tipe polutan dan kontaminasi menuju badan air. Pembangunan dalam suatu DAS memiliki dampak langsung pada hilir dan badan air, yaitu: perubahan pada aliran sungai, perubahan pada bentuk sungai, degradasi habitat air, dampak terhadap kualitas air (Atlanta Regional Commission, 2001)

2.4.1 Perubahan Pada Aliran

Pembangunan yang terjadi pada daerah perkotaan merubah hidrologi pada daerah tersebut dengan mengganggu neraca air yang menghasilkan:

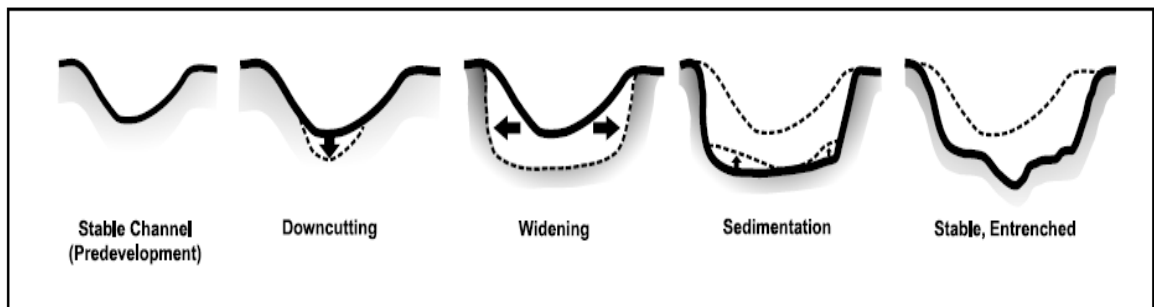
- Meningkatnya volume limpasan permukaan. Perubahan pada penutup lahan dapat meningkatkan total volume limpasan air hujan secara dramatis pada suatu DAS yang terbangun.
- Meningkatnya puncak aliran limpasan permukaan. Meningkatnya puncak aliran limpasan pada DAS yang terbangun dapat meningkat dua sampai lima kali lebih besar dibandingkan dengan DAS yang belum terbangun.
- Limpasan permukaan yang semakin cepat. Tanah yang telah dipadatkan dan permukaan yang tidak lulus air ditambah dengan sistem drainase yang konservatif akan meningkatkan kecepatan aliran permukaan dalam suatu DAS.
- Waktu. Sebagaimana limpasan permukaan yang semakin cepat, maka waktu yang dibutuhkan air untuk mengalir menuju hilir akan semakin sedikit/ semakin cepat.
- Meningkatnya frekuensi tinggi air yang hampir meluap dan rata pada tanggul. Volume limpasan yang meningkat dan puncak aliran mengakibatkan frekuensi dan durasi luapan air sungai semakin meningkat dimana hal ini mengakibatkan perubahan bentuk pada sungai.
- Banjir yang semakin meningkat. Volume dan puncak limpasan air yang meningkat juga meningkatkan frekuensi, durasi, dan banjir.
- Aliran dasar yang menurun. Infiltrasi pada limpasan air hujan yang semakin berkurang mengakibatkan aliran dasar pada badan air semakin berkurang

selama musim kering dan semakin berkurangnya jumlah air hujan yang dapat mengisi ulang air tanah.

2.4.2 Perubahan Pada Bentuk Sungai

Besaran dan jumlah limpasan dari DAS yang terbangun, secara langsung mempengaruhi morfologi, bentuk fisik dan karakter sungai. Beberapa dampak yang diakibatkan oleh adanya pembangunan meliputi:

- Erosi dan pelebaran pada badan air. Meningkatnya limpasan dan aliran air dari wilayah yang terbangun membuat sungai melebar untuk mengakomodasi dan mengalirkan aliran tersebut.
- Penggerusan pada dasar sungai. Untuk mengakomodasi aliran yang lebih tinggi pada sungai adalah dengan menggerus dasar sungai tersebut.
- Berkurangnya vegetasi di tepian sungai. Bantaran sungai yang secara perlahan mengalami pelebaran membuat tumbuhan/tanaman yang melindungi pinggir sungai menjadi tergerus.
- Perubahan pada bentuk dasar sungai akibat sedimentasi. Pada saat terjadinya erosi dan perubahan pada hilir sungai, material seperti pasir, tanah, dan lumpur mengendap dan menutupi dasar sungai.
- Ketinggian banjir yang semakin meningkat. Untuk mengakomodasi puncak aliran yang lebih tinggi, ketinggian banjir pada sungai semakin meningkat seiring dengan adanya pembangunan dalam suatu DAS. Permasalahan ini menjadi lebih buruk dengan adanya bangunan yang ada di sekitar sungai yang menyebabkan ketinggian banjir semakin meningkat. Bangunan dan infrastruktur yang sebelumnya tidak pernah terjadi banjir menjadi lebih beresiko terjadi banjir.



Gambar 2.5 Perubahan Pada Bentuk Sungai

Sumber: Atlanta Regional Commission, 2001

2.4.3 Dampak Terhadap Habitat Air

Seiring dengan adanya perubahan pada hidrologi dan morfologi sungai yang disebabkan oleh adanya pembangunan, jumlah habitat air menjadi semakin berkurang. Adapun dampak pada habitat air meliputi:

- Degradasi pada struktur habitat. Semakin tinggi dan cepat aliran yang diakibatkan oleh adanya pembangunan dapat menggerus saluran dan menyapu seluruh komunitas biologi.
- Hilangnya habitat. Pusaran dan bukit-buktit kecil yang ada pada dasar sungai merupakan habitat bagi ikan dan serangga air. Meningkatnya aliran dan sedimen yang terbawa oleh aliran tersebut akan menutupi habitat yang ada pada dasar sungai.
- Berkurangnya aliran dasar. Aliran dasar yang berkurang karena meningkatnya lahan yang tidak lulus air pada DAS memiliki pengaruh terhadap habitat air, terutama pada musim kemarau.
- Meningkatnya temperatur sungai. Limpasan yang berasal dari lahan yang tidak lulus air, berkurangnya vegetasi pada tepian sungai, dan pendangkalan sungai dapat menyebabkan temperatur pada sungai meningkat. Meningkatnya temperatur dapat mengurangi tingkat oksigen yang terurai dan mengganggu rantai makanan. Beberapa spesies air hanya dapat bertahan pada suhu tertentu.
- Penurunan keanekaragaman hayati. Ketika terjadi pengurangan terhadap berbagai macam habitat dan kualitas habitat, jumlah dan variasi pada

Universitas Indonesia

organisme (tanaman air, ikan, makroinvertebrata, dll.) juga berkurang. Spesies ikan dan makhluk hidup yang esensitif akan menghilang dan keberadaannya diganti oleh organisme yang mampu beradaptasi lebih baik pada kondisi yang lebih buruk. Hal ini dapat dijadikan indikator terhadap kualitas air sungai.

2.4.4 Dampak Terhadap Kualitas Air

Sumber polusi yang merupakan penyebab utama pada limpasan air hujan dan kualitas air berasal dari beberapa sumber yang tersebar dan dihasilkan dari kegiatan manusia dalam suatu DAS. Air hujan yang melimpas mengangkat dan membawa baik polutan alami atau yang dihasilkan oleh manusia menuju badan air.

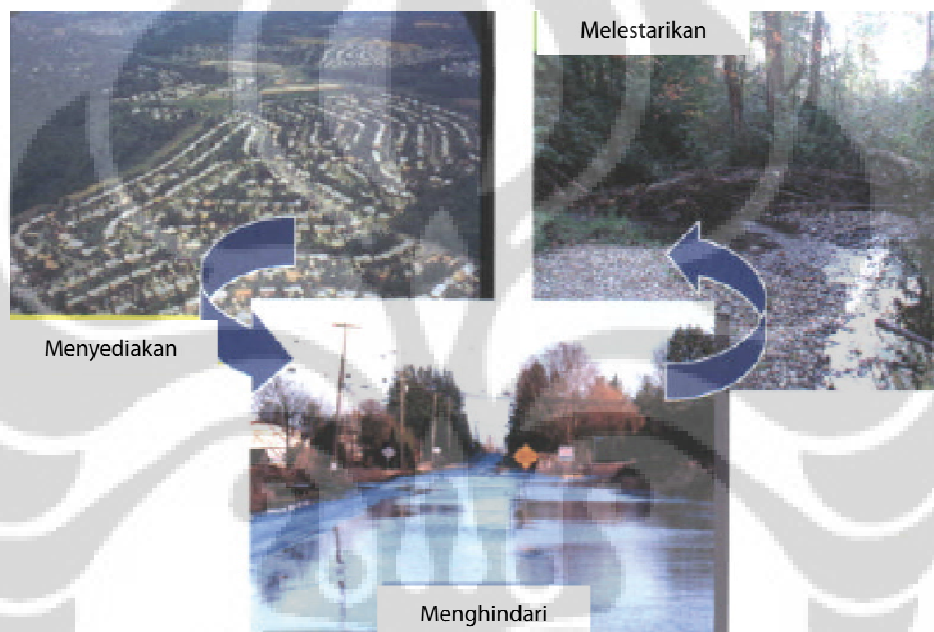
Degradasi kualitas air pada DAS dimulai pada saat pembangunan dimulai. Erosi dari lahan konstruksi dan daerah yang terganggu memiliki kontribusi yang sangat besar pada sedimen yang ada di sungai/badan air. Ketika proses konstruksi dan pembangunan berlangsung, permukaan yang tidak lulus air menggantikan penutup lahan alami dan polutan yang berasal dari kegiatan manusia berakumulasi pada permukaan yang tidak lulus air.

2.5 Pengelolaan Air Hujan (*Rainwater Management*)

Hujan merupakan suatu kejadian alami yang dapat menimbulkan bencana bagi suatu daerah jika tidak dikelola dengan baik, tetapi hujan juga dapat menjadi hal yang menguntungkan jika pengelolaan air hujan tersebut menjadi suatu hal yang diperhatikan dan dilaksanakan dengan baik (British Columbia, 2002).

Pada daerah perkotaan, seringkali hujan menjadi sebuah masalah karena ketika hujan tersebut jatuh dan menjadi limpasan air permukaan. Limpasan air permukaan tersebut tidak dapat meresap ke dalam tanah karena penutup lahan pada daerah perkotaan memiliki permukaan yang kedap air. Semakin besar luasan daerah yang terbangun, maka jumlah limpasan air permukaan pada daerah tersebut akan semakin besar pula.

Metode konservatif yang mengalirkan air hujan secepat mungkin ke dalam jaringan drainase memiliki kekurangan yang akan menimbulkan permasalahan yang baru. Berkurangnya jumlah dan mutu air bersih, serta penurunan muka air tanah sebagai sumber utama penyediaan air bersih perumahan/individual merupakan contoh dari kekurangan yang terdapat pada metode konservatif. Kebutuhan lahan, faktor lingkungan, dan banjir merupakan dilema yang dihadapi dalam pengelolaan air hujan, seperti yang terlihat pada gambar di bawah ini.

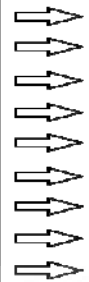


Gambar 2.6 Dilema Pengelolaan Air Hujan

Sumber: British Columbia, Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002

“telah diolah kembali”

Pengelolaan air hujan telah berevolusi dan akan terus berevolusi. Pendekatan yang terpadu masih menggunakan lingkup perencanaan yang sama dengan pendekatan konservatif, tetapi digunakan untuk tujuan pelestarian lingkungan. Yang dimaksud dengan terpadu pada pengelolaan air hujan adalah mengelola air hujan baik dari segi kualitas maupun kuantitas dari air hujan tersebut. Gambar dibawah ini memberikan perbedaan sudut pandang antara pngelolaan air hujan konservatif dengan pengelolaan air hujan yang terpadu.

TRADISIONAL		TERPADU
<ul style="list-style-type: none"> • Sistem Drainase • Menyelesaikan Masalah • Engineer Driven • Melindungi Infrastruktur • Pipa dan Mengalirkan • Konsultasi yang Terbatas • Milik Pemerintah • Berfokus Pada Hujan Ekstrem • Terpusat Pada Puncak Aliran 		<ul style="list-style-type: none"> • Ekosistem • Proaktif (Mencegah Masalah) • Interdisciplinary Team-driven • Melindungi Infrastruktur dan Habitat • Menyerupai Hidrologi Alam • Konsultasi yang Lebih Luas • Kepemilikan Bersama • Pengelolaan Air Hujan yang Terpadu Dengan Lanskap • Pemikiran yang Berdasarkan Pada Volume

Gambar 2.7 Perubahan Sudut Pandang Dalam Pengelolaan Air Hujan

Sumber: Inter-Governmental Partnership, 2007 “telah diolah kembali”

Pengelolaan air hujan yang terpadu menggunakan konsep ADAPT (British Columbia, 2002), yang merupakan singkatan dari:

- *Agree that stormwater is a resource.*
(Setuju bahwa hujan adalah suatu sumber daya)
- *Design for the complete spectrum of rainfall events.*
(Desain untuk seluruh spektrum hujan yang ada)
- *Act on a priority basis in at-risk drainage catchments.*
(Bertindak dengan prioritas yang berbasis pada drainase DAS yang beresiko)
- *Plan at four scales – regional, watershed, neighbourhood & site.*
(Merencanakan pada empat skala – regional, DAS, kompleks & satu lokasi)
- *Test solution and reduce by adaptive management.*
(Menguji solusi dan mengurangi biaya dengan manajemen penyesuaian)

2.5.1 Hujan Merupakan Suatu Sumber Daya

Fungsi dari pengelolaan air hujan tidak lagi dipandang sebagai pengelolaan banjir saja, pada saat ini pengelolaan air hujan juga memiliki fungsi untuk:

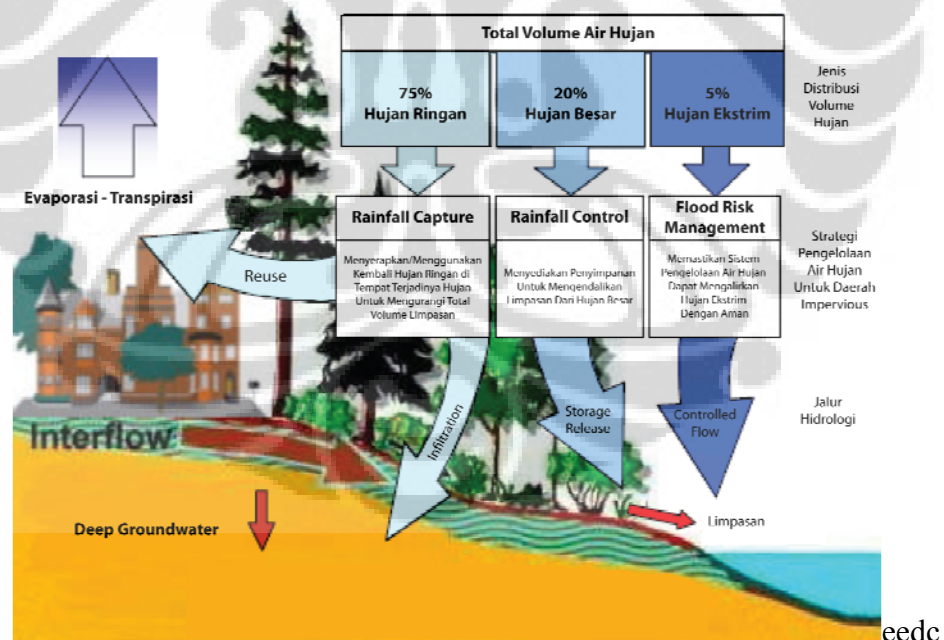
- Memelihara dan melindungi spesies air.
- Mengisi ulang air tanah (*groundwater recharge*).

- Menjaga ketersediaan air (untuk irigasi, pertanian, peternakan, dll.).
- Menciptakan ruang terbuka untuk sarana rekreasi maupun untuk segi estetika.

2.5.2 Menggunakan Semua Spektrum Hujan Dalam Perencanaan

Solusi pengelolaan air hujan terpadu membutuhkan perencanaan kawasan yang dapat:

- Menangkap hujan yang memiliki klasifikasi sebagai hujan ringan yang diperuntukkan sebagai pengendalian kualitas air dan mengurangi besaran limpasan hujan.
- Mengelola limpasan hujan untuk klasifikasi hujan besar yang dapat menyimpan limpasan dan melepaskannya secara perlahan dengan tingkatan/besaran yang menyerupai kondisi alami.
- Mengendalikan limpasan hujan untuk klasifikasi hujan ekstrim yang dapat mencegah banjir dan memastikan sistem drainase dapat mengalirkan hujan ekstrim dengan aman.



Gambar 2.8 Desain Untuk Seluruh Spektrum Hujan Yang Ada

Sumber: British Columbia, Ministry of Water, Land and Air Protection, 2002

“telah diolah kembali”

Universitas Indonesia

2.5.3 Mengutamakan Daerah Tangkapan yang Paling Beresiko

Tindakan pengelolaan limpasan hujan mengutamakan pada daerah tangkapan yang lebih beresiko, dimana tingkat perubahan dan penggunaan lahan lebih tinggi dalam suatu DAS dengan menggunakan pertimbangan sebagai berikut:

- Tingkat kerusakan ekologi yang lebih tinggi
- Permasalahan drainase yang mengkhawatirkan

2.5.4 Perencanaan Pada Skala Regional, DAS, Perumahan, dan Pada Suatu Lokasi

Pengelolaan air hujan yang terpadu harus dilakukan dengan perencanaan jangka panjang disetiap skala regional, DAS, perumahan dan suatu lokasi.

- Pada tingkat regional dan DAS dengan menerapkan tujuan dan prioritas pengelolaan air hujan.
- Pada tingkat perumahan dengan menerapkan tujuan pengelolaan air hujan dalam proses perencanaan perumahan dan komunitas.
- Pada tingkat lokasi dengan menerapkan perencanaan kawasan yang dapat mengurangi volume limpasan dan meningkatkan kualitas air.

2.5.5 Menguji Solusi Dan Mengurangi Biaya Dengan Manajemen Panyesuaian

Untuk mencapai tujuan dan pengelolaan air hujan dapat ditingkatkan seiring dengan waktu berdasarkan pada:

- Pengawasan terhadap kinerja pada proyek yang dilakukan.
- Pengumpulan dan pemodelan data yang terencana.

Jika evaluasi terhadap kinerja dalam mencapai tujuan terpenuhi, maka program pengelolaan air hujan dapat disesuaikan dengan kebutuhan.

2.6 *Low-Impact Development*

Low-Impact Development (LID) merupakan sebuah pendekatan yang menggabungkan antara perencanaan kawasan yang memiliki fungsi hidrologi dan tindakan pencegahan terhadap polusi sebagai kompensasi terhadap dampak hidrologi dan kualitas air yang disebabkan oleh adanya pembangunan (Prince George's County, Maryland, 1999).

Dengan menggunakan pendekatan LID, maka dampak negatif dari volume, frekuensi, dan kualitas dari limpasan air hujan dapat dikurangi dan dapat menyerupai kondisi limpasan pra-pembangunan.

Adapun tujuan utama dari metode LID adalah untuk menyerupai kondisi hidrologi pra-pembangunan dengan menggunakan teknik perencanaan kawasan yang dapat menyimpan, menyerap, menguapkan, dan menahan limpasan air hujan (Prince George's County, Maryland, 1999). Berdasarkan tujuan tersebut, berikut ini merupakan penjabaran dari tujuan dan prinsip utama yang digunakan pada metode LID:

- Memberikan teknologi yang telah dikembangkan untuk melindungi lingkungan dalam menerima air.
- Memberikan motivasi ekonomi untuk mendorong pembangunan yang berwawasan lingkungan.
- Mengembangkan desain dan perencanaan kawasan yang bersifat sensitif terhadap lingkungan.
- Membangun partisipasi dan pendidikan perlindungan terhadap lingkungan kepada publik.
- Membantu membangun komunitas yang berdasarkan berwawasan lingkungan.
- Mengurangi biaya konstruksi dan perawatan pada infrastruktur pengelolaan air hujan.
- Mengenalkan konsep, teknologi, dan tujuan yang baru dalam pengelolaan air hujan.

- Membangun fleksibilitas pada peraturan yang memungkinkan teknik dan perencanaan kawasan yang inovatif untuk mengenalkan prinsip “smart growth”.
- Mendorong pembahasan mengenai ekonomi, lingkungan, kelayakan dan kegunaan teknis, dan aplikasi pada pendekatan alternatif pengelolaan air hujan maupun pendekatan pengelolaan air hujan yang ada pada saat ini.

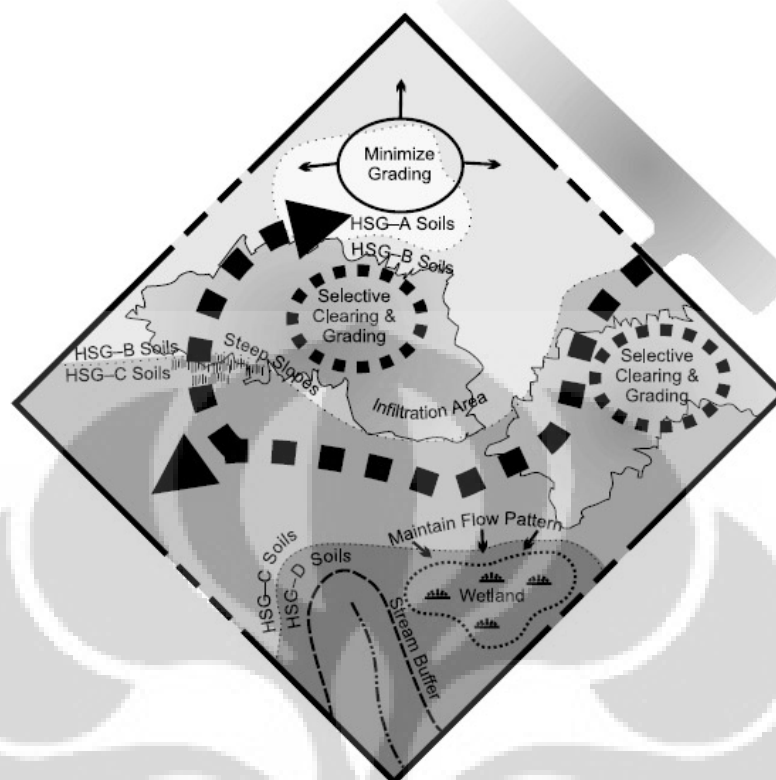
2.6.1 Perencanaan Kawasan

Tujuan dari perencanaan kawasan LID adalah untuk memungkinkan pembangunan sementara fungsi hidrologi kawasan tetap terjaga. Beberapa konsep dasar yang mendefinisikan hakekat dari teknologi LID harus diintegrasikan ke dalam proses perencanaan lokasi untuk mencapai satu rencana sukses dan dapat dikerjakan (Prince George’s County, Maryland, 1999). Konsep dasar ini meliputi:

- Menggunakan hidrologi sebagai kerangka yang terintegrasi
- Menggunakan pemikiran *micromanagement*
- Mengendalikan air hujan tepat di tempat
- Menggunakan metode yang sederhana dan nonstruktural
- Menciptakan lanskap dan infrastruktur yang multifungsi

2.6.1.1 Menggunakan Hidrologi Sebagai Kerangka Yang Terintegrasi

Pada teknologi LID, pendekatan yang tradisional untuk drainase kawasan bertolak belakang terhadap fungsi drainase alami. LID tidak tergantung terhadap drainase yang mengalirkan/ menghilangkan air secara cepat dan efisien, tetapi LID bergantung kepada bermacam-macam perencanaan alat dan pengendali untuk menjaga fungsi hidrologi alami pada suatu kawasan. Aplikasi dari teknik LID menghasilkan lanskap yang memiliki fungsi hidrologi, penggunaan dari praktek pengelolaan mikro yang terdistribusi, meminimalkan dampak, dan mengurangi lahan yang tidak lulus air yang dapat memelihara kapasitas infiltrasi, tempat penyimpanan dan memperlambat waktu konsentrasi.



