



UNIVERSITAS INDONESIA

FLASHINESS PADA BEBERAPA SUNGAI DI JAKARTA

SKRIPSI

**ERIKA NUGRAHAENI
0304060304**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI, 2009**



UNIVERSITAS INDONESIA

***FLASHINESS* PADA BEBERAPA SUNGAI DI JAKARTA**

SKRIPSI

Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar sarjana

**ERIKA NUGRAHAENI
0304060304**

**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
DEPARTEMEN GEOGRAFI
DEPOK
JULI, 2009**

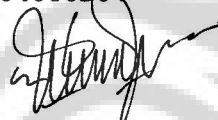
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS

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

Nama : Erika Nugrahaeni

NPM : 0304060304

Tanda Tangan :



Tanggal : 13 Juli 2009

HALAMAN PENGESAHAN

Skripsi ini diajukan oleh :
Nama : Erika Nugrahaeni
NPM : 0304060304
Program Studi : Geografi
Judul Skripsi : *Flashiness* pada Beberapa Sungai di Jakarta

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Dewan Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Program Studi Geografi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Indonesia

DEWAN PENGUJI

Pembimbing I : Drs. Mangapul P. T., M.Si

Pembimbing II : Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko, MS (

Penguji I : Drs. Sobirin, M.Si

Penguji II : Drs. Supriatna, MT (

Penguji III : Dra. M. H. Dewi Susilowati, MS (

Ditetapkan di : Depok

Tanggal : 13 Juli 2009

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya panjatkan kepada Allah SWT, yang telah membuat hal-hal yang terlihat tidak mungkin menjadi mungkin, yang atas karunia dan rahmat-Nya saya dapat menyelesaikan skripsi ini.

Pembuatan skripsi ini tentunya sangat saya sadari tidak terlepas dari bantuan-bantuan dari berbagai pihak, oleh karena itu, pada lembar ini saya ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Drs. Mangapul P. T., M.Si dan Dr. rer. nat. Eko Kusratmoko, MS selaku pembimbing I dan pembimbing II, yang telah meluangkan waktu, pikiran dan tenaga untuk mengarahkan saya dalam menyusun skripsi;
2. Drs. Sobirin, M.Si selaku penguji I, Drs. Supriatna, MT selaku penguji II dan Dra. M. H. Dewi Susilowati, MS selaku penguji III. Terima kasih atas segala masukan dan kritik yang sangat membangun selama ini;
3. Segenap dosen yang tidak bisa saya sebutkan satu persatu. Terima kasih atas berjuta ilmu yang telah diberikan dari awal semester hingga saya mendapat gelar sarjana;
3. Bapak Warman, staf Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS) yang telah membantu dalam memberikan data yang diperlukan selama skripsi;
4. Keluargaku yang telah sabar selama proses penyusunan skripsi ini. Untuk Papa, Mama, dan Eneh, terima kasih atas do'a yang senantiasa tercurah dan untuk adikku Ardi yang turut menyumbangkan tenaganya;
5. Teman-teman di Departemen Geografi angkatan 2004. Untuk Rahma yang telah menjadi pendamping seperjuangan, Chandra dan Corry yang siap siaga di geografi, Adaw dengan masukan-masukannya, Puspita dan Novi dengan masukan peta, Marwah dengan pinjaman kameranya, Nurul yang senantiasa menghujani dengan SMS penyemangat dan teman-temanku yang tidak bisa disebutkan satu persatu;
6. Seluruh karyawan di Departemen Geografi dan Fakultas MIPA yang turut membantu segala urusan administrasi.

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

Sebagai civitas akademik Universitas Indonesia, saya yang bertandatangan di bawah ini:

Nama : Erika Nugrahaeni
NPM : 0304060304
Program Studi : Geografi
Departemen : Geografi
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Jenis Karya : Skripsi

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

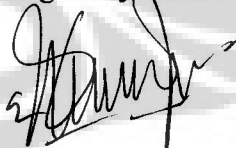
FLASHINESS PADA BEBERAPA SUNGAI DI JAKARTA

beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan Hak Bebas Royalti Noneklusif ini Universitas Indonesia berhak menyimpan, mengalihmedia/formatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat, dan mempublikasikan 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 : 13 Juli 2009

Yang menyatakan



(Erika Nugrahaeni)

ABSTRAK

Nama : Erika Nugrahaeni
Program Studi : Geografi
Judul : *Flashiness* pada Beberapa Sungai di Jakarta

Respon hidrologi di daerah aliran sungai (DAS) perkotaan yang telah mengalami perkembangan wilayah ditandai dari fluktuasi debit yang semakin besar yang terindikasikan dari tingkat *flashiness*. Melalui pengolahan data debit harian selama periode 1997-2007 dengan metode Indeks Richard-Baker (IRB), penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *flashiness* pada lima sungai di Kota Jakarta yang dikaitkan dengan karakteristik DAS dan proporsi lahan terbangun. Hasil analisis keruangan dan temporal menunjukkan bahwa tingkat *flashiness* *Kali Grogol* lebih tinggi dibanding *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, *Kali Krukut* dan *Kali Sunter*. Tingkat *flashiness* tahunan, *flashiness* periode Juni sampai September (musim kemarau), dan *flashiness* periode April-Mei dan Oktober-Nopember (musim pancaroba) pada tahun-tahun *El Nino* relatif lebih kecil dibandingkan pada tahun-tahun bukan *El Nino*. Karakteristik DAS dan lahan terbangun tidak dapat menggambarkan variasi *flashiness* di Jakarta.

Kata Kunci: Debit Sungai, Daerah Aliran Sungai (DAS), *Flashiness*, Indeks Richard-Baker (IRB), Lahan Terbangun.

ABSTRACT

Name : Erika Nugrahaeni
Study Program : Geography
Title : Flashiness of Several Rivers in Jakarta

Hidrologic response in developed urban watershed, marked from discharge fluctuation that getting increased that indicated from flashiness level. Through daily discharge data processing during 1997-2007 with Richard-Baker Index (RBI), this research aim to find out flashiness level derived from five rivers in Jakarta connected with watershed characteristics and impervious area proportion. The results of spatial and temporal analysis show that flashiness level of The Grogol River is higher than The Angke River, The Krukut River, The Pesangrahan River, and The Sunter River. Annual flashiness, flashiness for the period June to September (dry period), flashiness for the period April to May and October to November (transition period) in El Nino's years relatively smaller than flashiness in other years beside El Nino's years. Watershed characteristics and impervious area can not explained variation of flashiness in Jakarta.

Keyword: Stream Discharge, Watershed, Flashiness, Richard-Baker Index (RBI), Impervious Area.

DAFTAR ISI

HALAMAN SAMPUL.....	i
HALAMAN JUDUL.....	ii
HALAMAN PERNYATAAN ORISINALITAS.....	iii
LEMBAR PENGESAHAN.....	iv
KATA PENGANTAR.....	v
LEMBAR PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH.....	vi
ABSTRAK.....	vii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR PETA	xv
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Masalah.....	3
1.3 Tujuan dan Manfaat.....	3
1.4 Batasan Penelitian.....	3
2. TINJAUAN PUSTAKA.....	6
2.1 Konsep <i>Flashiness</i>	6
2.2 Indeks Richard-Baker (IRB).....	7
2.3 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS).....	9
2.3.1 Luas DAS.....	9
2.3.2 Bentuk DAS.....	10
2.3.3 Jaringan Sungai.....	12
2.3.4 Tutupan Lahan.....	13
2.4 Variabilitas Curah Hujan	14
3. METODOLOGI PENELITIAN.....	15
3.1 Metode Pendekatan.....	15
3.2 Pengumpulan Data.....	17
3.3 Pengolahan Data.....	17
3.4 Analisa.....	19

4. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN.....	20
4.1 Administrasi.....	20
4.1.1 <i>Kali Angke</i>	20
4.1.2 <i>Kali Pesanggrahan</i>	21
4.1.3 <i>Kali Grogol</i>	22
4.1.4 <i>Kali Krukut</i>	23
4.1.5 <i>Kali Sunter</i>	24
4.2 Morfologi	25
4.3 Geologi	25
4.4 Stasiun Pengukur Debit.....	26
4.5 Curah Hujan	28
4.6 Hidrologi.....	30
5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
5.1 Debit Aliran.....	33
5.1.1 Debit harian	34
5.1.1.1 Debit <i>Kali Angke</i>	34
5.1.1.2 Debit <i>Kali Pesanggrahan</i>	35
5.1.1.3 Debit <i>Kali Grogol</i>	36
5.1.1.4 Debit <i>Kali Krukut</i>	37
5.1.1.5 Debit <i>Kali Sunter</i>	37
5.1.2 Hubungan IRB terhadap debit	38
5.2 Nilai Indeks Richard-Baker (IRB).....	40
5.2.1 Nilai IRB tahunan	40
5.2.2 Nilai IRB pada tiap sungai	41
5.2.2.1 <i>Kali Angke</i>	42
5.2.2.2 <i>Kali Pesanggrahan</i>	43
5.2.2.3 <i>Kali Grogol</i>	43
5.2.2.4 <i>Kali Krukut</i>	44
5.2.2.5 <i>Kali Sunter</i>	44

5.3	Tingkat <i>flashiness</i> terhadap musim	45
5.3.1	Rata-rata IRB pada beberapa musim	45
5.3.2	Variasi IRB pada beberapa musim	47
5.3.2.1	Musim hujan	47
5.3.2.2	Musim kemarau	47
5.3.2.3	Musim pancaroba	48
5.4	Karakteristik DAS	51
5.4.1	Luas DAS	51
5.4.2	Bentuk DAS	51
5.4.3	Kerapatan jaringan sungai	52
5.4.4	Tutupan Lahan	53
5.5	Tingkat <i>flashiness</i> pada beberapa sungai	54
6.	KESIMPULAN.....	57
	DAFTAR PUSTAKA.....	58

DAFTAR TABEL

4.1.	Luas Administrasi DA <i>Kali Angke</i>	21
4.2.	Luas Administrasi DA <i>Kali Pesanggrahan</i>	22
4.3.	Luas Administrasi DA <i>Kali Grogol</i>	23
4.4.	Luas Administrasi DA <i>Kali Krukut</i>	24
4.5.	Luas Administrasi DA <i>Kali Sunter</i>	24
4.6.	Luas DAS (km ²) berdasarkan kelas lereng	25
4.7.	Lokasi Stasiun Pengukur Debit	27
5.1.	Nilai IRB tahunan	40
5.2.	Nilai IRB tiap sungai	41
5.3.	Rata-rata IRB pada musim penghujan	45
5.4.	Rata-rata IRB pada musim kemarau	45
5.5.	Rata-rata IRB pada musim pancaroba	46
5.6.	IRB pada tiap musim	50

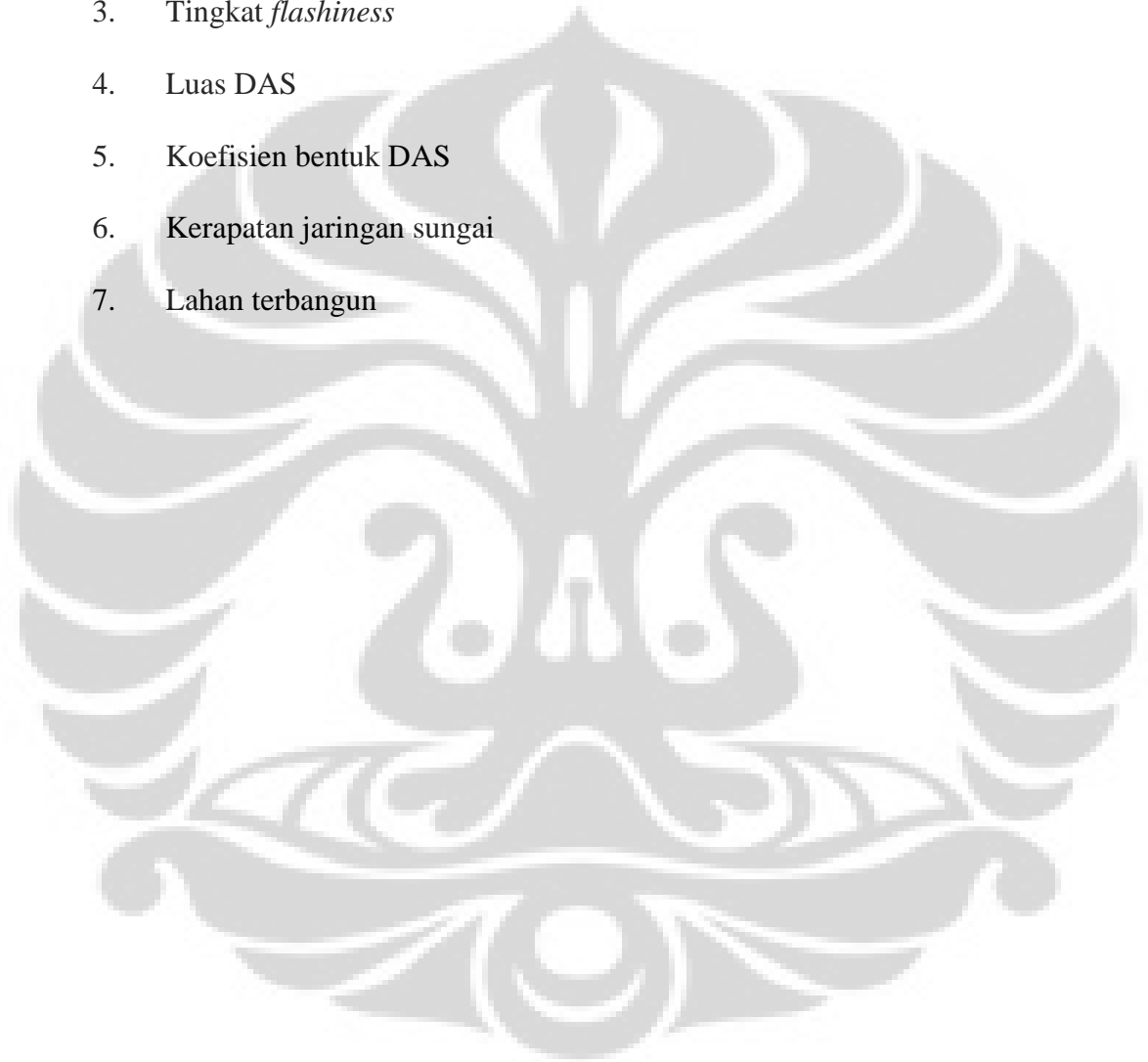
DAFTAR GAMBAR

2.1.	Tingkat <i>flashiness</i> pada dua sungai	6
2.2.	Perbandingan nilai Indeks Richard-Baker (IRB)	8
2.3.	Pengaruh luas DAS terhadap hidrograf aliran	9
2.4.	Pengaruh bentuk DAS terhadap hidrograf aliran	10
2.5.	Bentuk-bentuk DAS	11
2.6.	Pengaruh kerapatan sungai terhadap hidrograf aliran	12
2.7.	Perubahan aliran hidrologi terhadap meningkatnya lahan terbangun pada daerah tangkapan perkotaan	13
3.1.	Alur penelitian	16
4.1.	Distribusi geologi pada beberapa DAS penelitian	26
4.2.	Curah hujan tahunan pada beberapa stasiun	28
4.3.	Curah hujan tahunan pada daerah penelitian	29
4.4.	Curah hujan bulanan pada daerah penelitian	29
4.5.	Debit rata-rata bulanan pada <i>Kali Angke</i>	30
4.6.	Debit rata-rata bulanan pada <i>Kali Pesanggrahan</i>	30
4.7.	Debit rata-rata bulanan pada <i>Kali Grogol</i>	31
4.8.	Debit rata-rata bulanan pada <i>Kali Krukut</i>	31
4.9.	Debit rata-rata bulanan pada <i>Kali Sunter</i>	32
5.1.	Debit rata-rata tahunan (periode 1997-2007)	33
5.2.	Hidrograf <i>Kali Angke</i>	34
5.3.	Hidrograf <i>Kali Pesanggrahan</i>	35
5.4.	Hidrograf <i>Kali Grogol</i>	36
5.5.	Hidrograf <i>Kali Krukut</i>	37

5.6.	Hidrograf <i>Kali Sunter</i>	38
5.7.	Nilai IRB terhadap Hidrograf aliran	39
5.8.	IRB rata-rata	40
5.9.	Nilai IRB pada tiap sungai	42
5.10.	IRB <i>Kali Angke</i>	42
5.11.	IRB <i>Kali Pesanggrahan</i>	43
5.12.	IRB <i>Kali Grogol</i>	43
5.13.	IRB <i>Kali Krukut</i>	44
5.14.	IRB <i>Kali Sunter</i>	44
5.15.	Variasi IRB pada Musim Hujan	47
5.16.	Variasi IRB pada Musim Kemarau	48
5.17.	Variasi IRB pada Musim Pancaroba	49
5.18.	Luas beberapa DAS	51
5.19.	Koefisien bentuk beberapa DAS	52
5.20.	Kerapatan jaringan sungai pada beberapa DAS	53
5.21.	Persentase lahan terbangun pada beberapa DAS	53

DAFTAR PETA

1. Daerah penelitian
2. Lokasi stasiun curah hujan
3. Tingkat *flashiness*
4. Luas DAS
5. Koefisien bentuk DAS
6. Kerapatan jaringan sungai
7. Lahan terbangun



1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Daerah perkotaan merupakan daerah dengan pertumbuhan pembangunan yang pesat yang cenderung merubah lahan dari daerah resapan atau lolos air (*pervious area*) menjadi daerah kedap air (*impervious area*) ditandai dengan meningkatnya lahan terbangun dan berkurangnya vegetasi yang berfungsi menyimpan air di dalam tanah. Perubahan ini mempercepat respon hidrologi terhadap hujan terutama pada daerah aliran sungai (DAS) perkotaan. Hal ini menyebabkan air hujan yang turun, langsung melimpas ke permukaan tanah dan mengalir menuju sungai. Akibatnya volume dan kecepatan debit di sungai menjadi lebih tinggi dari keadaan normal. Meningkatnya volume dan kecepatan debit mengindikasikan kondisi DAS yang memburuk. Kondisi DAS yang buruk atau tidak stabil bila dibiarkan terlalu lama akan merusak ekosistem DAS dan juga menimbulkan bencana yang lebih besar. Untuk itu, diperlukan informasi mengenai kondisi suatu DAS demi keberlangsungan sumber daya air terutama di perkotaan.

Ada beberapa penelitian yang menghubungkan tutupan lahan di perkotaan dengan debit aliran sungai diantaranya James (1965) menjelaskan hidrograf pada kejadian banjir, naik dan turun lebih tajam di bawah kondisi perkotaan, sementara Hollis (1975) menyimpulkan respon hidrologi pada daerah perkotaan lebih *flashy* daripada respon hidrologi pada lahan tidak terbangun ditandai dengan meningkatnya volume dan kecepatan *runoff* atau aliran permukaan. Berdasarkan pernyataan itulah maka tulisan ini memilih beberapa DAS di Kota Jakarta sebagai daerah penelitian.

Secara morfologi, DAS terbagi menjadi tiga bagian wilayah yaitu hulu, tengah, dan hilir. Daerah hulu bercirikan topografi curam, alirannya deras, kemiringan lereng besar, dan merupakan daerah kikisan. Sebaliknya, aliran hilir topografi relatif landai, kemiringan lereng kecil, bentuk sungai meander, alirannya melambat, merupakan daerah sedimentasi. Namun, tidak semua DAS memiliki ciri-ciri hulu-hilir seperti disebutkan, adapula bagian hulu yang merupakan

dataran dengan debit tenang kemudian bagian hilir memiliki kemiringan lereng cukup terjal sehingga debit menjadi tidak teratur.

Berdasarkan ciri-ciri yang yang disebutkan maka Jakarta termasuk ke dalam wilayah hilir. Topografi Jakarta relatif landai hingga datar dengan sungai-sungai berbentuk meander, maka karakteristik aliran sungai cenderung lambat dengan debit yang besar. Namun, kenyataannya karakteristik aliran cenderung cepat dengan volume debit yang besar. Ada beberapa alasan yang dapat dikemukakan diantaranya pengaruh perubahan tutupan lahan dari daerah resapan air (*pervious area*) menjadi daerah kedap air (*impervious area*), dan pelurusan alur sungai bermeander.

Fluktuasi debit yang beragam mengindikasikan kondisi baik buruknya suatu DAS. Perubahan debit sungai yang cepat dalam waktu singkat dalam hidrologi dikenal dengan istilah *flashiness*. Debit yang naik dan turun dengan cepat dikatakan lebih “*flashy*” ketimbang aliran tetap. Meningkatnya *flashiness* seringkali disebabkan oleh perubahan tutupan lahan sehingga menyebabkan aliran sungai menjadi tidak stabil. Aliran sungai yang deras menimbulkan erosi (degradasi) dan sedimentasi (aggradasi) berlebih yang mengakibatkan berubahnya morfologi sungai (kecuraman tebing sungai, sedimentasi dasar sungai, sedimentasi lateral/ proses meandering).

Berdasarkan pernyataan di atas maka diperlukan analisis mengenai tingkat *flashiness* untuk menentukan kondisi sungai Jakarta relatif stabil atau cenderung *flashy*. Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengukur *flashiness*, namun dalam penelitian ini metode yang akan digunakan adalah Indeks Richard-Baker (IRB). IRB dikembangkan untuk melihat karakteristik variasi debit harian dan direpresentasikan dalam bentuk osilasi dimana debit relatif terhadap total debit pada waktu tertentu (Baker, *et al.*, 2004). Kelebihan IRB terletak pada variasi nilai IRB antartahun yang rendah. Pada prinsipnya, IRB adalah perubahan debit harian rata-rata dari hari-ke-hari dalam setahun. Dalam kurun waktu 10 tahun yakni tahun 1997 sampai tahun 2007 akan dianalisis nilai IRB pada tiap lokasi titik stasiun pengukuran debit (*gage station*).

1.2. Masalah

Bagaimanakah tingkat *flashiness* pada beberapa sungai di Jakarta?

1.3. Tujuan dan Manfaat

Secara umum tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kondisi suatu DAS dalam kurun waktu tertentu. Secara khusus penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat *flashiness* pada beberapa sungai di Jakarta sebagai indikator kondisi DAS perkotaan.

Adapun manfaat dalam menentukan tingkat *flashiness* ialah:

- a. Dapat mengetahui tingkat kestabilan sungai. Sungai yang alirannya stabil (berbanding terbalik dengan *flashiness*), tingkat erosi-sedimentasi pada sungai juga relatif rendah.
- b. Dapat mempelajari perubahan perilaku hidrologi suatu daerah tangkapan sehubungan dengan perubahan tutupan lahannya. Hipotesis sementara mengatakan perubahan penutup-penggunaan lahan seringkali diikuti dengan perubahan alur hidrologi (*hydrological pathways*) (Baker *et al.*, 2004).
- c. Dapat menentukan prioritas penanganan masalah hidrologi pada suatu DAS yang berpotensi terjadinya luapan air sungai akibat besar debit melebihi kapasitas tampung sungai.

1.4. Batasan Penelitian

- a. Daerah penelitian adalah sungai-sungai di Kota Jakarta yang memiliki stasiun pengukur debit (*gauge station*) yakni *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, *Kali Grogol*, *Kali Krukut*, dan *Kali Sunter*.
- b. Sungai adalah aliran air di permukaan, biasanya terletak di tempat yang lebih rendah daripada daerah di sekitarnya sehingga aliran dari daerah sekitarnya akan terkumpul di sungai. Panjang sungai yang dihitung adalah panjang sungai utama dan panjang seluruh sungai. Panjang sungai utama adalah panjang sungai penelitian dari hulu sampai titik stasiun pengukur debit yang digunakan untuk menghitung bentuk DAS. Panjang sungai seluruhnya adalah panjang sungai utama beserta anak sungai dan

sungai/saluran air yang alirannya mengimbuhi sungai utama. Panjang sungai seluruhnya digunakan untuk menghitung kerapatan jaringan sungai.

