



MODEL INDEKS LAYANAN JARINGAN DRAINASE PERKOTAAN

DISERTASI

PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL MINAT SUMBERDAYA AIR

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Doktor Teknik



HARI SUPRAYOGI

NIM 157060100111016

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2018

**IDENTITAS TIM PENGUJI DISERTASI**

JUDUL DISERTASI:

MODEL INDEKS LAYANAN JARINGAN DRAINASE PERKOTAAN

Nama Mahasiswa : HARI SUPRAYOGI

NIM : 157060100111016

Program Studi : PROGRAM DOKTOR TEKNIK SIPIL

Minat : SUMBER DAYA AIR

KOMISI PEMBIMBING:

Pembimbing Utama : Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS

Pembimbing Pendamping 1 : Prof. Dr. Ir. Lily Montarchih Limantara, M.Sc

Pembimbing Pendamping 2 : Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS

TIM DOSEN PENGUJI:

Dosen Penguji : Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT

Dosen Penguji : Prof. Ir. Iwan Kridasantausa, M.Sc., Ph.D

Dosen Penguji Tamu : Dr. Ir. Mochamad Basuki Hadimuldjono, M.Sc

Tanggal Ujian Tertutup : 18 Juli 2018

Tanggal Ujian Akhir Disertasi : 27 Juli 2018



LEMBAR PENGESAHAN MODEL INDEKS LAYANAN JARINGAN DRAINASE PERKOTAAN

DISERTASI

TEKNIK SIPIL

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Doktor Teknik

HARI SUPRAYOGI

NIM 157060100111016

Disertasi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 23 Juli 2018

Promotor,

Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS

NIP.19581126 198609 1 001

Co Promotor I,

Prof. Dr. Ir. Lily Montarcih L, M.Sc

NIP.19620917 198701 2001

Co Promotor II,

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS

NIP. 19610131 198609 2 001

Mengetahui,

Ketua Jurusan/ Ketua Program Studi

Dr. Eng. Yulvi Zaika, MT

NIP.19680707 199403 2 002

PERNYATAAN ORISINALITAS DISERTASI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang pengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan, dan masalah ilmiah yang diteliti dan ditulis di dalam Naskah Disertasi ini adalah asli dan pemikiran saya. Tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Disertasi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Disertasi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU NO. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 23 Juli 2018

Mahasiswa,

HARI SUPRAYOGI
NIM 157060100111016



DAFTAR RIWAYAT HIDUP

IDENTITAS

1. Nama : Hari Suprayogi
2. NIM : 157060100111016
3. Program Studi : Teknik Sipil
4. Minat : Teknik Sumber Daya Air
5. Alamat Email : yogibsolo@gmail.com
6. Nomor Telepon/ HP : 081228001313
7. Instansi Asal : Kementerian PUPERA Ditjend SDA
8. Alamat Instansi : Jalan Pattimura No. 20
Jakarta Selatan 12110

RIWAYAT PENDIDIKAN

Pendidikan yang Pernah ditempuh	Lokasi Studi	Tahun Studi	Gelar	Bidang Ilmu
1. S1	Universitas Brawijaya	1979 – 1984	Ir	Teknik Pengairan
2. S2	Alberta Univ., Canada	1989 – 1991	M.Eng	Sipil, bidang Water Resources Engineering
3. S3	Universitas Brawijaya	2015 - 2018	Dr	Sipil, minat Sumber Daya Air

KEGIATAN SELAMA STUDI LANJUT S3

A. PUBLIKASI ILMIAH: JURNAL

No	Judul	Nama Jurnal	Penulis
1	Service Index Modeling of Urban Drainage Network	International Journal of GEOMATE, Oct.,2018 Vol.15, Issue 50, pp.95-100 ISSN: 2186-2982 (P), 2186-2990 (O), Japan, DOI: https://doi.org/10.21660/2018.50.04204 Special Issue on Science, Engineering & Environment	Hari Suprayogi, Mohammad Bisri, Lily Montarcih L, Ussy Andawayanti

B. PUBLIKASI ILMIAH: SEMINAR

No	Judul	Nama Seminar	Lokasi
1	Service Index Modeling of Urban Drainage Network	10 th World Conference on Applied Science, Engineering and Technology, WCASET 2018	Singapura

RINGKASAN

HARI SUPRAYOGI, Program Doktor Teknik Sipil, Universitas Brawijaya March 2018, *Model Indeks Layanan Jaringan Drainase Perkotaan*, Tim Promotor Mohammad Bisri, Lily Montarcih Limantara, Ussy Andawayanti.

Jaringan Drainase Perkotaan merupakan sistem pembuangan air lebih dari suatu kawasan baik perumahan/permukiman maupun kawasan lainnya. Keandalan prasarana jaringan drainase mutlak diperlukan untuk menjaga fungsi layanan sesuai dengan desain. Guna menjaga fungsi layanan tersebut diperlukan kegiatan pemeliharaan dan perbaikan serta pembiayaan yang didasarkan pada tingkat atau kondisi layanan dari prasarana tersebut. Salah satu konsep adalah penentuan indeks layanan prasarana guna menggambarkan kondisi dari prasarana yang selanjutnya dapat dipakai menentukan kegiatan yang perlu dilakukan untuk menjaga fungsi layanan secara efektif, efisien, dan optimal.

Penelitian ini mengembangkan suatu perangkat rumusan sebagai alat untuk menentukan kondisi layanan infrastruktur jaringan drainase perkotaan berdasarkan aspek teknis dan aspek non-teknis, dengan menganalisis variabel dan variabel yang memberikan pengaruh terhadap masing-masing aspek baik teknis maupun non-teknis. Tiga variabel yang memberikan pengaruh besar terhadap kriteria-kriteria pada aspek teknis yaitu kapasitas sistem, permasalahan genangan, dan pola pengaliran yang masing-masing ditunjukkan dengan variabel-variabel. Sedangkan aspek non-teknis dipengaruhi oleh lima variabel manajemen kelembagaan, aspek hukum dan pengaturan, sosial-budaya dan ekonomi, peran masyarakat dan swasta, serta kerugian banjir. Locus penelitian adalah jaringan drainase Citepus yang mempunyai 16 saluran primer. Pengumpulan data variabel dari variabel untuk aspek teknis dilakukan dengan pengukuran langsung-*site visit* maupun data sekunder dari lapangan yang ada. Aspek non teknis menggunakan data kuisisioner sebagai data kualitatif yang diubah menjadi kuantitatif. Filtering terhadap variabel-variabel dilakukan dengan alat bantu *smart PLS-Partial Least Squares*. Selanjutnya, dilakukan analisis memakai alat bantu metode *GRG-Generalized Reduced Gradient methode*, yang berguna untuk menyelesaikan persamaan non-linier dengan asumsi tujuan-*objective* dan kendala-*constraint*. Uji kalibrasi model dilakukan kalibrasi dan simulasi terhadap parameter-parameter yang digunakan.

Hasil penelitian berupa model indeks Suprayogi, yaitu model indeks layanan jaringan drainase perkotaan yang dikembangkan memakai aspek teknis dan aspek non-teknis yang melibatkan variabel dan variabel berpengaruh pada tingkat layanan jaringan drainase. Hasil uji menunjukkan bahwa dari aspek teknis kapasitas sistem berpengaruh paling besar dengan 0,853 dan masing-masing permasalahan genangan dengan 0,127, pola pengaliran dengan 0,07 berpengaruh kecil. Sedangkan aspek non-teknis, manajemen kelembagaan mempunyai pengaruh paling besar dengan 0,604, aspek sosial budaya dan ekonomi dengan 0,306 berpengaruh sedang, serta masing-masing hukum dan pengaturan dengan 0,087 dan peran masyarakat dan swasta dengan 0,0026 berpengaruh kecil. Secara global ditunjukkan bahwa pengaruh terhadap tingkat layanan jaringan drainase perkotaan adalah 0,73 aspek teknis dan 0,27 aspek non-teknis dan model index tingkat layanan jaringan drainase perkotaan adalah $I_L = 0,73 I_{\text{Teknis}} + 0,27 I_{\text{Non-Teknis}}$. Diperlukan penelitian lebih lanjut yang melibatkan kondisi lebih variatif seperti mengikutsertakan apa yang telah ditulis pada pembatasan masalah.

Kata Kunci : Kapasitas sistem, metode GRG, optimal, indeks layanan, aspek teknis dan non-teknis, drainase perkotaan

SUMMARY

Hari Suprayogi, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, March 2018, Index Model of Urban Drainage Service Network, Academic Supervisor: Mohammad Bisri, Lily Montarcih Limantara, Ussy Andawayanti.

Urban drainage networks are drainage system in an area either from residential or non-residential area. The reliability of drainage network infrastructure is needed to keep its function according to the (basic) design. Thus, to keep its function works properly requires a preventive maintenance, reparation and also financing based on its level of service condition. One of the concepts that can be used is by determining the index of infrastructure service. This index figures the actual condition of infrastructure that can be used to keep the service works in an optimal, effective and efficient way.

This research develops a formula as a tool to determine the condition of infrastructure service of urban drainage network based on technical and non-technical aspect. This formula works by elaborating the variabel and indicator which gives values to each aspect both technical and non-technical. Three variabels that give important aspect to the technical aspect namely system capacity, inundation problems and drainage stream patterns, each indicated by an indicator. Non-technical aspects influenced by five variabels are institutional management, legal and regulatory aspects, socio-cultural and economic, public and private roles and flood losses. The research focus in Citepus drainage network which has 16 primary channels. Collecting data from technical aspects is done by direct site visit measurements as well as secondary data collection. The non-technical aspects use questionnaire as qualitative data that converted to quantitative. However filtering towards variabels and indicators are used Smart PLS-Partial Least Square Method. Furthermore, an analysis using the GRG-Generalized Reduced Gradient method is used by allowing non-linear constraints and arbitrary bounds on the variabels. Calibration and simulation is used toward parameters onvolved in this research.

The result of the research is Suprayogi index model, with regard of urban drainage index model that is developed using technical and non-technical aspects involving variabels affecting the service level of the drainage network. The result shows from the technical aspect, Capacity system has the largest influence with 0,853 (large impact), followed by puddle problems with 0,127 and drainage patterns with 0,07 (small impact). From the Non-Technical aspects, socio-cultural and economic aspect has the greatest influence with 0,47 (large impact) followed by flood losses with 0,604, legal and regulatory aspect with 0,306 (medium impact) and the last one followed by institutional management with 0,087 and public and private roles with 0,003 (small impact). The Global perspective of the result shows that urban drainage network based on the technical aspect with 0,73 and non-technical aspect with 0,27 so that the index model of urban drainage services network is $I_L = 0,73 I_{\text{Technical}} + 0,27 I_{\text{Non-Technical}}$. Further research is needed which include more varied conditions as written in the scope of analysis.

Keywords : Capacity System, Generalized Reduced Gradient (GRG) Methods, Optimal, Service Index, Technical and Non-Technical Aspect, Urban Drainage

[illegible]

KATA PENGANTAR

Puji Syukur ke hadirat Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat dan hidayahNya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian disertasi dengan judul “Model Index Layanan Jaringan Drainase Perkotaan” yang telah penulis kerjakan selama penulis menempuh Pendidikan di Program Doktor Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, sehingga dapat menyelesaikan studi secara tepat waktu.

Penelitian disertasi yang mengkaji tentang Kinerja Jaringan Drainase Perkotaan memberikan kontribusi maksimal terhadap upaya menjaga fungsi layanan jaringan drainase secara efektif, efisien, optimal dan berkelanjutan. Hasil penelitian yang berupa model indeks tingkat layanan jaringan drainase diharapkan dapat memberikan hasil yang akurat dalam penentuan kegiatan yang harus dilaksanakan pada jaringan drainase perkotaan.

Atas terselesaikannya penulisan laporan penelitian disertasi ini, penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada semua pihak yang telah membantu dan ikut berperan aktif secara moril ataupun materiil, yaitu :

- 1) Prof. Dr. Ir. Mohammad Bisri, MS sebagai Promotor, yang dengan penuh kesabaran memberikan bimbingan, memotivasi dan menginspirasi penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan disertasi secara tepat waktu.
- 2) Prof. Dr. Ir. Lily Montarçih Limantara, M.Sc, sebagai Co-Promotor I, yang dengan cepat dan tangkas memberikan ide dan jalan keluar atas permasalahan yang dihadapi penulis pada saat melaksanakan eksperimen serta melakukan analisis dan pembahasan.
- 3) Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS, sebagai Co-Promotor II, yang memberikan dorongan dan semangat yang luar biasa kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan disertasi ini dengan cepat.
- 4) Prof. Ir. Iwan Kridasantausa Hadihardaja, M.Sc, Ph.D, sebagai Penguji External dari ITB, yang telah banyak memberikan masukan dan menginspirasi penulis untuk penyempurnaan disertasi ini.
- 5) Dr. Ir. Pitojo Tri Juwono, MT, sebagai Penguji Internal, yang telah memberikan banyak masukan kepada penulis mulai dari penyusunan proposal hingga pelaksanaan model.



- 6) Dr. Eng. Yulvi Zaika, MT, selaku Kaprodi Program Doktor Teknik Sipil Universitas Brawijaya, yang telah memberikan dorongan semangat dan motivasi selama penulis menempuh studi di PDTS UB.
- 7) Bapak/Ibu Dosen Pengajar di Program Doktor Teknik Sipil Universitas Brawijaya, khususnya peminatan Sumber Daya Air, atas segala ilmu, wawasan dan pengarahan yang diberikan.
- 8) Istriku, Ir. Amidawati dan anandaku tercinta almarhum Yosya Pradipto, serta Raisa Pramesi, yang telah memberikan kesempatan, toleransi, dukungan dan doa yang luar biasa sehingga penulis bisa mencapai tahapan ini.
- 9) Kedua orang tuaku: Almarhum Drs. M. Soeprapto dan N.Y. Tjoek Soedjiati. Kakakku tercinta: Dra. K.R. Winarsih, adik-adikku tercinta: Ir. Peni Larasati, Arien Setyorini, SH, Dian Andrini beserta para keponakan, yang telah memberikan dukungan, motivasi dan doa tiada henti kepada penulis.
- 10) Para sahabat dan semua pihak yang tidak bisa penulis sebutkan satu per satu, yang secara langsung ataupun tidak langsung telah ikut membantu dan mendukung penyelesaian disertasi ini.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa disertasi ini masih jauh dari sempurna. Oleh karenanya penulis sangat mengharapkan masukan dan kritik dari seluruh pembaca demi peningkatan keilmuan penulis di bidang sumber daya air.

Akhir kata, penulis menyampaikan permohonan maaf yang sebesar-besarnya apabila dalam berkomunikasi, berinteraksi dan bekerjasama selama ini penulis melakukan kesalahan yang semata-mata karena ketidaksengajaan.

Jakarta, 23 Juli 2018

Hari Suprayogi



DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	vii
DAFTAR GAMBAR.....	ix
BAB 1 Pendahuluan.....	1
Latar Belakang.....	1
Rumusan Masalah.....	3
Pembatasan Masalah.....	4
Tujuan.....	4
Maksud.....	4
Manfaat.....	5
BAB 2 Tinjauan Pustaka.....	7
Drainase Perkotaan.....	7
Definisi.....	7
Peraturan.....	8
Kriteria Penilaian Layanan.....	9
Variabel Tingkat Layanan Drainase Perkotaan.....	9
Penilaian Kinerja Jaringan Drainase.....	11
Indeks Banjir.....	13
Indeks Kesehatan Sungai.....	15
Tinjauan Teknis.....	20
Tutupan Lahan.....	20
Debit Banjir Rancangan.....	20
Kerapatan Drainase.....	21
Saluran.....	21
Tinjauan Non- Teknis.....	24
Kebijakan dan Kelembagaan.....	25
Sosial Budaya.....	26
Ekonomi.....	27
Teori Model.....	27
Sistem.....	28



Model.....	30
Simulasi.....	32
Kalibrasi.....	33
Validasi.....	33
Verifikasi.....	34
Parameter.....	34
Variabel.....	34
Penelitian Terdahulu.....	36
BAB 3 Kerangka Konsep Penelitian.....	41
Cara Penetapan Tingkat Kinerja Layanan Sebelumnya.....	41
Landasan Teoritis Penetapan Parameter Indeks Layanan	
Jaringan Drainase.....	41
Konsep Penelitian Saat ini.....	48
Aspek Teknis.....	48
Aspek Non Teknis.....	49
Penentuan Indeks Layanan Drainase.....	49
BAB 4 Metode Penelitian.....	51
Lokasi Studi.....	51
Kota Bandung.....	51
DAS Citepus.....	54
Diagram Alir Penelitian.....	67
Pengumpulan Data.....	68
Data yang Diperlukan.....	68
Metode Pengumpulan Data.....	68
Verifikasi Data.....	70
Analisis Kriteria dan Penyaringan Variabel.....	70
Penilaian Kriteria Teknis.....	70
Penilaian Kriteria Non Teknis.....	76
Metode PLS (Partial Least Square) Sebagai Metode Untuk	
Prediksi Hubungan Pengaruh antar Variabel dan Variabel ...	81
Perhitungan Indeks.....	85
Metode GRG (<i>Generalized Reduced Gradient Method</i>).....	86
Kalibrasi.....	91
Indeks Teknis Layanan Drainase Perkotaan.....	91



Indeks Non Teknis Layanan Drainase Perkotaan.....	91
Indeks Layanan Drainase Perkotaan.....	92
Validasi.....	92
BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	95
Permodelan Indeks Layanan Drainase Perkotaan.....	95
Analisis dan Hasil Parameter Model.....	104
Hasil Model.....	110
Kalibrasi.....	119
Validasi.....	120
Analisa Nilai Indeks Untuk Sistem Drainase Citepus.....	121
Verifikasi Model Indeks Layanan Jaringan Drainase Terhadap DAS Cinambo.....	123
Gambaran Umum DAS Cinambo.....	123
Data Hasil Survei.....	136
Analisis Data.....	138
Analisis Indeks Sistem Drainase Cinambo.....	140
Ringkasan Pembahasan.....	141
BAB 6 KESIMPULAN DAN SARAN.....	147
Kesimpulan.....	147
Saran.....	148
DAFTAR PUSTAKA.....	149
LAMPIRAN I (MANUAL)	
LAMPIRAN II (REKAPITULASI DATA)	

[illegible]

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1	Bobot Komponen Drainase	12
Tabel 2.2	Rasio Qmaks/Qmin (E1)	16
Tabel 2.3	Parameter Kualitas Air (E2)	16
Tabel 2.4	Faktor Kecukupan	17
Tabel 2.5	Bobot Variabel	17
Tabel 2.6	Bobot Parameter dari Variabel Proses Hidrologi	17
Tabel 2.7	Bobot Parameter dari Variabel Proses Perpindahan Sedimen	17
Tabel 2.8	Bobot Parameter dari Variabel Kualitas Air	17
Tabel 2.9	Klasifikasi Kondisi Kesehatan Sungai	19
Tabel 2.10	Nilai Koefisien Pengaliran	20
Tabel 2.11	Daftar Peraturan Perundang-Undangan	25
Tabel 2.12	Studi Terdahulu	36
Tabel 3.1	Parameter Indeks Layanan Jaringan Drainase	46
Tabel 4.1	Tata Guna Lahan di Sub-DAS Citepus	56
Tabel 4.2	Cuaca Kota Bandung	58
Tabel 4.3	Curah Hujan Harian Maksimum	58
Tabel 4.4	Jumlah dan Jenis Bangunan Drainase di Sub-DAS Citepus	63
Tabel 4.5	Tabulasi Data-data yang Diperlukan	68
Tabel 4.6	Klasifikasi Indeks Layanan Drainase Perkotaan	71
Tabel 4.7	Debit Disain dengan Kala Ulang 25 tahun	72
Tabel 4.8	Penilaian Skoring Kapasitas Saluran	73
Tabel 4.9	Penilaian Skoring Pola Pengaliran	75
Tabel 4.10	Penilaian Skoring Permasalahan	76
Tabel 4.11	Penilaian Skoring Manajemen dan Kelembagaan	77
Tabel 4.12	Penilaian Skoring Peran Masyarakat dan Swasta	78
Tabel 4.13	Penilaian Skoring Aspek Hukum dan Pengaturan	79
Tabel 4.14	Penilaian Skoring Sosial Budaya dan Ekonomi	80
Tabel 4.15	Kerugian Akibat Timbulnya Genangan	81
Tabel 5.1.	Variabel dan variabel untuk aspek teknis	95
Tabel 5.2.	Variabel dan variabel untuk aspek non-teknis	96
Tabel 5.3.	Rekapitulasi Hasil Variabel Kapasitas Sistem	96
Tabel 5.4.	Rekapitulasi Hasil Variabel Pola Pengaliran	97



Tabel 5.5.	Rekapitulasi Hasil Variabel Permasalahan.....	97
Tabel 5.6.	Rekapitulasi Hasil Variabel Manajemen dan Kelembagaan.....	98
Tabel 5.7.	Rekapitulasi Hasil Variabel Masyarakat dan Swasta	99
Tabel 5.8.	Rekapitulasi Hasil Variabel Aspek Hukum dan Pengaturan.....	100
Tabel 5.9.	Rekapitulasi Hasil Variabel Sosial Budaya dan Ekonomi	101
Tabel 5.10.	Rekapitulasi Hasil Variabel Kerugian Akibat Timbulnya Genangan.....	101
Tabel 5.11.	Skor Kriteria Teknis Citepus.....	102
Tabel 5.12.	Skor Kriteria Non Teknis Citepus.....	102
Tabel 5.13.	Variabel aspek teknis sebelum dan sesudah evaluasi SEM-PLS	109
Tabel 5.14.	Variabel aspek non-teknis sebelum dan sesudah evaluasi SEM- PLS.....	109
Tabel 5.15.	Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Teknis	111
Tabel 5.16.	Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Non Teknis	111
Tabel 5.17.	Nilai Bobot Parameter Indeks Teknis.....	117
Tabel 5.18.	Nilai Bobot Parameter Indeks Non-Teknis	118
Tabel 5.19.	Perbandingan Nilai ILD Perhitungan dan ILD Lapangan	119
Tabel 5.20.	Hasil Uji T DAS Citepus	120
Tabel 5.21.	Nilai-nilai dalam distribusi t.....	121
Tabel 5.22.	Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Teknis	122
Tabel 5.23.	Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Non Teknis	122
Tabel 5.24.	Penggunaan Lahan di DAS Cinambo.....	125
Tabel 5.25.	Kondisi Iklim dan Curah Hujan	127
Tabel 5.26.	Genangan di Sub Das Cinambo	129
Tabel 5.27.	Penilaian Skor Teknis DAS Cinambo	137
Tabel 5.28.	Penilaian Skor Non Teknis DAS Cinambo	137
Tabel 5.29.	Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Teknis DAS Cinambo	139
Tabel 5.30.	Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Non Teknis DAS Cinambo	139
Tabel 5.31.	Perbandingan Nilai ILD Perhitungan dan ILD Lapangan.....	140

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1	Model Persamaan Struktural.....	10
Gambar 2.2	Penampang Saluran Segi Empat.....	22
Gambar 2.3	Penampang Saluran Trapesium.....	23
Gambar 2.4	Penampang Saluran Segitiga.....	24
Gambar 3.1	Kerangka Konsep Penelitian.....	48
Gambar 4.1	Peta Topografi Kota Bandung.....	51
Gambar 4.2	Skema Sungai/Anak Sungai Kota Bandung.....	52
Gambar 4.3	Peta Lokasi Genangan di Wilayah Kota Bandung.....	54
Gambar 4.4	Peta Sub-DAS Citepus	55
Gambar 4.5	Tata Guna Lahan di Sub-DAS Citepus	56
Gambar 4.6	Peta Topografi Sub-DAS Citepus	57
Gambar 4.7	Jaringan di Sub-DAS Citepus.....	59
Gambar 4.8	Skema Jaringan Drainase Sub-DAS Citepus yang Akan Dikaji.....	61
Gambar 4.9	Lokasi Genangan di Sub-DAS Citepus.....	62
Gambar 4.10	Kondisi Drainase Sub-DAS Citepus.....	66
Gambar 4.11	Bagan Alir Penelitian.....	67
Gambar 4.12	Contoh Multiblok Model.....	83
Gambar 4.13	Gambar Perubahan Basis	88
Gambar 4.14	Kurva Pengambilan Keputusan Uji T-statistik.....	92
Gambar 5.1	Model hubungan antar variabel (putaran 1).....	105
Gambar 5.2	Model hubungan antar variabel dan variabel (putaran 2).....	108
Gambar 5.3.	Diagram radar koefisien aspek teknis	112
Gambar 5.4.	Diagram radar koefisien aspek non teknis	112
Gambar 5.5.	Diagram radar rerata skoring aspek teknis.....	113
Gambar 5.6.	Diagram radar rerata skoring aspek teknis.....	114
Gambar 5.7	Batas Administrasi Sub Wilayah Pengembangan Sub -DAS Cinambo.....	124
Gambar 5.8	Kondisi Topografi Wilayah Sub DAS Cinambo	126
Gambar 5.9	Kondisi Kemiringan Lereng Wilayah Sub DAS Cinambo.....	126
Gambar 5.10	Skema Jaringan Drainase Sub DAS Cinambo	128
Gambar 5.11	Sistem Drainase Cinambo-Kondisi Eksisting (untuk Q 25 th).....	128
Gambar 5.12	Saluran Primer Cinambo	133



Gambar 5.13 Saluran Primer Ciwaru.....	134
Gambar 5.14 Saluran Primer Jajawa.....	134
Gambar 5.15 Saluran Primer Cipamulihan.....	135
Gambar 5.16 Saluran Primer Cilameta.....	135
Gambar 5.17 Penggambaran grafik ILD vs Variabel Teknis.....	145
Gambar 5.18 Penggambaran grafik ILD vs Variabel Non Teknis.....	146



BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Menurut Notodiharjo *dkk.* (1998), pengertian drainase adalah suatu sistem pembuangan air lebih (*excess water*) dan air limbah (*waste water*) yang berupa buangan air dari daerah perumahan dan pemukiman, dari daerah industri dan kegiatan usaha lainnya, dari daerah pertanian dan lahan terbuka lainnya, dari badan jalan dan permukaan lainnya, serta berupa penyaluran kelebihan air pada umumnya, baik air hujan, air kotor atau air lebih lainnya yang mengalir keluar dari kawasan yang bersangkutan. Secara umum, sistem drainase dapat didefinisikan sebagai serangkaian bangunan air yang berfungsi untuk mengurangi dan/ atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, sehingga lahan dapat difungsikan secara optimal (Suripin, 2004). Namun, secara praktis dapat dikatakan bahwa drainase menangani kelebihan air sebelum masuk ke alur-alur besar atau sungai. Dengan demikian konsep dasar pengembangan sistem drainase yang berkelanjutan adalah meningkatkan daya guna air, meminimalkan kerugian, serta memperbaiki dan melakukan konservasi terhadap lingkungan.

Dalam konsep drainase konvensional, seluruh air hujan yang jatuh ke atau di suatu wilayah harus secepat-cepatnya dibuang ke sungai dan seterusnya mengalir ke laut. Jika hal ini dilakukan pada semua kawasan, maka akan memunculkan berbagai masalah, baik di daerah hulu, tengah, maupun hilir. Seluruh air hujan diupayakan sesegera mungkin mengalir langsung ke sungai terdekat. Pada areal pertanian dan perkebunan biasanya dibangun saluran drainase air hujan yang menyusuri lembah memotong garis kontur dengan kemiringan terjal. Pada saat hujan, saluran drainase ini berfungsi mematuskan kawasan pertanian dan perkebunan serta langsung dialirkan ke sungai. Dampak dari pemakaian konsep drainase konvensional tersebut saat ini dapat dilihat yaitu kekeringan yang terjadi di mana-mana, juga banjir, longsor, dan pelumpuran. Sangat ironis bahwa semakin baik drainase konvensional di suatu kawasan aliran sungai, namun kejadian banjir di musim hujan dan kekeringan di musim kemarau akan semakin intensif silih berganti (Maryono *dkk.*, 2002).

Jaringan drainase di kota-kota besar di Indonesia umumnya sudah lama belum dievaluasi, baik secara kuantitas maupun kualitas. Sebagai contoh, banyak saluran yang berada di bawah ataupun belakang bangunan sehingga menyulitkan dalam pemeliharaan dan pengawasannya. Tersumbatnya aliran air pada saluran drainase mengakibatkan sering terjadi banjir dan genangan bila turun hujan. Hal ini salah satunya disebabkan oleh rendahnya pengetahuan dan kesadaran masyarakat akan fungsi dan peran drainase, sehingga sebagian masyarakat masih menganggap bahwa saluran air kotor sebagai tempat pembuangan akhir sampah (rumah tangga). Di samping itu juga karena sistem drainase pada umumnya masih mengikuti pola alamiah, tak terkecuali sistem drainase jalan.

Akhir-akhir ini sering terjadi banjir/genangan pada jalan-jalan protokol, atau wilayah strategis kota-kota besar serta kompleks-kompleks perumahan. Kondisi ini selain disebabkan karena elevasi dasar saluran kurang sesuai, juga karena saluran telah penuh oleh sampah dan sedimen. Bahkan hampir di banyak tempat saluran air tidak mempunyai *outlet* yang menuju ke saluran drainase akhir sehingga saluran drainase tersebut hanya berfungsi sebagai penampungan air hujan. Jika air yang masuk sudah melebihi kapasitas tampungnya, maka air akan meluap menggenangi jalan atau pemukiman di sekitar saluran tersebut. Hal semacam ini dapat menimbulkan kerugian bagi masyarakat pada umumnya, karena tidak saja mengakibatkan cepat rusaknya fasilitas umum, menimbulkan kemacetan, kecelakaan, juga permasalahan lingkungan lainnya.

Hingga saat ini, belum ada suatu sistem penilaian layanan drainase perkotaan yang dapat dijadikan acuan. Dengan demikian, beberapa upaya perbaikan yang dilakukan kurang tepat dan tidak sesuai dalam menyelesaikan permasalahan drainase. Dana pemerintah yang terbatas kurang dapat dimanfaatkan secara optimal sesuai dengan tingkat layanannya. Karena itu perlu dikembangkan indeks layanan drainase perkotaan agar penyelesaian masalah dapat sesuai dan tepat, dengan urutan prioritas yang baik.

Selain itu juga belum ada indeks layanan jaringan drainase perkotaan dengan mempertimbangkan variabel teknis maupun non-teknis yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan prioritas penanganan maupun pemeliharaan. Padahal, kondisi jaringan drainase juga dapat mempengaruhi kualitas air di sungai (Ali *et.al.*, 2013). Saat ini pemerintah hanya membuat panduan penilaian jaringan irigasi saja yang telah diterbitkan dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 01/PRT/M/2014 meskipun bukan didasarkan pada pendekatan keilmuan (*scientific approach*) tapi atas dasar kesepakatan. Selain itu, BNPB juga telah mengeluarkan berbagai indeks bencana, seperti indeks bencana kekeringan, indeks bencana rawan genangan, dan lain lain. Penentuan indeks layanan

jaringan drainase perkotaan sangat penting. Untuk itu, baik aspek teknis maupun non-teknis, keduanya memiliki peranan yang penting. Kedua aspek tersebut saling berintegrasi untuk menunjang pengelolaan sumber daya air di masa yang akan datang (Antonellini *et al.*, 2014).

Aspek teknis dapat digunakan untuk menunjukkan daerah-daerah yang tidak terlayani oleh jaringan drainase. Dewi *dkk.* (2013) telah menunjukkan analisis kapasitas saluran dalam penanganan banjir. Mefri (2015) melakukan studi terhadap hubungan antara kerusakan jaringan drainase dengan genangan dan menemukan bahwa kedua hal tersebut saling berkaitan. Adanya unsur aspek non-teknis (contoh: kelembagaan, masyarakat) dalam penentuan indeks akan menunjukkan kelangsungan dari suatu jaringan drainase perkotaan. Andayani and Yuwono (2012) mencoba melihat pengaruh dari kedua aspek, akan tetapi tanpa melakukan pembahasan yang detail. penilaian aspek hanya berdasarkan pada kuesioner yang kurang dapat mewakili kondisi sebenarnya, sehingga belum dapat diterapkan secara langsung. Namun demikian, hasil penelitian tersebut menunjukkan adanya hubungan yang baik antara kedua aspek tersebut dengan tingkat layanan drainase.

Berdasarkan temuan di atas, maka perlu dikembangkan suatu model indeks layanan jaringan drainase yang dapat diterapkan di daerah perkotaan dan dapat membantu penentuan prioritas penanganan dan operasional. Indeks tersebut haruslah dapat mewakili aspek teknis maupun aspek non-teknis untuk menjamin integrasi dan keberlanjutan dari suatu jaringan drainase (*specific*) dan dapat diukur (*measurable*) untuk menentukan prioritas penanganan dan operasional (*achievable*), sesuai dengan kebijakan tingkat layanan drainase yang berlaku (*relevant*), yang dilakukan dalam kurun waktu tertentu dan dapat diperbaharui sesuai kebutuhan (*timely*).

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah yang sesuai dengan latar belakang di atas adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana penilaian layanan dari suatu jaringan drainase di daerah perkotaan dari sisi teknis maupun non-teknis?
2. Adakah hubungan antara aspek teknis dan non-teknis tersebut dengan kondisi jaringan drainase perkotaan?
3. Bagaimana formulasi model indeks layanan berdasarkan penilaian masing-masing kriteria tersebut?

1.3 Pembatasan Masalah

Ruang lingkup studi ini dibatasi sebagai berikut:

1. Lokasi studi adalah jaringan drainase Citepus yang berada di Kota Bandung,
2. Jaringan drainase yang ditinjau adalah jaringan drainase perkotaan pada saluran primer tanpa aliran dasar (non *baseflow*),
3. Sistem drainase secara gravitasi,
4. Pada saluran drainase tertekan atau saluran yang memiliki kondisi infrastruktur yang baik dengan beban debit yang bertambah, tidak dapat dilakukan penilaian karena harus dilakukan peningkatan kapasitas,
5. Saluran drainase yang dinilai adalah saluran dengan kondisi aliran tetap (*steady flow*) dan pada *outlet*-nya tidak berbatasan dengan muka air pasang surut,
6. Studi tsb dilakukan berdasarkan data sekunder maupun data primer/ *site visit* ke lokasi,
7. Aspek sosial budaya tidak menyertakan besaran sampah yang dibuang dan okupasi terhadap jaringan drainase,
8. Kepadatan wilayah pada daerah studi tidak dianalisis secara detail.

1.4 Tujuan

Tujuan dari studi ini adalah:

1. Menentukan kriteria pelayanan jaringan drainase perkotaan untuk aspek teknis dan non-teknis.
2. Memperoleh hubungan antar aspek teknis dan non teknis dengan kondisi jaringan drainase perkotaan.
3. Menentukan model indeks layanan jaringan drainase perkotaan, berdasarkan aspek teknis maupun non teknis dengan contoh kasus di lokasi studi sebagaimana yang telah ditanyakan dalam batasan masalah yang dapat diterapkan di Indonesia dan dapat digunakan sebagai acuan prioritas perbaikan dan perawatan.

1.5 Maksud

Maksud dari studi ini adalah untuk memperoleh indeks layanan jaringan drainase berdasarkan aspek teknis dan aspek non teknis secara ilmiah.

1.6 Manfaat

Manfaat dari studi yang dilakukan adalah:

1. Dihasilkan suatu indeks yang dapat dipakai untuk menentukan secara cepat kinerja layanan drainase perkotaan yang bisa digunakan sebagai acuan bagi penentu kebijakan dalam hal ini pemerintah.
2. Membantu dalam pengambilan keputusan secara tepat dan cepat sehingga penanganan permasalahan drainase perkotaan menjadi tepat waktu, tepat mutu, tepat sasaran yang bisa dipakai sebagai acuan bagi penentu kebijakan dalam hal ini pemerintah.

[illegible]



BAB 2

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Drainase Perkotaan

2.1.1 Definisi

Sesuai Notodihardjo dkk (1998) drainase adalah proses untuk membuang kelebihan air. Di daerah yang belum dikembangkan (masih alamiah), drainase terjadi secara alami sebagai bagian dari suatu siklus hidrologi. Sistem drainase alamiah ini dapat berubah sejalan dengan berubahnya kondisi lingkungan. Perkembangan suatu area atau lahan menjadi daerah perkotaan akan mengganggu kemampuan alamiah untuk menampung dan mengalirkan air hujan yang turun. Untuk mengatasinya, diperlukan adanya sistem drainase buatan. Secara garis besar dapat ditarik kesimpulan bahwa yang dimaksud dengan sistem drainase perkotaan adalah suatu sistem buatan untuk membuang kelebihan air di suatu daerah perkotaan yang erat kaitannya dengan kondisi fisik dan sosial budaya sehingga ketidaknyamanan publik serta resiko kehilangan harta benda dan jiwa dapat ditekan sekecil mungkin

Pada dasarnya, drainase baru diperlukan jika terjadi kelebihan air dipermukaan yang dianggap menimbulkan masalah. Kelebihan air yang perlu diperhitungkan terdiri dari:

- Aliran di atas permukaan tanah (*surface runoff*),
- Aliran bawah permukaan (*sub surface flow*).

Beranjak dari definisi drainase perkotaan itu sendiri, maka dapat diambil beberapa hal yang menjadi tujuan dari drainase perkotaan:

- Membuang kelebihan air yang tidak dapat dialirkan secara alami akibat berubahnya kondisi lingkungan.
- Memberikan kenyamanan publik.
- Meminimalisasi resiko kehilangan harta benda dan jiwa.

Berdasarkan prosesnya, drainase dapat dibagi menjadi dua yaitu drainase alam dan drainase buatan. Sedangkan berdasarkan tempat alirannya, drainase dapat dibagi menjadi drainase permukaan (*surface drainage*) dan drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*).

Drainase permukaan (*surface drainage*) pada umumnya bertujuan untuk membuang kelebihan air di permukaan secepat mungkin agar tidak terjadi masalah. Drainase jenis ini pada umumnya dipergunakan pada daerah perkotaan, karena pada daerah ini permukaan yang ada harus dijaga agar tidak terjadi genangan air. Sistem ini bekerja dengan memanfaatkan fasilitas drainase yang ada atau memanfaatkan kondisi topografi daerah yang bersangkutan.

Drainase bawah permukaan (*sub surface drainage*) mempunyai tujuan utama untuk menurunkan air di bawah permukaan sampai ke bawah zona akar suatu tumbuhan atau di bawah suatu struktur bangunan. Drainase jenis ini umumnya dipergunakan pada drainase lahan yang mempunyai kondisi topografi cenderung datar. Seperti pada daerah pesisir atau daerah rawa. Pada beberapa area seperti stadion sepakbola, drainase bawah permukaan digunakan untuk menjaga agar kondisi lapangan tetap kering dan bebas dari genangan.

Jika dilihat dari prosesnya, hampir seluruh drainase kota merupakan drainase buatan. Sedangkan jika dilihat dari tempat mengalirnya, pada umumnya drainase jalan atau kota merupakan drainase permukaan. Tetapi pada beberapa kasus drainase perkotaan, khususnya jalan, sistem drainase yang digunakan merupakan kombinasi antara drainase permukaan dan drainase bawah permukaan. Seperti, untuk memindahkan kelebihan air di atas jalan diperlukan fasilitas drainase permukaan, dan jika kondisi air tanah sangat dekat dengan konstruksi badan jalan, maka drainase bawah permukaan diperlukan untuk menurunkan muka air tanah agar tidak merusak struktur jalan yang ada.

2.1.2 Peraturan

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 12 Tahun 2014 (K. P. U. R. Indonesia, 2014), drainase perkotaan adalah drainase di wilayah kota yang berfungsi mengelola/mengendalikan air permukaan, sehingga tidak mengganggu dan/atau merugikan masyarakat. Sistem Drainase Perkotaan merupakan satu kesatuan sistem teknis dan non teknis dari prasarana dan Sarana Drainase perkotaan.

Sistem drainase perkotaan terdiri dari sistem teknis dan non teknis. Sistem teknis drainase perkotaan merupakan jaringan drainase perkotaan yang terdiri dari saluran induk/primer, saluran sekunder, saluran tersier, saluran lokal, bangunan peresapan, bangunan tampungan beserta sarana pelengkap yang berhubungan secara sistemik satu dengan lainnya. Sedangkan sistem non teknis drainase perkotaan merupakan dukungan terhadap sistem teknis drainase perkotaan terkait dengan pembiayaan, peran masyarakat, peraturan perundang-undangan, institusi, sosial ekonomi dan budaya, dan kesehatan lingkungan permukiman. Saluran induk/primer dan/atau saluran sekunder dapat berupa

sungai, dan/atau anak sungai yang berfungsi sebagai drainase perkotaan, dan/atau kanal buatan yang seluruh daerah tangkapan airnya terletak dalam satu wilayah perkotaan.

2.2 Kriteria Penilaian Layanan

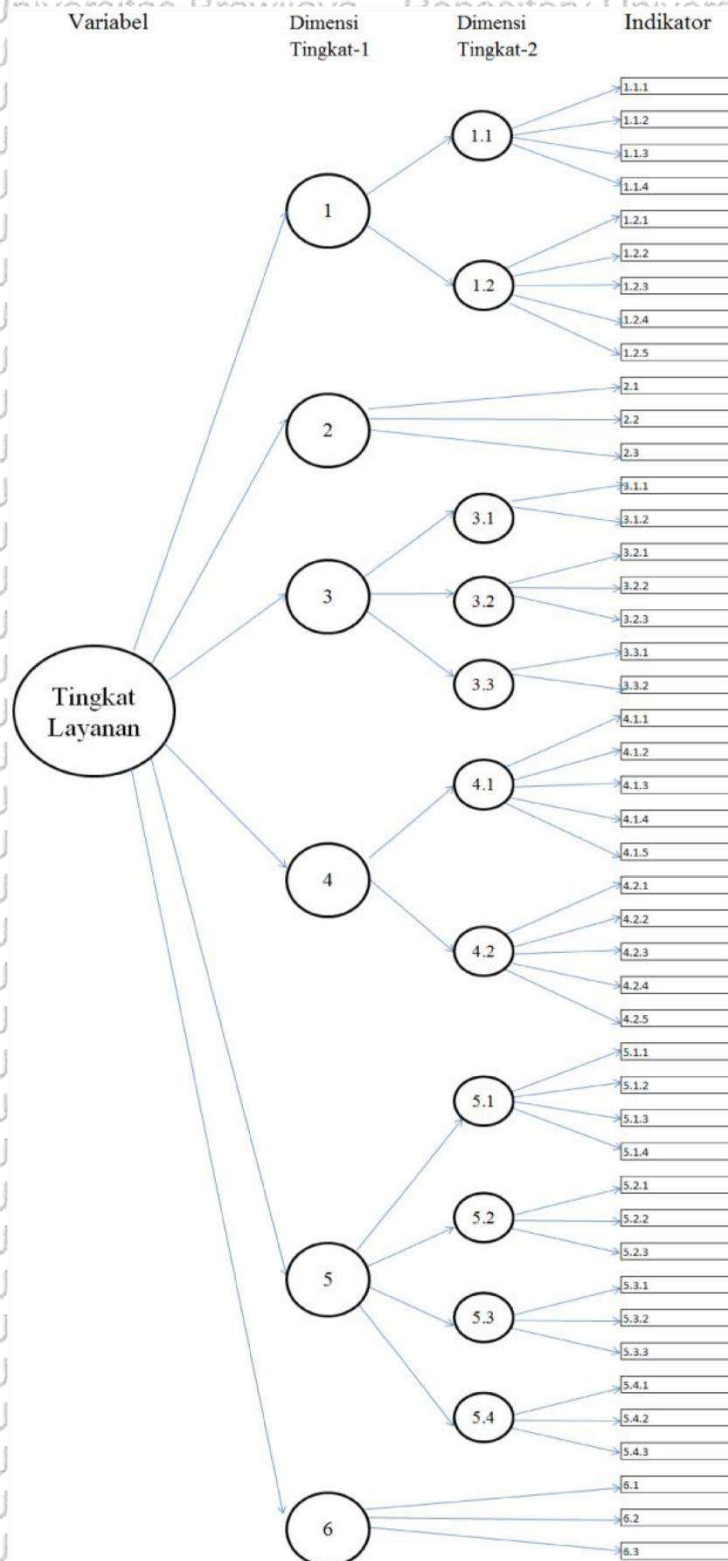
Dari hasil kajian studi terdahulu, terdapat beberapa penelitian mengenai analisis penilaian layanan, diantaranya berupa variabel tingkat layanan drainase perkotaan, penilaian kinerja jaringan drainase, indeks banjir, indeks resiko keruntuhan bendungan, indeks keamanan sungai, dan indeks pembangunan manusia (IPM). Studi tersebut dapat digunakan sebagai referensi dalam analisis pelayanan jaringan drainase perkotaan.