Gambar 2.9 Lanskap Yang Memiliki Fungsi Hidrologi

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

Integrasi hidrologi dalam proses perencanaan kawasan dimulai dengan mengidentifikasi dan melindungi lokasi yang sensitif yang mempengaruhi hidrologi, meliputi sungai dan penyangganya, dataran banjir, tanah basah, lereng yang curam, tanah dengan tingkat permeabilitas yang tinggi, dan zona konservasi hutan. Proses ini disebut sebagai *development envelope*, dan merupakan tahapan yang pertama dalam memperkecil dampak hidrologi. *Development envelope* ini setidaknya memiliki dampak hidrologi pada saat menahan berbagai kondisi hidrologi alami. Skema tataruang dan pengembangan lokasi kemudian di evaluasi untuk mengurangi, meminimalisasi, dan memutuskan daerah yang tidak lulus air.

2.6.1.2 Pemikiran *Micromanagement*

Kunci dalam membuat konsep LID adalah berpikir dalam lingkup yang lebih kecil. Hal ini membutuhkan perubahan dalam sudut pandang atau pendekatan dengan mematuhi ukuran lokasi yang dikendalikan, ukuran dari pengendali, penempatan lokasi pengendali, besaran dan frekuensi curah hujan yang dikendalikan. Teknik *micromanagement* diterapkan di daerah tangkapan yang kecil atau pada kawasan pemukiman agar pengendali air hujan dapat didistribusikan ke seluruh kawasan. Hal ini memberikan peluang yang lebih besar dalam menjaga fungsi hidrologi kawasan termasuk infiltrasi, bak penyimpanan dan bak resapan, yang dapat mengurangi waktu konsentrasi.

2.6.1.3 Mengendalikan Air Hujan di Tempat

Kunci dalam merestorasi fungsi hidrologi pra-pembangunan adalah dengan mengurangi dan menghilangkan dampak hidrologi pada lahan di tempat terjadinya hujan. Fungsi hidrologi alami seperti penundaan, penyimpanan, dan infiltrasi didistribusikan disepanjang lokasi yang belum mengalami pembangunan. Restorasi fungsi hidrologi alami tersebut harus diterapkan sedekat mungkin pada titik hujan jatuh mengenai dataran, dimana gangguan dan dampak dari air hujan bermula.

2.6.1.4 Menggunakan Metode Yang Sederhana Dan Nonstruktural

Pengelolaan air hujan umumnya berfokus pada sistem *end-of-pipe* yang besar dan memiliki kecenderungan untuk tidak mempertimbangkan solusi yang lebih sederhana. Solusi atau metode yang sederhana ini memiliki potensi untuk lebih efektif dalam memelihara fungsi hidrologi dan memberikan keuntungan yang lebih signifikan dibandingkan dengan fasilitas konservatif. Dalam beberapa kasus, teknik LID dikombinasikan dengan pengendali air hujan yang konservatif.

Penggunaan teknik LID dapat mengurangi penggunaan material konstruksi pada umumnya seperti beton dan baja. Karena menggunakan

material seperti tanaman/ tumbuh-tumbuhan, tanah, dan pasir, sistem ini dapat lebih mudah untuk diintegrasikan dengan lanskap dan terlihat lebih alami.

2.6.1.5 Menciptakan Infrastruktur Dan Lanskap Yang Multifungsi

LID memberikan pendekatan alternatif yang inovatif pada pengelolaan air hujan perkotaan yang lebih strategis dan seragam dalam mengendalikan air hujan sehingga menjadi lanskap yang memiliki fitur multifungsional dimana limpasan dapat dikendalikan di tempat. Dengan LID, semua fitur lanskap atau infrastruktur (atap, jalanan, tempat parkir, trotoar, dan ruang hijau) dapat didesain menjadi lebih fungsional, dengan menggabungkan penggunaan detensi, retensi, filtrasi, atau limpasan.

2.6.2 Analisa Hidrologis *Low-Impact Development*

2.6.2.1 Menentukan Koefisien Limpasan LID

Dalam menentukan koefisien limpasan dibutuhkan evaluasi secara detail pada setiap penutup lahan. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan koefisien limpasan LID:

- **Langkah 1: Menentukan Persentase Dari Setiap Penutup Lahan**

Pada pembangunan lahan yang konservatif, para perencana menggunakan gambar 2.2 pada TR-55 (SCS, 1986) untuk menentukan koefisien aliran (CN) yang mewakili penutup lahan tanpa mempertimbangkan persentase aktual penutup lahan baik yang lulus air (*pervious*) maupun yang tidak lulus air (*impervious*). Karena perencanaan LID menekankan untuk meminimalisasi gangguan terhadap lahan yang memungkinkan untuk memelihara penutup lahan pra-pembangunan.

- **Langkah 2: Menghitung *Composite Custom CN***

Perhitungan awal pada koefisien aliran gabungan dihitung dengan menggunakan pembobotan berdasarkan pada setiap penutup lahan tanpa mempertimbangkan konektivitas pada daerah yang tidak lulus air. Berikut

ini persamaan yang digunakan dalam menghitung koefisien aliran gabungan.

$$CN_C = \frac{CN_1A_1 + CN_2A_2 \dots + CN_jA_j}{A_1 + A_2 \dots + A_j} \quad (2.1)$$

Dimana:

CN_C = Koefisien aliran komposit

A_j = luas penutup lahan

CN_j = Koefisien aliran untuk setiap penutup lahan

- **Langkah 3: Menghitung CN Berdasarkan Pada Konektifitas Lahan Terhadap Daerah Tidak Lulus Air**

Koefisien aliran untuk kawasan dengan daerah tidak lulus air kurang dari 30 persen dari total luas kawasan, diperhitungkan dengan melihat adanya hubungan langsung daerah tidak lulus air dengan sistem drainasenya. Meningkatkan rasio diskonektifitas area yang tidak lulus air dengan area yang lulus air, CN dan volume aliran permukaan dapat dikurangi. Persamaan 2.2 digunakan untuk menghitung CN untuk lokasi yang memiliki kurang dari 30 % area yang tidak lulus air.

$$CN_C = CN_p + \left(\frac{P_{imp}}{100} \right) + (98 - CN_p) \times (1 - 0,5R) \quad (2.2)$$

Dimana:

R = rasio lahan tidak lulus air dengan total lahan yang tidak lulus air

CN_C = Koefisien aliran komposit

CN_p = Koefisien aliran komposit untuk lahan yang lulus air

P_{imp} = persentase kawasan yang tidak lulus air

2.6.2.2 Perhitungan Kebutuhan Pengelolaan Limpasan Hujan

Pengelolaan air hujan dilakukan dengan pemilihan BMP (*Best Management Practice*) yang sesuai atau kombinasi dari berbagai BMP. Terdapat tiga jenis grafik yang dibutuhkan dalam menentukan kebutuhan volume penyimpanan untuk mengendalikan peningkatan volume aliran limpasan dan puncak aliran limpasan dengan menggunakan retensi dan detensi. Persamaan 2.3 digunakan untuk menentukan volume BMP yang dibutuhkan.

$$\text{Volume} = \frac{(\text{kedalaman yang didapat dari grafik}) \times (\text{besaran pembangunan})}{100} \quad (2.3)$$

Kedalaman maksimum yang disarankan untuk kolam bioretensi yang digunakan pada low-impct development adalah 6". Jumlah atau kedalaman eksfiltrasi limpasan dengan proses evapotranspirasi tidak termasuk dalam grafik desain. Mengurangi kebutuhan area permukaan melalui pertimbangan oleh faktor tersebut dapat ditentukan dengan menggunakan persamaan 2.4.

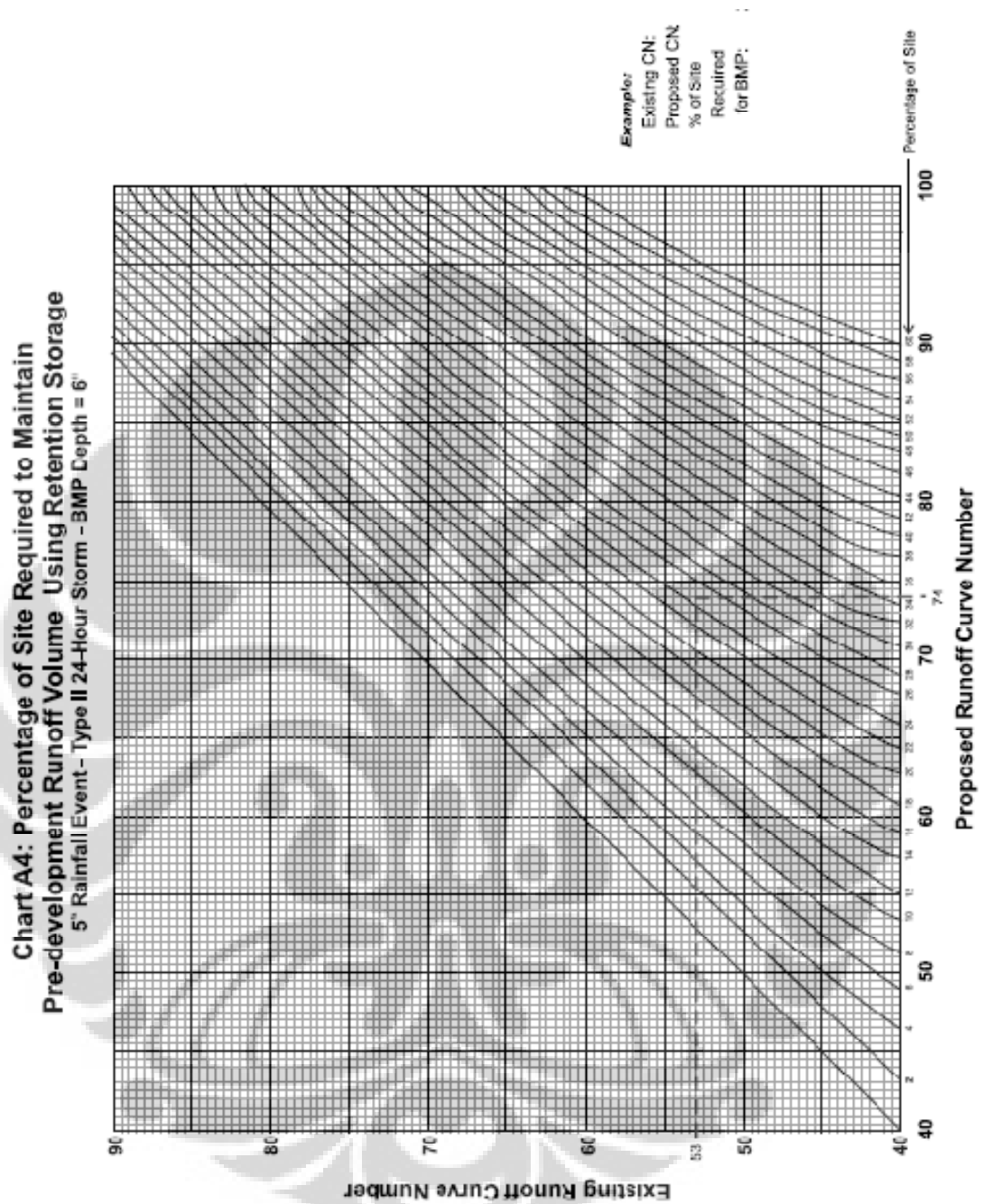
$$\text{Volume BMP} = \frac{(\text{volume awal}) \times (100 - x)}{100} \quad (2.4)$$

Dimana:

x = % volume penyimpanan yang terinfiltrasi dan/ atau berkurang akibat evaporasi dan transpirasi. x % minimum 10%

Pengelolaan air hujan diselesaikan dengan memilih BMP yang sesuai atau kombinasi dari BMP, untuk memenuhi volume dan luas permukaan yang dibutuhkan dihitung dengan menggunakan grafik desain. Grafik desain yang digunakan adalah sebagai berikut:

- Grafik seri A: volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga volume limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan retensi.

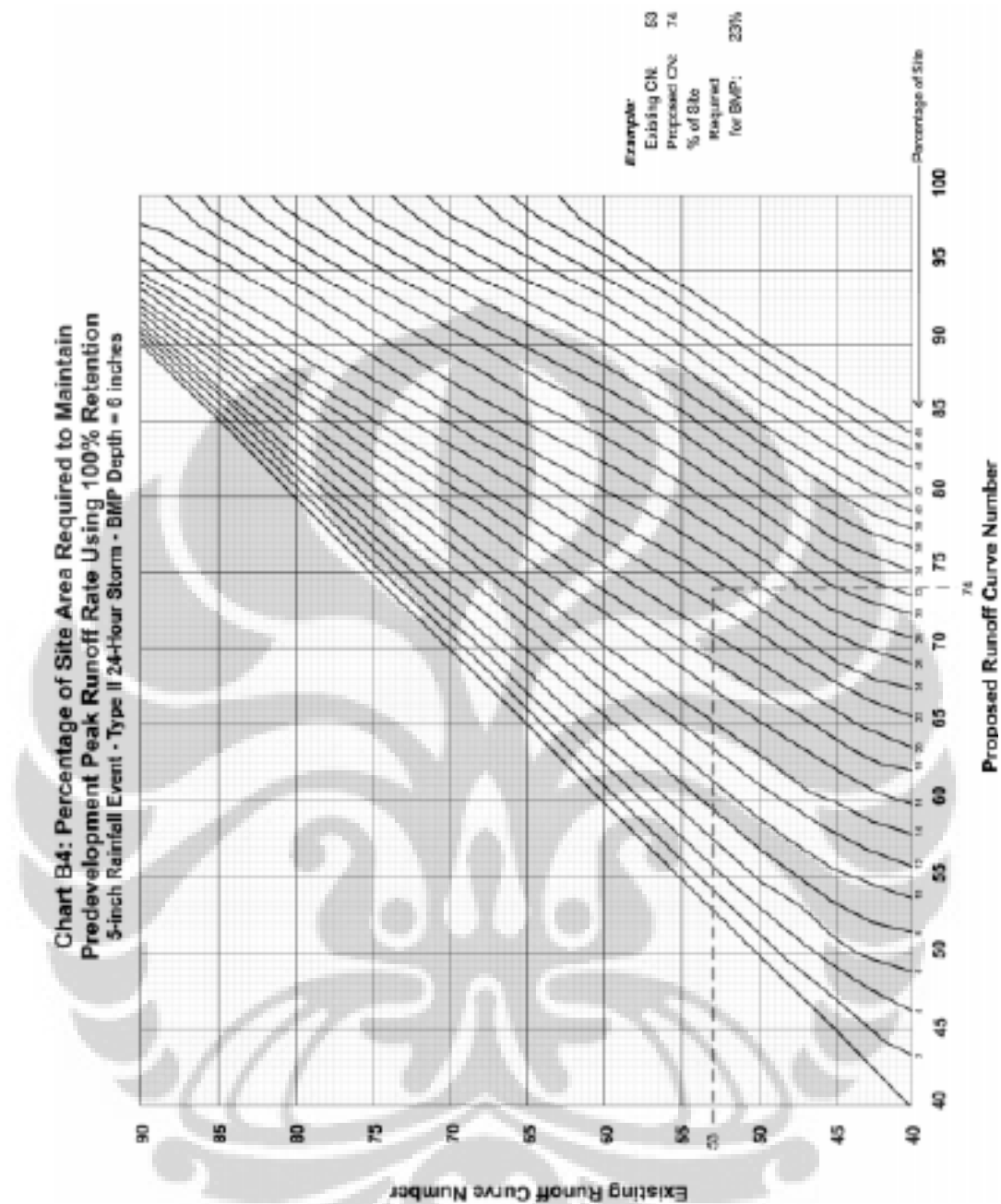


Gambar 2.10 Grafik Seri A

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

- Grafik seri B: volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak volume limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan 100% retensi.

Universitas Indonesia

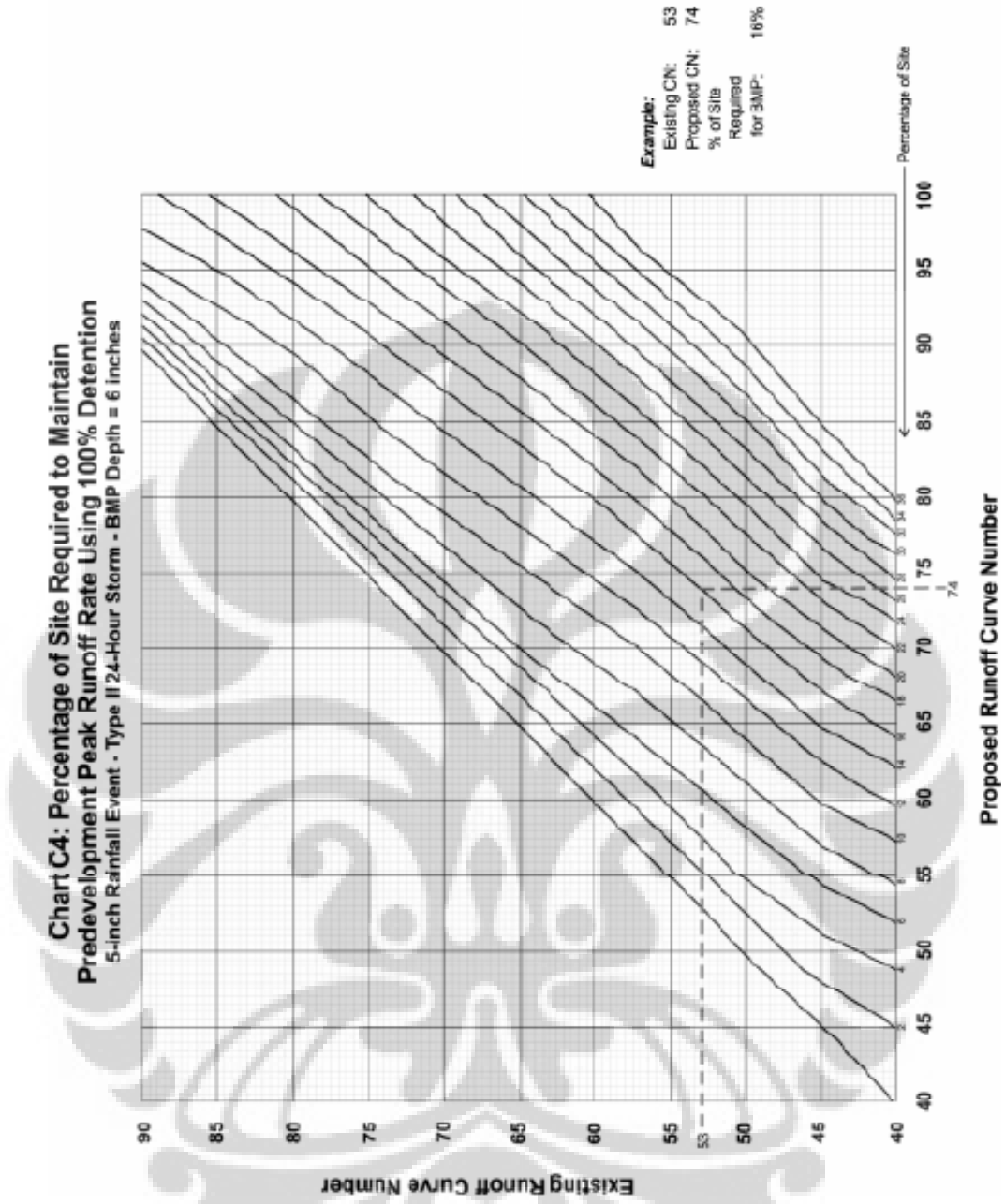


Gambar 2.11 Grafik Seri B

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

- Grafik seri C: volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak volume limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan detensi.

Universitas Indonesia



Gambar 2.12 Grafik Seri C

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

Adapun langkah-langkah untuk menentukan kebutuhan BMP adalah sebagai berikut:

- **Langkah 1: Menentukan volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menahan volume pra-pembangunan atau koefisien aliran dengan menggunakan bak retensi.**

Untuk menentukan lahan yang dibutuhkan untuk pengendalian volume maka volume aliran limpasan pada kondisi pasca-pembangunan yang meningkat yang disebabkan oleh adanya perubahan CN dibandingkan dengan volume aliran limpasan pada kondisi pra-pembangunan.

- **Langkah 2: Menentukan volume penyimpanan yang dibutuhkan untuk pengendalian kualitas.**

Luasan permukaan yang dinyatakan dalam persentase dibandingkan dengan persentase area yang dibutuhkan untuk pengendalian kualitas air. Volume yang dibutuhkan untuk quality control pengelolaan air hujan berdasarkan pada kebutuhan untuk melayani ½ inch pertama dari limpasan air. Volume ini di terjemahkan sebagai persentase lokasi dengan mengasumsikan kedalaman tempat penyimpanan 6". Nilai/ persentase yang digunakan untuk kebutuhan volume tempat penyimpanan adalah nilai/ persentase yang terbesar.

- **Langkah 3: Menentukan volume penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan dengan menggunakan 100% retensi.**

Persentase area atau jumlah tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan pra-pembangunan berdasarkan pada grafik seri B. Grafik ini berdasarkan pada hubungan antara volume penyimpanan, V_s / V_r , dan debit, Q_o / Q_i , untuk menjaga puncak limpasan pra-pembangunan, dimana:

V_s = volume penyimpanan untuk menjaga puncak limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan 100% retensi.

Universitas Indonesia

V_r = volume puncak limpasan pasca-pembangunan

Q_o = nilai puncak debit aliran keluar (*outflow*)

Q_i = nilai puncak debit aliran masuk (*inflow*)

- **Langkah 4: Menentukan detensi tambahan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan pra-pembangunan**

Volume yang dibutuhkan untuk menjaga volume aliran limpasan dengan menggunakan retensi yang dihitung pada langkah 1, memiliki kemungkinan tidak mencukupi untuk menjaga volume aliran limpasan pra-pembangunan dan puncak aliran limpasan. Detensi tambahan diperlukan jika volume tempat penyimpanan dibutuhkan untuk menjaga volume aliran limpasan (langkah 1) kurang dari volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan menggunakan 100 persen retensi (langkah 3). Kombinasi dari retensi dan detensi disebut juga sebagai pendekatan hibrid (*hybrid approach*).

- **Langkah 5: Menentukan tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan pra-pembangunan menggunakan 100 persen detensi. (langkah ini dilakukan jika tempat penyimpanan detensi tambahan dibutuhkan)**

Grafik seri C (volume penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga aliran limpasan puncak dengan menggunakan 100 persen detensi) digunakan untuk menentukan jumlah area yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan. Informasi ini diperlukan untuk menentukan jumlah detensi yang diperlukan untuk desain hibrid, atau dimana keterbatasan lahan tidak memungkinkan menggunakan retensi untuk menjaga volume limpasan. Hal ini termasuk lahan yang memiliki tanah yang terbatas untuk infiltrasi dan retensi. Prosedur untuk menentukan area lokasi sama seperti langkah 3.