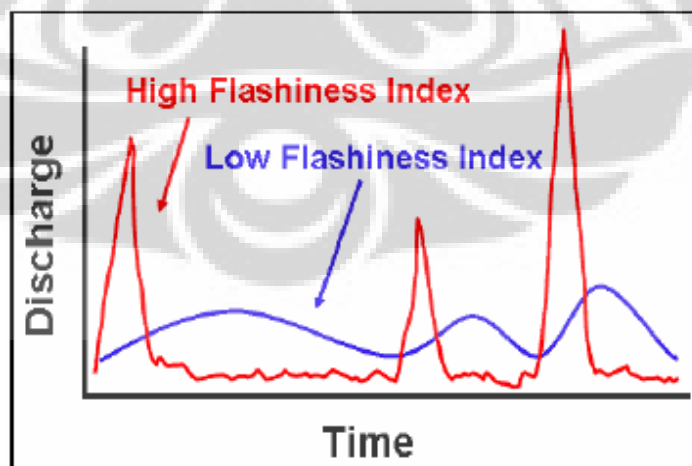
- c. Debit adalah banyaknya air yang mengalir pada satu waktu (m^3/det). Data debit dihitung secara kontinu. Perhitungan data debit harian rata-rata dilakukan dalam periode 10 tahun (1997-2007). Pengambilan data debit dilakukan pada tahun 1997-2007 karena kualitas data yang lebih baik.
- d. Stasiun pengukur debit adalah alat yang mengukur atau mencatat volume debit jam-jaman yang ditempatkan dalam bangunan berukuran ± 80 cm x 80 cm. Bagian bawah bangunan terdapat pipa yang langsung terhubung dengan aliran sungai dan ditempatkan pada sisi sungai. Stasiun ini biasanya berada pada hilir sungai, karena itu stasiun banyak tersebar di Jakarta. Stasiun pengukur yang dikelola oleh Balai Besar Wilayah Sungai *Ci Liwung-Ci Sadane* (BBWS-CC), tersebar pada lima sungai di Jakarta yakni *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, *Kali Grogol*, *Kali Krukut*, dan *Kali Sunter*.
- e. Daerah aliran sungai (DAS) 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 ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Penarikan batas DAS daerah penelitian dilakukan dengan cara melihat kesatuan sungai utama dengan anak sungainya dan di bagian hilir dibatasi hingga lokasi stasiun pengukur debit. Luas DAS penelitian pada hilir dibatasi sampai lokasi stasiun pengukur debit.
- f. Tutupan lahan adalah perwujudan kenampakan alamiah yang ada di permukaan bumi. Klasifikasi tutupan lahan berupa lahan terbuka pada tahun 2007. Tutupan lahan dihitung berdasarkan persentase per satuan luas pada tiap DAS.
- g. Variabilitas curah hujan adalah selisih antara jumlah curah hujan/frekuensi hari hujan. Variasi hujan yang digunakan berdasarkan faktor waktu dimana digunakan perbedaan musim hujan, musim kemarau dan musim pancaroba.

- h. *Flashiness* adalah perubahan debit sungai yang cepat (Baker *et al*, 2004). *Flashiness* merupakan variabel kualitatif yang berasal dari perhitungan (kuantitatif) Indeks Richard-Baker (IRB).
- i. Indeks Richard-Baker adalah indeks yang mengukur *flashiness* dengan menggunakan data debit harian rata-rata dalam setahun. Pengukuran IRB dilakukan pada tiap sungai dimana terdapat lokasi stasiun pengukuran debit. IRB menggunakan data debit 10 tahun selama periode 1997-2007. Nilai IRB yang digunakan adalah IRB rata-rata tahunan dan IRB rata-rata pada tiap sungai. Nilai IRB rata-rata tahunan adalah nilai IRB rata-rata lima sungai per tahun selama periode 1997-2007 yang digunakan untuk analisis IRB terhadap variabilitas curah hujan. Sedangkan nilai IRB rata-rata tiap sungai adalah nilai IRB rata-rata 10 tahun (1997-2007) pada tiap sungai yang digunakan untuk analisis IRB terhadap DAS (luas DAS, bentuk DAS, kerapatan sungai, dan tutupan lahan).

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Konsep *Flashiness*

Flashiness adalah perubahan kecepatan dan besar aliran sungai dalam waktu yang singkat. *Flashiness* dapat pula diartikan fluktuasi debit yang tajam. Pada hidrograf, *flashiness* ditandai dengan grafik yang mengalami kenaikan dan penurunan yang cepat. *Flashiness* merupakan bagian dari respon debit terhadap curah hujan. Perubahan jumlah dan kecepatan debit sungai dapat terjadi bila ada penambahan air dari sungai di atasnya (hulu) atau masukan dari runoff pada DAS. Pada saat terjadi runoff, air yang masuk ke sungai menambah volume debit. Tetapi kenaikan volume ini tidak selalu diikuti dengan kenaikan tingkat *flashiness*. Aliran dikatakan *flashy* apabila debit mengalami kenaikan dan penurunan yang cepat. Sebaliknya aliran yang stabil kenaikan dan penurunan volume debit tidak mengalami perbedaan yang signifikan, karena itu pada hidrograf digambarkan sebuah grafik datar. Jadi, apabila kenaikan volume debit terjadi secara konsisten maka *flashiness* dikatakan rendah. Sementara itu, *flashiness* yang tinggi terjadi apabila kenaikan volume debit dalam waktu singkat mengalami penurunan. Semakin tinggi tingkat *flashiness* maka sungai dikatakan tidak stabil dan mencerminkan kondisi DAS yang kurang baik.



Gambar 2.1 Tingkat *flashiness* pada dua sungai

Sumber: MDEQ (*Michigan Department of Environmental Quality*), 2004

Pengukuran *flashiness* dapat dilakukan dengan berbagai cara seperti pengamatan pada bentuk hidrograf, penggunaan rasio debit maksimum terhadap debit minimum (Q_{maks}/Q_{min}) seperti yang dilakukan Ward, dan yang terakhir dengan pendekatan suatu indeks. Pendekatan indeks inipun mengalami perkembangan. Sebelumnya terdapat Indeks Richard dimana pengukuran dilakukan dengan cara menelusuri garis hidrograf tahunan dibagi dengan median debit aliran, karena itu indeks ini dikenal dengan Richard Pathlength. Indeks Richard mengalami perkembangan menjadi Indeks Richard-Baker (IRB) pada tahun 2004. Bila dibandingkan dengan Richard Pathlength, IRB memiliki variabilitas antar tahun yang rendah terlihat pada koefisien variasi yang lebih rendah daripada metode pengukuran yang lain, seperti yang diungkapkan dalam *Journal of The American Water Resources Assosiation* (JAWRA).

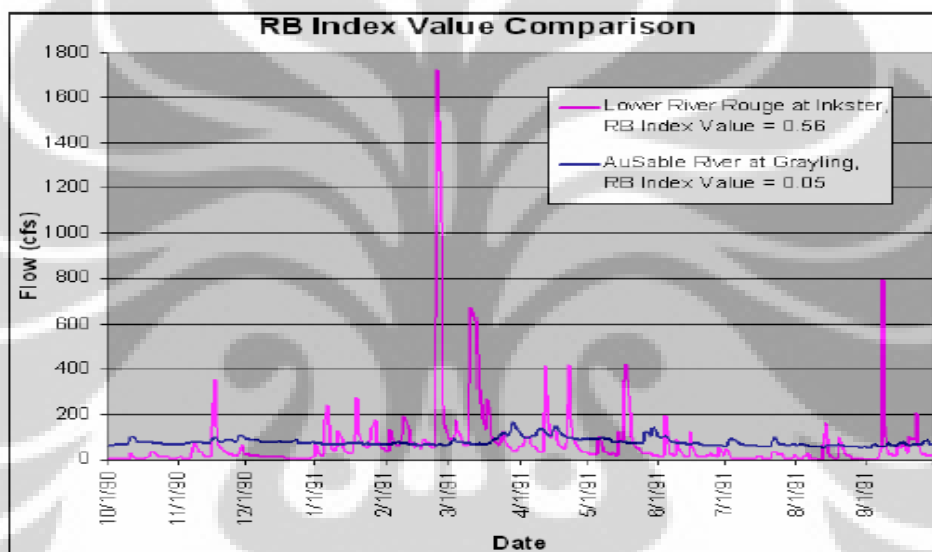
2.2 Indeks Richard-Baker (IRB)

Indeks Richard-Baker (IRB) merupakan indeks baru hasil modifikasi indeks sebelumnya, Indeks Richard. Baker dkk (2004), mengembangkan indeks *flashiness* Richard-Baker untuk mempelajari perubahan perilaku hidrologi pada beberapa daerah aliran sungai (DAS) di Amerika Serikat akibat perubahan penggunaan tanah. Alasan menggunakan IRB karena variabilitas antar tahunnya rendah terlihat dari koefisien variasi yang lebih rendah bila dibandingkan dengan metode lain seperti hidrograf tahunan dan Indeks Richard (JAWRA, 2004). Selain itu dengan IRB, signifikansi kecenderungan pada *flashiness* dapat terlihat pada periode singkat.

Perhitungan IRB, berdasarkan rumusan, merupakan penjumlahan mutlak dari perubahan debit hari-ke-hari lalu dibagi dengan total debit dalam setahun. Berikut perhitungan IRB, dimana q_i adalah debit harian rata-rata (m^3/det) dalam setahun:

$$R - B Index = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{i-1}|}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (2.1)$$

Konsep perhitungan IRB pada dasarnya menghitung panjang garis hidrograf dengan menjumlahkan panjang tiap kenaikan dan penurunan garis hidrograf kemudian dibagi dengan total volume debit. Nilai IRB tergantung dengan panjang garis hidrograf suatu aliran sungai. Garis hidrograf yang semakin panjang menandakan nilai IRB yang semakin besar pula. Nilai IRB (kuantitatif) akan dikualitatifkan menjadi beberapa kelas yang menunjukkan tingkat *flashiness*. Jadi, semakin panjang garis hidrograf, semakin besar nilai IRB, semakin tinggi tingkat *flashiness*.



Gambar 2.2 Perbandingan nilai Indeks Richard-Baker (IRB)

Sumber: MDEQ, 2004

Secara teori nilai IRB memiliki range 0 sampai 2. Nilai nol menunjukkan kemungkinan aliran yang konstan atau stabil. Sedangkan nilai yang semakin tinggi mengindikasikan meningkatnya *flashiness*. Pada grafik di atas, berdasarkan hasil penelitian oleh Michigan Department of Environment Quality (MDEQ) yang membandingkan nilai IRB antara dua sungai, Sungai Ausable dan Sungai Rouge bawah. Hidrograf tahunan yang ditunjukkan kedua sungai sangat berbeda. Pada sungai Ausable grafik hidrograf cenderung datar sedangkan sungai Rouge bawah menunjukkan debit aliran yang tidak teratur dan meninggi secara ekstrim pada waktu tertentu. Setelah dilakukan perhitungan maka nilai IRB sungai Ausable jauh lebih rendah dibandingkan sungai Rouge bawah, masing-masing bernilai

0,05 dan 0,56. Nilai IRB sungai Rouge bawah mengindikasikan keadaan sungai yang sangat flashy atau tidak stabil. Informasi ini menjadi bahan pertimbangan prioritas penanganan masalah DAS terutama di negara bagian Amerika Serikat, Michigan.

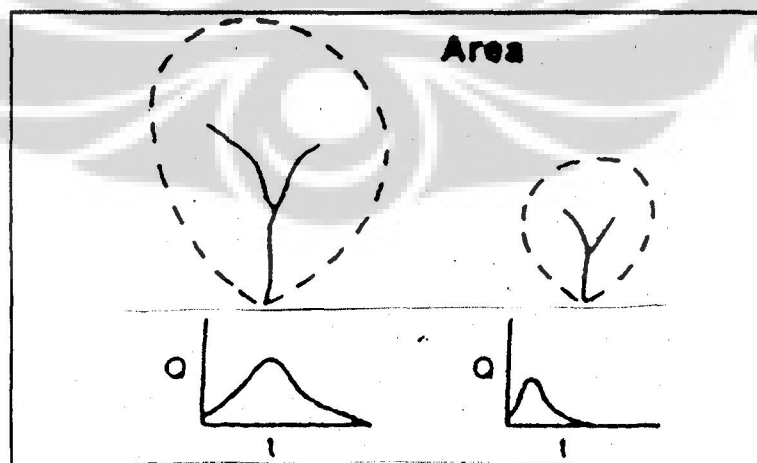
2.3 Karakteristik Daerah Aliran Sungai (DAS)

DAS sebuah sungai adalah daerah tempat hujan mengkonsentrasi ke sungai. Garis batas daerah-daerah aliran yang berdampingan disebut batas DAS. Luas DAS diperkirakan dengan pengukuran daerah itu pada peta topografi. Luas DAS, topografi, vegetasi mempunyai pengaruh terhadap debit banjir, corak, banjir, debit pengaliran dasar dan seterusnya.

Karakteristik DAS yang berpengaruh besar pada aliran permukaan meliputi luas dan bentuk DAS, kerapatan jaringan sungai, dan penutup lahan.

2.3.1 Luas DAS

Laju dan volume aliran permukaan makin bertambah besar dengan bertambahnya luas DAS. Tetapi apabila aliran permukaan tidak dinyatakan sebagai jumlah total dari DAS melainkan sebagai laju dan volume per satuan luas (DAS), besarnya akan berkurang dengan bertambahnya luas DAS. Ini berkaitan dengan waktu yang diperlukan air untuk mengalir dari titik terjauh sampai ke titik pengamatan dan juga penyebaran atau intensitas hujan.

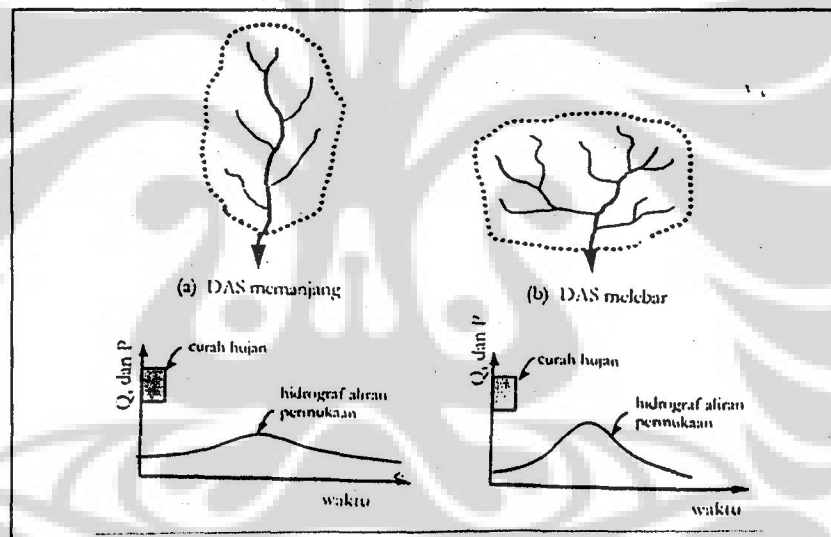


Gambar 2.3 Pengaruh luas DAS terhadap hidrograf aliran

Sumber: Asdak, 2002

2.3.2 Bentuk DAS

Bentuk DAS mempunyai pengaruh pada pola aliran dalam sungai. Bentuk DAS yang memanjang dan sempit cenderung menurunkan laju aliran daripada DAS berbentuk melebar walaupun luas keseluruhan dari dua DAS tersebut sama. Hal ini terjadi karena aliran pada bentuk DAS memanjang tidak terkonsentrasi secepat pada DAS dengan bentuk melebar. Artinya, jarak antara tempat jatuhnya air hujan dengan titik pengamatan pada bentuk DAS memanjang lebih besar daripada jarak antara dua titik tersebut pada bentuk DAS melebar. Karena jaraknya lebih panjang, maka waktu yang diperlukan air hujan tersebut untuk sampai ke titik pengamatan juga lebih lama, dan dengan demikian, menurunkan waktu terjadinya debit puncak dan volume debit puncak.



Gambar 2.4 Pengaruh bentuk DAS terhadap hidrograf aliran

Sumber: Suripin, 2004.

Ada beberapa bentuk DAS yang terbentuk dari pola sungai diantaranya:

a. bentuk bulu burung

Jalur daerah di kiri kanan sungai utama di mana anak-anak sungai mengalir ke sungai utama disebut daerah pengaliran bulu burung. Daerah pengaliran yang demikian mempunyai debit banjir yang kecil, oleh karena itu waktu tiba banjir dari anak-anak sungai berbeda-beda. Sebaliknya banjirnya berlangsung agak lama.

b. bentuk radial

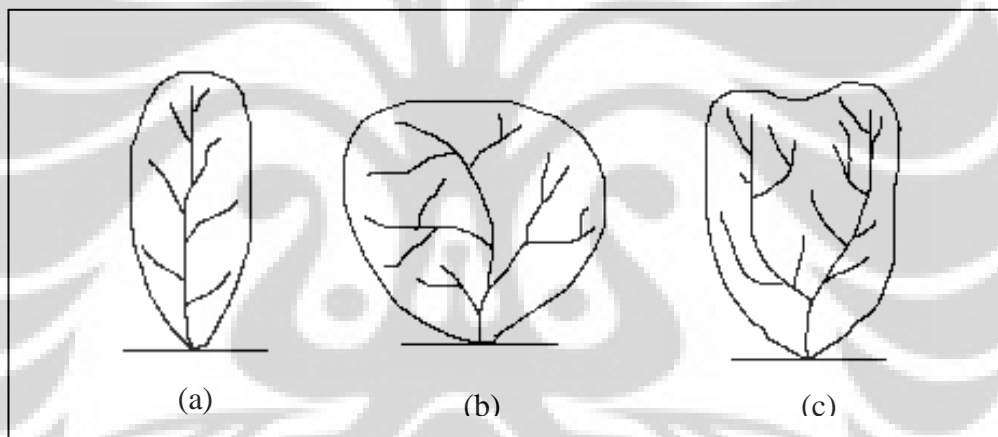
Daerah pengaliran yang berbentuk kipas atau lingkaran dan di mana anak-anak sungainya mengkonsentrasi ke suatu titik secara radial disebut daerah pengaliran radial. Daerah pengaliran radial mempunyai debit banjir yang besar di dekat titik pertemuan anak-anak sungai.

c. bentuk paralel

Bentuk ini mempunyai corak di mana dua jalur daerah pengaliran yang bersatu di bagian pengaliran yang besatu di bagian hilir. Banjir terjadi di sebelah hilir titik pertemuan sungai-sungai.

d. bentuk kompleks

Hanya beberapa buah daerah aliran yang mempunyai bentuk-bentuk ini dan disebut daerah pengaliran yang kompleks.



Gambar 2.5 Bentuk-bentuk DAS. (a) bulu burung, (b) radial, (c) paralel.

Untuk memperlihatkan bentuk DAS dapat digunakan suatu koefisien. Koefisien ini memperlihatkan perbandingan antara luas DAS itu dengan panjang sungainya. Makin besar harga F , makin lebar DAS itu.

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (2.2)$$

dimana: F = koefisien bentuk

A = luas DAS (km^2)

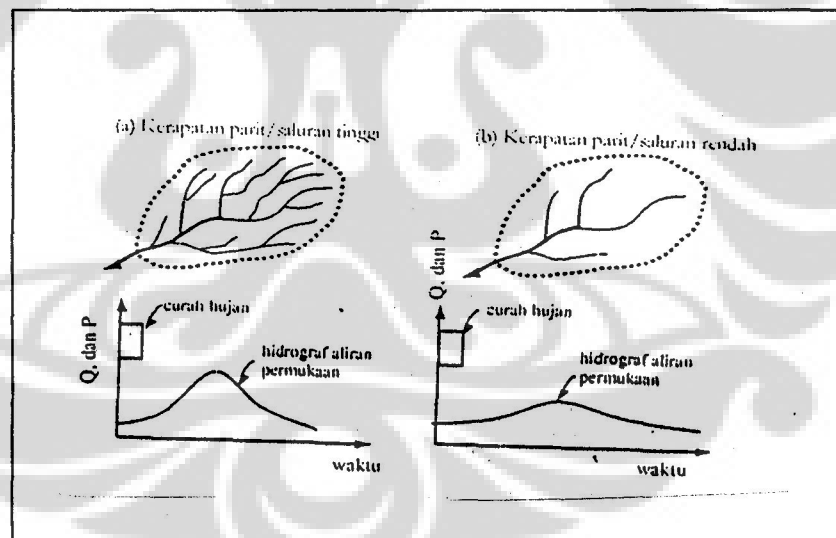
L = panjang sungai utama (km^2)

2.3.3 Jaringan sungai

Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu pengaliran.

$$\text{Kerapatan sungai} = \frac{\text{jumlah panjang sungai utama beserta anak sungai (km)}}{\text{luas DAS (km}^2\text{)}} \quad (2.3)$$

Pada perhitungan kerapatan sungai, jumlah panjang sungai per luasan DAS menunjukkan tingkat kerapatannya. Jika kerapatan jaringan sungai tinggi maka jarak yang harus ditempuh air untuk mengalir lebih pendek. Jadi semakin tinggi kerapatan daerah aliran, semakin besar kecepatan aliran untuk curah hujan yang sama. Oleh karena itu dengan kerapatan daerah aliran tinggi, debit puncak akan tercapai dalam waktu yang lebih cepat.

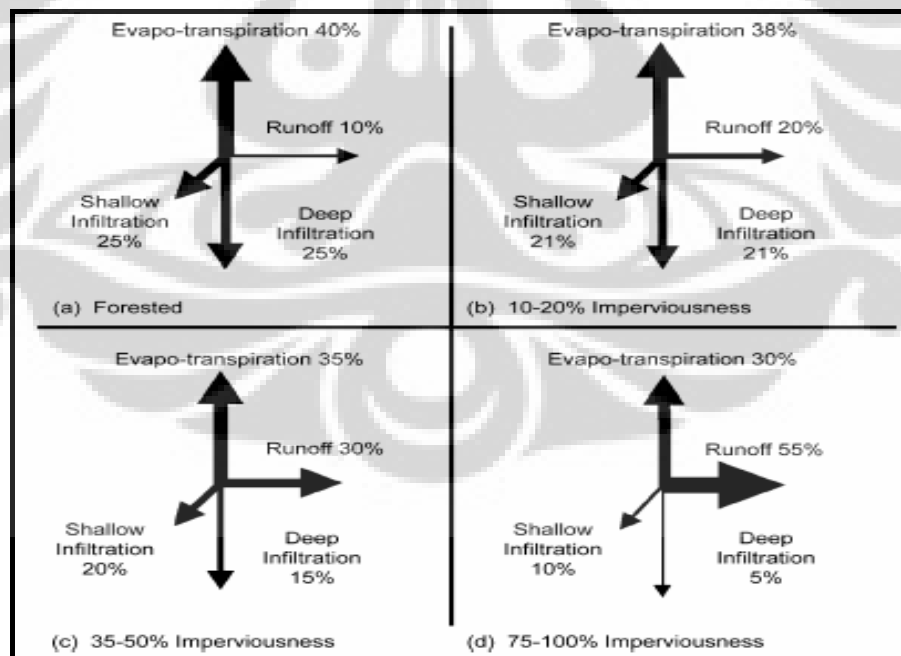


Gambar 2.6 Pengaruh kerapatan sungai terhadap hidrograf aliran

Sumber: Suripin, 2004.

2.3.4 Tutupan Lahan

Bentuk fisik yang paling dominan di perkotaan adalah banyaknya daerah terbangun atau daerah kedap air sehingga ketika hujan terjadi pada suatu daerah tangkapan air, membawa dampak berkurangnya infiltrasi dan meningkatnya aliran permukaan (*surface runoff*). Arnold dan Gibbons (1996) mengatakan persentase tutupan lahan terbangun (*impervious surface cover*) pada daerah tangkapan yang memiliki kenaikan 10-20%, aliran permukaan (*runoff*) akan meningkat dua kali lipat; pada daerah dengan lahan terbangun 35-50% maka *runoff* akan membesar tiga kali lipat; sedangkan lahan terbangun yang mencapai persentase 75-100% atau menutupi hampir seluruh daerah tangkapan menyebabkan menaiknya tingkat *runoff* menjadi lima kali lipat dari daerah bervegetasi atau berhutan (lihat gambar 2.6). Karakteristik aliran sungai dipengaruhi oleh perubahan tutupan lahan terbangun. Pada waktu alir terdapat perbedaan waktu antara volume curah hujan ke volume *runoff* yang menjadi lebih pendek pada daerah tangkapan di perkotaan akibatnya waktu debit puncak menjadi lebih cepat (Espey *et al.* 1965, Hirsch *et al.* 1990).