2.2.1 Variabel Tingkat Layanan Drainase Perkotaan

Tingkat layanan drainase perkotaan merupakan variabel latent atau variabel yang tidak dapat diukur langsung (*unobserved variabel*) dan terdiri dari 6 (enam) dimensi tingkat-1 yang berkontribusi pada tingkat layanan drainase (Andayani & Yuwono, 2012). Keenam dimensi tersebut adalah sebagai berikut:

1. Manajemen air drainase perkotaan,
2. Piranti lunak,
3. Partisipasi pemangku kepentingan,
4. Infrastruktur,
5. Operasi dan pemeliharaan, dan
6. Gangguan alam.

Keenam dimensi tingkat-1 tersebut kemudian dapat dijabarkan menjadi dimensi tingkat-2 dan lebih rinci lagi menjadi empat puluh lima (45) variabel yang dapat diukur langsung (*observed indicator*). Variabel tersebut kemudian dianalisa menggunakan Model Persamaan Struktural (*Structural Equation Model/ SEM*) dengan bantuan AMOS (*Analysis of Moment Structure*) untuk mengetahui signifikansi kontribusi indikator-variabel tersebut pada tingkat layanan drainase. Dari hasil simulasi model tersebut langsung dapat diperoleh bobot faktor tiap variabel.



Gambar 2.1 Model Persamaan Struktural
Sumber: (Andayani & Yuwono, 2012)

Sebelum dilakukan simulasi pengolahan data, dilakukan uji validasi dan uji reliabilitas. Uji validitas bertujuan untuk menguji apakah variabel yang digunakan dapat

mengukur tingkat layanan drainase, sedangkan uji reliabilitas bertujuan untuk menguji konsistensi jawaban dari responden.

Hasil uji validasi menunjukkan bahwa seluruh variabel yang digunakan untuk mengukur tingkat layanan drainase perkotaan secara keseluruhan bersifat valid, kecuali satu variabel pada dimensi kehandalan sarana drainase, yaitu variabel kemantapan dinding saluran, karena nilainya lebih kecil dari 0,5. Secara teoritis, variabel tersebut harus dihilangkan, tetapi peneliti menganggap tidak dihilangkan. Namun faktanya variabel tersebut merupakan salah satu variabel yang berkontribusi signifikan pada tingkat layanan drainase perkotaan, karena dinding saluran yang tidak mantap (longsor) sering terjadi pada hampir semua saluran drainase dimana hal ini dapat mengganggu aliran dan menurunkan tingkat layanan drainase perkotaan (Andayani & Yuwono, 2012). Hasil uji reliabilitas untuk mengukur konsistensi jawaban responden juga menunjukkan bahwa seluruh dimensi yang digunakan bersifat reliable, ditunjukkan dengan nilai koefisien Cronbach Alpha untuk seluruh dimensi yang lebih besar dari 0,6.

Hasil penelitian ini hanya menyajikan variabel yang digunakan dalam penilaian tingkat layanan drainase perkotaan dan tidak memperhitungkan pembobotan, serta tingkat layanan drainase. Oleh karena itu studi lebih lanjut mengenai tingkat layanan drainase serta pembobotannya dibutuhkan dalam upaya peningkatan layanan drainase perkotaan.

2.2.2 Penilaian Kinerja Jaringan Drainase

Kinerja sistem jaringan drainase adalah tingkat keberhasilan sistem drainase yang sudah dibangun dalam mengatasi masalah genangan. Berdasarkan rencana induk penyusunan sistem jaringan drainase perkotaan, yang harus diperhatikan dalam perencanaan sistem jaringan drainase adalah aspek teknis, aspek operasional, dan aspek pengelolaan (Ditjen Tata Kota dan Pedesaan, 2003).

Vadlon (2011) mengusulkan komponen penilaian kondisi fisik jaringan drainase dan pembobotannya yang disusun berdasarkan pedoman penilaian kondisi jaringan irigasi yang dikeluarkan oleh Subdit Bina Program Ditjen Air, Jakarta, 1999. Komponen dan pembobotan penilaian jaringan drainase tersebut disajikan pada tabel berikut:

Tabel 2.1 Bobot Komponen Drainase

No.	Bangunan	Irigasi	Drainase
1	Bangunan Utama	Bendung	Bangunan outlet/muara
2	Bangunan di saluran	- Bangunan bagi/sadap - Bangunan pada saluran	Bangunan pelengkap
3	Saluran	Saluran pembuang	Bangunan fasilitas
		Saluran pembawa	Saluran drainase

Sumber: (Vadlon, 2011)

Bobot setiap komponen jaringan drainase merupakan gabungan dari masing-masing komponen penyusunnya. Komponen bangunan yang ada pada masing-masing bobot dikalikan dengan jumlah bobot komponen bangunan kemudian dibagi dengan bobot komponen jaringan drainase. Dengan demikian bobot untuk masing-masing sub-komponen terkecil dapat diketahui. Distribusi komponen dan bobot pada jaringan drainase disajikan pada gambar berikut.

Penilaian kondisi fisik jaringan drainase secara keseluruhan didapatkan dengan menghitung kondisi bangunan outlet/ muara (%), bangunan pelengkap (%), bangunan fasilitas (%), dan saluran drainase (%) dengan metode perhitungan berikut (Vadlon, 2011).

Kondisi jaringan drainase dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$KJD = K_{bom} + K_{bp} + K_{bf} + K_{sd}$$

dimana:

KJD : Kondisi Jaringan Drainase (%),

K_{bom} : Kondisi bangunan outlet/muara (%),

K_{bp} : Kondisi bangunan pelengkap (%), K_{bf} = Kondisi bangunan fasilitas (%)

K_{sd} : Kondisi saluran drainase (%)

Kondisi bangunan outlet/ muara dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$K_{bom} = K_{bom(bom)1} + K_{bom(bom)2} + K_{bom(bom)n}$$

dimana:

K_{bom} : Kondisi bangunan outlet/muara (%)

K_{bom(bom)1} : Kondisi rata-rata bangunan outlet/muara 1 (%)

K_{bom(bom)2} : Kondisi rata-rata bangunan outlet/muara 2 (%)

K_{bom(bom)n} : Kondisi bangunan outlet/muara (n) (%)

Kondisi bangunan pelengkap dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$Kbp = Kbp (bp)1 + Kbp (bp) 2 + Kbp (bp) n$$

dimana:

Kbp : Kondisi bangunan pelengkap (%)

Kbp (bp)1 : Kondisi rata-rata bangunan pelengkap 1 (%)

Kbp (bp)2 : Kondisi rata-rata bangunan pelengkap 2 (%)

Kbp (bp) n = Kondisi rata-rata bangunan pelengkap (n) (%)

Kondisi bangunan fasilitas dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$Kbf = Kbf (bf)1 + Kbf (bf) 2 + Kbf (bf) n$$

dimana:

Kbf : Kondisi bangunan fasilitas (%)

Kbf (bf)1 : Kondisi rata-rata bangunan fasilitas 1 (%)

Kbf (bf)2 : Kondisi rata-rata bangunan fasilitas 2 (%)

Kbf (bf) n = Kondisi rata-rata bangunan fasilitas (n) (%)

Kondisi saluran drainase dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$Ksd = Ksd (sd)1 + Ksd (sd) 2 + Ksd (sd) n$$

dimana:

Ksd : Kondisi saluran drainase (%)

Ksd (sd)1 : Kondisi rata-rata saluran drainase 1 (%)

Ksd (sd)2 : Kondisi rata-rata saluran drainase 2 (%)

Ksd (sd) n : Kondisi rata-rata saluran drainase (n) (%)

2.2.3 Indeks Banjir

Beberapa kajian mengenai indeks banjir telah dilakukan sebelumnya, Dari hasil studi tersebut diketahui bahwa terdapat beberapa parameter utama yang digunakan dalam analisis indeks banjir, yaitu frekuensi hujan dan tinggi gelombang.

Nilai indeks banjir dapat diklasifikasikan ke dalam 5 (lima) tingkatan berdasarkan resiko yang mungkin terjadi dan ditandai dengan warna tertentu pada wilayah yang ditinjau (NOAA, 2007), yaitu:

1. Merah (nilai indeks= 6): Resiko sangat tinggi
(memenuhi syarat dalam pembentukan badai hujan petir, dengan besar hujan yang terjadi melebihi 1,0" dalam periode waktu 30 menit)
2. Oranye (nilai indeks= 5): Resiko tinggi
(memenuhi syarat dalam pembentukan badai hujan petir, dengan besar hujan yang terjadi antara 0,75-1,0" dalam periode waktu 30 menit)
3. Kuning (nilai indeks= 4): Resiko sedang
(memenuhi syarat dalam pembentukan badai hujan petir, dengan besar hujan yang terjadi antara 0,50-0,75" dalam periode waktu 30 menit)
4. Hijau (nilai indeks= 1-3): Resiko rendah
(memenuhi syarat dalam pembentukan badai hujan petir, dengan besar hujan yang terjadi antara 0,25-0,50" dalam periode waktu 30 menit)
5. Hitam (nilai indeks $\leq 0,25$): Resiko dapat diabaikan
(tidak mungkin terjadi badai hujan petir)

Nilai indeks banjir tersebut digunakan untuk pemantauan badai hujan petir yang diakibatkan potensi oleh hujan dan angin yang terjadi selama pemantauan 30 menit. Resiko badai besar terjadi apabila indeks memiliki nilai 6 (enam) dengan warna merah yang disebabkan oleh potensi hujan yang terjadi di atas 1" atau 25,4 mm dalam waktu 30 menit.

Pada penelitian Byun and Wilhite (1999), indeks banjir dihitung dengan mempertimbangkan jumlah maksimum hujan yang terjadi. Dimana rumus yang dikembangkan adalah sebagai berikut:

$$FI = \frac{(EP - EP_{ma})}{EP_{ms}}$$

dengan :

FI : indeks banjir (*flood index*)

EP : hujan harian

EP_{ma} : nilai rata-rata hujan efektif maksimum tahunan di suatu stasiun

EP_{ms} : simpangan baku

Penentuan indeks banjir juga dikemukakan oleh Sutan (2005) yang dinyatakan dalam perbandingan antara selisih debit puncak banjir yang terjadi, Q_p, terhadap dan debit puncak banjir kondisi DAS paling baik, Q_{p100}, terhadap selisih debit puncak banjir untuk

kondisi DAS paling buruk, Q_{p0} (DAS dengan 100% pemukiman), dan debit puncak banjir kondisi DAS paling baik (Q_{p100}), atau dapat dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$\text{Indeks Banjir} = \frac{(Q_p - Q_{p100})}{(Q_{p0} - Q_{p100})}$$

Berbeda dengan Byun dan Sutan Haji, Elson (2001) mengembangkan kontribusi faktor-faktor utama dari penyebab banjir di pantai. Elson berpendapat bahwa terdapat 4 (empat) parameter utama yang digunakan dalam perhitungan indeks banjir, yaitu *wave runup* (ft), *wave setup* (ft), *predicted tide* (ft) dan *anomaly from predicted tide* (ft). CFI dikembangkan untuk pengukuran penting/ besarnya kejadian banjir di suatu lokasi pantai dengan asumsi karakteristik pantai yang tetap.

2.2.4 Indeks Kesehatan Sungai

Indeksi Kesehatan Sungai merupakan hubungan tingkat keamanan dan kesehatan suatu sungai. Adapun langkah-langkah yang dilakukan dalam menentukan indeks kesehatan sungai adalah sebagai berikut (Wulandari, 2014):

1. Menghitung indeks keamanan awal sungai (IK),
2. Menentukan kondisi inspeksi lapangan/ indeks beban sungai (IBS),
3. Menghitung indeks kesehatan sungai (IKS).

2.2.4.1 Indeks Keamanan Sungai

Indeks keamanan sungai (IK) adalah tingkat keamanan sungai/ kemampuan sungai untuk menahan kerusakan/ tekanan yang diakibatkan oleh alam dan manusia. Indeks keamanan sungai ini bergantung pada faktor internal (I), eksternal (E), dan faktor kecukupan (K).

Faktor internal/ intrinsik merupakan kondisi alamiah dari fisik sungai, sedangkan faktor eksternal merupakan faktor pengaruh terhadap sungai di luar kondisi fisik sungai atau faktor yang berpengaruh terhadap tingkat keamanan sungai tersebut (kesehatan sungai). Faktor kecukupan adalah syarat batas jumlah lahan hijau/ tutupan lahan dalam DAS. Ketiga faktor ini memiliki bobot dengan kisaran 1-10 (nilai tertinggi adalah kondisi paling aman). Adapun indeks keamanan sungai dinyatakan dalam persamaan berikut:

$$IK = \frac{(I_1 + I_2 + I_3 + I_4)}{4} \times \frac{(E_1 + E_2)}{2} \times K$$

dengan:

IK : indeks keamanan sungai

I_1, I_2, I_3, I_4 : faktor internal

E_1, E_2 : faktor eksternal

K : faktor kecukupan

Faktor internal/intrinsik merupakan kondisi alamiah dari fisik sungai. Kondisi fisik alamiah dari sungai tersebut terdiri atas:

1. Curah hujan rata-rata tahunan Indonesia,
2. Kemiringan lereng,
3. Tipe sungai,
4. Karakteristik/klasifikasi sungai.

Faktor eksternal merupakan faktor yang berpengaruh terhadap sungai diluar kondisi fisik sungai, atau dengan kata lain faktor eksternal ini merupakan faktor luar yang berpengaruh terhadap kondisi fisik sungai yang tentunya akan berpengaruh terhadap tingkat keamanan sungai tersebut. Faktor eksternal ini terjadi akibat perubahan tata guna lahan atau aktifitas manusia di sekitarnya. Parameter dari setiap kondisi fisik ditentukan berdasarkan penelitian para ahli (dari berbagai penelitian dan sumber), sedangkan nilai relatif setiap parameternya ditentukan secara kualitatif oleh penulis. Faktor eksternal ini terdiri atas 2 faktor, yaitu rasio Q_{maks}/Q_{min} dan kualitas air.

Tabel 2.2 Rasio Q_{maks}/Q_{min} (E1)

Rasio Q_{maks}/Q_{min}		Nilai Relatif
Kondisi DAS baik	Rasio $Q_{maks}/Q_{min} < 50$	10
Kondisi DAS sedang	Rasio $Q_{maks}/Q_{min} 50-120$	7
Kondisi DAS jelek	Rasio $Q_{maks}/Q_{min} > 120$	3

Sumber: wulandari, 2014

Tabel 2.3 Parameter Kualitas Air (E2)

Parameter Kualitas Air		Nilai Relatif
Kelas 1	Semua parameter yang dicek memenuhi baku mutu kelas 1	10
Kelas 2	Semua parameter yang dicek memenuhi baku mutu kelas 2	8
Kelas 3	Semua parameter yang dicek memenuhi baku mutu kelas 3	6
Kelas 4	Semua parameter yang dicek memenuhi baku mutu kelas 4	4
Buruk	Semua parameter yang dicek tidak memenuhi baku mutu kelas manapun	2

Sumber: wulandari, 2014

Faktor kecukupan adalah syarat kecukupan tutupan lahan di sekitar sungai. Faktor kecukupan ini akan mempengaruhi besar nilai faktor internal dan eksternal, serta kondisi fisik sungai tersebut. Parameter dari setiap kondisi fisik ditentukan berdasarkan penelitian para ahli (dari berbagai penelitian dan sumber), sedangkan nilai relatif setiap parameternya ditentukan secara kualitatif oleh penulis. Sehingga apabila nilai kecukupan ini buruk maka akan menurunkan nilai faktor internal/*intrinsik* dan eksternal.

Tabel 2.4

Faktor Kecukupan

Parameter	Nilai Relatif
Hutan dan situ	10
Kebun	8
Tegalan	7
Sawah	6
Lapangan/ rumput	5
Pemukiman	1-4

Sumber: wulandari, 2014

2.2.4.2 Indeks Penentu Relatif

Indeks penentu relative adalah kemungkinan relatif penurunan kesehatan sungai akibat beban di sungai. Nilai indeks penentu relating diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$IP = IK \times \text{bobot variabel} \times \text{bobot parameter}$$

dengan:

IP : Indeks penentu relatif

IK : Indeks keamanan sungai

Bobot variabel : nilai bobot pada setiap variabel dari kondisi fisik sungai

Bobot parameter : nilai bobot tiap parameter dari setiap variabel kondisi fisik sungai

Tabel 2.5

Bobot Variabel

Hidrologi	0,20
Proses perpindahan sedimen	0,31
Kualitas air	0,14
Sosial	0,36

Sumber: wulandari, 2014

Tabel 2.6

Bobot Parameter dari Variabel Proses Hidrologi

Operasi pembangkit tenaga air	0,10
Penyimpanan air oleh bangunan artifisial	0,52
Pemindahan air	0,18
Pengalihan aliran dari sungai	0,21

Sumber: wulandari, 2014

Tabel 2.7

Bobot Parameter dari Variabel Proses Perpindahan Sedimen

Penabangan pasir/ kerikil/ batu kali	0,33
Penambangan emas dan mineral bumi lainnya	0,33
Adanya rintangan di sepanjang sungai	0,33

Sumber: wulandari, 2014

Tabel 2.8

Bobot Parameter dari Variabel Kualitas Air

Buangan limbah domestik dan sampah	0,50
Buangan limbah industri, ternak, dan lain-lain	0,50

Sumber: wulandari, 2014

2.2.4.3 Indeks Beban Sungai

Inspeksi atau tinjauan lapangan dilakukan untuk memperoleh data kondisi aktual fisik sungai berkaitan dengan tinjauan terhadap faktor-faktor yang menyebabkan kerusakan/penurunan kesehatan sungai. Sebelumnya peluang terjadinya dan indeks penentu dihitung terlebih dahulu.

Masing-masing faktor akan ditinjau dan menghasilkan parameter beban sungai sebagai kondisi inspeksi dengan nilai bobot 1-10. Indeks beban sungai dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$IBSi = IP \times BSi / 10$$

$$IBStotal = \sum IBSi$$

dengan:

IBSi : indeks beban sungai

IP : indeks penentu relatif

BSi : parameter beban sungai

IBStotal : indeks beban sungai total

Nilai maksimum indeks sungai adalah 1000 dan nilai terendahnya adalah 0. Nilai ini bergantung pada nilai indeks keamanan sungai, sehingga jika indeks keamanannya kecil maka nilai beban sungai akan mengikuti. Oleh karena itu, nilai beban sungai tidak dimasukkan dalam klasifikasi penilaian.

Tabel 2.9 Klasifikasi Kondisi Kesehatan Sungai

No	Nilai keamanan (IK)	Nilai kesehatan sungai (IKS)	Klasifikasi	Kondisi	Tindakan yang diperlukan
1	> 343	>70	Aman	Kondisi DAS dan sungai aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai rendah	Tidak diperlukan tindak lanjut
		30 - 70	Aman dengan resiko sedang	Kondisi DAS dan sungai aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai sedang	Perlu dipastikan agar pengelolaan semua resiko baik
		<30	Aman dengan resiko tinggi	Kondisi DAS dan sungai aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai tinggi	
2	64 - 343	>70	Kurang aman dengan resiko rendah	Kondisi DAS dan sungai kurang aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai rendah	Perlu analisis lebih jauh mengenai jumlah/intensitas tekanan yang mengenai sungai
		30 - 70	Kurang aman dengan resiko sedang	Kondisi DAS dan sungai kurang aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai sedang	Diperlukan studi dan investigasi dan kemudian upaya perbaikan untuk meningkatkan kembali kondisi keamanan sungai
		<30	Kurang aman dengan resiko tinggi	Kondisi DAS dan sungai kurang aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai tinggi	
3	< 64	>70	Tidak aman dengan resiko rendah	Kondisi DAS dan sungai tidak aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai rendah	Diperlukan tindakan segera untuk memecahkan masalah dan melakukan perbaikan untuk mengamankan sungai
		30 - 70	Tidak aman dengan resiko sedang	Kondisi DAS dan sungai tidak aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai sedang	
		<30	Tidak aman dengan resiko tinggi	Kondisi DAS dan sungai tidak aman dengan tingkat resiko tekanan (beban) terhadap sungai tinggi	

Sumber: Wulandari, 2014

2.2.4.4 Indeks Kesehatan Sungai

Indeks kesehatan sungai adalah nilai tingkat kesehatan sungai yang diperoleh berdasarkan kombinasi nilai bobot indeks keamanan sungai dan indeks beban sungai menggunakan persamaan berikut:

$$IKS = \left(\frac{IK - IBS_{tot}}{IK} \right) \times 100$$

dengan:

IKS : indeks kesehatan sungai

IK : indeks keamanan

IBS : indeks bebahn sungai

2.3 Tinjauan Teknis

2.3.1 Tutupan Lahan

Koefisien pengaliran diperoleh dari hasil perbandingan antar jumlah hujan yang jatuh dengan yang mengalir sebagai limpasan dari suatu hujan dalam permukaan tanah tertentu.

Faktor-faktor yang mempengaruhi harga koefisien pengaliran ini adalah adanya infiltrasi dan tampungan hujan pada tanah sehingga mempengaruhi jumlah air hujan yang mengalir. Penerapan koefisien pengaliran (C) untuk metode rasional disesuaikan dengan rencana tata guna tanah rencana pengembangan kota.

Tabel 2.10 Nilai Koefisien Pengaliran

Penggunaan tanah	Koefisien pengaliran (c)
Perkantoran dan Fasilitas Umum	0.50
Perdagangan	0.70
Perindustrian :	
Industri ringan	0.50
Industri berat	0.60
Perumahan :	
Jarang	0.60
Sedang	0.40
Padat	0.30
Tanah dan Kebun	0.20
Daerah Tidak Terbangun	0.10
Jalan Tanpa Aspal	0.35
Jalan Aspal	0.70

Sumber: Hidrologi

Untuk daerah pengaliran dengan tata guna tanah yang berbeda-beda besarnya koefisien pengaliran ditetapkan dengan mengambil harga rata-rata berdasarkan bobot luas daerah dengan rumus :

$$\bar{C} = \frac{C_1 A_1 + C_2 A_2 + \dots + C_n A_n}{A_1} \quad (2-1)$$

2.3.2 Debit Banjir Rancangan

Untuk menghitung volume limpasan curah hujan digunakan metode rasional yang berlaku untuk :

Daerah *Non-Urbanized* dengan luas (A) < 130 Ha

Daerah *Urbanized* dengan luas (A) < 130 Ha

$$Q = \frac{100}{36} C.I.A \quad (\text{Metode Rasional}) \quad (2-2)$$

Sedangkan untuk daerah yang lebih luas dipergunakan metode rasional yang dimodifikasi dengan memperhitungkan resapan :

$$Q = \frac{100}{36} C_s.C.I.A \quad (2-3)$$

dengan :

Q = debit aliran (l/dt)

C = koefisien pengaliran

C_s = koefisien tampungan (*Storage Coefisient*)

I = rata-rata intensitas hujan (mm/jam) untuk durasi yang sama dengan waktu konsentrasi (t_c) dan priode ulang tertentu yang diterapkan

A = luas daerah tangkapan air (ha)

2.3.3 Kerapatan Drainase

Jaringan drainase dapat menunjukkan kerapatan aliran suatu DAS. Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu daerah pengaliran. Kerapatan jaringan sungai merupakan perluasan dari fungsi besarnya kapasitas infiltrasi dan erosi (Horton, 1945).

Parameter ini menunjukkan panjang saluran persatuan luas. Kerapatan aliran yang tinggi maka diperkirakan akan menyebabkan *run off* di sungai lebih banyak, sehingga air dan genangan akan semakin cepat mengalir menuju outlet.

$$D = L_t / A \quad (2-4)$$

dengan, L_t panjang sungai total hingga orde 2, A luasan DAS.

2.3.4 Saluran

Setelah beban didapat dari perhitungan analisis hidrologi. Selanjutnya dimensi saluran dapat ditentukan dari analisis hidraulika. Pada pengendalian banjir, dimensi saluran akan sangat berpengaruh terhadap kapasitas dari saluran itu sendiri. Penentuan dimensi saluran sebisa mungkin harus menggunakan Penampang Hidraulik Terbaik.

Secara garis besar, aliran dapat dibagi menjadi aliran terbuka (*Open Channel Flow*) dan aliran tertutup (*Close Conduit*). Saluran terbuka adalah saluran dimana cairan yang mengalir memiliki permukaan bebas, sedangkan pada saluran tertutup permukaannya tidak berada dalam kondisi bebas. Studi pustaka akan dilakukan pada perencanaan saluran untuk aliran terbuka, mengingat daerah aliran dan saluran drainase seluruhnya merupakan aliran terbuka.

Perencanaan saluran terbuka dapat dilakukan dengan rumus Manning.

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2-5)$$

dengan :

V : kecepatan (m/dt)

n : kekasaran Manning

R : jari-jari hidrolis (m)

S : kemiringan saluran

Dengan melakukan kajian lebih lanjut terhadap rumus manning maka dapat dilakukan perencanaan saluran

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (2-6)$$

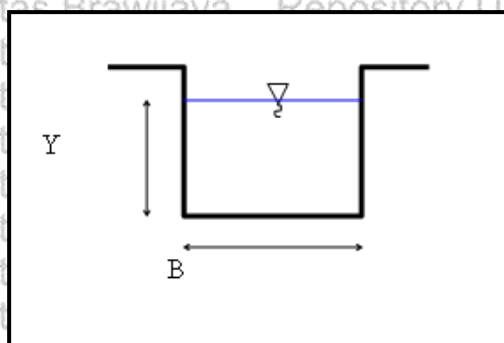
$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} = \frac{1}{n} A (A/P)^{2/3} S^{1/2} \quad (2-7)$$

$$= \frac{1}{n} A^{5/3} P^{-2/3} S^{1/2} \quad (2-8)$$

dengan S dan n merupakan variabel yang ditentukan sesuai dengan keadaan di lapangan. Sedangkan A (luas basah) dan P (keliling basah) merupakan variabel yang bergantung dari dimensi saluran yang direncanakan.

Q akan mencapai maksimum bila P (keliling basah) minimum. Keliling basah yang minimum akan memberikan total gaya tekan akibat geseknya τ_0 yang minimum. Penampang yang memberikan Q maksimum disebut juga dengan Penampang Hidrolis Terbaik (PHT).

Saluran Segi Empat



Gambar 2.2 Penampang Saluran Segi Empat
(Sumber: Ven te chow)

Rumusan untuk penampang saluran segi empat adalah sebagai berikut:

$$A = BY \quad (2-9)$$

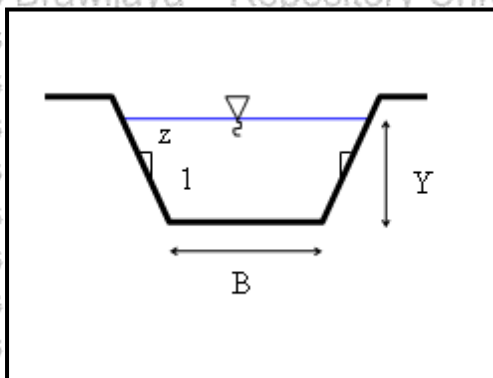
$$P = B + 2Y \quad (2-10)$$

$$R = \frac{BY}{B + 2Y} \quad (2-11)$$

Adapun untuk suatu saluran segi empat, maka PHT nya adalah ketika kedalaman air

$$Y = \frac{1}{2} B \quad (2-12)$$

Saluran Trapesium



Gambar 2.3 Penampang Saluran Trapesium
(Sumber: Ven te chow)

Rumusan untuk penampang saluran trapesium adalah sebagai berikut:

$$A = (B + zY) Y \quad (2-13)$$

$$P = B + 2Y \sqrt{1 + z^2} \quad (2-14)$$

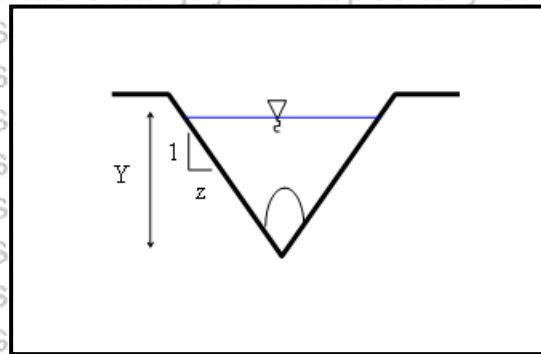
$$R = \frac{(B + zY)Y}{B + 2Y \sqrt{1 + z^2}} \quad (2-15)$$

Penampang trapesium yang paling ekonomis (PHT) tercapai bila:

$$z = \tan \phi = \tan 30^\circ$$

atau dengan kata lain penampang merupakan setengah bagian dari segi enam.

Saluran Segitiga



Gambar 2.4 Penampang Saluran Segitiga
(Sumber: Ven te chow)

Rumusan untuk penampang segitiga adalah sebagai berikut:

$$A = zY^2 \quad (2-16)$$

$$P = 2Y\sqrt{1+z^2} \quad (2-17)$$

$$R = \frac{zY^2}{2Y\sqrt{1+z^2}} \quad (2-18)$$

PHT untuk penampang segitiga adalah setengah bagian dari bujur sangkar. Hal ini berarti:

$$\phi = 90^\circ$$

2.4 Tinjauan Non-Teknis

Pemantauan aspek non teknis dimaksudkan untuk mengendalikan agar kinerja pengelolaan sistem drainase perkotaan sesuai dengan sasaran perencanaan awal.

Pemantauan aspek non teknis meliputi:

1. Pemantauan kelembagaan,
2. Pemantauan manajemen pembangunan,
3. Pemantauan keuangan,
4. Pemantauan peran masyarakat dan swasta,
5. Pemantauan aspek hukum.

2.4.1 Kebijakan dan Kelembagaan

2.4.1.1 Kebijakan

Tabel 2.11 Daftar Peraturan Perundang-Undangan

No	No. Peraturan	Tentang
Undang-Undang		
1	5 Tahun 1960	Pokok-Pokok Agraria
2	11 tahun 1974	Pengairan
3	03 tahun 2014	Perindustrian
4	36 tahun 2009	Kesehatan
5	26 tahun 2007	Penataan Ruang
6	32 tahun 2009	Pengelolaan Lingkungan Hidup
7	23 tahun 2014	Pemerintahan Daerah
Peraturan Pemerintah		
1	38 tahun 2011	Sungai
2	25 tahun 2000	Kewenangan daerah & Propinsi Sebagaimana Daerah Otonom
3	82 tahun 2001	Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air
Keputusan Presiden		
1	32 tahun 1990	Pengelolaan Kawasan Lindung
2	55 tahun 1993	Pengadaan Tanah Bagi Pelaksanaan Pembangunan Untuk Kepentingan Umum
3	9 tahun 1999	Pembentukan Tim Koordinasi Kebijakan Pendayagunaan Sungai
Keputusan Menteri		
1	5 tahun 2014(KLH)	Baku Mutu Limbah Cair Bagi Industri
2	35 tahun 1995 (KLH)	Program Kali Bersih
Peraturan Daerah		
1	20 tahun 1995	Garis Sempadan Sungai dan Sumber Air
2	2 tahun 1996	Pengelolaan Kawasan Lindung di Prop DT I Jabar
3	12 tahun 1997	Pembangunan di Pinggir Sungai dan Sumber Air
4	10 tahun 2001	Pengambilan dan Pemanfaatan Air Permukaan
5	3 tahun 2001	Pola Induk Pengelolaan SD Air di Jabar
6	2 tahun 2007	RTRW Jabar
SK Gubernur		
1	6 tahun 1999	Baku Mutu Limbah Cair Bagi Keg. Industri di Jabar
2	39 tahun 2000	Peruntukan Air dan Baku Mutu Pada S.Citarum & Anak2 Sungainya di Jabar
Peraturan Daerah Kota Bandung		
1	6 tahun 1995	Ketertiban, Kebersihan dan Keindahan di Wilayah Kotamadya Bandung
2	2 tahun 1996	Rencana Detail Tata Ruang Kota (RDTRK)
3	14 tahun 1998	Bangunan di wilayah Kotamadya Bandung
4	6 tahun 2002	Penyelenggaraan Pengairan di Kota Bandung
5	7 tahun 2002	Retribusi Pengairan
Keputusan Walikota Bandung		
1	660.2/Kep.060-Huk/2004	Pembentukan Tim Gerakan Cikapundung Bersih Melalui Revitalisasi Sungai Cikapundung

Sumber: Peraturan perundang-undangan

Drainase perkotaan diatur dalam Undang-undang, Peraturan Pemerintah, Keputusan Presiden, Keputusan Menteri, Peraturan Daerah, SK Gubernur Jawa Barat, Perda Kota

Bandung, Keputusan Walikota Bandung. Peraturan perundang-undangan yang terkait dengan drainase disajikan pada tabel di atas.

Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 12 Tahun 2014 menjelaskan bahwa perencanaan sistem drainase perkotaan meliputi penyusunan rencana induk, studi kelayakan, dan perencanaan teknik terinci/ detail desain. Perencanaan tersebut seharusnya disusun untuk pengembangan sistem drainase perkotaan guna mendukung sistem drainase perkotaan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. Namun konsep standar drainase berbasis lingkungan tersebut belum ada. Selain itu juga belum adanya standar atau pedoman inventarisasi dana operasi dan pemeliharaan drainase.

2.4.1.2 Kelembagaan

Pengelolaan drainase perkotaan berada di bawah kewenangan Dinas Sumber Daya Air dan Drainase. Hal ini dirasa tepat karena berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia No. 12 Tahun 2014, penyelenggara sistem drainase perkotaan adalah instansi teknis yang bertanggung jawab dalam bidang sub-bidang drainase.

Namun permasalahan lainnya adalah belum adanya standar pemegang kewenangan pengelolaan drainase. Misalnya, di beberapa daerah pemegang kewenangan pengelolaan drainase adalah Ekselon III, sedangkan di Kota Bandung dipegang oleh Ekselon IV. Hal ini akan mempengaruhi kewenangan dalam pelaksanaan pengelolaan drainase, terutama dalam sumber daya manusia dan pengambilan keputusan mengenai kegiatan pengelolaan dan penetapan anggaran untuk operasi dan pemeliharaan drainase perkotaan.

2.4.2 Sosial Budaya

Saluran drainase yang berada di kawasan umum, seperti di pingir jalan, memiliki peran penting dalam proses pengaliran air di wilayah tersebut. Sehingga dampak dari penyumbatan saluran drainase dapat mengganggu aktifitas lalu lintas dan mobilitas masyarakat.

Masyarakat Kota Bandung merupakan masyarakat heterogen, dimana hampir semua etnis maupun agama berada di dalamnya. Artinya perilaku masyarakat terhadap lingkungan tidak akan seragam. Kesadaran masyarakat dalam menjaga lingkungan dirasa belum maksimal, hal ini ditunjukkan dari volume sampah yang dibuang secara sembarangan, serta kondisi lingkungan kawasan publik yang kurang terjaga dan terpelihara. Perilaku masyarakat yang membuang sampah sembarangan secara tidak langsung dapat menghambat saluran air dan juga menyumbat saluran drainase.

Perilaku masyarakat saat ini menunjukkan bahwa hampir seluruh masyarakat Kota Bandung menggunakan saluran drainase sebagai sarana untuk membuang air MCK dan

hanya sedikit yang memiliki septik tank sendiri karena biasanya saluran tersebut hanya dibuat di kompleks perumahan. Di sisi lain, untuk masyarakat yang tinggal di pinggiran sungai, masih banyak yang menggunakan saluran drainase sebagai tempat MCK dan pembuangan sampah. Meskipun untuk pasokan air bersih berasal dari PDAM atau membuat sumur pribadi, namun perilaku tersebut dapat menyebabkan terhambatnya aliran air dan mengakibatkan penyempitan luas aliran drainase.

2.4.3 Ekonomi

Terganggunya kapasitas drainase di Kota Bandung salah satunya diakibatkan oleh penggunaan utilitas umum yang melintang serta penyerobotan tanah. 27% permasalahan banjir cileuncang disebabkan karena terganggunya kapasitas saluran akibat penggunaan utilitas umum yang melintang serta penyerobotan tanah. Pada dasarnya bantaran sungai/anak sungai tidak boleh disertifikatkan, kenyataannya ada beberapa bangunan yang mempunyai sertifikat tanah meliputi lahan yang seharusnya mejadi bantaran sungai/ anak sungai. Beralih fungsinya sungai-sungai tersebut menyebabkan aliran air hujan dari wilayah utara tertampung di wilayah kota.

Penyebab buruknya sistem drainase salah satunya adalah karena pembangunan yang tidak pernah memperhatikan perilaku air dan unsur air tidak pernah masuk dalam desain perkotaan. Pembangunan di Kota Bandung hanya mementingkan unsur ekonomis. Salah satunya pembangunan akses jalan dari timur menuju barat telah memotong alur drainase yang berasal dari utara menuju selatan Kota Bandung. Pembangunan terkesan hanya untuk kepentingan ekonomis tanpa memperhitungkan dampak yang dihasilkan dari pembangunan tersebut.

Pembenahan drainase memang belum menjadi program prioritas. Sehingga selama ini anggaran untuk operasi dan pemeliharaan drainase masih belum sesuai dengan dana yang diperlukan. Hal ini menyebabkan kondisi drainase saat ini terbengkalai.

2.5 Teori Model

Menurut Masri Singarimbun dan Sofian effendi dalam buku Metode Penelitian Sosial (1998) mengatakan, teori adalah serangkaian asumsi, konsep, kontrak, definisi dan preposisi untuk menerangkan suatu fenomena sosial secara sistematis dengan cara merumuskan hubungan antar konsep. Teori merupakan seperangkat proposisi yang menggambarkan suatu gejala terjadi seperti ini. Untuk memudahkan penelitian diperlukan pedoman berfikir yaitu kerangka teori. Sebelum melakukan penelitian yang lebih lanjut seorang peneliti perlu menyusun suatu kerangka teori sebagai landasan berfikir untuk

menggambarkan dari sudut mana peneliti menyoroti masalah yang dipilih (Suyanto, 2005: 34).

Teori menurut F.M Kerlinger (dalam Rakhmat, 2004 : 6) merupakan himpunan konstruk (konsep), definisi, dan preposisi yang mengemukakan pandangan sistematis tentang gejala dengan menjabarkan relasi di antara variabel, untuk menjelaskan dan meramalkan gejala tersebut. Peran teori dalam sebuah penelitian diumpakan sebagai “pemandu” seseorang dalam meneliti. Teori adalah sarana pokok untuk menyatakan hubungan sistematis dalam gejala sosial maupun natural yang dijadikan pencerminan. Teori merupakan abstraksi dari pengertian atau hubungan dari proposisi atau dalil. Menurut Kerlinger (1973) teori dinyatakan sebagai sebuah set dari proposisi yang mengandung suatu pandangan sistematis dari fenomena.

Terdapat tiga hal yang perlu diperhatikan dalam mencermati lebih jauh mengenai teori, yakni:

1. Teori adalah sebuah set proposisi yang terdiri dari konstruk (*construct*) yang sudah didefinisikan secara luas dan dengan hubungan unsur-unsur dalam set tersebut secara jelas.
2. Teori menjelaskan hubungan antar variabel atau antar konstruk sehingga pandangan yang sistematis dari fenomena yang diterangkan oleh variabel dengan jelas kelihatan.
3. Teori menerangkan fenomena dengan cara menspesifikasi variabel satu berhubungan dengan variabel yang lain (Sukmadinata, Metode Penelitian Pendidikan, Bandung : Rosdakarya, 2006:24).

2.5.1 Sistem

Sistem adalah kumpulan obyek yang saling berinteraksi dan bekerja sama untuk mencapai tujuan logis dalam suatu lingkungan yang kompleks. Obyek yang menjadi komponen dari sistem dapat berupa obyek terkecil dan bisa juga berupa sub-sistem atau sistem yang lebih kecil lagi. Dalam definisi ini disertakan elemen lingkungan karena lingkungan sistem memberikan peran yang sangat penting terhadap perilaku sistem itu. Bagaimana komponen-komponen sistem itu berinteraksi, hal itu adalah dalam rangka mengantisipasi lingkungan.

Mengetahui variabel-variabel dan perilaku yang ada di dalamnya disamping mengamati sistem bukan hanya mendefinisikan komponen-komponen pendukung sistemnya. Paling tidak analisis terhadap sistem harus dapat membuat konsepsi tentang

sistem itu. Ada beberapa cara untuk dapat merancang, menganalisis dan mengoperasikan suatu sistem.

Salah satunya adalah dengan melakukan pemodelan, membuat model dari sistem tersebut.

Gordon B. Davis (1984) : “Sebuah sistem terdiri dari bagian-bagian yang saling berkaitan yang beroperasi bersama untuk mencapai beberapa sasaran atau maksud”

Raymond Mcleod (2001) : “Sistem adalah himpunan dari unsur-unsur yang saling berkaitan sehingga membentuk suatu kesatuan yang utuh dan terpadu”.

Sistem merupakan istilah dari bahasa Yunani yang artinya himpunan bagian atau unsur yang saling berhubungan secara teratur untuk mencapai tujuan bersama. Sistem didefinisikan oleh beberapa ahli sebagai berikut:

- a. Menurut Russel L. Ackoff (1968), *a system is any entity, conceptual or physical, which consists of interdependent parts* (sistem adalah setiap kesatuan secara konseptual atau fisik yang terdiri dari bagian-bagian dalam keadaan saling tergantung satu sama lainnya).
- b. Menurut Schmidt & Taylor (1970), *a system is a group of interrelated entities to reach the logical target* (sistem adalah sebuah grup dari kesatuan yang saling berhubungan untuk mencapai target yang logis).
- c. Menurut William Shrode & Dan Voich Jr (1974), *a system is a set of interrelated parts, working, independently and faintly, in pursuit of common objectives of the whole a complex environment* (sistem adalah: kumpulan dari bagian-bagian yang saling berhubungan, bekerja dengan bebas, dalam pencarian tujuan bersama dari keseluruhan lingkungan yang kompleks).
- d. Menurut Togar M. Simatupang (1995), sistem adalah suatu kumpulan objek yang saling bergantung secara tetap (*regular*) untuk mencapai tujuan bersama dalam suatu lingkungan yang kompleks
- e. Menurut Anatol Raporot dalam dalam Lugtyastyono BN (2011), sistem adalah suatu kumpulan kesatuan dan perangkat hubungan satu sama lain.
- f. Menurut Sutapa (2012), sistem dapat juga diartikan sebagai sekumpulan unsur/ elemen yang saling berkaitan dan saling mempengaruhi secara logis dalam melakukan kegiatan bersama secara bebas dalam lingkungan yang kompleks untuk mencapai tujuan yang utuh dan terpadu secara efektif dan efisien

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa sistem merupakan satu kesatuan langkah secara konseptual dan mengikuti kaidah berpikir logis dalam mencapai tujuan (Pantouw, 2012).

2.5.2 Model

Menurut Harrell, C (2003), model didefinisikan sebagai suatu perwakilan atau abstraksi dari sebuah obyek atau situasi aktual. Model memperlihatkan hubungan-hubungan langsung maupun tidak langsung serta kaitan timbal balik dalam istilah sebab akibat. Oleh karena suatu model adalah abstraksi dari realitas, pada wujudnya kurang kompleks daripada realitas itu sendiri.

Merekayasa struktur model merupakan fase yang paling sulit dalam pendekatan sistem terutama dalam problem-problem yang kompleks. Oleh karena itu disarankan untuk memulai dengan mengidentifikasi sub divisi yang besar dari suatu model dan menggabungkannya bersama dalam suatu pola diagramatik. Hal ini sangat membantu untuk mengetahui arus informasi secara keseluruhan melalui model.