• **Langkah 6: Menggunakan fasilitas desain hibrid (diperlukan untuk detensi tambahan)**

Ketika persentase pada area untuk mengendalikan puncak aliran limpasan melebihi pengendalian volume yang ditetapkan pada langkah 3, pendekatan hibrid harus digunakan. Persamaan 2.5 digunakan untuk menentukan perbandingan retensi dengan total penyimpanan. Persamaan 2.6 kemudian digunakan untuk menentukan jumlah area tambahan di atas persentase area yang dibutuhkan untuk mengendalikan volume. Persamaan 2.5 dan 2.6 berdasarkan asumsi berikut:

- $x\%$ pada volume total penyimpanan merupakan retensi yang dibutuhkan untuk menjaga CN pra-pembangunan yang didapat dari grafik seri A.
- Terdapat hubungan yang linier antara volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan 100% retensi dan 100% detensi (grafik seri B dan C).

$$x = \frac{50}{(\nabla_{R100} - \nabla_{D100})} \times \left(-\nabla_{D100} + \sqrt{\nabla_{D100}^2 + 4 \times (\nabla_{R100} - \nabla_{D100}) \times \nabla R} \right) \quad (2.5)$$

Dimana:

∇R = volume tempat penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga volume limpasan pra-pembangunan (Grafik Seri A)

∇_{R100} = volume penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan 100% retensi (Grafik seri B)

∇_{D100} = volume penyimpanan yang dibutuhkan untuk menjaga puncak aliran limpasan pra-pembangunan dengan menggunakan 100% detensi (Grafik seri C)

x = rasio area bak retensi dengan total penyimpanan dan tempat penyimpanan hibrid yang dapat ditentukan dengan persamaan

$$H = \forall R \times (100 \div x) \quad (2.6)$$

- **Langkah 7: Menentukan besaran kombinasi BMP yang dibutuhkan untuk menjaga aliran limpasan puncak dengan pelemahan sebagian volume menggunakan desain hibrid (dibutuhkan area retensi terbatas)**

Kondisi lokasi, seperti tingginya persentase lahan untuk kebutuhan tempat retensi, kurangnya infiltrasi pada tanah, atau faktor fisik dapat membatasi luasan lahan yang dapat digunakan untuk tempat retensi. Persamaan 2.7 digunakan untuk menentukan rasio retensi dengan total tempat penyimpanan. Persamaan 2.8 digunakan untuk menentukan luasan total BMP dimana volume tempat penyimpanan dapat digunakan untuk retensi.

$$x' = \frac{50}{(\forall_{R100} - \forall_{D100})} \times \left(-\forall_{D100} + \sqrt{\forall_{D100}^2 + 4 \times (\forall_{R100} - \forall_{D100}) \times \forall R'} \right) \quad (2.7)$$

Dimana:

$\forall R'$ = volume tempat penyimpanan yang dapat diterima untuk retensi BMP.

Total tempat penyimpanan dengan tempat penyimpanan retensi yang terbatas.

$$H' = \forall R' \times (100 \div x') \quad (2.8)$$

Dimana:

H' = area hibrid dengan keterbatasan volume penyimpanan yang tersedia untuk retensi BMP.

2.7 Perhitungan Tinggi Limpasan

Untuk menghitung tinggi limpasan berdasarkan hujan rencana dilakukan perhitungan dengan menggunakan metode SCS (NRCS Departement of Agriculture of USA).

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)} \quad (2.9)$$

Dimana:

Q = Limpasan (in)

P = Presipitasi (in)

$$S = \frac{1000}{CN} - 10 \quad (2.10)$$

Dimana:

S = retensi maksimum pada tanah (in)

2.8 Aplikasi Pengelolaan Limpasan Hujan

Aplikasi Pengelolaan Limpasan Hujan atau yang dikenal dengan *Best Management Practice* (BMP) merupakan suatu tindakan penerapan pengelolaan air hujan (yang memiliki pertimbangan teknologi, ekonomi, dan institusi) yang dapat mengurangi dampak pada kualitas air (Ice, 2004). Penggunaan BMP sendiri secara luas diterima sebagai metode dalam mengendalikan kualitas dan kuantitas limpasan air hujan.

Teknologi *Low-Impact Development* yang menggunakan skala mikro dan teknik pengelolaan terdistribusi yang disebut juga sebagai *Integrated Management Practices* (IMP) untuk mencapai kondisi hidrologi pasca-pembangunan yang diinginkan.

Aplikasi pengelolaan limpasan hujan yang sesuai dengan metode *Low-Impact Development* antara lain: bioretensi, sumur kering, filter/buffer strip, swales (grassed swales, bioretention swales, wet swales), rain barrels, cistern, dan Infiltration trenches.

Tabel 2.3 berikut ini merupakan batasan dan kriteria penempatan BMP pada lahan. Sedangkan pada tabel 2.4 merupakan fungsi hidrologis dari BMP.

Tabel 2.3 Batasan dan Kriteria Penempatan BMP Pada Lahan

	Bioretensi	Dry Well/ Sumur Resapan	Filter/ Buffer Strip	Swales: Grass, Infiltration, Wet	Rain Barrels	Cistern	Infiltration Trench/ Parit Resapan
Kebutuhan Lahan	Luas min: 50 – 200 ft ² Lebar min: 5 – 10 ft Panjang min: 10 – 20 ft Kedalaman min: 2 – 4 ft	Luas min: 8 – 20 ft ² Lebar min: 2 – 4 ft Panjang min: 4 – 8 ft Kedalaman min: 4 – 8 ft	Panjang min: 15 – 20 ft	Lebar dasar saluran: Min : 2 ft Maks : 6 ft	Bukan faktor	Bukan faktor	Luas min: 8 – 20 ft ² Lebar min: 2 – 4 ft Panjang min: 4 – 8 ft Kedalaman min: 4 – 8 ft
Tanah	Tanah lulus air dengan infiltrasi > 0,27 in/jam.	Tanah yang lulus air dengan infiltrasi > 0,27 in/jam.	Tanah yang memiliki permeabilitas lebih baik	Tanah yang memiliki permeabilitas baik, tidak ada batasan dalam penggunaan tanah. Jenis swale tergantung pada tanah yang digunakan.	Bukan faktor	Bukan faktor	Tanah lulus air dengan infiltrasi > 0,52 in/jam
Kemiringan	Bukan merupakan suatu batasan, melainkan pertimbangan perencanaan	Bukan merupakan suatu batasan, melainkan pertimbangan perencanaan	Bukan merupakan suatu batasan, melainkan pertimbangan perencanaan	Samping: 3:1 atau lebih Memanjang: Min: 1,0% Maks: tergantung kecepatan rencana	Bukan merupakan suatu batasan, melainkan pertimbangan desain dalam meletakkan mulut barrel	Bukan faktor	Bukan merupakan suatu batasan, melainkan pertimbangan perencanaan
Muka Air Tanah/ Lapisan Batu	2 – 4 ft di atas muka air tanah	2 – 4 ft di atas muka air tanah	Bukan merupakan suatu batasan	Bukan merupakan suatu batasan	Bukan merupakan suatu batasan	Bukan faktor	2 – 4 ft di atas muka air tanah
Jarak Dari Pondasi Bangunan	Min: 10 ft	Min: 10 ft	Min: 10 ft	Min: 10 ft	Bukan faktor	Bukan faktor	Min: 10 ft
Kedalaman Maksimum	2 – 4 ft, tergantung jenis tanah	6 – 10 ft, tergantung jenis tanah	N/A	N/A	N/A	Bukan faktor	6 – 10 ft, tergantung jenis tanah
Perawatan	Rendah, pemilik property dapat diibatkan dalam perawatan lanskap	Rendah	Rendah, perawatan lanskap rutin	Rendah, perawatan lanskap rutin	Rendah	Bukan faktor	Menengah sampai tinggi

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

“telah diolah kembali”

Tabel 2.4 Fungsi Hidrologi BMP

Fungsi Hidrologi	Bioretensi	Sumur Resapan	Filter/ Buffer Strip	Grass Swale	Rain Barrel	Cistern	Parit Resapan
Intersepsi	H	N	H	M	N	N	N
Tampungan Depresi	H	N	H	H	N	N	M
Infiltrasi	H	H	M	M	N	N	H
Isi Ulang Air Tanah	H	H	M	M	N	N	H
Volume Limpasan	H	H	M	M	L	M	H
Debit Puncak	M	L	L	M	M	M	M
Frekuensi Limpasan	H	M	M	M	M	M	M
Mutu Air	H	H	H	H	L	L	H
Aliran Dasar	M	H	H	M	M	N	L
Mutu Aliran	H	H	H	M	N	L	H

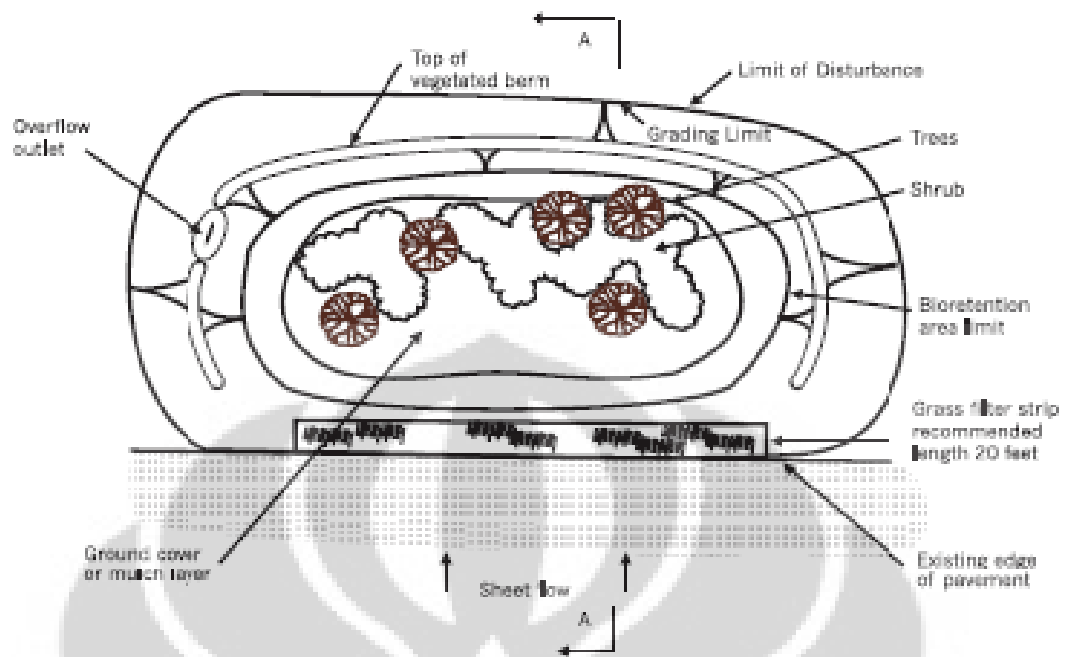
Keterangan: H = Tinggi M = Menengah L = Rendah N = Tidak Ada

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

“telah diolah kembali”

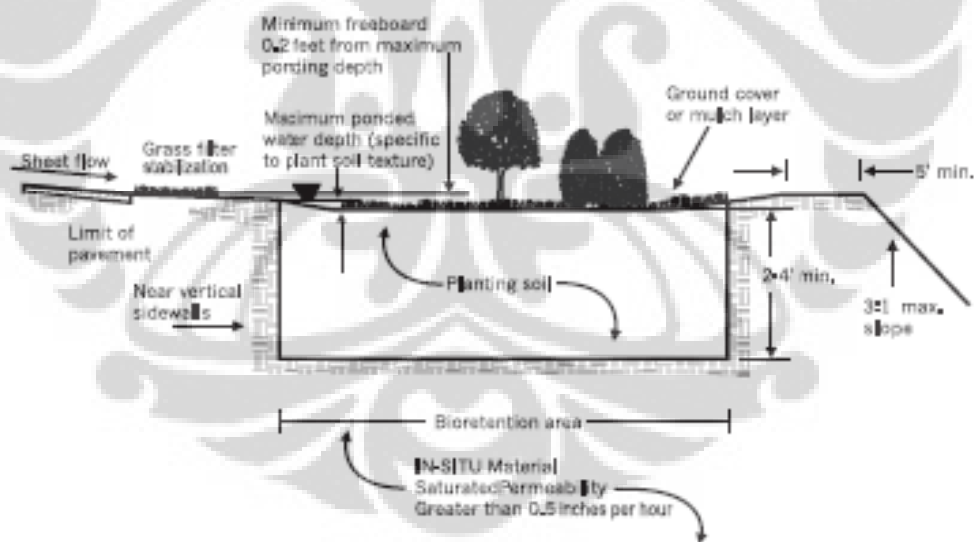
2.8.1 Bioretensi

Bioretensi merupakan sebuah aplikasi yang berguna untuk mengendalikan dan mengelola limpasan dengan menggunakan lapisan tanah dan material tumbuhan yang dikondisikan untuk menyaring limpasan. Konsep dari bioretensi sendiri diterapkan di Maryland, Amerika Serikat pada awal tahun 1990 sebagai alternatif dari struktur BMP yang konservatif.



Gambar 2.13 Bioretensi (Tampak Atas)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999



Gambar 2.14 Bioretensi (Potongan Melintang)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

Tabel 2.5 Komponen Desain Bioretensi

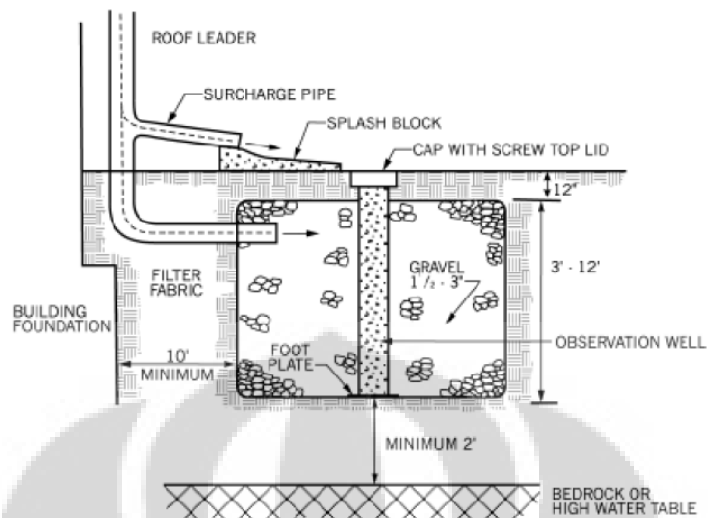
Pengelolaan Awal	Dibutuhkan jika puing atau endapan diantisipasi, seperti lahan parkir dan kawasan komersil. Pengelolaan awal yang biasa digunakan adalah saluran terbuka berumput (<i>vegetated swale</i>) atau penyangga berumput (<i>grass buffer strip</i>)
Tinggi kolam/ <i>ponding area</i>	Dibatasi sampai 6 inch
Penutup tanah	Humus dengan tinggi yang direkomendasi sebesar 3 inch
Tanah untuk menanam	Kedalaman = 4 ft Tanah campuran meliputi pasir, pasir berlempung, dan lempung berpasir. Komposisi lempung $\leq 10\%$
Tanah setempat (<i>in-situ soil</i>)	Infiltrasi $\geq 0,5$ inch/jam tanpa pelimpah/penguras Infiltrasi $\leq 0,5$ inch/jam dengan pelimpah/penguras
Jenis tanaman	Spesies asli, minimal 3 jenis
Pengendali <i>inlet</i> dan <i>outlet</i>	Kecepatan aliran non erosif (0,5 ft/dtk)
Perawatan	Perawatan lanskap yang rutin
Rancangan hidrologis	Ditentukan oleh agen lokal atau pemerintah setempat

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

“telah diolah kembali”

2.8.2 Sumur Resapan (*Dry Wells*)

Fungsi dari sumur kering adalah sebagai sistem infiltrasi yang digunakan untuk mengendalikan limpasan yang berasal dari atap bangunan. Struktur sumur resapan sendiri merupakan galian pada tanah yang diisi dengan agregat. Berikut ini merupakan gambaran dan kriteria desain dari sumur resapan.



Gambar 2.15 Sumur Resapan

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

Tabel 2.6 Komponen Desain Sumur Resapan

Hujan rencana	Ditentukan oleh pemerintah setempat
Permeabilitas tanah	$\geq 0,27 - 0,50$ inch/jam
Waktu simpanan	Kosong dalam waktu 3 hari
Timbunan	Agregat bersih $\geq 1 1/2, \leq 3''$, dikelilingi oleh kain penyaring
Saringan limpasan	Saringan ditempatkan di lapisan teratas dimana minyak, oli dan endapan dapat tersaring pada saat memasuki sumur
Struktur outlet	Aliran limpasan yang melebihi kapasitas sumur harus diidentifikasi dan dievaluasi. Memberikan kondisi aliran yang tidak bersifat erosif.
Sumur pengamatan	Harus tersedia dengan meletakkan pipa PVC dengan ukuran 4"
Kedalaman sumur	3ft - 12ft
Desain hidrologi	Ditentukan oleh pemerintah setempat
Perawatan	Pengawasan secara berkala, dengan pemeriksaan pada 3 bulan pada tahun pertama dan satu tahun sekali pada tahun berikutnya.

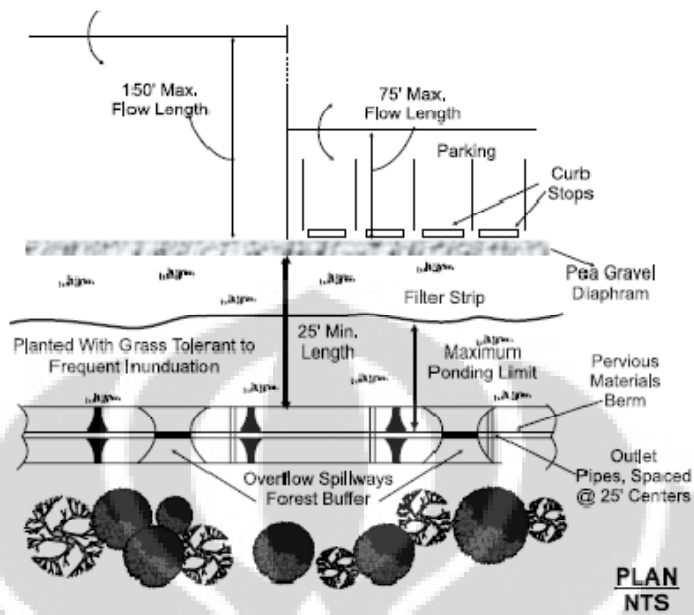
Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

"telah diolah kembali"

2.8.3 Filter Strips

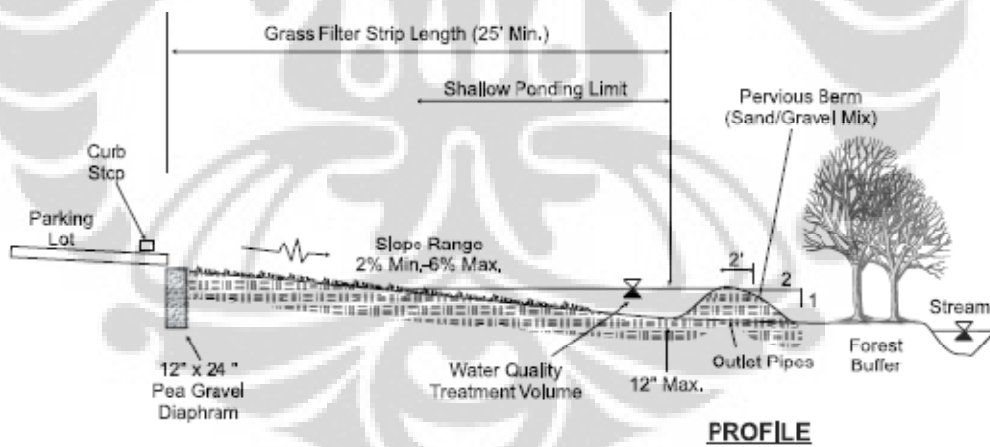
Filter strips menggunakan tanaman yang tidak dapat tumbuh tinggi, seperti rumput yang diletakkan diantara sumber polutan (tempat parkir) seperti terlihat pada gambar 2.13 dan gambar 2.14.

Universitas Indonesia



Gambar 2.16 *Filter Strips* (tampak atas)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999



Gambar 2.17 *Filter Strips* (potongan melintang)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

Tabel 2.7 Komponen Desain *Filter Strip*

Hujan rencana	Ditentukan oleh pemerintah setempat
Wilayah drainase	luas maksimum 150 ft untuk penutup lahan pervious, dan 75 ft untuk penutup lahan impervious
Kemiringan	Kemiringan minimum = 1,0% Kemiringan maksimum = tergantung pada kondisi lapangan
Aliran	Debit pada outlet tidak boleh melebihi 3,5 ft ³ /detik
Dimensi	Dimensi pada filter strip tergantung pada kebutuhan volume yang akan dikelola. Panjang minimum = 20 ft
perawatan	Dibutuhkan perawatan lanskap yang rutin

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

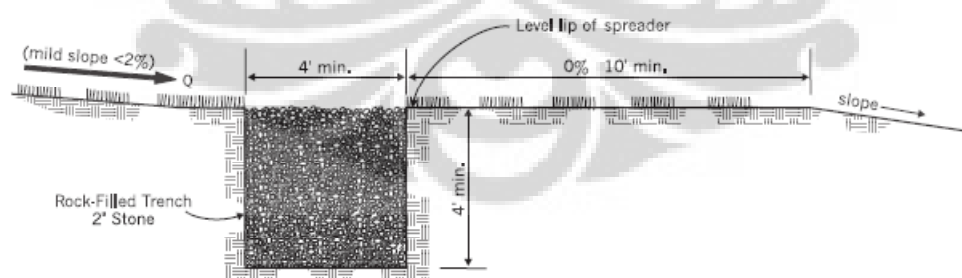
“telah diolah kembali”

2.8.4 *Vegetated Buffer*

Vegetated buffer merupakan lahan tanaman, baik alami atau buatan yang ditempatkan pada lahan yang sensitif seperti badan air, tanah basah, atau tanah yang mudah mengalami erosi. Hal ini dapat melindungi lahan yang sensitif dan dapat mengurangi dampak dari limpasan air hujan dengan menangkap sedimen, memberikan infiltrasi, dan memperlambat laju limpasan.

2.8.5 *Level Spreader*

Level spreader dirancang untuk mengubah limpasan menjadi lebih kecil dan melepaskannya secara berangsur-angsur untuk menghindari terjadinya erosi.

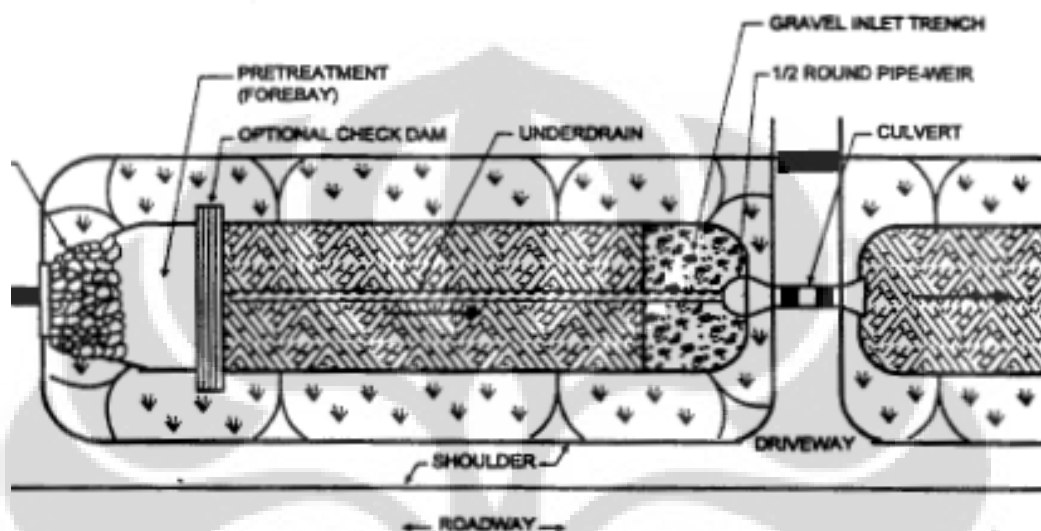


Gambar 2.18 *Level Spreader*

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

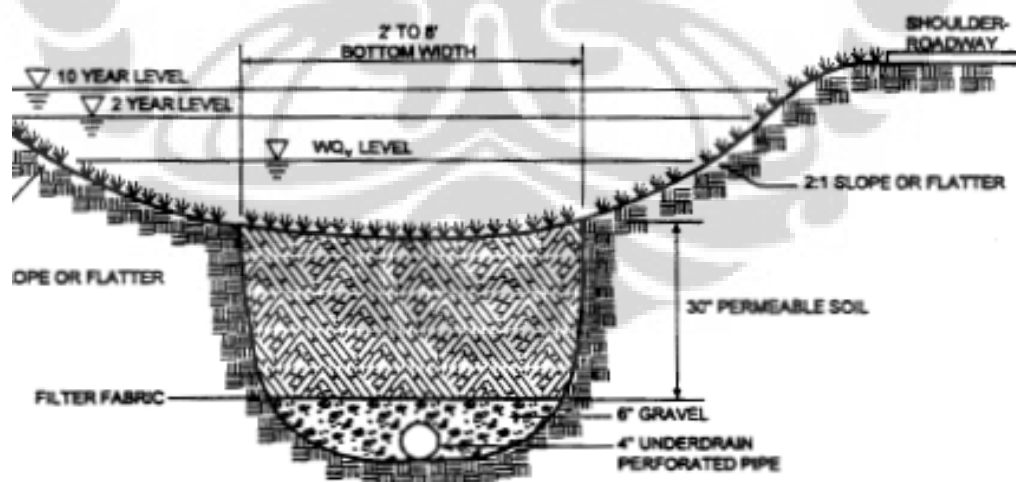
2.8.6 Grassed Swales

Terdapat dua tipe dari *grassed swales* yaitu *dry swales* yang dapat mengendalikan volume dan kualitas dan *wet swales* yang menggunakan tempat untuk mengendalikan aliran puncak dan memberikan pengolahan air sebelum dilepaskan ke lokasi yang lebih rendah.