Gambar 2.7 Perubahan aliran hidrologi terhadap meningkatnya lahan terbangun pada daerah tangkapan perkotaan

Sumber: Arnold & Gibbons, 1996

2.4 Variabilitas Curah Hujan

Turunnya curah hujan di suatu daerah tidak sama, berbeda antara daerah yang satu dengan daerah yang lain, begitu juga dengan waktu jatuhnya tergantung pada karakteristik wilayahnya. Rata-rata curah hujan kurang bisa menggambarkan karakter curah hujan di suatu daerah, karena itu digunakan variabilitas curah hujan. Indonesia merupakan negara kepulauan yang dikelilingi lautan sehingga Indonesia beriklim tropis dengan matahari sepanjang tahun dan jumlah curah hujan yang sangat besar terutama di bagian barat. Pulau Jawa termasuk daerah yang mendapat pasokan hujan cukup besar dengan variasi hujan yang tidak jauh berbeda namun polanya dapat diketahui bahwa semakin ke timur jumlah curah hujan semakin berkurang. Jawa bagian barat mendapat curah hujan yang lebih besar daripada bagian timur.

Pada daerah penelitian, Jakarta termasuk daerah yang mendapat hujan cukup besar dengan distribusi hujan yang cukup merata/homogen karena pengaruh topografi yang landai hingga datar. Jumlah hujan yang besar, variabilitas curah hujan (*temporal variability*) yang rendah tentunya akan mempengaruhi keberadaan sumber daya air terutama hidrologis sungai-sungai di Jakarta. Pada saat musim kemarau dimana jumlah curah hujan lebih sedikit daripada keadaan normal, seharusnya sungai masih memiliki cadangan air yang diambil dari pasokan air bawah tanah. Sedangkan pada saat musim hujan, debit di sungaipun akan ikut meningkat namun bila kondisi DAS baik maka debitnya tidak akan terlalu besar karena sebelumnya telah diserap baik oleh tanah. Nyatanya keadaan seperti ini tidak terjadi di Jakarta. Ketika musim penghujan baik sungai-sungai kecil maupun sungai besar seperti *Ci Liwung* merespon curah hujan terlalu cepat, aliran yang dibawa dari hulu menjadi besar dan waktu kedatangan menjadi lebih singkat.

3. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Pendekatan

Penelitian bertujuan untuk mengetahui karakteristik *flashiness* pada beberapa sungai di Jakarta melalui perhitungan Indeks Richard-Baker (IRB) yang dihubungkan dengan beberapa variabel Daerah Aliran Sungai (DAS) dan curah hujan.

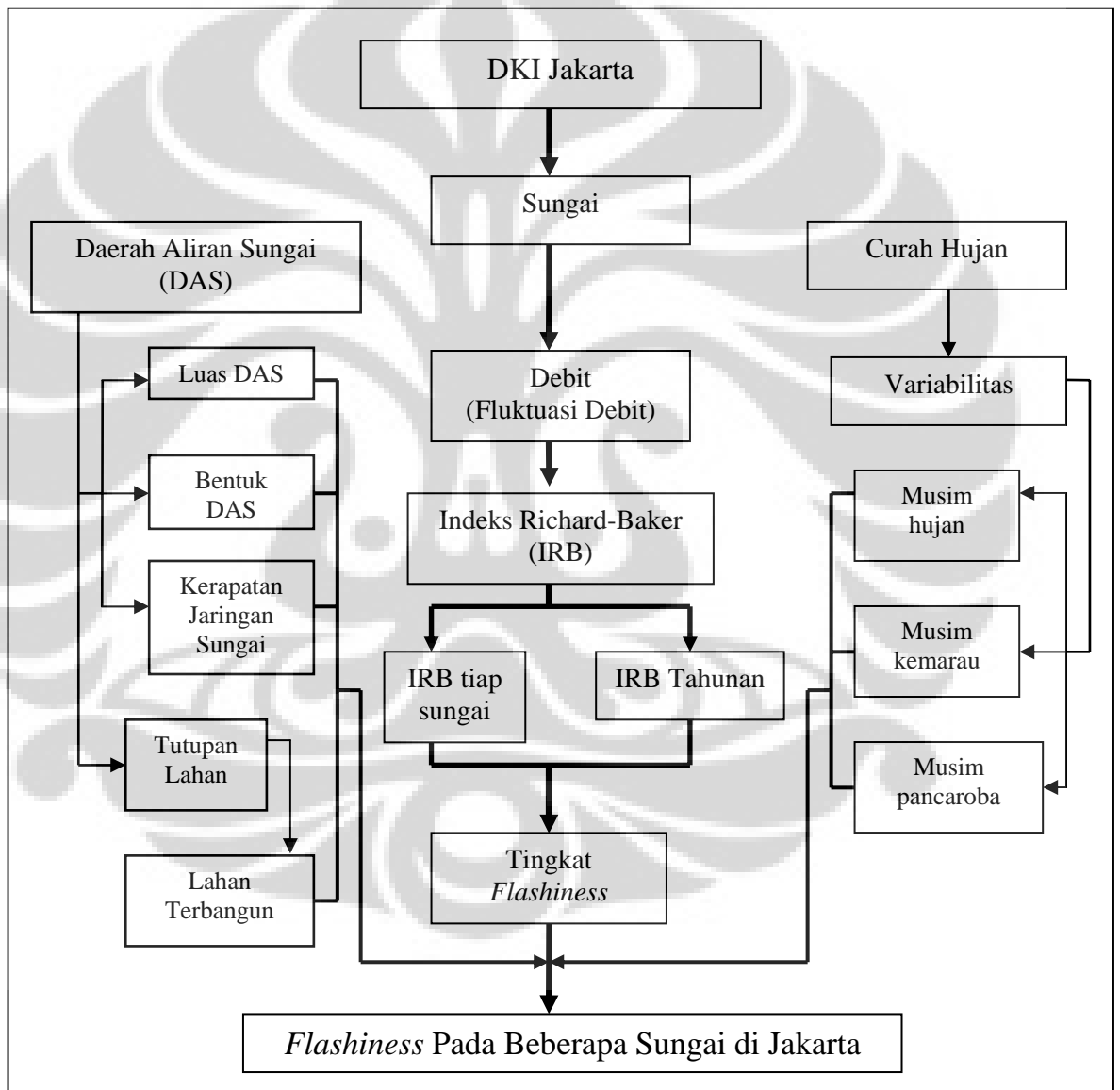
Adapun beberapa variabel dalam penelitian diantaranya *flashiness*, variabel DAS dan variabel curah hujan yang mempengaruhi besar-kecilnya tingkat *flashiness*. Variabel DAS terdiri dari luas DAS, bentuk DAS, dan kerapatan jaringan sungai yang merupakan faktor alamiah yang cenderung tetap, sedangkan variabel tutupan lahan (lahan terbangun) yang terdapat dalam DAS merupakan faktor manusia (*antropogenic faktor*) yang cenderung berubah. Variabel curah hujan termasuk faktor atmosfer yang menjadi masukan (*input*) dalam proses hidrologi yang cenderung fluktuatif. Karakteristik curah hujan yang digunakan adalah variabilitas curah hujan berdasarkan musim (hujan, kemarau, dan pancaroba).

Berdasarkan variabel tersebut maka dibuat bagan alur penelitian (lihat gambar 3.1). Pada bagan terdapat tiga bagian yaitu bagian kanan yang menjelaskan variabel curah hujan, bagian kiri yang menjelaskan variabel DAS dan bagian tengah yang menjelaskan variabel *flashiness* beserta metode pengukurannya. Ketiga bagian tersebut bertemu dalam penganalisaan antara tingkat *flashiness* dengan DAS dan curah hujan.

Daerah penelitian berada pada beberapa sungai di Jakarta yang memiliki stasiun pengukur debit. Pada aliran tersebut digunakan informasi debit harian (fluktuasi debit) yang akan digunakan sebagai data perhitungan IRB.

Perhitungan nilai IRB berupa nilai IRB rata-rata tahunan pada lima DAS (periode 1997-2007) dan nilai IRB rata-rata selama 10 tahun pada tiap DAS. Hasil IRB kemudian ditransformasikan ke dalam tingkat *flashiness* yang bersifat kualitatif.

Setelah itu dilakukan analisis perbandingan (*comparative analysis*) antara tingkat *flashiness* berdasarkan IRB tiap sungai dengan luas DAS, bentuk DAS yang dihitung dengan koefisien F, kerapatan jaringan, dan persentase lahan terbangun dan analisis perbandingan antara tingkat *flashiness* berdasarkan IRB tahunan dengan variabilitas curah hujan musim hujan, musim kemarau dan musim pancaroba. Analisis tersebut akan menghasilkan suatu kesimpulan mengenai tingkat *flashiness* yang terbentuk pada beberapa aliran sungai di Jakarta.



Gambar 3.1 Alur Penelitian

3.2 Pengumpulan Data

- a. Data debit harian periode 1997-2007 pada stasiun pengukur debit yang tersebar pada beberapa sungai di Jakarta yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS-CC).
- b. Data curah hujan bulanan periode 1997-2007 yang diperoleh dari Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS-CC) pada beberapa lokasi titik stasiun curah hujan yang mewakili daerah hulu dan hilir DAS (Lihat peta 2).

3.3 Pengolahan Data

- a. Pengukuran tingkat *flashiness* dengan metode IRB

Ada beberapa metode yang digunakan untuk mengetahui tingkat *flashiness* tapi metode yang akan dipakai ialah Indeks Richard-Baker (IRB). Indeks ini memiliki variasi nilai indeks antar-tahun yang rendah. IRB memiliki rumus sbb:

$$R - B Index = \frac{\sum_{i=1}^n |q_i - q_{i-1}|}{\sum_{i=1}^n q_i} \quad (3.1)$$

Dimana: q_i = debit harian rata-rata (m^3/det) dalam setahun. Konsep perhitungan IRB pada dasarnya merupakan penjumlahan mutlak dari perubahan debit dari hari-ke-hari lalu dibagi dengan total debit. Perhitungan IRB dilakukan pada lima sungai di Jakarta dengan mengambil data debit harian periode 1997-2007. Data ini diolah dengan rumus 3.1 dan akan menghasilkan nilai IRB bulanan. IRB bulanan pada tiap sungai kemudian dirata-ratakan menjadi IRB tahunan.

b. Pengolahan data DAS

Pengolahan data DAS dilakukan dengan menghitung luas DAS, koefisien bentuk DAS, kerapatan jaringan sungai dan persentase lahan terbangun tahun 2007 dimana datanya berasal dari peta Jabodetabek yang bersumber dari Badan Pertanahan Nasional (BPN).

Bentuk DAS dihitung dengan menggunakan koefisien bentuk DAS dengan rumus sbb:

$$F = \frac{A}{L^2} \quad (3.2)$$

Keterangan:

F = koefisien bentuk DAS

A = luas DAS (km²)

L = panjang sungai utama (km)

Kerapatan jaringan sungai dihitung dengan cara membagi panjang sungai keseluruhan (km) dengan luas DAS (km²).

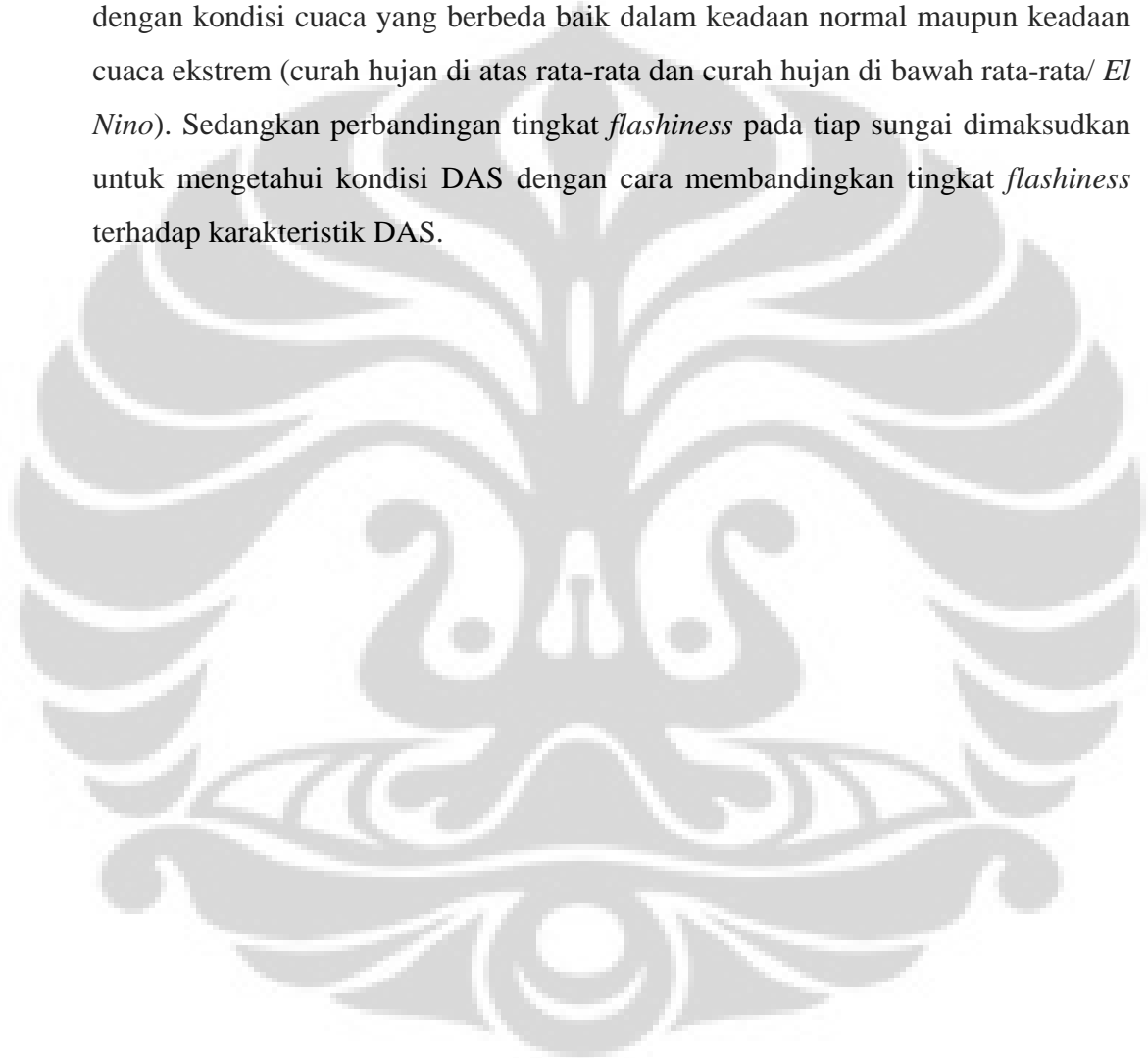
$$\text{Kerapatan sungai} = \frac{\text{jumlah panjang sungai utama beserta anak sungai (km)}}{\text{luas DAS (km}^2\text{)}} \quad (3.3)$$

c. Pengolahan data curah hujan

Pengolahan data curah hujan dilakukan dengan cara menghitung rata-rata curah hujan pada musim hujan (Desember-Maret), musim kemarau (Juni-September), dan musim pancaroba (April-Mei dan Oktober-Nopember) selama periode 1997-2007 pada beberapa stasiun curah hujan yang tersebar pada beberapa titik (lihat peta 2).

3.4 Analisa

Untuk menjawab pertanyaan penelitian maka analisa yang digunakan adalah analisis perbandingan (*comparative analysis*) tingkat *flashiness* pada tiap musim dan perbandingan tingkat *flashiness* pada tiap sungai. Perbandingan tingkat *flashiness* pada tiap musim digunakan untuk mengetahui kondisi DAS dengan kondisi cuaca yang berbeda baik dalam keadaan normal maupun keadaan cuaca ekstrem (curah hujan di atas rata-rata dan curah hujan di bawah rata-rata/ *El Nino*). Sedangkan perbandingan tingkat *flashiness* pada tiap sungai dimaksudkan untuk mengetahui kondisi DAS dengan cara membandingkan tingkat *flashiness* terhadap karakteristik DAS.



4. GAMBARAN UMUM DAERAH PENELITIAN

4.1. Administrasi

Daerah penelitian berupa lima sungai di Jakarta yang sebagian besar berhulu di luar Jakarta dan semuanya berhilir ke Jakarta. Lima sungai tersebut, dari barat ke timur, yaitu *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, *Kali Grogol*, *Kali Krukut*, dan *Kali Sunter*. *Kali Sunter* terletak paling timur dan agak jauh dari keempat sungai lainnya.

Secara umum, aliran sungai penelitian melewati dua Kabupaten, empat Kota dan empat Kotamadya yakni Kabupaten Tangerang, Kabupaten Bogor, Kota Tangerang, Kota Bogor, Kota Depok, Kota Bekasi, Kotamadya Jakarta Utara, Kotamadya Jakarta Barat, Kotamadya Jakarta Pusat, dan Kotamadya Jakarta Selatan.

Arah aliran sungai-sungai di Jakarta ke utara dan bermuara ke *Teluk Jakarta* tapi adapula yang alirannya dialihkan ke saluran buatan sebagai bagian dari rencana tata kota Jakarta. Sungai-sungai di Jakarta sebagian telah mengalami perubahan seperti pelurusan sungai, penyempitan sungai, penambahan saluran-saluran, dan normalisasi sungai pada *Kali Angke* yang saat ini dikerjakan Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS-CC).

4.1.1. *Kali Angke*

Sungai yang terletak di paling barat ini memiliki panjang $\pm 82,51$ km. Alirannya dari hulu melintasi Kota Bogor, Kabupaten Bogor, Kabupaten Tangerang, Kota Tangerang, Kotamadya Jakarta Barat, dan berakhir di muara angke, Jakarta Utara. Sebagian besar anak sungainya menempati Kabupaten Tangerang dan semakin mendekati ke hilir aliran sungai menjadi satu dengan induk sungai. Berdasarkan batas sungai penelitian, aliran *Kali Angke* berakhir pada titik stasiun pengukur debit yang terletak di Rawabuaya, Jakarta Barat.

Kali Angke berada pada daerah aliran sungai (DAS) Angke dengan luas ± 216.70 km². Bentuk DAS ini memanjang di bagian hulu, kemudian melebar di bagian tengah dan hilir.

Sebagian besar wilayah DA *Kali Angke* terletak di Kabupaten Tangerang dengan persentase luas 51%. Kota Tangerang dan Kotamadya Jakarta Barat masuk ke dalam wilayah DAS sebesar 40,49 km² atau 19%. Sedangkan di bagian selatan, Kota Bogor dan Kabupaten Bogor menempati 31% terhadap luas DA *Kali Angke*. Jadi, DA *Kali Angke* sebagian besar berada di luar Jakarta dengan persentase 96%, hanya seperduapuluh luas Jakarta yang termasuk dalam DAS ini. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.1 mengenai luas DA *Kali Angke* pada beberapa daerah administrasi tingkat Kabupaten/Kotamadya.

Tabel 4.1. Luas Administrasi DA *Kali Angke*

Administrasi	Luas (km ²)	Persentase
Bogor	50	23
Kota Bogor	16,54	8
Tangerang	109,67	51
Kota Tangerang	30,46	14
Kodya JakBar	10,03	5
Total Luas Lahan	216,70	100

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.1.2. *Kali Pesanggrahan*

Berbatasan dengan *Kali Angke* di sebelah timur, *Kali Pesanggrahan* dengan panjang $\pm 77,21$ km, melewati Kota Bogor di hulu, Kabupaten Bogor, Kota Depok, Kabupaten Tangerang, Jakarta Selatan, dan Jakarta Barat. *Kali Pesanggrahan* menjadi batas administrasi antara Kota Depok dengan Kabupaten Tangerang.

Aliran *Kali Pesanggrahan* di bagian hulu hingga tengah memiliki banyak anak sungai, semakin ke hilir aliran bergabung menjadi satu dan sungainya membentuk meander. *Kali Pesanggrahan* berada dalam DA *Kali Pesanggrahan* dengan luas ± 120.95 km². DA *Kali Pesanggrahan* berbentuk memanjang dimana pada bagian hulu menuju tengah cenderung melebar dengan banyak anak sungai yang tidak terlalu rapat dan semakin ke hilir bentuk DAS cenderung memanjang.

Secara administrasi, sebagian besar DA *Kali Pesanggrahan* berada di Kabupaten Bogor dengan luas lahan $\pm 70,69$ km² atau 58% dari luas DAS. Hanya

16% luas DAS berada di dalam Jakarta. Sedangkan di sebelah barat Jakarta yaitu di Kabupaten Tangerang 10% dari luasnya masuk dalam DAS ini. Jadi sebagian besar DA *Kali Pesanggrahan* berada di selatan Jakarta atau bagian hulu sungai sebesar 58%. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.2 mengenai luas DA *Kali Pesanggrahan* pada beberapa daerah administrasi tingkat Kabupaten/Kotamadya.

Tabel 4.2. Luas Administrasi DA *Kali Pesanggrahan*

Administrasi	Luas (km ²)	Persentase
Bogor	70,69	58
Kota Bogor	8,51	7
Kota Depok	10,35	9
Tangerang	12,62	10
Kodya JakBar	9,21	8
Kodya JakSel	9,57	8
Total Luas Lahan	120,95	100

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.1.3. *Kali Grogol*

Kali Grogol memiliki panjang $\pm 30,78$ km melewati satu kota dan tiga kotamadya yakni Kota Depok (hulu), Kotamadya Jakarta Selatan, Kotamadya Jakarta Pusat, dan Kotamadya Jakarta Barat. *Kali Grogol* menjadi perbatasan antara Jakarta Selatan di utara dengan Jakarta Pusat di barat daya. *Kali Grogol* hanya sampai Jakarta Barat, alirannya dialihkan ke barat melalui saluran angke dan bertemu di *Kali Angke*. Pada bagian utara, sebelah timur *Kali Grogol* terdapat banjir kanal barat yang dibuat untuk mengalihkan banjir Jakarta yang berakhir di *Kali Angke*.

Kali Grogol masuk ke dalam DA *Kali Grogol* yang luasnya paling kecil dibandingkan keempat DAS lainnya. Bentuknya konstan memanjang dari hulu hingga hilir. Bentuk DAS yang ramping dikarenakan sedikitnya anak sungai. Luas DAS mencapai ± 36.46 km² dan sebagian besar berada di Kotamadya Jakarta Selatan dan Kota Depok. Sebagian besar DA *Kali Grogol* terletak di Jakarta dengan luas 22,28 km² atau 61% dari luas DAS dan sisanya berada di Kota

Depok. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.3 mengenai luas DA *Kali Grogol* pada beberapa daerah administrasi tingkat Kabupaten/Kotamadya.

Tabel 4.3. Luas Administrasi DA *Kali Grogol*

Administrasi	Luas (km ²)	Persentase
Kota Depok	14,18	39
Kodya JakSel	19,81	54
Kodya JakPus	1,7	5
Kodya JakBar	0,77	2
Total Luas Lahan	36,46	100

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.1.4. *Kali Krukut*

Sebelah timur dari *Kali Grogol*, *Kali Krukut* memiliki panjang $\pm 29,89$ km melewati Kota Depok, Kotamadya Jakarta Selatan, dan Kotamadya Jakarta Pusat. *Kali Krukut* mengalir dari hulu (Kota Depok) hingga hilir (Jakarta Utara), namun di tengah aliran terpotong banjir kanal barat di Bendungan Hilir, Jakarta Pusat kemudian diteruskan oleh saluran kecil yang terhubung pada *Kali Cideng*. Sungai ini mengalir ke utara dan berakhir pada *Kali Krukut* di utara. Jadi aliran *Krukut* sempat terpotong oleh sungai atau saluran lain di bagian utara. Pada penelitian ini, aliran sungai hanya sampai Bendungan Hilir, Jakarta Pusat dimana pada lokasi tersebut terdapat stasiun pengukur debit.

Kali Krukut masuk dalam DA *Kali Krukut* dengan luas $\pm 88,22$ km². Bentuk DAS penelitian rata-rata berbentuk memanjang namun DA *Kali Krukut* bentuknya cenderung melebar terutama pada bagian tengah menuju hilir. Bentuk DAS yang sedikit melebar di bagian tengah dikarenakan aliran *Kali Cideng* yang memanjang di sisi timur. DA *Kali Krukut* terletak memanjang dari Kota Depok, Kotamadya Jakarta Selatan, sampai Kotamadya Jakarta Pusat. Sebagian besar DAS ini terletak di Jakarta dengan luas lahan 60,35 km² atau persentase sebesar 68% dan sisanya terletak di Kota Depok.

Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.4 mengenai luas DA *Kali Krukut* pada beberapa daerah administrasi tingkat Kabupaten/Kotamadya.