Model adalah alat yang sangat berguna untuk menganalisis maupun merancang sistem. Model dapat menunjukkan bagaimana suatu operasi bekerja dan mampu merangsang untuk berpikir bagaimana meningkatkan atau memperbaikinya dan sebagai alat komunikasi yang sangat efisien. Model merupakan komponen-komponen berinteraksi atau deskripsi logis tentang bagaimana sistem bekerja. Dengan membuat model dari suatu sistem maka diharapkan dapat lebih mudah untuk melakukan analisis. Hal ini merupakan prinsip pemodelan, yaitu bahwa pemodelan bertujuan untuk mempermudah analisis dan pengembangannya. Melakukan pemodelan adalah suatu cara untuk mempelajari sistem dan model itu sendiri dan juga bermacam-macam perbedaan perilakunya. Berikut perilaku model yang sering digunakan adalah:

- a. Eksperimen dengan sistem aktual vs eksperimen dengan model sistem. Jika suatu sistem secara fisik memungkinkan dan tidak memakan biaya yang besar untuk dioperasikan sesuai dengan kondisi (scenario) yang kita inginkan maka cara ini merupakan cara yang terbaik karena hasil dari eksperimen ini benar-benar sesuai dengan sistem yang dikaji. Namun sistem seperti itu jarang sekali ada dan penghentian operasi sistem untuk keperluan eksperimen akan memakan biaya yang sangat besar. Selain itu untuk sistem yang belum ada atau sistem yang masih dalam rancangan maka eksperimen dengan sistem aktual jelas tidak bisa dilakukan sehingga satu-satunya cara adalah dengan menggunakan model sebagai representasi dari sistem aktual.
- b. Model fisik vs Model Matematis. Model fisik mengambil dari sebagian sifat fisik dari hal-hal yang diwakilinya, sehingga menyerupai sistem yang sebenarnya namun dalam skala yang berbeda. Walaupun jarang dipakai, model ini cukup berguna dalam rekayasa sistem. Dalam penelitian, model matematis lebih sering dipakai jika dibandingkan

dengan model fisik. Pada model matematis, sistem direpresentasikan sebagai hubungan logika dan hubungan kuantitatif untuk kemudian dimanipulasi supaya dapat dilihat bagaimana sistem bereaksi.

c. Solusi Analitis vs Simulasi. Setelah model matematis berhasil dirumuskan, model tersebut dipelajari kembali apakah model yang telah dikembangkan dapat menjawab pertanyaan yang berkaitan dengan tujuan mempelajari sistem. Jika model yang dibentuk cukup sederhana, maka relasi-relasi matematisnya dapat digunakan untuk mencari solusi analitis. Jika solusi analitis bisa diperoleh dengan cukup mudah dan efisien, maka sebaiknya digunakan solusi analitis karena metode ini mampu memberikan solusi yang optimal terhadap masalah yang dihadapi. Tetapi seringkali model terlalu kompleks sehingga sangat sulit untuk diselesaikan dengan metoda-metoda analitis, maka model tersebut dapat dipelajari dengan simulasi. Simulasi tidak menjamin memberikan hasil yang optimal melainkan dijamin bahwa hasilnya mendekati optimal.

Pada dasarnya model simulasi dikelompokkan dalam tiga dimensi yaitu [Law and Kelton, 1991]:

- a) Model Simulasi Statis dengan Model Simulasi Dinamis. Model simulasi statis digunakan untuk mempresentasikan sistem pada saat tertentu atau sistem yang tidak terpengaruh oleh perubahan waktu. Sedangkan model simulasi dinamis digunakan jika sistem yang dikaji dipengaruhi oleh perubahan waktu.
- b) Model Simulasi Deterministik dengan Model Simulasi Stokastik. Jika model simulasi yang akan dibentuk tidak mengandung variabel yang bersifat random, maka model simulasi tersebut dikatakan sebagai simulasi deterministik. Pada umumnya sistem yang dimodelkan dalam simulasi mengandung beberapa input yang bersifat random, maka pada sistem seperti ini model simulasi yang dibangun disebut model simulasi stokastik.
- c) Model simulasi Kontinu dengan Model Simulasi Diskret. Untuk mengelompokkan suatu model simulasi apakah diskret atau kontinyu, sangat ditentukan oleh sistem yang dikaji. Suatu sistem dikatakan diskret jika variabel sistem yang mencerminkan status sistem berubah pada titik waktu tertentu, sedangkan sistem dikatakan kontinyu jika perubahan variabel sistem berlangsung secara berkelanjutan seiring dengan perubahan waktu.

Pemilihan model tergantung pada tujuan dari pengkajian sistem dan terlihat jelas pada formulasi permasalahan pada tahap evaluasi kelayakan. Sifat model juga tergantung pada teknik permodelan yang dipakai. Model yang mendasarkan pada teknik peluang dan memperhitungkan ketidaktentuan (*uncertainty*) disebut model probabilistik atau model stokastik. Dalam mengkaji suatu sistem, model ini sering dipakai karena perihai yang

dikaji umumnya mengandung keputusan yang tidak tentu. Kebalikan dari model ini adalah model kuantitatif yang tidak mempertimbangkan peluang kejadian, dikenal sebagai model deterministik. Model ini memusatkan penelaahannya pada faktor-faktor kritis yang diasumsikan mempunyai nilai eksak dan tertentu pada waktu yang spesifik. Model probabilistik biasanya mengkaji ulang data atau informasi terdahulu untuk menduga peluang kejadian tersebut pada keadaan sekarang atau yang akan datang dengan asumsi terdapat relevansi pada jalur waktu.

Pada beberapa perihal, sebuah model dibuat hanya untuk semacam deskripsi matematis dari kondisi dunia nyata. Model ini disebut model deskriptif dan banyak dipakai untuk mempermudah penelaahan suatu permasalahan. Model ini dapat diselesaikan secara eksak serta mampu mengevaluasi hasilnya dari berbagai pilihan data input. Apabila perbandingan antar alternatif dilakukan, maka model disebut model optimalisasi. Solusi dari model optimalisasi adalah merupakan nilai optimum yang tergantung pada nilai input, contohnya adalah Non-linear programming. Bilamana sistem telah diekspresikan pada notasi matematik dan format persamaan, timbullah keuntungan dari fasilitas manipulatif dari matematik. Seorang analis dapat memasukkan nilai-nilai yang berbeda dalam model matematik dan kemudian mempelajari perilaku dari sistem tersebut. Pada pengkajian tertentu, sensitivitas dari sistem dilakukan dengan perubahan dari input sistem itu sendiri. Bahasa simbolik ini juga membantu dalam komunikasi karena pernyataan yang singkat dan jelas daripada deskripsi lisan.

2.5.3 Simulasi

Simulasi merupakan suatu teknik meniru operasi-operasi atau proses-proses yang terjadi dalam suatu sistem dengan bantuan perangkat komputer dan dilandasi oleh beberapa asumsi tertentu sehingga sistem tersebut bisa dipelajari secara ilmiah (Law and Kelton, 1991). Simulasi digunakan komputer untuk mempelajari sistem secara numerik, dimana dilakukan pengumpulan data untuk melakukan estimasi statistik untuk mendapatkan karakteristik asli dari sistem. Simulasi merupakan alat yang tepat untuk digunakan terutama jika diharuskan untuk melakukan eksperimen dalam rangka mencari komentar terbaik dari komponen-komponen sistem.

Hal ini dikarenakan sangat mahal dan memerlukan waktu yang lama jika eksperimen dicoba secara riil. Dengan melakukan studisimulasi maka dalam waktu singkat dapat ditentukan keputusan yang tepat serta dengan biaya yang tidak terlalu besar karena semuanya cukup dilakukan dengan komputer. Pendekatan simulasi diawali dengan pembangunan model sistem nyata. Model tersebut harus dapat menunjukkan bagaimana

berbagai komponen dalam sistem saling berinteraksi sehingga benar-benar menggambarkan perilaku sistem. Setelah model dibuat maka model tersebut ditransformasikan ke dalam program computer sehingga memungkinkan untuk disimulasikan.

2.5.4 Kalibrasi

Menurut *ISO/IEC Guide 17025:2005 dan Vocabulary of International Metrology (VIM)*, kalibrasi adalah serangkaian kegiatan yang membentuk hubungan antara nilai yang ditunjukkan oleh instrumen ukur atau sistem pengukuran atau nilai yang diwakili oleh bahan ukur, dengan nilai-nilai yang sudah diketahui yang berkaitan dari besaran yang diukur dalam kondisi tertentu. Dengan kata lain, kalibrasi adalah kegiatan untuk menentukan kebenaran konvensional nilai penunjukan alat ukur dan bahan ukur dengan cara membandingkan terhadap standar ukur yang mampu-traceable ke standar nasional untuk satuan ukuran dan atau internasional. Tujuan kalibrasi adalah untuk mencapai ketertelusuran pengukuran. Hasil pengukuran dapat dikaitkan atau ditelusuri sampai ke standar yang lebih tinggi atau teliti (standar primer nasional dan internasional), melalui rangkaian perbandingan yang tidak terputus. Manfaat kalibrasi adalah sebagai berikut :

- a. Untuk mendukung sistem mutu yang diterapkan di berbagai industri pada peralatan laboratorium dan produksi yang dimiliki
- b. Dengan melakukan kalibrasi, bisa diketahui seberapa jauh perbedaan (penyimpangan) antara harga benar dengan harga yang ditunjukkan oleh alat ukur.

2.5.5 Validasi

Validasi adalah suatu tindakan penilaian terhadap parameter tertentu, berdasarkan percobaan laboratorium, untuk membuktikan bahwa parameter tersebut memenuhi persyaratan untuk penggunaannya (harmita, 2004). Menurut (Law and Kelton, 1991) validasi merupakan proses penentuan apakah model konseptual simulasi benar-benar merupakan representasi akurat dari sistem nyata yang dimodelkan. Validasi model dapat pula dikatakan sebagai langkah dalam memvalidasi atau menguji apakah model yang telah disusun dapat merepresentasikan sistem nyata dengan benar.

Suatu model dapat dikatakan valid ketika tidak memiliki perbedaan yang signifikan dengan sistem nyata yang diamati baik dari karakteristiknya maupun dari perilakunya.

Validasi dapat dilakukan dengan menggunakan alat uji statistik yang meliputi uji keseragaman data *output*, uji kesamaan dua rata-rata, uji kesamaan dua variansi dan uji kecocokan distribusi.

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan validasi pada model konseptual, diantaranya:

- Sudahkah semua elemen, kejadian dan relasi yang sesuai terdapat didalam model?
- Apakah pertanyaan pemodelan sudah dapat dijawab dengan model?

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan validasi pada model logika, diantaranya:

- Apakah semua kejadian yang terdapat pada model konseptual telah dimuat di dalam model?
- Apakah semua relasi yang terdapat dalam model konseptual telah dimuat didalam model?

Terdapat beberapa hal yang harus diperhatikan dalam melakukan validasi pada model komputer atau simulasi, diantaranya:

- Apakah model komputer benar merupakan representasi dari sistem nyata?
- Apakah model komputer dapat melakukan duplikasi kinerja sistem nyata?
- Apakah output dari model komputer mempunyai kredibilitas dengan ahli sistem dan pembuat keputusan?

2.5.6 Verifikasi

Verifikasi merupakan proses pemeriksaan kesesuaian model logika operasional dengan logika diagram alur atau dapat disederhanakan dengan “apakah terdapat kesalahan dalam program?” (Hoover dan Perry, 1989). Sedangkan menurut (Law dan Kelton 1991) verifikasi merupakan suatu proses untuk memeriksa kesesuaian jalannya program komputer simulasi dengan yang diinginkan dengan cara melakukan pemeriksaan program komputer, selain itu verifikasi dapat diartikan sebagai proses penerjemahan model simulasi konseptual kedalam bahasa pemrograman secara benar.

2.5.7 Parameter

Parameter adalah bilangan nyata yang menyatakan sebuah karakteristik dari sebuah populasi, contohnya mean populasi, varians populasi dan simpangan baku. Parameter dilambangkan dengan huruf, bisa diganti dengan bilangan, mirip dengan variabel tetapi memiliki makna yang berbeda. Parameter digunakan sebagai pembeda antara persamaan yang sejenis dan bukan sejenis. Ukuran parameter statistika dihitung dari data sampel atau populasi.

2.5.8 Variabel

Variabel merupakan sesuatu yang menjadi objek pengamatan penelitian, sering juga disebut sebagai faktor yang berperan dalam penelitian atau gejala yang akan diteliti.

Menurut Kerlinger (2006: 49), variabel adalah konstruk atau sifat yang akan dipelajari yang mempunyai nilai yang bervariasi. Kerlinger juga mengatakan bahwa variabel adalah simbol/lambang yang padanya kita letakan sebarang nilai atau bilangan.

Menurut Sugiyono (2009: 60), variabel adalah segala sesuatu yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya. Selanjutnya menurut Suharsimi Arikunto (1998: 99), variabel penelitian adalah objek penelitian atau apa yang menjadi perhatian suatu titik perhatian suatu penelitian. Bertolak dari pendapat para ahli di atas maka dapat disimpulkan bahwa variabel penelitian adalah suatu atribut dan sifat atau nilai orang, faktor perlakuan terhadap obyek atau kegiatan yang mempunyai variasi tertentu yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari dan kemudian ditarik kesimpulannya.

a. *Sederhana*

Variabel yang ditetapkan sedapat mungkin sederhana dalam pengumpulan data maupun dalam rumus penghitungan untuk mendapatkannya.

b. *Tepat Waktu*

Variabel yang ditetapkan harus dapat didukung oleh pengumpulan dan pengolahan data serta pengemasan informasi yang waktunya sesuai dengan saat pengambilan keputusan dilakukan.

c. *Terukur*

Variabel yang ditetapkan harus mempresentasikan informasinya dan jelas ukurannya sehingga dapat digunakan untuk perbandingan antara satu tempat dengan tempat lain atau antara satu waktu dengan waktu lain agar memudahkan dalam memperoleh data.

d. *Bermanfaat*

Variabel yang ditetapkan harus bermanfaat untuk kepentingan pengambilan keputusan.

e. *Terpercaya*

Variabel yang ditetapkan harus dapat didukung oleh pengumpulan data yang baik, benar dan teliti.

2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.12 Studi Terdahulu

No	Tahun	Judul	Penulis	Penerbit	Pokok Bahasan	Output Bahasan
1	2006	Kinerja Sistem Drainase yang Berkelanjutan Berbasis Partisipasi Masyarakat	Adi Yusuf Muttaqin	Program Pascasarjana Universitas Diponegoro; tidak diterbitkan	Mengevaluasi kinerja sistem jaringan drainase pada masing-masing sub system dan merumuskan solusi prioritas rehabilitasi sistem jaringan drainase.	Partisipasi masyarakat dalam pengelolaan jaringan drainase yang berkelanjutan adalah baik, namun aspek teknis pembuatan Sumur Resapan Air Hujan sebagai upaya implementasi konsep drainase yang Berkelanjutan tidak dapat dilaksanakan.
2	2012	Variabel Tingkat Layanan Drainase Perkotaan	Sih Andayani, Bambang E. Yuwono, Soekrasno	Jurnal Teknik Sipil, Volume 11, No. 2, April 2012: 148-157	Pembuatan model yang dapat digunakan untuk menilai tingkat layanan drainase perkotaan yang berguna bagi penentu skala prioritas penanganan yang berkelanjutan dan berwawasan lingkungan berdasarkan hasil kuisioner.	Terdapat 12 variabel yang diuji, semua menghasilkan kontribusi terhadap layanan drainase perkotaan tersebut. Belum ada pembahasan detail dari sisi teknis maupun non-teknis.
3	2013	Optimization of Retention Ponds to Improve the Drainage System Elasticity for Water-Energy Nexus	Helene M. Ramos, Charlotte Teyssier, P. Amparo Lopez-Jimenez	Water Resour Manage (2013) 27:2889-2901, DOI 10.1007/s11269-013-0322-3	Melakukan optimasi air di kolam retensi banjir untuk keperluan produksi energi pada pembangkit listrik dengan ketinggian yang rendah	Limpasan yang menjadi masalah dapat menjadi sumber energi yang baru di daerah perkotaan. Ketinggian air di kolam retensi menjadi <i>head</i> untuk memutar turbin. Studi ini mengungkapkan sistem ini dapat menghasilkan sekitar 17,5 MWh

No	Tahun	Judul	Penulis	Penerbit	Pokok Bahasan	Output Bahasan
						/ tahun dalam skenario yang dioptimalkan (untuk daya rata-rata per jam per tahun sebesar 2 kW, untuk bentuk kolam trapesium).
4	2013	Analisis Kapasitas Saluran Drainase Sekunder dan Penanganan Banjir di Jalan Gatot Subroto Denpasar	Ida Ayu Asrina Dewi, IGN.Kerta Arsana, IGN. Oka Suputra	Jurnal Ilmiah Elektronik Infrastruktur Teknik Sipil, Volume 2, No. 2, April 2013	Menganalisis kapasitas saluran drainase eksisting dan menentukan dimensi saluran drainase yang baru.	Pembesaran dimensi penampang saluran yang dilakukan dari bagian hulu sampai bagian hilir, serta dilakukan pembuatan sudetan untuk mengurangi debit bagian hilir.
5	2013	Drainage discharge impacts on hydrology and water quality of receiving streams in the wheatbelt of Western Australia	Riasat Ali & Richard Silberstein & John Byrne & Geoff Hodgson	Environ Monit Assess (2013) 185:9619–9637 DOI 10.1007/s10661-013-3278-0	Studi penelitian ini mengkaji pengaruh aliran drainase di empat sungai di Australia dimana peningkatan kadar ion logam, EC (konduktivitas listrik) dan PH sangat mempengaruhi sungaisungai di lokasi penelitian	Penggelontoran dari drainase-drainase ke sungai akan menurunkan kadar PH tetapi akan menambah EC.
6	2014	Petunjuk Teknis Standar Pelayanan Minimal Bidang Pekerjaan Umum Dan Penataan Ruang		LAMPIRAN II PERATURAN MENTERI PEKERJAAN UMUM NOMOR : 01/PRT/M/2014 TANGGAL : 24 Februari 2014	Acuan dalam menentukan indeks layanan irigasi	Penilaian kinerja jaringan irigasi

No	Tahun	Judul	Penulis	Penerbit	Pokok Bahasan	Output Bahasan
7	2014	An integrated methodology to assess future water resources under land use and climate change: an application to the Tahadart drainage basin (Morocco)	M. ntonellini, T. Dentinho, A. Khattabi, E. Masson, P. N. Mollema, V. Silva, P. Silveira	Environ Earth Sci (2014) 71:1839–1853 DOI 10.1007/s12665-013-2587-5	Metodologi yang terpadu didalam pengelolaan sumber daya air di masa mendatang yang memperhitungkan faktor pendekatan sosio ekonomi selain faktor faktor hidrologi itu sendiri sebagai suatu sistem yang terintegrasi didalam pengembangan suatu Daerah Aliran Sungai	Penurunan kapasitas air di beberapa tempat di Tahadart dipengaruhi oleh makin defisitnya kandungan ketersediaan airnya. Pendekatan sosial ekonomi dipadukan dengan teknik pengelolaan air menjadi solusi atas makin menurunnya kapasitas maupun kualitas air di tempat tersebut.
8	2014	Metode Perkiraan Perubahan (Degradasi) Sungai dengan Menggunakan Indeks Keamanan dan Kesehatan Sungai (Studi Kasus Sungai Cikapundung)	Suci Wulandari	Masters thesis, UPT. Perpustakaan Institut Teknologi Bandung	Penelitian ini merumuskan indeks keamanan sungai, indeks beban sungai dan indeks kesehatan sungai.	Indeks keamanan sungai, indeks beban sungai dan indeks kesehatan sungai.
9	2015	Pemetaan Indeks Kerusakan Sistem Drainase Kanal Banjir	Mefri, hengky. N	Masters thesis, UPT. Perpustakaan Universitas Andalas	Penyusunan database saluran drainase dan indeks kerusakan di Kota Padang akibat terganggunya aliran pada sistem drainase berdasarkan kondisi umum teknis saluran. Belum mencakup aspek non-teknis	Peta indeks yang diperoleh ini memperlihatkan adanya hubungan antara kerusakan jaringan drainase dengan genangan yang terjadi seperti ditunjukkan oleh peta genangan dari Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Padang tahun 2010

No	Tahun	Judul	Penulis	Penerbit	Pokok Bahasan	Output Bahasan
10	2016	Prioritas Perbaikan Saluran Drainase Dengan Metode <i>Analytic Network Process</i> (ANP) Di Kelurahan Kadipiro Bagian Barat	Mamok Suprpto, Suyanto, Edwin Prasetya	e-Jurnal Matriks Teknik Sipil	Tahapan penentuan skala prioritas perbaikan saluran drainase yang efektif untuk mencegah terjadinya genangan	Urutan prioritas perbaikan saluran drainase yang efektif untuk mencegah terjadinya genangan

Sumber: Hasil analisis penelitian



BAB 3

KERANGKA KONSEP PENELITIAN

3.1 Cara Penetapan Tingkat Kinerja Layanan Sebelumnya

Penilaian tingkat layanan infrastruktur Sumber Daya Air penting artinya guna mengetahui kegiatan yang harus dilakukan terhadap infrastruktur tersebut, termasuk kegiatan pemeliharaan. Selama ini belum ada cara atau rumusan yang digunakan untuk menilai tingkat layanan atau kinerja suatu bangunan Sumber Daya Air, terutama untuk infrastruktur sungai dan drainase perkotaan. Cara atau rumusan yang dipakai tidak berdasarkan kajian *scientific*, dan untuk keperluan memperoleh nilai tingkat layanan selama ini hanya berdasarkan perkiraan atau kesepakatan para pemangku kepentingan. Perkiraan atau kesepakatan tersebut hanya didasarkan pada aspek teknis semata. Sehingga nilai yang didapat belum dapat menggambarkan nilai yang sebenarnya sesuai kondisi yang ada.

3.2 Landasan Teoritis Penetapan Parameter Indeks Layanan Jaringan Drainase

Andayani & Yuwono, 2012 dalam penelitian untuk menentukan skala prioritas penanganan drainase perkotaan mengindikasikan faktor – faktor yang memberikan kontribusi signifikan pada tingkat layanan drainase perkotaan berdasarkan survei. Ada 6 (enam) variabel tingkat pertama dan 11 (sebelas) variabel tingkat kedua serta 45 variabel yang di survei. Dari jumlah tersebut tidak dipisahkan aspek teknis dengan aspek non-teknis. Baik variabel maupun variabel ada yang saling terkait, mirip atau kurang berbeda, kurang pengaruhnya terhadap tingkat layanan drainase. Selain itu kualitas air non-sampah padat dan gangguan alam kurang relevan untuk dipakai sebagai faktor penyebab penurunan kondisi tingkat layanan jaringan drainase perkotaan mengingat gangguan alam harus jelas terjadinya.

Dari referensi-referensi termasuk jurnal dapat dikumpulkan beberapa parameter yang mendukung dan berpengaruh dominan terhadap kondisi layanan prasarana Sumber Daya Air untuk dipakai sebagai landasan penetapan variabel indeks layanan jaringan drainase adalah sebagai berikut:

3.2.1. Aspek Teknis

- Tutupan Lahan

Perubahan fungsi kawasan sungai hulu Daerah Aliran Sungai (DAS) sebesar 15% mengakibatkan keseimbangan sungai drainase mulai terganggu. Gangguan ini berkontribusi kenaikan kuantitas debit aliran dan kuantitas sedimentasi pada

sungai/drainase (Bledsoe, 1999). Dengan demikian maka laju perubahan lahan dapat dikategorikan sebagai variabel yang dapat mempengaruhi kondisi jaringan drainase.

- **Kondisi Saluran**

Menurut Kodoatie R.J. dan Sjarief R.,(2005) sampah terutama sampah domestik banyak menumpuk di saluran sehingga mengakibatkan pengurangan kapasitas dan penyumbatan saluran. Sistem drainase sering tidak berfungsi optimal akibat adanya pembangunan infrastruktur lainnya yang tidak terpadu dan tidak melihat keberadaan sistem drainase.

- **Kapasitas Saluran**

Evaluasi kapasitas saluran drainase eksisting merupakan suatu analisis kapasitas saluran drainase yang bertujuan untuk mengetahui kemampuan saluran dalam menampung debit banjir rancangan. Apabila saluran tidak mampu menampung debit banjir rancangan maka dapat terjadi genangan (Alfredi CB Hst dan Terunajaya, 2014). Ketidakmampuan saluran mengalirkan debit banjir sesuai rancangannya menandakan adanya penurunan tingkat layanan.

- **Kerapatan Drainase**

Jaringan drainase dapat menunjukkan kerapatan aliran suatu DAS. Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu daerah pengaliran. Kerapatan jaringan sungai merupakan perluasan dari fungsi besarnya kapasitas infiltrasi dan erosi (Horton, 1945).

- **Kondisi Bangunan Pelengkap**

Berfungsinya bangunan drainase dan pelengkap sesuai dengan kegunaannya, maka sangat mempengaruhi kinerja sistem jaringan drainase karena semakin tinggi kerusakan bangunan pelengkap dapat mempengaruhi kelancaran fungsi dari bangunan tersebut dan dapat menurunkan kinerja drainase (Suryanti, Irmadkk., 2013).

- **Laju Perubahan Tata Guna Lahan**

Umumnya di kota-kota besar akibat peningkatan jumlah penduduk dan pemukiman meningkat kecenderungan kapasitas saluran drainase menurun akibat perubahan tata guna lahan(Kodoatie, R.J. & Sjarief R., 2005).

- **Luas Genangan (%), Tinggi Genangan (m) dan Durasi Genangan (m)**

Beberapa wilayah di kota Surabaya masih mengalami genangan ketika hujan turun. Genangan yang terjadi di jalan berakibat pada gangguan mobilisasi penduduk. Pembangunan infrastruktur drainase bertujuan mengatasi genangan yang sering

melanda kota Surabaya. Penanganan genangan ini perlu dievaluasi untuk mengetahui tingkat keberhasilan variabel yang digunakan. Keberhasilan prasarana drainase dapat dinilai dari berkurangnya luas, lama, dan tinggi genangan dengan mempertimbangkan curah hujan (Anita Rahmawati, 2015)

- **Usia Saluran**

Mengingat begitu pentingnya irigasi bagi pertanian maka perlu diadakan pengkajian tentang irigasi. Selain itu umurbangunan yang sudah tua mengakibatkan banyak kerusakan di sana sini sehingga kinerja jaringan menjadi berkurang, (Ramadhan, F dan Tarigan, A.P, 2013).

- **Sistem Drainase**

Air hujan yang jatuh di suatu daerah perlu dialirkan atau dibuang agar tidak terjadi genangan atau banjir dengan pembuatan saluran yang dapat menampung air hujan yang mengalir dipermukaan. Sistem saluran tersebut dialirkan ke sistem yang lebih besar meliputi sistem yang paling kecil juga dihubungkan dengan saluran rumah tangga (limbah) sehingga keseluruhan proses tersebut merupakan sistem drainase terpadu (Kodoatie, R.J. & Sjarief R., 2010).

- **Waktu Konsentrasi**

Waktu konsentrasi merupakan waktu yang diperlukan oleh titik air untuk mengalir dari tempat yang hidrolis terjauh di daerah alirannya ke suatu titik yang ditinjau (inlet), sehingga $t_d = t_c$, dengan pengertian pada saat itu seluruh daerah aliran memberikan kontribusi aliran di titik tersebut (Soemarto C.D., 1987)

3.2.2. **Aspek Non-Teknis**

- **Struktur dan Bentuk Organisasi**

Pengelolaan sistem drainase berkelanjutan tidak hanya terdapat pada masalah teknis saja tetapi juga pada masalah pengelolaan kelembagaannya. Dalam upaya membenahi sistem kelembagaan yang menangani masalah drainase di Kota Bandung diusulkan pembuatan suatu Pengelola yang beranggotakan masing-masing perwakilan dari instansi yang telah ada. Hal tersebut disarankan mengingat lembaga yang mengelola sistem drainase yang ada di Kota Bandung masih berdiri sendiri-sendiri sehingga untuk menangani masalah sistem drainasenya belum terorganisir dengan baik. Diharapkan dengan adanya badan tersebut, koordinasi antar lembaga menjadi lebih baik dan instansi-instansi yang terkait dapat menjalankan tugas dan fungsinya dengan lebih baik (Purwanti dkk, 2016).

- **Keterlibatan Masyarakat dan Swasta**

Peran masyarakat dan swasta dalam Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan dapat dilakukan pada setiap tahapan, mulai dari perencanaan, pelaksanaan konstruksi, operasi dan pemeliharaan serta pemantauan dan evaluasi (Permen PU No.12 Tahun 2014).

- **Badan Pengawas**

Menteri dan Gubernur/ Bupati/ Walikota melaksanakan pengawasan terhadap seluruh tahapan Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan sesuai kewenangannya. Penyelenggara wajib menyiapkan sarana pengaduan masyarakat sebagai upaya untuk menjaga dan meningkatkan kinerja Penyelenggaraan Sistem Drainase Perkotaan (Permen PU No.12 Tahun 2014).

- **SOP**

Dalam Peraturan Menteri PU No.12 Tahun 2014 pada lampiran III menyebutkan bahwa “Perencanaan operasi drainase perkotaan harus mengikuti ketentuan SOP”.

- **Forum Masyarakat yang Ikut Terlibat**

Dalam pelaksanaan lebih lanjut, bentuk kelembagaan masyarakat diarahkan pada upaya pembentukan kelompok swadaya masyarakat (KSM) atau kelompok masyarakat (POKMAS), yang di dalamnya melibatkan kelompok orang yang sepakat untuk saling membantu dan bekerja sama membangun dan mengelola drainase lingkungan secara berkelanjutan (Buku 3 Petunjuk Pelaksanaan Penyusunan RKM Drainase Berbasis Masyarakat, 2013).

- **Masterplan**

Jurnal “Kriteria Desain Drainase Kawasan Permukiman Kota Berwawasan Lingkungan” menyebutkan bahwa: dalam merancang drainase kawasan atau drainase kota berwawasan lingkungan perlu diperhatikan masterplan drainase kawasan atau kota tercantum ketentuan-ketentuan penerapan drainase berwawasan lingkungan oleh pemerintah, swasta dan masyarakat (Sarbidi, 2014).

- **SDM**

Dalam merancang drainase kawasan atau drainase kota berwawasan lingkungan diperlukan dan didukung dengan:

- Lembaga pengelola dari unsur pemerintah pusat dan daerah, Dinas Sumber Daya Air, swasta dan masyarakat.
- SDM yang baik, prosedur operasi dan perawatan serta peralatan yang baik.

- Biaya konstruksi dan biaya OP dari APBN, APBD, CSR (swasta) dan masyarakat (Sarbidi, 2014).

Tingkat Pendidikan

Wawasan Masyarakat dipengaruhi oleh pengetahuan masyarakat tentang apa dan bagaimana dalam menyikapi kondisi drainase yang ada. Dari hasil pengolahan data, terdapat 134 responden atau 89,3% termasuk dalam kategori wawasan rendah, kategori sedang 15 responden atau 10%, dan kategori tinggi 1 responden atau 0,7% memperlihatkan bahwa tingkat wawasan masyarakat tentang drainase di Kelurahan Keuramat masih rendah, yaitu mencapai 89,3% dari total responden. Hal ini tergambar juga dari hampir 100% masyarakat yang menjawab pertanyaan penyebab terjadinya banjir genangan adalah karena dimensi saluran kurang lebar dan pemeliharaan saluran ahnya menjadi tanggung jawab pemerintah. Responden juga memberi informasi bahwa pemerintah masih kurang melakukan sosialisasi, diskusi, tukar pikiran dan memberi pembelajaran tentang apa dan bagaimana drainase kepada masyarakat. Hal ini dapat menjadi penyebab mengapa wawasan masyarakat tentang drainase perkotaan masih rendah (BC., Alfiansyah Yulianur dan Agussabti, A., 2016)

Upaya Penegakan Hukum dan Monitoring terhadap Undang-Undang

Dalam merancang drainase kawasan atau drainase kota berwawasan lingkungan perlu diperhatikan kebijakan Pemerintah Kota tentang keharusan penerapan drainase kawasan dan kota berwawasan lingkungan, dan dituangkan dalam Perda RTRW Kota atau peraturan lainnya (Sarbidi, 2014).

Kondisi Sempadan

Melihat dari aktifitas dan kesadaran warga seperti yang telah disebutkan serta pengaruh langsung terhadap kualitas air Sungai Winongo, tidak ada alasan untuk tidak menjagakelestarian dan kebersihan sungai ini. Namun, tidak begitu pada warga yang bermukim tepat di pinggir sungai, kesadaran warga pada daerah tersebut harus terus ditingkatkan, mengingat apapun kegiatan warga yang dilakukan di sempadan sungai akan berdampak langsung dan nyata pada kualitas air sungainya (Purwanti dkk., 2016).

Kegiatan Ekonomi

Permukiman padat penduduk, di wilayah tersebut juga terdapat industri rumahan tahu dan peternakan. Sikap warga yang kurang baik dalam menjaga kebersihan sungai pada lokasi 2 ini juga dapat terlihat dengan adanya tumpukan sampah yang

memanjang di pinggir Sungai Winongo. Di permukiman yang ada di sekitar sungai Kelurahan Tegalrejo, Kota Yogyakarta, terdapat kurang lebih 5 (lima) industri tahu rumahan. Dari hasil wawancara, industri ini tidak melakukan pengolahan pada limbah yang dihasilkan melainkan langsung dibuang ke badan sungai. Limbah industri tahu yang tidak diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke sungai akan menurunkan kualitas air sungai (Adack, J., 2013).

- Kerugian Akibat Timbul Genangan

Besarnya kerugian akibat genangan sangat tergantung dari kondisi geografis wilayah dan pemanfaatan lahan atau jenis bangunan, karena akan berpengaruh terhadap luas wilayah yang tergenang dan aktivitas yang terganggu. Dengan adanya ketinggian genangan yang hampir mencapai 200 cm, maka sudah sangat mengganggu dan mengancam kehidupan masyarakat baik secara fisik maupun sosial, yang berdampak terhadap kerugian materiil. Kerugian materiil ini dapat diperhitungkan secara kumulatif dari hilangnya suatu nilai akibat kejadian, tambahan biaya yang harus dikeluarkan akibat kejadian serta hilangnya kesempatan akibat kejadian, baik saat banjir maupun pasca banjir. Kerugian pasca banjir tersebut sampai saat ini masih terasa dengan munculnya berbagai penyakit yang menimpa pada masyarakat seperti sesak nafas, diare, sakit kulit dan sebagainya (Lasino, 2002).

Oleh karena itu, berdasarkan pengalaman dan referensi dari jurnal maupun buku di atas maka dalam penelitian model indeks tingkat layanan drainase perkotaan ini dipakai variabel yang langsung berpengaruh terhadap tujuan dari penelitian ini dan membagi variabel kedalam aspek teknis dan aspek non-teknis. Dengan menggabungkan variabel yang relatif sama dan pengelompokkan serta menghapus variabel yang tidak berpengaruh terhadap indeks tingkat layanan jaringan drainase perkotaan maka variabel-variabel dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

Tabel 3.1 Parameter Indeks Layanan Jaringan Drainase

Parameter	
NO	Variabel
A. Aspek Teknis	
1	Kapasitas Sistem
	- Kapasitas saluran (m^3/dtk)
	- Usia saluran (tahun)
	- Kondisi saluran (% rusak)

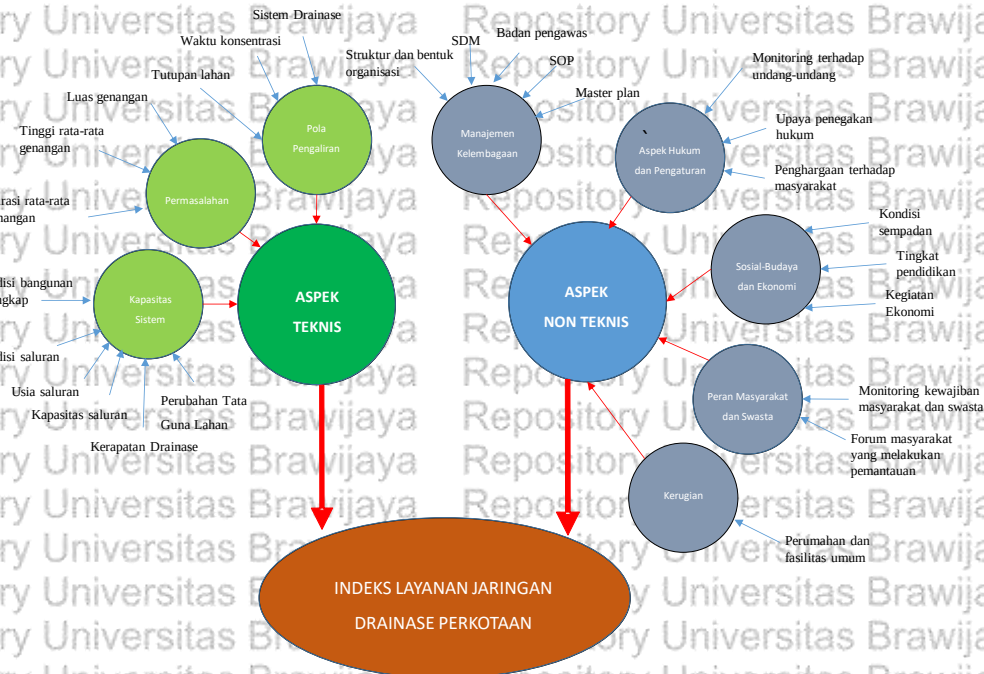
		- Kondisi bangunan pelengkap (m^3/dtk)
		- Kerapatan drainase (km/km^2)
		- Laju perubahan tata guna lahan (%/tahun)
2	Pola Pengaliran	- Waktu konsentrasi (menit)
		- Tutupan lahan (% urban)
		- Sistem drainase(gabungan)
3	Permasalahan Genangan	- Luas genangan (%)
		- Tinggi genangan (m)
		- Durasi rata – rata genangan (jam)
B. Aspek Non-Teknis		
1	Manajemen Kelembagaan	- Struktur dan bentuk organisasi
		- SDM
		- Badan pengawas
		- SOP
		- <i>Master plan</i>
2	Peran Masyarakat dan Swasta	- Forum masyarakat yang ikut terlibat
		- Keterlibatan masyarakat dan swasta
3	Aspek Hukum dan Pengaturan	- Monitoring terhadap undang-undang
		- Upaya penegakan hukum
		- Penghargaan terhadap masyarakat
4	Sosial dan Ekonomi	- Kondisi sempadan
		- Tingkat pendidikan
		- Kegiatan ekonomi
5	Kerugian	- Kerugian akibat timbul genangan

Sumber : Hasil pengolahan data dan pengalaman

Parameter – parameter hasil pengolahan data dan pengalaman tersebut diatas dianggap telah meng-cover seluruh faktor – faktor yang berpengaruh terhadap tingkat layanan jaringan drainase perkotaan baik internal maupun eksternal dan langsung maupun tidak langsung, sehingga dapat dipakai sebagai landasan teoritis parameter indeks.

3.3 Konsep Penelitian Saat ini

Penelitian dilakukan secara ilmiah (*scientific*), memakai alat bantu model persamaan linier terhadap aspek teknis dan aspek non teknis yang masing-masing mempunyai variabel yang tidak dapat diukur secara langsung (*unobserved variabel*).



Gambar 3.1 Kerangka Konsep Penelitian

Sumber: Hasil analisis penelitian

Kerangka konsep penelitian seperti ditampilkan pada Gambar 3.1. Penentuan indeks layanan jaringan drainase perkotaan ditentukan berdasarkan aspek teknis dan aspek non-teknis. Masing-masing aspek akan ditunjang dengan berbagai kajian yang sesuai.

3.3.1 Aspek Teknis

Aspek teknis yang akan dinilai adalah:

1. Kapasitas sistem: penilaian dilakukan terhadap kondisi bangunan air dan saluran yang ada di dalam sistem. Kondisi hidraulik akan berpengaruh terhadap kapasitas suatu sistem drainase sesuai dengan disain yang telah dibuat
2. Permasalahan genangan: penilaian dilakukan terhadap skala genangan, baik dari luasan ataupun tinggi dan durasi, yang terjadi di lokasi. Permasalahan yang terjadi di lokasi akan memberikan gambaran terhadap layanan drainase dari suatu sistem.

3. Pola Pengaliran: penilaian dilakukan terhadap parameter pengaliran yang berpengaruh terhadap hidrograf untuk sistem drainase yang ditinjau. Parameter pengaliran yang ditinjau antara lain tutupan lahan dan waktu pengaliran.

3.3.2 Aspek Non Teknis

Aspek non teknis yang akan dinilai adalah

1. Manajemen dan kelembagaan: Adanya suatu kelembagaan yang aktif dengan dukungan SDM yang memadai akan memberikan dukungan terhadap layanan sistem drainase.
2. Peran masyarakat dan swasta: Masyarakat dan swasta dapat turut berperan aktif dalam menjaga dan meningkatkan layanan drainase dengan membentuk forum *independen* yang dapat membantu lembaga resmi dalam meningkatkan layanan drainase.
3. Aspek hukum dan pengaturan: Adanya penegakan hukum dan peraturan yang jelas dan ditaati akan meningkatkan dan memelihara layanan drainase.
4. Sosial budaya dan ekonomi: Kondisi sosial budaya Indonesia akan mempunyai pengaruh terhadap layanan drainase. Sebagai contoh, permasalahan sampah, rumah liar, merupakan permasalahan drainase yang umumnya timbul dari faktor sosial budaya dan ekonomi.
5. Kerugian akibat genangan: Genangan yang ditimbulkan akan memberikan kerugian yang berbeda, tergantung dari lokasi terjadinya genangan. Layanan drainase yang baik akan meminimalkan kerugian akibat genangan di suatu daerah yang pada gilirannya akan memberikan umpan balik terhadap kinerja jaringan drainase.

3.3.3 Penentuan Indeks Layanan Drainase

Masing masing aspek, variabel dan variabel atau parameter-parameter turunannya akan dinilai sesuai kondisi di masing masing lokasi studi. Hubungan antar aspek dan parameter akan dikaji secara linier dengan persamaan $y = ax_1 + bx_2 + cx_3 + \dots$ dan seterusnya. Parameter yang kurang berpengaruh terhadap indeks layanan drainase akan memiliki koefisien gradien yang bernilai kecil. Dan sebaliknya, parameter yang berpengaruh akan memiliki koefisien gradien yang bernilai lebih besar.

Data-data dianalisis (validasi) kemudian dilakukan rekapitulasi untuk masing-masing aspek, variabel dan variabel. Namun dimensi masing-masing variabel masih berbeda-beda, maka untuk menyamakan dimensi digunakan sistem skor. Sedangkan skor sendiri

diperoleh dari hasil referensi dan survei pendapat para pakar yang merupakan data primer dari kuisioner.