Gambar 2.19 *Dry Swales* (tampak atas)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999



Gambar 2.20 *Dry Swales* (Potongan Melintang)

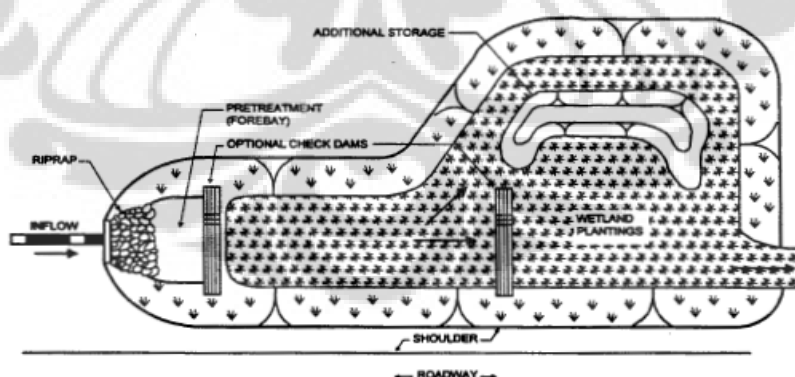
Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

Tabel 2.8 Komponen Desain *Grassed Swale*

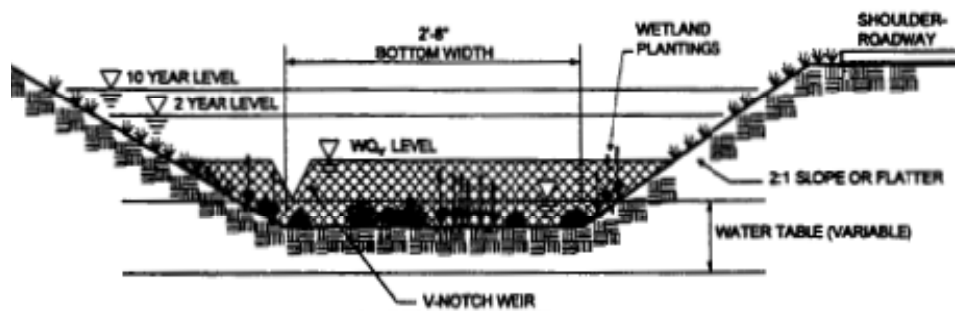
Hujan rencana	Ditentukan oleh pemerintah setempat
Kapasitas saluran	Ukuran parit harus dapat menghirkan puncak limpasan pada hujan rencana
Tanah	Permeabilitas tanah tergantung pada jenis swale yang akan digunakan (basah/kering). Rekomendasi tanah yang digunakan untuk swale kering dengan besaran infiltrasi 0,27 – 0,50 inch/jam.
Bentuk saluran	Trapesium atau parabolik
Lebar dasar saluran	Minimum = 2 ft ; Maksimum = 6 ft
Kemiringan samping saluran	3:1 atau lebih datar
Kemiringan longitudinal saluran	Minimum = 1,0% ; Maksimum = 6 %
Kedalaman aliran	4 inch untuk pengelolaan kualitas air
Nilai Manning	0,15 untuk kualitas air (kedalaman < 4”), 0,15 – 0,03 untuk kedalaman 4” dan 12” , 0,03 dengan kedalaman minimum 12”.
Kecepatan aliran	1,0 ft/detik untuk pengelolaan kualitas air, 5,0 ft/detik untuk hujan rencana 2 dan 10 tahun
Panjang saluran	Panjang yang dibutuhkan untuk waktu tampungan selama 10 menit
Perawatan	Perawatan lanskap yang rutin

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

“telah diolah kembali”

Gambar 2.21 *Wet Swales* (Tampak Atas)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

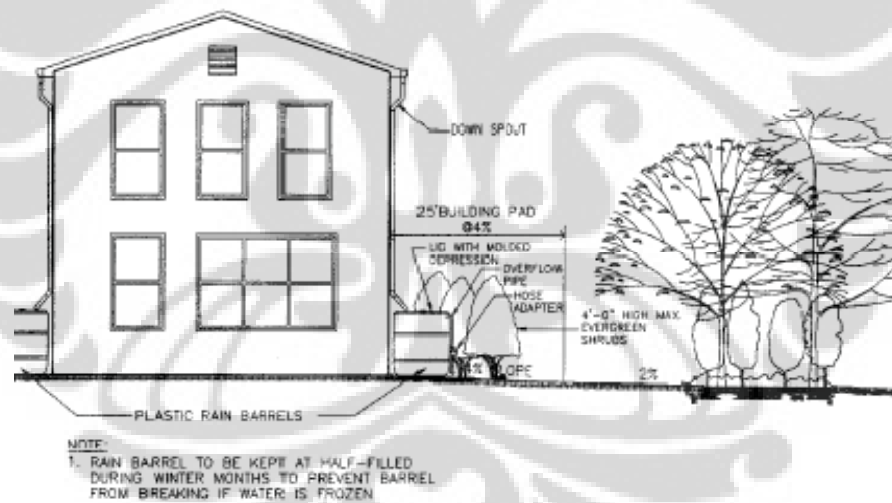


Gambar 2.22 *Wet Swales* (Potongan Melintang)

Sumber: Prince George's County, Maryland, 1999

2.8.7 *Rain Barrels*

Rain barrels merupakan alat retensi yang mudah dirawat, efektif, murah, dan dapat diaplikasikan untuk perumahan dan industri. *Rain barrel* beroperasi dengan menampung volume limpasan dari atap.



Gambar 2.23 *Rain Barrels* (a)

Sumber: Prince George's Country, Maryland, 1999



Gambar 2.24 *Rain Barrels* (b)

Sumber: Prince George's Country, Maryland, 1999

2.8.8 *Cistern*

Cistern merupakan alat pengendali air hujan yang menyimpan air hujan yang jatuh di atap bangunan. Fungsi dari cistern ini adalah untuk memberikan konservasi air dan mengurangi biaya penggunaan air karena air yang tertampung pada cistern dapat dimanfaatkan kembali.



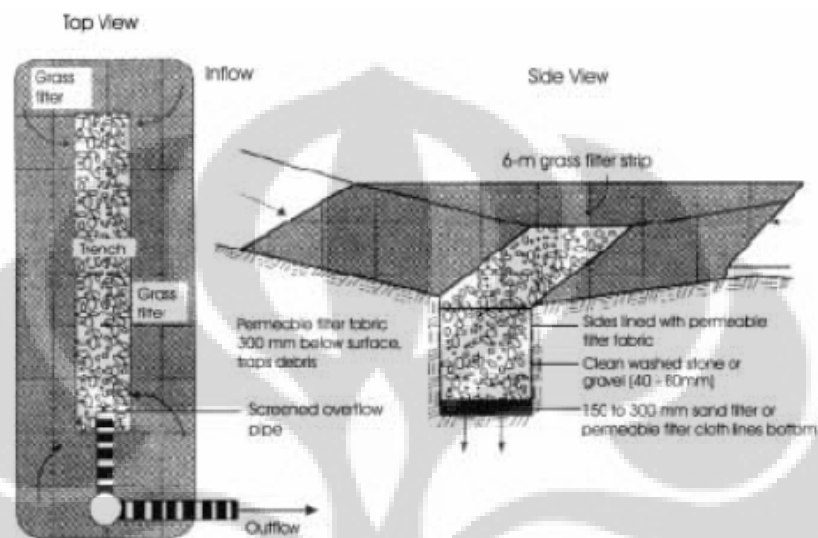
Gambar 2.25 *Cistern*

Sumber: Prince George's Country, Maryland, 1999

Universitas Indonesia

2.8.9 Parit Resapan (*Infiltration Trenches*)

Parit resapan (*Infiltration trenches*) merupakan parit yang diisi dengan bebatuan. Limpasan air hujan yang dialihkan menuju parit akan disimpan dan terinfiltrasi dalam beberapa hari.



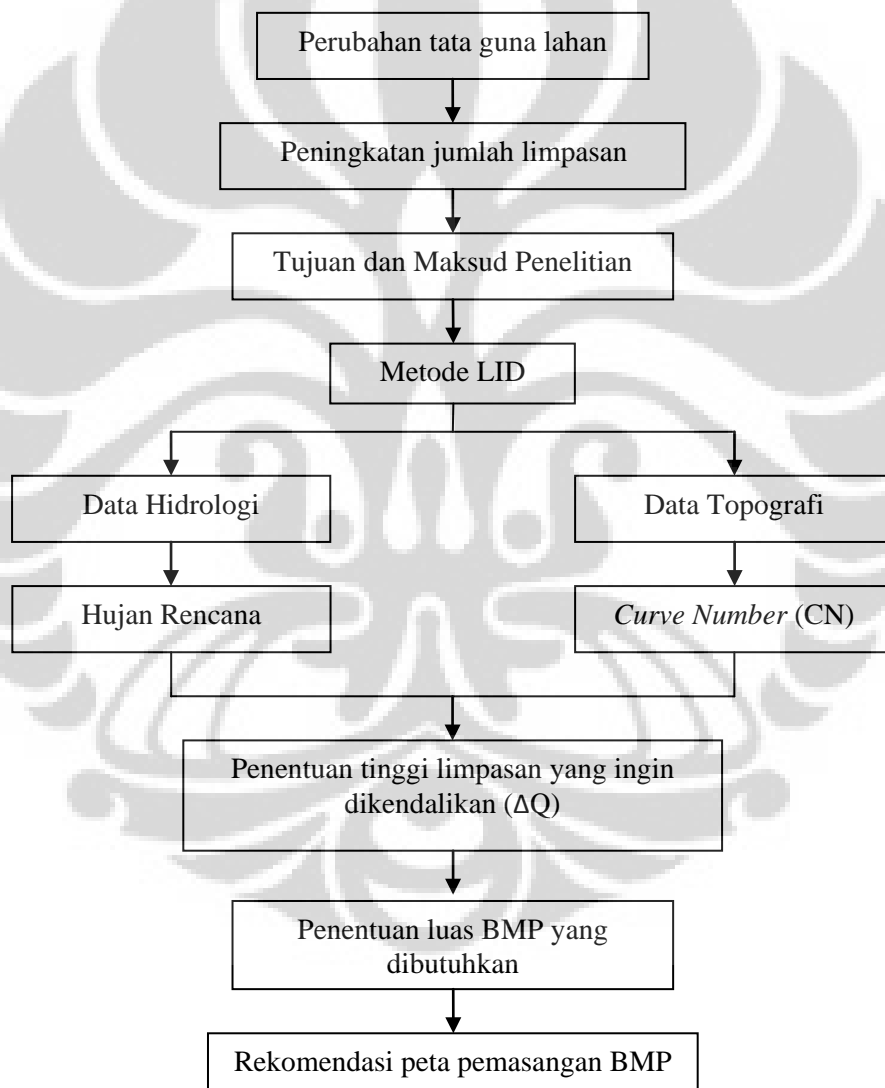
Gambar 2.26 *Infiltration Trenches*

Sumber: Prince George's Country, Maryland, 1999

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Pendahuluan

Pada dasarnya metode penelitian merupakan cara ilmiah untuk mendapatkan data dengan tujuan dan kegunaan tertentu (Sugiyono, 2008). Untuk itu diperlukan metode penelitian yang tepat untuk menunjang kelancaran selama proses penelitian ini berlangsung. Berikut ini merupakan diagram alir dari penelitian



Gambar 3.1 Diagram Alir Pelaksanaan Penelitian

3.2 Metode *Low Impact Development*

Pembangunan pada suatu lahan secara tidak langsung mempengaruhi kondisi hidrologi pada lahan tersebut, seiring dengan meningkatnya lahan yang tidak lulus air dan volume limpasan permukaan. Untuk mengendalikan limpasan hujan tersebut maka diperlukan suatu pendekatan yang berwawasan lingkungan yang tidak hanya mengendalikan aliran limpasan akibat terjadinya pembangunan tetapi menjaga kondisi hidrologi sama seperti kondisi hidrologi pra-pembangunan.

Pendekatan yang digunakan untuk menjaga kondisi hidrologi pra-pembangunan adalah *Low-Impact Development (LID)*. Metode ini tidak mengandalkan sistem drainase yang konservatif, tetapi menjaga hidrologi pra-pembangunan dengan menggunakan teknik yang dapat menyimpan, menyerap, menguapkan, dan menahan limpasan air hujan. Dengan pendekatan LID, dampak negatif pada suatu kawasan dalam menerima air dapat diminimalisasi sehingga dapat mengembalikan kondisi limpasan pra-pembangunan.

Berdasarkan kerangka berfikir tersebut maka hipotesa penelitian ini adalah dengan melakukan perhitungan kebutuhan lahan *Best Management Practices (BMP)* pada kampus Universitas Indonesia dengan menggunakan pendekatan penelitian dengan menggunakan metode LID. Dari hasil analisa dengan menggunakan pendekatan LID, maka dapat diketahui BMP yang sesuai dengan kondisi wilayah kampus Universitas Indonesia untuk menjaga kondisi hidrologi seperti kondisi hidrologi Kampus Universitas Indonesia pada tahun 2011.

3.2.1 Pengumpulan Data

Data-data yang diperlukan dalam menyelesaikan penelitian ini adalah data hidrologi dan topografi.

- Data hidrologi: berupa data curah hujan pada stasiun pencatatan hujan yang berada di Fakultas Teknik Universitas Indonesia.
- Data topografi: peta rupa bumi, tata guna lahan kondisi eksisting dan peta rencana perubahan tata guna lahan Universitas Indonesia Depok.

3.3 Analisa Hidrologi LID

Pada tahapan ini penulis melakukan analisa dan perhitungan berdasarkan pada metode LID untuk menentukan jumlah kebutuhan tampungan untuk mempertahankan limpasan pasca-pembangunan (berdasarkan pada peta rencana induk pembangunan kampus Universitas Indonesia) sama dengan atau menyerupai fungsi hidrologis pada kondisi eksisting, dan untuk memenuhi jumlah kebutuhan pengelolaan air hujan. Untuk menentukan luas BMP yang dibutuhkan dalam penelitian ini, dengan menggunakan prosedur pertama dari keseluruhan prosedur perhitungan LID untuk menentukan kebutuhan BMP.

3.3.1 Deliniasi Sub-Das Kampus Universitas Indonesia

Berdasarkan pada peta rupa bumi terbitan BAKOSURTANAL kemudian dilakukan deliniasi dengan memberikan batas-batas daerah yang dapat mempengaruhi badan air di wilayah kampus Universitas Indonesia.

3.3.2 Menentukan Koefisien Limpasan LID

Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan untuk menentukan koefisien limpasan LID:

- **Menentukan Persentase Dari Setiap Penutup Lahan**

Menggunakan gambar 2.2 pada TR-55 (SCS, 1986) untuk menentukan koefisien aliran limpasan (CN) serta kelompok tanah hidrologis (*Hydrologic Soil Group*) yang mewakili penutup lahan (terlampir).

- **Menghitung *Composite Custom CN***

Koefisien aliran limpasan komposit (CNC) merupakan pembobotan dari nilai CN pada setiap daerah tangkapan yang ditinjau. Perhitungan CNC dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1

3.3.3 Perhitungan Kebutuhan Pengelolaan Limpasan Hujan

Perhitungan kebutuhan pengelolaan limpasan hujan dilakukan dengan pemilihan BMP (*Best Management Practice*) yang sesuai atau kombinasi dari

berbagai BMP. Adapun langkah-langkah untuk menentukan kebutuhan BMP adalah sebagai berikut:

- **Menentukan tinggi limpasan yang ingin dikendalikan**

Tinggi limpasan yang ingin dikendalikan diperoleh dari selisih antara tinggi limpasan hujan pada kondisi 2011 dan 2025. Perhitungan tinggi limpasan hujan dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.10.

$$\Delta Q = Q_{2025} - Q_{2011} \quad (3.1)$$

Dimana: ΔQ = Selisih tinggi limpasan (inch)

Q_{2011} = Tinggi limpasan pada tahun 2011

Q_{2025} = Tinggi limpasan pada tahun 2025

- **Menentukan Luas BMP yang dibutuhkan untuk menjaga kondisi eksisting**

Berdasarkan tinggi limpasan yang ingin dikendalikan (langkah 1), dan hujan rencana, penentuan luas BMP dilakukan dengan menggunakan kedalaman maksimum BMP yang disarankan oleh *Prince George County, Maryland* sebesar 6 inch.

$$\text{Luas BMP} = \frac{\text{Luas Daerah Tangkapan} \times \Delta Q}{6"} \quad (3.2)$$

Setelah luas BMP telah didapat, kemudian dilakukan perhitungan dengan menggunakan persamaan 2.4 dengan asumsi bahwa 10% dari luasan awal BMP berkurang akibat evaporasi dan transpirasi.

3.3.4 Pemilihan BMP

Berdasarkan perhitungan kebutuhan lahan BMP yang telah dilakukan pada tahap sebelumnya, maka pemilihan BMP dapat dilakukan dengan menggunakan pertimbangan-pertimbangan tertentu (fungsi hidrologi, komponen

desain, lahan yang tersedia, kemiringan lahan, kedalaman maksimum, perawatan, dll.) agar mendapatkan BMP yang paling sesuai untuk diterapkan pada wilayah studi.

- **Perhitungan Ketersediaan Lahan Untuk BMP**

Setelah luas BMP diketahui, maka ketersediaan lahan merupakan salah satu faktor yang penting dalam menentukan BMP. Lahan yang tersedia untuk BMP merupakan lahan yang tidak mengalami pembangunan berdasarkan pada peta rencana induk Kampus Universitas Indonesia Depok.

- **Penerapan BMP Pada Lahan**

Berdasarkan pada ketersediaan lahan yang ada untuk BMP, kemudian dilakukan penempatan BMP berdasarkan pada batasan dan kriteria penempatan BMP pada lahan

3.4 Kesimpulan dan Rekomendasi

Dari analisa yang telah dilakukan untuk menentukan BMP yang dibutuhkan, maka pada bagian ini memberikan rekomendasi BMP yang dibutuhkan untuk menyerupai atau mendekati kondisi hidrologis sebelum adanya pembangunan.

BAB 4

ANALISA PENELITIAN

4.1 Gambaran Umum Sub-Das Kampus Universitas Indonesia

4.1.1 Letak, Luas dan Batas Wilayah

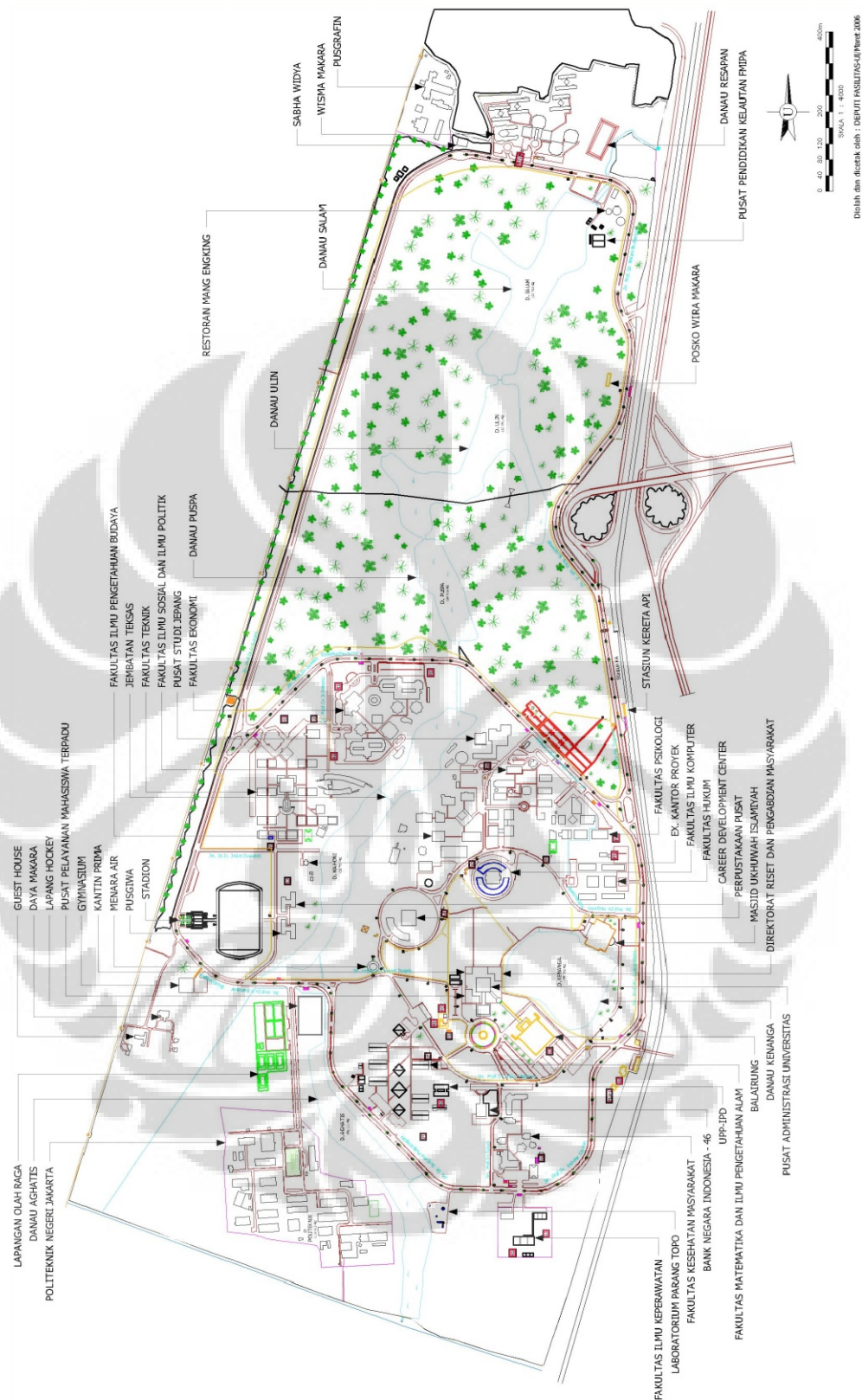
Kampus Universitas Indonesia berada di dua area yang berjauhan, yaitu Kampus Salemba dan Kampus Depok. Mayoritas fakultas berada di Depok dengan luas lahan mencapai 320 hektar dengan 25% lahan digunakan sebagai sarana akademik, riset dan kemahasiswaan dan 75% wilayah Universitas Indonesia bisa dikatakan adalah area hijau berwujud hutan kota dimana di dalamnya terdapat 6 danau (Kenanga, Agathis, Mahoni, Puspa, Ulin, dan Salam).

Secara geografis Kampus UI Depok terletak di 6°21'47" LS dan 106°49'53" BT. Kampus ini UI Depok pada umumnya memiliki topografi datar dan berbukit pada bagian hutan kota. Kampus UI Depok memiliki batas administratif sebagai berikut:

- Sebelah Barat : Berbatasan dengan Kelurahan Kukusan
- Sebelah Timur : Berbatasan dengan Kelurahan Pondok Cina
- Sebelah Selatan : Berbatasan dengan Kelurahan Beji
- Sebelah Utara : Berbatasan dengan DKI Jakarta

4.1.2 Topografi

Berdasarkan elevasi atau ketinggian garis kontur, maka bentang alam wilayah Kampus UI Depok di bagian Utara merupakan daerah dataran yang tinggi, sedangkan di bagian Selatan merupakan daerah yang lebih rendah, dengan ketinggian 67,74 meter di atas permukaan laut dan kemiringan berkisar antara 2-8%.