Tabel 4.4. Luas Administrasi DA *Kali Krukut*

Administrasi	Luas (km ²)	Persentase
Kota Depok	27,87	32
Kodya JakSel	59,28	67
Kodya JakPus	1,07	1
Total Luas Lahan	88,22	100

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.1.5. *Kali Sunter*

Kali Sunter terletak paling timur dan agak jauh dari sungai penelitian yang lain. Panjang sungai mencapai \pm 38,07 km melintasi Kota Depok, Kota Bekasi, dan Kotamadya Jakarta Timur. *Kali Sunter* berada dalam DA *Kali Sunter* dengan luas \pm 68,76 km². Sebagian besar berada di Jakarta Timur dengan persentase sebesar 53%. Pada bagian selatan atau hulu sebagian besar terletak di Kota Depok dengan luas 20,38 km². Jadi pada DA *Kali Sunter* membagi setengah wilayahnya ke dalam Jakarta dan setengahnya lagi berada di luar Jakarta. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 4.5 mengenai luas DA *Kali Sunter* pada beberapa daerah administrasi tingkat Kabupaten/Kotamadya.

Tabel 4.5. Luas Administrasi DA *Kali Sunter*

Administrasi	Luas (km ²)	Persentase
Kota Depok	20,38	30
Kota Bekasi	11,77	17
Kodya JakTim	36,61	53
Total Luas Lahan	68,76	100

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.2 Morfologi

Kondisi topografi pada beberapa DAS penelitian cenderung homogen dengan bentuk wilayah landai di bagian hulu hingga datar di bagian hilir sehingga aliran sungai cenderung bergerak lambat (Tabel 4.6). Topografi wilayah yang landai hingga datar menjadikan sungai-sungai yang mengalir di wilayah tersebut berbentuk meander (sungai berkelok) di bagian hilir. Hanya DA *Kali Angke* dan DA *Kali Pesanggrahan* yang memiliki kelereng landai (2-15%) di bagian selatan sampai datar (0-2%) di bagian utara. Sedangkan DAS lainnya termasuk ke dalam kelas lereng datar.

Tabel 4.6. Luas DAS (km²) berdasarkan kelas lereng

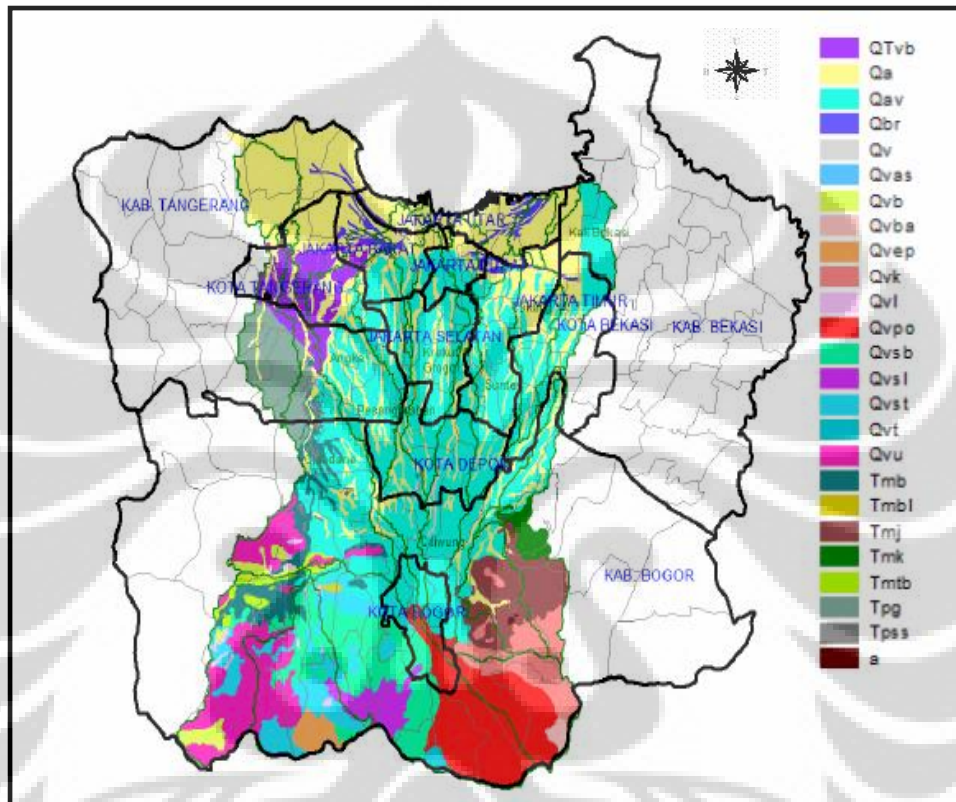
D A S	Lereng %		Jumlah
	0-2	2-15	
<i>Angke</i>	194,63	22,07	216,70
<i>Pesanggrahan</i>	115,60	5,35	120,95
<i>Grogol</i>	36,46	-	36,46
<i>Krukut</i>	88,22	-	88,22
<i>Sunter</i>	68,76	-	68,76
Jumlah	503,67	27,42	531,09

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.3 Geologi

Beberapa DAS pada penelitian berada pada cekungan Jakarta (*Jakarta Sub Basin*) dan sebagian masuk ke dalam Tinggian Tangerang (*Tangerang High*). Pada wilayah cekungan Jakarta terdapat dua arah struktur sesar utama yaitu timur laut-barat daya dan barat laut-tenggara. Batuan dasar Daratan Jakarta pembentukannya dikontrol oleh sesar-sesar berarah utara-selatan, yang kemudian membentuk daerah tinggian (Tinggian Tangerang) dan depresi (Cekungan Jakarta) yang berarah utara-selatan. Pada bagian selatan, cekungan Jakarta dibatasi oleh sesar-sesar berarah barat-timur dengan struktur berjenjang, sehingga nampak adanya tinggian-tinggian yang bersifat lokal membujur arah barat-timur. Sesar-sesar tersebut berada pada batuan berumur tersier yang penampakannya tidak jelas terlihat dikarenakan batuan tersebut telah tertutupi oleh endapan berumur kuartar yang umurnya lebih muda. Endapan Kuartar yang menutupi batuan tersebut berupa batuan vulkanik yang berasal dari Gunung Gede-

Pangrango dan Gunung Salak. Distribusi geologi dapat dilihat pada gambar 4.1. Endapan kipas alluvial mendominasi hampir di semua bagian DAS kecuali bagian barat laut DA *Kali Angke* (Tangerang) yang merupakan endapan alluvium pantai, sedangkan endapan alluvium banyak tersebar di pedataran (utara Jakarta) dan daerah sekitar sungai.



Gambar 4.1 Distribusi geologi pada beberapa DAS penelitian

Sumber: BPDAS Citarum Ciliwung

4.4 Stasiun Pengukur Debit

Pengambilan sampel lima sungai dari beberapa sungai di Jakarta tidak terlepas dari keberadaan stasiun pengukur debit. Lokasi stasiun pengukur debit ditempatkan di bagian hilir sungai yang sebagian besar terletak di Jakarta. Stasiun ini mencatat debit jam-jaman yang diletakkan di sisi badan sungai. Stasiun pengukur debit berbentuk bangunan berukuran 80cm x 80cm yang dicat biru dan pada bagian bawah terdapat pipa yang terhubung langsung dengan aliran sungai di

bawahnya. Pengumpulan data debit dilakukan oleh Balai Besar Wilayah Sungai Ciliwung-Cisadane (BBWS-CC) yang berlokasi di Kalimalang, Jakarta Timur.

Stasiun pengukur debit tersebar di beberapa titik di Jakarta. Pada *Kali Angke* stasiun terletak di Rawabuaya, Cengkareng, Jakarta Barat dengan nomor stasiun 2-11-1-4. Stasiun di *Kali Pesanggrahan* terletak di Kebon Jeruk, Jakarta Barat dengan nomor stasiun 2-11-2-2. Stasiun di *Kali Grogol* terletak di Palmerah, Jakarta Barat dengan nomor stasiun 2-11-1-1. *Kali Krukut* memiliki stasiun di Bendungan Hilir, Jakarta Pusat dengan nomor stasiun 2-12-2-2. Sedangkan *Kali Sunter*, stasiun terletak di Cipinang Muara, Jakarta Timur dengan nomor stasiun 2-13-1-1.

Tabel 4.7. Lokasi Stasiun Pengukur Debit

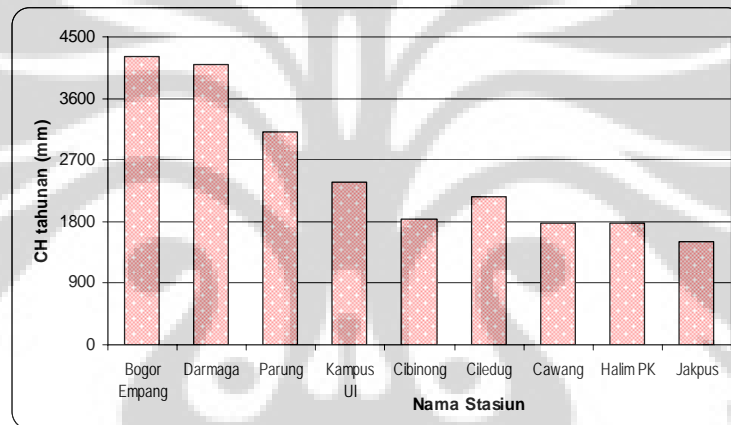
Nama Sungai	No. Stasiun	Stasiun	Kelurahan	Kecamatan	Kotamadya
K. Angke	2-11-1-4	Rawabuaya	Rawabuaya	Cengkareng	Jakarta Barat
K. Grogol	2-11-1-1	Palmerah	Palmerah	Palmerah	Jakarta Barat
K. Pesanggrahan	2-11-2-2	Kebon Jeruk	Kedoya Utara	Kebon Jeruk	Jakarta Barat
K. Krukut	2-12-2-2	Benhil	Bendungan Hilir	Tanah Abang	Jakarta Pusat
K. Sunter	2-13-1-1	Cipinang Muara	Cipinang Muara	Jatinegara	Jakarta Timur

Sumber: BBWS-CC

4.5 Curah Hujan

Curah hujan yang jatuh pada DAS penelitian diwakili oleh beberapa stasiun penakar hujan yang masing-masing mewakili DAS hulu (Bogor Empang dan Darmaga), tengah (Parung, Kampus UI, dan Cibinong) dan hilir (Ciledug, Cawang, Halim PK, dan Jakpus).

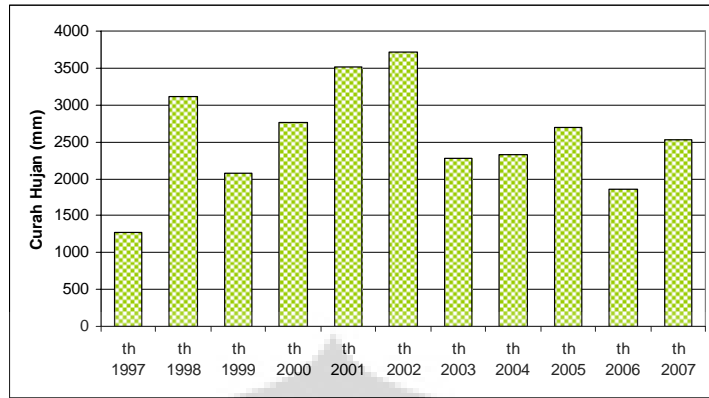
Besar curah hujan rata-rata tahunan (1997-2007) di beberapa DAS penelitian tergolong cukup tinggi yaitu 2556 mm. Pada bagian hulu curah hujan rata-rata tahunannya sangat tinggi mencapai 4155 mm, bagian tengah rata-rata tahunan sebesar 2441 mm dan bagian hilir rata-rata tahunan sebesar 1801 mm (Gambar 4.2).



Gambar 4.2. Curah hujan tahunan pada beberapa stasiun

Sumber: Pengolahan data, 2009

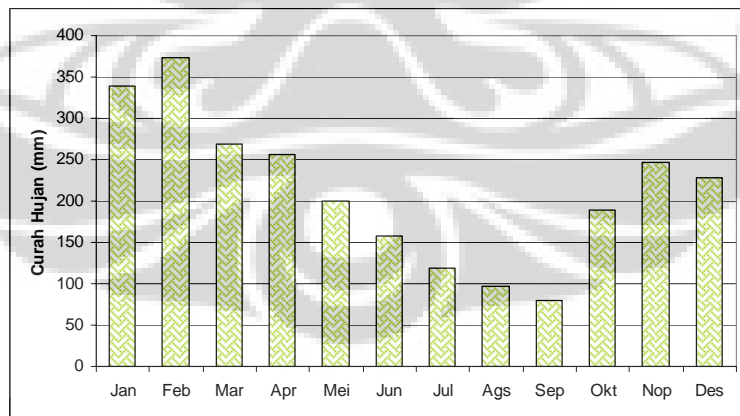
Pada periode 1997-2007 didapatkan curah hujan tahunan tertinggi pada tahun 2002 sebesar 3710 mm dimana pada tahun tersebut Jakarta mengalami bencana banjir yang cukup besar. Sedangkan curah hujan tahunan terendah jatuh pada tahun 1997 dengan besar curahan 1271 mm dimana pada tahun tersebut merupakan kejadian *El Nino* (kemarau panjang). Variasi curah hujan tahunan disajikan pada gambar 4.3.



Gambar 4.3. Curah hujan tahunan pada daerah penelitian

Sumber: Pengolahan data, 2009

Selama kurun waktu 10 tahun (1997-2007) didapatkan bahwa curah hujan tertinggi terjadi pada bulan Februari (374 mm) dan terendah bulan September (80 mm). Besar curah hujan tertinggi mencapai lima kali lipat curah hujan terendah (Gambar 4.4). Musim hujan terjadi pada bulan Desember hingga Maret dengan rata-rata curah hujan bulanan 302 mm, musim kemarau (Juni-September) mempunyai rata-rata curah hujan bulanan 114 mm atau sepertiga curah hujan pada musim hujan, sedangkan pada musim pancaroba (April-Mei, Oktober-November) mempunyai rata-rata curah hujan bulanan 223 mm.

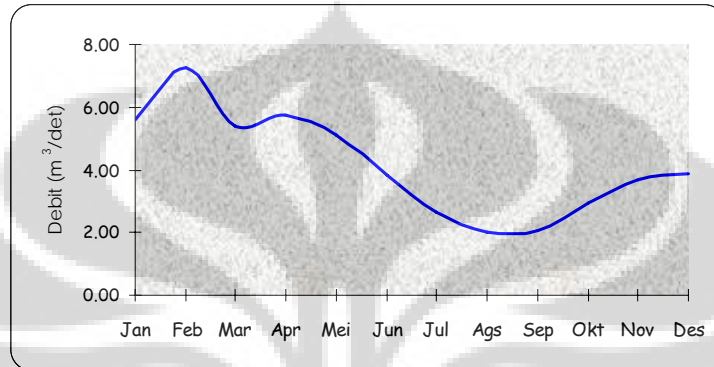


Gambar 4.4. Curah hujan bulanan pada daerah penelitian

Sumber: Pengolahan data, 2009

4.6 Hidrologi

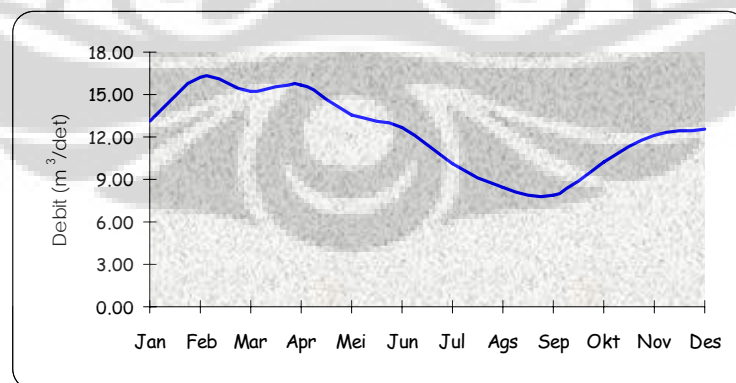
Pada *Kali Angke* debit rata-rata tahunan selama periode 1997-2007 mencapai $4,19 \text{ m}^3/\text{det}$, debit tertinggi jatuh pada bulan Februari dengan debit rata-rata bulanan $7,26 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan debit terendah pada bulan Agustus dengan debit rata-rata bulanan $2 \text{ m}^3/\text{det}$ (Gambar 4.5).



Gambar 4.5. Debit rata-rata bulanan pada *Kali Angke*

Sumber: Pengolahan data, 2009

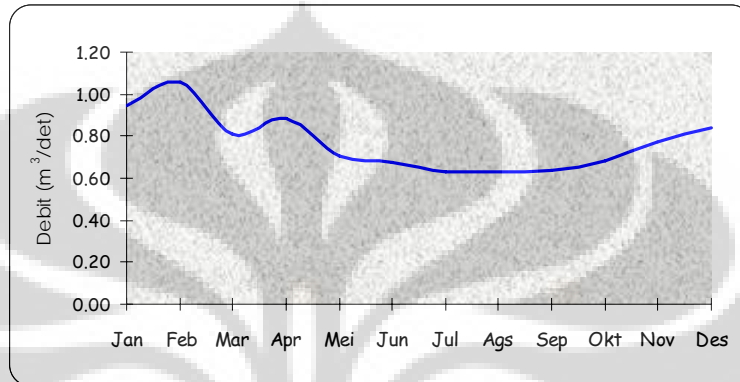
Sedangkan *Kali Pesanggrahan*, debit rata-rata tahunan mencapai $12,27 \text{ m}^3/\text{det}$, debit tertinggi jatuh pada bulan Februari dengan debit rata-rata bulanan $16,21 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan debit terendah pada bulan September dengan debit rata-rata bulanan $7,87 \text{ m}^3/\text{det}$ (Gambar 4.6).



Gambar 4.6. Debit rata-rata bulanan pada *Kali Pesanggrahan*

Sumber: Pengolahan data, 2009

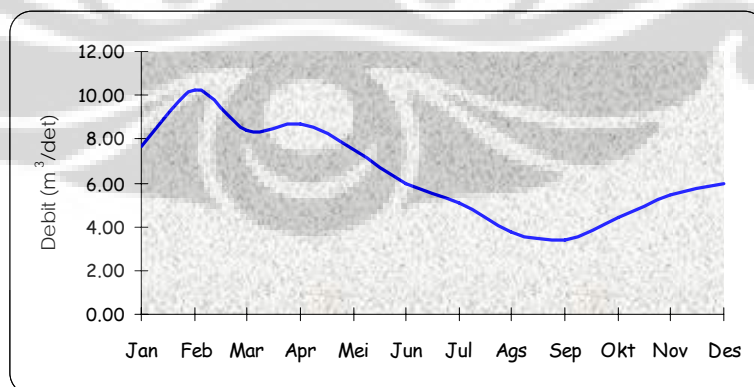
Volume debit *Kali Grogol* paling kecil diantara kelima sungai dengan debit rata-rata tahunan mencapai $0,77 \text{ m}^3/\text{det}$. Debit tertinggi jatuh pada bulan Februari dengan debit rata-rata bulanan $1,06 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan debit terendah pada bulan Juli, Agustus, dan September dengan debit rata-rata bulanan $0,63 \text{ m}^3/\text{det}$ (Gambar 4.7).



Gambar 4.7. Debit rata-rata bulanan pada *Kali Grogol*

Sumber: Pengolahan data, 2009

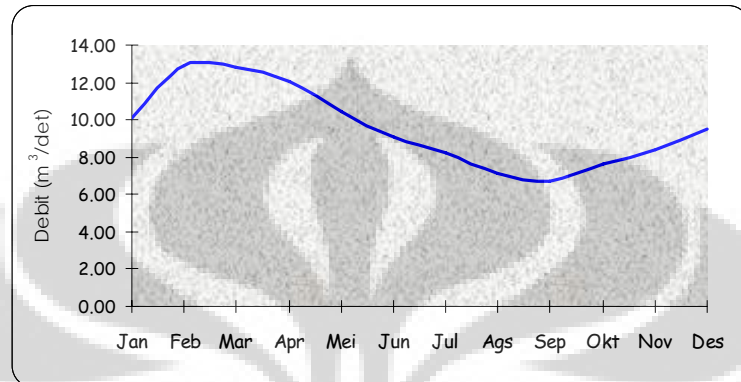
Debit rata-rata tahunan *Kali Krukut* mencapai $6,4 \text{ m}^3/\text{det}$, debit tertinggi jatuh pada bulan Februari dengan debit rata-rata bulanan $10,23 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan debit terendah pada bulan September dengan debit rata-rata bulanan $3,38 \text{ m}^3/\text{det}$ (Gambar 4.8).



Gambar 4.8. Debit rata-rata bulanan pada *Kali Krukut*

Sumber: Pengolahan data, 2009

Sementara itu, debit rata-rata tahunan *Kali Sunter* mencapai $9,31 \text{ m}^3/\text{det}$, debit tertinggi jatuh pada bulan Februari dengan debit rata-rata bulanan $12,9 \text{ m}^3/\text{det}$ sedangkan debit terendah pada bulan September dengan debit rata-rata bulanan $6,72 \text{ m}^3/\text{det}$ (Gambar 4.9).



Gambar 4.9. Debit rata-rata bulanan pada *Kali Sunter*

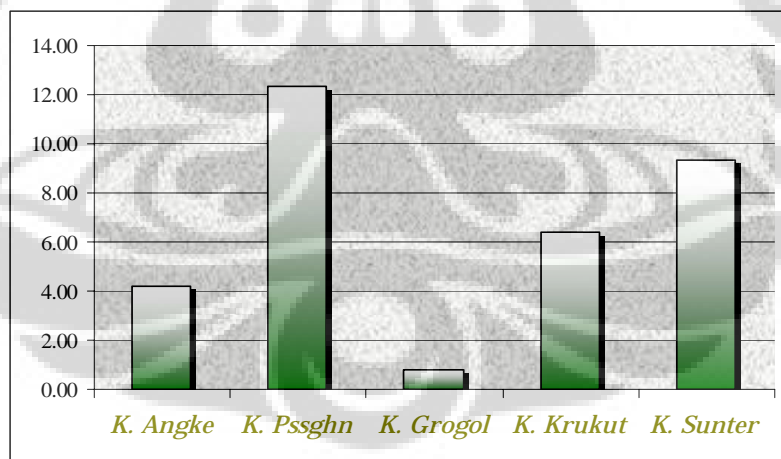
Sumber: Pengolahan data, 2009

5. HASIL DAN PEMBAHASAN

5.1 Debit Aliran

Debit aliran menggambarkan keadaan aliran sungai dan keadaan DAS dimana sungai tersebut berada. Karakteristik debit pada tiap sungai berbeda-beda tergantung pada karakteristik fisik wilayahnya dan juga besar curah hujan yang masuk ke dalam daerah tangkapan. Karakteristik debit yang akan dijabarkan berupa besar volume debit dan fluktuasi debit untuk tiap aliran sungai. Besaran (*magnitude*) dan variasi debit dihubungkan dengan indeks Richard-Baker (IRB) yang akan menentukan tingkat *flashiness*. Menurut teori, perhitungan IRB didasarkan pada osilasi/fluktuasi debit harian, namun apakah indeks ini juga dipengaruhi oleh besar volume debit.

Berdasarkan perhitungan pada lima sungai di Jakarta yaitu *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, *Kali Grogol*, *Kali Krukut*, dan *Kali Sunter* pada periode 1997-2007 didapatkan debit rata-rata tahunan tertinggi pada *Kali Pesanggrahan* sebesar 12,33 m³/det dan debit rata-rata tahunan terendah pada *Kali Grogol* dengan debit sebesar 0,79 m³/det (Gambar 5.1).