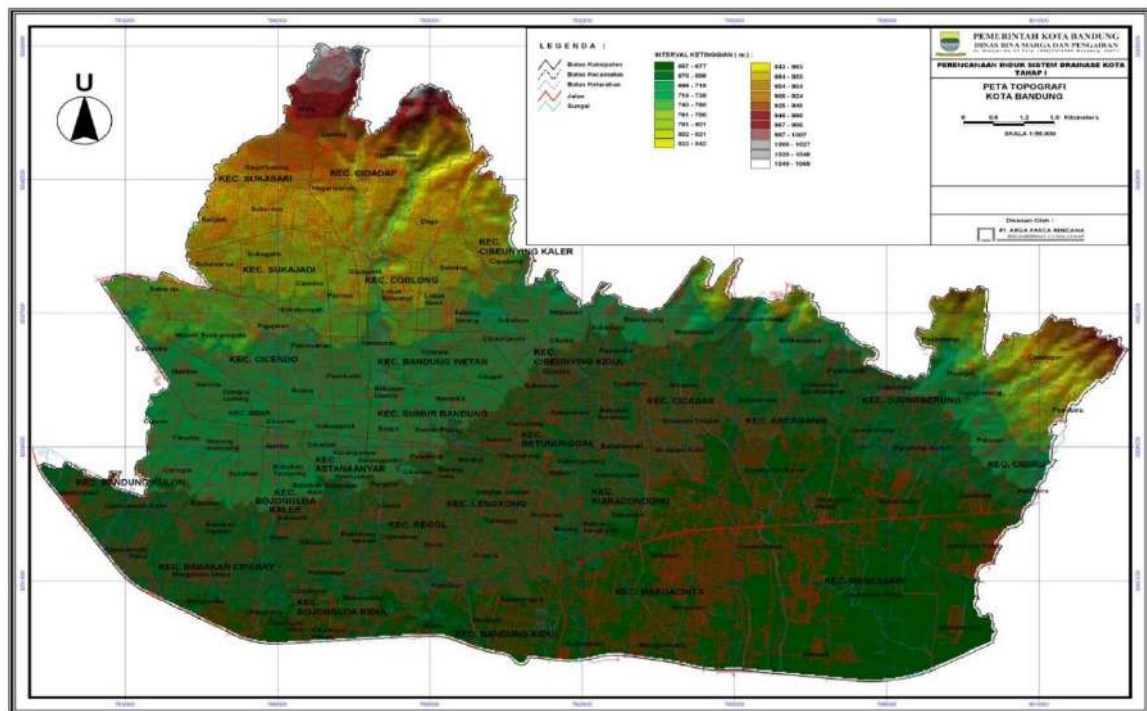
BAB 4

METODE PENELITIAN

4.1 Lokasi Studi

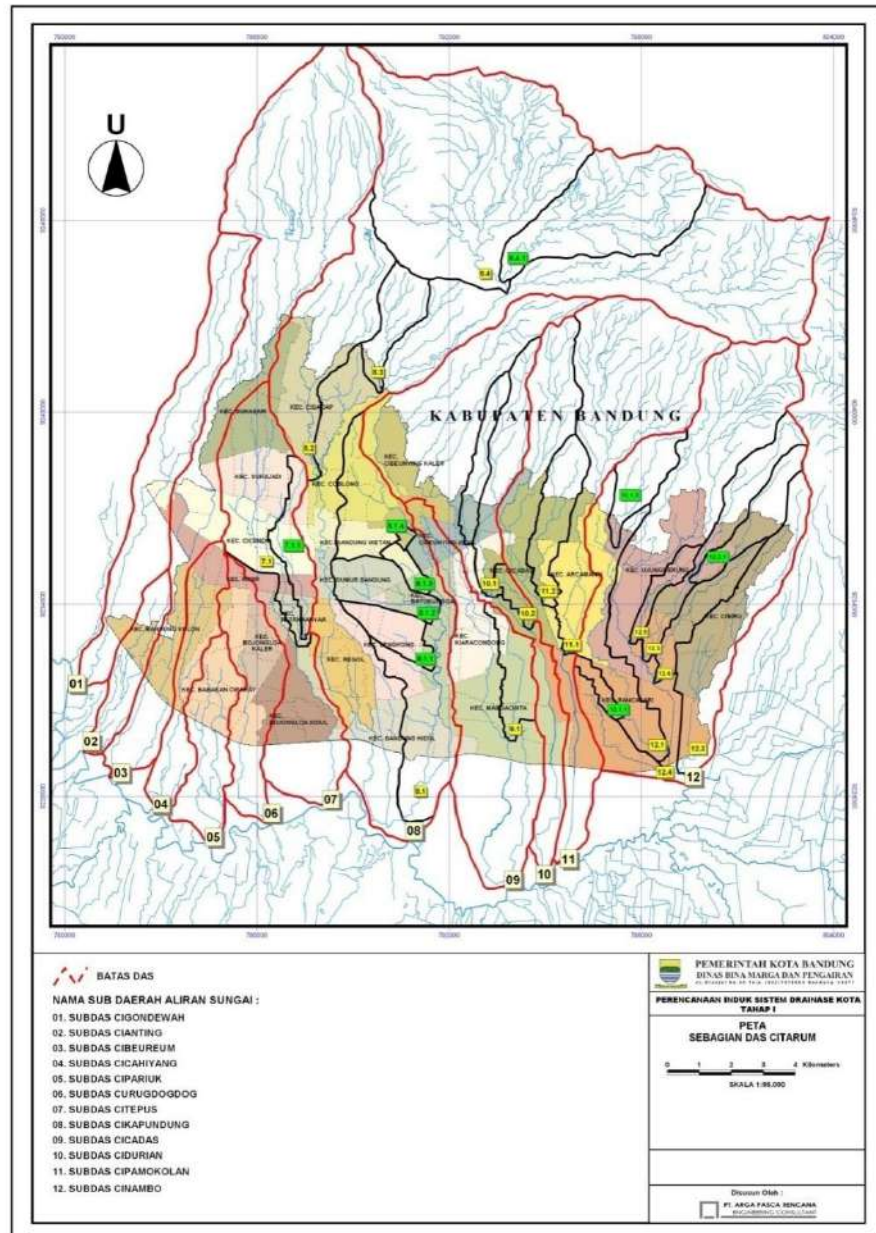
4.1.1 Kota Bandung

Kota Bandung secara topografis mempunyai bentuk dataran tinggi dan rendah pada wilayah Cekungan Bandung, dengan memiliki kemiringan berkisar antara 0% - 30%. Berdasarkan ketinggiannya, wilayah studi merupakan dataran tinggi dengan ketinggian 791 m di atas permukaan laut. Pada dasarnya kemiringan lereng di Kota Bandung dapat dikatakan terbagi dua (2), yaitu wilayah dengan kemiringan yang relatif terjal dibagian Utara dengan ketinggian 1.050 m di atas permukaan laut dan wilayah dengan kemiringan yang landai dibagian Selatan dengan ketinggian 675 m di atas permukaan laut.



Gambar 4.1 Peta Topografi Kota Bandung
(Sumber: BBWS Citarum)

Dengan demikian, Pola aliran drainase di wilayah Kota Bandung dapat dikatakan terbagi ke dalam 2 (dua) pola aliran, yaitu untuk kawasan dengan kemiringan yang curam di sebelah Utara dan kawasan dengan kemiringan yang landai/sangat landai di Selatan. Sebagai akibat dari kondisi tersebut sering di atas terjadi penumpukan air hujan di wilayah Selatan Bandung akibat berubahnya kecepatan aliran, dari yang sangat deras menjadi lambat sehingga terjadi stagnasi air sebelum masuk ke badan air penerima Sungai Citarum.



Gambar 4.2 Skema Sungai/Anak Sungai Kota Bandung
 (Sumber: BBWS Citarum)

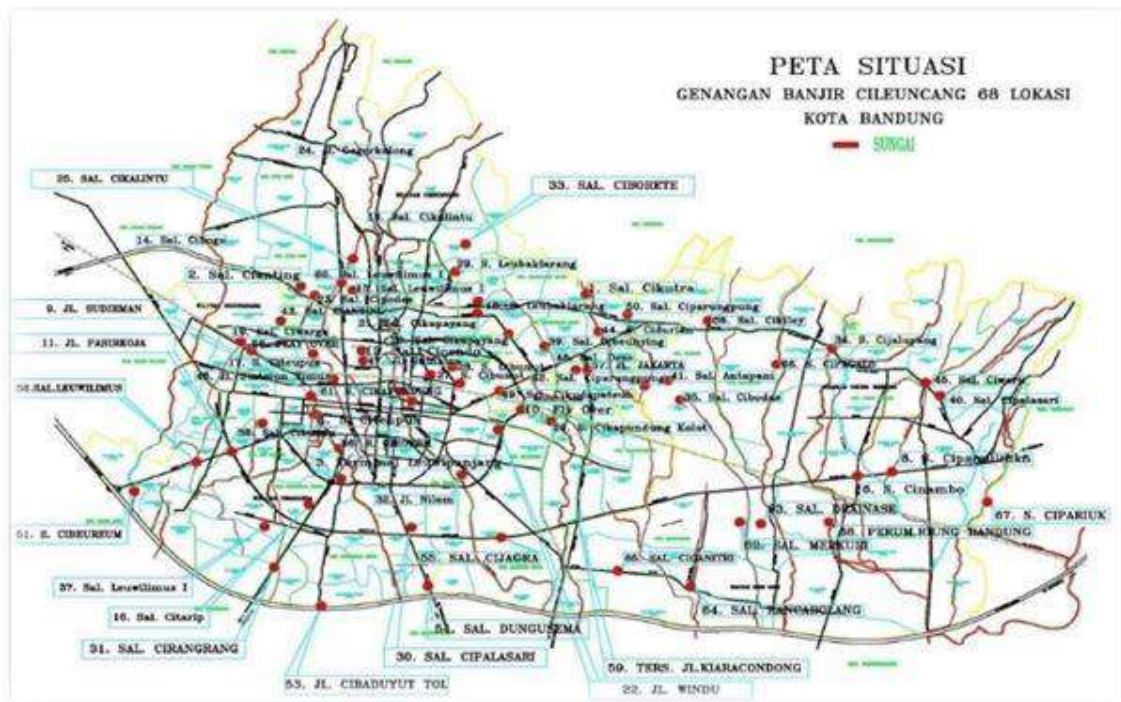
Hal ini semakin terasa setelah dibangunnya jalan tol Padaleunyi yang sedikit banyak menjadi penyebab terhalangnya aliran air hujan ke arah Citarum ditambah lagi dengan gorong-gorong yang dibuat melintasi jalan tol, di beberapa ruas kurang mampu menampung kapasitas aliran air hujan pada saat hujan besar. Daerah yang berpotensi terjadi stagnasi air tersebut adalah daerah yang mempunyai ketinggian kurang dari 661 meter d.p.l. Sedangkan perubahan kemiringan lahan dan terjal menjadi landai terjadi pada daerah dengan ketinggian sekitar 700 meter d.p.l., membentang dari arah Barat-Timur seolah-olah membelah Kota Bandung.

Banyak terdapat sungai dan anak sungai yang mengalir melalui Kota Bandung, baik yang mempunyai daerah tangkapan air lokal/terbatas maupun daerah tangkapan yang lebih luas yang melewati batas-batas administratif.

Hampir seluruh sungai/anak sungai ini mempunyai arah aliran Utara-Selatan, serta hampir selalu mempunyai aliran air sepanjang tahun. Umumnya sungai - sungai di perkotaan dengan datangnya musim kemarau debitnya sangat kecil, begitu pula kualitas airnya sangat jelek, kotor dan bau di samping itu pula keadaan fisiknya sendiri sangat memprihatinkan, antara lain:

- Sungai menjadi sempit di sebabkan banyaknya bangunan liar yang menempati hampir sepanjang sungai;
- Sungai menjadi dangkal di sebabkan terjadinya erosi dan sedimentasi yang berlebihan akibat kawasan konservasi sebagai daerah tangkapan air sudah rusak;
- Sungai menjadi kotor dan bau penuh dengan sampan, di sebabkan kesadaran masyarakat terhadap lingkungan sangat rendah yang mana selama ini menganggap bahwa sungai itu tempat pembuangan.

Wilayah yang mengalami genangan dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Dengan berbagai permasalahan yang ada, sistem drainase Kota Bandung sangat perlu untuk segera dibenahi. Akan tetapi, sebagaimana yang telah diuraikan diatas, permasalahan terjadi di berbagai lokasi dengan masalah yang juga berbeda-beda. Penanganan memerlukan penentuan prioritas, terutama jika dana yang tersedia terbatas. Namun, hingga saat ini belum ada acuan yang dapat digunakan untuk menentukan prioritas penanganan drainase. Karenanya, perlu dikembangkan indeks layanan drainase perkotaan yang dapat membantuk menentukan prioritas.



Gambar 4.3 Peta Lokasi Genangan di Wilayah Kota Bandung
(Sumber: BBWS Citarum)

Penelitian ini akan difokuskan pada DAS Citepus karena memiliki permasalahan yang cukup kompleks, diantaranya drainase yang kurang baik, perubahan tata guna lahan, sampah, erosi dan sedimentasi, serta perilaku masyarakat terhadap lingkungan. Selain itu, DAS Citepus merupakan gerbang masuk menuju Kota Bandung.

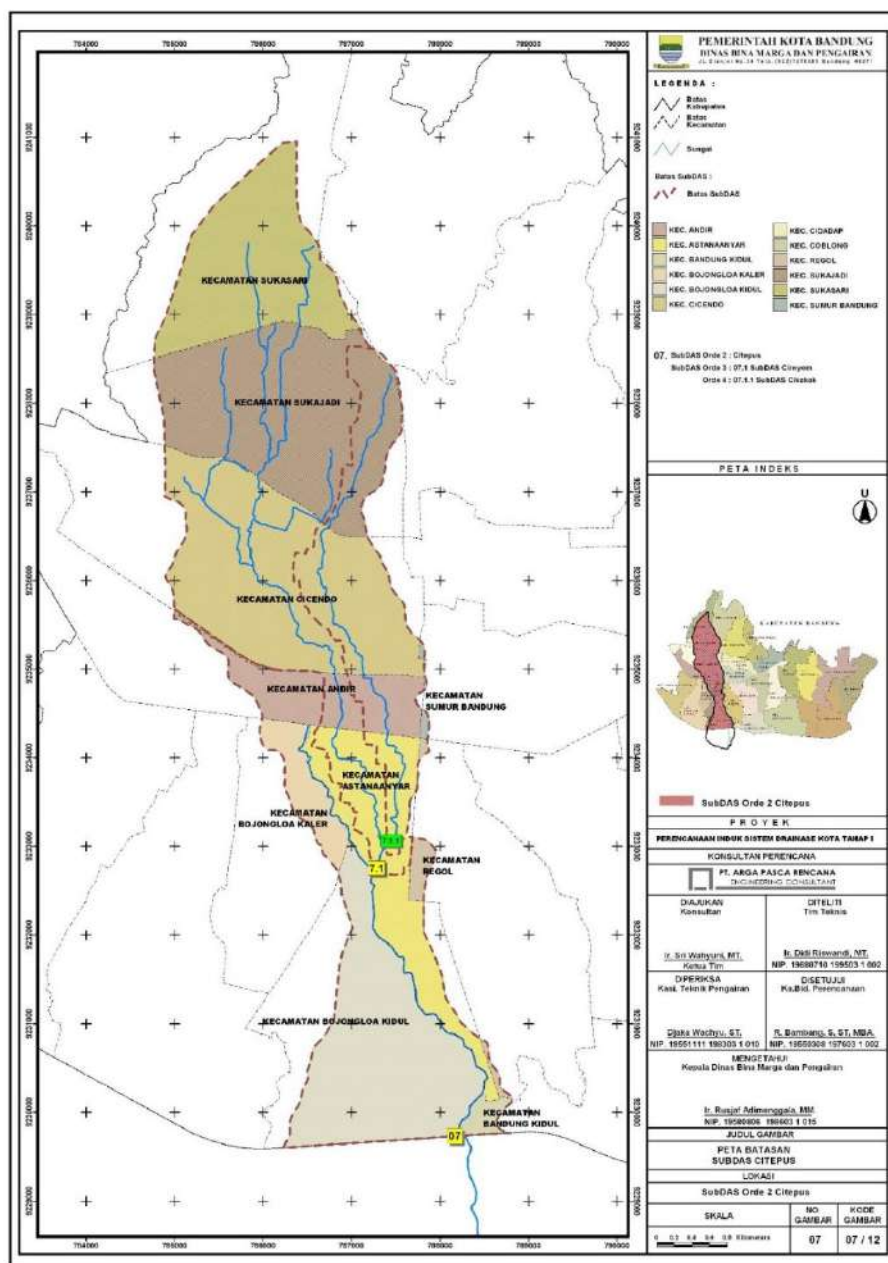
Salah satu fenomena yang terjadi baru-baru ini dan menjadi salah satu prioritas untuk segera ditanggulangi adalah banjir besar yang terjadi di Kawasan Pasterur dan Pagarsih. Curah hujan yang tinggi dan kondisi drainase yang buruk, ditambah dengan perilaku masyarakat terhadap lingkungan dengan membuang sampah sembarangan, serta berkurangnya daerah resapan akibat perubahan tutupan lahan, mengakibatkan kerugian yang terjadi akibat banjir di kawasan padat penduduk tersebut semakin besar.

4.1.2 DAS Citepus

4.1.2.1 Kondisi Tata Wilayah

Daerah Aliran Sungai Citepus merupakan wilayah yang terbagi dalam kebijakan tata ruang sub wilayah pengembangan Bojonagara, sub wilayah pengembangan Tegalega, sub wilayah pengembangan Karees, dan sub wilayah pengembangan Cibeunying (Rencana

1. Sub Wilayah Pengembangan Bojonagara,
2. Sub Wilayah Pengembangan Cibeunying,
3. Sub Wilayah Pengembangan Tegallega,
4. Sub Wilayah Pengembangan Karees.

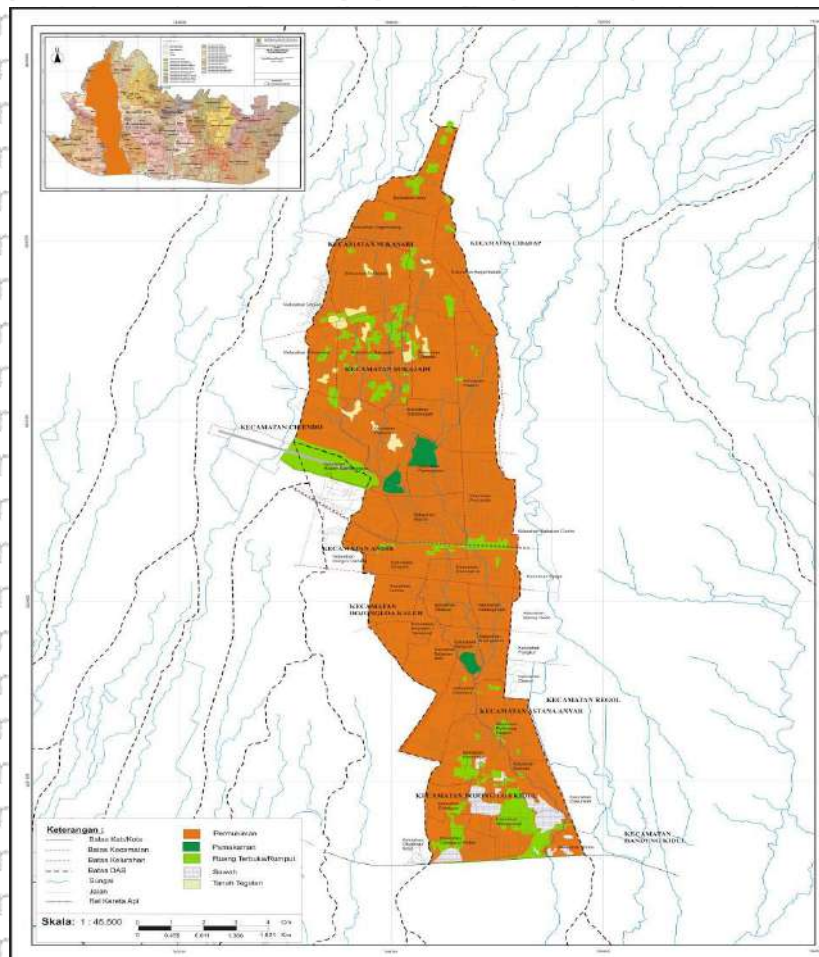


(Sumber: BBWS Citarum)

Tata guna lahan di wilayah Sub-DAS Citepus meliputi lahan permukiman, perdagangan dan jasa, pemakaman, dan industri. Namun penggunaan antara perdagangan jasa dan permukiman tidak dapat dijelaskan batasannya karena kawasan perdagangan jasa juga berfungsi sebagai permukiman. Adapun persentase dan peta tata guna lahan sub-DAS Citepus disajikan pada tabel dan peta berikut.

Tabel 4.1 Tata Guna Lahan di Sub-DAS Citepus

No.	Penggunaan Lahan	Luas Lahan (Ha)	Persentase (%)
1.	Permukiman	1.771,15	76,01
2.	Pemukaman	18,38	0,79
3.	Ruang terbuka/rumput	159,05	6,83
4.	Sawah	3,23	0,14
5.	Tegalan	5,59	0,24
6.	Jalan dan lainnya	372,65	15,99
Jumlah		2.330,05	100
Sumber : Perencanaan Induk Sistem Drainase Kota Tahap I, 2009 dan Hasil Analisis, 2010			

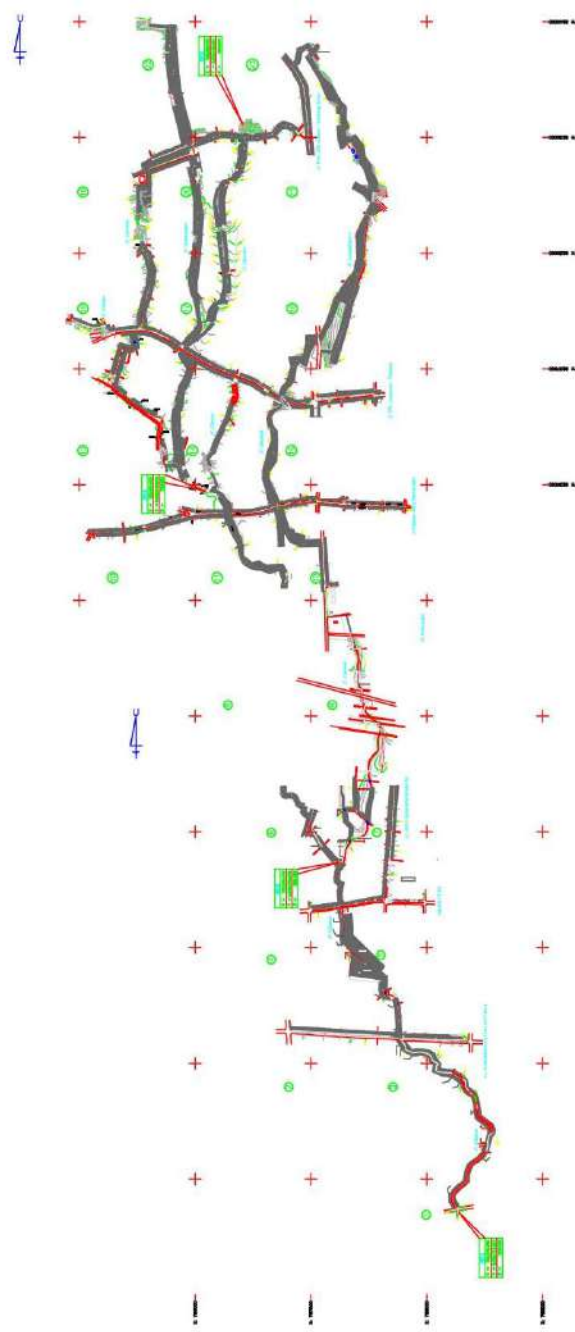


Gambar 4.5 Tata Guna Lahan di Sub-DAS Citepus

Sumber : Perencanaan Induk Sistem Drainase Kota Tahap I, 2009 dan Hasil Analisis, 2010

4.1.2.2 Kondisi Topografi

DAS Citepus berada pada posisi $7^{\circ} 52' 15'' - 7^{\circ} 57' 50''$ Lintang Selatan dan $107^{\circ} 34' 15'' - 107^{\circ} 36' 45''$ Bujur Timur. Wilayah ini secara topografis mempunyai bentuk dataran tinggi dan rendah pada wilayah Cekungan Bandung yang memiliki kemiringan berkisar antara 0 – 30%, dengan ketinggian 660 – 860 m di atas permukaan laut.



Gambar 4.6 Peta Topografi Sub-DAS Citepus
Sumber: BBWS Citurum

4.1.2.3 Kondisi Hidrologi

Stasiun pengamatan hujan dan iklim yang berada di kawasan sub-DAS Citepus adalah Stasiun Bandung (Cemara) dan Stasiun Husein Sastranegara. Berdasarkan data klimatologi yang diperoleh dari Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tersebut, wilayah studi mempunyai curah hujan rata-rata / tahun 1500 – 2500 mm (di sekitar dataran Sungai Citarum) sedangkan untuk daerah pegunungan yang berada di sekitar wilayah studi memiliki curah hujan berkisar antara 2500 – 3000 mm. Iklim Kota Bandung dipengaruhi oleh iklim pegunungan yang lembab dan sejuk. Temperatur rata-rata 23,6 0C, curah hujan rata-rata 156,4 mm, dan jumlah hari hujan rata-rata 15 hari per bulannya. Adapun catatan cuaca Kota Bandung disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.2 Cuaca Kota Bandung

Cuaca untuk kota Bandung													
Bulan	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nov	Des	Tahun
Rata-rata tinggi °F (°C)	85 (29.3)	82 (27.7)	83 (28.6)	85 (29.5)	85 (29.7)	86 (29.8)	86 (30.0)	86 (29.9)	85 (29.7)	85 (29.4)	85 (29.2)	82 (28.0)	85 (29,2)
Rata-rata rendah °F (°C)	75 (23.9)	74 (23.3)	74 (23.4)	75 (24.1)	76 (24.2)	74 (23.5)	73 (22.9)	74 (23.4)	74 (23.6)	75 (23.7)	75 (23.7)	75 (23.7)	74 (23,6)
Hujan inci (mm)	0.8 (19.7)	0.8 (20.3)	0.8 (19.5)	0.8 (19.6)	0.8 (19.4)	0.7 (17.3)	0.7 (16.7)	0.7 (17.7)	0.7 (17.9)	0.7 (18.8)	0.8 (19.7)	0.8 (19.4)	6,2 (156,4)

Sumber : Stasiun Geofisika Bandung, 2009

Sedangkan curah hujan harian maksimum dari Tahun 1997 hingga Tahun 2010 disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.3 Curah Hujan Harian Maksimum

No.	Tahun	Stasiun Hujan	
		Bandung	Husein
1	1997	56	59.9
2	1998	75	108.2
3	1999	88	85
4	2000	96	191
5	2001	54	71
6	2002	74	100
7	2003	67	119
8	2004	73	75
9	2005	81	71
10	2006	94	108
11	2007	70	63
12	2008	67.8	72
13	2009	88.9	105
14	2010	122.9	*

Sumber : Stasiun Geofisika Bandung, *) Data belum tersedia

4.1.2.4 Jaringan Sungai

Jaringan sungai yang berada pada Sub-DAS Citepus terdiri dari sebuah sungai utama yang mengalir ke Sungai Citarum, yaitu Sungai Citepus dan beberapa anak sungai yang langsung bermuara ke Sungai Citepus. Anak-anak sungai tersebut adalah S. Cilimus, S. Cikakak, S. Cipedes, S. Sukamulya, S. Sukahaji, S. Cibogo, dan S. Ciroyom.

Panjang sungai Citepus kurang lebih 10,06 km yang mulai diukur dari jembatan Tol Purbaleunyi hingga pertemuan dengan sungai Cipedes dan sungai Sukamulya. Luas daerah tangkapan catchment area Sub-DAS Citepus adalah $\pm 2330,05$ ha, yang meliputi wilayah yang membentang dari daerah Ledeng di sebelah utara hingga perbatasan dengan Kabupaten Bandung di sebelah selatan. Adapun skema jaringan sungai Sub-Das Citepus disajikan pada gambar berikut.



Gambar 4.7 Jaringan di Sub-DAS Citepus

Sumber : Inventarisasi Saluran Drainase Sungai Sub-DAS Citepus, Kota Bandung, 2010

4.1.2.5 Skema Drainase

Berdasarkan fisiknya, sistem drainase terdiri atas saluran primer, sekunder, tersier dan seterusnya.

1. Sistem saluran primer :

Adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder. Dimensi saluran ini relatif besar. Akhir saluran primer adalah badan penerima air.

2. Sistem saluran sekunder :

Adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air dari permukaan sekitarnya, dan meneruskan air ke saluran primer. Dimensi saluran tergantung pada debit yang dialirkan.

3. Sistem saluran tersier :

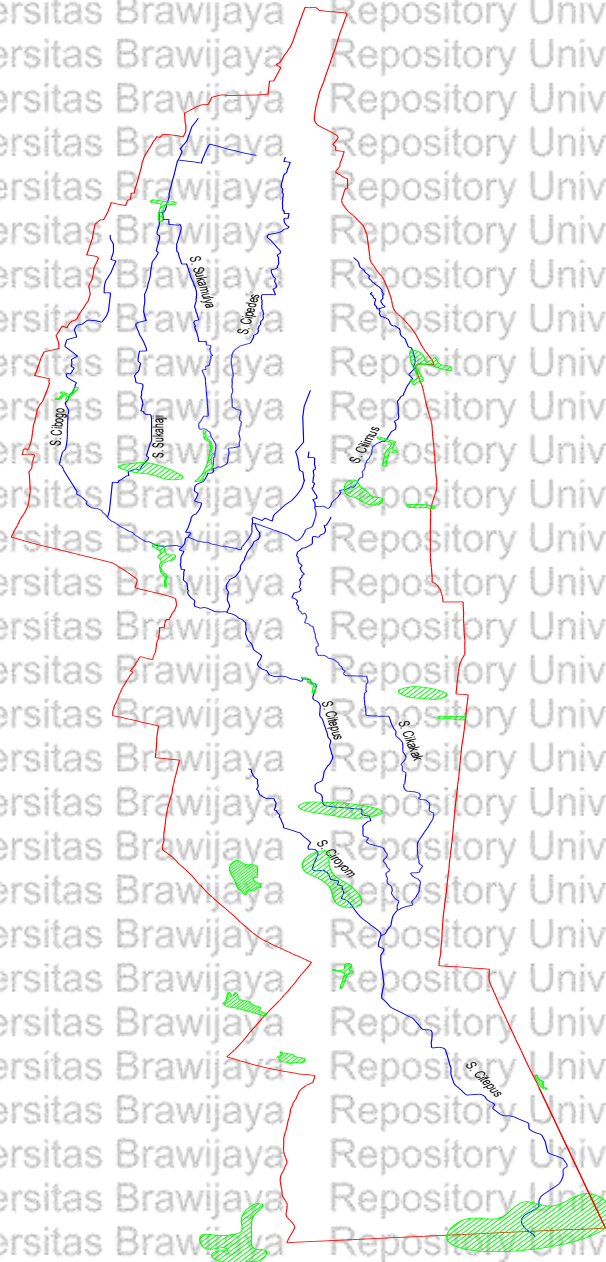
Adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

Adapun skema drainase DAS Citepus disajikan pada Gambar 4.8 berikut.

Gambar 4.8 Skema Jaringan Drainase Sub-DAS Citepus yang Akan Dikaji
Sumber: BBWS Citarum

4.1.2.6 Identifikasi Genangan Banjir

Dari hasil inventarisasi yang dilakukan oleh Bidang Perencanaan Drainase Dinas Bina Marga dan Pengairan Kota Bandung, paling tidak terdapat 21 titik genangan banjir yang terdapat di Sub-DAS Citepus. Lokasinya tersebar hampir merata di seluruh bagian mulai dari bagian hulu hingga bagian hilir Sub-DAS Citepus. Lokasi genangan yang terdapat pada Sub-DAS Citepus dapat dilihat pada gambar berikut :



Gambar 4.9 Lokasi Genangan di Sub-DAS Citepus

Sumber : Perencanaan Induk Sistem Drainase Kota Tahap I, 2009

Pada Oktober 2016 di Kelurahan Sukagalih banjir terjadi Jl. Babakan Jeruk III sampai Jl. Dr. Djundjuran, akibat luapan Sungai Cianting Jl. Dr. Djundjuran merupakan batas antara Kecamatan Sukajadi dan Kecamatan Cicendo. Ketinggian air banjir antara 50 – 75 cm, lamanya surut banjir sekitar 0,5 jam. Di Kelurahan Cipedes banjir terjadi di Jl. Sukagalih (depan kantor kelurahan), akibat limpasan air hujan dengan ketinggian sekitar 10 cm - 30 cm dengan lama genangan antara 10 menit - 3 menit. Di Kelurahan Sukabungah, banjir mengakibatkan terendamnya rumah (sekitar 15 KK) setinggi 1,5 – 2,0 meter dengan lama genangan sekitar 6 jam.

4.1.2.7 Kondisi Drainase

Bangunan drainase yang terdapat pada Sub-DAS Citepus sebagian besar merupakan bangunan persilangan, berupa jembatan dan gorong-gorong. Meskipun demikian masih terdapat bangunan irigasi berupa bendung dan bangunan terjun. Jumlah bangunan drainase yang terdapat di masing-masing ruas sungai yang terdapat di Sub-DAS Citepus disajikan pada tabel berikut.

Tabel 4.4 Jumlah dan Jenis Bangunan Drainase di Sub-DAS Citepus

Sungai	Jumlah Infrastruktur (buah)				
	Bendung	Jembatan besar	Jembatan Sedang	Jembatan Kecil	Gorong-gorong
S. Citepus	2	5	27	8	9
S. Ciroyom	0	2	5	7	5
S. Cikakak	0	3	9	13	7
S. Cilimus	0	2	6	22	12
S. Cipedes	0	0	5	3	8
S. Sukamulya	0	0	0	0	16
S. Sukahaji	0	0	2	0	27
S. Cibogo	0	0	3	6	14
Jumlah	2	12	57	59	98

Sumber : Inventarisasi Saluran Drainase Sub-DAS Citepus, Kota Bandung, 2010

Secara struktural kondisi bangunan persilangan cukup baik, tetapi ada beberapa gorong-gorong yang kurang berfungsi dengan baik. Tumpukan sedimen dan sampah yang menyangkut baik di bagian hilir dan hulu gorong-gorong menyebabkan aliran air menjadi tidak lancar. Selain itu dimensi gorong-gorong yang kurang besar juga menjadi penyebab terjadinya genangan banjir. Adapun kondisi drainase Sub-DAS Citepus disajikan pada gambar berikut.



Saluran Primer Cipedes Hilir



Saluran Primer Sarijadi



Saluran Primer Cibogo



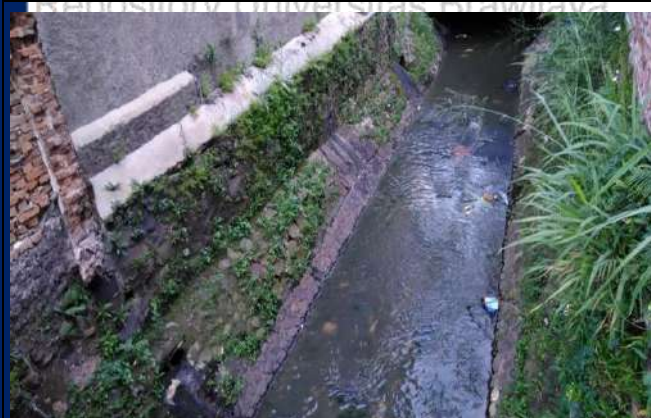
Saluran Primer Cilimus



Saluran Primer Arjuna



Saluran Primer Waringin



Saluran Primer Otista



Saluran Primer Muara



Saluran Primer Ciroyom



Saluran Primer Citepus



Saluran Primer Cikakak



Saluran Primer Supadio



Saluran Primer Kurdi



Saluran Primer Babakan Tarogong



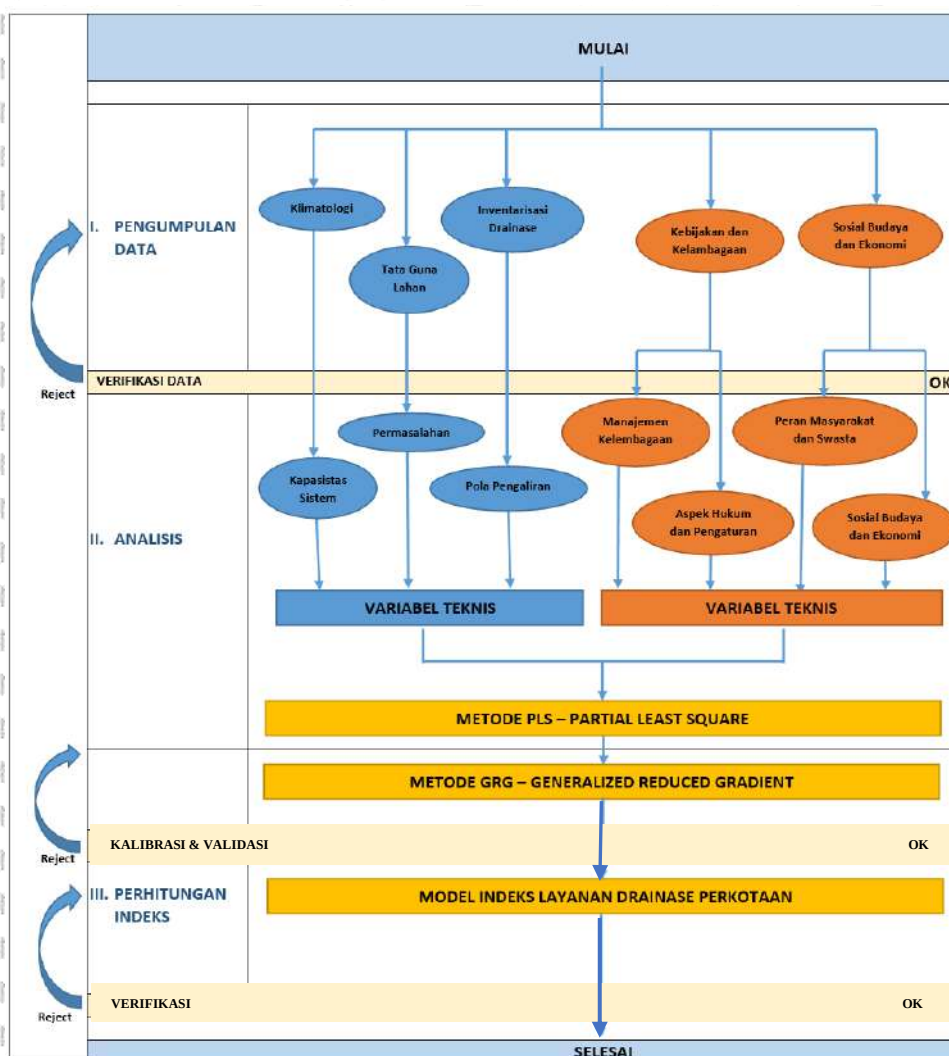
Saluran Primer Leuwisari



Saluran Primer Curug Candung

Gambar 4.10 Kondisi Drainase Sub-DAS Citepus
Sumber: Hasil survei lapangan

4.2 Diagram Alir Penelitian



Gambar 4.11 Bagan Alir Penelitian

Sumber: Hasil analisis penelitian

Secara umum, metodologi penelitian dapat dibagi dalam tiga tahapan. Pertama pengumpulan data, baik data sekunder maupun data primer/site visit. Data yang telah dikumpulkan akan divalidasi. Data akan dianalisis sesuai dengan kriteria yang disusun, baik kriteria teknis maupun kriteria non-teknis. Kedua kriteria tersebut akan digabungkan dan dikalibrasi menjadi indeks layanan jaringan drainase perkotaan. Indeks akan disimulasikan pada lokasi studi dan diverifikasi. Bagan alir penelitian dapat dilihat pada gambar diatas.

4.3 Pengumpulan Data

4.3.1 Data yang Diperlukan

Untuk menentukan tingkat layanan drainase, dibutuhkan data-data sebagai berikut.

Tabel 4.5 Tabulasi Data-data yang Diperlukan

Data yang Dibutuhkan	Keterangan
Hydro-klimatologi	• Data stasiun hujan di DAS Citepus • Data curah hujan di stasiun hujan DAS Citepus (dengan rentang waktu 10 tahun terakhir)
DAS dan tata guna lahan	• Data DAS Citepus • Data tata guna lahan DAS Citepus
Infrastruktur drainase	• Data jaringan drainase • Data infrastruktur terbangun • Data kondisi infrastruktur terbangun • Data debit pada bangunan air (dengan rentang waktu 5 tahun terakhir)
Kebijakan dan Kelembagaan	• Data kondisi kelembagaan, • Data manajemen pembangunan, • Data keuangan (OP), • Data aspek hukum.
Sosial, Budaya, dan Ekonomi	• Data kependudukan, • Data kondisi perilaku masyarakat, • Data kondisi ekonomi masyarakat,

Sumber: Hasil pengumpulan data

4.3.2 Metode Pengumpulan Data

4.3.2.1 Data Hidro Klimatologi

Data hidro-klimatologi yang dibutuhkan adalah data curah hujan, evaporasi, dan data hidrograf hasil observasi. Data tersebut dibutuhkan untuk mendapatkan hujan rencana di daerah penelitian. Untuk perencanaan saluran drainase di perkotaan diperlukan analisa curah hujan menitan dengan rentang waktu minimal 10 tahun terakhir. Sedangkan untuk evaporasi, data yang ada berupa data harian, maka untuk mendapatkan data evaporasi jam-jaman dilakukan pendekatan berdasarkan pola distribusi evaporasi dalam 24 jam

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data hidro-klimatologi adalah dengan melakukan inventarisasi data sekunder dari hasil studi terdahulu (jika ada) dan juga dari instansi terkait yang diakui validasinya. Jika data yang dibutuhkan tidak tersedia, maka akan dipertimbangkan untuk melakukan survei lapangan.

4.3.2.2 Data DAS dan Tata Guna Lahan

Data DAS dan tata guna lahan dibutuhkan untuk mengetahui karakteristik DAS dan pengaruh perubahan lahan terhadap daerah penelitian untuk mendukung proses penelitian.

Data yang dibutuhkan meliputi luas DAS, tutupan lahan (*land covering*) pada tahun penelitian dan/ atau tahun sebelumnya. Dari tata guna lahan tersebut dapat diketahui koefisien pengaliran masing-masing suatu wilayah dalam DAS Citepus atau masing-masing sub DAS.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data DAS dan tata guna lahan adalah dengan melakukan inventarisasi data sekunder dari hasil studi terdahulu (jika ada) dan juga dari instansi terkait yang diakui validasinya.

4.3.2.3 Data Infrastruktur Drainase

Data infrastruktur drainase dibutuhkan untuk mengukur kinerja infrastruktur drainase terbangun dengan mengamati arah aliran, kapasitas tampung infrastruktur terbangun, debit pada infrastruktur terbangun dengan rentang waktu minimal 5 tahun terakhir, angka kekasaran saluran, dan lain-lain, sehingga diperoleh kondisi drainase eksisting. Data tersebut juga akan digunakan untuk membuat model matematik aliran.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data infrastruktur terbangun DAS dan tata guna lahan adalah dengan menggunakan metode survei, yaitu pengumpulan data primer, yang diperoleh secara langsung dari pengukuran di lokasi penelitian, dan data sekunder, yang diperoleh dari hasil studi terdahulu (jika ada) dan juga dari instansi terkait yang diakui validasinya. Adapun langkah yang dilakukan dalam survei tersebut adalah sebagai berikut:

1. Inventarisasi dan identifikasi kondisi jaringan drainase,
2. Inventarisasi dan identifikasi kondisi infrastruktur drainase terbangun,
3. Inventarisasi dan identifikasi permasalahan pada masing-masing bangunan pada jaringan drainase dan kelengkapannya,

4.3.2.4 Data Kebijakan dan Kelembagaan

Data kebijakan dan kelembagaan dibutuhkan untuk menganalisis kinerja pengelolaan jaringan drainase. Adapun data yang dibutuhkan adalah data kondisi kelembagaan, manajemen pembangunan, dana OP, dan aspek hukum.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data kebijakan dan kelembagaan adalah dengan melakukan inventarisasi data sekunder dari hasil studi terdahulu (jika ada) dan juga dari instansi terkait yang diakui validasinya serta data hasil survei.

4.3.2.5 Data Kondisi Sosial, Budaya, dan Ekonomi

Data sosial, budaya, dan ekonomi dibutuhkan untuk menganalisa pengaruh kondisi sekitar terhadap kinerja pengelolaan jaringan drainase. Adapun data yang dibutuhkan adalah data kependudukan, data kondisi perilaku masyarakat sekitar, serta kondisi perekonomian masyarakat di sekitar wilayah studi.

Metode yang digunakan dalam pengumpulan data kondisi sosial, budaya, dan ekonomi adalah dengan melakukan inventarisasi data sekunder dari hasil studi terdahulu (jika ada) dan juga dari instansi terkait yang diakui validasinya serta data hasil survei.

4.3.3 Verifikasi Data

Verifikasi data dilakukan dengan melakukan pengecekan langsung di lokasi melalui *site visit* dan pengukuran di lapangan.

4.4 Analisis Kriteria dan Penyaringan Variabel

4.4.1 Penilaian Kriteria Teknis

Penilaian kriteria teknis yang dipakai menggunakan nilai terendah adalah 1 (satu) dengan pertimbangan penilaian batas tengah adalah 3 (tiga) indikasi kondisi sedang, sehingga penilaian kriteria teknis dimulai dari angka 1 (satu) dengan indikasi tidak ada kinerja, sedangkan angka 2 sampai dengan 5 mengindikasikan skala kinerja semakin baik. Penjabaran kriteria dipakai dari referensi yang ada dan memakai data primer *personal approach*, dan wawancara pengalaman di lapangan serta survei terhadap responden yaitu para ahli, akademisi, ataupun pelaku perencanaan.

Adapun penilaian Indeks Layanan Drainase Perkotaan dilakukan berdasarkan klasifikasi skor.

Tabel 4.6 Klasifikasi Indeks Layanan Drainase Perkotaan

Skor	Klasifikasi Kerusakan
1 - <2	Buruk
2 - <3	Kurang
3 - <4	Sedang
4 - <5	Baik
5	Sangat baik

Sumber: Hasil survei

Keterangan Tindak Lanjut

Buruk : Rehabilitasi
 Kurang : Pemeliharaan berkala
 Sedang : Pemeliharaan rutin
 Baik : Operasi
 Sangat Baik : Operasi

Dari seluruh variabel aspek teknis maupun non-teknis masing-masing mempunyai dimensi yang berbeda-beda, maka untuk menjadikan satu dimensi (*dimensionless*) diperlukan klasifikasi dan penilaian skor dari indeks layanan drainase perkotaan. Penilaian skoring didapat dari referensi dan survei quisioner dari para pakar, pelaku, akademisi, pengelola dan masyarakat.

4.4.1.1 Kapasitas Sistem

Penilaian dilakukan terhadap saluran dan bangunan air yang terdapat didalam sistem.