Gambar 4.1 Kondisi Eksisting Kampus Universitas Indonesia Depok

Sumber: Deputi Fasilitas Universitas Indonesia, 2006

Universitas Indonesia

4.1.3 Tata Guna Lahan

Berdasarkan alokasi Rencana Tata Ruang Kawasan Kampus, terdapat empat komponen ekosistem di lingkungan Kampus Universitas Indonesia Depok (www.ui.ac.id), yaitu:

- Bangunan fisik gedung dan lanskap 170 ha.
- Ekosistem perairan 30 ha.
- Kawasan hutan kota 100 ha
- Sarana prasarana penunjang termasuk penyangga lingkungan 12 ha.

Kampus UI Depok juga terdapat danau yang berfungsi untuk daerah resapan air. Terdapat 6 danau di Kampus UI Depok, antara lain:

- Danau Kenanga, lokasi diantara Gedung Rektorat Balairung dan Masjid UI, dibangun tahun 1992 dengan luas 44.585 m².
- Danau Aghatis, lokasi diantara FMIPA dan Politeknik Negeri Jakarta dibangun tahun 1995 dengan luas 42.111 m².
- Danau Mahoni, lokasi terletak disebelah Utara dan Selatan Kampus dibatasi oleh jalan utama lingkar selatan (Sebelah timur FIB & PSI, sebelah Barat FE) dan dibangun pada tahun 1996 dengan luas 52.753 m².
- Danau Puspa, lokasi terletak diantara Danau Ulin dan Danau Mahoni, dibangun pada tahun 1995 dengan luas 20.612 m².
- Danau Ulin, lokasi terletak diantara Danau Puspa dan Danau Salam, dibangun pada tahun 1998 dengan luas 55.341 m².
- Danau Salam, lokasi bersejajar sesuai aliran dari selatan ke utara sebagai bagian rangkaian Danau Ulin dan Danau Puspa, dibangun pada tahun 1998 dengan luas 53.705 m².

4.1.4 Rencana Induk Kampus Universitas Indonesia

Visi Universitas Indonesia sebagai universitas riset kelas dunia tentunya memerlukan prasarana yang mendukung untuk mencapai visi tersebut. Rencana induk pengembangan Kampus UI diterbitkan pada tahun 2008 dan diproyeksikan untuk tahun 2025. Rencana induk tersebut dibagi menjadi 4 grup,

Universitas Indonesia

yaitu: zona A, zona B, zona C dan Zona D. Berikut ini merupakan gambaran dari *master plan* Kampus UI Depok tahun 2008.



Gambar 4.2 Rencana Pengembangan Kampus UI Depok

Sumber: Deputi Fasilitas Universitas Indonesia, 2009

Berikut ini merupakan pembangunan yang dilakukan berdasarkan grup/zona pengembangan :

- Zona A : hotel, aula pertemuan, laboratorium dan rumah sakit, *liberal art college*, perpustakaan program magister, Fakultas Kedokteran, penambahan gedung Fakultas MIPA, Apartemen Mahasiswa.
- Zona B : sabuk mitra usaha, UI *College*, Program Internasional, fasilitas olah raga, dan gedung parkir.
- Zona C : perpustakaan mahasiswa, kuliah teater, dan sentrum mahasiswa.
- Zona D : Galeri, pengembangan stadion, pengembangan Fakultas Teknik.

Tabel berikut ini merupakan beberapa rencana pengembangan dan pembangunan gedung yang akan dibangun.

Tabel 4.1 Rencana Pembangunan dan Pengembangan Kampus UI Depok

Nama Bangunan	Luas m ²	Nama Bangunan	Luas m ²
Ext. MIPA	7,600	UI College	120,000
FIKOM	20,000	Program Internasional UI	150,000
FKM	8,000	Rumah Sakit Umum	32,000
F. Kedokteran	28,800	Rumah Sakit Universitas	36,000
FKG	20,000	Laboratorium	10,000
Fasilitas umum/ FK-FKG	8,000	Layanan Kesehatan	5,000
Liberal Art College	24,000	Apartemen Perawat	320 unit
Pusat Riset Mahasiswa	24,000	Hotel	200 unit
F. Keperawatan	10,000	Aula konvensi sabuk mitra usaha	1,000
Kuliah Teater	10,000	Apartement mahasiswa UI	1950 unit
Perpustakaan S2	10,000	Perumahan (<i>town house</i>)	800 unit
Ext. Fakultas Teknik	37,000		

Sumber: Rencana Induk Kampus Universitas Indonesia 2008

4.2 Data Hujan

Hujan rencana yang digunakan hujan 2 tahunan dengan pertimbangan dimana hujan dengan periode ulang 2 tahun digunakan untuk melindungi saluran penerima dari sedimentasi dan erosi. Berdasarkan pada tabel 4.2 dapat diketahui bahwa tinggi hujan rencana dengan periode ulang 2 tahun untuk wilayah SUB-DAS UI sebesar 131 mm (5,157 inch). Berikut ini merupakan data curah hujan maksimum tahunan dan hujan rencana pada Sub-DAS UI.

Tabel 4.2 Data Curah Hujan Harian Maksimum dan Hujan Rencana Sub-DAS UI

Tahun	CHH-maks [mm]	Tahun	CHH-maks [mm]	n	31
1980	120	1996	106	R-rerata	114,26
1981	136	1997	72	Sx	23,21
1982	115	1998	89	Yn (31)	0,5371
1983	76	1999	70	Sn (31)	1,1159
1984	124	2000	100		
1985	128	2001	144		
1986	122	2002	143		
1987	141	2003	102		
1988	108	2004	118		
1989	113	2005	107		
1990	90	2006	93,5		
1991	134	2007	160,2		
1992	122	2008	156		
1993	107	2009	137		
1994	89	2010	109		
1995	114				

Hujan dengan Periode Ulang			
Tr	Y-tr	K-tr	X-tr
[mm]			
2	1,840	1,168	131
5	1,994	1,306	134
10	2,250	1,535	139
15	2,684	1,924	147
20	2,970	2,180	153
25	3,199	2,385	157
50	3,902	3,015	171
100	4,600	3,641	184

Sumber: Tri Sutrisno, Simulasi Sarana Dan Prasarana Pengelolaan Limpasan Hujan Berbasis Low Impact Development Menggunakan *Hydrocad*

4.3 Deliniasi Sub-Das Kampus Universitas Indonesia

Berdasarkan peta topografi skala 1:10.000 terbitan BAKOSURTANAL (Badan Koordinasi Survei dan Pemetaan Nasional), kemudian dilakukan deliniasi

batas-batas Sub-DAS kampus UI Depok. Berikut ini merupakan langkah-langkah yang dilakukan dalam melakukan deliniasi DAS:

- Menentukan titik awal penggambaran. Biasanya terletak pada pertemuan antara dua buah sungai orde ke 2 dan menggunakan pertimbangan sebagai berikut: ukuran daerah aliran sungai, batas wilayah, tata guna lahan homogen, danau, stasiun pengamatan, dan persilangan jalan.
- Mengevaluasi topografi sekitar.
- Menentukan titik elevasi maksimum aliran sungai.
- Menghubungkan titik-titik yang telah ditentukan pada langkah sebelumnya untuk membuat batas Sub-DAS.
- Memastikan bahwa wilayah yang telah dideliniasi akan mengalirkan air menuju badan air.
- Mengukur luas wilayah yang telah digambar.

Berdasarkan hasil dari deliniasi yang telah dilakukan, luas daerah yang mempengaruhi badan air kampus UI Depok sebesar 917 hektar dan terdapat 13 daerah tangkapan air (*catchment*). Penggambaran deliniasi dan pengukuran luas wilayah dalam penelitian dilakukan dengan menggunakan peranti lunak *AutoCad 2008*. Jika dilihat pada luasannya (tabel 2.2) kampus UI Depok termasuk dalam kategori Sub-DAS. Tabel berikut ini data luas setiap daerah tangkapan yang ada pada Sub-DAS Kampus UI.

Tabel 4.3 Luas Tiap Daerah Tangkapan

<i>Catchment</i> ID	Luas (Ha)	<i>Catchment</i> ID	Luas (Ha)	<i>Catchment</i> ID	Luas (Ha)
1	23,523	6	37,605	11	9,643
2	108,542	7	147,719	12	18,914
3	90,413	8	34,118	13	7,274
4	229,268	9	49,315	Total	917,089
5	75,501	10	85,276		

Pada setiap daerah tangkapan yang ada pada Sub-DAS Kampus UI, tidak semua daerah tangkapan berada di dalam Kampus UI. Berikut ini merupakan pembagian daerah tangkapan berdasarkan letaknya terhadap Kampus UI.

Tabel 4.4 Daerah Tangkapan yang Berada di Dalam Kampus UI

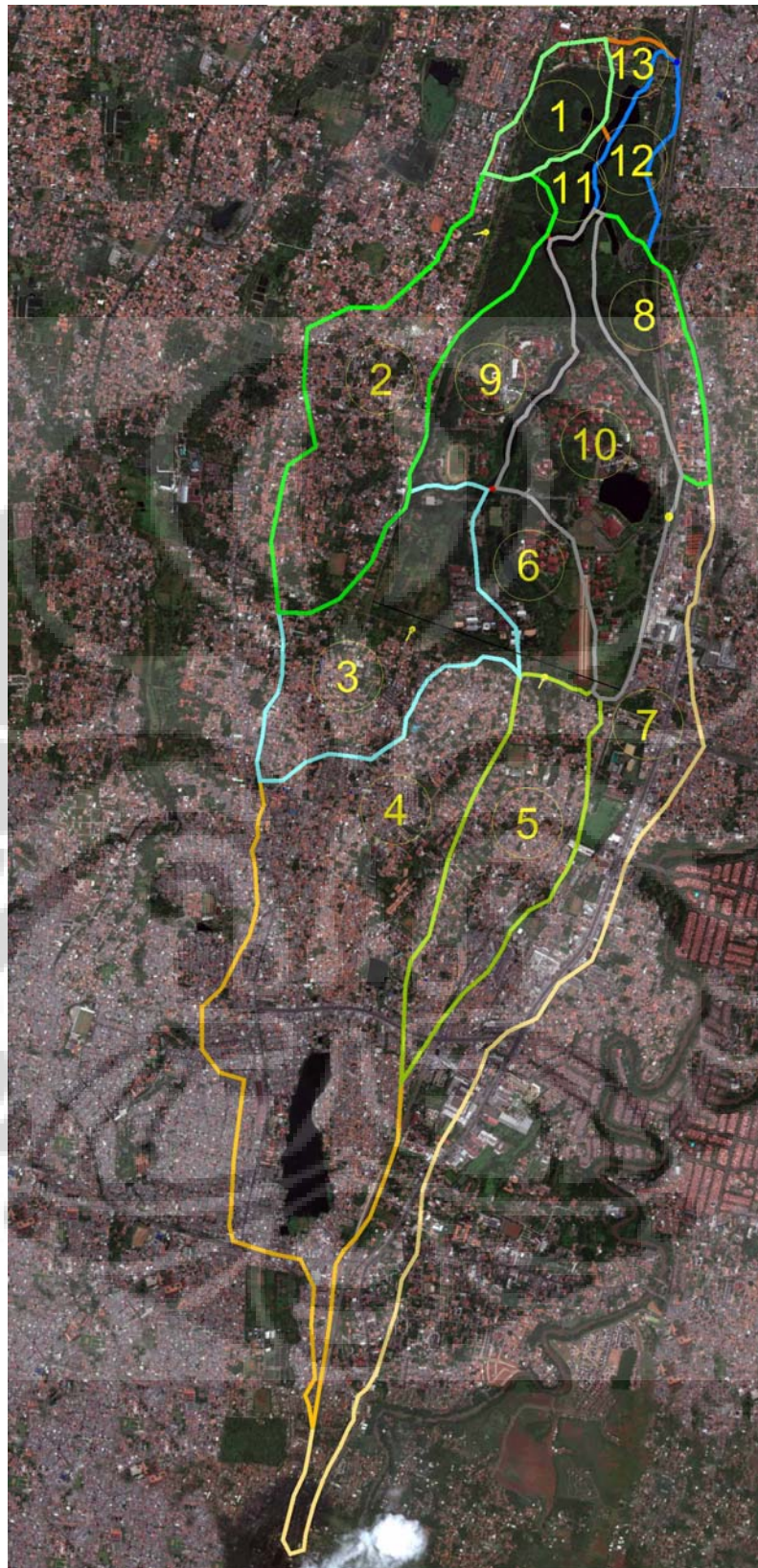
<i>Catchment</i> ID	Luas (Ha)
1	23,523
6	37,605
9	49,315
10	85,276
11	9,643
12	18,914
13	7,274

Tabel 4.5 Daerah Tangkapan yang Berada di Luar Kampus UI

<i>Catchment</i> ID	Luas (Ha)
4	229,268
5	75,501
7	147,719

Tabel 4.6 Daerah Tangkapan yang Berada di Dalam dan Luar Kampus UI

<i>Catchment</i> ID	Luas <i>Catchment</i> yang Berada di Luar Kampus UI (Ha)	Luas <i>Catchment</i> yang Berada di Dalam Kampus UI (Ha)	Luas <i>Catchment</i> (Ha)
2	92,450	16,091	108,542
3	55,914	34,499	90,413
8	17,385	16,732	34,118

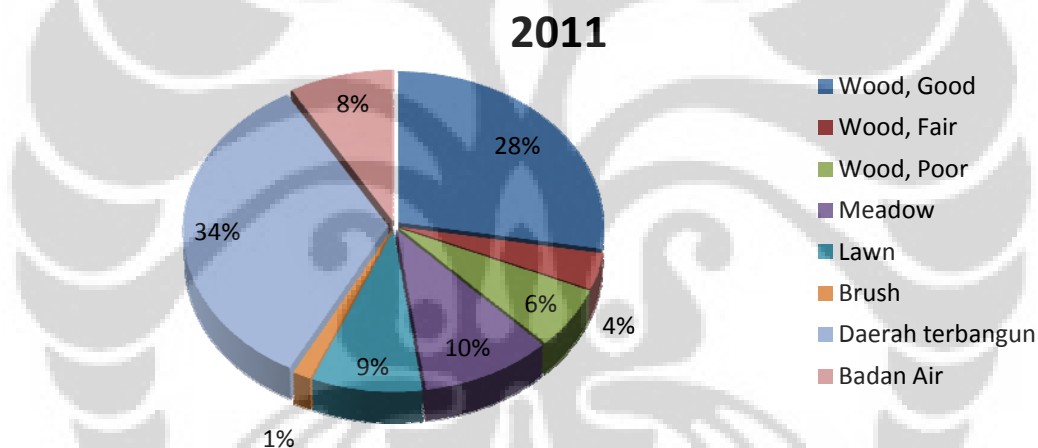


Gambar 4.3 Sub-DAS Kampus UI Depok

Universitas Indonesia

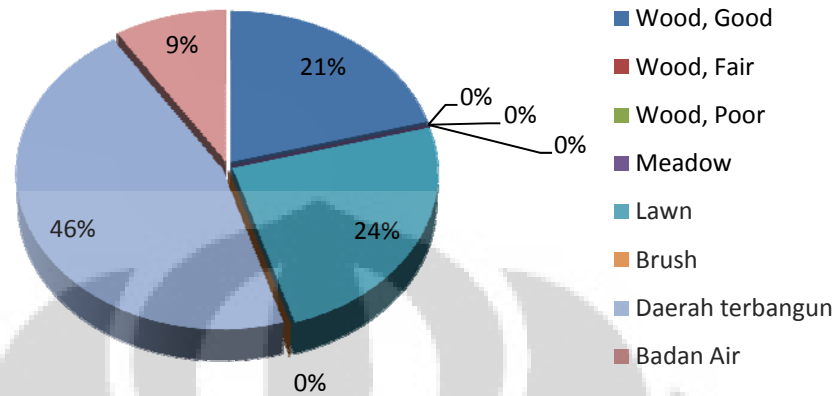
4.4 Perhitungan Koefisien Aliran (CN)

Penentuan nilai koefisien aliran limpasan untuk penutup lahan yang ada pada wilayah Kampus UI berdasarkan pada tabel 2.2 (SCS, 1986) dengan menggunakan HSG (*Hidrologic Soil Group*) kelompok B. Dalam menentukan jenis tutupan lahan pada kondisi kampus UI Depok pada tahun 2011 dengan menggunakan peta kondisi eksisting dan citra satelit, sedangkan untuk kondisi pada tahun 2025 menggunakan peta rencana induk kampus UI Depok. Dari data yang telah diperoleh, kemudian dilakukan penentuan nilai CN untuk setiap tutupan lahan pada setiap daerah tangkapan. Seperti terlihat pada grafik 4.1 dan grafik 4.2, terdapat perubahan tutupan lahan Sub-DAS Kampus UI Depok akibat adanya pembangunan.



Gambar 4.4 Tutupan Lahan Sub-DAS Kampus UI Tahun 2011

2025



Gambar 4.5 Tutupan Lahan Sub-DAS Kampus UI Tahun 2025

Setelah nilai koefisien aliran diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan koefisien aliran komposit (CNc) untuk kondisi 2011 dan 2025. Perhitungan koefisien aliran komposit dilakukan dengan menggunakan persamaan 2.1. Berikut ini merupakan hasil perhitungan koefisien aliran komposit pada setiap daerah tangkapan disajikan pada tabel 4.7

Tabel 4.7 Koefisien Aliran Komposit Pada Setiap Daerah Tangkapan

Catchment ID	CNc		Catchment ID	CNc	
	2011	2025		2011	2025
1	67	71	8	77	82
2	86	93	9	75	82
3	83	91	10	82	91
4	95	98	11	67	67
5	90	98	12	69	74
6	77	78	13	87	90
7	89	98			

4.5 Perhitungan Kebutuhan Pengelolaan Limpasan Hujan

Perhitungan luas BMP yang dibutuhkan pada penelitian ini berdasarkan pada tinggi limpasan yang akan dikendalikan. Perhitungan tinggi limpasan dilakukan dengan menggunakan persamaan dari SCS (persamaan 2.9) yang telah dijelaskan pada bab sebelumnya.


Setelah tinggi limpasan untuk kondisi 2011 dan 2025 diperoleh, selisih dari tinggi limpasan pada kondisi 2011 dan 2025 merupakan tinggi limpasan yang akan dikendalikan. Dengan menggunakan persamaan 3.2, maka diperoleh luas BMP yang dibutuhkan untuk menjaga kondisi hidrologi pada tahun 2011. Tabel berikut ini merupakan ringkasan dari hasil perhitungan tinggi limpasan, dan lahan yang dibutuhkan untuk BMP pada setiap daerah tangkapan.

Tabel 4.8 Perhitungan Luas BMP yang Dibutuhkan

No. <i>Catchment</i>	Luas <i>Catchment</i>	Tinggi Limpasan (Q)		ΔQ	Luas BMP yang Dibutuhkan	Kehilangan 10%*
		2011	2025			
	Ha	Inch		Inch	Ha	Ha
	[1]	[2]	[3]	[4]=[3]-[2]	[5]	[6]
1	23,523	1,941	2,259	0,319	1,249	1,124
2	108,542	3,617	4,352	0,735	13,297	11,967
3	90,413	3,344	4,188	0,844	12,720	11,448
4	229,268	4,598	4,935	0,337	12,867	11,581
5	75,501	3,997	4,920	0,924	11,624	10,461
6	37,589	2,759	2,813	0,055	0,342	0,308
7	147,719	3,939	4,920	0,981	24,150	21,735
8	34,118	2,800	3,265	0,466	2,648	2,383
9	49,315	2,611	3,225	0,615	5,051	4,546
10	85,276	3,203	4,096	0,893	12,689	11,420
11	9,643	1,893	1,943	0,050	0,080	0,072
12	18,914	2,058	2,460	0,402	1,267	1,141
13	7,274	3,764	4,065	0,300	0,364	0,328

Keterangan:

* luas BMP yang berkurang akibat adanya evaporasi dan transpirasi.

 = Daerah tangkapan air (*catchment*) yang menjadi prioritas pengembangan Kampus UI Depok.

Berdasarkan pada peta rencana induk pengembangan kampus UI Depok, lahan yang diprioritaskan untuk pengembangan berada pada daerah tangkapan 3, 6, 9 dan 10.

4.6 Pemilihan BMP

Proses dalam memilih pengelolaan limpasan air hujan dimulai dengan perhitungan yang telah dilakukan pada sub-bab di atas. Terdapat beberapa tahap dalam menentukan dan merancang BMP. Berikut ini merupakan prosedur dalam memilih dan merancang BMP yang digunakan Prince George's County, Maryland.


- Menentukan pengendali fungsi hidrologi yang dibutuhkan.
- Evaluasi ketersediaan dan batasan dari lahan.
- Melakukan seleksi pemilihan BMP berdasarkan fungsi hidrologi dan kualitas air.
- Evaluasi kandidat BMP dalam beberapa konfigurasi.
- Memilih berdasarkan konfigurasi dan rancangan yang sesuai
- Menggunakan pengendali limpasan air hujan konvensional jika dibutuhkan.

Setelah diketahui luas yang dibutuhkan untuk pengelolaan limpasan air hujan, maka ketersediaan lahan menjadi salah satu faktor yang penting dalam menentukan pengelolaan air hujan. Ketersediaan lahan yang ada di wilayah kampus UI untuk menerapkan pengelolaan limpasan hujan disajikan pada tabel 4.9.

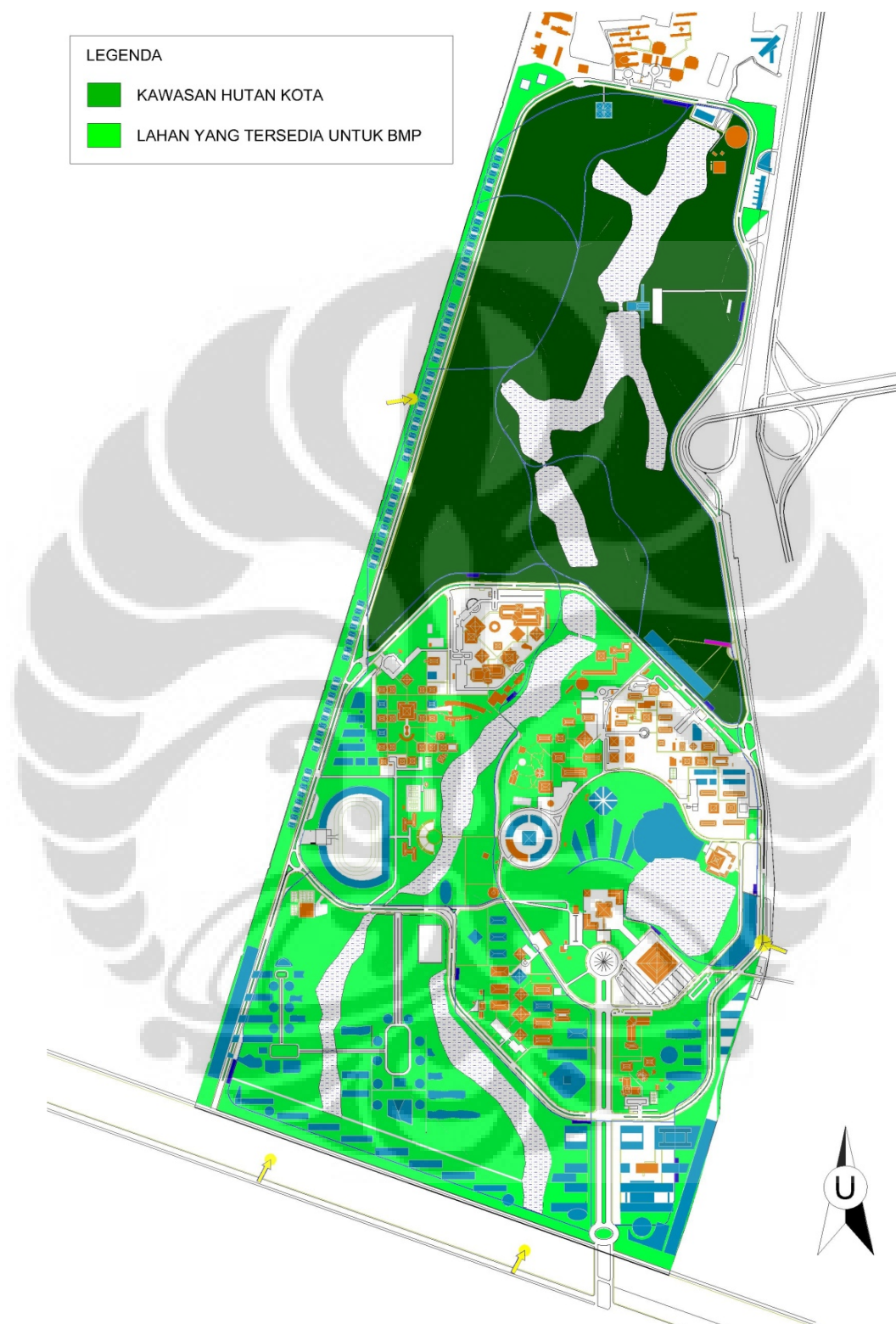
Tabel 4.9 Luas Lahan yang Tersedia Untuk BMP Pada Wilayah Kampus UI

No. <i>Catchment</i>	Luas <i>Catchment</i>	Luas Lahan yang Tersedia Untuk BMP
	Ha	Ha
1	23,523	1,749
2	108,542	2,554
3	90,413	18,462
6	37,589	17,400
8	34,118	0,824
9	49,315	10,312
10	85,276	19,453
11	9,643	0
12	18,914	0,991
13	7,274	0,455

Keterangan:

 = Daerah tangkapan air (*catchment*) yang menjadi prioritas pengembangan Kampus UI Depok.