Gambar 5.1 Debit rata-rata tahunan (periode 1997-2007)

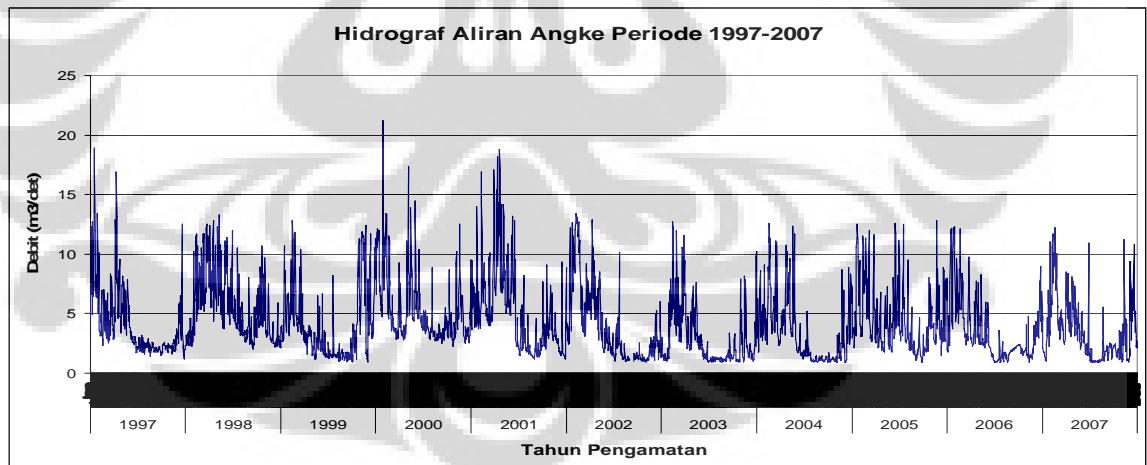
Sumber: Pengolahan data, 2009

5.1.1 Debit harian

Seperti yang dijelaskan sebelumnya, perhitungan IRB didasarkan pada fluktuasi debit harian atau panjang garis hidrograf harian. Sebagai ilustrasi bentangan garis hidrograf yang lebih panjang menunjukkan nilai IRB yang besar dengan begitu *flashiness* pun juga tinggi. Untuk itu gambaran hidrograf harian pada tiap sungai perlu ditampilkan untuk melihat kecenderungan nilai IRB yang akan dibuktikan pada sub bab berikutnya.

5.1.1.1 Debit *Kali Angke*

Berdasarkan gambar 5.2 debit harian selama periode 1997-2007 mempunyai debit tertinggi 2,12 m³/det pada Januari 2000 dan debit terendah 0,86 m³/det pada Juli 2006. Hidrograf aliran *Angke* secara umum memiliki variabilitas debit harian yang cukup tinggi terlihat dari kerapatan antar-garis hidrograf. *Kali Angke* memiliki panjang garis hidrograf rata-rata yang hampir sama, perbedaan panjang yang cukup signifikan terlihat pada tahun 1997, 2000, dan 2001, panjangnya pun tidak berbeda jauh dengan panjang rata-rata.



Gambar 5.2 Hidrograf *Kali Angke*

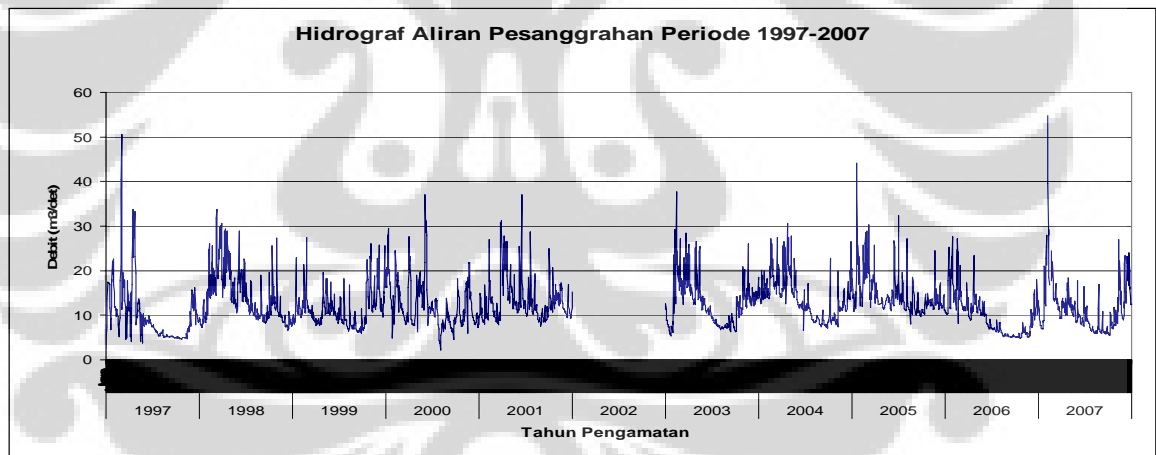
Sumber: Pengolahan data, 2009

Bila dibentangkan, garis hidrograf yang panjang terlihat pada tahun 1999, 2001, 2003, dan 2005 meskipun dengan pola yang berbeda. Tahun 2005 memiliki pola hidrograf panjang di sepanjang tahun, sedangkan tahun 1999, 2001 dan 2003 memiliki pola hidrograf panjang di awal tahun kemudian memendek di bulan

Juni-Agustus dan kembali menaik di akhir tahun. Debit harian pada tahun-tahun *El Nino* seperti tahun 1999, 2003, dan 2006 menunjukkan variabilitas yang rendah terutama pada musim kemarau dimana masa kemarau pada tahun *El Nino* lebih panjang dibandingkan masa kemarau di tahun-tahun normal sehingga panjang hidrograf yang cenderung datar lebih panjang. Pengecualian variabilitas debit harian terjadi di tahun 2003 meskipun masuk tahun *El Nino*, variasi debit harian cenderung tinggi dikarenakan di tahun 2003 termasuk *El Nino* lemah.

5.1.1.2 Debit *Kali Pesanggrahan*

Berdasarkan gambar 5.3 debit harian *Kali Pesanggrahan* selama periode 1997-2007 mempunyai debit tertinggi 54,77 m³/det pada Februari 2007 dan debit terendah 2,19 m³/det pada Agustus 2000. Hidrograf aliran *Pesanggrahan* secara umum menunjukkan variasi yang rendah terlihat dari jarak antar-garis hidrograf yang renggang.



Gambar 5.3 Hidrograf *Kali Pesanggrahan*

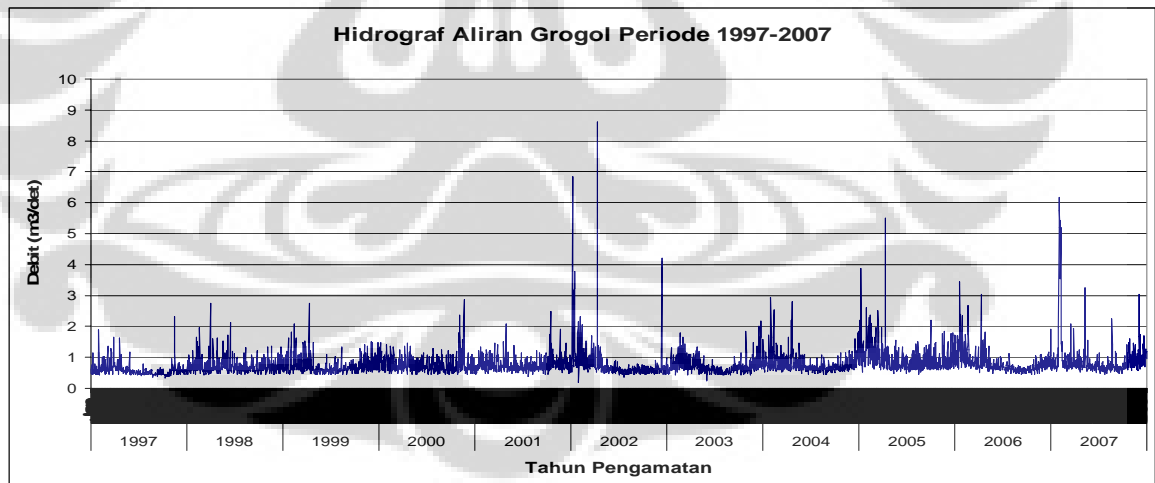
Sumber: Pengolahan data, 2009

Variabilitas debit harian tinggi terlihat pada tahun 1998, 1999, 2000, 2001 dan 2007. Periode 1998-2001 memperlihatkan fluktuasi debit yang cukup tinggi sedangkan 2007 menunjukkan debit yang ekstrem di bulan Februari, dikarenakan curah hujan yang sangat tinggi di bulan tersebut yang menimbulkan banjir di Jakarta, sehingga panjang garis hidrograf cukup besar. Sedangkan debit harian pada tahun *El Nino* (1997, 2003, 2006) menunjukkan variasi yang rendah

terutama pada bulan Juni-September dimana pada bulan-bulan tersebut termasuk musim kemarau dan biasanya pada masa *El Nino* terjadi penambahan masa musim kemarau sebelum atau sesudah masa musim kemarau normalnya.

5.1.1.3 Debit *Kali Grogol*

Berdasarkan gambar 5.4 debit harian *Kali Grogol* selama periode 1997-2007 mempunyai debit tertinggi 8,61 m³/det pada April 2002 dan debit terendah 0,18 m³/det pada Januari 2002. Hidrograf aliran *Grogol* secara umum menunjukkan variasi yang sangat tinggi terlihat dari jarak antar-garis hidrograf yang sangat rapat. Variabilitas debit harian tinggi terlihat pada tahun 2005 dimana garis hidrografnya terlihat sangat rapat. Begitu pula tahun 2002 dimana terdapat debit maksimum yang ekstrem, hal ini akan menyebabkan besarnya panjang hidrograf. Debit harian pada tahun *El Nino* (1997, 2003, dan 2006) memiliki variabilitas yang rendah terutama tahun 1997. Meskipun besar volume *Kali Grogol* jauh lebih rendah dibandingkan keempat sungai lainnya, justru menunjukkan variabilitas yang besar.

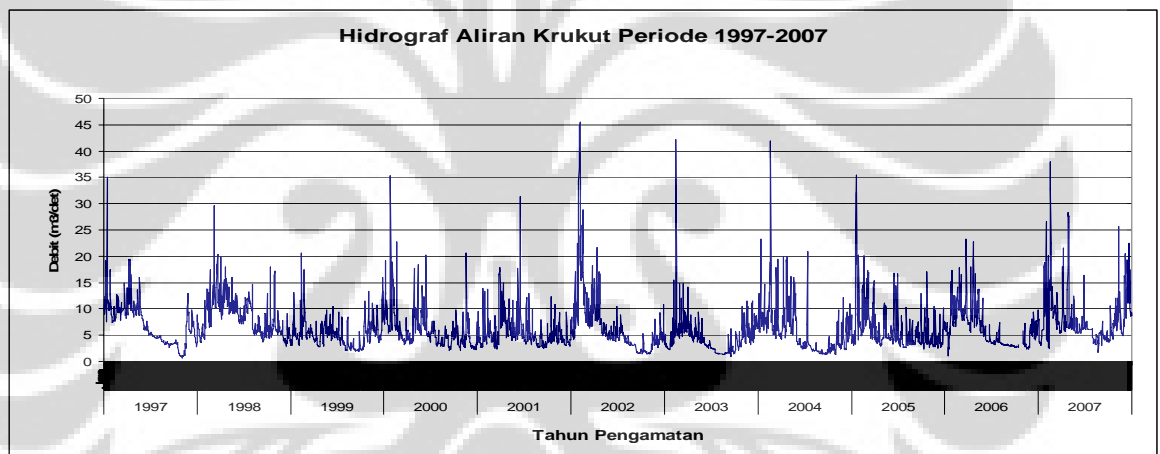


Gambar 5.4 Hidrograf *Kali Grogol*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.1.1.4 Debit *Kali Krukut*

Berdasarkan gambar 5.5 debit harian *Kali Krukut* selama periode 1997-2007 mempunyai debit tertinggi 45,49 m³/det pada Februari 2002 dan debit terendah 0,69 m³/det pada November 1997. Hidrograf aliran *Krukut* secara umum menunjukkan variasi cukup tinggi terlihat dari jarak antar-garis hidrograf yang rapat. Variabilitas tinggi terlihat pada tahun 2001 dan 2005 dimana garis hidrografnya lebih rapat. Pola hidrograf aliran *Krukut* memiliki debit maksimum bulanan yang sangat tinggi dibandingkan dengan rata-rata tahunannya artinya fluktuasi debit di sungai ini cukup tinggi. Pada tahun *El Nino* (1997, 2003 dan 2006) variasi debit hariannya cenderung lebih rendah terutama pada bulan-bulan dengan musim kemarau yang panjang.



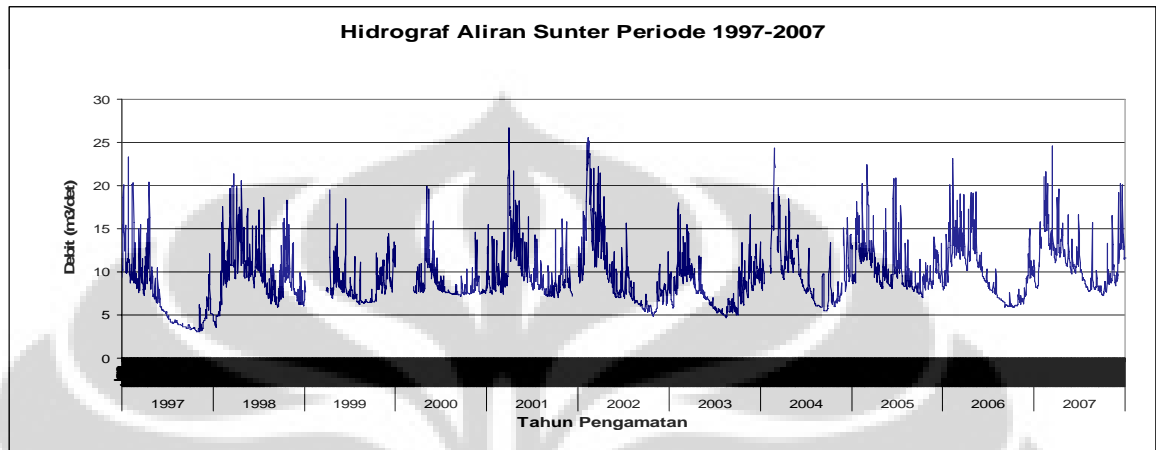
Gambar 5.5 Hidrograf *Kali Krukut*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.1.1.5 Debit *Kali Sunter*

Berdasarkan gambar 5.6 debit harian *Kali Sunter* selama periode 1997-2007 mempunyai debit tertinggi 26,70 m³/det pada Maret 2001 dan debit terendah 3,04 m³/det pada November 1997. Hidrograf aliran *Sunter* secara umum menunjukkan variasi rendah terlihat dari jarak antar-garis hidrograf yang renggang. Hidrografnya memiliki pola yang teratur tiap tahunnya berbeda dengan sungai lainnya dimana musim kemarau tahunan menunjukkan volume debit yang rendah dan variabilitas yang rendah, hal ini menyebabkan datarnya

garis hidrograf sehingga variasi debit rata-rata tahunan menjadi rendah. Debit harian pada tahun *El Nino* menunjukkan variasi yang rendah, terlihat jelas di tahun 1997 pada bulan Juni-Desember garis hidrografnya datar artinya tidak ada perubahan debit yang berarti.



Gambar 5.6 Hidrograf *Kali Sunter*

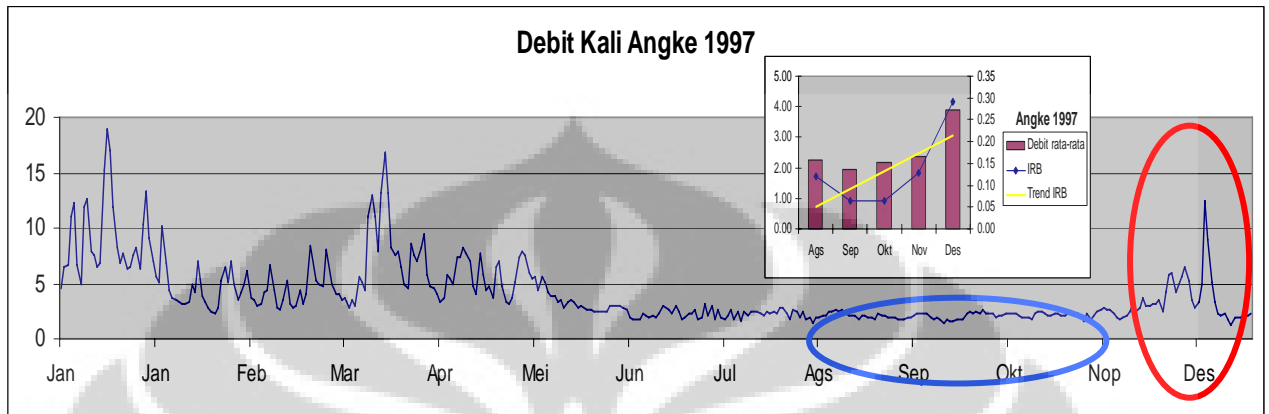
Sumber: Pengolahan data, 2009

5.1.2 Hubungan IRB terhadap debit

Indeks Richard-Baker (IRB) menggunakan data debit harian dalam setahun dimana dalam pengolahannya IRB menghitung fluktuasi debit yang digambarkan dalam hidrograf aliran. Oleh karena itu nilai IRB sangat dipengaruhi karakteristik debit suatu sungai.

Hubungan antara IRB dengan debit dapat dilihat pada gambar 5.7. Sebagai contoh debit harian *Kali Angke* bulan Agustus-Oktober menunjukkan variasi yang rendah dan digambarkan dengan hidrograf yang lebih datar dibandingkan dengan bulan Desember dimana hidrografnya menunjukkan grafik yang tajam atau variabilitasnya tinggi. Pada grafik kecil di atasnya terdapat nilai IRB yang menunjukkan grafik rendah pada bulan Agustus-Oktober sedangkan bulan Desember nilai IRB mengalami kenaikan yang tajam. Jadi variabilitas debit harian yang tinggi menunjukkan fluktuasi debit yang tinggi sehingga mengindikasikan nilai IRB yang tinggi begitu pula sebaliknya variabilitas debit harian yang rendah mengindikasikan nilai IRB yang rendah. Berdasarkan pengamatan garis hidrograf

pada bab sebelumnya, variabilitas debit yang tinggi umumnya terjadi pada bulan-bulan basah atau musim penghujan sedangkan debit yang rendah terjadi pada musim kemarau.



Gambar 5.7 Nilai IRB terhadap Hidrograf aliran

Sumber: Pengolahan data, 2009

Sementara itu, volume debit sungai yang besar nampaknya tidak membuktikan besarnya nilai IRB. Sebagai contoh volume debit rata-rata tahunan *Kali Grogol* sebesar $0,77 \text{ m}^3/\text{det}$ memiliki variabilitas yang sangat tinggi dan hal ini akan mengindikasikan nilai IRB yang besar. Sedangkan *Kali Pesanggrahan* yang memiliki debit rata-rata tahunan mencapai $16,21 \text{ m}^3/\text{det}$ memiliki variabilitas yang rendah dan hal ini mengindikasikan nilai IRB yang rendah. Jadi tingkat *flashiness* yang ditunjukkan dalam IRB tergantung dari variasi besar debit harian bukan dari volume debit harian.

5.2 Nilai Indeks Richard-Baker (IRB)

5.2.1 Nilai IRB tahunan

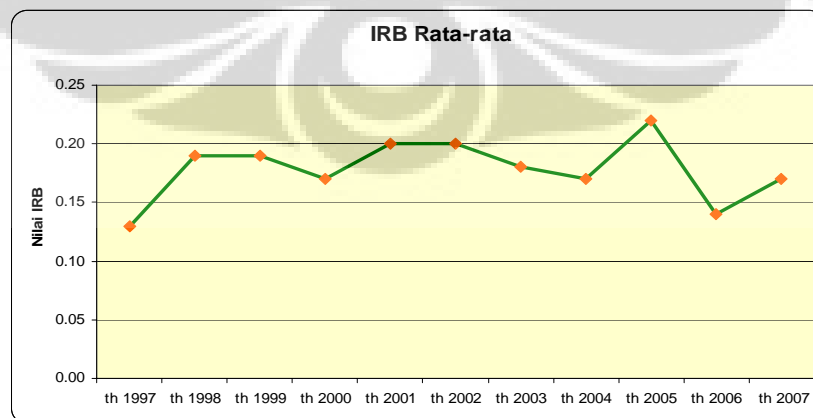
Nilai IRB tahunan yang dihitung dengan rata-rata IRB pada kelima sungai diperoleh nilai IRB tertinggi terjadi pada tahun 2005 dengan nilai 0,22 dan terendah berada pada nilai 0,13 yang terjadi di tahun 1997.

Tabel 5.1 Nilai IRB tahunan

Nama Sungai	th 1997	th 1998	th 1999	th 2000	th 2001	th 2002	th 2003	th 2004	th 2005	th 2006	th 2007
<i>Kali Angke</i>	0.18	0.22	0.24	0.17	0.24	0.23	0.24	0.21	0.24	0.17	0.22
<i>Kali Krukut</i>	0.10	0.15	0.20	0.23	0.25	0.19	0.23	0.25	0.29	0.16	0.19
<i>Kali Pesanggrahan</i>	0.09	0.12	0.11	0.10	0.11	no data	0.10	0.09	0.09	0.08	0.11
<i>Kali Sunter</i>	0.08	0.14	0.09	0.07	0.11	0.09	0.09	0.06	0.10	0.06	0.07
<i>Kali Grogol</i>	0.21	0.31	0.28	0.29	0.28	0.30	0.26	0.27	0.36	0.23	0.27
Rata-rata	0.13	0.19	0.19	0.17	0.20	0.20	0.18	0.17	0.22	0.14	0.17

Sumber: Pengolahan data, 2009

Pada gambar 5.8 nilai IRB rata-rata terjadi kenaikan yang tajam dari tahun 1997 ke tahun 1998 sebesar 0,06 kemudian kenaikan juga terlihat pada tahun 2004 menuju 2005 dengan selisih nilai 0,05. Dari tahun 2005 ke tahun 2006 nilai IRB mengalami penurunan yang cukup signifikan dengan selisih nilai 0,08 dari 0,22 menjadi 0,14.



Gambar 5.8 IRB rata-rata

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.2.2 Nilai IRB pada tiap sungai

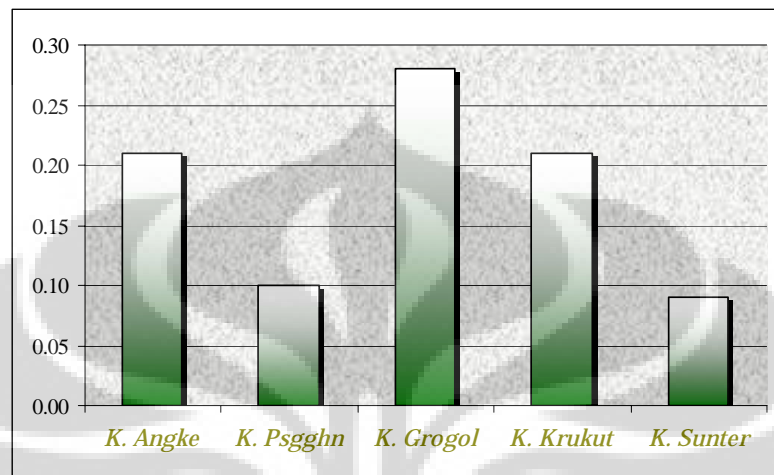
Berdasarkan perhitungan IRB pada tiap sungai maka diperoleh nilai IRB terbesar pada *Kali Grogol* dengan nilai 0,28 diikuti oleh *Kali Krukut* dan *Kali Angke* dengan besar 0,21 kemudian *Kali Pesanggrahan* dengan besar 0,10 dan nilai IRB terendah pada *Kali Sunter* dengan nilai 0,09 (Tabel 5.2).

Tabel 5.2 Nilai IRB tiap sungai

Tahun	<i>Kali Angke</i>	<i>Kali Pesanggrahan</i>	<i>Kali Grogol</i>	<i>Kali Krukut</i>	<i>Kali Sunter</i>
1997	0.18	0.09	0.21	0.10	0.08
1998	0.22	0.12	0.31	0.15	0.14
1999	0.24	0.11	0.28	0.20	0.09
2000	0.17	0.10	0.29	0.23	0.07
2001	0.24	0.11	0.28	0.25	0.11
2002	0.23	no data	0.30	0.19	0.09
2003	0.24	0.10	0.26	0.23	0.09
2004	0.21	0.09	0.27	0.25	0.06
2005	0.24	0.09	0.36	0.29	0.10
2006	0.17	0.08	0.23	0.16	0.06
2007	0.22	0.11	0.27	0.19	0.07
Rata-rata	0.21	0.10	0.28	0.21	0.09

Sumber: Pengolahan data, 2009

Dengan begitu, bila dibandingkan antar-sungai maka tingkat *flashiness* berturut-turut dari yang tertinggi yaitu *Kali Grogol*, *Kali Krukut* dan *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, dan *Kali Sunter*.