(a) Kapasitas saluran,

Untuk melakukan penilaian kapasitas saluran sesuai dengan skor harus didasarkan pada debit desain. Debit desain pada 16 saluran primer jaringan drainase Citepus adalah Q 25 tahun. Saluran primer sejumlah 16 tersebut dipilih terhadap saluran primer yang mengalir ke Sungai Citepus dan saluran-saluran langsung yang mempunyai kapasitas $\geq 2\text{m}^3/\text{dt}$, sehingga berpengaruh cukup signifikan sebagai kapasitas pengaliran drainase. Kondisi kapasitas saluran dalam keadaan tertekan atau tidak, maka dilakukan pengecekan terhadap masing-masing saluran drainase primer yang diuji guna membedakan Q desain dan Q saat ini.

Debit desain didekati dengan statistik sebagai kemungkinan kejadian tahun berulang atau periode ulang. Periode ulang (*Return Period*) dipakai untuk menyatakan probabilitas dalam melukiskan suatu banjir rencana.

Berdasarkan Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia nomor 12/PRT/M/2014 penentuan periode ulang untuk desain di jaringan drainase Citepus digunakan adalah saluran Primer 25 tahun, Sekunder 10 tahun, dan Tersier 2 tahun.

Debit disain kala ulang 25 tahun pada saluran primer di jaringan drainase Citepus pada saat desaintahun 2009 dan hasil perhitungan tahun 2017 dengan menggunakan stasiun hujan yang sama tahun 2003 sampai dengan 2005 disajikan pada tabel di bawah ini.

Tabel 4.7 Debit Disain dengan Kala Ulang 25 tahun

No	Nama Saluran Primer	Q ₂₅ (m ³ /det) Disain 2007	Q ₂₅ (m ³ /det) Tahun 2017
1	Cipedes hilir	3,460	3,510
2	Sarijadi	6,190	6,250
3	Cibogo	37,953	38,236
4	Citepus	1,849	2,850
5	Supadio	2,766	2,754
6	Cikakak	4,378	4,383
7	Cilimus	3,297	3,302
8	Waringin	1,751	1,752
9	Ciroyom	3,898	3,908
10	Babakan Tarogong	4,705	4,736
11	Arjuna	2,872	2,903
12	Otista	0,883	0,888
13	Leuwisari	3,710	3,750
14	Kurdi	2,897	2,956
15	Muara	1,506	1,565
16	Curug Candung	0,885	0,927

Sumber: data dan perhitungan

(b) Usia saluran,

Penilaian didasarkan pada pengalaman bahwa setelah 2 tahun usia saluran mulai memberikan pengaruh terhadap kapasitas sistem.

(c) Kondisi saluran,

Penilaian terhadap kondisi saluran didasarkan pada tingkat kerusakannya. Tingkat kerusakan akan membawa pengaruh terhadap kapasitas system jaringan drainase dalam mengalirkan air.

(d) Kondisi bangunan pelengkap,

Penilaian kapasitas bangunan pelengkap masing-masing didasarkan pada debit desain dan dilakukan pengecekan guna membandingkan debit desain dengan debit saat ini.

(e) Kerapatan drainase,

Kerapatan drainase menunjukkan perbandingan antara Panjang saluran drainase total dengan luas daerah tangkapan air (DTA),

$$D = L / A \quad (4-1)$$

dengan:

D = kerapatan drainase

L = panjang saluran drainase (km)

A = luas daerah (km²)

Semakin besar nilai kerapatan drainase, maka akan semakin baik sistem jaringan drainase.

(f) Laju perubahan tata guna lahan.

Perubahan tata guna lahan akan mempengaruhi terhadap aliran permukaan (*surface run off*). Semakin kecil laju perubahan tata guna lahan pada kurun waktu tertentu, akan semakin baik pengaruhnya terhadap kapasitas sistem jaringan drainase.

Tabel 4.8 Penilaian Skoring Kapasitas Saluran

Skor	Kapasitas Sistem					
	Kapasitas saluran	Usia saluran	Kondisi saluran	Kondisi bangunan pelengkap	Kerapatan Drainase	Laju Perubahan Tata Guna Lahan
1	< 20% Q-disain	>20 tahun	>75% rusak	< 20% Q-disain	<0.25 km/km ²	Urban >4%/tahun
2	< 20-40% Q-disain	10-20 tahun	>50% rusak	< 20-40% Q-disain	0.25-5 km/km ²	Urban 3%-4%/tahun
3	< 40-60% Q-disain	5-10 tahun	>25% rusak	< 40-60% Q-disain	5-10 km/km ²	Urban 2%-3%/tahun
4	< 60-80% Q-disain	2-5 tahun	>10% rusak	< 60-80% Q-disain	10-25 km/km ²	Urban 1%-2%/tahun
5	> 80% Q-disain	<2 tahun	<10% rusak	> 80% Q-disain	>25 km/km ²	Urban <1%/tahun
Sumber	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)	(Soemarto, 1999)	Data Primer (hasil survei)

4.4.1.2 Pola Pengaliran

Penilaian dilakukan terhadap:

(a) Waktu konsentrasi

Secara empiris rumus waktu konsentrasi sebagai berikut:

$$Q = 0,00278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (4-2)$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t} \right]^{2/3} \quad (4-3)$$

$$t_c = \frac{L}{(60 \times V)} \quad (4-4)$$

dengan:

Q = Debit (m^3/dt)

C = Koefisien pengaliran

I = Intensitas hujan (mm/jam)

A = Luas daerah pengaliran (ha)

R_{24} = Hujan maksimum dalam 24 jam (mm)

t = Durasi (lamanya) curah hujan (menit) atau (jam)

t_c = waktu konsentrasi (menit)

L = Panjang sungai (m)

V = Kecepatan (m/dt)

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air hujan dari titik terjauh menuju suatu titik tertentu ditinjau pada daerah pengaliran. Umumnya waktu konsentrasi terdiri dari waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir pada permukaan tanah menuju saluran terdekat dan waktu untuk mengalir dalam saluran ke suatu tempat yang ditinjau. Pada analisis ini data yang digunakan hasil perhitungan dari rumus empiris waktu konsentrasi.

(b) Tutupan lahan

Perubahan tutupan lahan berkaitan dengan kegiatan manusia pada bidang lahan tertentu. Informasi penutupan lahan dapat dikenali secara langsung dengan menggunakan penginderaan jauh, sehingga luas dan jenis tutupan lahan dapat mempengaruhi pola aliran terutama tutupan lahan merupakan daerah yang telah terbangun.

(c) Sistem drainase.

Penilaian untuk sistem drainase terhadap 16 sub primer jaringan drainase didasarkan pada kriteria sebagai berikut:

- Sistem drainase gabungan (air limbah dan air hujan menjadi satu)
- Sistem drainase terpisah (air limbah dan air hujan terpisah)
- *Ecodrain* (saluran drainase yang berwawasan lingkungan)

Tabel 4.9 Penilaian Skoring Pola Pengaliran

Skor	Pola Pengaliran		
	Waktu Konsentrasi (tc)	Tutupan Lahan	Sistem Drainase
1	>15 menit	>75% daerah terbangun	Gabungan
2	10 - 15 menit	>50% daerah terbangun	Campuran; terpisah dan gabungan (dominan)
3	8 - 10 menit	>20% daerah terbangun	Campuran; terpisah (dominan) dan gabungan
4	5-8 menit	>10% daerah terbangun	Terpisah
5	<5 menit	<10% daerah terbangun	Terpisah dan ekodrain
Sumber	Departemen Pekerjaan Umum, 2006	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)

4.4.1.3 Penilaian genangan (Permasalahan)

Penilaian genangan dilakukan terhadap luas, tinggi dan durasi genangan

(a) Luas,

Luas genangan mempengaruhi kondisi layanan jaringan drainase. Semakin luas area genangan akan menyebabkan pengaruh buruk terhadap layanan jaringan drainase perkotaan.

(b) Tinggi,

Tinggi genangan atau kedalaman genangan berhubungan dengan tingkat layanan jaringan drainase. Semakin tinggi genangan akan mempengaruhi baik dan buruknya layanan jaringan drainase perkotaan.

(c) Durasi genangan.

Semakin lama durasi genangan akan sangat mempengaruhi tingkat layanan jaringan drainase perkotaan.

Tabel 4.10 Penilaian Skoring Permasalahan

Skor	Permasalahan (genangan)		
	Luas genangan	Tinggi rata-rata genangan	Durasi rata-rata genangan
1	>75% DTA	>100cm	>1 hari
2	>50% DTA	75-100 cm	12-24 jam
3	>20% DTA	50-75 cm	6-12 jam
4	>5% DTA	25-50 cm	1-6 jam
5	<5% DTA	<25 cm	<1 jam
Sumber	Data Primer (hasil survei)	(B. N. P. B. Indonesia, 2012)	Data Primer (hasil survei)

4.4.2 Penilaian Kriteria Non Teknis

Penilaian kriteria non-teknis menggunakan nilai terendah adalah 1 (satu) dengan pertimbangan penilaian batas tengah adalah 3 (tiga) indikasi kondisi sedang, dan penilaian kriteria non-teknis dimulai dari angka 1 (satu) dengan indikasi sama pada penilaian kriteria teknis.

Data yang dikumpulkan untuk keperluan analisis non-teknis di dapat dari hasil survei kuesioner berupa data secara kualitatif yang akan dirubah menjadi data kuantitatif.

Rekapitulasi hasil survei kuisisioner disajikan pada lampiran disertasi.

4.4.2.1 Manajemen dan Kelembagaan

Penilaian dilakukan terhadap:

- (a) Struktur & bentuk organisasi pengelola,

Organisasi pelaksana operasi dan pemeliharaan diperlukan dalam penilaian ini.

Dengan struktur yang lengkap akan mempengaruhi kinerja jaringan drainase.

- (b) SDM,

Jumlah dan kemampuan SDM berpengaruh terhadap operasi dan pemeliharaan.

- (c) Badan pengawas,

Adanya organisasi pengawas terhadap operasi dan pemeliharaan akan berpengaruh terhadap tingkat layanan.

- (d) SOP,

Operasi dan pemeliharaan yang benar dan baik akan berpengaruh terhadap layanan jaringan drainase.

- (e) Masterplan.

Ada atau tidaknya masterplan mempengaruhi terhadap baik buruknya upaya menjaga jaringan drainase.

Tabel 4.11 Penilaian Skoring Manajemen dan Kelembagaan
Manajemen dan Kelembagaan

Skor	Struktur dan Bentuk Organisasi	SDM	Badan Pengawas	SOP	Master plan
1	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada	tidak ada
2	ada, bersifat kemasyarakatan, tingkat RT atau RW	ada tapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	sedang dibentuk	sedang dibuat	sedang dibuat
3	ada, sampai ke tingkat kelurahan	ada, jumlah memadai tapi tidak bekerja dengan optimal	sudah ada tapi belum bekerja sesuai fungsinya	sudah ada belum diimplementasikan	sudah ada belum diimplementasikan
4	ada, sampai tingkat kecamatan	ada, jumlah memadai dan dapat bekerja dengan optimal	sudah ada tapi baru bekerja sebagian dari fungsinya	sudah ada dan baru sebagian diimplementasikan	sudah ada dan baru sebagian diimplementasikan
5	ada, sampai tingkat kota	ada, jumlah memadai dan dapat bekerja dengan optimal, didukung dengan keaktifan mengikuti pelatihan	sudah ada dan bekerja secara optimal	sudah ada dan sudah diimplementasikan seluruhnya	sudah ada dan sudah diimplementasikan seluruhnya
Sumber	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)	Data Primer (hasil survei)

4.4.2.2 Peran Masyarakat dan Swasta

Penilaian dilakukan terhadap:

- Forum masyarakat yang ikut terlibat dalam menjaga kondisi layanan jaringan drainase perkotaan.
- Keterlibatan masyarakat dan swasta secara sadar ikut menjaga kinerja jaringan drainase perkotaan.

Tabel 4.12 Penilaian Skoring Peran Masyarakat dan Swasta

Skor	Peran Masyarakat dan Swasta	
	Forum masyarakat yang ikut terlibat	Keterlibatan masyarakat dan swasta
1	tidak ada	tidak ada
2	sedang dibentuk	ada, masyarakat saja
3	ada, tapi tidak ada keterlibatan	ada, swasta saja
4	ada, ikut terlibat tapi belum optimal	ada, masyarakat dan swasta ikut terlibat tapi belum berjalan dengan baik
5	ada, ikut terlibat secara berkala	ada, keduanya dan sudah berjalan dengan baik

Sumber: Data primer (hasil survei)

4.4.2.3 Aspek hukum dan pengaturan

Penilaian dilakukan terhadap:

- Monitoring terhadap produk peraturan per undang undangan yang ada (misal tentang pengaturan pembuangan sampah padat dan larangan membuang limbah cair ke saluran drainase perkotaan.
- Upaya penegakan hukum agar peraturan dapat dilaksanakan sesuai ketentuan yang akan berpengaruh terhadap baik buruknya jaringan drainase perkotaan.
- Penghargaan terhadap upaya dan prestasi yang dilakukan masyarakat
Penghargaan diberikan untuk mendapatkan kinerja terhadap layanan drainase yang lebih baik. Dengan adanya penghargaan maka akan mendorong masyarakat lebih aktif terhadap pemeliharaan sehingga diharapkan kondisi jaringan drainase akan yang lebih baik terjaga.

Tabel 4.13 Penilaian Skoring Aspek Hukum dan Pengaturan

Skor	Aspek Hukum dan Pengaturan		
	Monitoring terhadap undang-undang	Upaya penegakan hukum	Penghargaan terhadap masyarakat
1	tidak ada	tidak ada	tidak ada
2	dilakukan oleh yang berwajib saja	ada nya sanksi sosial	tingkat rt/rw
3	dilakukan oleh masyarakat saja	adanya sanksi hukum	tingkat kecamatan
4	dilakukan oleh masyarakat dan yang berwajib, namun belum optimal	adanya sanksi sosial dan hukum namun belum diterapkan secara menyeluruh	tingkat kota
5	dilakukan oleh masyarakat dan yang berwajib	adanya sanksi sosial dan hukum yang dijalankan dengan baik	tingkat provinsi

Sumber: Data primer (hasil survei)

4.4.2.4 Sosial Budaya dan Ekonomi

Sosial budaya dan ekonomi yang dimaksud disini sesuai dengan sosial budaya Indonesia, bukan sosial budaya etnis mengingat pengaruh budaya Indonesia yang kuat dan kompak.

Penilaian dilakukan terhadap:

(a) Kondisi sempadan.

Pengaruh limbah domestik maupun industry dapat dikatakan dipengaruhi oleh terjaganya kondisi sempadan jaringan drainase

(b) Tingkat pendidikan.

Berpengaruh terhadap ketepatan dalam memfasilitasi jaringan drainase perkotaan atau dapat dikatakan semakin tinggi akan semakin paham

(c) Kegiatan ekonomi.

Tinggi tidaknya kegiatan ekonomi akan berpengaruh terhadap penilaian mengingat kegiatan ekonomi lokal semakin meningkat maka sampah juga akan meningkat.

Tabel 4.14 Penilaian Skoring Sosial Budaya dan Ekonomi

Skor	Sosial Budaya dan Ekonomi		
	Kondisi Sempadan	Tingkat Pendidikan	Kegiatan Ekonomi
1	banyak limbah domestik maupun industri, dan banyak bangunan di sempadan	pendidikan terakhir mayoritas penduduk SD atau sederajat	Sangat Tinggi >200 orang/hari
2	limbah industri saja, banyak bangunan di sempadan	pendidikan terakhir mayoritas penduduk SMP atau sederajat	Tinggi > 100 orang/hari
3	limbah domestik saja, banyak bangunan di sempadan	pendidikan terakhir mayoritas penduduk SMA atau sederajat	Sedang > 50 orang/hari
4	bersih dari limbah, tapi banyak bangunan di sempadan	pendidikan terakhir mayoritas penduduk Akademi D3 atau sederajat	Rendah >20 orang/hari
5	bersih dari limbah dan bangunan	pendidikan terakhir mayoritas penduduk Perguruan Tinggi S1 atau sederajat	Kurang <20 orang/hari

Sumber: Data primer (hasil survei)

4.4.2.5 Kerugian Akibat Timbulnya Genangan

Kerugian akibat genangan diperhitungkan dalam analisis non teknis karena berpengaruh terhadap layanan jaringan drainase. Semakin tinggi kerugian akan mempengaruhi kinerja jaringan drainase.

Penilaian dilakukan kerugian akibat genangan yang terjadi pada komponen berikut:

(a) Fasilitas umum dan Permukiman,

Semakin banyak fasilitas umum termasuk permukiman yang tergenang akan semakin besar kerugian dan mempengaruhi kinerja jaringan drainase perkotaan.

Tabel 4.15 Kerugian Akibat Timbulnya Genangan

Skor	Kerugian Akibat Timbulnya Genangan
	Fasilitas Umum dan Permukiman
1	> Rp. 800 juta
2	Rp. 700 juta – 800 juta
3	Rp. 600 juta – 700 juta
4	Rp. 500 juta – 600 juta
5	< Rp 500 juta

Sumber: Bencana, 2012

4.4.3 Metode PLS (Partial Least Square) Sebagai Metode Untuk Prediksi Hubungan Pengaruh antar Variabel dan Variabel

Metode PLS digunakan untuk menguji hubungan pengaruh antara variabel-variabel teknis dan non teknis serta variabel. Selanjutnya digunakan sebagai penyaringan dari beberapa variabel dan variabel yang akan diproses pada perhitungan selanjutnya.

Penjelasan mengenai PLS ini dicuplik dari buku *Structural Equation Modeling (SEM) Metode Alternatif dengan PLS*, Prof. DR. Iman Ghazali, M.Com, 2006. *Partial Least Square (PLS)* adalah alternatif dari *Covarian Base Structural Equation Modeling (CBSEM)*, yang pendekatannya berdasarkan varian atau komponen. Dengan metode ini orientasi analisis bergeser dari menguji model kausalitas/teori menjadi model komponen berdasarkan perkiraan. CBSEM lebih berorientasi untuk menjelaskan kovarian dari semua variabels, sedangkan PLS adalah prediksi. Variabel laten didefinisikan sebagai jumlah dari variabelnya.

Menurut Wold (1985), PLS merupakan model analisis yang *powerfull* oleh karena tidak didasarkan pada banyak asumsi. Data tidak harus berdistribusi normal *multivariate* (variabel dengan skala kategori sampai ratio dapat digunakan pada model yang sama), sampel tidak harus besar dan terdistribusi residual. Walaupun PLS dapat juga digunakan untuk mengkonfirmasi teori, tetapi dapat juga digunakan untuk menjelaskan ada atau tidaknya hubungan antar variabel laten.

Oleh karena lebih menitikberatkan pada data dan dengan prosedur estimasi yang terbatas, maka spesifikasi model tidak begitu berpengaruh terhadap estimasi parameter.

Dibandingkan dengan CBSEM, komponen berdasarkan SEM-PLS menghindari dua masalah serius yaitu solusi yang tidak dapat diterima (*inadmissible solution*) dan faktor ketidakpastian (*factor indeterminacy*). (Fornell and Bookstein, 1982).

PLS dapat menganalisis sekaligus mengkonstruksi yang dibentuk dengan variabel reflektif dan variabel formatif yang hal ini tidak mungkin dijalankan dalam CBSEM karena akan terjadi *unidentified model*. Oleh karena algoritma dalam PLS menggunakan analisis *series ordinary least square*, maka identifikasi model bukan masalah dalam model rekursif dan juga tidak mengasumsikan bentuk distribusi tertentu dari pengukuran variabel. Lebih jauh efisiensi perhitungan algoritma mampu mengestimasi model besar dan kompleks dengan ratusan variabel laten dan ribuan variabel (Falk dan Miller, 1992).

Secara filosofis perbedaan antara CBSEM dengan PLS adalah apakah kita akan menggunakan model persamaan struktural untuk menguji teori atau pengembangan teori untuk tujuan prediksi (Anderson dan Gerbing, 1988). Pada situasi di mana kita mempunyai dasar teori yang kuat dan pengujian teori atau pengembangan teori sebagai tujuan utama riset, maka metode dengan berdasarkan kovarian (*Maximum Likelihood* atau *Generalized Least Squares*) lebih sesuai. Namun demikian karena adanya ketidakpastian dari estimasi faktor skor maka akan kehilangan ketepatan prediksi.

Untuk tujuan prediksi, pendekatan PLS lebih cocok. Dengan pendekatan PLS diasumsikan bahwa semua ukuran varian adalah varian yang berguna untuk dijelaskan. Oleh karena pendekatan untuk mengestimasi variabel laten dianggap sebagai kombinasi linear dari variabel maka menghindari masalah ketidakpastian dan memberikan definisi yang pasti dari komponen skor. (Wold, 1982). PLS memberikan model umum yang meliputi teknik korelasi kanonikal, redundancy analisis, regresi berganda, analisis multivariate dari varian (MANOVA) dan analisis komponen.

Oleh karena PLS menggunakan iterasi algoritma yang terdiri dari seri analisis least square biasa, maka persoalan identifikasi model tidak menjadi masalah untuk model pengulangan (*recursive*), juga tidak mengasumsikan bentuk distribusi tertentu untuk skala ukuran variabel. Lebih jauh lagi jumlah sampel dapat kecil dengan perkiraan kasar yaitu (1) sepuluh kali skala dengan jumlah terbesar dari variabel (kausal) formatif, atau (2) sepuluh kali dari jumlah terbesar structural path yang diarahkan pada konstruk tertentu dalam model struktural.

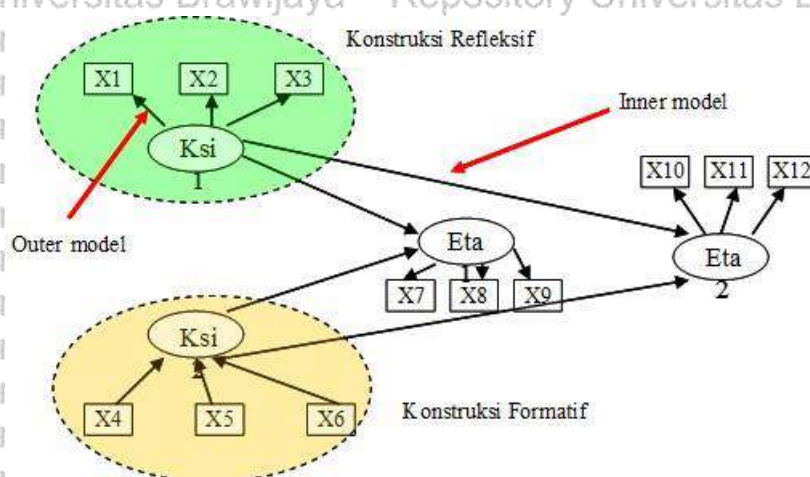
PLS dapat dianggap sebagai model alternatif CBSEM. Menurut Joreskog dan Wold (1982), CBSEM berorientasi pada teori dan menekankan transisi dari analisis *exploratory*

ke *confirmatory*. Sedangkan PLS dimaksudkan untuk analisis yang bersifat prediksi-kausal dalam situasi kompleksitas yang tinggi dan dukungan teori yang rendah.

4.4.3.1 Cara Kerja Partial Least Square

Estimasi parameter yang didapat dengan PLS dapat dikategorikan menjadi tiga. Kategori pertama, adalah *weight estimate* yang digunakan untuk menciptakan skor variabel laten. Kedua mencerminkan estimasi jalur (*path estimate*) yang menghubungkan antar variabel laten dan blok variabelnya (*loading*). Kategori ketiga adalah berkaitan dengan means dan lokasi parameter (nilai konstanta regresi) untuk variabel dan variabel laten. Untuk memperoleh ketiga estimasi ini, PLS menggunakan proses iterasi tiga tahap dan setiap tahap iterasi menghasilkan estimasi. Tahap pertama menghasilkan *weight estimate*, tahap kedua menghasilkan estimasi untuk inner model dan outer model, dan tahap ketiga menghasilkan estimasi means dan lokasi (konstanta).

Pada dua tahap pertama proses iterasi variabel dan variabel laten diperlakukan sebagai deviasi (penyimpangan) dari nilai means (rata-rata). Gambar berikut terdiri dari empat block (dua variabel exogen-Ksi dimana satu variabel menggunakan refleksif variabel dan satu variabel dengan formatif variabel sedangkan dua variabel endogen-Eta keduanya menggunakan refleksif variabel).



Gambar 4.12 Contoh Multiblok Model

Sumber: Wold, 1982

Sebagai langkah awal iterasi algoritma adalah menghitung *outside approximation estimate* dari variabel laten dengan cara menjumlahkan variabel dalam setiap *block* dengan bobot yang sama (*equal weight*). Weight untuk setiap iterasi diskalakan untuk mendapatkan unit varian dari skor variabel laten untuk N kasus dalam sampel. Dengan

menggunakan skor untuk setiap variabel laten yang telah diestimasi dilakukan inside approximation estimate variabel laten.

Model analisis jalur semua variabel laten dalam PLS terdiri dari tiga set hubungan: (1) inner model yang menspesifikasi hubungan antar variabel laten (*structural model*), (2) outer model yang menspesifikasi hubungan antara variabel laten dengan variabel atau variabel manifestnya (*measurement model*), dan (3) weight relation dalam mana nilai kasus dari variabel laten dapat diestimasi. Tanpa kehilangan generalisasi, dapat diasumsikan bahwa variabel laten dan variabel diskala zero means dan unit variance sama dengan satu sehingga parameter lokasi (parameter konstanta) dapat dihilangkan dalam model.

4.4.3.2 Inner Model

Inner model yang kadang disebut juga dengan (*inner relation*, *structural model* dan *substantive theory*) menggambarkan hubungan antar variabel laten berdasarkan pada substantive theory. Model persamaannya dapat ditulis seperti di bawah ini.

$$\eta = \beta_0 + \beta\eta + \Gamma\xi + \zeta$$

dimana η menggambarkan vektor endogen (dependen) variabel laten, ξ adalah vektor variabel laten exogen, dan ζ adalah vektor variabel residual (unexplained variance). Oleh karena PLS didesain untuk model *recursive*, maka hubungan antar variabel laten, setiap variabel laten dependen, η , atau sering disebut *causal chain system* dari variabel laten dapat dispesifikasikan sebagai berikut :

$$\eta_j = \sum_i \beta_{ji} \eta_i + \sum_b \gamma_{jb} \xi_b + \zeta_j$$

dimana β_{ji} dan γ_{jb} adalah koefisien jalur yang menghubungkan prediktor endogen dan variabel laten exogen, ξ dan η sepanjang range indeks i dan b , dan ζ_j adalah inner

4.4.3.3 Outer Model

Outer model sering juga disebut (*outer relation* atau *measurement model*) mendefinisikan bagaimana setiap blok variabel berhubungan dengan variabel latennya.

Blok dengan variabel refleksif dapat ditulis persamaannya sebagai berikut:

$$x = \hat{x} \xi + \varepsilon_x$$

$$y = \hat{y} \eta + \varepsilon_y$$

dimana x dan y adalah variabel atau manifest variabel untuk variabel laten exogen dan endogen ξ dan η , Sedangkan λ_x dan λ_y merupakan matrik loading yang menggambarkan koefisien regresi sederhana yang menghubungkan variabel laten dengan variabelnya.

Residual yang diukur dengan ε_x dan ε_y dapat diinterpretasikan sebagai kesalahan pengukuran atau noise.

Blok dengan variabel formatif dapat ditulis persamaannya sebagai berikut:

$$\xi = \prod_{\xi} x + \delta_{\xi}$$

$$\eta = \prod_{\eta} y + \delta_{\eta}$$

dimana ξ , η , x dan y sama dengan yang digunakan pada persamaan di atas. $\prod_x$ dan y adalah koefisien regresi berganda dari variabel laten dan blok variabel dan δ_x dan δ_y adalah residual dari regresi.

4.5 Perhitungan Indeks

Berdasarkan teori tentang indeks yang dijelaskan oleh Spiegel M.R. (1961) dalam bukunya *Theory and Problems of Statistics*, nilai indeks merupakan perbandingan atau rasio antara nilai yang ditinjau terhadap nilai pembanding. Untuk nilai indeks yang paling sederhana, pembanding yang dimaksud adalah nilai awal sebelum nilai yang ditinjau berubah sesuai fungsi waktu. Sedangkan agar nilai indeks lebih spesifik dapat mencirikan suatu karakteristik tertentu, maka dapat ditambahkan dengan beberapa variabel lain sehingga menjadi rasio antar kelompok variabel.

Jenis maupun jumlah variabel dalam rasio tersebut adalah sama, ini tentunya sangat beralasan karena dengan membandingkan suatu nilai objek yang sama dari satu atau kelompok variabel akan menghilangkan satuan yang berbeda-beda, sehingga indeks menjadi sebuah nilai yang solid.

Sedangkan dalam pengembangannya, nilai indeks dapat berupa nilai tunggal satu variabel atau jumlah dari beberapa variabel dalam satuan yang sama. Dari hasil analisis sementara baik teoritis maupun aplikatif yang sudah dikembangkan peneliti sebelumnya, nilai indeks dapat berupa :

1. Nilai tunggal dari satu variabel dengan satuan atau tanpa satuan,
2. Rasio dari variabel tunggal tanpa satuan,
3. Gabungan rasio variabel tunggal tanpa satuan dan

4. Jumlah dari beberapa variabel yang berbeda, akan tetapi mempunyai satuan yang sama.

Sesuai dengan hipotesa awal bahwa indeks layanan drainase perkotaan yang dikembangkan merupakan gabungan dari beberapa variabel dengan satuan yang berbeda, maka konsep yang dapat dikembangkan oleh peneliti untuk nilai Indeks Layanan Drainase Perkotaan dalam penelitian ini sama dengan *point* (3) di atas yaitu gabungan dari rasio variabel tunggal yang dapat menggambarkan karakteristik kondisi layanan drainase dari sisi teknis maupun non teknis.

4.5.1 Metode GRG (*Generalized Reduced Gradient Method*)

Berdasarkan uraian di atas terdapat 34 variabel, maka diperlukan alat bantu untuk mendapatkan nilai koefisien masing-masing pengaruh dari variabel dan variabel tersebut.

Dalam penelitian ini menggunakan *GRG-Generalized Reduced Gradient Method* GRG adalah algoritma untuk menyelesaikan permasalahan linier multivariabel yang dapat dipakai untuk mendapatkan nilai sejumlah variabel yang lebih dari satu. Bentuk dasar dari permasalahan non linear yang akan diselesaikan adalah:

$$\text{minimize } f(X) \quad (4-5)$$

$$g_{(i)}(X)=0, \quad i=1,\dots,m \quad (4-6)$$

$$l_i \leq X_i \leq u_i, \quad i=1,\dots,n \quad (4-7)$$

dimana X adalah vektor berukuran n , dan u_i , l_i adalah batas bawah dan atas dimana $u_i > l_i$.

Dengan mengambil asumsi bahwa $m < n$, maka $m \geq n$ berarti memiliki satu solusi. Persamaan (1)-(3) merupakan bentuk umum, karena suatu pertidaksamaan dapat dirubah menjadi persamaan, seperti pada persamaan $g_{(i)}(X)=0, \quad i=1,\dots,m$ (4-5), dengan menambahkan variabel slack. Jadi, vektor X memiliki variabel basic dan juga slack.

Yang menjadi dasar dari GRG adalah menggunakan bentuk persamaan $g_{(i)}(X)=0, \quad i=1,\dots,m$ (4-5) untuk menjabarkan variabel m basic dengan menggunakan $n-m$ variabel *non-basic*. Hal ini juga menjadi dasar dari Simplex Method untuk program linear. X^- adalah titik yang memungkinkan, dan y adalah vektor dari variabel-variabel basic dan x adalah variabel-variabel *non-basic* dari X , sehingga X dan X^- dapat dinyatakan dalam,

$$X=(y,x), (X)^-=(y^-,x^-) \quad (4-8)$$

Jadi, persamaan (3) dapat ditulis sebagai,

$$g(y,x)=0 \quad (4-9)$$

dimana

$$g=(g_1,\dots,g_m) \quad (4-10)$$

Dengan menggunakan asumsi bahwa fungsi objektif f dan fungsi konstrain g_i dapat didiferensialkan. Sehingga, dengan menggunakan teorema fungsi implisit, agar persamaan $X=(y,x), (X)^-(y,x)^- \quad (4-7) - g(y,x)=0 \quad (4-8)$ memiliki suatu solusi $y(x)$ untuk semua x di daerah x^- , matrix basis $m \times m \quad \partial g / \partial y$ di X^- , non singular.

Jadi, fungsi objektif dapat dinyatakan sebagai fungsi dari x

$$F(x)=f(y(x),x) \quad (4-11)$$

dan program non-linear berubah menjadi permasalahan yang sederhana dengan batas atas dan batas bawah sebagai berikut:

$$\text{minimize } F(x) \quad (4-12)$$

$$l_{NB} \leq x \leq u_{NB} \quad (4-13)$$

dimana l_{NB} dan u_{NB} ada vektor batas untuk x . GRG menyelesaikan permasalahan awal pada persamaan minimize $f(X) \quad (4-4) - (l_i \leq X_i \leq u_i, i=1,...,n) \quad (4-6)$ dengan menyelesaikan persamaan minimize $F(x) \quad (4-11) - l_{NB} \leq x \leq u_{NB} \quad (4-12)$ diatas. Permasalahan yang telah disederhanakan tersebut dapat diselesaikan dengan modifikasi dari algoritma *unconstrained minimization algorithms*.

Agar persamaan minimize $F(x) \quad (4-11) - l_{NB} \leq x \leq u_{NB} \quad (4-12)$ diatas dapat diselesaikan, maka x haruslah bebas untuk setiap titik di x^- dalam batasan persamaan $l_{NB} \leq x \leq u_{NB} \quad (4-12)$. Hal ini mudah untuk dipenuhi. Akan tetapi batasan untuk variabel basic perlu mendapatkan perhatian khusus. Jika ada komponen dari y^- ada dalam batas yang diberikan, maka perubahan yang sangat kecil pada nilai x dapat merubah nilai y^- keluar dari batas. Karenanya, perlu diperhatikan beberapa asumsi berikut.

4.5.1.1 Nondegeneracy

Pada setiap titik X yang memenuhi persamaan (2)-(3), maka

$$l_B < y < u_B \quad (4-14)$$

Dimana l_B dan u_B adalah batas atas dan bawah untuk y .

$$B = \partial g / \partial y \text{ is nonsingular} \quad (4-15)$$

Penyelesaian dilakukan dengan mengambil nilai awal dari titik di X^- dengan variabel basic y dan variabel non-basic x , untuk menyelesaikan persamaan minimize $F(x) \quad (4-11)$ dan $l_{NB} \leq x \leq u_{NB} \quad (4-12)$. Untuk mengevaluasi fungsi objektif $F(x)$ pada persamaan $F(x)=f(y(x),x) \quad (4-10)$, maka nilai-nilai dari variabel basic $y(x)$ harus diketahui. $y(x)$ dapat dihitung dengan menggunakan iterasi untuk menyelesaikan pertidaksamaan pada persamaan $g(y,x)=0 \quad (4-8)$. Jadi langkah-langkah perhitungan:

1. Iterasi dimulai dari $i=0$

2. Substitusi nilai x_i ke persamaan $g(y,x)=0$ (4-8), dan tentukan nilai y_i , melalui metode iterasi untuk menyelesaikan persamaan non-linear.
3. Tentukan arah pergerakan di untuk variabel-variabel *non basic* x .
4. Tentukan ukuran langkah α_i sehingga

$$x_{i+1} = x_i + \alpha_i d_i$$

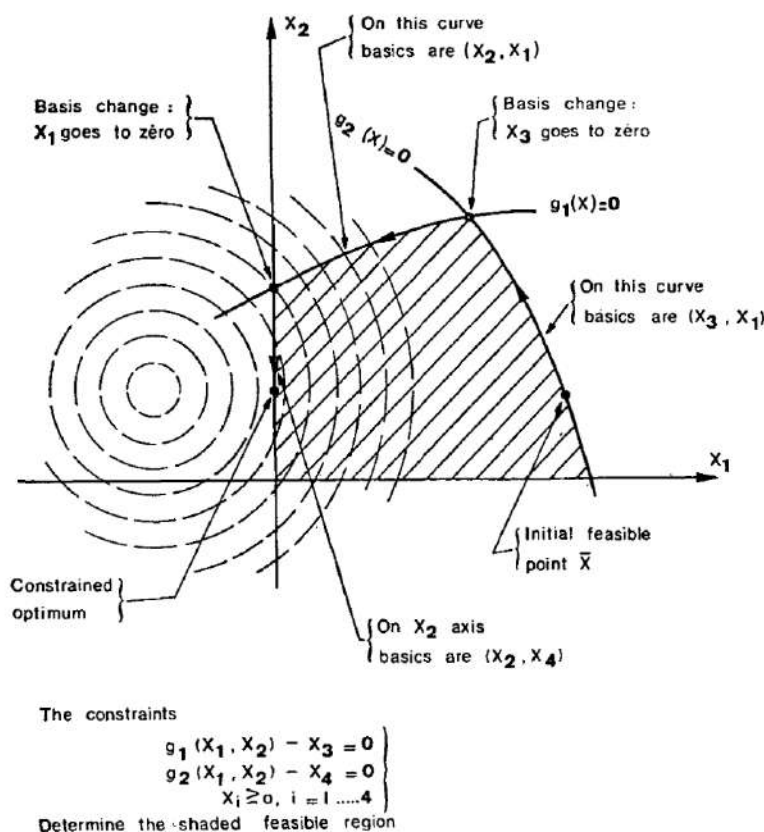
Hal ini umumnya dilakukan dengan menyelesaikan permasalahan 1 dimensi:

$$\text{minimize } F(x_i + \alpha d_i)$$

dengan membatasi nilai α sehingga $x_i + \alpha d_i$ memenuhi batasan x . Penyelesaian dilakukan melalui iterasi untuk mendapatkan nilai F pada berbagai nilai α .

5. Melakukan pengecekan hasil pada titik $X_i = (y_i, x_i)$ apakah sudah optimal. Jika belum iterasi dilakukan kembali $i=i+1$.

Jika pada langkah (1) diatas, nilai salah satu komponen y_i berada diluar batas, maka iterasi dihentikan. Variabel tersebut dirubah variabel *non-basic* x dan salah satu variabel *non basic* dirubah menjadi variabel *basic* y . Setelah perubahan ini, maka akan diperoleh fungsi baru $y(x)$ dan fungsi objektif baru $F(x)$. Hal ini dapat dilihat pada ilustrasi dibawah ini.



Gambar 4.13 Gambar Perubahan Basis
Sumber: Lasdon, Fox, and Ratner (1974)

Pada gambar diatas, nilai awal $\bar{X}$ berada pada kurva $g_2(X)=0$. Variabel-variabel *basic* adalah (x_3, x_1) , x_4 tidak dapat menjadi variabel *basic* dikarenakan berada pada batas bawah nol. Fungsi objektif pada persoalan yang telah disederhanakan diatas adalah $F_1(x_2, x_4)$ yang berada pada kurva g_2 . Iterasi untuk mendapatkan nilai optimum bergerak pada kurva tersebut hingga mencapai titik perpotongan dengan kurva g_1 . Pada titik ini, variabel *slack* x_3 menjadi bernilai nol. Karenanya, basis persamaan harus dirubah dengan salah satu variabel non *basic* x_2 atau x_4 . Karena x_4 bernilai nol, maka x_2 menjadi variabel *basic* yang baru menggantikan x_3 . Sekarang, fungsi objektif berubah menjadi $F_2(x_3, x_4)$, dengan batas bawah variabel pada nol. Maka, iterasi untuk menentukan hasil yang optimal untuk F_2 akan berjalan sepanjang kurva g_1 hingga mencapai titik potong dengan sumbu x_2 . Pada titik ini nilai x_1 akan menjadi nol. Dibentuk persamaan baru F_3 dengan cara yang sama, hingga mendapatkan solusi optimum.

4.5.1.2 Reduced Gradient

GRG dapat diimplementasikan dengan menggunakan turunan f untuk nilai g_i . Untuk mendapatkan nilai optimum (minimum) dari F , maka diperlukan formulasi untuk ∇F . F akan memiliki turunan jika f dan g memiliki turunan dan jika $\partial g / \partial y$ adalah *non singular*. Maka persamaan (7) dapat diturunkan sebagai berikut.

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial x_i} + \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^T \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (4-16)$$

Nilai $\frac{\partial y}{\partial x_i}$ dapat didekati dengan:

$$g_j(y(x), x) = 0, j = 1, \dots, m$$

Untuk semua x yang terletak pada $\bar{x}$

$$\frac{dg_j}{dx_i} = 0 = \left(\frac{\partial g_j}{\partial y} \right)^T \frac{\partial y}{\partial x_i} + \frac{\partial g_j}{\partial x_i}, j = 1, \dots, m$$

$$\left(\frac{\partial g}{\partial y} \right)^T \frac{\partial y}{\partial x_i} + \frac{\partial g}{\partial x_i} = 0$$

Karena $\left(\frac{\partial g}{\partial y} \right)$ nonsingular pada $\bar{X}$, maka

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = - \left(\frac{\partial g}{\partial y} \right)^{-1} \frac{\partial g}{\partial x_i} \equiv B^{-1} \partial g / \partial x_i \quad (4-17)$$

Dengan menggunakan (13) ke (12), maka

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial x_i} - \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^T B^{-1} \partial g_k \partial x_i \quad (4-18)$$

$$\pi = \left(\frac{\partial f}{\partial y} \right)^T B^{-1} \quad (4-19)$$

Akan ditunjukkan bahwa m -vektor π adalah vektor perkalian Kuhn-Tucker untuk g , dengan menggunakan persamaan (15), maka komponen ∇F adalah

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \frac{\partial f}{\partial x_i} - \pi^T \frac{\partial g}{\partial x_i} \quad (4-20)$$

Persamaan (16) dapat mereduksi persamaan diferensial jika f dan g_i linear. Jadi, $\frac{\partial y}{\partial x_i} = c_i$, $\frac{\partial f}{\partial y} = c_B$ dan $\frac{\partial g}{\partial x_i} = P$

4.5.1.3 GRG dan Kuhn Tucker

Jika $\bar{X}$ bernilai optimum untuk persamaan minimize $f(X)$ (4-4) $l_i \leq X_i \leq u_i$, $i=1, \dots, n$ (4-6), dan jika semua gradient dari $\bar{X}$ bernilai konstan, maka kondisi Kuhn Tucker terpenuhi untuk $\bar{X}$. π adalah faktor pengali Lagrange untuk persamaan $g_i(X)=0$, $i=1, \dots, m$ (4-5) dimana α dan β adalah faktor pengali untuk batas bawah dan atas. Maka Lagrangian untuk minimize $f(X)$ (4-4) $l_i \leq X_i \leq u_i$, $i=1, \dots, n$ (4-6) adalah :

$$L = f + \pi g + \alpha(1 - X) + \beta(X - \pi)$$

Kondisi Kuhn Tucker, ditulis dalam bentuk x dan y adalah

$$\frac{\partial L}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial y} + \pi B - \alpha_y + \beta_y = 0 \quad (4-21)$$

$$\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial x} + \pi \frac{\partial g}{\partial x} - \alpha_x + \beta_x = 0 \quad (4-22)$$

$$\alpha \geq 0, \beta \geq 0 \quad (4-23)$$

$$\alpha(1 - x) = \beta(x - \pi) = 0 \quad (4-24)$$

Dimana α_y dan β_y adalah sub vektor α dan β yang berhubungan dengan variabel y , dan α_x dan β_x adalah sub vektor yang berhubungan dengan variabel x . Jika $\bar{X}$ optimum, maka tiga vektor $\bar{\alpha}, \bar{\beta}, \bar{\pi}$, yang dengan $\bar{X}$ akan memenuhi persamaan $\frac{\partial L}{\partial y} = \frac{\partial f}{\partial y} + \pi B - \alpha_y + \beta_y = 0$ (4-20) $-\alpha(1 - x) = \beta(x - \pi) = 0$ (4-23). Karena $\bar{y}$ berada dalam batas atas dan bawah, maka $\alpha(1 - x) = \beta(x - \pi) = 0$ (4-23) berarti:

$$\alpha_y = \beta_y = 0$$

Maka (17) berarti:

$$\pi = -\frac{\partial f}{\partial y B^{-1}}$$

Jadi vektor π pada $\pi = \left(\frac{\partial f}{\partial y}\right)^T B^{-1}$ (4-18) adalah vektor pengali untuk persamaan $g_i(X)=0$, $i=1, \dots, m$ (4-5). Maka $\frac{\partial L}{\partial x} = \frac{\partial f}{\partial x} + \pi \frac{\partial g}{\partial x} - \alpha_x + \beta_x = 0$ (4-21) dapat ditulis:

$$\frac{\partial f}{\partial x} + \pi \frac{\partial g}{\partial x} = \alpha_x - \beta_x \quad (4-25)$$

Sisi kiri persamaan $\frac{\partial f}{\partial x} + \pi \frac{\partial g}{\partial x} = \alpha_x - \beta_x$ (4-24) adalah penyederhanaan dari $\nabla F(x)$.

karena $\frac{\partial f}{\partial x} + \pi \frac{\partial g}{\partial x} = \alpha_x - \beta_x$ (4-24) berhubungan dengan minimize $F(x)$ (4-11) $1_{NB} \leq x \leq u_{NB}$ (4-12), jika x_i dibatasi oleh batas atas dan bawah $\alpha_{xi} = \beta_{xi} = 0$, $\alpha(1-x) = \beta(x-\pi) = 0$ (4-23), menjadi :

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = 0 \quad (4-26)$$

x_i pada batas bawah $\beta_{xi} = 0$ maka

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = \alpha_{xi} \geq 0 \quad (4-27)$$

x_i pada batas bawah $\alpha_{xi} = 0$ maka

$$\frac{\partial F}{\partial x_i} = -\beta_{xi} \leq 0 \quad (4-28)$$

4.5.2 Kalibrasi

Parameter-paramater yang digunakan sudah dikalibrasi dan dilakukan simulasi dengan menggunakan metode GRG linier multivariabel untuk mendapatkan persamaan indeks layanan jaringan drainase perkotaan.