Ketersediaan lahan pada wilayah Kampus UI berupa lahan terbuka, lanskap, dan wilayah yang tidak mengalami perubahan pada rencana pembangunan. Ketersediaan lahan yang dapat digunakan untuk BMP dapat dilihat pada gambar 4.4.



Gambar 4.6 Lahan yang Tersedia Untuk BMP

Berdasarkan dari fungsinya (tabel 2.4), BMP yang memiliki tingkat infiltrasi dan isi ulang air tanah yang paling baik adalah bioretensi, sumur kering (*dry well*), dan sumur resapan. BMP pada beberapa tipe dan jenis membutuhkan pengelolaan awal dari BMP yang lain. Sebagai contoh, bioretensi memerlukan pengelolaan awal seperti lapisan penyaring (*filter strip*) atau saluran berumput (*vegetated swale*).

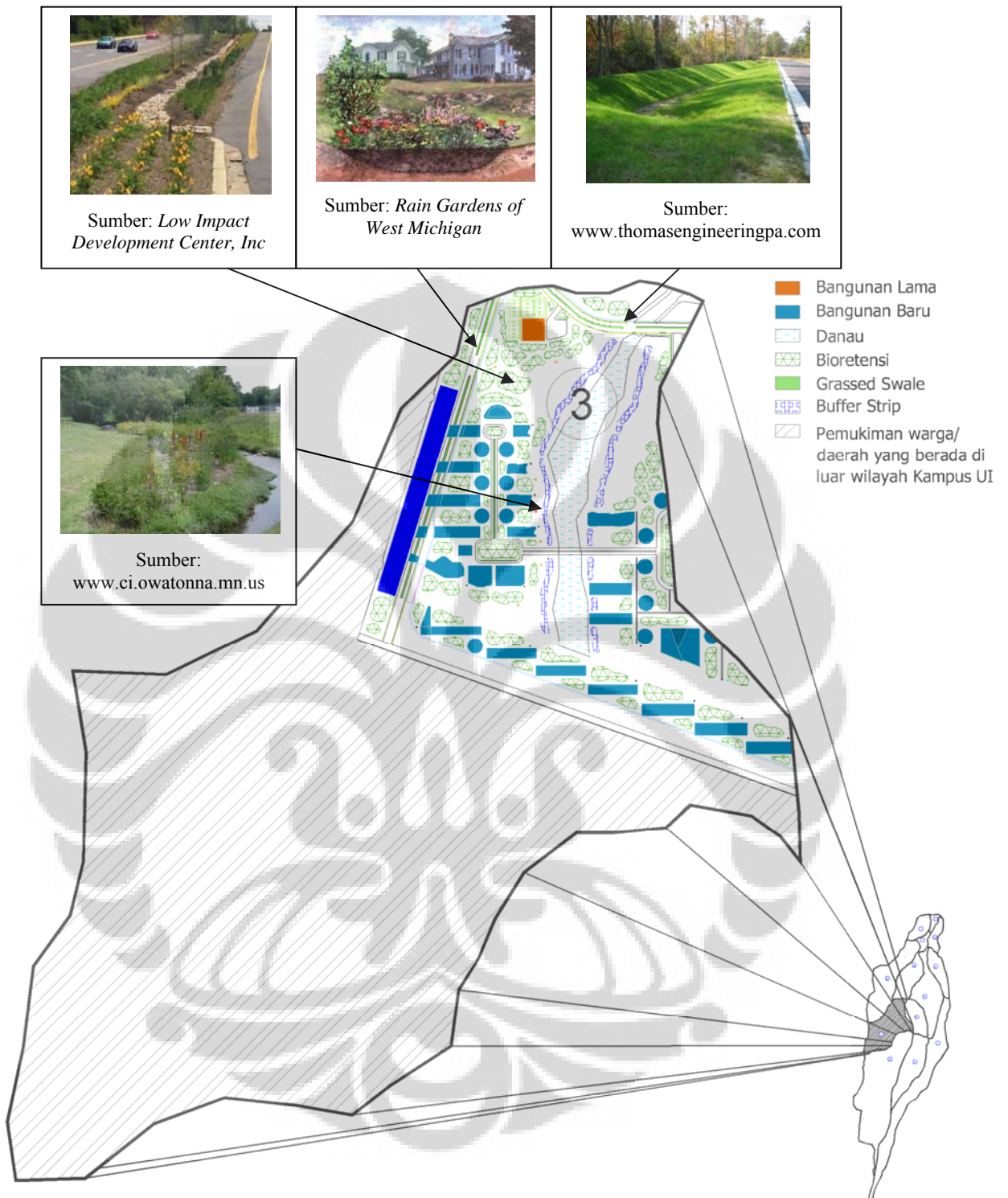
4.7 Penempatan BMP Pada Kampus UI Depok

Berdasarkan kriteria penempatan lahan, perhitungan kebutuhan lahan, dan lahan yang tersedia, kemudian dilakukan penempatan BMP di daerah tangkapan yang berada di dalam kawasan Kampus UI Depok.

Berdasarkan pada rencana induk pengembangan Kampus UI Depok, daerah tangkapan air yang termasuk dalam wilayah yang menjadi prioritas pengembangan adalah daerah tangkapan air 3, 6, 9, dan 10. Berikut ini merupakan gambaran dari penempatan BMP pada daerah tangkapan air yang berada di dalam wilayah Kampus UI Depok. Gambaran dari penempatan BMP di Kampus UI yang lebih jelas dapat dilihat pada lampiran.

- **Daerah Tangkapan 3**

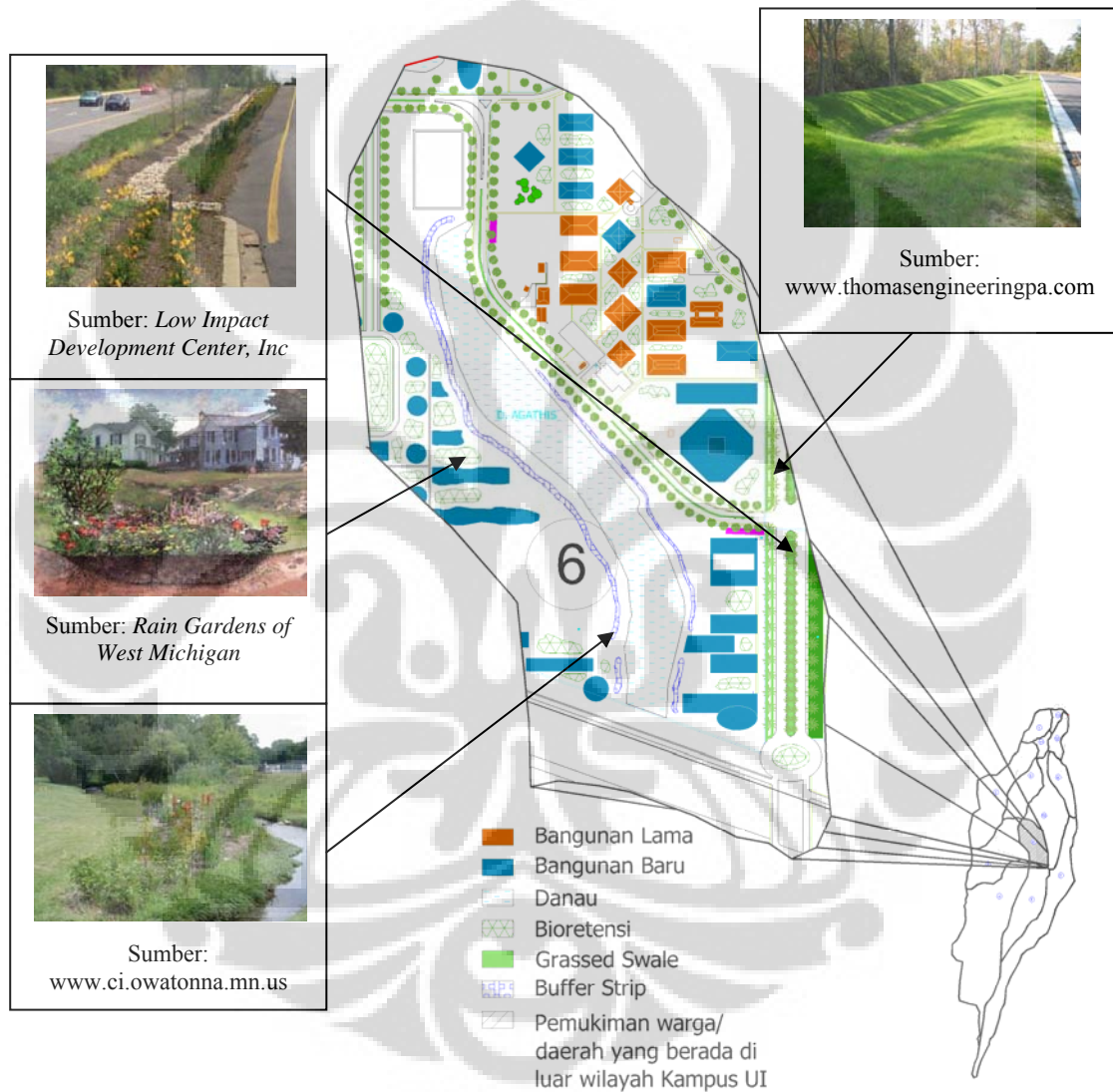
Daerah tangkapan 3 memiliki luas sebesar 90,413 ha. Dari keseluruhan luas yang ada pada daerah tangkapan 3, luas lahan yang berada di dalam Kampus UI sebesar 34,449 ha, sedangkan luas lahan yang berada di luar Kampus UI sebesar 55,914 ha. Rencana pengembangan yang ada pada daerah tangkapan 3 antara lain: ranah inkubator, UI College, Program Internasional, fasilitas olah raga, dan gedung parkir. Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 18,462 ha, sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 11,448 ha.



Gambar 4.7 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 3

- Daerah Tangkapan 6

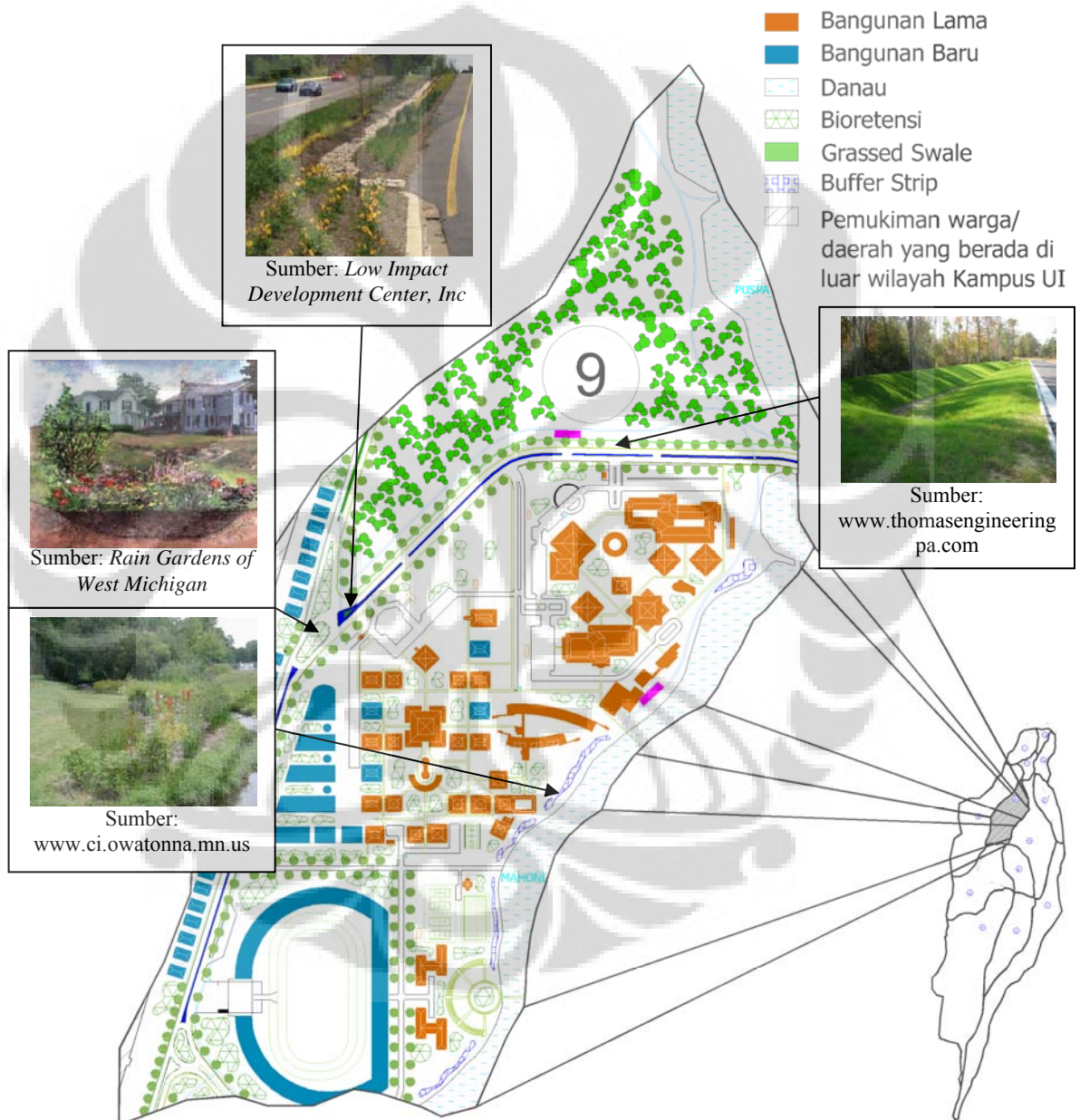
Daerah tangkapan 6 memiliki luas sebesar 37,589 ha. Rencana pengembangan pada daerah tangkapan 6 antara lain: Ranah Inkubator, Rumah Sakit, Gedung *Liberal Art*, pengembangan Fakultas Ilmu Komputer, dan Laboratorium. Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 17,400 ha, sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 0,308 ha.



Gambar 4.8 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 6

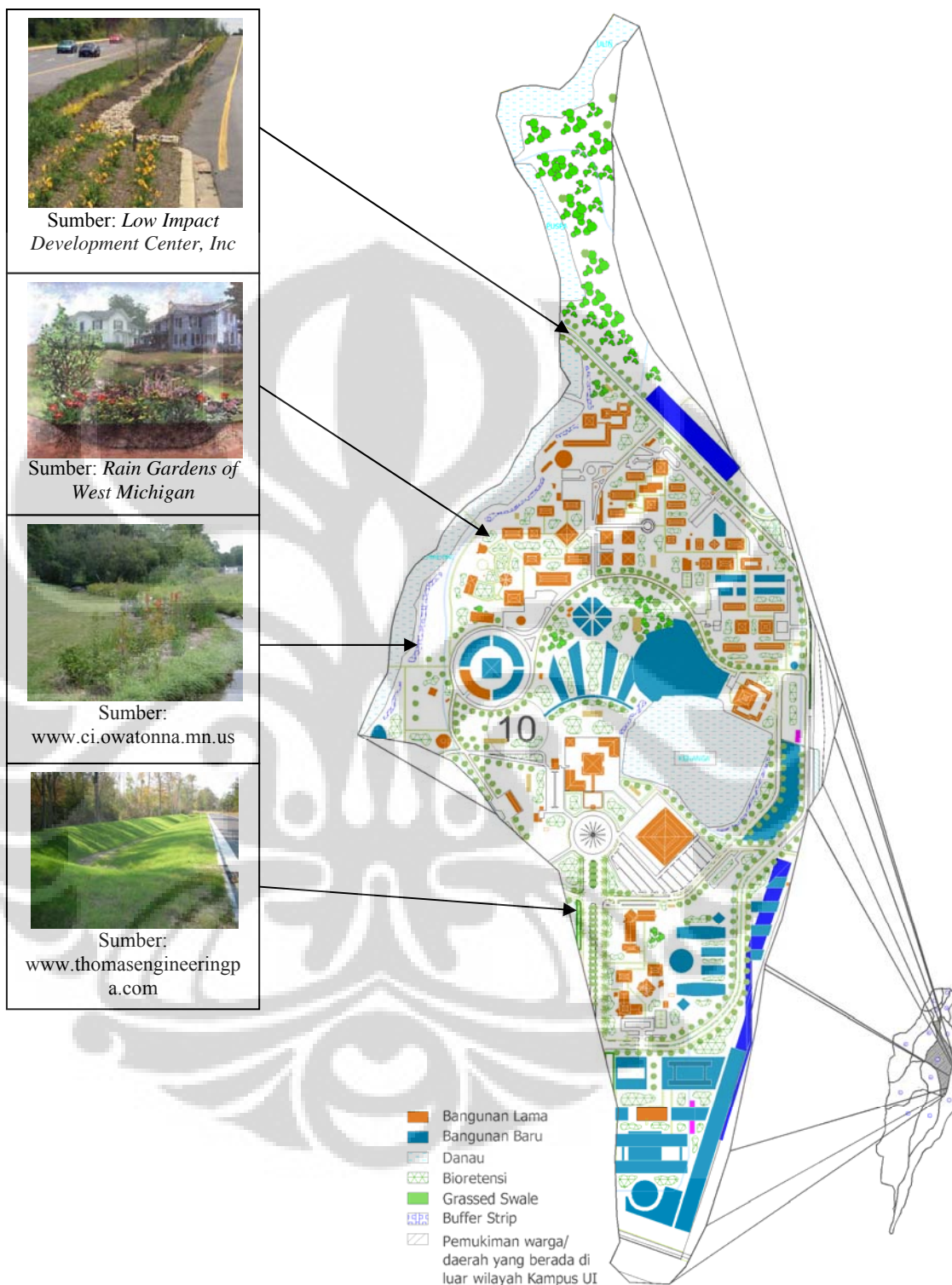
- Daerah Tangkapan 9

Daerah tangkapan 9 memiliki luas sebesar 49,315 ha. Rencana pengembangan yang ada pada daerah tangkapan 9 antara lain: Pengembangan Fakultas Teknik, Laboratorium Bersama, Rumah Sewa, dan Pengembangan Stadion. Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 10,312 ha sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 4,546 ha.



Gambar 4.9 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 9

- Daerah Tangkapan 10

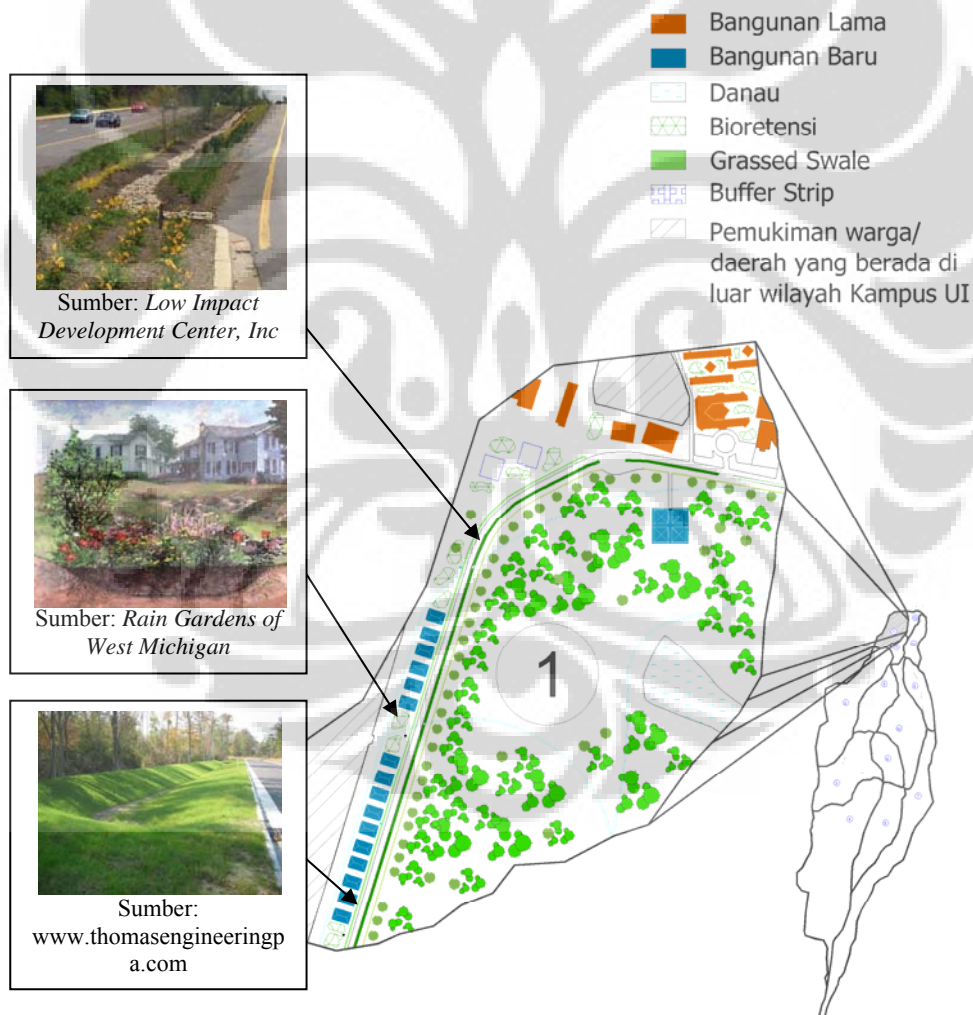


Gambar 4.10 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 10

Daerah tangkapan 10 memiliki luas sebesar 85,276. Rencana pengembangan pada daerah tangkapan 10 antara lain: Perpustakaan S2, Rumah Sakit, Penginapan, Gedung Pertemuan, Laboratorium, Fakultas Kedokteran, dan beberapa fasilitas lainnya. Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 19,453 ha, sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 12,689 ha.