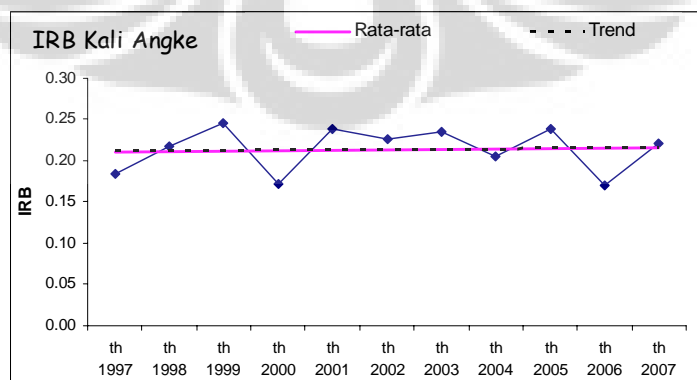


Gambar 5.9 Nilai IRB pada tiap sungai

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.2.2.1 *Kali Angke*

Nilai IRB pada *Kali Angke* memiliki rata-rata tahunan 0,21. Nilai tertinggi 0,24 terjadi pada tahun 1999, 2001, 2003, dan 2005 sedangkan nilai terendah yaitu 0,17 terjadi pada tahun 2000 dan 2006. Pada gambar 5.10 terlihat nilai IRB tahun 2000 dan tahun 2006 mengalami penurunan yang cukup signifikan bila dibandingkan dengan tahun sebelum dan sesudahnya. Garis kecenderungan (*Trendlines*) tidak menunjukkan kenaikan dan penurunan yang berarti.

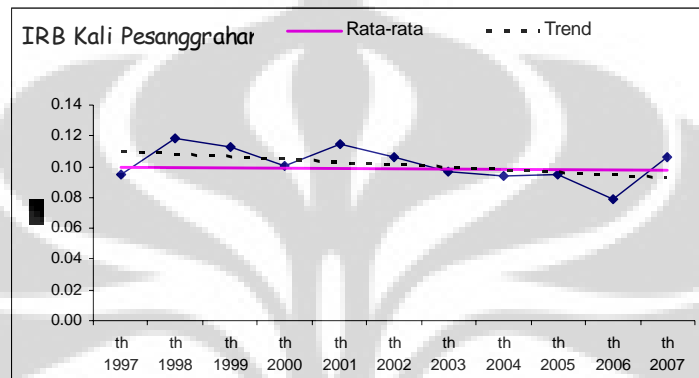


Gambar 5.10 IRB *Kali Angke*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.2.2.2 Kali Pesanggrahan

Nilai IRB rata-rata tahunan di *Kali Pesanggrahan* sebesar 0,10. Nilai tertinggi sebesar 0,12 yang terjadi pada tahun 1998 dan nilai terendah sebesar 0,08 di tahun 2006. Pada gambar 5.11 nilai IRB tidak mengalami kenaikan atau penurunan yang signifikan rata-rata perubahannya sebesar 0,01 – 0,02 tetapi pada garis kecenderungan IRB cenderung menurun dari tahun 1997 hingga tahun 2007.

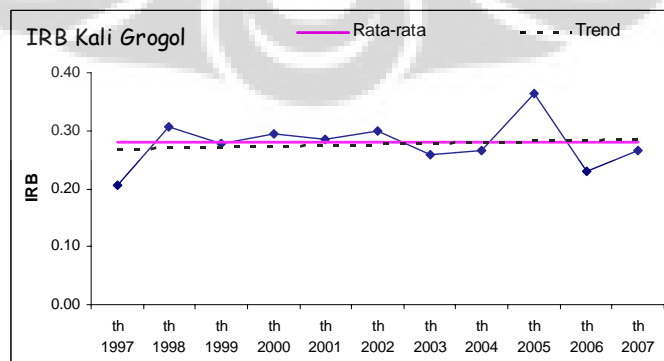


Gambar 5.11 IRB *Kali Pesanggrahan*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.2.2.3 Kali Grogol

IRB rata-rata tahunan di *Kali Grogol* dengan nilai 0,28 merupakan nilai IRB terbesar diantara keempat sungai di Jakarta. Nilai tertinggi sebesar 0,36 terjadi pada tahun 2005 dan nilai IRB terkecil terjadi di tahun 1997 dengan nilai 0,21. Berdasarkan gambar 5.12 terlihat tahun 2005 mengalami kenaikan IRB yang signifikan dengan selisih 0,08 terhadap rata-ratanya. Namun garis kecenderungan pada IRB tidak menunjukkan perubahan yang berarti.

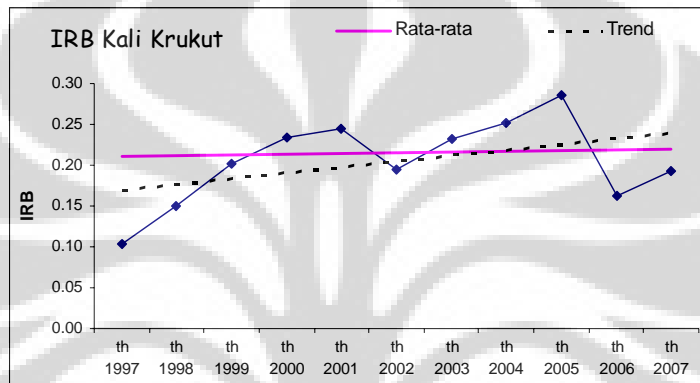


Gambar 5.12 IRB *Kali Grogol*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.2.2.4 Kali Krukut

Nilai IRB rata-rata tahunan *Kali Krukut* 0,21 sama dengan *Kali Krukut*. Tahun 2005, IRB *Kali Krukut* mengalami puncaknya sebesar 0,29 dan nilai terendah sebesar 0,10 terjadi di tahun 1997. Berdasarkan gambar 5.13 IRB *Kali Krukut* cenderung mengalami kenaikan bertahap dari tahun 1997 hingga 2001 kemudian turun di tahun 2002 dan kembali naik di tahun berikutnya sampai tahun 2005 sebagai puncaknya. Selain itu, kecenderungan naiknya IRB lebih terlihat pada sungai ini.

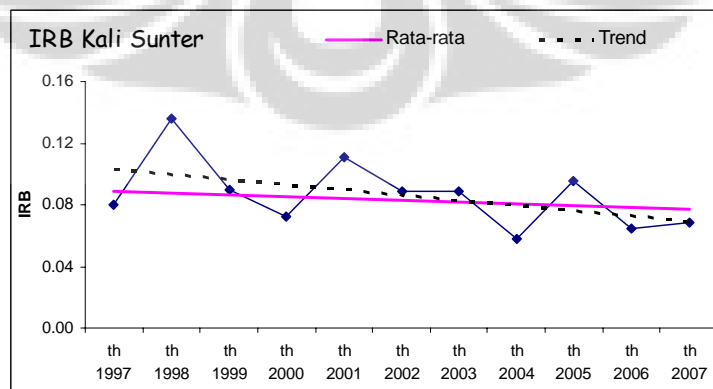


Gambar 5.13 IRB *Kali Krukut*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.2.2.5 Kali Sunter

Nilai IRB *Kali Sunter* tertinggi di tahun 1998 dengan nilai 0,14 dan terendah tahun 2000 dan 2007 dengan nilai 0,07. Berdasarkan gambar 5.14 IRB *Kali Sunter* memiliki fluktuasi yang cukup besar dan terjadi penurunan IRB.



Gambar 5.14 IRB *Kali Sunter*

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.3 Tingkat *flashiness* terhadap musim

5.3.1 Rata-rata IRB pada beberapa musim

Nilai IRB pada bulan-bulan basah (Desember, Januari, Februari dan Maret) menunjukkan rata-rata yang cukup besar dengan nilai 0,22 (lihat tabel 5.3) dimana nilai tertinggi terutama bulan Januari dan Februari karena pada bulan-bulan tersebut curah hujan mengalami titik tertinggi (lihat gambar 4.3).

Tabel 5.3 Rata-rata IRB pada musim penghujan

		th 1997	th 1998	th 1999	th 2000	th 2001	th 2002	th 2003	th 2004	th 2005	th 2006	th 2007	rata- rata
hujan	des		0.14	0.17	0.22	0.15	0.21	0.29	0.21	0.21	0.21	0.18	0.20
	jan	0.24	0.16	0.22	0.23	0.25	0.32	0.17	0.25	0.29	0.22	0.20	0.23
	feb	0.18	0.27	0.29	0.21	0.18	0.19	0.32	0.25	0.23	0.21	0.26	0.23
	mar	0.20	0.20	0.20	0.16	0.20	0.27	0.24	0.23	0.23	0.15	0.14	0.20
Rata-rata IRB musim hujan													0.22

Sumber: Pengolahan data, 2009

Nilai IRB pada bulan-bulan kering (Juni, Juli, Agustus dan September) menunjukkan rata-rata yang rendah dengan nilai 0,14 (lihat tabel 5.4) dimana pada bulan Agustus dan September nilai IRB mengalami titik terendah dikarenakan curah hujan yang juga rendah pada bulan-bulan tersebut (lihat gambar 4.3).

Tabel 5.4 Rata-rata IRB pada musim kemarau

		th 1997	th 1998	th 1999	th 2000	th 2001	th 2002	th 2003	th 2004	th 2005	th 2006	th 2007	rata- rata
kemarau	Jun	0.06	0.19	0.18	0.17	0.23	0.18	0.11	0.11	0.23	0.11	0.16	0.16
	Jul	0.09	0.16	0.19	0.13	0.22	0.19	0.07	0.17	0.17	0.09	0.09	0.14
	Ags	0.05	0.15	0.14	0.15	0.13	0.11	0.06	0.08	0.23	0.07	0.17	0.12
	Sep	0.06	0.17	0.14	0.13	0.17	0.08	0.18	0.09	0.19	0.04	0.10	0.12
Rata-rata IRB musim kemarau													0.14

Sumber: Pengolahan data, 2009

Sedangkan nilai IRB pada bulan-bulan dengan curah hujan peralihan/pancaroba (April, Mei, Oktober, Nopember) rata-ratanya menunjukkan lebih besar daripada saat musim kemarau dan lebih kecil dari musim penghujan dengan nilai 0,19. Pada saat peralihan dari musim penghujan ke musim kemarau (April-Mei), IRB menunjukkan penurunan sebesar 0,04 sedangkan saat peralihan dari musim kemarau ke musim penghujan (Oktober-Nopember), IRB menunjukkan peningkatan sebesar 0,03 (lihat tabel 5.5).

Tabel 5.5 Rata-rata IRB pada musim pancaroba

		th 1997	th 1998	th 1999	th 2000	th 2001	th 2002	th 2003	th 2004	th 2005	th 2006	th 2007	rata- rata
pancaroba	apr	0.23	0.21	0.20	0.20	0.21	0.32	0.18	0.24	0.22	0.23	0.18	0.22
	mei	0.14	0.18	0.18	0.22	0.18	0.15	0.18	0.23	0.19	0.17	0.18	0.18
	okt	0.06	0.23	0.18	0.16	0.26	0.12	0.22	0.14	0.22	0.06	0.18	0.17
	nop	0.16	0.16	0.20	0.25	0.16	0.17	0.25	0.28	0.22	0.17	0.23	0.20
Rata-rata IRB musim pancaroba													0.19

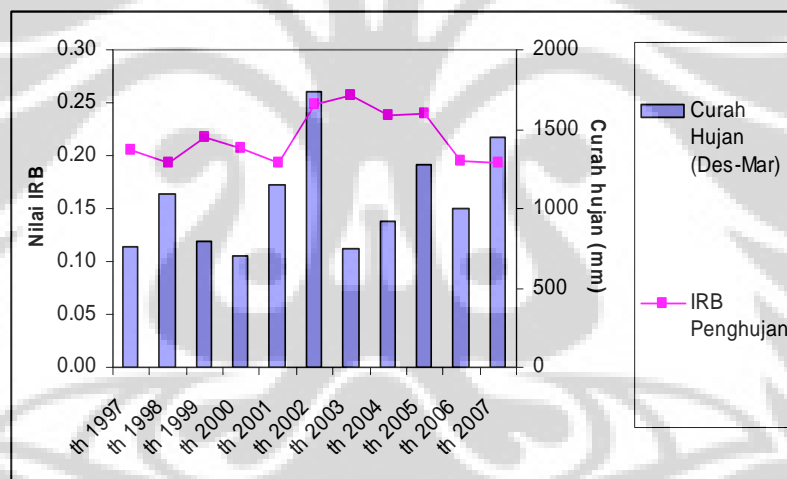
Sumber: Pengolahan data, 2009

Berdasarkan perhitungan rata-rata IRB pada musim penghujan, kemarau, dan pancaroba maka diperoleh nilai IRB terbesar jatuh pada musim penghujan dengan nilai 0,22 dan nilai IRB terkecil terjadi pada musim kemarau dengan nilai 0,14. Dengan begitu dapat disimpulkan bahwa tingkat *flashiness* tertinggi terjadi pada saat musim hujan dan *flashiness* terendah terjadi pada saat musim kemarau.

5.3.2 Variasi IRB pada beberapa musim

5.3.2.1 Musim hujan

Pada gambar 5.15 terlihat grafik curah hujan pada bulan basah tertinggi pada tahun 2002 dan 2007 masing-masing sebesar 1733 mm dan 1445 mm karena pada tahun-tahun tersebut merupakan kejadian curah hujan besar yang menyebabkan Jakarta dilanda bencana banjir. Nilai IRB pada tahun-tahun tersebut cenderung tidak berbeda dengan tahun-tahun lain. Variasi curah hujan pada bulan Desember-Maret tidak terlalu besar kecuali terjadi kenaikan yang cukup signifikan pada tahun 2002 dan 2007. Pada saat musim hujan, curah hujan bulanan menunjukkan variabilitas yang rendah sehingga nilai IRB menunjukkan variabilitas yang rendah pula oleh karena itu nilai IRB antar-tahun pada saat musim hujan selama periode 1997-2007 tidak memiliki perbedaan yang ekstrem.



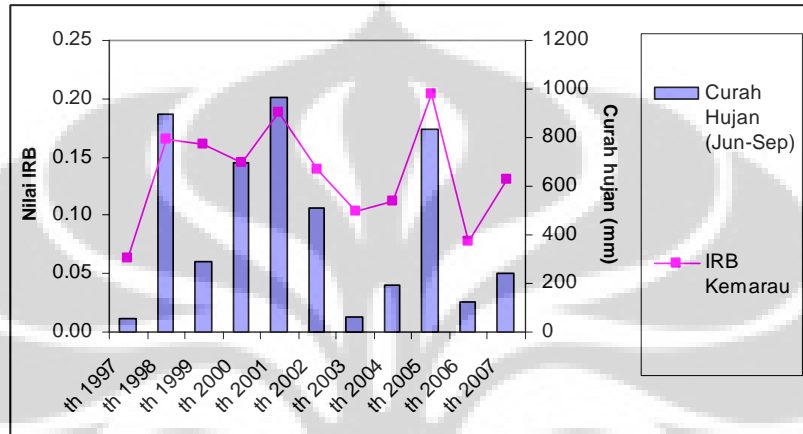
Gambar 5.15 Variasi IRB pada Musim Hujan

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.3.2.2 Musim kemarau

Selama periode 1997-2007 terdapat tahun-tahun dengan curah hujan di bawah normal atau dikenal dengan peristiwa *El Nino*. Kejadian *El Nino* adalah kejadian kemarau panjang dengan bertambahnya bulan-bulan kering dan besar curah hujan lebih sedikit dari biasanya. Tahun-tahun *El Nino* terjadi pada tahun 1997, 2003 dan 2006 dimana besar curah hujan di bulan Juni-September masing-masing sebesar 52 mm, 59 mm dan 121 mm. Pada tahun tersebut nilai IRB

menunjukkan angka yang rendah pula yaitu 0,06 ; 0,10 dan 0,08 atau di bawah rata-rata (0,14). Variabilitas curah hujan periode 1997-2007 sangat besar, begitupula variabilitas nilai IRB di musim kemarau ditandai dengan perbedaan yang ekstrem pada tahun-tahun tertentu. Jadi variasi IRB antar tahun sangat tinggi pada saat musim kemarau.



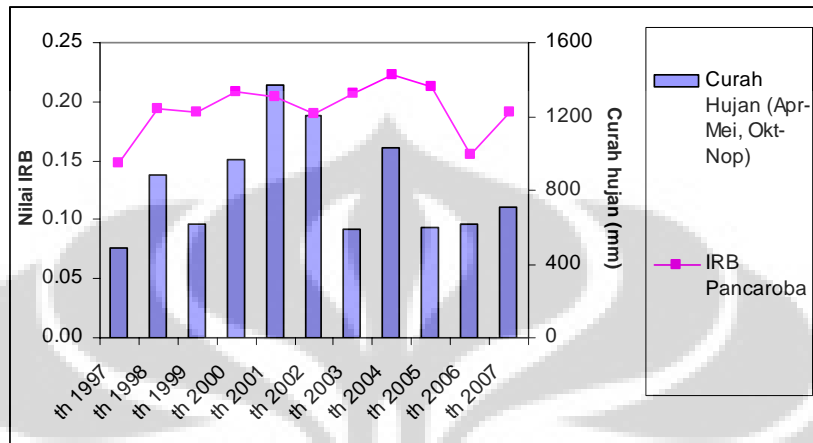
Gambar 5.16 Variasi IRB pada Musim Kemarau

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.3.2.3 Musim pancaroba

Curah hujan tahunan di musim pancaroba tinggi di tahun 2001 dan 2002. Masa transisi tahun 2001 menuju awal tahun 2002 dimana terjadi kejadian hujan besar dan masih besarnya curah hujan di awal musim pancaroba menjadikan pancaroba di tahun tersebut memiliki curah hujan yang cukup tinggi dibandingkan pancaroba di tahun-tahun lain. Respon debit menunjukkan fluktuasi yang cukup tinggi terutama di bulan april 2002 dengan nilai IRB 0,32 hal ini disebabkan masih dipengaruhinya curah hujan besar di awal tahun hingga pertengahan tahun. Sedangkan musim pancaroba di tahun-tahun *El Nino* menunjukkan curah hujan yang rendah seperti yang terlihat pada tahun 1997, 2003 dan 2006. Respon debit di tahun 1997 dan 2006 menunjukkan tingkat *flashiness* yang rendah pula namun di tahun 2003 justru nilai IRB menunjukkan penyimpangan terhadap curah hujan. Hal ini terjadi karena curah hujan di musim kemarau sangat rendah tetapi masa *El Nino* relatif singkat. Nilai IRB tahunan pada musim pancaroba menunjukkan variasi yang lebih rendah dibandingkan pada musim kemarau tapi lebih besar

dibandingkan pada musim hujan. Hal ini disebabkan variabilitas curah hujan pada bulan-bulan peralihan cenderung lebih tinggi dibandingkan bulan-bulan basah tetapi lebih rendah dibandingkan pada bulan-bulan kering.



Gambar 5.17 Variasi IRB pada Musim Pancaroba

Sumber: Pengolahan data, 2009

Dengan begitu maka variabilitas IRB tinggi terjadi pada musim kemarau sedangkan variabilitas IRB rendah terjadi pada musim hujan. Hal ini dikarenakan pada musim kemarau, variabilitas curah hujan hariannya cukup tinggi artinya di Indonesia terutama di Jawa meskipun musim kemarau tetapi masih mendapatkan hujan walaupun jumlah hari hujannya sedikit dan jumlahnya tidak sebanyak pada saat bulan-bulan basah. Sedangkan variabilitas curah hujan selama musim penghujan relatif rendah sehingga variabilitas IRB juga rendah.

Pada tabel 5.6 menunjukkan nilai IRB pada tahun-tahun yang musim kemarau panjang (tahun *El Nino*) yaitu tahun 1997, 2003 dan 2006, relatif lebih kecil dibandingkan tahun-tahun bukan *El Nino* (tahun-tahun yang curah hujannya normal atau di atas normal). Nilai IRB selama musim kemarau dan musim pancaroba pada tahun-tahun *El Nino* juga mempunyai nilai yang kecil pula. Sedangkan nilai IRB selama musim hujan pada tahun-tahun *El Nino* relatif sama dengan nilai IRB pada tahun-tahun bukan *El Nino*.

Tabel 5.6 IRB pada tiap musim

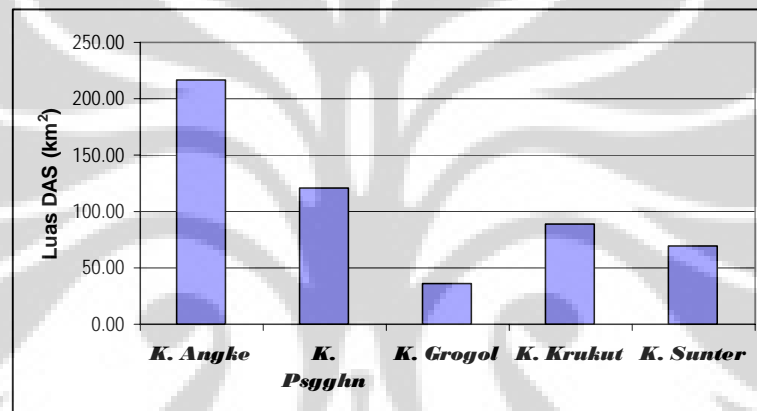
Tahun	IRB tahunan	IRB kemarau	IRB pancaroba	IRB penghujan
th 1997	0.13	0.06	0.15	0.21
th 1998	0.19	0.17	0.19	0.19
th 1999	0.19	0.16	0.19	0.22
th 2000	0.17	0.15	0.21	0.21
th 2001	0.20	0.19	0.20	0.19
th 2002	0.18	0.14	0.19	0.25
th 2003	0.18	0.10	0.21	0.26
th 2004	0.17	0.11	0.22	0.24
th 2005	0.22	0.20	0.21	0.24
th 2006	0.14	0.08	0.16	0.20
th 2007	0.17	0.13	0.19	0.19

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.4 Karakteristik DAS

5.4.1 Luas DAS

Luas beberapa DAS penelitian termasuk DAS berukuran kecil dengan kisaran 70-200 km². Perbandingan luas DAS terbesar enam kali lipat luas DAS terkecil yaitu DA *Kali Angke* dengan besar 216,70 km² sedangkan DAS terkecil berada di DA *Kali Grogol* dengan besar 36,46 km². DA *Kali Pesanggrahan* adalah DAS terbesar kedua setelah DA *Kali Angke* dengan besar 120,95 km². Sementara itu, luas DA *Kali Krukut* dan DA *Kali Sunter* hampir sama dengan rata-rata 80 km².



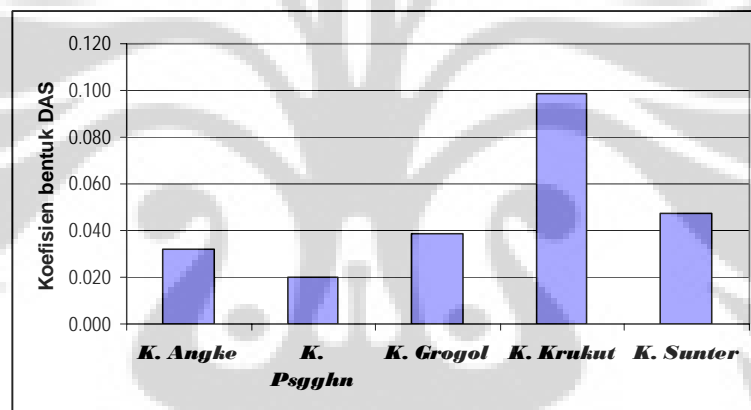
Gambar 5.18 Luas beberapa DAS

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.4.2 Bentuk DAS

Beberapa DAS penelitian umumnya memiliki bentuk memanjang. Aliran sungai yang berada di atas tanah alluvial dengan topografi datar, mengalir memanjang ke utara sehingga membentuk DAS yang memanjang. Beberapa DAS berbentuk memanjang atau berpola bulu burung kecuali DA *Kali Krukut* dengan pola DAS paralel dimana terdapat percabangan *Kali Krukut* dengan *Kali Mampang* di sebelah timur. Seperti yang dijelaskan sebelumnya, pola DAS bulu burung menunjukkan debit yang kecil karena waktu tibanya aliran dari anak-anak sungainya berbeda-beda tetapi ketika terjadi banjir akan berlangsung lama. Sedangkan pola DAS paralel (DA *Kali Krukut*) debit yang besar terjadi pada titik pertemuan dua sungai.