4.5.3 Indeks Teknis Layanan Drainase Perkotaan

Indeks teknis layanan drainase perkotaan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$IL_{\text{teknis}} = a_1 \cdot T_1 + a_2 \cdot T_2 + a_3 \cdot T_3$$

dengan:

IL_{teknis} : indeks teknis layanan drainase perkotaan

T_1 : indeks pola pengaliran

T_2 : indeks permasalahan

T_3 : indeks kapasitas sistem

a_n : bobot indeks

4.5.4 Indeks Non Teknis Layanan Drainase Perkotaan

Indeks non-teknis layanan drainase perkotaan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$IL_{\text{non-teknis}} = b_1 \cdot N_1 + b_2 \cdot N_2 + b_3 \cdot N_3 + b_4 \cdot N_4 + b_5 \cdot N_5$$

dengan:

$IL_{\text{non-teknis}}$: indeks non teknis layanan drainase perkotaan

N_1 : indeks manajemen kelembagaan

N_2 : indeks aspek hukum dan pengaturan

N_3 : indeks sosial-budaya dan ekonomi

- N_4 : indeks peran masyarakat dan swasta
 N_5 : indeks kerugian akibat timbulnya genangan
 b_n : bobot indeks

4.5.5 Indeks Layanan Drainase Perkotaan

Indeks layanan drainase perkotaan dihitung berdasarkan persamaan berikut:

$$IL = \alpha IL_{\text{teknis}} + \beta IL_{\text{non-teknis}}$$

dengan:

- IL : indeks layanan drainase perkotaan
 IL_{teknis} : indeks teknis layanan drainase perkotaan
 $IL_{\text{non-teknis}}$: indeks non teknis layanan drainase perkotaan
 α, β : bobot indeks

4.5.6 Validasi

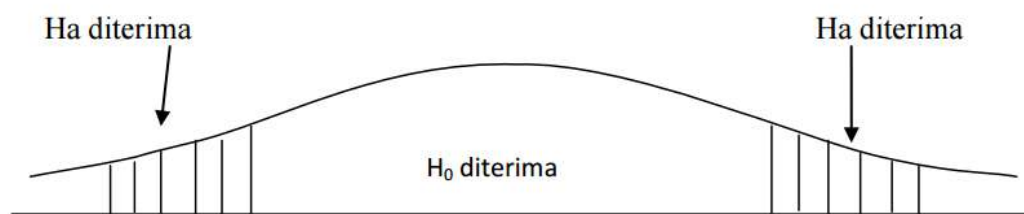
Validasi nilai indeks akan dilaksanakan dengan menguji formula model indeks yang sudah dihasilkan. Validasi ini harus menghasilkan nilai yang memenuhi syarat secara statistik. Hasil yang diperoleh akan diuji dengan nilai R^2 , nilai tingkat kepercayaan T-statistik.

Uji T-statistik merupakan pengujian untuk mengetahui apakah masing-masing koefisien regresi signifikan atau tidak terhadap dependen variabel dengan menganggap variabel independen lainnya konstan. Nilai t-hitung dihitung menggunakan persamaan berikut:

$$T - \text{hitung} = \frac{b_i}{se(b_i)}$$

dimana:

- b_i : koefisien variabel ke i
 $Se(b_i)$: simpangan baku dari variabel independen ke i



Gambar 4.14 Kurva Pengambilan Keputusan Uji T-statistik

Sumber: Rekayasa hidrologi edisi revisi, 2018

Dalam uji t ini digunakan perumusan bentuk hipotesis sebagai berikut :

$$H_0 : b_i = 0 \text{ dan } H_a : b_i \neq 0$$

dimana bila b_i adalah koefisien variabel ke I nilai parameter hipotesis dan biasanya dianggap sama dengan 0 (nol). Artinya tidak ada pengaruh variabel X terhadap Y.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan uji t dengan membandingkan t-statistik dengan t-tabel. Apabila hasil perhitungan menunjukkan:

- a) H_0 diterima dan H_a ditolak apabila $t\text{-hitung} < t\text{-tabel}$ dengan tingkat kepercayaan sebesar (α) , artinya variabel-variabel bebas tidak dapat menerangkan variabel terikat, dimana tidak terdapat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Pengujian ini dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar (α) .
- b) H_0 ditolak dan H_a diterima apabila $t\text{-hitung} > t\text{-tabel}$ dengan tingkat kepercayaan sebesar (α) artinya variasi variabel bebas dapat menerangkan variabel terikat, dimana terdapat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Pengujian ini dilakukan dengan tingkat kepercayaan sebesar (α) .



BAB 5 HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini difokuskan pada DAS Citepus karena memiliki permasalahan yang cukup kompleks, diantaranya drainase yang kurang baik, perubahan tata guna lahan, sampah, erosi dan sedimentasi, serta perilaku masyarakat terhadap lingkungan. Selain itu, DAS Citepus merupakan gerbang masuk menuju Kota Bandung. Pada bagian ini akan disajikan data hasil survey, permodelan yang meliputi kalibrasi, validasi dan verifikasi.

5.1 Permodelan Indeks Layanan Drainase Perkotaan

Sesuai dengan bagan alir maka untuk memulai model harus tersedia data. Survei dilakukan pada 16 saluran primer yang berada di DAS Citepus dan saluran-saluran langsung yang mempunyai kapasitas disain mempunyai kapasitas disain $\geq 2 \text{ m}^3/\text{detik}$ sehingga cukup signifikan memberikan kontribusi terhadap kapasitas pengaliran, antara lain: 1) SP Cipedes hilir; 2) SP Sarijadi; 3) SP Cibogo; 4) SP Citepus; 5) SP Supadio; 6) SP Cikakak; 7) SP Cilimus; 8) SP Waringin; 9) SP Ciroyom; 10) SP Babakan Tarogong; 11) SP Arjuna; 12) SP Otista; 13) SP Leuwisari; 14) SP Kurdi; 15) SP Muara; dan 16) SP Curug candung.

Berdasarkan sub bab 2.3 dan 2.4 pada Bab 2, permodelan indeks layanan drainasi perkotaan ini dibuat berdasarkan kriteria teknis dan non-teknis. Kriteria teknis terdiri dari 3 variabel (T) dan 12 variabel (t), sedangkan kriteria non-teknis terdiri dari 5 variabel (N) dan 14 variabel (n). Jadi total ada 34 variabel seperti pada Tabel 5.1. untuk aspek teknis dan Tabel 5.2. untuk aspek non teknis.

Tabel 5.1. Variabel dan variabel untuk aspek teknis

No.	Variabel	Simbol	No.	Variabel	Simbol
1.	kapasitas sistem	T_1	1.	kapasitas saluarn	t_{11}
			2.	Usia	t_{12}
			3.	kondisi saluran	t_{13}
			4.	kondisi bangunan pelengkap	t_{14}
			5.	kerapatan drainasi	t_{15}
			6.	laju perubahan tata guna lahan	t_{16}
2.	pola pengaliran	T_2	7.	waktu pengaliran	t_{21}
			8.	tutupan lahan	t_{22}
			9.	kondisi saluran	t_{23}
3.	permasalahan	T_3	10.	luas genangan	t_{31}
			11.	tinggi rata-rata genangan	t_{32}
			12.	durasi rata-rata genangan	t_{33}

Sumber: hasil analisis

Tabel 5.2. Variabel dan variabel untuk aspek non-teknis

No	Variabel	Simbol	No.	Variabel	Simbol
1.	manajemen dan kelembagaan	N_1	1.	struktur dan bentuk organisasi	n_{11}
			2.	SDM	n_{12}
			3.	badan pengawas	n_{13}
			4.	SOP	n_{14}
			5.	master plan	n_{15}
2.	peran masyarakat dan swasta	N_2	7.	forum masyarakat yang ikut terlibat	n_{21}
			8.	keterlibatan masyarakat dan swasta	n_{22}
3.	aspek hukum dan pengaturan	N_3	10.	monitoring terhadap undang-undang	n_{31}
			11.	upaya penegakan hukum	n_{32}
			12.	penghargaan terhadap masyarakat	n_{33}
4.	sosial budaya dan ekonomi	N_4	13.	kondisi sempadan	n_{41}
			14.	tingkat pendidikan	n_{42}
			15.	biaya operasional	n_{43}
5.	kerugian akibat timbulnya genangan	N_5	16.	fasilitas umum dan permukiman	n_{51}

Sumber: hasil analisis

Responden yang memberikan pendapatnya berjumlah 50 orang yang berkaitan dengan variabel non teknis. Data hasil survei tersebut dilakukan untuk memperoleh nilai kriteria masing-masing variabel dan indeks, baik nilai kriteria teknis maupun nilai kriteria non teknis. Adapun materi survei disajikan pada bagian Lampiran. Berdasarkan hasil survei dan nilai kriteria masing-masing indeks yang disajikan pada sub-bab 4.4, diperoleh matrik penilaian kriteria teknis dan non teknis sebagai berikut.

Tabel 5.3. Rekapitulasi Hasil Variabel Kapasitas Sistem

No.	Nama Saluran Primer	Kapasitas Saluran (m^3/dt)	Usia (tahun)	Kondisi (% rusak)	Kondisi Bangunan Pelengkap (m^3/dt)	Kerapatan Drainase (km/km^2)	Laju Perubahan TGL (%/tahun)
		t_{11}	t_{12}	t_{13}	t_{14}	t_{15}	t_{16}
1	Cipedes Hilir	3,25	7	28	2,768	2,0	0,92
2	Sarijadi	6,09	7	12	4,952	1,7	0,8
3	Cibogo	37,60	7	13	30,362	0,24	0,78
4	Citepus	1,458	7	28	1,479	2,1	0,83
5	Supadio	2,699	7	13	2,213	3,3	0,98
6	Cikakak	4,267	7	27	3,502	2,7	1,20
7	Cilimus	3,10	7	11	2,638	2,6	1,15
8	Waringin	1,383	7	26	1,401	2,9	1,36
9	Ciroyom	2,962	7	12,6	3,112	3,6	0,71
10	Babakan Tarogong	2,727	7	14	3,764	4,0	1,31
11	Arjuna	1,694	7	26	2,300	3,3	1,6
12	Otista	0,838	7	50,2	0,706	5,4	1,22
13	Leuwisari	2,151	7	14	2,968	3,2	1,58
14	Kurdi	2,259	7	27	2,318	2,6	0,62
15	Muara	1,129	7	28	1,205	4,1	0,91
16	Curug Candung	0,513	7	13	0,708	3,4	0,72
Sumber:		Hasil Perhitungan	Hasil Perhitungan	Survei Lapangan	Data	Data	Data

Catatan:

Rusak: Pintu
Banyak lubang Jembatan
Tebing rusak Gorong-gorong
Lingkungan rusak

Tabel 5.4. Rekapitulasi Hasil Variabel Pola Pengaliran

No.	Nama Saluran Primer	Waktu Konsentrasi (tc)	Tutupan lahan (%)	Kondisi Saluran
		t ₂₁	t ₂₂	t ₂₃
1	Cipedes Hilir	148,72	90%	Gabungan
2	Sarijadi	31,92	90%	Gabungan
3	Cibogo	104,62	90%	Gabungan
4	Citepus	721,16	90%	Gabungan
5	Supadio	16,94	70%	Gabungan
6	Cikakak	59,61	90%	Gabungan
7	Cilimus	136,67	90%	Gabungan
8	Waringin	13,18	90%	Gabungan
9	Ciroyom	24,94	90%	Gabungan
10	Babakan Tarogong	9,63	65%	Gabungan
11	Arjuna	18,27	70%	Gabungan
12	Otista	12,16	90%	Gabungan
13	Leuwisari	11,74	90%	Gabungan
14	Kurdi	13,44	90%	Gabungan
15	Muara	23,93	90%	Gabungan
16	Curug Candung	5,94	90%	Gabungan
Sumber:		Hasil Perhitungan	Survei Lapangan	Survei Lapangan

Tabel 5.5. Rekapitulasi Hasil Variabel Permasalahan

No.	Nama Saluran Primer	Luas Genangan (%)	Tinggi Rata-rata Genangan (cm)	Dursi Rata-rata Genangan (jam)
		t ₃₁	t ₃₂	t ₃₃
1	Cipedes Hilir	0.259	200	6
2	Sarijadi	0.088	20	0.5
3	Cibogo	0.255	50	4
4	Citepus	0.042	150	5
5	Supadio	0.165	20	0.5
6	Cikakak	0.275	100	1
7	Cilimus	0.168	100	1
8	Waringin	0.264	20	1
9	Ciroyom	0.683	100	5
10	Babakan Tarogong	0.358	18	0.5
11	Arjuna	0.226	17	0.5
12	Otista	1.514	150	3
13	Leuwisari	0.209	15	0.5
14	Kurdi	0.230	15	0.5
15	Muara	0.155	15	0.5
16	Curug Candung	0.485	15	0.5
Sumber:		Data & Perhitungan	Survei Lapangan	Survei Lapangan

Tabel 5.6. Rekapitulasi Hasil Variabel Manajemen dan Kelembagaan

No.	Nama Saluran Primer	Struktur dan Bentuk Organisasi	SDM	Badan Pengawas	SOP	Master Plan
		n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅
1	Cipedes Hilir	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
2	Sarijadi	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
3	Cibogo	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
4	Citepus	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
5	Supadio	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
6	Cikakak	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
7	Cilimus	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
8	Waringin	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
9	Ciroyom	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
10	Babakan Tarogong	Tidak ada	Ada, jumlahnya memadai dan dapat bekerja dengan optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
11	Arjuna	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, jumlahnya memadai dan dapat bekerja dengan optimal	Sudah ada dan bekerja secara optimal	Sudah ada dan sudah diimplementasikan seluruhnya	Sudah ada dan sudah diimplementasikan seluruhnya
12	Otista	Tidak ada	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Sudah ada dan belum diimplementasikan
13	Leuwisari	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
14	Kurdi	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, jumlahnya memadai dan dapat bekerja dengan optimal	Sudah ada dan bekerja secara optimal	Sudah ada dan sudah diimplementasikan seluruhnya	Tidak ada
15	Muara	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, jumlahnya memadai dan dapat bekerja dengan optimal	Sudah ada dan bekerja secara optimal	Sudah ada dan sudah diimplementasikan seluruhnya	Tidak ada
16	Curug Candung	Ada, sampai ke tingkat kelurahan	Ada, tetapi jumlahnya tidak memadai sehingga tidak optimal	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada

Sumber: Hasil survei lapangan

Tabel 5.7. Rekapitulasi Hasil Variabel Masyarakat dan Swasta

No.	Nama Saluran Primer	Forum Masyarakat yang Ikut Terlibat	Keterlibatan Masyarakat dan Swasta
		n ₂₁	n ₂₂
1	Cipedes Hilir	Tidak ada	Tidak ada
2	Sarijadi	sedang dibentuk	Tidak ada
3	Cibogo	Tidak ada	Tidak ada
4	Citepus	Tidak ada	Tidak ada
5	Supadio	Tidak ada	Ada, masyarakat saja
6	Cikakak	Tidak ada	Ada, masyarakat saja
7	Cilimus	Tidak ada	Tidak ada
8	Waringin	Tidak ada	Tidak ada
9	Ciroyom	Tidak ada	Tidak ada
10	Babakan Tarogong	sedang dibentuk	Tidak ada
11	Arjuna	sedang dibentuk	Ada, masyarakat saja
12	Otista	Tidak ada	Tidak ada
13	Leuwisari	Tidak ada	Tidak ada
14	Kurdi	sedang dibentuk	Ada, masyarakat saja
15	Muara	sedang dibentuk	Ada, masyarakat saja
16	Curug Candung	sedang dibentuk	Ada, keduanya dan sudah berjalan dengan baik

Sumber: Hasil survei lapangan

Tabel 5.8. Rekapitulasi Hasil Variabel Aspek Hukum dan Pengaturan

No.	Nama Saluran Primer	Monitoring terhadap Undang-undang	Upaya Penegakan Hukum	Penghargaan terhadap Masyarakat
		n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃
1	Cipedes Hilir	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
2	Sarijadi	Tidak ada	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
3	Cibogo	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
4	Citepus	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
5	Supadio	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
6	Cikakak	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
7	Cilimus	Tidak ada	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
8	Waringin	Tidak ada	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
9	Ciroyom	Tidak ada	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
10	Babakan Tarogong	Tidak ada	Tidak ada	Tingkat Kota
11	Arjuna	Dilakukan oleh masyarakat dan yang berwajib, namun belum optimal	Adanya sangsi hukum	Tidak ada
12	Otista	Dilakukan oleh masyarakat dan yang berwajib, namun belum optimal	Tidak ada	Tidak ada
13	Leuwisari	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial	Tidak ada
14	Kurdi	Dilakukan oleh masyarakat dan yang berwajib	Adanya sangsi sosial dan hukum yang dijalankan dengan baik	Tidak ada
15	Muara	Dilakukan oleh masyarakat saja	Adanya sangsi sosial dan hukum namun belum diterapkan secara menyeluruh	Tidak ada
16	Curug Candung	Dilakukan oleh masyarakat dan yang berwajib, namun belum optimal	Adanya sangsi hukum	Tidak ada

Sumber: Hasil survei lapangan

Tabel 5.9. Rekapitulasi Hasil Variabel Sosial Budaya dan Ekonomi

No.	Nama Saluran Primer	Kondisi Sempadan	Tingkat Pendidikan	Kegiatan Ekonomi (orang/hari)
		n_{41}	n_{42}	n_{43}
1	Cipedes Hilir	banyak bangunan & bersih	S1 / D4	300
2	Sarijadi	banyak bangunan & bersih	S1 / D4	250
3	Cibogo	bersih dari bangunan & limbah	S1 / D4	250
4	Citepus	bersih dari bangunan & limbah	S1 / D4	350
5	Supadio	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	150
6	Cikakak	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	175
7	Cilimus	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	175
8	Waringin	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	175
9	Ciroyom	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	300
10	Babakan Tarogong	banyak bangunan & limbah industri	S1 / D4	250
11	Arjuna	bersih dari bangunan & limbah	S1 / D4	250
12	Otista	bersih dari bangunan & limbah	S1 / D4	275
13	Leuwisari	bersih dari bangunan & limbah	S1 / D4	275
14	Kurdi	bersih dari bangunan & limbah	S1 / D4	275
15	Muara	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	300
16	Curug Candung	banyak bangunan & limbah domestik	S1 / D4	275

Sumber: Hasil survei lapangan

Tabel 5.10. Rekapitulasi Hasil Variabel Kerugian Akibat Timbulnya Genangan

No.	Nama Saluran Primer	Fasilitas Umum dan Permukiman
		n_{51}
1	Cipedes Hilir	Rp. 700 juta - 800 juta
2	Sarijadi	Rp. 700 juta - 800 juta
3	Cibogo	Rp. 700 juta - 800 juta
4	Citepus	Rp. 700 juta - 800 juta
5	Supadio	> Rp. 800 juta
6	Cikakak	> Rp. 800 juta
7	Cilimus	> Rp. 800 juta
8	Waringin	> Rp. 800 juta
9	Ciroyom	> Rp. 800 juta
10	Babakan Tarogong	> Rp. 800 juta
11	Arjuna	> Rp. 800 juta
12	Otista	> Rp. 800 juta
13	Leuwisari	Rp. 700 juta - 800 juta
14	Kurdi	Rp. 700 juta - 800 juta
15	Muara	Rp. 700 juta - 800 juta
16	Curug Candung	Rp. 700 juta - 800 juta

Sumber: Hasil survei lapangan

Data variabel untuk 16 saluran primer baik aspek teknis maupun aspek non-teknis telah seluruhnya direkapitulasi pada Tabel 5.3. sampai dengan Tabel 5.10. Skor ditentukan berdasarkan Tabel 5.3, Tabel 5.4, dan Tabel 5.5 mengenai variabel-variabel teknis Citepus. Sedangkan skor Tabel 5.6, Tabel 5.7, Tabel 5.8, Tabel 5.9, dan Tabel 5.10 ditentukan berdasarkan variabel-variabel non teknis Citepus.

Selanjutnya dilakukan nilai skor sesuai dengan kriteria untuk aspek teknis dan non teknis seperti disajikan pada Tabel 5.11, dan Tabel 5.12, di bawah ini.

Tabel 5.11. Skor Kriteria Teknis Citepus

No.	Nama Saluran Primer	T ₁ (kapasitas saluran)						T ₂ (pola pengaliran)			T ₃ (permasalahan)		
		t ₁₁	t ₁₂	t ₁₃	t ₁₄	t ₁₅	t ₁₆	t ₂₁	t ₂₂	t ₂₃	t ₃₁	t ₃₂	t ₃₃
1	Cipedes hilir	5	3	3	4	2	5	1	1	1	5	1	3
2	Sarijadi	5	3	4	4	2	4	1	1	1	5	5	5
3	Cibogo	5	3	4	4	1	4	1	1	1	5	3	4
4	Citepus	4	3	3	4	2	5	1	1	1	5	1	4
5	Supadio	5	3	4	4	2	5	1	1	1	5	5	5
6	Cikakak	5	3	3	4	2	4	1	1	1	5	1	4
7	Cilimus	5	3	4	4	2	4	1	1	1	5	1	4
8	Waringin	4	3	3	4	2	4	2	1	1	5	5	5
9	Ciroyom	4	3	4	4	2	5	1	1	1	5	1	4
10	Babakan Tarogong	3	3	4	4	2	4	3	1	1	5	5	5
11	Arjuna	3	3	3	4	2	4	1	1	1	5	5	5
12	Otista	5	3	2	4	3	4	2	1	1	5	1	4
13	Leuwisari	1	3	4	4	2	4	2	1	1	5	5	5
14	Kurdi	4	3	3	4	2	5	2	1	1	5	5	5
15	Muara	4	3	3	4	2	5	1	1	1	5	5	5
16	Curug Candung	3	3	4	4	2	5	4	1	1	5	5	5

Sumber: Data dan hasil perhitungan

Tabel 5.12. Skor Kriteria Non Teknis Citepus

No.	Nama Saluran Primer	N ₁ (manajemen dan kelembagaan)					N ₂ (peran masyarakat)		N ₃ (badan pengawas)			N ₄ (sosial budaya dan ekonomi)				N ₅ (kerugian akibat timbulnya genangan)				
		n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₂₁	n ₂₂	n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃	n ₄₁	n ₄₂	n ₄₃	n ₄₄	n ₅₁	n ₅₂	n ₅₃	n ₅₄	n ₅₅
1	Cipedes hilir	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	4	4	1	2	5	1	5	5	5
2	Sarijadi	1	1	1	1	1	4	1	1	2	1	4	4	1	3	5	1	5	5	5
3	Cibogo	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	5	4	1	2	5	1	1	5	5
4	Citepus	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	5	3	1	2	5	1	5	5	5
5	Supadio	3	2	1	1	1	1	2	3	2	1	3	3	1	3	5	1	5	5	5
6	Cikakak	3	2	1	1	1	1	2	3	2	1	3	4	1	2	5	1	5	5	5
7	Cilimus	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1	2	5	1	5	5	5
8	Waringin	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1	3	5	1	5	5	5
9	Ciroyom	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	3	1	2	5	1	1	5	5
10	Babakan Tarogong	2	4	1	1	1	4	1	1	1	4	2	3	1	3	5	1	5	5	5
11	Arjuna	3	4	5	5	5	5	2	4	3	1	5	5	5	3	5	1	5	5	5
12	Otista	4	2	1	1	3	1	1	4	1	1	5	5	1	2	5	1	5	5	5
13	Leuwisari	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	5	4	1	3	5	1	5	5	5
14	Kurdi	3	4	5	5	1	4	2	5	5	1	5	5	5	5	5	1	5	5	5
15	Muara	3	4	5	5	1	4	2	3	4	1	3	5	5	5	5	1	5	5	5
16	Curug Candung	3	2	1	1	1	5	5	4	3	1	3	5	5	5	5	1	5	5	5

Sumber: Data dan hasil perhitungan

Keterangan Tabel 5.11. dan 5.12:

T₁ : Kapasitas sistem

- t₁₁ : Kapasitas saluran
- t₁₂ : Usia
- t₁₃ : Kondisi saluran
- t₁₄ : Kondisi bangunan pelengkap
- t₁₅ : Kerapatan drainase
- t₁₆ : Laju perubahan tata guna lahan

T₂ : Pola pengaliran

- t₂₁ : Waktu konsentrasi
- t₂₂ : Tutupan lahan
- t₂₃ : Kondisi saluran

T₃ : Permasalahan

- t₃₁ : Luas genangan
- t₃₂ : Tinggi rata-rata genangan
- t₃₃ : Durasi rata-rata genangan

N₁ : Manajemen dan kelembagaan

- n₁₁ : Struktur dan bentuk organisasi
- n₁₂ : SDM
- n₁₃ : Badan Pengawas
- n₁₄ : SOP
- n₁₅ : Master plan

N₂ : Peran masyarakat dan swasta

- n₂₁ : Forum masyarakat yang ikut terlibat
- n₂₂ : Keterlibatan masyarakat dan swasta

N₃ : Aspek hukum dan pengaturan

- n₃₁ : Monitoring terhadap undang-undang
- n₃₂ : Upaya penegakan hukum
- n₃₃ : Penghargaan terhadap masyarakat

N₄ : Sosial budaya dan ekonomi

- n₄₁ : Kondisi sempadan
- n₄₂ : Tingkat pendidikan
- n₄₃ : Biaya operasional

N_5 : Kerugian akibat timbulnya genangan

n_{51} : Fasilitas umum dan permukiman

5.1.1 Analisis dan Hasil Parameter Model

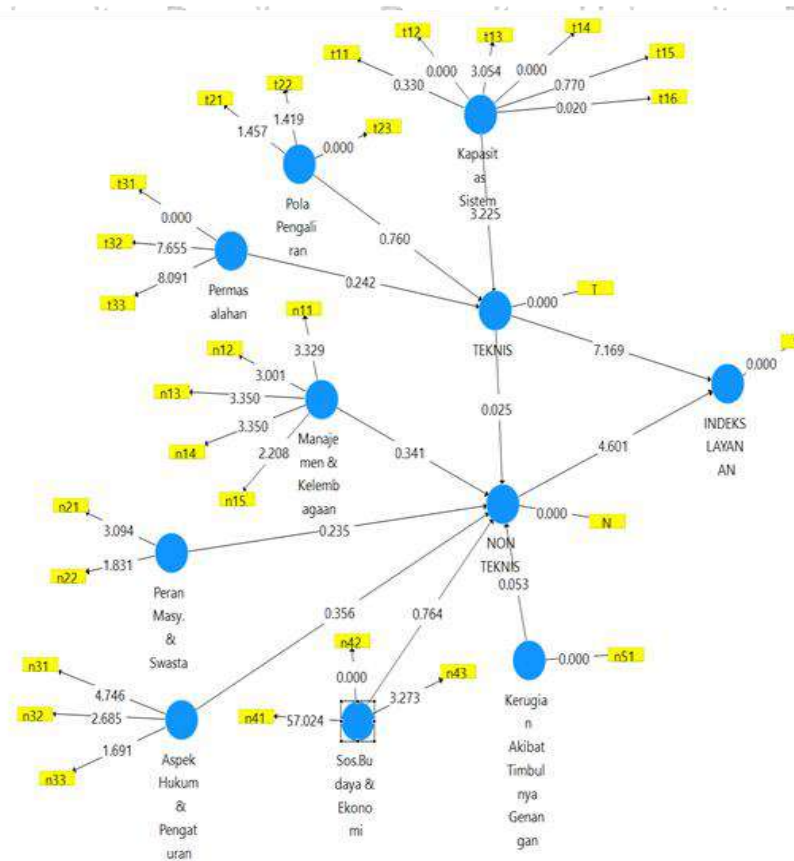
Berdasarkan hasil survei di atas terdapat 34 variabel yang harus dilakukann analisa dan uji pengaruh antar variabel. Hubungan pengaruh antar variabel-variabel yaitu teknis dan non teknis diuji menggunakan alat bantu Smart PLS sebagai alat penyaring. Pada aspek teknis terdapat 15 (lima belas) variabel, sedangkan pada aspek non teknis terdapat 19 (sembilan belas) variabel.

Selanjutnya dilakukan analisa statistik menggunakan Smart PLS untuk mengetahui besar kecilnya hubungan antar variabel kapasitas sistem (T_1), pola pengaliran (T_2), permasalahan (T_3), manajemen dan kelembagaan (N_1), peran masyarakat dan swasta (N_2), aspek hukum dan pengaturan (N_3), sosial budaya dan ekonomi (N_4), serta kerugian akibat timbulnya genangan (N_5) pada indeks layanan infrastruktur drainase perkotaan.

Model *Structural Equation Modeling* (SEM) dengan *Partial Least Square* (PLS) menggunakan program SmartPLS yang digunakan untuk mengevaluasi besar kecilnya hubungan pengaruh antar variabel. Hasil analisa PLS dapat akan dijelaskan sebagai berikut:

A. Evaluasi Outer Model

Evaluasi pertama dilakukan ada *outer model* untuk mengukur nilai *outer loading*, dimana suatu variabel dikatakan memenuhi *convergent validity* dan hubungan yang kuat jika memiliki *outer loading* > 0,5. Berikut hasil evaluasi hubungan pengaruh variabel dan variabel putaran pertama.



Gambar 5.1 Model hubungan antar variabel (putaran 1)

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan Gambar 5.1 dapat dijelaskan yang diperoleh masing-masing variabel adalah sebagai berikut.

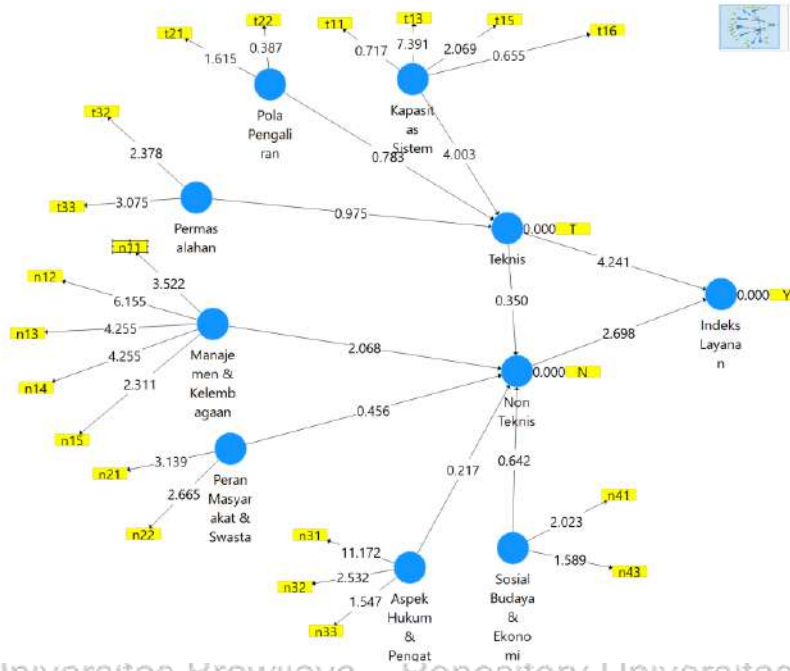
1. Nilai *outer loading* empat variabel pada variabel kapasitas sistem (T_1) yaitu kapasitas saluran (t_{11}), kondisi aliran (t_{13}), kerapatan drainase (t_{15}), dan laju perubahan tata guna lahan (t_{16}) mempunyai nilai lebih dari nol. Hal ini berarti keempat variabel yang menyusun variabel kapasitas sistem yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut. Dua variabel yaitu kondisi saluran (t_{13}) dan kerapatan drainase (t_{15}) mempunyai nilai lebih besar dari 0,5 mempunyai pengaruh yang besar. Untuk dua variabel lainnya yaitu usia saluran (t_{12}) dan kondisi bangunan pelengkap (t_{14}) bernilai nol, sehingga kedua variabel tersebut tidak dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.
2. Nilai *outer loading* kedua variabel pada variabel pola pengaliran (T_2) yaitu waktu konsentrasi (t_{21}) dan tutupan lahan (t_{22}) lebih dari nol. Sedangkan variabel sistem drainase (t_{23}) bernilai nol, sehingga variabel tersebut tidak dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.

3. Nilai *outer loading* kedua variabel pada variabel permasalahan (T_3) yaitu tinggi rata-rata (t_{32}) dan durasi rata-rata genangan (t_{33}) lebih dari nol. Sedangkan variabel luas genangan (t_{31}) bernilai nol, sehingga variabel tersebut tidak dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.
4. Nilai *outer loading* kelima variabel pada variabel manajemen dan kelembagaan (N_1) yaitu struktur dan bentuk organisasi (n_{11}), SDM (n_{12}), badan pengawas (n_{13}), SOP (n_{14}) dan master plan (n_{15}) semuanya lebih besar dari nol. Hal ini berarti variabel-variabel yang menyusun variabel manajemen dan kelembagaan yang digunakan dalam penelitian ini telah memenuhi *convergent validity*, sehingga kelima variabel yang menyusun variabel manajemen dan kelembagaan dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.
5. Nilai *outer loading* kedua variabel pada variabel peran masyarakat dan swasta (N_2) yaitu forum masyarakat (n_{21}) yang ikut terlibat dan keterlibatan masyarakat dan swasta (n_{22}) semuanya lebih besar dari nol. Hal ini berarti variabel-variabel yang menyusun variabel peran masyarakat dan swasta yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.
6. Nilai *outer loading* ketiga variabel pada variabel aspek hukum dan pengaturan (N_3) yaitu monitoring terhadap undang-undang (n_{31}), upaya penegakan hukum (n_{32}), dan penghargaan terhadap masyarakat (n_{33}) semuanya lebih besar dari nol. Hal ini berarti variabel-variabel yang menyusun variabel aspek hukum dan pengaturan yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.
7. Nilai *outer loading* kedua variabel pada variabel sosial budaya dan ekonomi (N_4) yaitu kondisi sempadan (n_{41}) dan biaya operasional (n_{43}) lebih besar dari nol, sedangkan tingkat pendidikan bernilai nol. Hal ini berarti indikator kondisi sempadan dan biaya operasional yang menyusun variabel sosial budaya dan ekonomi yang digunakan dalam penelitian ini dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut, sedangkan indikator tingkat pendidikan tidak dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.
8. Nilai *outer loading* variabel pada variabel kerugian akibat timbulnya genangan (N_5) yaitu perumahan dan fasilitas umum (n_{51}) bernilai nol. Hal ini berarti variabel kerugian akibat timbulnya genangan dan variabelnya tidak dapat digunakan untuk analisa lebih lanjut.

Terhadap variabel yang mempunyai *outer loading* bernilai nol dapat dijelaskan sebagai berikut:

1. Variabel t_{12} (usia saluran): usia saluran tidak linier dengan kemampuan jaringan drainase berfungsi sesuai disain, saluran dengan usia cukup seringkali berfungsi sesuai kapasitasnya, sehingga kapasitas saluran lebih menjadi faktor penting.
2. Variabel t_{14} (kondisi bangunan pelengkap): pada sistem jaringan irigasi bangunan pelengkap merupakan bangunan minor, seperti pada system jaringan drainase Citepus jumlah bangunan pelengkap ada 8 (delapan) buah yang fungsinya sebagai struktur pendukung, sehingga kemampuan mengalirkan air utamanya tetap pada kapasitas saluran.
3. Variabel t_{23} (sistem drainase): kinerja sistem drainase tidak ditentukan dengan tipe sistem drainase. Sistem drainase terpisah maupun gabungan hasil akhirnya adalah sama yaitu kemampuan mengalirkan air sesuai dengan disain.
4. Variabel t_{31} (luas genangan): secara umum luas genangan tidak menjadi penyebab yang signifikan terhadap turunnya kinerja sistem drainase, karena bisa jadi genangan luas tetapi tidak dalam atau waktu yang tidak lama, sehingga tinggi genangan dan durasi genangan menjadi variabel yang lebih penting terhadap tingkat layanan jaringan drainase.
5. Variabel n_{42} (tingkat Pendidikan): seringkali tingkat pendidikan tinggi tidak linier dengna kesadaran untuk partisipasi menjaga sistem drainase. Lebih penting kesadaran mental masyarakat pada tingkat pendidikan apapun pada sosial budaya untuk menjaga tingkat kinerja jaringan drainase perkotaan.
6. Variabel n_{51} (kerugian akibat genangan): secara nyata kerugian akibat genangan merupakan dampak dari genangan itu sendiri. Apabila tingkat layanan kurang, maka terjadi genangan dan mengakibatkan kerugian. Kerugian akibat genangan kurang memberikan timbal balik (*feedback*) terhadap tingkat layanan jaringan drainase tetapi lebih kepada dampak (*impact*).

Selanjutnya, variabel-variabel yang bernilai nol perlu dieliminasi dan dilakukan pengujian ulang terhadap sisa variabel yang ada.



Gambar 5.2 Model hubungan antar variabel dan variabel (putaran 2)

Sumber: Hasil analisis

Berdasarkan Gambar 5.2 di atas dapat dijelaskan bahwa yang diperoleh masing-masing variabel adalah sebagian besar bernilai lebih dari nol dan mempunyai nilai lebih besar dari 0,5. Dengan demikian dalam model penelitian, masing-masing variabel telah memenuhi *composite reliability*.

Terdapat 27 variabel yang dapat diterima dan digunakan dalam analisa selanjutnya yaitu:

1. Aspek teknis

- Variabel T_1 (kapasitas sistem): kapasitas saluran (t_{11}), kondisi saluran (t_{13}), kerapatan drainase (t_{15}), dan laju perubahan tata guna lahan (t_{16}).
- Variabel T_2 (pola pengaliran): waktu konsentrasi (t_{21}), tutupan lahan (t_{22}).

- Variabel T_3 (permasalahan): tinggi rata-rata genangan (t_{32}), durasi rata-rata genangan (t_{33}).

2. Aspek non teknis:

- Variabel N_1 (manajemen dan kelembagaan): struktur dan bentuk organisasi (n_{11}), sumberdaya manusia (n_{12}), badan pengawas (n_{13}), SOP (n_{14}), dan *master plan* (n_{15}).
- Variabel N_2 (peran masyarakat dan swasta): forum masyarakat yang ikut terlibat (n_{21}), dan keterlibatan masyarakat dan swasta (n_{22}).

- Variabel N_3 (aspek hukum dan pengaturan): monitoring terhadap undang-undang (n_{31}), upaya penegakan hukum (n_{32}), dan penghargaan terhadap masyarakat (n_{33}).

- Variabel N_4 (sosial budaya dan ekonomi): kondisi sempadan (n_{41}) dan biaya operasional (n_{43}).

Untuk lebih jelasnya berikut dipaparkan variabel sebelum dan sesudah dilakukan evaluasi menggunakan Smart-PLS masing-masing untuk aspek teknis seperti pada Tabel 5.13 dan aspek non teknis pada Tabel 5.14.

Tabel 5.13. Variabel aspek teknis sebelum dan sesudah evaluasi SEM-PLS

No	Variabel	Simbol	No.	Variabel	simbol evaluasi	
					sebelum	sesudah
1.	kapasitas sistem	T_1	1.	kapasitas saluarn	t_{11}	t_{11}
			2.	usia	t_{12}	-
			3.	kondisi saluran	t_{13}	t_{13}
			4.	kondisi bangunan pelengkap	t_{14}	-
			5.	kerapatan drainasi	t_{15}	t_{15}
			6.	laju perubahan tata guna lahan	t_{16}	t_{16}
2.	pola pengaliran	T_2	7.	waktu pengaliran	t_{21}	t_{21}
			8.	tutupan lahan	t_{22}	t_{22}
			9.	kondisi saluran	t_{23}	-
3.	permasalahan	T_3	10.	luas genangan	t_{31}	-
			11.	tinggi rata-rata genangan	t_{32}	t_{32}
			12.	durasi rata-rata genangan	t_{33}	t_{33}

Sumber: Hasil analisis

Tabel 5.14. Variabel aspek non-teknis sebelum dan sesudah evaluasi SEM-PLS

No	Variabel	Simbol	No.	Variabel	simbol evaluasi	
					seb	ses
1.	manajemen dan kelembagaan	N_1	1.	struktur dan bentuk organisasi	n_{11}	n_{11}
			2.	SDM	n_{12}	n_{12}
			3.	badan pengawas	n_{13}	n_{13}
			4.	SOP	n_{14}	n_{14}
			5.	master plan	n_{15}	n_{15}
2.	peran masyarakat dan swasta	N_2	7.	forum masyarakat yang ikut terlibat	n_{21}	n_{21}
			8.	keterlibatan masyarakat dan swasta	n_{22}	n_{22}
3.	aspek hukum dan pengaturan	N_3	10.	monitoring terhadap undang-undang	n_{31}	n_{31}
			11.	upaya penegakan hukum	n_{32}	n_{32}
			12.	penghargaan terhadap masyarakat	n_{33}	n_{33}
4.	sosial budaya dan ekonomi	N_4	13.	kondisi sempadan	n_{41}	n_{41}
			14.	tingkat pendidikan	n_{42}	-
			15.	biaya operasional	n_{43}	n_{43}
5.	kerugian akibat timbulnya genangan	N_5	16.	fasilitas umum dan permukiman	n_{51}	

Sumber: Hasil analisis

B. Evaluasi Inner Model

Berdasarkan model struktur putaran kedua, pengaruh hubungan variabel teknis (kapasitas sistem, pola pengaliran, dan permasalahan) dan variabel non teknis (manajemen dan kelembagaan, peran masyarakat dan swasta, aspek hukum dan pengaturan, serta sosial budaya dan ekonomi) mempunyai pengaruh yang erat terhadap indeks layanan infrastruktur drainase. Hal ini dapat dilihat dari angka *inner model* variabel teknis sebesar 4,241 dan variabel non teknis 2,698, dimana masing-masing variabel tersebut mempunyai nilai lebih besar dari 0,5.

5.1.2 Hasil Model

Untuk mendapat hasil model maka data hasil survei penilaian kriteria teknis dan non teknis yang disajikan pada sub-bab 5.2.1 selanjutnya dianalisis untuk memperoleh nilai koefisien masing-masing variabel dan variabel, baik teknis maupun non-teknis. Adapun analisis perhitungan nilai koefisien masing-masing variabel dan variabel, klasifikasi penilaian tersebut dilakukan melalui iterasi menggunakan alat analisis “solver” pada perangkat lunak Excel.

Iterasi terhadap nilai koefisien masing-masing kriteria dilakukan untuk memperoleh nilai indeks hasil perhitungan mendekati sama dengan nilai indeks lapangan dengan nilai kesalahan minimum. Kendala (*constraints*) yang digunakan sebagai parameter “solver” adalah sebagai berikut:

1. Nilai indeks teknis maupun non-teknis ≤ 5 ,
2. Jumlah nilai koefisien indeks teknis dan non teknis adalah $= 1$,
3. Jumlah nilai koefisien masing-masing kriteria adalah $= 1$.