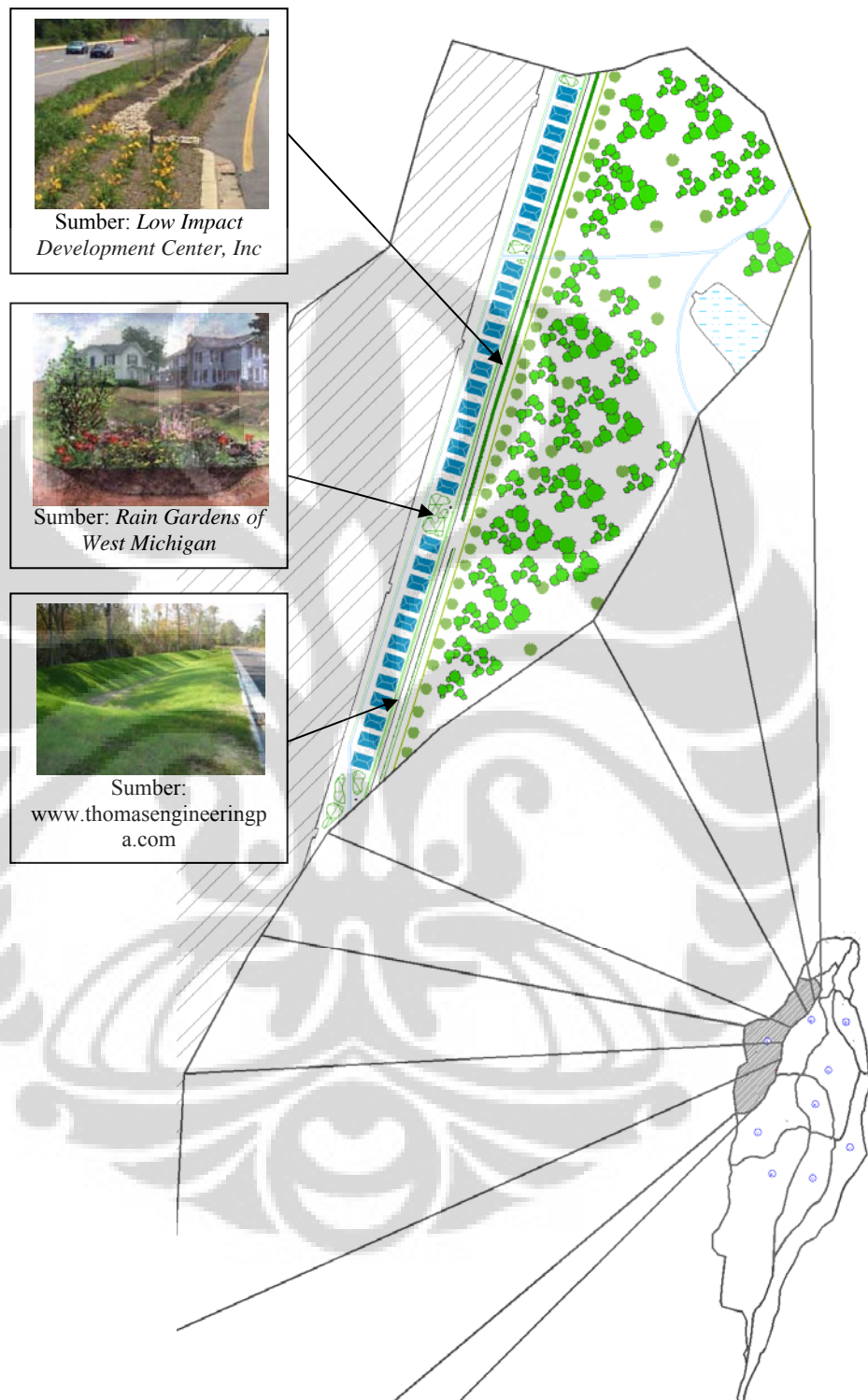
- Daerah Tangkapan 1

Daerah tangkapan 1 memiliki luas sebesar 23,523 ha. Rencana pengembangan pada daerah tangkapan 1 antara lain: Rumah Sewa dan apartemen. Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 1,749 ha, sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 1,124 ha.



Gambar 4.11 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 1

- Daerah Tangkapan 2



Gambar 4.12 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 2

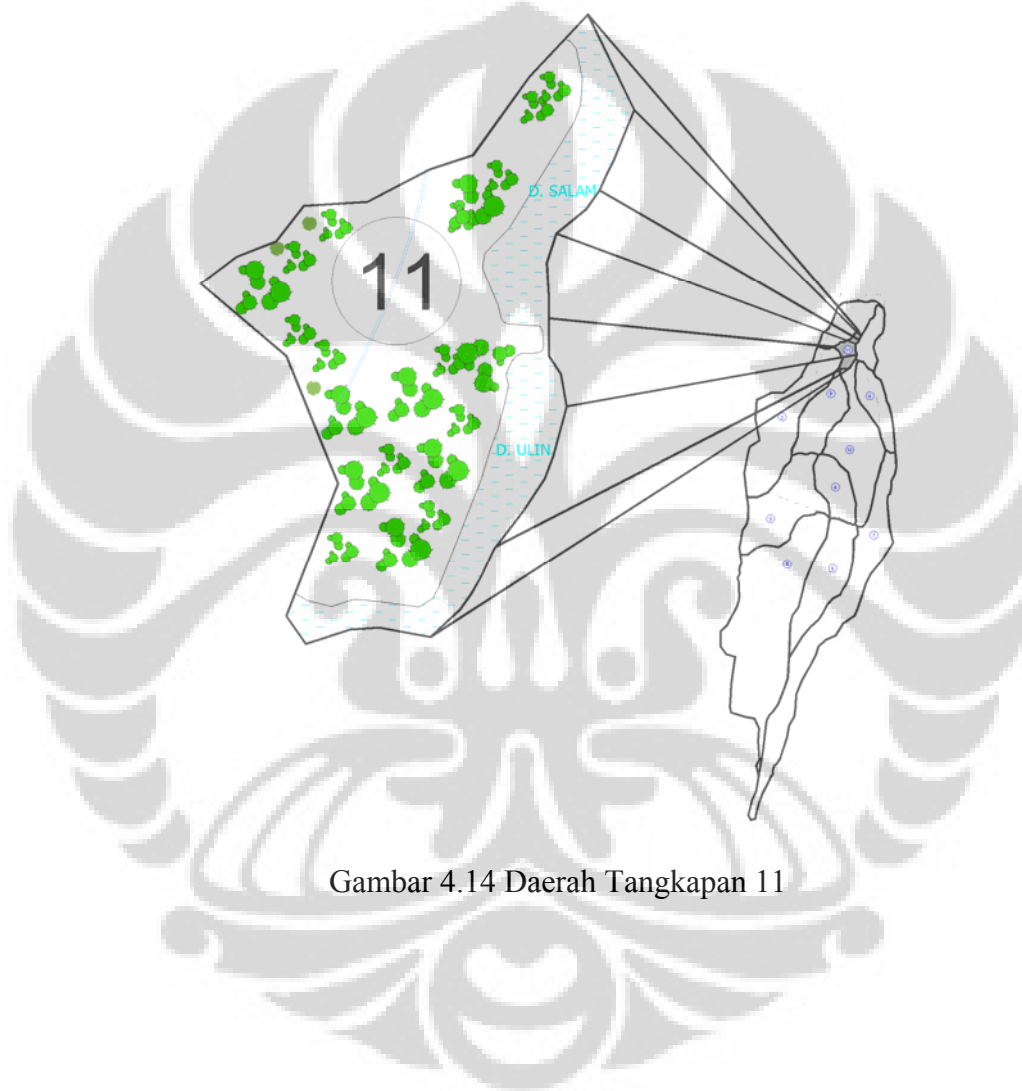
- Daerah Tangkapan 8



Gambar 4.13 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 8

- Daerah Tangkapan 11

Daerah tangkapan 11 memiliki luas sebesar 9,643 ha. Rencana pengembangan yang ada pada daerah tangkapan 11 adalah penambahan jalur sepeda dengan lebar jalur sebesar 2 meter. Lahan yang ada pada daerah tangkapan 11 merupakan kawasan konservasi hutan. Oleh karena itu pada daerah tangkapan 11 tidak membutuhkan adanya penerapan BMP.



Gambar 4.14 Daerah Tangkapan 11

- Daerah Tangkapan 12

Daerah tangkapan 12 memiliki luas sebesar 18,914 ha. Rencana pengembangan pada daerah tangkapan 12 adalah pembangunan Stasiun Pengisian Bahan Bakar Umum (SPBU), dan Restoran. Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 0,991 ha, sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 1,141 ha.

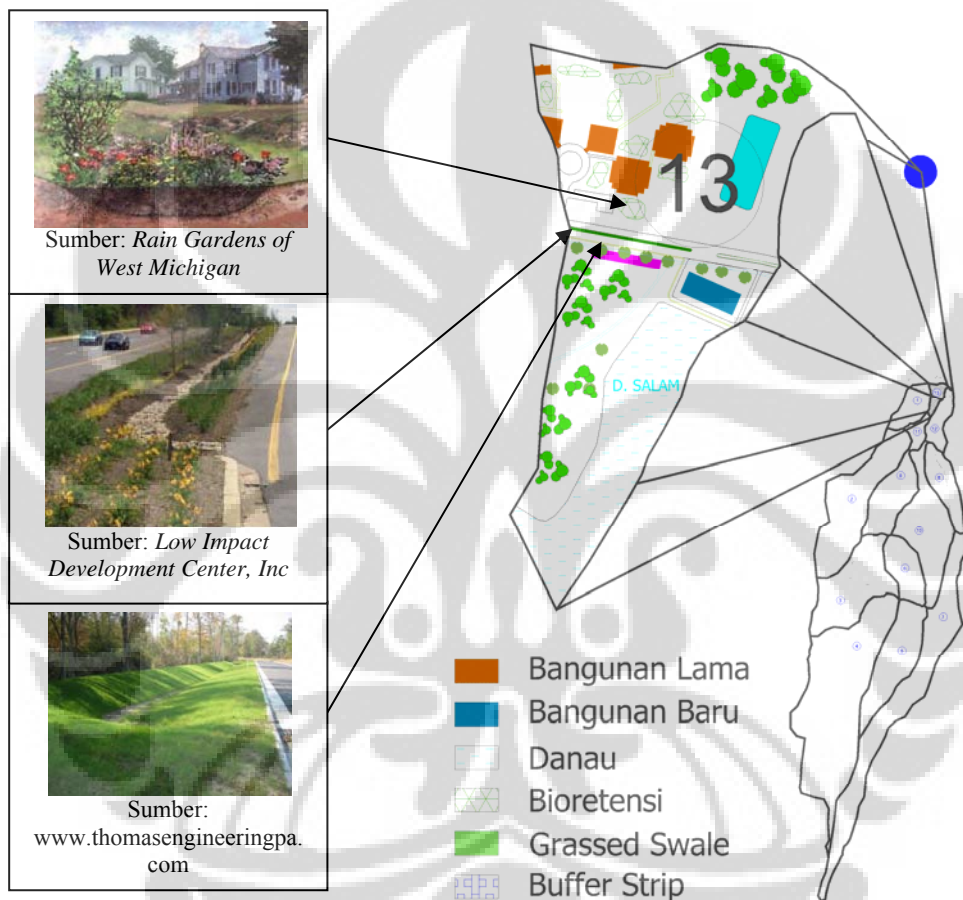


Gambar 4.15 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 12

Universitas Indonesia

- Daerah Tangkapan 13

Daerah tangkapan 13 memiliki luas sebesar 7,274 ha. Rencana pengembangan pada daerah tangkapan 13 adalah pembangunan Sarana Latihan Golf (*Driving Range*). Lahan yang tersedia untuk BMP sebesar 0,455 ha, sedangkan lahan yang dibutuhkan untuk BMP sebesar 0,328 ha.



Gambar 4.16 Penempatan BMP Pada Daerah Tangkapan 13

4.8 Menentukan Nilai *Curve Number* dan Tinggi Limpasan Setelah Adanya Penerapan BMP

Setelah diterapkan BMP pada 4 daerah tangkapan air yang termasuk dalam prioritas pengembangan Kampus UI Depok, kemudian dilakukan perhitungan tinggi limpasan dan nilai CN untuk tahun 2025 dengan adanya penerapan BMP. Luas BMP yang dapat diterapkan pada daerah tangkapan yang menjadi prioritas pengembangan dapat dilihat pada tabel 4.10.

Tabel 4.10 Luas BMP yang Diterapkan Pada Daerah Tangkapan

Catchment ID	Luas Catchment	Luas BMP yang Dibutuhkan	Lahan yang Tersedia Untuk BMP	BMP yang Dapat Diterapkan
	Ha	Ha	Ha	Ha
3	90,413	11,448	18,462	3,562
6	37,589	0,308	17,400	1,702
9	49,315	4,546	10,312	1,963
10	85,276	11,420	19,453	3,746

Berdasarkan pada luas BMP yang dapat diterapkan, kemudian dilakukan perhitungan tinggi limpasan yang dapat dikendalikan BMP dengan menggunakan persamaan 3.2. Setelah tinggi limpasan yang dapat dikendalikan BMP telah didapat kemudian menentukan nilai CN tahun 2025 setelah adanya penerapan BMP dengan menggunakan kurva hubungan antara tinggi limpasan dan tinggi hujan (lampiran).

Tabel 4.11 Tinggi Limpasan Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan BMP

Catchment ID	Tinggi Limpasan (Q)		
	2011	2025	2025 + BMP
3	3,344	4,188	3,952
6	2,759	2,813	2,541
9	2,611	3,225	2,986
10	3,203	4,096	3,833

Setelah BMP diterapkan pada daerah tangkapan air yang ditinjau, terdapat penurunan nilai CN dan tinggi limpasan. Tabel berikut ini merupakan ringkasan penentuan nilai CN untuk tahun 2011, 2025, dan tahun 2025 dengan penerapan BMP

Tabel 4.12 Nilai CN Pada Tahun 2025 Dengan Penerapan BMP

<i>Catchment</i> ID	CN		
	2011	2025	2025+BMP
3	83	91	90
6	77	78	75
9	75	82	78
10	82	91	87

Berdasarkan pada tabel 4.12 di atas, terdapat penurunan nilai CN pada setiap daerah tangkapan. Pada daerah tangkapan 3, penurunan nilai CN sebesar 1 poin. Hal ini disebabkan adanya pengaruh dari daerah tangkapan yang sebagian luas lahan berada di luar wilayah Kampus UI dan sebagian lagi berada di dalam Kampus UI. Pada tangkapan 6, terjadi penurunan nilai CN sebesar 3 poin. Nilai CN daerah tangkapan air pada tahun 2025 dengan penerapan BMP, lebih rendah dari nilai CN pada tahun 2011.

Penerapan BMP pada setiap daerah tangkapan tidak menggunakan keseluruhan luas yang tersedia untuk BMP dan masih menyisakan lahan kosong, sehingga lahan kosong tersebut dapat dimanfaatkan untuk penghijauan kembali dengan lanskap yang multifungsi dan terintegrasi dengan BMP yang telah diterapkan.

BAB 5

PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan dari hasil penelitian yang telah dilakukan pada bab sebelumnya, dapat disimpulkan bahwa:

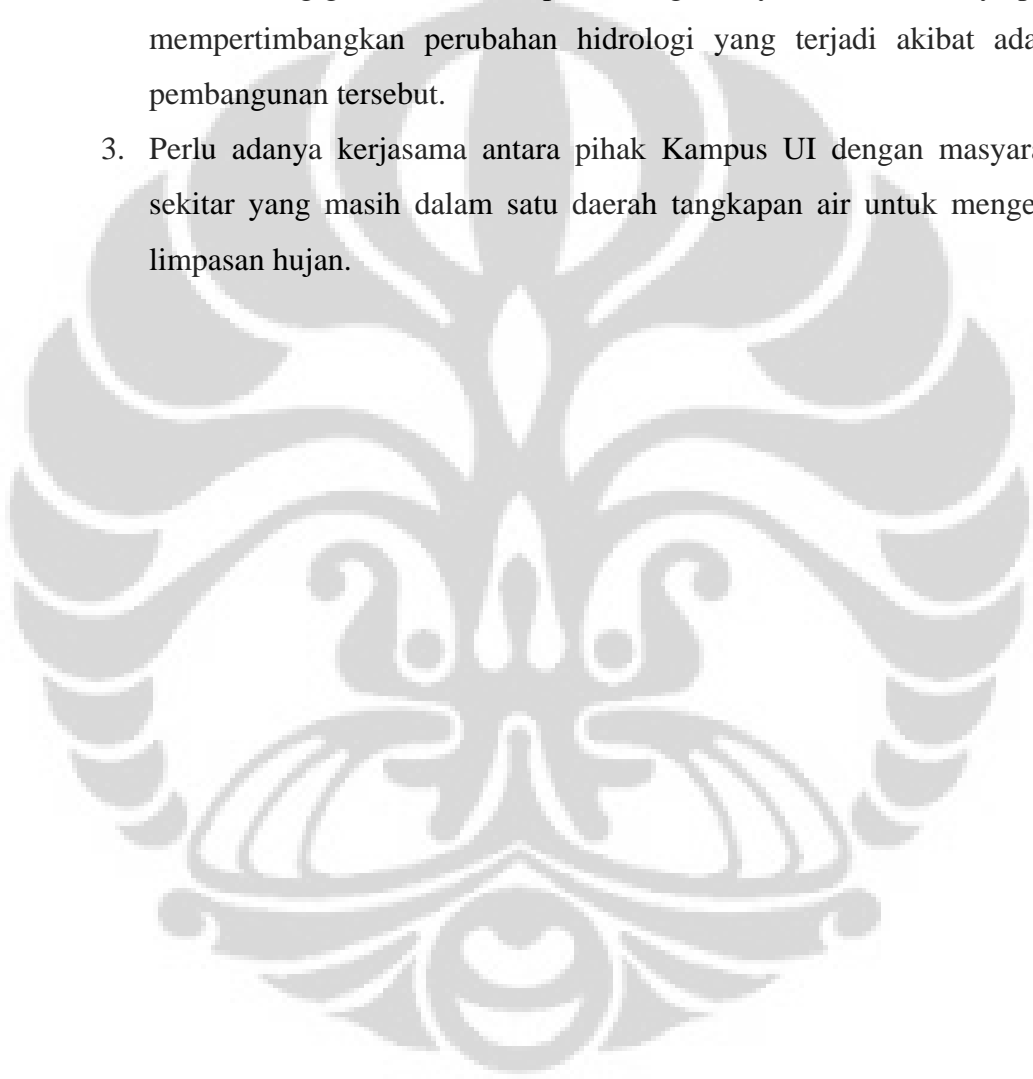
1. Berdasarkan hasil deliniasi, luas Sub-DAS Kampus UI Depok sebesar 917,089 ha.
2. Daerah tangkapan yang mengalami prioritas pengembangan Kampus UI Depok adalah daerah tangkapan 3, 6, 9, dan 10.
3. Rencana pengembangan fasilitas Kampus UI Depok pada tahun 2025 mempengaruhi nilai *curve number* komposit (CNC) dan tinggi limpasan di daerah tangkapan.
4. Penerapan BMP di dalam lingkungan Kampus UI Depok dapat mengurangi nilai *curve number* komposit (CNC) dan tinggi limpasan tahun 2025 pada daerah tangkapan yang mengalami prioritas pengembangan.

Catchment ID	CNC			Tinggi Limpasan (Q)		
	2011	2025	2025+BMP	2011	2025	2025+BMP
				Inch	Inch	Inch
3	83	91	90	3,344	4,188	3,952
6	77	78	75	2,759	2,813	2,541
9	75	82	78	2,611	3,225	2,986
10	82	91	87	3,203	4,096	3,833

5. Luas lahan yang tersedia untuk BMP pada tahun 2025 sebesar 24,78 % dari luas lahan yang dimiliki Kampus UI Depok.
6. Luas BMP yang direkomendasikan untuk menjaga kondisi hidrologis tahun 2011 sebesar 15 % dari luas lahan yang dimiliki Kampus UI Depok.

5.2 Saran

1. Bila BMP diterapkan pada lahan, maka perlu dilakukan pelacakan debit banjir rencana.
2. Dengan adanya perencanaan pengembangan dan pembangunan beberapa fasilitas baru di lingkungan kampus Universitas Indonesia seperti rumah sakit, apartemen, perumahan, gedung fakultas kedokteran dan kedokteran gigi, serta fasilitas pendukung lainnya, maka sebaiknya perlu mempertimbangkan perubahan hidrologi yang terjadi akibat adanya pembangunan tersebut.
3. Perlu adanya kerjasama antara pihak Kampus UI dengan masyarakat sekitar yang masih dalam satu daerah tangkapan air untuk mengelola limpasan hujan.



DAFTAR REFERENSI

- Atlanta Regional Commission. (2001, August). *Georgia Stormwater Management Manual: Stormwater Policy Guidebook* (Vol.1).
- Clean Water Services. (2009). *Low Impact Development Approaches Handbook*.
- City of Owatonna. *Celan Owatonna*. (n.d). Juli 5, 2011.
<http://www.ci.owatonna.mn.us>
- Department Of Public Works Queen Anne's Couty Centreville. (2007). *Environmental Site Design Manual*.
- Frankenberger, J., Mcloud S., & Faulkenburg A. (2002). A Guide For Watershed Partnerships. *Watershed Inventory Workbook For Indiana*.
- Georgia Stormwater Management Manual. *The Need For Stormwater Management*.
- Ice G. (2004). *History Of Innovative Best Management Practice Development And Its Role In Addressing Water Quality Limited Waterbodies* (Pp. 684-689).
<Http://cedb.asce.org/cgi/wwwdisplay.cgi?141119>
- Iowa Stormwater Management Manual. (2008, December 5). *General Information For Vegetated Swale Systems*.
- Lid Manual For Michigan. *Structural Best Management Practices*. Michigan
- National Engineering Handbook. (1997). *Hydrology*. United States Department Of Agriculture.
- Prince George's County, Maryland. (1999) *Low-Impact Development Hydrologic Analysis* . Department Of Environmental Resources, & Programs And Planning Division.
- Prince George's County, Maryland. (1999) *Low-Impact Development Design Strategies: An Integrated Approach* . Department Of Environmental Resources, & Programs And Planning Division.
- Rahayu S., Widodo R.H., Noordwijk M.V., Suryadi I., & Verbist B. (2009). *Monitoring Air Di Daerah Aliran Sungai*. World Agroforestry Centre.
<Http://www.worldagroforestry.org/sea>
- Stormwater Planning: A Guidebook For British Columbia*. (2002).UBC.

- Subarkah, Iman. (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Sugiyono. (2008). *Metode Penelitian Kualitatif, Kuantitatif, dan R&D*. Bandung: Alfabeta
- Sosrodarsono, Suyono., & Kensaku, Takeda., (1993). *Hidrologi Untuk Pengairan* (Cetakan Ketujuh). Jakarta: Pradnya Paramita.
- Sutrisno, Tri. *Simulasi Sarana dan Prasarana Pengelolaan Limpasan Hujan Berbasis Low Impact Development di Kompleks Kampus Universitas Indonesia Depok Menggunakan Peranti Lunak HydroCad*.
- Thomas Engineering, PA. *Project and Construction*. (n.d). Juli 5, 2011. <http://thomasengineeringpa.com>
- Toronto And Region Conservation, Credit Valley Conservation. (2009). *Low Impact Development Stormwater Management Manual*.
- Undang-Undang Republik Indonesia No. 7 Tahun 2004 Tentang Sumber Daya Air.
- Water Balance Model For British Columbia. (2005). *From Stormwater Management To Rainwater Management*.
- Zielinski, J. (2002). *Watershed Vulnerability Analysis*. Center For Watershed Protection. <Http://www.cwp.org>



LAMPIRAN

Lampiran 1: Nilai *Curve Number* (CN) Pada Setiap Penutup Lahan**Table 2-2a** Runoff curve numbers for urban areas ^{1/}

Cover description	Average percent impervious area ^{2/}	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A	B	C	D
<i>Fully developed urban areas (vegetation established)</i>					
Open space (lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.) ^{3/} :					
Poor condition (grass cover < 50%)		68	79	86	89
Fair condition (grass cover 50% to 75%)		49	69	79	84
Good condition (grass cover > 75%)		39	61	74	80
Impervious areas:					
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Streets and roads:					
Paved; curbs and storm sewers (excluding right-of-way)		98	98	98	98
Paved; open ditches (including right-of-way)		83	89	92	93
Gravel (including right-of-way)		76	85	89	91
Dirt (including right-of-way)		72	82	87	89
Western desert urban areas:					
Natural desert landscaping (pervious areas only) ^{4/}		63	77	85	88
Artificial desert landscaping (Impervious weed barrier, desert shrub with 1- to 2-inch sand or gravel mulch and basin borders)		96	96	96	96
Urban districts:					
Commercial and business	85	89	92	94	95
Industrial	72	81	88	91	93
Residential districts by average lot size:					
1/8 acre or less (town houses)	65	77	85	90	92
1/4 acre	38	61	75	83	87
1/3 acre	30	57	72	81	86
1/2 acre	25	54	70	80	85
1 acre	20	51	68	79	84
2 acres	12	46	65	77	82
<i>Developing urban areas</i>					
Newly graded areas (pervious areas only, no vegetation) ^{5/}		77	86	91	94
Idle lands (CN's are determined using cover types similar to those in table 2-2c).					