Untuk bisa mengetahui perbandingan yang jelas bentuk DAS yang satu dengan yang lainnya digunakan koefisien bentuk sungai dengan cara membagi luas DAS dengan panjang sungai utama. Nilai koefisien yang semakin kecil menunjukkan bentuk DAS yang semakin memanjang. Berdasarkan perhitungan maka diperoleh koefisien bentuk DAS terkecil berada pada DA *Kali Pesanggrahan* dengan nilai 0,020 dan koefisien terbesar berada pada DA *Kali Krukut* dengan nilai 0,099. Pada bentuk DAS dengan pola bulu burung seperti pada DA *Kali Angke*, DA *Kali Pesanggrahan*, DA *Kali Grogol*, dan DA *Kali Sunter* memiliki rata-rata koefisien 0,030 berbeda dengan DA *Kali Krukut* yang memiliki koefisien 0,099. Hal ini menunjukkan bentuk keempat DAS sebelumnya lebih memanjang sedangkan bentuk DA *Kali Krukut* cenderung melebar.

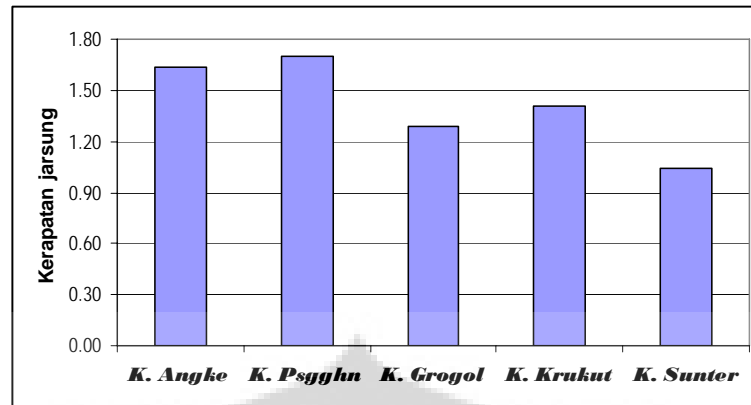


Gambar 5.19 Koefisien bentuk beberapa DAS

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.4.3 Kerapatan jaringan sungai

Kerapatan jaringan sungai pada lima DAS penelitian berkisar 1-1,70 dimana DAS dengan jaringan sungai paling rapat pada DA *Kali Pesanggrahan* dengan besar 1,70 tidak berbeda jauh dengan DA *Kali Angke* yaitu sebesar 1,63. Pada DA *Kali Krukut* kerapatan bernilai 1,41; DA *Kali Grogol* 1,29; dan DA *Kali Sunter* 1,04. Jadi diantara kelima sungai tersebut DAS yang paling rapat jaringan sungainya berturut-turut DA *Kali Sunter*, DA *Kali Grogol*, DA *Kali Krukut*, DA *Kali Angke*, dan DA *Kali Pesanggrahan*.

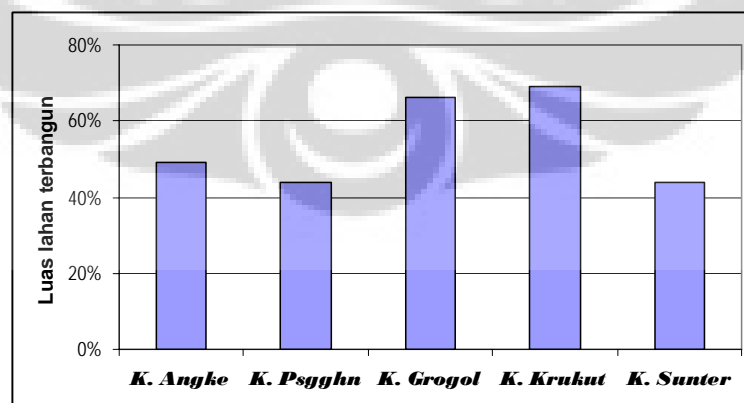


Gambar 5.20 Kerapatan jaringan sungai pada beberapa DAS

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.4.4 Tutupan lahan

Kondisi lahan terbangun di DAS penelitian cukup memprihatinkan. Rata-rata setengah dari luas DAS telah ditutupi oleh lahan terbangun. Persentase lahan terbangun terkecil berada pada DA *Kali Pesanggrahan* dan DA *Kali Sunter* sebesar 44%. DA *Kali Angke* ditutupi oleh 49% dengan lahan terbangun. Sementara itu DA *Kali Grogol* dan DA *Kali Krukut* masing-masing ditutupi 66% dan 69% lahan terbangun. Kondisi ini membuktikan bahwa perkembangan lahan terbangun terutama peningkatan luas lahan permukiman cukup intensif pada tiap DAS. Pada peta 7 dapat dilihat sebaran lahan terbangun sebagian besar mengarah pada bagian hilir sungai yaitu Kota Jakarta.



Gambar 5.21 Persentase lahan terbangun pada beberapa DAS

Sumber: Pengolahan data, 2009

5.5 Tingkat *flashiness* pada beberapa sungai

Seperti yang dijelaskan pada bab sebelumnya bahwa tingkat *flashiness* berturut-turut dari yang tertinggi yaitu *Kali Grogol*, *Kali Krukut* dan *Kali Angke*, *Kali Pesanggrahan*, dan *Kali Sunter*. Perbedaan tingkat *flashiness* pada tiap DAS akan dikaji berdasarkan karakteristik masing-masing DAS dan dalam hal ini curah hujan dianggap homogen. Ada dua hal dalam karakteristik DAS dimana ada karakter DAS yang sifatnya alami dan perubahannya cenderung lama yaitu faktor luas, bentuk, dan kerapatan jaringan sungai. Sedangkan karakter yang sifatnya dipengaruhi oleh manusia dan perubahannya relatif cepat yaitu faktor lahan terbangun.

Flashiness tertinggi terjadi di *Kali Grogol* dengan nilai IRB 0,28. Ukuran DAS yang kecil, bentuk DAS yang ramping dan memanjang dari hulu sampai hilir, kerapatan jaringan sungai rendah bahkan hanya sungai utama saja yang dominan menyebabkan aliran di *Kali Grogol* cenderung deras dan sangat fluktuatif meskipun besar debitnya sangat kecil. Ditambah lagi persentase lahan terbangun yang tinggi terutama pada DAS tengah dan hilir membuat tingkat *flashiness* di *Kali Grogol* menjadi sangat tinggi dibandingkan DAS lainnya. Untuk mengetahui kondisi DA *Kali Grogol* diperlukan penelitian lebih lanjut, namun berdasarkan indeks Richard-Baker yang tinggi sudah menunjukkan gejala kekritisitas DAS karena dilihat dari karakter alami DAS menunjang aliran debit yang tidak stabil (deras) ditambah lagi tutupan lahan berupa lahan terbangun yang sangat intensif di sepanjang wilayah ini.

Flashiness terendah berada di *Kali Sunter* dengan nilai IRB 0,09. DA *Kali Sunter* termasuk DAS berukuran kecil. Bentuk DAS menyerupai bulu burung dimana bentuknya memanjang dan agak melebar di bagian tengah. Sebagian besar badan sungai utama terletak di bagian timur dan anak-anak sungai terkonsentrasi di bagian barat. Jaringan sungai terbilang kurang rapat karena tidak terlalu banyak anak sungai dan percabangan anak sungainya pun tidak banyak sehingga momentum atau dorongan aliran dari anak sungai tidak begitu besar. Berdasarkan karakteristik DAS tersebut maka aliran *Kali Sunter* cenderung bergerak lambat karena DASnya cukup lebar namun sungai di dalamnya tidak terlalu banyak dan

tidak banyak bercabang. Di sisi lain lahan terbangun di DAS ini terbilang rendah dengan persentase 44% dan lebih terkonsentrasi di bagian hilir terutama sebelah timur (Jakarta Timur dan Kota Bekasi). Jadi tingkat *flashiness* yang cukup rendah di wilayah ini dikarenakan karakteristik DAS (luas DAS, bentuk DAS, dan kerapatan jaringan sungai) sedemikian rupa sehingga menghasilkan aliran sungai yang cenderung stabil/tidak terlalu fluktuatif kemudian ditunjang pula dengan kondisi tutupan lahan yang persentase daerah resapan air lebih besar sehingga memungkinkan terjadinya proses infiltrasi yang lebih banyak dibandingkan DAS lainnya.

Tingkat *flashiness* di *Kali Angke* termasuk cukup besar dengan nilai IRB 0,21. DA *Kali Angke* termasuk DAS berukuran besar bila dibandingkan keempat DAS penelitian. Bentuk DAS memanjang dengan spesifikasi bentuk DAS yang ramping di bagian hulu, menyempit di bagian tengah kemudian membesar di bagian hilir. DA *Kali Angke* memiliki kelerengan landai di bagian hulu kemudian bentuk wilayah semakin mendatar di bagian hilir. Kerapatan jaringan sungai pada DAS ini termasuk tinggi terutama di bagian hilir. Di bagian hulu jaringan sungai cukup rapat dengan anak sungai yang pendek, di bagian tengah hanya mengalir sungai induk kemudian pada bagian hilir ditemukan banyak sekali anak sungai yang sangat panjang tetapi kerapatannya lebih rendah dibandingkan di bagian hulu. Meskipun bentuk sungainya memanjang tetapi faktor kerapatan jaringan sungai di bagian hilir yang lebih memegang peranan terhadap tingginya fluktuasi debit di titik pengukuran karena di bagian hilir ada beberapa titik pertemuan antara anak sungai dengan sungai induk. Sementara itu hampir setengah dari luas DAS terdapat lahan terbangun yang sifatnya menyebar. Jadi, tingginya tingkat *flashiness* pada DA *Kali Angke* cenderung dipengaruhi oleh faktor jaringan sungai.

Nilai IRB *Kali Krukut* termasuk kategori cukup tinggi sama dengan IRB *Kali Angke* yaitu 0,21. Meskipun memiliki tingkat *flashiness* yang sama dengan *Kali Angke* namun karakteristik DA *Kali Krukut* berbeda dengan DA *Kali Angke*. DA *Kali Krukut* termasuk DAS berukuran kecil dengan jarak sungai yang pendek, bentuk DAS agak melebar terutama di bagian tengah dan hilir dengan pola paralel, terdapat satu anak sungai yang letaknya sejajar dengan sungai utama

kemudian bertemu dengan sungai utama di bagian hilir. Kerapatan jaringan sungai cukup tinggi terutama pada bagian hulu, di bagian tengah percabangan sungai semakin berkurang dan di bagian hilir alirannya menyatu dengan induk sungai. Dengan karakter DAS seperti pendeknya aliran sungai, kerapatan jaringan sungai yang cukup tinggi, dan terdapat titik pertemuan sungai di bagian hilir membuat aliran debit tinggi dan cenderung fluktuatif di bagian hilir karena itu IRB menunjukkan nilai yang cukup tinggi. Karakteristik DAS yang seperti itu diperparah dengan besarnya luas lahan terbangun. Jadi penyebab tingginya tingkat *flashiness* di *Kali Krukut* yaitu karakter pada DAS dan tingginya lahan terbangun.

Tingkat *flashiness* di *Kali Pesanggrahan* termasuk rendah dengan nilai IRB 0,10. DA *Kali Pesanggrahan* termasuk DAS berukuran besar bila dibandingkan dengan DAS penelitian lainnya. Bentuk DAS memanjang dengan pola bulu burung, menyerupai botol dimana di bagian hulu bentuk DAS melebar kemudian menyempit di bagian tengah hingga hilir. Kerapatan jaringan di hulu lebih tinggi dibandingkan bagian tengah sedangkan di hilir hanya ada sungai induk. Namun jarak antar anak sungai di hulu tidak terlalu rapat. Aliran anak-anak sungai menyatu di bagian tengah sampai bagian hilir. Dengan karakteristik DAS tersebut aliran sungai di hulu cenderung deras namun semakin ke hilir alirannya melambat karena aliran sungai mulai menyatu di DAS tengah kemudian aliran induk sungai yang panjang sampai hilir. Hal ini juga dapat terlihat di bagian hilir sungai membentuk meander-meander. Aliran sungai meander mengindikasikan aliran yang lambat di atas permukaan yang sangat datar. Lahan terbangun di wilayah ini sangat rapat di bagian hilir (Jakarta Barat, Jakarta Selatan dan Kabupaten Tangerang) sedangkan di bagian hulu cenderung rendah sehingga infiltrasi di bagian ini lebih maksimal dibandingkan di bagian hilir. Hal ini juga yang membantu mengurangi *runoff* di bagian hulu sehingga debit di hilir tidak terlalu besar.

KESIMPULAN

1. Nilai IRB pada lima aliran sungai di Jakarta sebesar 0.28 untuk *Kali Grogol*, 0.21 untuk *Kali Angke* dan *Kali Krukut*, 0.10 untuk *Kali Pesanggrahan* dan 0.09 untuk *Kali Sunter*. Dengan demikian maka tingkat *flashiness* *Kali Grogol* lebih tinggi dibandingkan keempat sungai lainnya.
2. Tingkat *flashiness* tahunan, *flashiness* periode Juni sampai September (musim kemarau), dan *flashiness* periode April-Mei dan Oktober-Nopember (musim pancaroba) pada tahun-tahun *El Nino* relatif lebih kecil dibandingkan pada tahun-tahun bukan *El Nino*. Sedangkan karakteristik DAS dan lahan terbangun tidak dapat menggambarkan variasi *flashiness* di Jakarta.

DAFTAR PUSTAKA

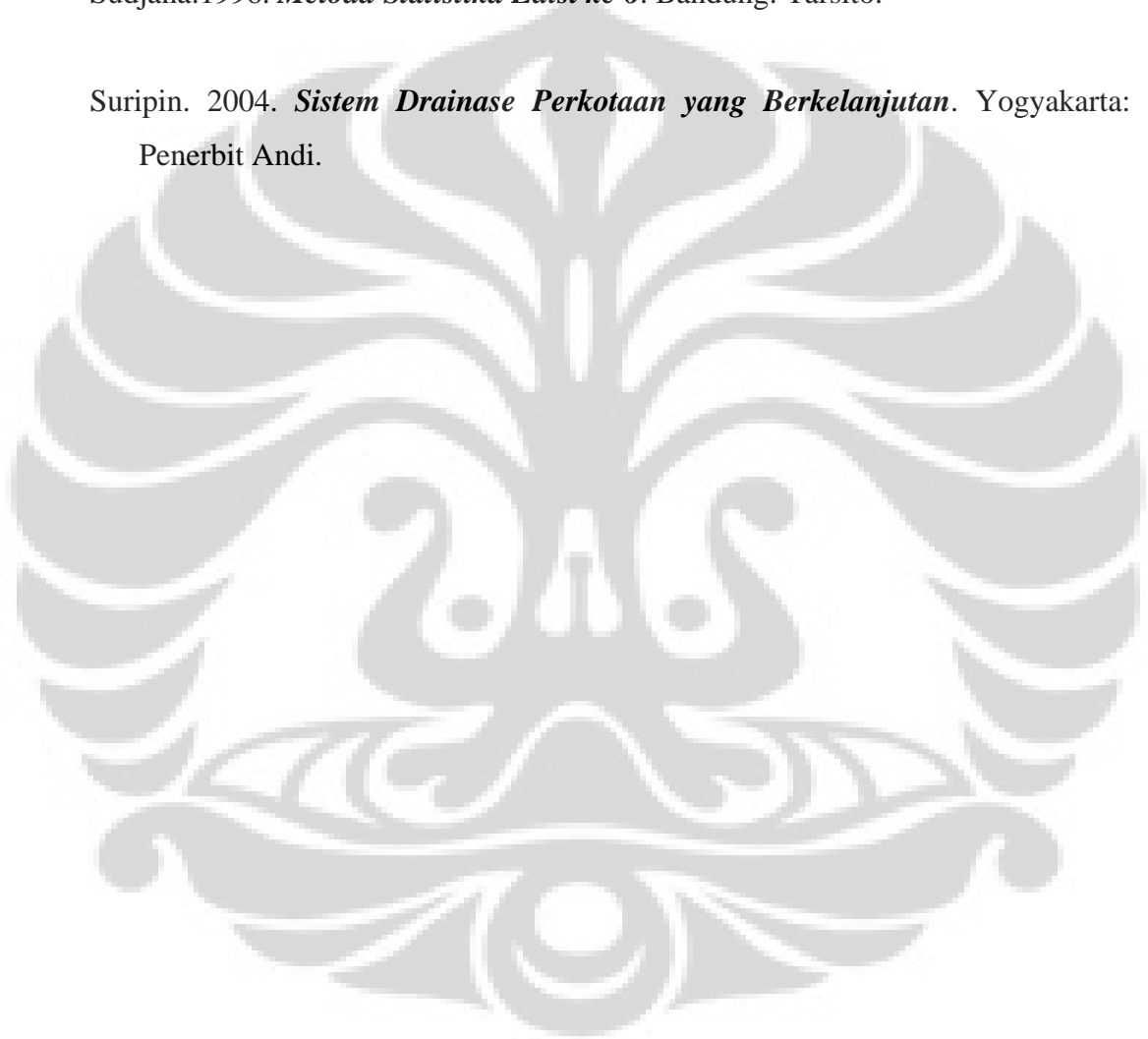
- Arima, Nurlis. 2003. *Identifikasi Lokasi Banjir di Daerah Aliran Kali Pesanggrahan*. Skripsi Sarjana Jurusan Geografi FMIPA UI. Jakarta.
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: UGM Press.
- Baker, D.B., R.P. Richards, T.T. Loftus, and J.K. Kramer. 2004. *A New Flashiness Index: Characteristics and Applications to Midwestern Rivers and Streams*. Journal of the American Water Resources Association 40(2): 503-522. www.awra.org/jawra/papers/J03095.html
- Fongers, Dave. 2008. *Thornapple River Watershed Flashiness Report*. Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ), Land and Water Management Division. www.michigan.gov/documents/deq/lwm-hsu-rb-flashiness_240855_7.pdf
- Fongers, D., J. Rathbun, and K. Manning. 2007. *Application of the Richards-Baker Flashiness Index to Gaged Michigan Rivers and Streams*. Michigan Department of Environmental Quality (MDEQ), Land and Water Management Division. www.michigan.gov/documents/deq/lwm-hsu-rb-flashiness_204776_7.pdf
- Hasan, M. Iqbal. 1999. *Pokok-Pokok Materi Statistik 1 (Statistik Deskriptif) Edisi ke 2*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Mori K., 1987. *Hidrologi untuk Pengairan*. Terjemahan L.Taulu, ed. S. Sosrodarsono dan Kensaku Takeda. Jakarta: Pradnya Paramita.

Paul, M. J., Judy L. M. 2008. *Urban Ecology*. USA: Springer.

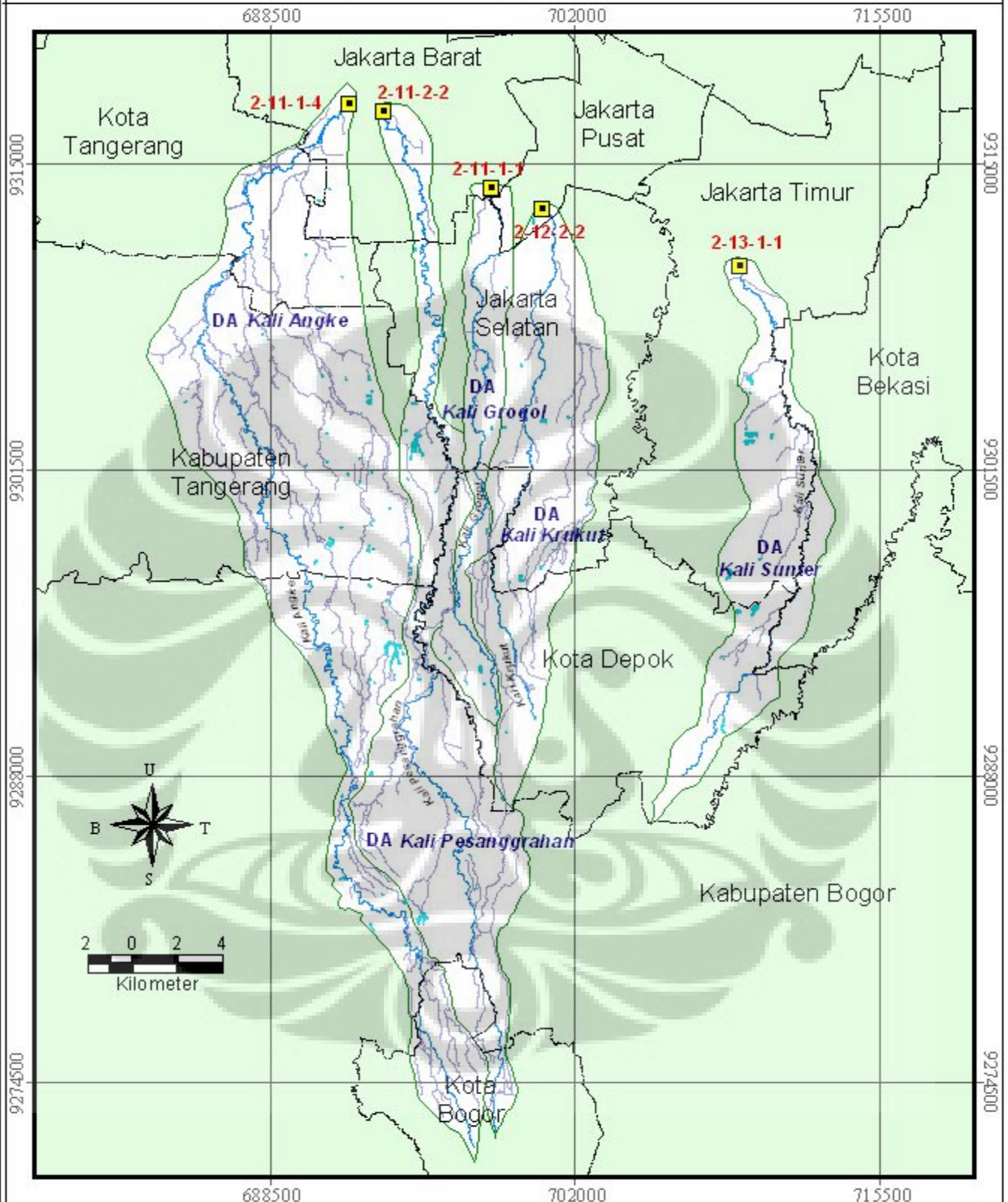
Rustanto, Andry. 2005. *Variabilitas Debit Sehubungan dengan Perubahan Penggunaan Tanah dan Kerapatan Tajuk Vegetasi di DA Ci Tarum Hulu Th 1980-2002*. Skripsi Sarjana Jurusan Geografi FMIPA UI. Jakarta.

Sudjana.1996. *Metoda Statistika Edisi ke 6*. Bandung: Tarsito.

Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: Penerbit Andi.