Adapun hasil iterasi menggunakan “solver” dan nilai koefisien kriteria dan nilai indeks disajikan pada tabel berikut:

Tabel 5.15. Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Teknis

Tabel 15. Perhitungan Nilai Resistensi Perencanaan										
No.	Nama Saluran Primer	T ₁ (kapasitas saluran)				T ₂ (pola pengaliran)		T ₃ (permasalahan)		T Hitung
		0.853				0.127		0.021		
		t ₁₁ 0.188	t ₁₃ 0.429	t ₁₅ 0.493	t ₁₆ 0.144	t ₂₁ 0.246	t ₂₂ 0.190	t ₃₂ 0.090	t ₃₃ 0.389	
1	Cipedes hilir	5	3	2	5	1	1	1	3	3.437
2	Sarijadi	5	4	2	5	1	1	5	4	3.819
3	Cibogo	5	4	1	5	1	1	3	4	3.395
4	Citepus	4	3	2	5	1	1	1	4	3.285
5	Supadio	5	4	2	5	1	2	5	4	3.843
6	Cikakak	5	3	2	4	1	1	1	4	3.322
7	Cilimus	5	4	2	4	1	1	1	4	3.688
8	Waringin	4	3	2	4	2	1	5	4	3.200
9	Ciroyom	4	4	2	5	1	1	1	4	3.651
10	Babakan Tarogong	3	4	2	4	3	2	5	5	3.469
11	Arjuna	3	3	2	4	1	2	5	5	3.041
12	Otista	5	2	3	4	2	1	1	4	3.408
13	Leuwisari	3	4	2	4	2	1	5	5	3.414
14	Kurdi	4	3	2	5	2	1	5	5	3.332
15	Muara	4	3	2	5	1	1	5	5	3.300
16	Curug Candung	3	4	2	5	4	1	5	5	3.599
	Rerata	4.19	3.44	2.00	4.56	1.56	1.19	3.38	4.31	

Sumber: Hasil analisis

Tabel 5.16. Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Non Teknis

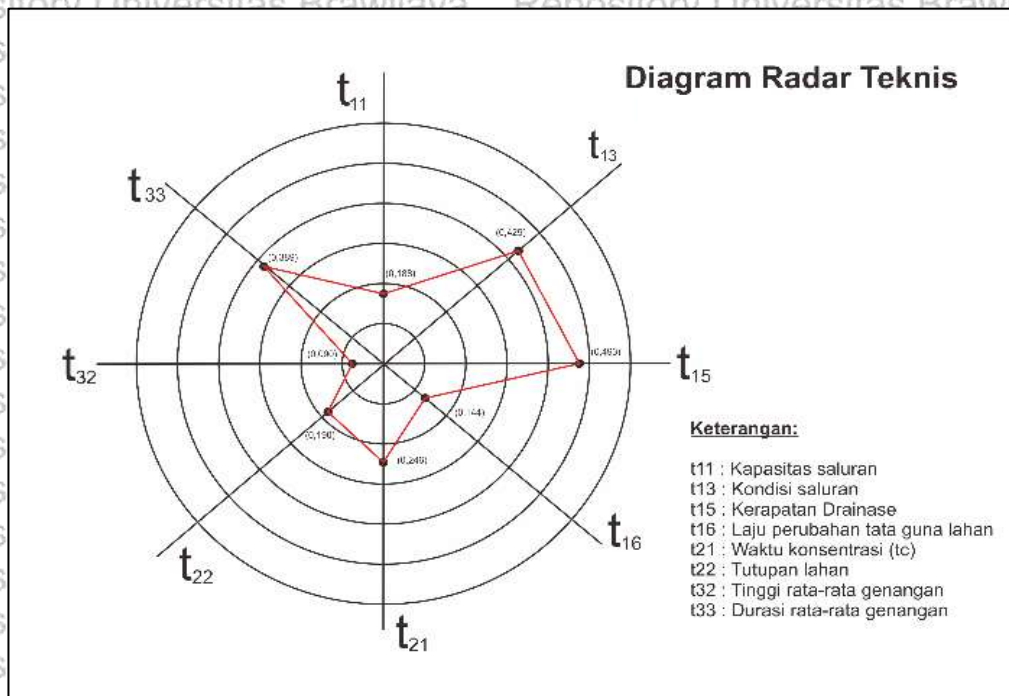
No.	Nama Saluran Primer	N ₁ (manajemen dan kelembagaan)					N ₂ (peran masyarakat dan swasta)		N ₃ (badan pengawas)			N ₄ (sosial budaya dan ekonomi)		NT Hitung
		0.605					0.003		0.087			0.306		
		n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₂₁	n ₂₂	n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃	n ₄₁	n ₄₃	
		0.33	0.29	0.06	0.06	0.26	0.21	0.17	0.16	0.19	0.28	0.34	0.27	0.27
1	Cipedes hilir	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	4	1	1.719
2	Sarijadi	1	1	1	1	1	2	1	1	2	1	4	1	1.116
3	Cibogo	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	5	1	1.825
4	Citepus	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	5	1	1.825
5	Supadio	3	2	1	1	1	1	2	3	2	1	3	2	1.696
6	Cikakak	3	2	1	1	1	1	2	3	2	1	3	2	1.696
7	Cilimus	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	1.092
8	Waringin	3	2	1	1	1	1	1	1	2	1	3	2	1.668
9	Ciroyom	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	3	1	1.010
10	Babakan Tarogong	2	4	1	1	1	2	1	1	1	4	2	1	1.695
11	Arjuna	3	4	5	5	5	2	2	4	3	1	5	1	2.902
12	Otista	4	2	1	1	3	1	1	4	1	1	5	1	2.340
13	Leuwisari	3	2	1	1	1	1	1	3	2	1	5	1	1.825
14	Kurdi	3	4	5	5	1	2	2	5	5	1	5	1	2.311
15	Muara	3	4	5	5	1	2	2	3	4	1	3	1	2.056
16	Curug Candung	3	2	1	1	1	2	5	4	3	1	3	1	1.647
	Rerata	2.63	2.31	1.75	1.75	1.38	1.38	1.56	2.69	2.31	1.19	3.81	1.25	

Sumber: Hasil analisis

5.1.2.1 Penggambaran Diagram Radar

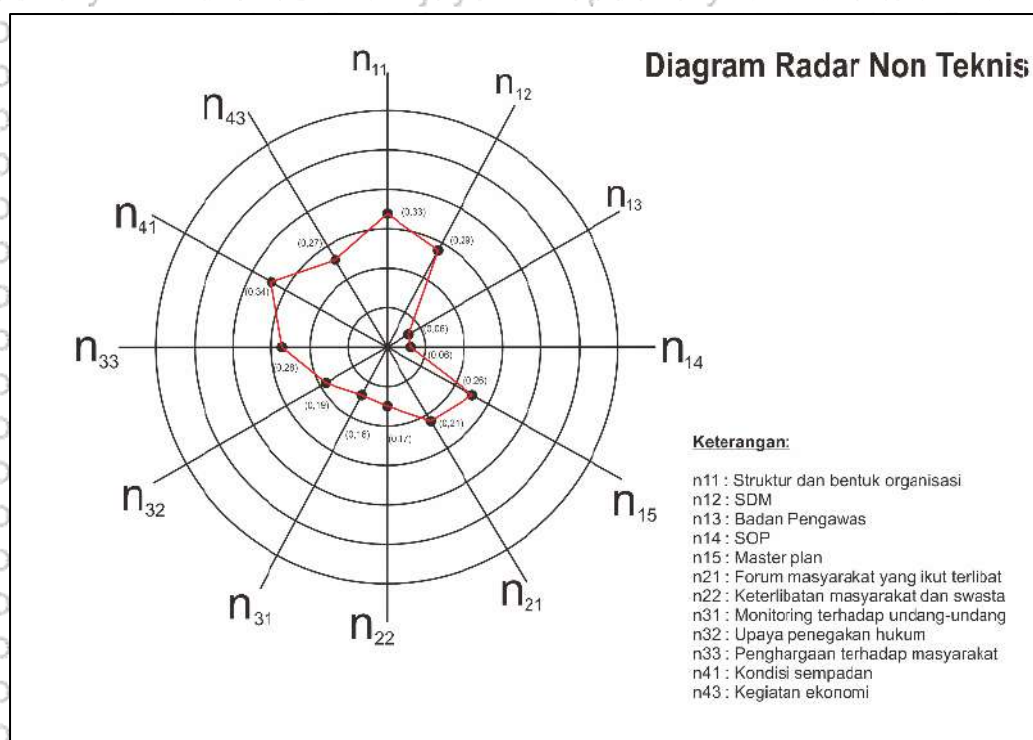
A. Diagram Radar untuk Koefisien Variabel

Penggambaran diagram radar koefisien variabel ini dimaksudkan untuk membandingkan dengan mudah koefisien yang mempunyai kontribusi tinggi maupun rendah diantara koefisien-koefisien baik pada aspek teknis maupun non teknis.



Gambar 5.3. Diagram radar koefisien aspek teknis
Sumber: Hasil analisis

Pada gambar 5.3 terlihat bahwa ada 3 koefisien yang menonjol dengan nilai tinggi yaitu t_{13} kondisi saluran, t_{15} kerapatan drainase, dan t_{33} durasi rata-rata genangan mempunyai kontribusi tinggi untuk aspek teknis.

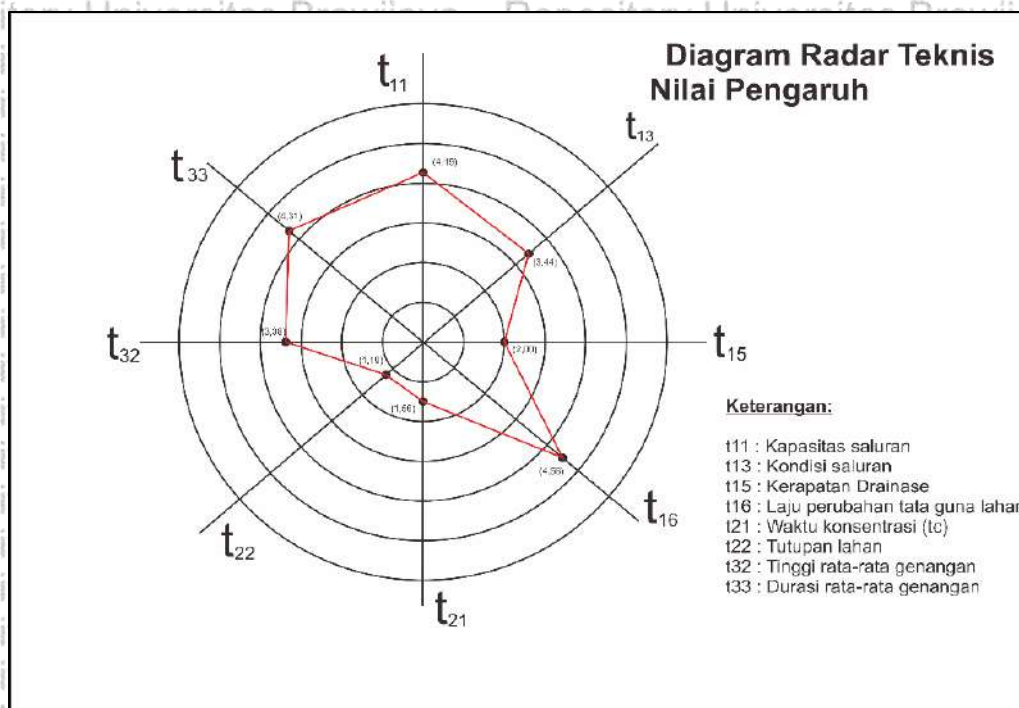


Gambar 5.4. Diagram radar koefisien aspek non teknis
Sumber: Hasil analisis

Pada gambar 5.4 di atas bahwa ada 2 variabel dengan koefisien yang nilainya relatif rendah yaitu n_{13} (badan pengawas), dan n_{14} (SOP untuk aspek non teknis), sehingga variabel yang lain menjadi lebih berkontribusi karena dengan koefisien yang lebih besar dibanding variabel n_{13} dan n_{14} .

B. Diagram Radar untuk Rerata Variabel

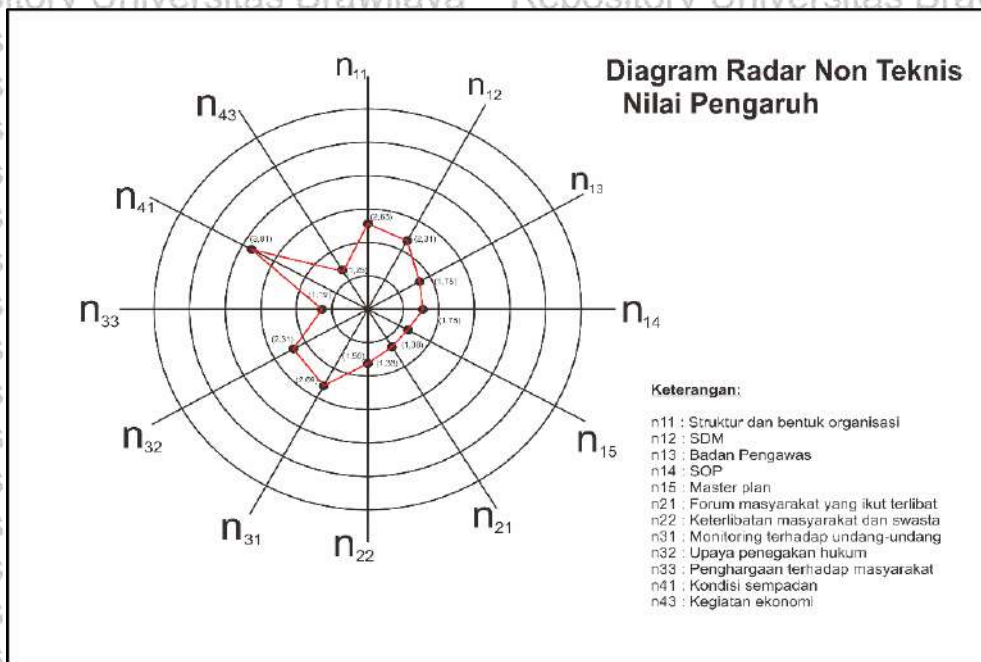
Penggambaran diagram radar dari nilai rerata skoring variabel dimaksudkan untuk dapat membaca variabel mana yang kondisinya baik ataupun menurun untuk aspek teknis maupun aspek non teknis.



Gambar 5.5. Diagram radar rerata skoring aspek teknis

Sumber: Hasil analisis

Pada gambar 5.5 terlihat bahwa variabel aspek teknis t_{15} (kerapatan drainase), t_{21} (waktu konsentrasi), dan t_{22} (tutupan lahan) mempunyai nilai di bawah 2 atau kurang, sedangkan variabel lainnya di atas 3 atau sedang sampai baik.



Gambar 5.6. Diagram radar rerata skoring aspek teknis

Sumber: Hasil analisis

Pada gambar 5.6 terlihat bahwa variabel aspek non teknis n_{41} (kondisi sempadan) merupakan satu-satunya variabel non teknis yang mempunyai nilai di atas 3 atau baik, sedangkan variabel lainnya bernilai kurang dan merupakan variabel yang tidak siap untuk menjaga kondisi layanan jaringan drainase tersebut.

Pada hasil iterasi koefisien-koefisien dari aspek teknis untuk 16 (enam belas) saluran drainase primer, yang mempunyai nilai koefisien variabel terbesar adalah kerapatan drainase (t_{15}). Sedangkan pada aspek non-teknis, yang mempunyai nilai koefisien variabel terbesar adalah kondisi sempadan (n_{11}). Adapun nilai koefisien variabel teknis sebagai berikut: T_1 (kapasitas saluran) = 0,853, T_2 (pola pengaliran) = 0,127, dan T_3 (permasalahan genangan) = 0,021; sedangkan untuk variabel non-teknis adalah N_1 (manajemen dan kelembagaan) = 0,065, N_2 (peran masyarakat dan swasta) = 0,003, N_3 (badan pengawas) = 0,087, dan N_4 (sosial budaya dan ekonomi) = 0,306. Berdasarkan hasil analisa bobot, diperoleh bobot indeks aspek teknis $\alpha = 0,73$ dan bobot indeks aspek non-teknis $\beta = 0,27$.

5.1.2.2 Contoh Perhitungan

5.1.2.2.1 Indeks Teknis Layanan Drainase Perkotaan

Indeks teknis layanan drainase perkotaan dihitung berdasarkan persamaan dengan variabel yang berpengaruh (T_1 , T_2 , dan T_3) berikut:

$$IL_{\text{teknis}} = a_1.T_1 + a_2.T_2 + a_3.T_3 \quad (5-1)$$

dengan:

IL_{teknis} : indeks teknis layanan drainase perkotaan

T_1 : indeks pola pengaliran

T_2 : indeks permasalahan

T_3 : indeks kapasitas sistem

a_n : bobot indeks

Penilaian terhadap aspek kapasitas sistem (T_1) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Kapasitas saluran (t_{11})

(b) Kondisi saluran (t_{13})

(c) Kerapatan drainase (t_{15})

(d) Perubahan tata guna lahan (t_{16})

Penilaian tersebut bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$T_1 = a_{11}.t_{11} + a_{13}.t_{13} + a_{15}.t_{15} + a_{16}.t_{16} \quad (5-2)$$

Penilaian terhadap aspek pola pengaliran (T_2) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Waktu konsentrasi (t_{21}),

(b) Tutupan lahan (t_{22}),

Penilaian tersebut Bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$T_2 = a_{21}.t_{21} + a_{22}.t_{22} \quad (5-3)$$

Penilaian terhadap aspek pola pengaliran (T_3) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Tutupan lahan (t_{32}),

(b) Sistem drainase (t_{33}).

Penilaian tersebut, bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$T_3 = a_{32}.t_{32} + a_{33}.t_{33} \quad (5-4)$$

Dengan memasukkan nilai (data) masing-masing kriteria untuk kondisi di Saluran Primer Cipedes Hilir, akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$T_1 = a_{11}.5 + a_{13}.3 + a_{15}.2 + a_{16}.5 \quad (5-5)$$

$$T_2 = a_{21}.1 + a_{22}.1 \quad (5-6)$$

$$T_3 = a_{32}.1 + a_{33}.3 \quad (5-7)$$

5.1.2.2.2 Indeks Non Teknis Layanan Drainase Perkotaan

Indeks non-teknis layanan drainase perkotaan dihitung berdasarkan persamaan dengan variabel yang berpengaruh (N_1, N_2, N_3, N_4) sebagai berikut:

$$IL_{\text{non-teknis}} = b_1.N_1 + b_2.N_2 + b_3.N_3 + b_4.N_4 \quad (5-8)$$

dengan:

$IL_{\text{non-teknis}}$: indeks non teknis layanan drainase perkotaan

N_1 : indeks manajemen kelembagaan

N_2 : indeks aspek hukum dan pengaturan

N_3 : indeks sosial-budaya dan ekonomi

N_4 : indeks peran masyarakat dan swasta

N_5 : indeks kerugian akibat timbulnya genangan

b_n : bobot indeks

Penilaian terhadap aspek manajemen kelembagaan (N_1) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Struktur & bentuk organisasi pengelola (n_{11}),

(b) SDM (n_{12}),

(c) Badan pengawas (n_{13}),

(d) SOP (n_{14}),

(e) Masterplan (n_{15}).

Penilaian tsb bisa diformulasikan sbb:

$$N_1 = b_{11}.n_{11} + b_{12}.n_{12} + b_{13}.n_{13} + b_{14}.n_{14} + b_{15}.n_{15} \quad (5-9)$$

Penilaian terhadap aspek peran masyarakat dan swasta (N_2) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Forum masyarakat yang ikut terlibat (n_{21}),

(b) Keterlibatan masyarakat dan swasta (n_{22}).

Penilaian tersebut bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$N_2 = b_{21}.n_{21} + b_{22}.n_{22} \quad (5-10)$$

Penilaian aspek hukum dan pengaturan (N_3) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Monitoring terhadap produk peraturan per undang undangan yang ada (misal tentang pengaturan pembuangan sampah dan larangan membuang limbah cair ke saluran drainase (n_{31}).

(b) Upaya penegakan hukum (n_{32}).

(c) Penghargaan terhadap upaya dan prestasi yang dilakukan masyarakat (n_{33})

Penilaian tersebut bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$N_3 = b_{31}.n_{31} + b_{32}.n_{32} + b_{33}.n_{33} \quad (5-11)$$

Penilaian terhadap aspek budaya dan ekonomi (N_4) dilakukan terhadap variabel yang berpengaruh sebagai berikut:

(a) Kondisi sempadan (n_{41}).

(b) Kegiatan Ekonomi (n_{43}).

Penilaian tersebut bisa diformulasikan sebagai berikut:

$$N_4 = b_{41}.n_{41} + b_{43}.n_{43} \quad (5-12)$$

Dengan memasukkan nilai (data) masing-masing kriteria untuk kondisi di Saluran Primer Cipedes Hilir, akan diperoleh persamaan sebagai berikut:

$$N_1 = b_{11}.3 + b_{12}.2 + b_{13}.1 + b_{14}.1 + b_{15}.1 \quad (5-13)$$

$$N_2 = b_{21}.1 + b_{22}.1 \quad (5-14)$$

$$N_3 = b_{31}.3 + b_{32}.2 + b_{33}.1 \quad (5-15)$$

$$N_4 = b_{41}.4 + b_{43}.1 \quad (5-16)$$

5.1.2.2.3 Bobot Indeks

Untuk memperoleh nilai bobot indeks baik teknis maupun non-teknis dilakukan kalibrasi terhadap Indeks Layanan Drainase Perhitungan hasil perhitungan menggunakan kendala atau batasan (*constraints*) berikut:

a. $\alpha + \beta = 1$,

b. $a_1 + a_2 + a_3 = 1$,

c. $b_1 + b_2 + b_3 + b_4 + b_5 = 1$,

d. IL_{teknis} hasil perhitungan ≤ 5 ,

e. $IL_{\text{non-teknis}}$ hasil perhitungan ≤ 5 ,

f. ILD hasil perhitungan ≤ 5 .

Kalibrasi dilakukan dengan menggunakan bantuan fasilitas *add-insolver* yang tersedia pada piranti lunak Excel. Kalibrasi dilakukan dengan tujuan agar nilai error atau selisih antara nilai ILD hasil perhitungan dan ILD lapangan adalah minimum. Dengan menggunakan data dari 16 saluran primer, hasil kalibrasi menghasilkan nilai bobot indeks adalah sebagai berikut:

Tabel 5.17. Nilai Bobot Parameter Indeks Teknis

α	0,73
a_1	0,853
a_{11}	0,188
a_{13}	0,429
a_{15}	0,493

a_{16}	0,144
a_2	0,127
a_{21}	0,246
a_{22}	0,190
a_3	0,021
a_{32}	0,090
a_{33}	0,389

Sumber: Hasil analisis penelitian

Tabel 5.18. Nilai Bobot Parameter Indeks Non-Teknis

β	0,27
b_1	0,605
b_{11}	0,33
b_{12}	0,29
b_{13}	0,06
b_{14}	0,06
b_{15}	0,26
b_2	0,003
b_{21}	0,21
b_{22}	0,17
b_3	0,087
b_{31}	0,16
b_{32}	0,19
b_{33}	0,28
b_4	0,306
b_{41}	0,34
b_{43}	0,27

Sumber: Hasil analisis penelitian

Dengan demikian persamaan Indeks Layanan Drainasi (IL “Suprayogi”) adalah sebagai berikut:

$$IL_{\text{teknis}} = 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3 \quad (5-17)$$

$$T_1 = 0,188 t_{11} + 0,429 t_{13} + 0,493 t_{15} + 0,144 t_{16} \quad (5-18)$$

$$T_2 = 0,246 t_{21} + 0,190 t_{22} \quad (5-19)$$

$$T_3 = 0,090 t_{32} + 0,389 t_{33} \quad (5-20)$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4 \quad (5-21)$$

$$N_1 = 0,33 n_{11} + 0,29 n_{12} + 0,06 n_{13} + 0,06 n_{14} + 0,26 n_{15} \quad (5-22)$$

$$N_2 = 0,21 n_{21} + 0,17 n_{22} \quad (5-23)$$

$$N_3 = 0,16 n_{31} + 0,19 n_{32} + 0,28 n_{33} \quad (5-24)$$

$$N_4 = 0,34 n_{41} + 0,27 n_{43} \quad (5-25)$$

$$IL = 0,73 IL_{\text{teknis}} + 0,27 IL_{\text{non-teknis}} \quad (5-26)$$

Adapun nilai kriteria dan indeks layanan drainase untuk Saluran Primer Cipedes Hilir adalah sebagai berikut:

$$T_1 = 0,188 \times 5 + 0,429 \times 3 + 0,493 \times 2 + 0,144 \times 5 \quad (5-27)$$

$$T_2 = 0,246 \times 1 + 0,190 \times 1 \quad (5-28)$$

$$T_3 = 0,090x1 + 0,389x3 \quad (5-29)$$

$$IL_{\text{teknis}} = 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3 = 3,437$$

$$N_1 = 0,33x3 + 0,29x2 + 0,06x1 + 0,26x1 \quad (5-30)$$

$$N_2 = 0,21x1 + 0,17x1 \quad (5-31)$$

$$N_3 = 0,16x3 + 0,19x2 + 0,28x1 \quad (5-32)$$

$$N_4 = 0,34x4 + 0,27x1 \quad (5-33)$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4 = 1,719 \quad (5-34)$$

$$IL = 0,73x3,437 + 0,27x1,719 = 2,975 \text{ (SP Cipedes Hilir)} \quad (5-35)$$

5.1.2.3 Nilai Indeks

Hasil analisis terhadap 16 saluran drainase primer untuk aspek teknis dan non-teknis disajikan pada Tabel 5.19. yang diperoleh berdasarkan persamaan sebagai berikut:

$$IL_{\text{teknis}} = a_1 T_1 + a_2 T_2 + a_3 T_3 \\ = 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3 \quad (5-36)$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = b_1 N_1 + b_2 N_2 + b_3 N_3 + b_4 N_4 \\ = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4 \quad (5-37)$$

$$IL = \alpha IL_{\text{teknis}} + \beta IL_{\text{non-teknis}} \quad (5-38)$$

$$IL = 0,73 IL_{\text{teknis}} + 0,27 IL_{\text{non-teknis}} \quad (5-39)$$

5.2 Kalibrasi

Untuk melakukan ketertelusuran nilai indeksnya dengan nilai observasi maka dipakai cara kalibrasi:

Tabel 5.19. Perbandingan Nilai ILD Perhitungan dan ILD Lapangan

No	Nama Saluran Primer	ILD Hitung	ILD Lapangan	Kesalahan Relatif (%)
1	Cipedes hilir	2,975	3	0,05
2	Sarijadi	3,091	3	0,83
3	Cibogo	2,972	3	0,08
4	Citepus	2,892	3	1,17
5	Supadio	3,265	3	7,01
6	Cikakak	2,884	3	1,34
7	Cilimus	2,989	3	0,01
8	Waringin	2,788	3	4,51
9	Ciroyom	2,940	3	0,36
10	Babakan Tarogong	2,991	3	0,01
11	Arjuna	3,003	3	0,00
12	Otista	3,120	3	1,44
13	Leuwisari	2,986	3	0,02
14	Kurdi	3,057	3	0,32
15	Muara	2,965	3	0,12
16	Curug Candung	3,073	3	0,54

Sumber: Hasil Analisis

Kesalahan relatif dihitung dengan membandingkan indeks hasil perhitungan dengan hasil observasi di lapangan dan didapat selisih antar keduanya. Apabila kesalahan relatif kurang dari 10%, maka indeks hasil perhitungan dapat diterima. Rerata kesalahan relatif (*error*) DAS Citepus sebesar 1,1%. Dari Tabel 5.19. di atas, kesalahan relatif terbesar adalah $7,01\% < 10\%$ yaitu di SP Supadio dan yang terkecil adalah $0,02\% < 10\%$ yaitu di SP Leuwisari, sehingga dapat dikatakan bahwa koefisien variabel pada SP Leuwisari lebih sesuai dengan lapangan dibandingkan SP Supadio.

5.3 Validasi

Pada tahap ini dilakukan validasi model dengan menggunakan uji T untuk mengetahui apakah model indeks layanan jaringan drainase tersebut valid atau tidak. Untuk itu hasil uji T (DAS Citepus) disajikan pada Tabel 5.20.

Tabel 5.20. Hasil Uji T DAS Citepus

No.	Nama SP	ILD Hitung	ILD Lapangan	Δ	Δ^2
1	Cipedes hilir	2,97	3,00	0,03	6,41E-04
2	Sarijadi	3,09	3,00	-0,09	8,26E-03
3	Cibogo	2,97	3,00	0,03	7,82E-04
4	Citepus	2,89	3,00	0,11	1,17E-02
5	Supadio	3,26	3,00	-0,26	7,01E-02
6	Cikakak	2,88	3,00	0,12	1,34E-02
7	Cilimus	2,99	3,00	0,01	1,20E-04
8	Waringin	2,79	3,00	0,21	4,51E-02
9	Ciroyom	2,94	3,00	0,06	3,64E-03
10	Babakan Tarogong	2,99	3,00	0,01	7,42E-05
11	Arjuna	3,00	3,00	0,00	1,12E-05
12	Otista	3,12	3,00	-0,12	1,44E-02
13	Leuwisari	2,99	3,00	0,01	1,98E-04
14	Kurdi	3,06	3,00	-0,06	3,22E-03
15	Muara	2,97	3,00	0,03	1,21E-03
16	Curug Candung	3,07	3,00	-0,07	5,40E-03
Jumlah		47,99	48,00	0,01	1,78E-01
				S ² =	1,11E-02
				S =	0,026389
				T hitung =	0,34

Sumber: Hasil analisis

Hasil validasi menggunakan Uji T menunjukkan bahwa nilai T hitung= 0,34 yang lebih kecil dari nilai T tabel= 2,131, artinya variabel-variabel bebas dapat menerangkan variabel terikat, dimana tidak terdapat pengaruh variabel bebas terhadap variabel terikat. Pengujian ini dilakukan dengan tingkat kepercayaan/ *level of significant* (α) =0,05. Tabel nilai distribusi-t seperti pada Tabel 5.21. Dengan nilai T hitung < T tabel, maka model indeks layanan jaringan drainase tersebut valid.

Tabel 5.21. Nilai-nilai dalam distribusi t

d.f	$t_{0,10}$	$t_{0,05}$	$t_{0,025}$	$t_{0,01}$	$t_{0,005}$	d.f
1	3,078	6,314	12,706	31,821	63, 657	1
2	1,886	2,920	4,303	6,965	9,925	2
3	1,638	2,353	3,182	4,541	5,841	3
4	1,533	2,132	2,776	3,747	4,604	4
5	1,476	2,015	2,571	3,365	4,032	5
6	1,440	1,943	2,447	3,143	3,707	6
7	1,415	1,895	2,365	2,998	3,499	7
8	1,397	1,860	2,306	2,896	3,355	8
9	1,383	1,833	2,262	2,821	3,250	9
10	1,372	1,812	2,228	2,764	3,169	10
11	1,363	1,796	2,201	2,718	3,106	11
12	1,356	1,782	2,179	2,681	3,055	12
13	1,350	1,771	2,160	2,650	3,012	13
14	1,345	1,761	2,145	2,624	2,977	14
15	1,341	1,753	2,131	2,602	2,947	15
16	1,337	1,746	2,120	2,583	2,921	16
17	1,333	1,740	2,110	2,567	2,898	17
18	1,330	1,734	2,101	2,552	2,878	18
19	1,328	1,729	2,093	2,539	2,861	19
20	1,325	1,725	2,086	2,528	2,845	20
21	1,323	1,721	2,080	2,518	2,831	21
22	1,321	1,717	2,074	2,508	2,819	22
23	1,319	1,714	2,069	2,500	2,807	23
24	1,318	1,711	2,064	2,492	2,797	24
25	1,316	1,708	2,060	2,485	2,787	25
26	1,315	1,706	2,056	2,479	2,779	26

Sumber: Aplikasi Analisis Multivariate Dengan Program SPSS (Dr. Imam Ghazali)

Menentukan derajat bebas atau *degree of freedom* (df) adalah

$$df = n - k$$

dimana:

n : banyak observasi

k : banyak variabel (bebas dan terikat)

Pada penelitian ini digunakan probabilitas 2 sisi dengan nilai $df = 16 - 1 = 15$.

Selanjutnya derajat kepercayaan ($\alpha = 0,025$), maka diperoleh t tabel sebesar 2,131.

5.4 Analisa Nilai Indeks Untuk Sistem Drainase Citepus

Nilai indeks untuk sistem drainase Citepus dapat dihitung dari rerata kondisi penilaian 16 saluran primer dari masing-masing variabel aspek teknis dan aspek non-teknis.

Tabel 5.22. Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Teknis

No.	Nama Saluran	T ₁ (kapasitas saluran)				T ₂ (pola pengaliran)		T ₃ (permasalahan)		T Hitung
		0,853				0,127		0,021		
		t ₁₁	t ₁₃	t ₁₅	t ₁₆	t ₂₁	t ₂₂	t ₃₂	t ₃₃	
		0,188	0,429	0,493	0,144	0,246	0,190	0,090	0,389	
	Sistem Citepus	4,19	3,44	2,00	4,56	1,56	1,19	3,38	4,31	3,45

Sumber: Hasil Analisis

Tabel 5.23. Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Non Teknis

No.	Nama Saluran	N ₁ (manajemen dan kelembagaan)					N ₂ (peran masyarakat dan swasta)		N ₃ (badan pengawas)			N ₄ (sosial budaya dan ekonomi)		NT Hitung
		0.605					0.003		0.087			0.306		
		n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₂₁	n ₂₂	n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃	n ₄₁	n ₄₃	
		0.33	0.29	0.06	0.06	0.26	0.21	0.17	0.16	0.19	0.28	0.34	0.27	
	Sistem Citepus	2.63	2.31	1.75	1.75	1.38	1.38	1.56	2.69	2.31	1.19	3.81	1.25	1.77

Sumber: Hasil Analisis

$$IL_{\text{teknis}} = 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3 \quad (5-40)$$

$$T_1 = 0,188 t_{11} + 0,429 t_{13} + 0,493 t_{15} + 0,144 t_{16} \quad (5-41)$$

$$= 0,188 \cdot 4,19 + 0,429 \cdot 3,44 + 0,493 \cdot 2,00 + 0,144 \cdot 4,56 \quad (5-42)$$

$$= 3,91$$

$$T_2 = 0,246 t_{21} + 0,190 t_{22} \quad (5-43)$$

$$= 0,246 \cdot 1,56 + 0,190 \cdot 1,19 \quad (5-44)$$

$$= 0,61$$

$$T_3 = 0,090 t_{32} + 0,389 t_{33} \quad (5-45)$$

$$= 0,09 \cdot 3,38 + 0,389 \cdot 4,31 \quad (5-46)$$

$$= 1,98$$

$$IL_{\text{teknis}} = 0,853 \cdot 3,904 + 0,127 \cdot 0,544 + 0,021 \cdot 1,840 \quad (5-47)$$

$$= 3,45$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4 \quad (5-48)$$

$$N_1 = 0,33 n_{11} + 0,29 n_{12} + 0,06 n_{13} + 0,06 n_{14} + 0,26 n_{15} \quad (5-49)$$

$$= 0,33 \cdot 2,63 + 0,29 \cdot 2,31 + 0,06 \cdot 1,75 + 0,06 \cdot 1,75 + 0,26 \cdot 1,38 \quad (5-50)$$

$$= 2,12$$

$$N_2 = 0,21 n_{21} + 0,17 n_{22} \quad (5-51)$$

$$= 0,21 \cdot 1,38 + 0,17 \cdot 1,56 \quad (5-52)$$

$$= 0,56$$

$$N_3 = 0,16 n_{31} + 0,19 n_{32} + 0,28 n_{33} \quad (5-53)$$

$$= 0,16 \cdot 2,69 + 0,19 \cdot 2,31 + 0,28 \cdot 1,19 \quad (5-54)$$

$$= 1,21$$

$$N_4 = 0,34 n_{41} + 0,27 n_{43} \quad (5-55)$$

$$= 0,34 \cdot 3,81 + 0,27 \cdot 1,25 \quad (5-56)$$

$$= 1,65$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 \cdot 2,11 + 0,003 \cdot 0,55 + 0,087 \cdot 3,26 + 0,306 \cdot 1,63 \quad (5-57)$$

$$= 1,89$$

$$IL_{\text{layanan}} = 0,73 \cdot IL_{\text{teknis}} + 0,27 \cdot IL_{\text{non teknis}} \quad (5-58)$$

$$= 0,73 \cdot 3,45 + 0,27 \cdot 1,89$$

$$= 3,03$$

Berdasarkan perhitungan di atas maka nilai indeks layanan Sistem Drainase Citepus adalah 3,03 $\approx$ 3 yang berarti kategori sedang.

5.5 Verifikasi Model Indeks Layanan Jaringan Drainase Terhadap DAS Cinambo

5.5.1 Gambaran Umum DAS Cinambo

5.5.1.1 Kondisi Tata Wilayah

Daerah Aliran Sungai (DAS) Cinambo merupakan wilayah yang terbagi dalam kebijakan tata ruang sub wilayah pengembangan Arcamanik dan sub wilayah pengembangan Derwati (Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandung Tahun 2010 – 2030), yang berfungsi sebagai jaringan drainase primer.

Secara administrasi wilayah Sub DAS Cinambo sebagai berikut :

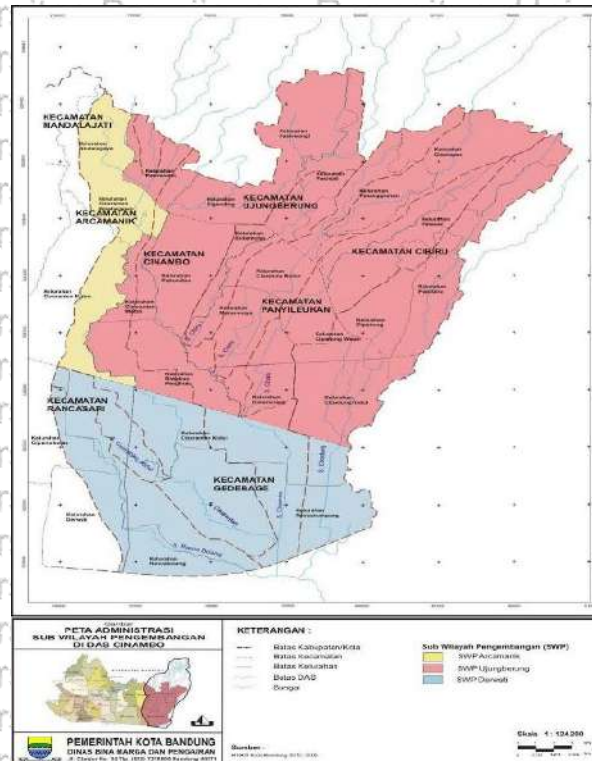
1. Sub Wilayah Pengembangan Arcamanik, yaitu :

- Kecamatan Mandalajati, meliputi sebagian Kelurahan Sindangjaya.
- Kecamatan Arcamanik, meliputi, Kelurahan Cisaranten Bina Harapan, Kelurahan Cisaranten Kulon, dan sebagian Kelurahan Sindangjaya.

2. Sub Wilayah Pengembangan Ujung Berung, yaitu :

- Kecamatan Ujungberung, meliputi Kelurahan Pasanggrahan, Kelurahan Pasirjati, Kelurahan Pasir Wangi, Kelurahan Cigending, dan Kelurahan Pasirendah.
- Kecamatan Cinambo, meliputi Kelurahan Cisaranten Wetan, Kelurahan Babakan Penghulu, Kelurahan Pakemitan, dan Kelurahan Sukamulya.
- Kecamatan Panyileukan, meliputi Kelurahan Mekarmulya, Kelurahan Cipadung kidul, Kelurahan Cipadung Wetan, dan Kelurahan Cipadung Kulon.

- Kecamatan Cibiru, meliputi Kelurahan Pasirbiru, Kelurahan Cipadung, Kelurahan Palasari, dan Kelurahan Cisirupan.
3. Sub Wilayah Pengembangan Gedebage, yaitu :
- Kecamatan Rancasari, meliputi sebagian Kelurahan Cipamokolan, sebagian Kelurahan Derwati dan sebagian Kelurahan Manjahlega.
 - Kecamatan Gedebage, meliputi Kelurahan Rancabolang, Kelurahan Rancamumpang, Kelurahan Cisaranteun Kidul, dan Kelurahan Cimincrang.



Gambar 5.7 Batas Administrasi Sub Wilayah Pengembangan Sub -DAS Cinambo
Sumber: BBWS Citarum

Secara umum, penggunaan lahan di sub DAS Cinambo, secara keseluruhan meliputi:

1. Permukiman,
2. Perdagangan dan jasa,
3. Industri dan pergudangan,
4. Pemakaman,
5. Sawah,
6. Semak dan tegalan, dan
7. Ladang.

Di lokasi-lokasi tertentu, seperti di jalan Raya Ujungberung lahan antara perdagangan dan jasa dengan permukiman tidak jelas batasannya karena kawasan permukiman digunakan juga sebagai kawasan perdagangan dan jasa.

Luas sub DAS Cinambo dan penggunaan lahan di sub DAS Cinambo sebagai gambaran tutupan lahan secara keseluruhan di wilayah sub DAS Cinambo disajikan pada Tabel 5.24. berikut.

Tabel 5.24. Penggunaan Lahan di DAS Cinambo

No	Kecamatan	Kelurahan	Penggunaan Lahan (ha)									Jumlah
			Pemukiman	Kawasan Industri	Perdagangan Jasa	Pemukaman	Semak Belukar	Kebun	Sawah	Tanah kosong	Ladang	
1	Mandalajati	Sindang Jaya	18					4	14	0,5	2,5	39
2	Arcamanik	Cisaranten Kulon	113,4		6,8	0,2	1,7		147,9			270
		Cisaranten Binaharapan	158,9		12,9	4,9		3,1	178,9	3,8		362,5
		Derwati	52,7				0,4		108			161,1
3	Rancasari	Cipamokolan	39,4		0,6		2,8		286,8			329,6
		Manjahlega	23,6					21,8	119,8	4,8		170
		Mekarmulya	127,8	65,2	104,3		2,9			7,2		307,4
4	Panyileukan	Cipadung Kidul	67,9				3,9			60,7		132,5
		Cipadung Wetan	126,8	45,7	24			3,7	35,7			235,9
		Cipadung Kulon	138,9	57,9	8,9		1,7		45,7			253,1
		Pasanggrahan	50,3		0,8			1,4	43,2		2,8	98,5
5	Ujungberung	Pasirjati	68,9		2,5	4,8	10,3		185,8			272,3
		Pasirwangi	74,6		3,7				127,4			205,7
		Cigending	87,9	9,3		0,7			153,7			251,6
		Pasirendah	89,9	12,9	8,9	1,4			21,9	14,2	25,8	175
		Cisaranten Wetan	118,6				9,2	6,1				133,9
6	Cinambo	Babakan Penghulu	109,6	115,8			13,9		29,4			268,7
		Pakemitan	99,3	106,7	12,8	5,7			37,8			262,3
		Sukamulya	107,4	132,8	23,2		6,4		34,9	25,7		330,4
		Pasirbiru	109,5				0,9		42,4			152,8
7	Cibiru	Cipadung	124,5	46,9	12,8	1,4	2,5		46,4	15,8	2,7	253
		Palasari	98,4				5,7		89,3	7,3		200,7
		Cisurupan	67,9		2,1	2,9	67,8	79,2	89,4	38,6	37,8	385,7
		Rancabolang	286,9		1,9			24,4	76,2			391,4
		Rancamumpang	109,7			5,8			139,8	2,7	3,2	261,2
		Cisaranten Kidul	268,9	23,4		5,2	2,4		103,7			403,6
8	Gedebage	Cimencrang	58,9	33,3	78,9	4,1			32,7		1,2	209,1
Jumlah			2798,6	649,9	305,1	37,5	132,1	143,7	2190,8	181,3	78	6517

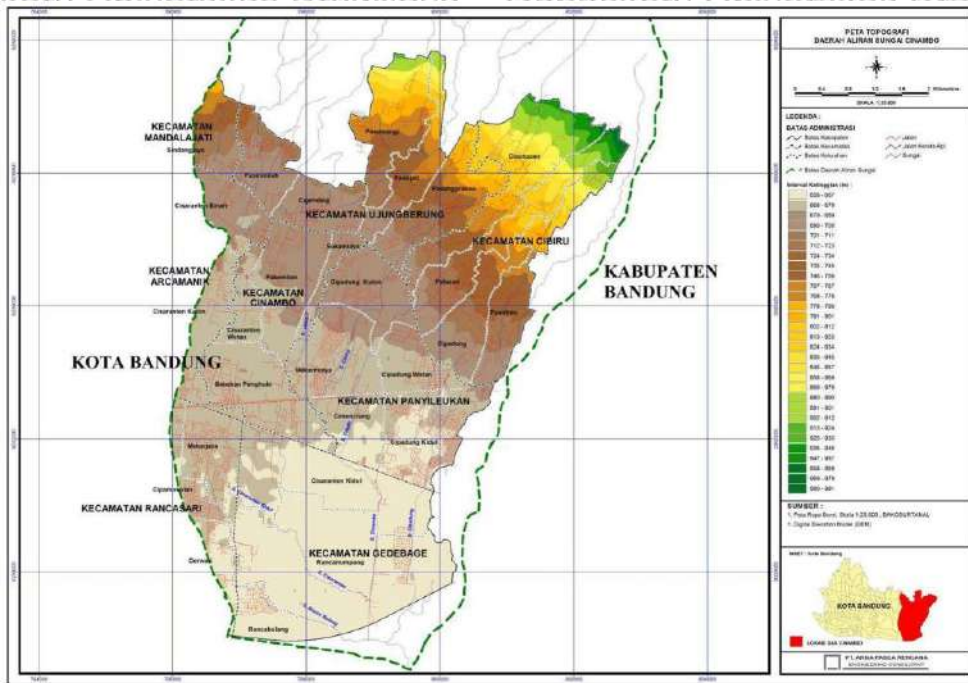
Sumber: PT. Arga Pasca Rencana (2012)

5.5.1.2 Kondisi Topografi

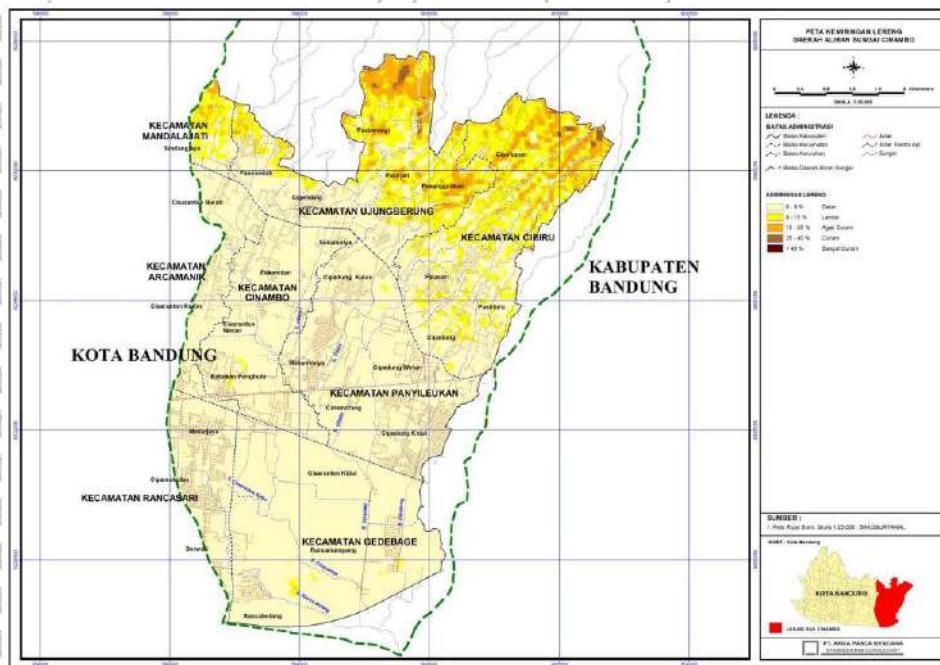
Sub DAS Cinambo yang dibatasi oleh wilayah administrasi Kota Bandung, mempunyai elevasi lahan berkisar dari El. ± 600 m diatas permukaan laut didaerah Kecamatan Gedebage, Kecamatan Panyileukan, dan Kecamatan Rancasari sampai El. ± 900 m diatas permukaan laut di daerah Kecamatan Ujungberung dan Kecamatan Cibiru.