Sumber: NRCS, 1986

(Lanjutan)

Table 2-2b Runoff curve numbers for cultivated agricultural lands ^{1/}

Cover type	Cover description		Hydrologic condition ^{2/}	Curve numbers for hydrologic soil group			
	Treatment ^{3/}			A	B	C	D
Fallow	Bare soil		—	77	86	91	94
	Crop residue cover (CR)		Poor	76	85	90	93
			Good	74	83	88	90
Row crops	Straight row (SR)		Poor	72	81	88	91
			Good	67	78	85	89
	SR + CR		Poor	71	80	87	90
			Good	64	75	82	85
	Contoured (C)		Poor	70	79	84	88
			Good	65	75	82	86
	C + CR		Poor	69	78	83	87
			Good	64	74	81	85
	Contoured & terraced (C&T)		Poor	66	74	80	82
			Good	62	71	78	81
		C&T+ CR	Poor	65	73	79	81
			Good	61	70	77	80
Small grain	SR		Poor	65	76	84	88
			Good	63	75	83	87
	SR + CR		Poor	64	75	83	86
			Good	60	72	80	84
	C		Poor	63	74	82	85
			Good	61	73	81	84
	C + CR		Poor	62	73	81	84
			Good	60	72	80	83
	C&T		Poor	61	72	79	82
			Good	59	70	78	81
	C&T+ CR		Poor	60	71	78	81
			Good	58	69	77	80
Close-seeded or broadcast legumes or rotation meadow	SR		Poor	66	77	85	89
			Good	58	72	81	85
	C		Poor	64	75	83	85
			Good	55	69	78	83
	C&T		Poor	63	73	80	83
			Good	51	67	76	80

Table 2-2c Runoff curve numbers for other agricultural lands ^{1/}

Cover type	Cover description		Hydrologic condition	Curve numbers for hydrologic soil group			
				A	B	C	D
Pasture, grassland, or range—continuous forage for grazing. ^{2/}			Poor	68	79	86	89
			Fair	49	69	79	84
			Good	39	61	74	80
Meadow—continuous grass, protected from grazing and generally mowed for hay.			—	30	58	71	78
Brush—brush-weed-grass mixture with brush the major element. ^{3/}			Poor	48	67	77	83
			Fair	35	56	70	77
			Good	30 ^{4/}	48	65	73
Woods—grass combination (orchard or tree farm). ^{5/}			Poor	57	73	82	86
			Fair	43	65	76	82
			Good	32	58	72	79
Woods. ^{6/}			Poor	45	66	77	83
			Fair	36	60	73	79
			Good	30 ^{4/}	55	70	77
Farmsteads—buildings, lanes, driveways, and surrounding lots.			—	59	74	82	86

Sumber: NRCS, 1986

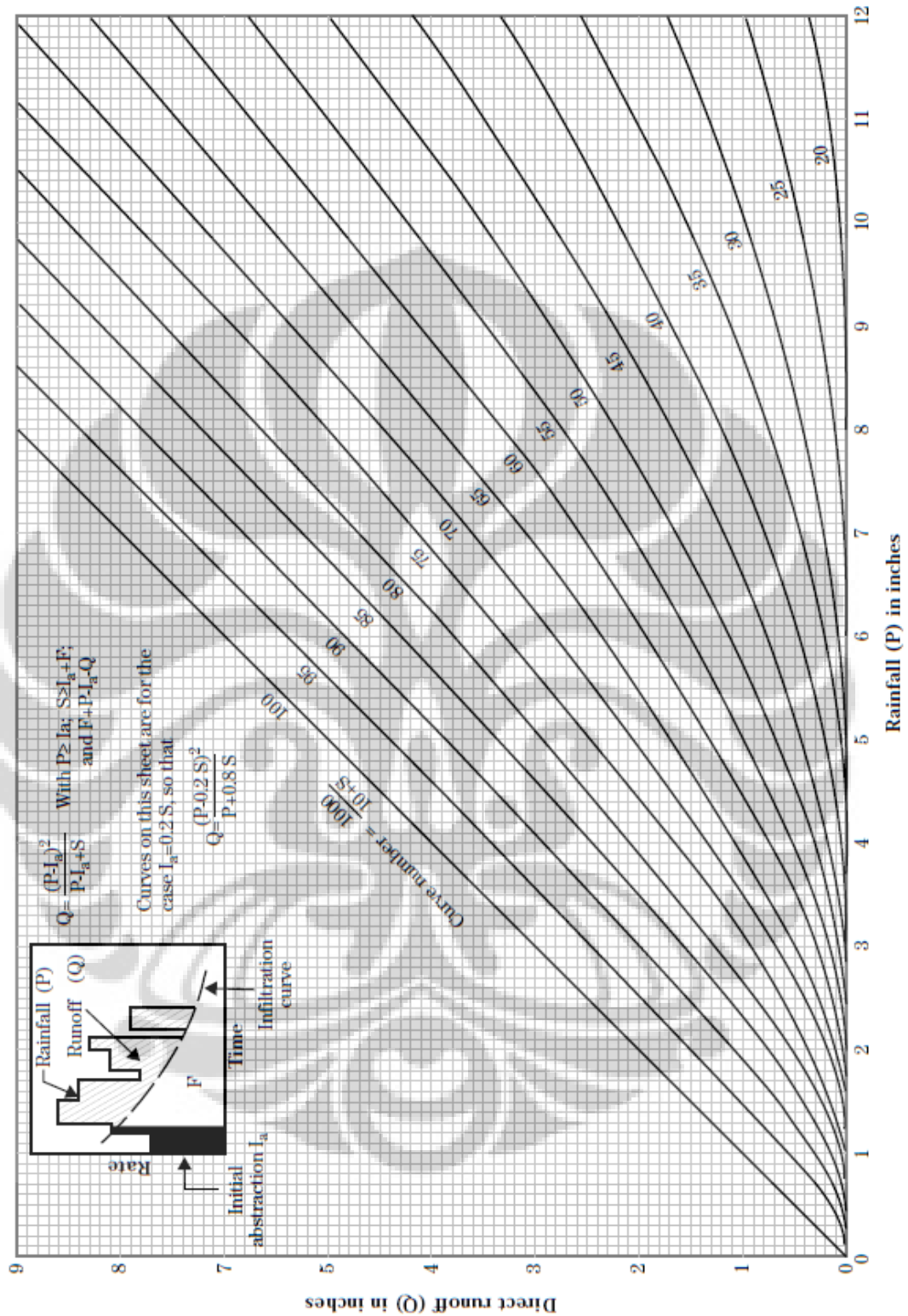
(Lanjutan)

Table 2-2d Runoff curve numbers for arid and semiarid rangelands ^{1/}

Cover description	Hydrologic condition ^{2/}	Curve numbers for hydrologic soil group			
		A ^{2/}	B	C	D
Herbaceous—mixture of grass, weeds, and low-growing brush, with brush the minor element.	Poor		80	87	93
	Fair		71	81	89
	Good		62	74	85
Oak-aspen—mountain brush mixture of oak brush, aspen, mountain mahogany, bitter brush, maple, and other brush.	Poor		66	74	79
	Fair		48	57	63
	Good		30	41	48
Pinyon-juniper—pinyon, juniper, or both; grass understory.	Poor		75	85	89
	Fair		58	73	80
	Good		41	61	71
Sagebrush with grass understory.	Poor		67	80	85
	Fair		51	63	70
	Good		35	47	55
Desert shrub—major plants include saltbush, greasewood, creosotebush, blackbrush, bursage, palo verde, mesquite, and cactus.	Poor	63	77	85	88
	Fair	55	72	81	86
	Good	49	68	79	84

Sumber: NRCS, 1986

Lampiran 2: Kurva Tinggi Limpasan (Q) – Tinggi Hujan (P)



Sumber: NRCS, 2001

Catchment ID 1
Luas Catchment 23,523 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	13,313	732,209	12,838	706,089
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60	1,158	69,472		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	0,173	11,403		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	1,592	92,352		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	0,991	60,481	2,103	128,310
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	5,649	553,641	7,935	777,657
Badan Air		100	0,646	64,621	0,646	64,621
			23,523	1584,179	23,523	1676,677

CNC

	CNc	S
2011	67	4,849
2025	71	4,029

$$S = \frac{1000}{CN} - 10$$

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	23,523	1,941	0,049	1,160
2025		2,259	0,057	1,350

$$Q = \frac{(P - 0,2 S)^2}{(P + 0,8 S)}$$

Q yang ingin dikendalikan

	Inch
Q2	0,319

$$\Delta Q = Q_{2025} - Q_{2011}$$

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	1,249	0,012

$$\text{Luas BMP} = \frac{\text{Luas Daerah Tangkapan} \times \Delta Q}{6''}$$

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	1,124	0,011

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID **2**
 Luas Catchment 108,542 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	11,271	619,896	11,170	614,334
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60	0,771	46,232		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	8,559	564,865		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	2,241	129,976		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	11,540	703,970	1,724	105,162
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	71,714	7027,983	95,266	9336,041
Badan Air		100	2,446	244,624	0,382	38,231
			108,542	9337,544	108,542	10093,769

CNc

	CNc	S
2011	86	1,624
2025	93	0,753

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	108,542	3,617	0,092	9,972
2025		4,352	0,111	11,998

Q yang ingin dikendalikan

	Inch
Q2	0,735

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	13,297	0,133

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	11,967	0,120

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID **3**
 Luas Catchment 90,413 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	4,597	252,832		0,000
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60	0,622	37,343		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	14,103	930,785		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	12,949	751,035		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	3,720	226,911	16,029	977,781
Brush	Semak yang relatif rapat	48	0,120	5,781		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	52,759	5170,382	72,055	7061,427
Badan Air		100	1,542	154,232	2,328	232,805
			90,413	7529,301	90,413	8272,013

CNc

	CNc	S
2011	83	2,008
2025	91	0,930

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	90,413	3,344	0,085	7,679
2025		4,188	0,106	9,618

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,844	2,144	21,442

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	12,720	0,127

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	11,448	0,114

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID **4**
 Luas Catchment 229,268 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55		0,000		0,000
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	4,227	278,956		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58		0,000		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	14,461	882,129		0,000
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	196,673	19273,954	215,361	21105,353
Badan Air		100	13,907	1390,733	13,907	1390,733
			229,268	21825,772	229,268	22496,086

CNc

	CNc	S
2011	95	0,504
2025	98	0,191

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	229,268	4,598	0,117	26,775
2025		4,935	0,125	28,736

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,337	0,855	8,553

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	12,867	0,129

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	11,581	0,116

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID 5
Luas Catchment 75,501 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55		0,000		0,000
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	4,412	291,225		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58		0,000		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	12,341	752,799		0,000
Brush	Semak yang relatif rapat	48	0,575	27,599		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	58,172	5700,893	75,501	7399,081
Badan Air		100	0,000	0,001	0,000	0,000
			75,501	6772,517	75,501	7399,081

CNc

	CNc	S
2011	90	1,148
2025	98	0,204

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	75,501	3,997	0,102	7,665
2025		4,920	0,125	9,436

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,924	2,346	23,463

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	11,624	0,116

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	10,461	0,105

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID 6
Luas Catchment 37,589 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	2,196	120,759		0,000
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60	3,897	233,806		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	1,465	96,688		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	3,584	207,899		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	4,697	286,500	20,889	1274,242
Brush	Semak yang relatif rapat	48	3,745	179,761		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	15,116	1481,399	12,895	1263,676
Badan Air		100	2,890	288,954	3,806	380,553
			37,589	2895,765	37,589	2918,472

CNc

	CNc	S
2011	77	2,981
2025	78	2,880

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	37,589	2,759	0,070	2,634
2025		2,813	0,071	2,686

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,055	0,139	1,387

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	0,342	0,003

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	0,308	0,003

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID 7
 Luas Catchment 147,719 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55		0,000		0,000
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	11,760	776,162		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58		0,000		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	25,128	1532,826		0,000
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	110,830	10861,377	147,719	14476,432
Badan Air		100	0,000	0,000	0,000	0,000
			147,719	13170,365	147,719	14476,432

CNc

	CNc	S
2011	89	1,216
2025	98	0,204

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	147,719	3,939	0,100	14,781
2025		4,920	0,125	18,462

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,981	2,492	24,915

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	24,150	0,241

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	21,735	0,217

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID **8**
 Luas Catchment 34,118 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	11,831	650,696	11,676	642,195
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	2,831	186,876		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	0,551	31,929		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	0,839	51,169	0,810	49,398
Brush	Semak yang relatif rapat	48	0,988	47,448		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	16,028	1570,769	20,582	2017,067
Badan Air		100	1,049	104,931	1,049	104,931
			34,118	2643,819	34,118	2813,591

CNc

	CNc	S
2011	77	2,905
2025	82	2,126

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	34,118	2,800	0,071	2,426
2025		3,265	0,083	2,830

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,466	1,183	11,828

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	2,648	0,026

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	2,383	0,024

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID 9
Luas Catchment 49,315 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	10,838	596,081	8,969	493,272
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60	4,247	254,842		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	2,728	180,029		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	1,848	107,196		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	8,718	531,778	11,045	673,763
Brush	Semak yang relatif rapat	48	0,246	11,817		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	16,788	1645,194	25,399	2489,080
Badan Air		100	3,903	390,276	3,903	390,276
			49,315	3717,212	49,315	4046,392

CNc

	CNc	S
2011	75	3,267
2025	82	2,188

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	49,315	2,611	0,066	3,270
2025		3,225	0,082	4,040

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,615	1,561	15,610

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	5,051	0,051

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	4,546	0,045

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID 10
Luas Catchment 85,276 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	10,161	558,833		0,000
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60	4,833	290,009		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	5,846	385,835		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	6,489	376,338		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	8,897	542,688	17,427	1063,074
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	40,585	3977,326	59,383	5819,504
Badan Air		100	8,466	846,554	8,466	846,554
			85,276	6977,582	85,276	7729,131

CNc

	CNc	S
2011	82	2,221
2025	91	1,033

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	85,276	3,203	0,081	6,939
2025		4,096	0,104	8,872

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,893	2,268	22,677

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	12,689	0,127

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	11,420	0,114

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID 11
Luas Catchment 9,643 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	7,123	391,758	6,980	383,924
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66		0,000		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58		0,000		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61		0,000		0,000
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	0,130	12,776	0,273	26,734
Badan Air		100	2,390	239,015	2,390	239,015
			9,643	643,548	9,643	649,673

CNc

	CNc	S
2011	67	4,985
2025	67	4,843

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	9,643	1,893	0,048	0,464
2025		1,943	0,049	0,476

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,050	0,126	1,265

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	0,080	0,001

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	0,072	0,001

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID **12**
 Luas Catchment 18,914 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	10,428	573,559	9,941	546,765
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	0,910	60,062		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58	1,051	60,982		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	0,980	59,792	1,002	61,131
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	3,539	346,855	5,966	584,667
Badan Air		100	2,005	200,462	2,005	200,462
			18,914	1301,712	18,914	1393,025

CNc

	CNc	S
2011	69	4,530
2025	74	3,578

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	18,914	2,058	0,052	0,989
2025		2,460	0,062	1,182

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,402	1,021	10,212

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	1,267	0,013

Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	1,141	0,011

Lampiran 3: Perhitungan Luas BMP (Lanjutan)

Catchment ID **13**
 Luas Catchment 7,274 Ha

Penutup Lahan	Deskripsi	CN	2011		2025	
			A (Ha)	CN x A	A (Ha)	CN x A
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]=[3]x[4]	[6]	[7]=[3]x[6]
Pervious:						
Wood, Good	Vegetasi rapat dengan dasar rumput yang lebat	55	1,468	80,748	1,368	75,258
Wood, Fair	Vegetasi rapat dengan dasar rumput pendek	60		0,000		0,000
Wood, Poor	Vegetasi jarang dan terdapat tanah terbuka	66	0,467	30,816		0,000
Meadow	Kawasan berumput yang tidak digunakan untuk gembala	58		0,000		0,000
Lawn	Pekarangan yang tertutup rerumputan	61	0,044	2,684		0,000
Brush	Semak yang relatif rapat	48		0,000		0,000
Impervious:						
Daerah terbangun	Tempat parkir, atap bangunan, jalan, dll	98	3,734	365,928	4,345	425,780
Badan Air		100	1,561	156,104	1,561	156,104
			7,274	636,280	7,274	657,142

CNc

	CNc	S
2011	87	1,432
2025	90	1,069

Tebal limpasan

	A Ha	Q2		QP2
		Inch	m	m3
	[1]	[2]	[3]	[4]=[1]x[3]
2011	7,274	3,764	0,096	0,695
2025		4,065	0,103	0,751

Q yang ingin dikendalikan

	Inch	cm	mm
Q2	0,300	0,763	7,626

Luas yang dibutuhkan untuk menjaga CN eksisting

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	0,364	0,004

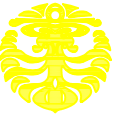
Jika 10% dari penyimpanan terinfiltrasi dan berkurang akibat evaporasi dan transpirasi

Kedalaman BMP = 6 Inch

	Ha	km ²
P2	0,328	0,003

Lampiran 4: Peta Wilayah Kampus Universitas Indonesia Depok

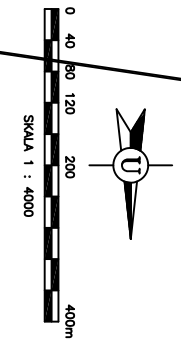
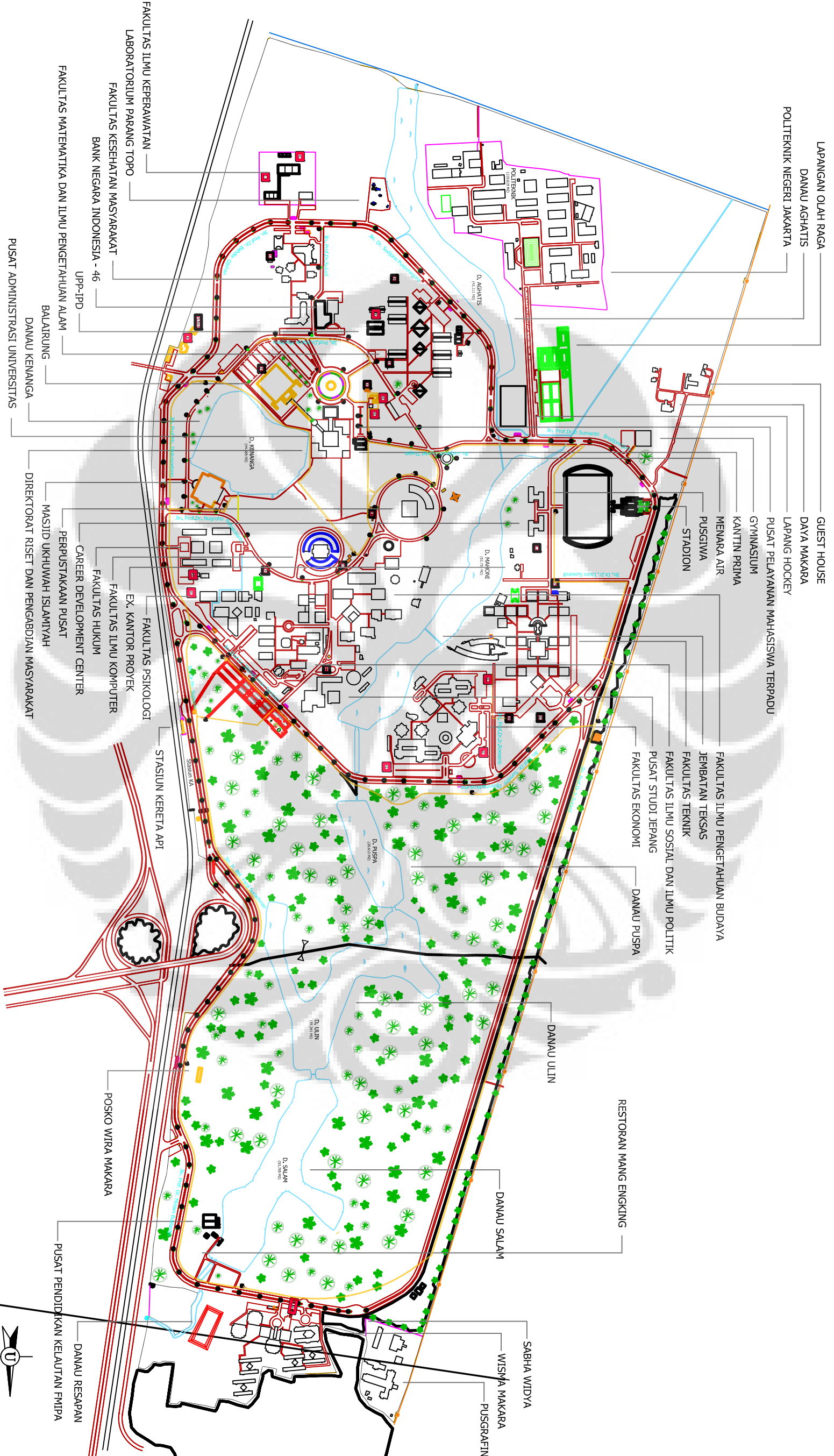




PETA DASAR EKISTING 2010
UNIVERSITAS INDONESIA

TATA GUNA BANGUNAN GEDUNG
BUILDING USES

JUDUL/DRAWING NAME
DISetujui/APPROVED
TANGGAL/DATE
NO. GAMBAR/DRAWING NO.





MASTERPAN 2008 UNIVERSITAS INDONESIA

TATA GUNA BANGUNAN GEDUNG BUILDING USES

Prof. Dr. Der Soz. GUMILAR R. SOMANTRI
REKTOR UNIVERSITAS INDONESIA

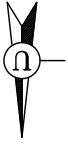
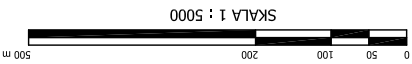
04-04-2008

NO. GAMBAR
DRAWING NO.

















TANGGAL
DATE

DISETUJUI/APPROVED

JUDUL/DRAWING NAME



DELINIASI SUB-DAS
KAMPUS
UNIVERSITAS INDONESIA
DEPOK, JAWA BARAT

- KETERANGAN**
-  SUNGAI
 -  POINT OF ORIGIN
 -  SETU
 -  BATAS CATCHMENT AREA 1
 -  BATAS CATCHMENT AREA 2
 -  BATAS CATCHMENT AREA 3
 -  BATAS CATCHMENT AREA 4
 -  BATAS CATCHMENT AREA 5
 -  BATAS CATCHMENT AREA 6
 -  BATAS CATCHMENT AREA 7
 -  BATAS CATCHMENT AREA 8
 -  BATAS CATCHMENT AREA 9
 -  BATAS CATCHMENT AREA 10
 -  BATAS CATCHMENT AREA 11
 -  BATAS CATCHMENT AREA 12
 -  BATAS CATCHMENT AREA 13



DELINIASI SUB-DAS