DAERAH PENELITIAN



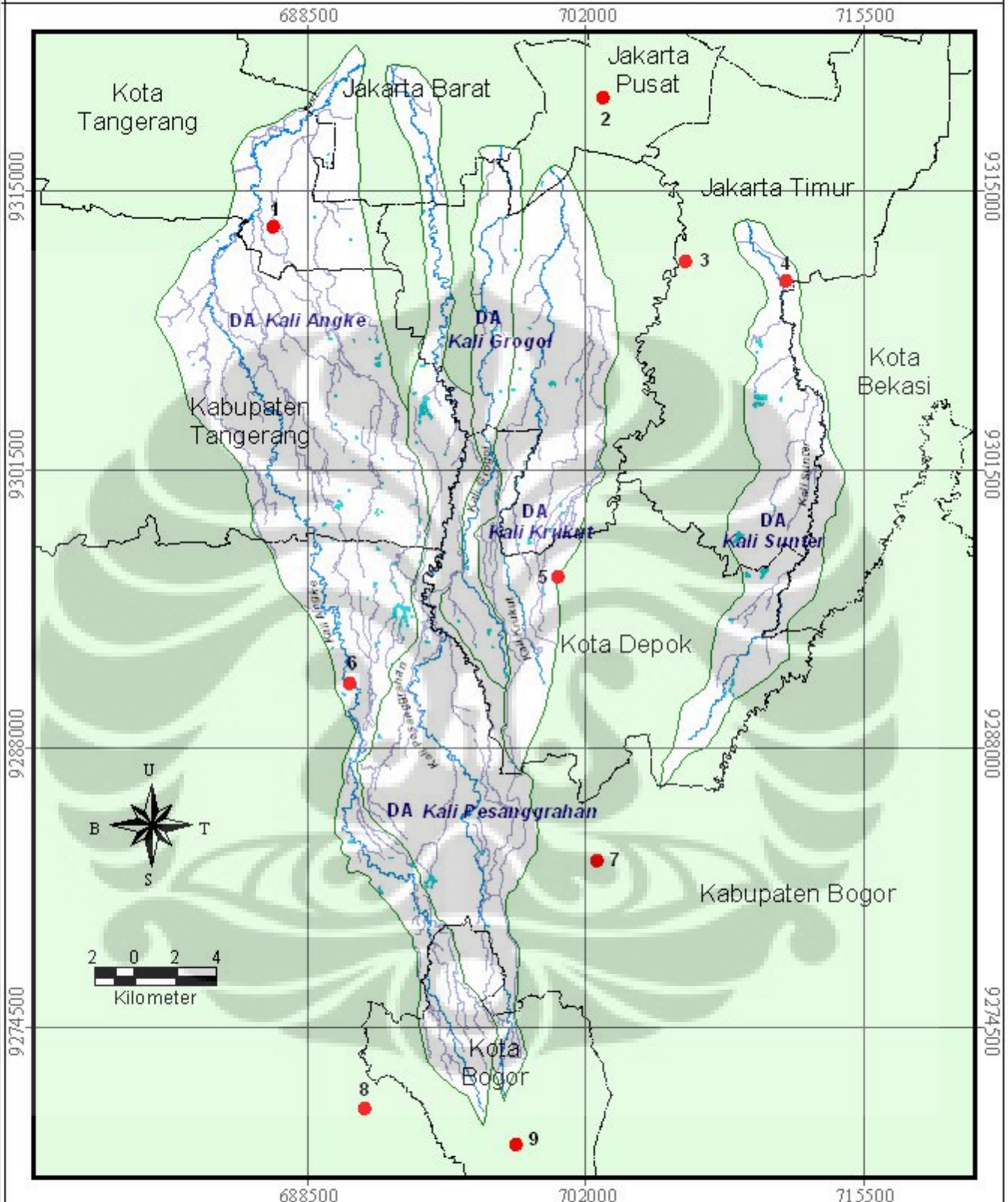
KETERANGAN

- | | | |
|-------|-----------------------|----------------------------|
| ----- | Batas Kodya/Kabupaten | Stasiun Pengukur Debit |
| — | Batas DAS | ■ 2-11-1-4 Rawabuaya |
| ~ | Induk Sungai | ■ 2-11-2-2 Kebon Jeruk |
| ~ | Anak Sungai | ■ 2-11-1-1 Palmerah |
| ■ | Danau/Situ | ■ 2-12-2-2 Bendungan Hilir |
| | | ■ 2-13-1-1 Cipinang Muara |



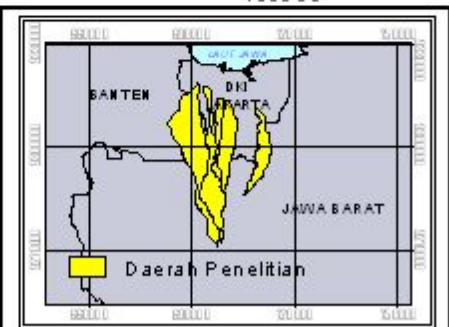
Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)

LOKASI STASIUN CURAH HUJAN



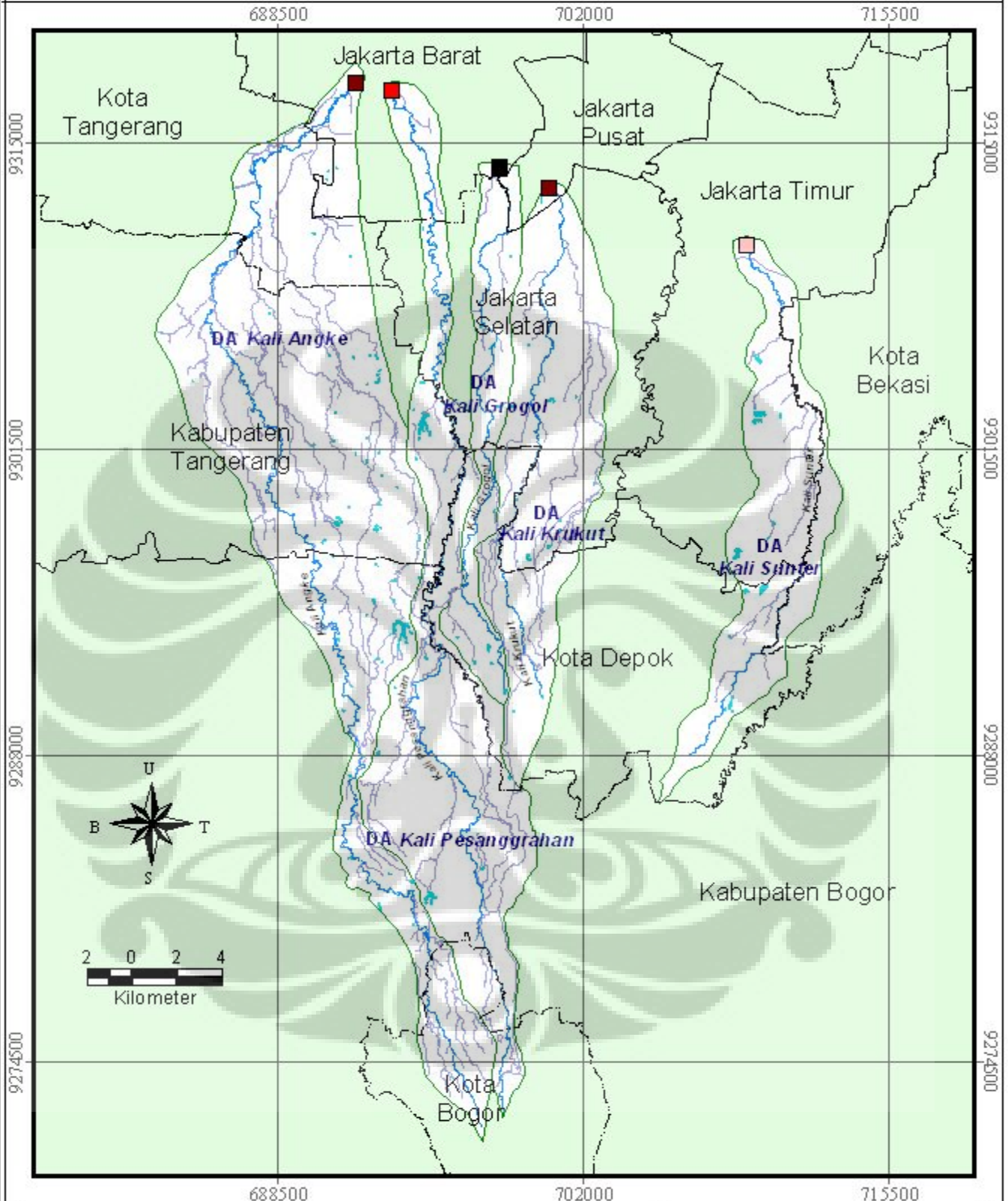
KETERANGAN

- | | |
|---------------------|--------------------------|
| --- Batas Kodya/Kab | Nama Stasiun Curah Hujan |
| — Batas DAS | • 1 Ciledug |
| ~ Induk Sungai | • 2 Jakpus |
| ~ Anak Sungai | • 3 Cawang |
| • Danau/Situ | • 4 Halim PK |
| | • 5 Kampus UI |
| | • 6 Parung |
| | • 7 Cibinong |
| | • 8 Parung |
| | • 9 Bogor Empang |



Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)

TINGKAT FLAHINESS



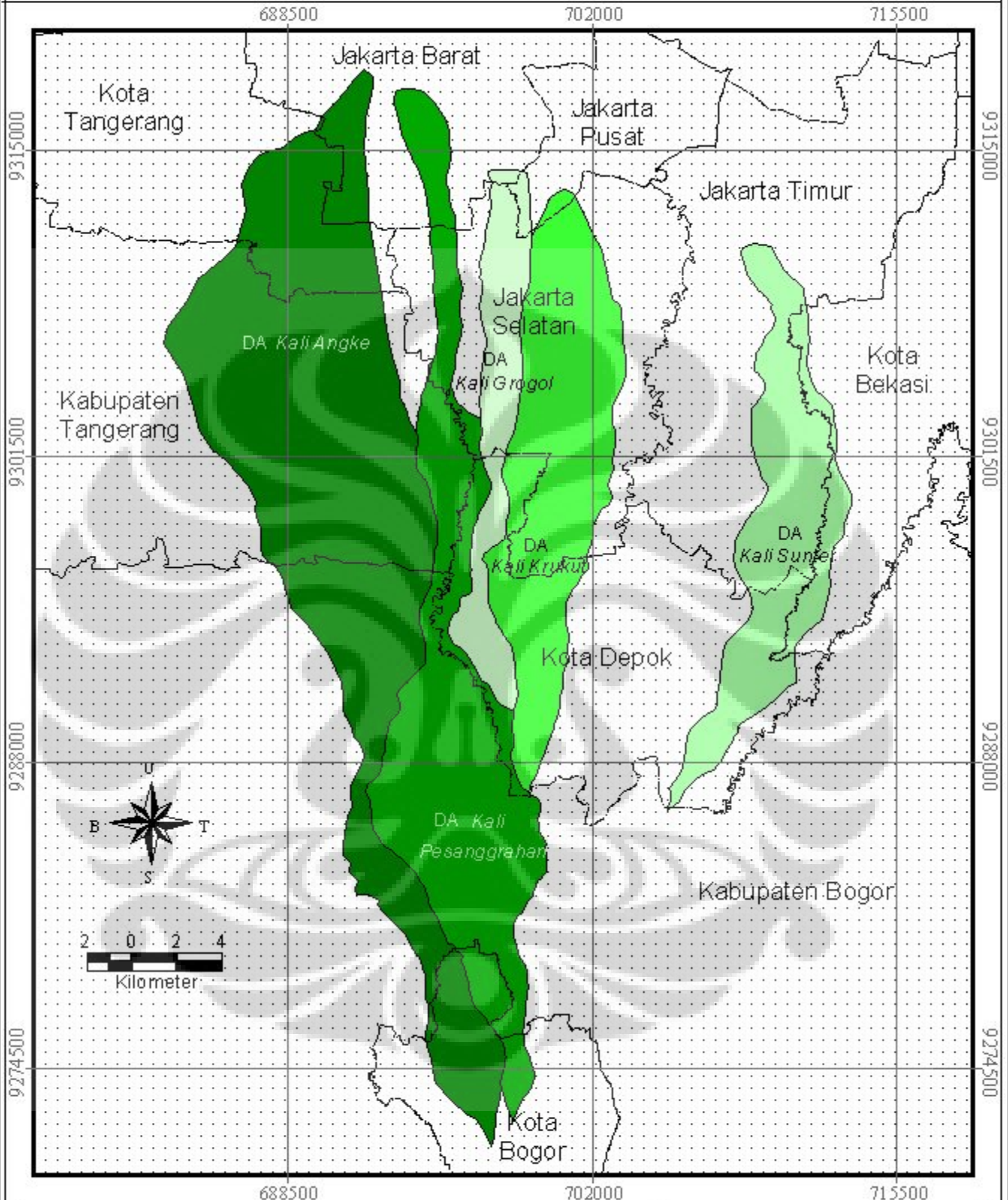
KETERANGAN

- | | |
|---------------------|----------------------------|
| --- Batas Kodya/Kab | Nilai Indeks Richard-Baker |
| — Batas DAS | ■ 0,09 |
| ~ Induk Sungai | ■ 0,10 |
| ~ Anak Sungai | ■ 0,21 |
| ■ Danau/Situ | ■ 0,28 |



Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)

LUAS DAERAH ALIRAN SUNGAI



KETERANGAN

- Batas Kodya/ Kabupaten
- Batas DAS

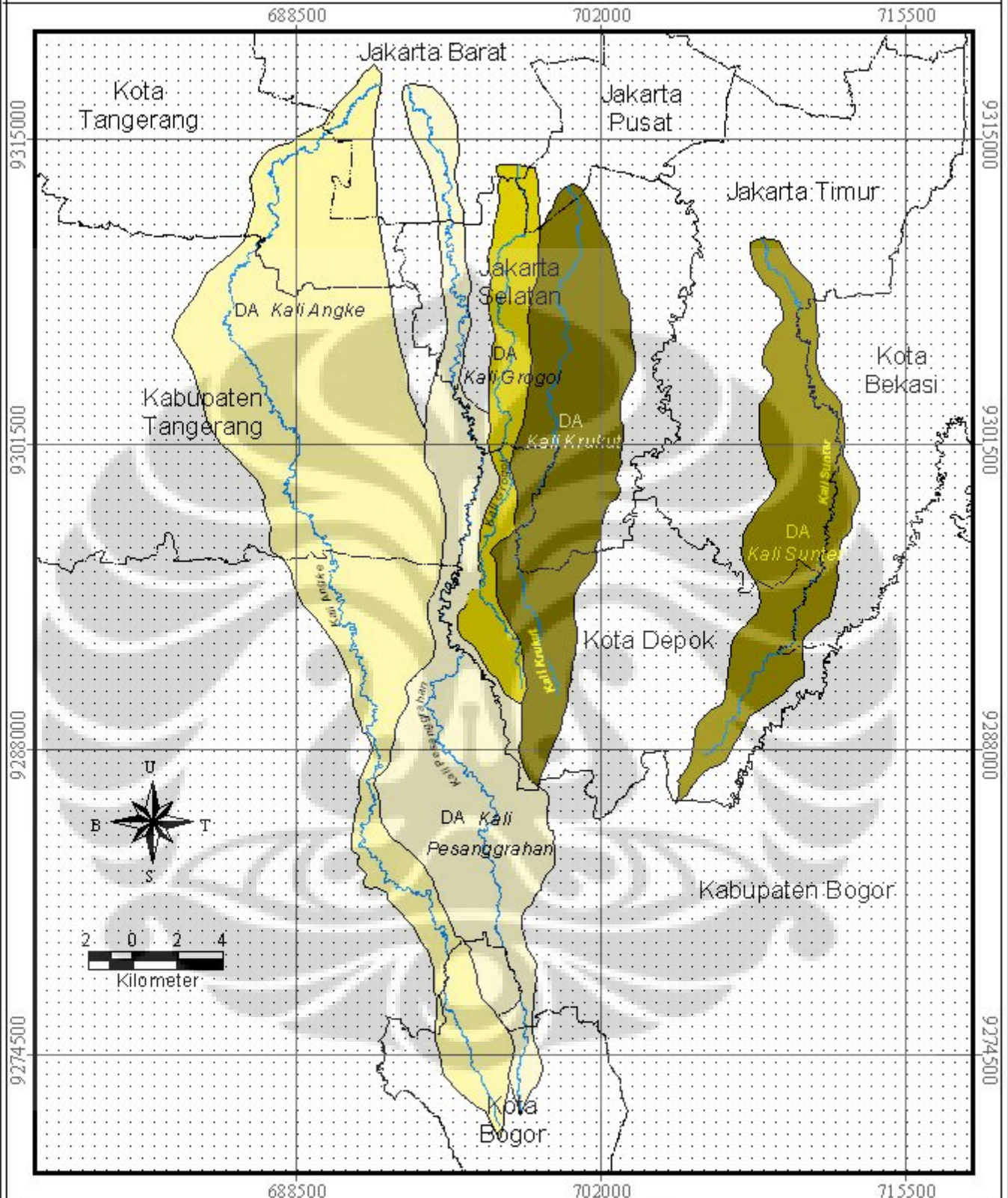
Luas DAS (Km²)

	36,46
	68,76
	88,22
	120,95
	216,70



Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)

KOEFISIEN BENTUK DAS



KETERANGAN

- Batas Kodya/ Kabupaten
- Batas DAS
- Sungai Utama

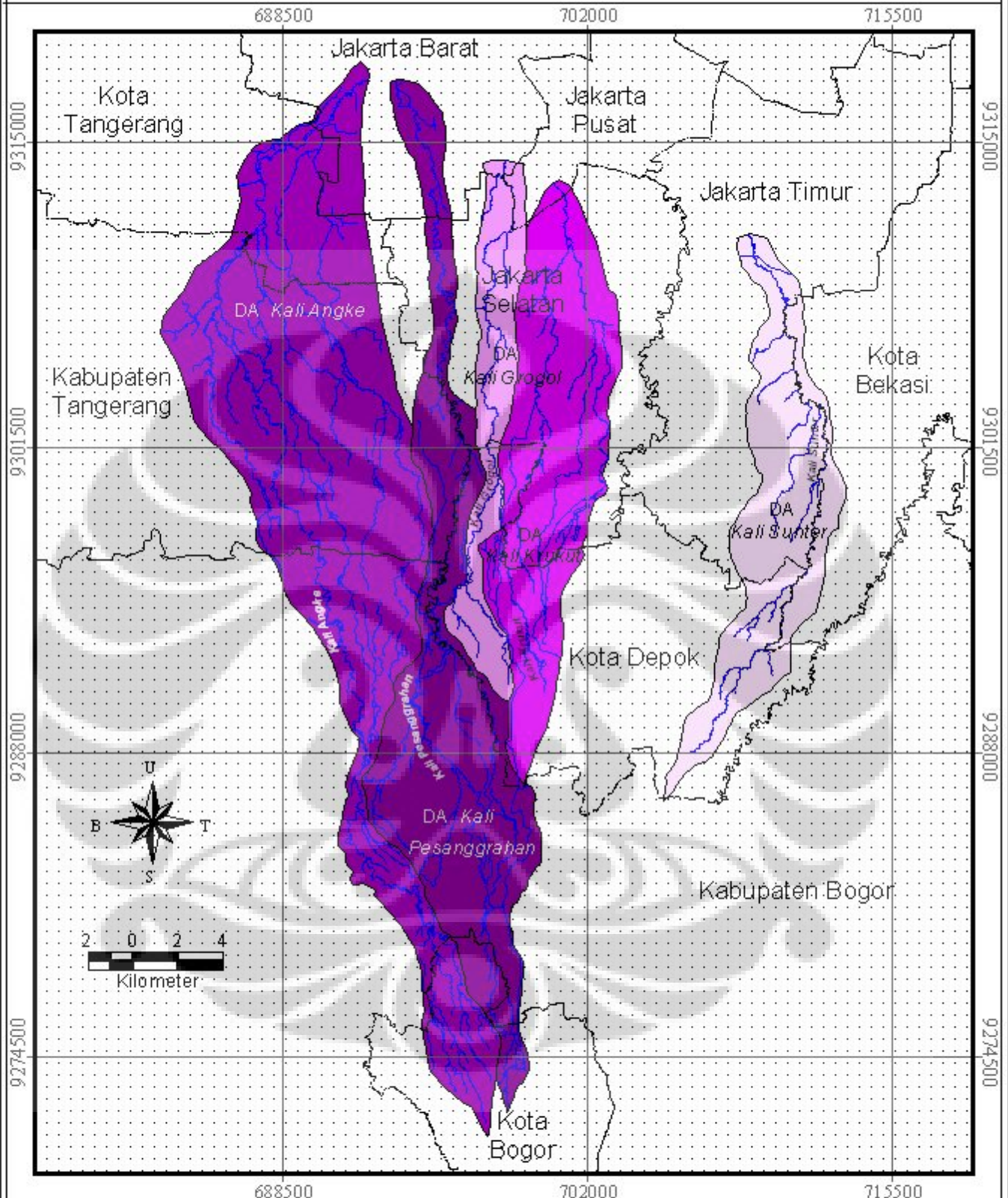
Koefisien Bentuk DAS

	0,020
	0,032
	0,038
	0,047
	0,099



Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)

KERAPATAN JARINGAN SUNGAI



KETERANGAN

- Batas Kodya/ Kabupaten
- Batas DAS
- Jaringan Sungai

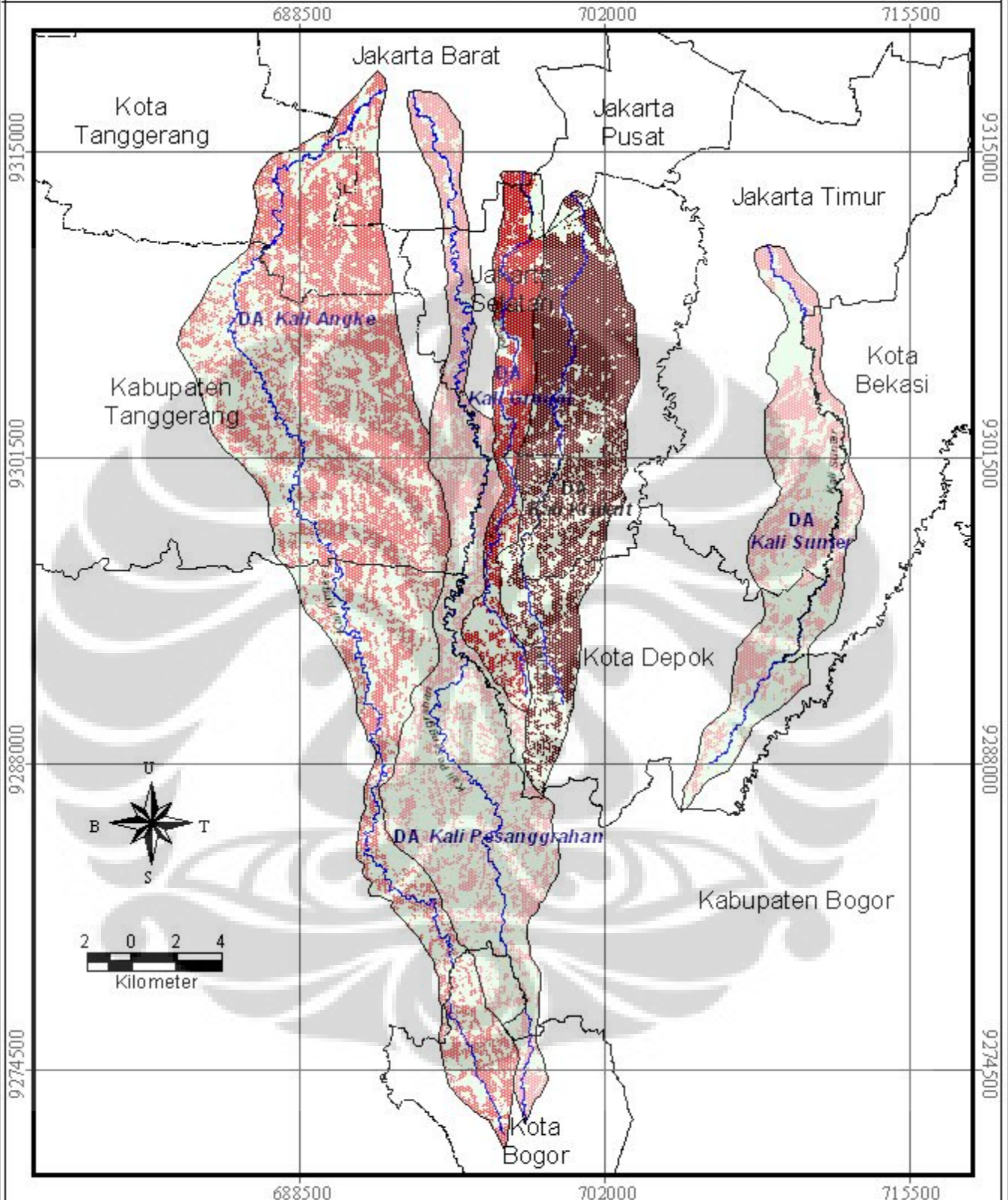
Kerapatan Jaringan Sungai

	1,04
	1,29
	1,41
	1,63
	1,70



Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)

TUTUPAN LAHAN



KETERANGAN

- Batas Kodya/ Kabupaten
- Batas DAS
- ~ Sungai Utama

Lahan Tak Terbangun	
Persentase Lahan Terbangun	
	44%
	49%
	66%
	69%



Sumber: Badan Pertanahan Nasional (BPN)



Stasiun pengukur debit *Kali Angke*, Rawabuaya, Jakarta Barat
No. stasiun 2-11-1-4
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Aliran *Kali Angke*, Rawabuaya, Jakarta Barat
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Stasiun pengukur debit *Kali Pesanggrahan*, Kebon Jeruk, Jakarta Barat
No. stasiun 2-11-2-2
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Aliran *Kali Pesanggrahan*, Kebon Jeruk, Jakarta Barat
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Aliran *Kali Grogol*, Palmerah, Jakarta Barat
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Aliran *Kali Grogol*, Grogol, Jakarta Barat
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Stasiun pengukur debit *Kali Krukut* , Bendungan Hilir, Jakarta Pusat
No. stasiun 2-12-2-2
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Aliran *Kali Krukut*, Bendungan Hilir, Jakarta Pusat
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Stasiun pengukur debit *Kali Sunter*, Cipinang Muara, Jakarta Timur
No. stasiun 2-13-1-1
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)



Aliran *Kali Sunter*, Cipinang Muara, Jakarta Timur
(Sumber foto: Erika, Juni 2009)