Kemiringan lahan pada Sub DAS Cinambo ini berkisar dari 0,50% meliputi daerah Kecamatan Gedebage, Kecamatan Rancasari, Kecamatan Panyileukan, Kecamatan Arcamanik, dan Kecamatan Cinambo hingga kemiringan 0,25 % di daerah Kecamatan Ujungberung dan Kecamatan Cibiru.

Kondisi topografi dan kemiringan lereng wilayah Sub DAS Cinambo dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 5.8 Kondisi Topografi Wilayah Sub DAS Cinambo
Sumber: BBWS Citarum



Gambar 5.9 Kondisi Kemiringan Lereng Wilayah Sub DAS Cinambo
Sumber: BBWS Citarum

5.5.1.3 Kondisi Hidrologi

Adapun kondisi iklim Kota Bandung dari tahun 2003 sampai dengan 2009 dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 5.25. Kondisi Iklim dan Curah Hujan

No.	Parameter	Satuan	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec	Rata-rata (2003-2009)
1	Penguapan	mm	4.10	3.50	3.30	3.20	3.80	3.40	4.10	3.60	4.70	4.20	2.80	3.80	3.60
2	Kelembaban Nisbi	%	79	83	82	84	77	78	73	77	72	77	85	82	79
3	Temperatur Rata-rata	°C	23.30	22.50	22.80	22.90	23.00	22.70	22.70	23.10	24.20	24.00	23.10	23.40	23.33
4	Penyinaran Matahari	%	63	19	45	37	63	63	86	64	74	58	45	45	60
5	Curah Hujan	mm	240.90	103.30	242.20	327.10	171.20	65.30	3.60	58.60	41.50	137.00	277.30	332.80	163.82

Sumber: Badan Pusat Statistik Kota Bandung (2010)

Dari data tersebut dapat diketahui bahwa penguapan (evaporasi) berkisar antara 2.80 mm – 4.70 mm pada tahun 2009 dengan rata penguapan dari tahun 2003–2009 adalah sebesar 3,60 mm. Kondisi evaporasi ini menunjukkan besarnya penguapan yang terjadi setiap hari yang disebabkan oleh panas matahari dan angin.

Kelembaban nisbi yang tercatat besarnya adalah antara 72% – 85% pada tahun 2009 dengan rata-rata (tahun 2003–2009) adalah 79%, temperatur rata-rata berkisar antara 22.50– 24,20°C dan penyinaran matahari terjadi antara 37–86%. Musim penghujan terjadi antara bulan November – April dan musim kemarau terjadi pada bulan Mei – Oktober.

5.5.1.4 Jaringan Sungai

5.5.1.5 Skema Drainase

Berdasarkan fisiknya, sistem drainase terdiri atas saluran primer, sekunder, tersier dan seterusnya.

1. Sistem saluran primer :

Adalah saluran utama yang menerima masukan aliran dari saluran sekunder.

Dimensi saluran ini relatif besar. Akhir saluran primer adalah badan penerima air.

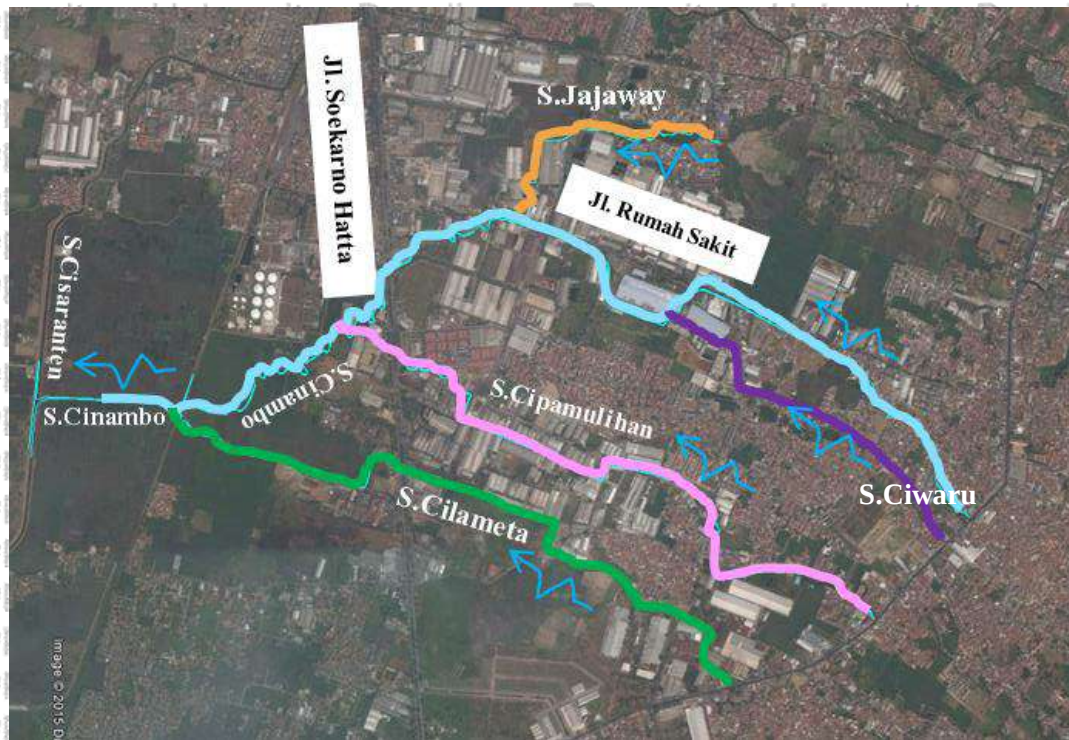
2. Sistem saluran sekunder :

Adalah saluran terbuka atau tertutup yang berfungsi menerima aliran air dari saluran tersier dan limpasan air dari permukaan sekitarnya, dan meneruskan air ke saluran primer. Dimensi saluran tergantung pada debit yang dialirkan.

3. Sistem saluran tersier :

Adalah saluran drainase yang menerima air dari saluran drainase lokal.

Adapun skema drainase DAS Cinambo disajikan pada Gambar berikut.

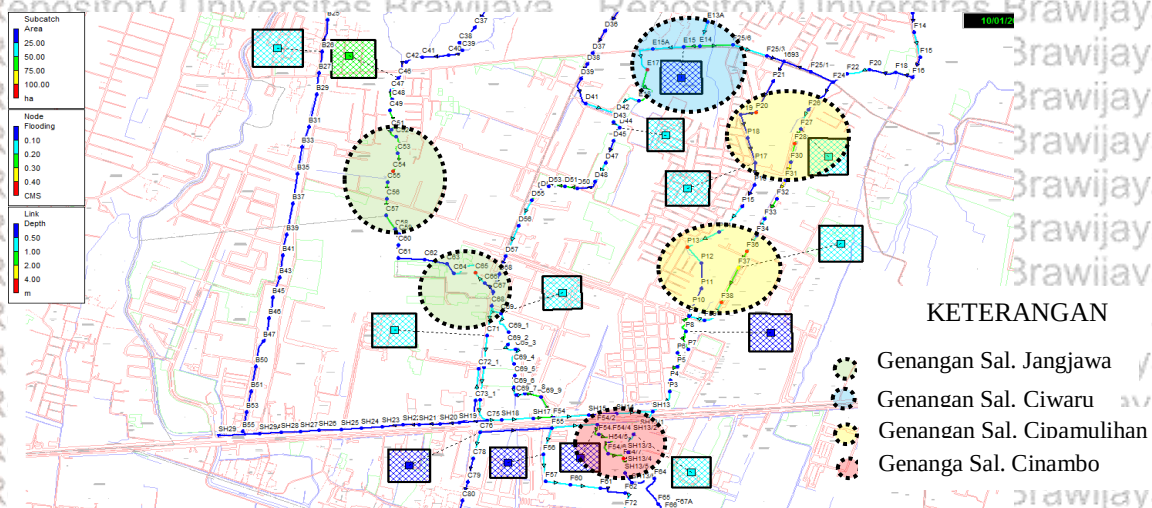


Gambar 5.10 Skema Jaringan Drainase Sub DAS Cinambo

Sumber: BBWS Citurum

5.5.1.6 Identifikasi Genangan Banjir

Dari hasil simulasi yang dilakukan oleh PT. Arga Pasca Rencana (2012) dalam Perencanaan Induk Sistem Drainase Kota (Tahap IV) terdapat beberapa titik genangan banjir di Sub DAS Cinambo. Adapun lokasi genangan yang terdapat pada Sub-DAS Cinambo disajikan pada gambar berikut.



Gambar 5.11 Sistem Drainase Cinambo-Kondisi Eksisting (untuk Q 25 th)

Sumber: (PT. Arga Pasca Rencana, 2012)

Tabel 5.26. Genangan di Sub Das Cinambo

NO.	LOKASI	Waktu Genangan (jam)	Debit (m ³ /s)	Volume Genangan (x 10 ⁶ lt)	Kedalaman Genangan (m)	PERMASALAHAN	PENANGANAN
1	Saluran Jangjawa di hulu pertemuan dengan S. Cinambo, dekat PT Sinar Indah dan PT Pastex Prima, Kp. Cinambo, Kelurahan Pakemitan	1.11	1.559	4.399	1.18	Kemiringan dasar saluran yang bergelombang akibat sedimentasi	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pembuatan tanggul
2	Saluran Ciwaru di Jl. Wareng, Dekat PT Bintang Agung, Kelurahan Cipadung Kulon, Kec. Panyileukan	1.93	2.35	4.048	1.26	Elevasi tanggul terlalu rendah	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pembuatan tanggul
3	Saluran Jangjawa di hilir jalan penghubung antara Jl. Rumah Sakit dengan Jl Cisaranten Wetan, Kelurahan Cisaranten Wetan, Kecamatan Cinambo	10.84	15.653	143.221	1.3	Tanggul saluran terlalu rendah dan berada di daerah cekungan	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pembuatan tanggul

NO.	LOKASI	DATA GENANGAN				KETERANGAN	
		Waktu Genangan (jam)	Debit (m^3/s)	Volume Genangan ($\times 10^6 \text{ lt}$)	Kedalaman Genangan (m)	PERMASALAHAN	PENANGANAN
	dekat Kebudayaan dan Pariwisata						
4	Sungai Cipamulihan di daerah Komplek Industri Kp. Mekarsari Kelurahan Mekarmulya	9.76	26.48	186.041	1.81	Kemiringan dasar saluran yang bergelombang akibat sedimentasi serta daya tampung sungai yang tidak mencukupi	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran 3. Pembuatan sudetan ke saluran yang ada didekatnya
5	Sungai Cipamulihan di daerah Komplek Industri PT. Cahaya Terang Abadi, Kelurahan Mekarmulya	11.52	0.502	9.822	1.2	Slope sungai sungai bergelombang karena penumpukan sedimen serta daya tampung sungai yang tidak mencukupi	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran 3. Pembuatan sudetan ke saluran yang ada didekatnya
6	Sungai Cipamulihan di daerah Komplek Industri PT. Cahaya Terang Abadi, Kelurahan Mekarmulya	1.89	1.063	3.828	1.2	Slope sungai sungai bergelombang karena penumpukan sedimen serta daya tampung sungai yang tidak mencukupi	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran

NO.	LOKASI	DATA GENANGAN				KETERANGAN	
		Waktu Genangan (jam)	Debit (m^3/s)	Volume Genangan ($\times 10^6 \text{ lt}$)	Kedalaman Genangan (m)	PERMASALAHAN	PENANGANAN
7	Saluran Jangjawa di hilir jalan Ujungberung (JL. AH Nasution) dekat Markas Zipur	6.58	0.497	2.664	1.2	Tanggul saluran terlalu rendah dan kemiringan saluran kurang tajam	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pembuatan tanggul
8	Saluran Cinambo di sebelah kiri Pertamina	7.21	13.115	161.907	1.2	Kemiringan dasar saluran yang bergelombang akibat sedimentasi	1. Melakukan perbaikan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran 3. Pembuatan sudetan ke saluran yang ada didekatnya 4. Pembuatan tanggul
9	Saluran Cipamulihan di Pusat Industri, Kelurahan Mekarmulya	11.55	0.933	25.085	1.2	Kemiringan dasar saluran yang bergelombang akibat sedimentasi	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran

NO.	LOKASI	DATA GENANGAN				KETERANGAN	
		Waktu Genangan (jam)	Debit (m^3/s)	Volume Genangan ($\times 10^6 \text{ lt}$)	Kedalaman Genangan (m)	PERMASALAHAN	PENANGANAN
							3. Pembuatan sudetan ke saluran yang ada didekatnya 4. Pembuatan tanggul
10	Saluran di Perumahan Panghegar	7.76	2.187	16.184	0.3	Kemiringan dasar saluran yang bergelombang akibat sedimentasi	1. Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran 3. Pembuatan tanggul
11	Saluran di Perumahan Panghegar	11.43	2.563	34.14	1.39	Kemiringan dasar saluran yang bergelombang akibat sedimentasi	1. Melakukan Melakukan pengerukan sungai untuk memperbaiki kemiringan sungai 2. Pelebaran saluran 3. Pembuatan tanggul

Sumber: (PT. Arga Pasca Rencana, 2012)

5.5.1.7 Kondisi Drainase

Bagian hilir ditandai dengan kondisi sungai yang cukup lebar dan cukup dalam dengan kemiringan lereng sangat datar. Di bagian ini kondisi lansekap S. Cinambo dapat dikatakan sangat ideal karena di bagian sisi kiri dan kanan sudah terdapat jalan inspeksi yang dapat dilewati oleh kendaraan roda empat. Kondisi ini memudahkan pelaksanaan operasional dan pemeliharaan sungai. Lebar sungai rata-rata di bagian ini adalah 7-10 m dengan kedalaman 5-7 m. Tebing sungai pada umumnya sudah diberi perkuatan yang letaknya membentang dari tol purbaleunyi hingga jalan Soekarno Hatta.



Gambar 5.12 Saluran Primer Cinambo

Sumber: Hasil survei

Karena kemiringan dasar sungai yang agak landai di bagian hilir ini, maka persoalan yang paling sering terjadi adalah pengendapan (sedimentasi). Pada akhirnya proses sedimentasi ini akan menyebabkan kapasitas tampung sungai Cinambo akan berkurang dan dapat menyebabkan terjadinya banjir. Pengerukan di bagian ini telah dilakukan di beberapa tempat. Di ruas ini juga terdapat dua sodetan dari sungai Cisolatri ke sungai Cinambo baru tersebut. Hal ini dilakukan untuk mambagi air dari sungai Cisolatri menuju tol serta untuk mengurangi pengaruh air balik yang sering menimbulkan banjir di kawasan perumahan Bumi Panyileukan Kel. Panyileukan.



Gambar 5.13 Saluran Primer Ciwaru
Sumber: Hasil survei



Gambar 5.14 Saluran Primer Jajawa
Sumber: Hasil survei

Kondisi sungai Cinambo di bagian tengah umumnya kurang terpelihara. Sebagian kecil tebing sungai belum diperkuat dengan pasangan batu kali dan sebagian besar penampangnya sudah tidak memadai dimana dipenuhi dengan sampah dan sedimentasi.



Gambar 5.15 Saluran Primer Cipamulihan
Sumber: Hasil survei

Selain penampang sungai yang kurang memadai, banjir juga diakibatkan oleh kurang memadainya infrastruktur yang terdapat di sungai. Kondisi ini misalnya terjadi di jalan Bay pass/Soekarno Hartta. Jembatan Sungai Cinambo elevasinya terlalu rendah, sehingga menyebabkan aliran air terhambat sehingga terjadi banjir di daerah sekitarnya. Ditambah dengan kondisi sungai yang dipenuhi oleh sampah dan sedimentasi sehingga menambah parah genangan/banjir yang terjadi.



Gambar 5.16 Saluran Primer Cilameta
Sumber: Hasil survei

Persoalan yang paling menonjol di bagian tengah ini adalah terjadinya penyempitan lebar sungai dikarenakan pembangunan pabrik-pabrik. Kondisi ini semakin parah ketika musim penghujan, dimana ketika terjadi hujan kita tidak dapat melakukan pembuangan air karena pada saat yang bersamaan sungai sedang banjir. Kondisi ini dapat ditemui misalnya di Jalan Rumah Sakit.

Kondisi serupa dijumpai di Sungai Jejawa yang merupakan anak sungai Cinambo. Tebing sungai umumnya belum diberi perkuatan, dan penampang sungai mengalami penyempitan karena pembangunan pemukiman penduduk dan Pabrik. Dilihat dari segi topografi, lokasi sungai Jangjawai lebih rendah dibandingkan dengan Sungai Cinambo (dari jalan Panghegar). Hal ini menyebabkan terjadi banjir yang menggenangi RW.05 dan sekitarnya di Kel. Pakemitan ± 1 ha. Kondisi penampang sungai yang tidak memadai serta Tidak adanya jalan inspeksi di sepanjang sungai Jangjawai menyebabkan sulitnya pelaksanaan pemeliharaan (pengerukan sungai). Sehingga dalam pelaksanaannya, pengerukan terpaksa dilakukan secara manual dan hasil galian hanya dapat dibuang di dipinggir sungai.

Kondisi Sungai Cinambo di bagian hulu ditandai dengan padatnya pemukiman yang terdapat di sekitar sungai. Hampir semua ruas sungai Cinambo beserta anak sungainya di bagian hulu ini tidak mempunyai jalan inspeksi sehingga mempersulit pelaksanaan operasi dan pemeliharaan. Tetapi karena kemiringan dasar sungai cukup terjal, tidak terjadi sedimentasi. Selain itu persoalan sampah juga menjadi permasalahan utama. Kesadaran masyarakat terhadap kebersihan sungai masih sangat kurang.

5.5.2 Data Hasil Survei

Survei dilakukan di 5 saluran primer yang berada di DAS Cinambo, diantaranya adalah:

1. SP Ciwaru,
2. SP Jejawa,
3. SP Cilameta,
4. SP Cipamulihan,
5. SP Cinambo.

Survei tersebut dilakukan pada 50 responden yang memberikan masukan/ saran untuk memperoleh nilai kriteria masing-masing variabel, baik nilai kriteria teknis maupun nilai kriteria non teknis. Adapun materi survei disajikan pada bagian Lampiran. Berdasarkan hasil survei dan klasifikasi kriteria masing-masing variabel, diperoleh matrik penilaian kriteria teknis dan non teknis sebagai berikut.

Tabel 5.27. Penilaian Skor Teknis DAS Cinambo

No	Nama Saluran Primer	T1				T2		T3	
		t11	t13	t15	t16	t21	t22	t32	t33
1	Ciwaru Hulu	5	3	2	3	1	2	1	4
2	Jejawa	1	3	2	4	1	2	1	3
3	Cilameta	4	3	2	5	1	2	1	3
4	Cipamulihan	3	3	2	4	1	2	1	3
5	Cinambo	5	3	2	4	1	2	1	3

Sumber: Hasil Analisis

dengan:

T₁ : Kapasitas sistemt₁₁ : Kapasitas salurant₁₃ : Kondisi salurant₁₅ : Kerapatan drainaset₁₆ : Laju perubahan tata guna lahan**T₂ : Pola pengaliran**t₂₁ : Waktu konsentrasit₂₂ : Tutupan lahan**T₃ : Permasalahan**t₃₂ : Tinggi rata-rata genangant₃₃ : Durasi rata-rata genangan

Tabel 5.28. Penilaian Skor Non Teknis DAS Cinambo

No.	Nama Saluran Primer	N ₁					N ₂		N ₃			N ₄	
		n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₂₁	n ₂₂	n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃	n ₄₁	n ₄₃
1	Ciwaru Hulu	5	4	5	5	5	5	2	5	3	1	3	1
2	Jejawa	3	4	5	5	5	1	1	5	2	4	3	4
3	Cilameta	3	4	1	1	1	3	2	2	2	1	4	1
4	Cipamulihan	2	4	3	5	5	3	2	5	5	4	4	5
5	Cinambo	3	4	1	1	1	3	2	2	2	1	4	1

Sumber: Hasil Analisis

dengan:

N₁ : Manajemen dan kelembagaann₁₁ : Struktur dan bentuk organisasin₁₂ : SDMn₁₃ : Badan Pengawas

n₁₄ : SOP

n₁₅ : Master plan

N₂ : Peran masyarakat dan swasta

n₂₁ : Forum masyarakat yang ikut terlibat

n₂₂ : Keterlibatan masyarakat dan swasta

N₃ : Aspek hukum dan pengaturan

n₃₁ : Monitoring terhadap undang-undang

n₃₂ : Upaya penegakan hukum

n₃₃ : Penghargaan terhadap masyarakat

N₄ : Sosial budaya dan ekonomi

n₄₁ : Kondisi sempadan

n₄₃ : Biaya operasional

5.5.3 Analisis Data

Perhitungan indeks layanan jaringan Drainase Cinambo (5 saluran primer) diperoleh dengan menggunakan nilai koefisien dari variabel baik aspek teknis maupun aspek non teknis pada jaringan drainase Citepus seperti yang terlihat di Tabel 5.15 dan Tabel 5.16. Penilaian skor teknis dan non teknis jaringan Drainase Cinambo pada Tabel 5.27 dan Tabel 5.28, sedangkan angka indeksnya terdapat pada Tabel 5.29 dan Tabel 5.30.

Tabel 5.29. Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Teknis DAS Cinambo

No.	Nama Saluran Primer	T ₁				T ₂		T ₃		T Hitung
		0,853				0,127		0,021		
		t ₁₁	t ₁₃	t ₁₅	t ₁₆	t ₂₁	t ₂₂	t ₃₂	t ₃₃	
		0,19	0,43	0,49	0,14	0,25	0,19	0,09	0,39	0,73
1	Ciwaru Hulu	5	3	2	3	1	2	1	4	3,22
2	Jejava	1	3	2	4	1	2	1	3	2,70
3	Cilameta	4	3	2	5	1	2	1	3	3,30
4	Cipamulihan	3	3	2	4	1	2	1	3	3,02
5	Cinambo	5	3	2	4	1	2	1	3	3,34
	rerata	3,6	3	2	4	1	2	1	3,2	3,096

Sumber: data dan perhitungan

Tabel 5.30. Perhitungan Nilai Koefisien Kriteria Non Teknis DAS Cinambo

No.	Nama Saluran Primer	N ₁					N ₂		N ₃			N ₄		NT Hitung
		0,605					0,003		0,087			0,306		
		n ₁₁	n ₁₂	n ₁₃	n ₁₄	n ₁₅	n ₂₁	n ₂₂	n ₃₁	n ₃₂	n ₃₃	n ₄₁	n ₄₃	
		0,33	0,29	0,06	0,06	0,26	0,21	0,17	0,16	0,19	0,28	0,34	0,27	
1	Ciwaru Hulu	5	4	5	5	5	5	2	5	3	1	3	1	3,10
2	Jejava	3	4	5	5	5	1	1	5	2	4	3	4	3,01
3	Cilameta	3	4	1	1	1	3	2	2	2	1	4	1	2,06
4	Cipamulihan	2	4	3	5	5	3	2	5	5	4	4	5	3,03
5	Cinambo	3	4	1	1	1	3	2	2	2	1	4	1	2,06
	rerata	3,2	4	3	3,4	3,4	3	1,8	3,8	2,8	2,2	3,6	2,4	2,285

Sumber: data dan perhitungan

Tabel 5.31. Perbandingan Nilai ILD Perhitungan dan ILD Lapangan

No.	Nama Saluran Primer	ILD Hitung	ILD Lapangan	Kesalahan relatif (%)
1	Ciwaru Hulu	3,19	3	3,65
2	Jejava	2,78	3	4,83
3	Cilameta	2,97	3	0,11
4	Cipamulihan	3,02	3	0,04
5	Cinambo	2,99	3	0,00

Sumber: Hasil analisis

Kesalahan relatif dihitung dengan membandingkan indeks hasil perhitungan dengan hasil *observasi* di lapangan dan didapat selisih antar keduanya. Rerata kesalahan relatif DAS Cinambo sebesar 1,73%. Apabila kesalahan relatif kurang dari 10%, maka indeks hasil perhitungan dapat diterima.

Secara garis besar dapat disimpulkan bahwa dari hasil verifikasi maka model indeks layanan jaringan drainase perkotaan yang diperoleh dari analisa pembahasan jaringan Drainase Citepus, telah sesuai dan dapat digunakan pada jaringan Drainase Cinambo yang mempunyai Batasan yang sama.

5.5.4 Analisis Indeks Sistem Drainase Cinambo

Nilai indeks untuk system drainase Cinambo dapat dihitung dari rerata kondisi penilaian 5 saluran primer masing – masing variabel seperti Tabel 5.29 dan Tabel 5.30

$$\text{Maka } IL_{\text{Teknis}} = 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3$$

$$\begin{aligned} T_1 &= 0,188 t_{11} + 0,429 t_{13} + 0,493 t_{15} + 0,144 t_{16} \\ &= 3,525 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_2 &= 0,246 t_{21} + 0,190 t_{22} \\ &= 0,626 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T_3 &= 0,090 t_{32} + 0,389 t_{33} \\ &= 0,479 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} IL_{\text{Teknis}} &= 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3 \\ &= 3,096 \end{aligned}$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4$$

$$\begin{aligned} N_1 &= 0,33 n_{11} + 0,29 n_{12} + 0,06 n_{13} + 0,06 n_{14} + 0,26 n_{15} \\ &= 2,576 \end{aligned}$$

$$N_2 = 0,21 n_{21} + 0,17 n_{22} \\ = 0,936$$

$$N_3 = 0,16 n_{31} + 0,19 n_{32} + 0,28 n_{33} \\ = 1,756$$

$$N_4 = 0,34 n_{41} + 0,27 n_{43} \\ = 1,872$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4 \\ = 2,285$$

$$\text{Sehingga } IL_{\text{Layanan}} = 0,73 IL_{\text{Teknis}} + 0,27 IL_{\text{non-teknis}} \\ = 2,877$$

5.6 Ringkasan Pembahasan

Hingga saat ini belum ada indeks layanan jaringan drainase perkotaan dengan mempertimbangkan variabel teknis maupun non-teknis yang dapat dijadikan acuan dalam menentukan prioritas penanganan maupun pemeliharaan. Padahal, kondisi jaringan drainase juga dapat mempengaruhi kualitas air di sungai ([Ali et.al., 2013](#)). Hal ini sangat disayangkan mengingat bahwa pemerintah telah membuat panduan penilaian jaringan irigasi dalam Peraturan Menteri Pekerjaan Umum 01/PRT/M/2014 yang berguna dalam pengembangan dan pemeliharaan jaringan irigasi meskipun bukan didasarkan pada pendekatan keilmuan (*scientific approach*) tapi atas dasar kesepakatan. Penentuan indeks layanan jaringan drainase perkotaan sangat penting untuk dapat menentukan prioritas penanganan maupun operasional. Untuk itu, baik aspek teknis maupun non-teknis, keduanya memiliki peranan yang penting. Kedua aspek tersebut saling berintegrasi untuk menunjang pengelolaan sumber daya air di masa yang akan datang (Antonellini *et al.*, 2014). Aspek teknis dapat digunakan untuk menunjukkan daerah-daerah yang tidak terlayani oleh jaringan drainase. [Dewi dkk. \(2013\)](#) telah menunjukkan analisis kapasitas saluran dalam penanganan banjir. [Mefri \(2015\)](#) melakukan studi terhadap hubungan antara kerusakan jaringan drainase dengan genangan dan menemukan bahwa kedua hal tersebut saling berkaitan. Adanya unsur aspek non-teknis (contoh: kelembagaan, masyarakat) dalam penentuan indeks akan menunjukkan kelangsungan dari suatu jaringan drainase perkotaan. [Andayani and Yuwono \(2012\)](#) mencoba melihat pengaruh dari kedua aspek, akan tetapi tanpa melakukan pembahasan yang detail. Penilaian aspek hanya berdasarkan pada kuesioner yang kurang dapat mewakili kondisi sebenarnya, sehingga belum dapat diterapkan secara langsung. Namun demikian, hasil penelitian tersebut

menunjukkan adanya hubungan yang baik antara kedua aspek tersebut dengan tingkat layanan drainase.

Berdasarkan temuan di atas, maka perlu dikembangkan suatu model indeks layanan jaringan drainase yang dapat diterapkan di daerah perkotaan dan dapat membantu dalam penentuan prioritas penanganan dan operasional. Indeks tersebut haruslah dapat mewakili aspek teknis maupun aspek non-teknis untuk menjamin integrasi dan keberlanjutan dari suatu jaringan drainase (*specific*) dan dapat diukur (*measurable*) untuk menentukan prioritas penanganan dan operasional (*achievable*), sesuai dengan kebijakan tingkat layanan drainase yang berlaku (*relevant*), yang dilakukan dalam kurun waktu tertentu dan dapat diperbaharui sesuai kebutuhan (*timely*).

Penelitian ini difokuskan pada DAS Citepus karena memiliki permasalahan yang cukup kompleks, diantaranya drainase yang kurang baik, perubahan tata guna lahan, sampah, erosi dan sedimentasi, serta perilaku masyarakat terhadap lingkungan. Selain itu, DAS Citepus merupakan gerbang masuk menuju Kota Bandung. Penelitian ini dilakukan dengan batasan sebagai berikut: 1) Jaringan drainase yang ditinjau adalah jaringan drainase perkotaan pada saluran primer tanpa aliran dasar (*non base flow*); 2) Sistem drainase secara gravitasi; 3) Pada saluran drainase tertekan atau saluran yang memiliki kondisi infrastruktur yang baik dengan beban debit yang bertambah, tidak dapat dilakukan penilaian karena harus dilakukan peningkatan kapasitas; 4) Saluran drainase yang dinilai adalah saluran dengan kondisi aliran tetap (*steady flow*) dan pada *outlet*-nya tidak berbatasan dengan muka air pasang surut; dan 5) Studi tsb dilakukan berdasarkan data sekunder maupun data primer/ *site visit* ke lokasi,

Survei dilakukan pada 16 saluran primer yang berada di DAS Citepus, antara lain: 1) SP Cipedes hilir; 2) SP Sarijadi; 3) SP Cibogo; 4) SP Citepus; 5) SP Supadio; 6) SP Cikakak; 7) SP Kopo; 8) SP Waringin; 9) SP Ciroyom; 10) SP Babakan Tarogong; 11) SP Arjuna; 12) SP Otista; 13) SP Leuwisari; 14) SP Kurdi; 15) SP Muara; dan 16) SP Curug candu. Berdasarkan sub bab 2.3 dan 2.4 pada Bab 2, permodelan indeks layanan drainasi perkotaan ini dibuat berdasarkan kriteria teknis dan non-teknis. Kriteria teknis terdiri dari 3 variabel (T) dan 12 variabel (t), sedangkan kriteria non-teknis terdiri dari 5 variabel (N) dan 14 variabel (n). Jadi total ada 8 variabel dan 26 variabel seperti pada Tabel 5.1. untuk aspek teknis dan Tabel 5.2. untuk aspek non teknis. Analisa statistik menggunakan SEM PLS untuk mengetahui hubungan antar variabel kapasitas sistem (T_1), pola pengaliran (T_2), permasalahan (T_3), manajemen dan kelembagaan (N_1), peran masyarakat dan swasta (N_2),

aspek hukum dan pengaturan (N_3), sosial budaya dan ekonomi (N_4), serta kerugian akibat timbulnya genangan (N_5) pada indeks layanan infrastruktur drainase.

Hasil uji menggunakan Smart-PLS, terdapat 8 variabel dan 26 variabel yang dapat diterima dan digunakan dalam analisa selanjutnya yaitu:

Aspek teknis

- Variabel T_1 (kapasitas sistem): kapasitas saluran (t_{11}), kondisi saluran (t_{13}), kerapatan drainase (t_{15}), dan laju perubahan tata guna lahan (t_{16}).
- Variabel T_2 (pola pengaliran): waktu konsentrasi (t_{21}), tutupan lahan (t_{22}).
- Variabel T_3 (permasalahan): tinggi rata-rata genangan (t_{32}), durasi rata-rata genangan (t_{33}).

Aspek non teknis:

- Variabel N_1 (manajemen dan kelembagaan): struktur dan bentuk organisasi (n_{11}), sumberdaya manusia (n_{12}), badan pengawas (n_{13}), SOP (n_{14}), dan *master plan* (n_{15}).
- Variabel N_2 (peran masyarakat dan swasta): forum masyarakat yang ikut terlibat (n_{21}), dan keterlibatan masyarakat dan swasta (n_{22}).
- Variabel N_3 (aspek hukum dan pengaturan): monitoring terhadap undang-undang (n_{31}), upaya penegakan hukum (n_{32}), dan penghargaan terhadap masyarakat (n_{33}).
- Variabel N_4 (sosial budaya dan ekonomi): kondisi sempadan (n_{41}) dan biaya operasional (n_{43}).

Untuk lebih jelasnya dipaparkan variabel dan variabel sebelum dan sesudah dilakukan evaluasi menggunakan Smart-PLS masing-masing untuk aspek teknis seperti pada Tabel 5.13. dan aspek non teknis pada Tabel 5.14.

Dari hasil iterasi aspek teknis untuk 16 (enam belas) saluran drainase primer, yang mempunyai nilai koefisien variabel terbesar adalah kerapatan drainase (t_{15}). Sedangkan pada aspek non-teknis, yang mempunyai nilai koefisien variabel terbesar adalah kondisi sempadan (n_{11}). Adapun nilai koefisien variabel untuk variabel teknis sbb: T_1 (kapasitas saluran) = 0,853, T_2 (pola pengaliran) = 0,127, dan T_3 (permasalahan genangan) = 0,021; sedangkan untuk variabel non-teknis adalah N_1 (manajemen dan kelembagaan) = 0,065, N_2 (peran masyarakat dan swasta) = 0,003, N_3 (badan pengawas) = 0,087, dan N_4 (sosial budaya dan ekonomi) = 0,306. Berdasarkan hasil analisa bobot, diperoleh bobot indeks aspek teknis $\alpha = 0,73$ dan bobot indeks aspek non-teknis $\beta = 0,27$.

Dengan demikian persamaan Indeks Layanan Drainasi (IL “Suprayogi”) adalah sebagai berikut:

$$IL_{\text{teknis}} = 0,853 T_1 + 0,127 T_2 + 0,021 T_3 \quad (5-59)$$

$$T_1 = 0,188 t_{11} + 0,429 t_{13} + 0,493 t_{15} + 0,144 t_{16} \quad (5-60)$$

$$T_2 = 0,246 t_{21} + 0,190 t_{22} \quad (5-61)$$

$$T_3 = 0,090 t_{32} + 0,389 t_{33} \quad (5-62)$$

$$IL_{\text{non-teknis}} = 0,605 N_1 + 0,003 N_2 + 0,087 N_3 + 0,306 N_4 \quad (5-63)$$

$$N_1 = 0,33 n_{11} + 0,29 n_{12} + 0,06 n_{13} + 0,06 n_{14} + 0,26 n_{15} \quad (5-64)$$

$$N_2 = 0,21 n_{21} + 0,17 n_{22} \quad (5-65)$$

$$N_3 = 0,16 n_{31} + 0,19 n_{32} + 0,28 n_{33} \quad (5-66)$$

$$N_4 = 0,34 n_{41} + 0,27 n_{43} \quad (5-67)$$

$$IL = 0,73 IL_{\text{teknis}} + 0,27 IL_{\text{non-teknis}} \quad (5-68)$$

dengan:

T_1 : Kapasitas sistem

t_{11} : Kapasitas saluran (m^3/dt)

t_{13} : Kondisi saluran (% rusak)

t_{15} : Kerapatan drainase (km/km^2)

t_{16} : Laju perubahan tata guna lahan ($\%/ \text{th}$)

T_2 : Pola pengaliran

t_{21} : Waktu konsentrasi (mnt)

t_{22} : Tutupan lahan (%)

T_3 : Permasalahan

t_{32} : Tinggi rata-rata genangan (cm)

t_{33} : Durasi rata-rata genangan (jam)

N_1 : Manajemen dan kelembagaan

n_{11} : Struktur dan bentuk organisasi (ada/ tidak)

n_{12} : SDM (ada/ tidak)

n_{13} : Badan Pengawas (ada/ tidak)

n_{14} : SOP (ada/ tidak)

n_{15} : Master plan (ada/ tidak)

N_2 : Peran masyarakat dan swasta

n_{21} : Forum masyarakat yang ikut terlibat (ada/ tidak)

n_{22} : Keterlibatan masyarakat dan swasta (ada/ tidak)

N_3 : Aspek hukum dan pengaturan

n_{31} : Monitoring terhadap undang-undang (ada/ tidak)

n_{32} : Upaya penegakan hukum (ada/ tidak)

n_{33} : Penghargaan terhadap masyarakat (ada/ tidak)

N_4 : Sosial budaya dan ekonomi

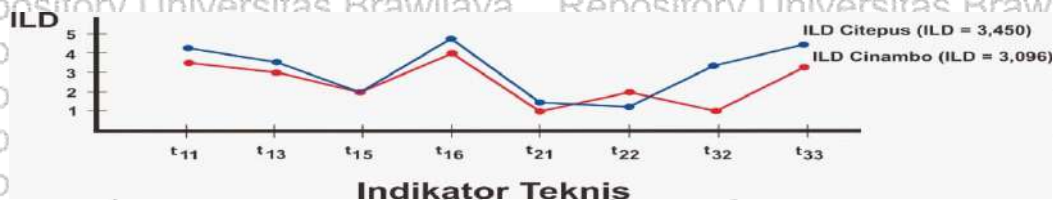
n_{41} : Kondisi sempadan (ada/ tidak)

n_{43} : Biaya operasional (ada/ hari)

Hasil analisis terhadap 16 saluran drainase primer di DAS Citepus untuk aspek teknis dan non-teknis disajikan pada Tabel 5.19, yang diperoleh berdasarkan persamaan seperti tersebut di atas. Kesalahan relatif dihitung dengan membandingkan indeks hasil perhitungan dengan hasil observasi di lapangan dan didapat selisih antar keduanya. Apabila kesalahan relatif kurang dari 10%, maka indeks hasil perhitungan dapat diterima. Dari Tabel 5.19, di atas, kesalahan relatif terbesar adalah $7,01\% < 10\%$ yaitu di SP Supadio dan yang terkecil adalah $0,02\% < 10\%$ yaitu di SP Leuwisari, sehingga dapat dikatakan bahwa koefisien variabel pada SP Leuwisari lebih sesuai dengan lapangan dibandingkan SP Supadio.

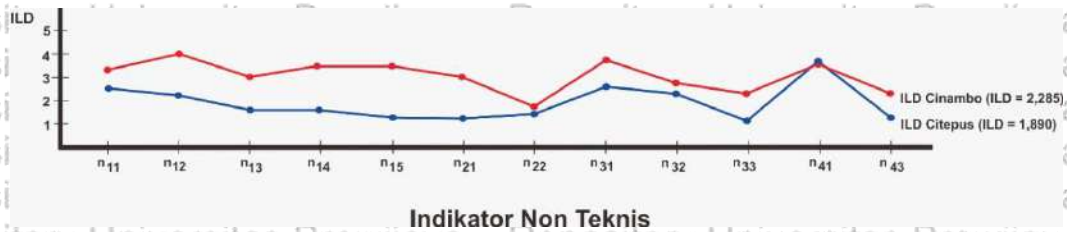
Verifikasi dilakukan di Daerah Aliran Sungai (DAS) Cinambo. Daerah Aliran Sungai (DAS) Cinambo merupakan wilayah yang terbagi dalam kebijakan tata ruang sub wilayah pengembangan Arcamanik dan sub wilayah pengembangan Derwati (Rencana Tata Ruang Wilayah Kota Bandung Tahun 2010 – 2030), yang berfungsi sebagai jaringan drainase primer. Hasilnya seperti disajikan pada Tabel 5.28. Kesalahan relatif dihitung dengan membandingkan indeks hasil perhitungan dengan hasil observasi di lapangan dan didapat selisih antar keduanya. Hasil kesalahan relatif kurang dari 10%, maka indeks hasil perhitungan dapat diterima.

Perbandingan kinerja per-variabel pada sistem drainase Citepus dan sistem drainase Cinambo sebagai berikut :



Gambar 5.17 Penggambaran grafik ILD vs Variabel Teknis

Sumber: Hasil analisis penelitian



Gambar 5.18 Penggambaran grafik ILD vs Variabel Non Teknis

Sumber: Hasil analisis penelitian

Dari Gambar 5.17 dan Gambar 5.18 diatas dapat disimpulkan bahwa sistem drainase Citepus mempunyai kinerja yang lebih baik dari Cinambo untuk Aspek Teknis kecuali t_{22} = tutupan lahan (%), perubahan tutupan lahan pada jaringan drainase Citepus lebih besar karena lebih padat pemukiman penduduk dibanding pada Cinambo dan lebih banyak aktivitas manusia. Sedangkan pada Aspek Non Teknis sistem drainase Cinambo mempunyai kondisi yang lebih baik dari pada Citepus. Hal ini dapat dijelaskan karena kesadaran terhadap upaya menjaga fungsi sistem drainase di Cinambo lebih tinggi, masyarakatnya lebih berperan aktif berpartisipasi penuh kesadaran.

Kelemahan dari model ini hanya berlaku terbatas yaitu sesuai dengan syarat dan batasan yang dipakai untuk perumusannya.