



**MANAJEMEN SISTEM TATA AIR KAWASAN PERKANTORAN BERBASIS  
ZERO RUNOFF POLICY  
(STUDI KASUS KAWASAN PERKANTORAN MENARA ASURANSI ASTRA  
CILANDAK JAKARTA SELATAN)**

**TESIS**

**PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAIRAN  
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Magister Teknik



**LAILATUL MUKARROMAH**

**NIM. 166060400111006**

**UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

**FAKULTAS TEKNIK**

**MALANG**

**2018**



**LEMBAR PENGESAHAN****MANAJEMEN SISTEM TATA AIR KAWASAN PERKANTORAN BERBASIS  
ZERO RUNOFF POLICY  
(STUDI KASUS KAWASAN PERKANTORAN MENARA ASURANSI ASTRA  
CILANDAK JAKARTA SELATAN)****TESIS****PROGRAM MAGISTER TEKNIK PENGAIRAN  
MINAT MANAJEMEN SUMBER DAYA AIR**

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan  
memperoleh gelar Magister Teknik



**LAILATUL MUKARROMAH**  
**NIM. 166060400111006**

Tesis ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing  
Pada Tanggal 17 April 2018

Dosen Pembimbing I

Dosen Pembimbing II

Dr. Ir. Ussy Andawayanti, MS.  
NIP. 19610131 198609 2001

Dr.Eng. Tri Budi Prayogo, ST, MT  
NIP. 19720320 199512 1001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Magister Teknik Pengairan





Dr.Eng. Donny Harisuseno, ST, MT.

NIP. 19750227 199903 1 001

### KATA PENGANTAR

Dengan mengucapkan syukur alhamdulillah, penyusun menghaturkan terimakasih yang sebesar – besarnya kepada Allah SWT, yang telah memberikan hidayahnya sehingga penyusun dapat mempersembahkan suatu karya ilmiah yang berjudul Manajemen Sistem Tata Air Kawasan Perkantoran Berbasis *Zero Run Off Policy* dengan studi kasus kawasan Perkantoran, Hunian, dan Fasilitasnya Jalan TB. Simaputang kavling 15 Jakarta Selatan dengan baik.

Penyusun menyadari bahwa sudah banyak air mata, waktu, dan tenaga yang tercurah demi terwujudnya tesis ini. Semoga apa yang ingin disampaikan oleh penyusun demi terwujudnya suatu konsep manajemen tata air berwawasan lingkungan yang memerlukan dukungan sistem dan teknologi drainase bangunan dan persil serta kawasan agar dihasilkan output konsep *zero run off* yang lebih baik, dapat dicantumkan dalam suatu kebijakan baru pemerintah provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta yang terintegrasi dengan baik.

Memang kata sempurna tidak layak diberikan pada penulisan tesis ini, karena kesempurnaan hanya milik Allah SWT, namun penyusun berharap segala saran, masukan, dan ide kreatif para pembaca dapat lebih memperkaya isi tesis di waktu mendatang.

Semoga tesis ini dapat memberikan tambahan ilmu dan memberikan manfaat maupun inspirasi serta pemacu bermunculnya gagasan – gagasan baru yang lebih spektakuler demi terwujudnya kota Jakarta yang lebih baik dan berwawasan lingkungan dalam tatanan kebijakan.

Malang, April 2018

Penyusun





## DAFTAR ISI

<b>KATA PENGANTAR</b> .....	i
<b>DAFTAR ISI</b> .....	ii
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	vi
<b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Identifikasi Masalah .....	2
1.3 Batasan Masalah .....	3
1.4 Rumusan Masalah .....	4
1.5 Tujuan dan Manfaat Penelitian .....	4
1.6 Penelitian Terdahulu .....	4
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Daur/ Siklus Hidrologi .....	13
2.1.1 Analisa Hidrologi .....	14
2.1.2 Distribusi Gumbel .....	26
2.1.3 Distribusi Log–Normal Dua Parameter .....	29
2.1.4 Distribusi Log Pearson Tipe III .....	30
2.1.5 Distribusi Frechet (Gumbel Tipe II) .....	31
2.1.6 Pemilihan Distribusi Dengan Uji Kecocokan .....	31
2.1.7 Uji Chi-Kuadrat ( $\chi^2$ – Test) .....	31
2.1.8 Uji Smirnov – Kolmogorof .....	32
2.2 Debit Banjir Rancangan .....	33
2.2.1 Koefisien Run Off / limpasan (C) .....	34
2.2.2 Kajian Saluran Drainase Terhadap Debit Rencana .....	36
2.3 Penerapan Konsep Zero Run Off Dalam Manajemen Sistem Tata Air Kawasan .....	39
2.3.1 Manajemen Sistem Tata Air Kawasan .....	39
2.3.2 Teknik - Teknik Konservasi .....	39
2.3.2.1 Penghijauan .....	39
2.3.2.2 Pengembangan Drainase Berkelanjutan .....	39
2.3.2.3 Bangunan Berfungsi Ganda .....	41





2.3.2.4 Artificial Recharge.....	43
----------------------------------	----

### **BAB III METODOLOGI PENELITIAN**

3.1 Lokasi Studi.....	69
3.2 Alat dan Bahan.....	77
3.3 Metode Pelaksanaan.....	77
3.4 Bagan Alir.....	90

### **BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1. Analisis Hidrologi.....	91
4.1.1. Hujan Wilayah.....	91
4.1.1.1. Data Curah Hujan.....	91
4.1.1.2. Evaluasi Data Curah Hujan Wilayah.....	91
4.1.1.2.1. Pemeriksaan Adanya Outlier.....	91
4.1.1.2.2. Pemeriksaan Trend.....	95
4.1.1.2.3. Pemeriksaan Stabilitas Variance Dan Mean (Stationary).....	98
4.1.1.2.4. Pemeriksaan Independensi.....	103
4.1.2. Curah Hujan Rancangan.....	104
4.1.3. Debit Banjir Rancangan.....	122
4.1.3.1. Intensitas Hujan.....	123
4.1.3.2. Debit Banjir Rancangan Kondisi I.....	124
4.1.3.3. Debit Banjir Rancangan Kondisi II.....	125
4.1.4. Perencanaan Jaringan Drainase Internal.....	127
4.1.5. Perhitungan Manajemen Sistem Tata Air Berbasis Konsep Zero Run Off.....	131
4.1.5.1. Alternatif I.....	131
4.1.5.2. Alternatif II.....	139
4.1.5.3. Alternatif III.....	147
4.1.6. Perhitungan Rencana Anggaran dan Biaya.....	155
4.2. Perhitungan Manajemen Sistem Tata Air Berbasis Zero Runoff Berdasarkan Peraturan Gubernur Daerah Khusus Ibukota Jakarta.....	163
4.3. Perbandingan Metode Manajemen Sistem Tata Air Dalam Pemenuhan Konsep Zero Runoff.....	166





4.3.1. Perbandingan Metode Analisa Hidrologi dan SNI Nomer :  
03-2453-2002 Tiga (3) Alternatif.....166

4.3.2. Perbandingan Metode Analisa Hidrologi dan SNI Nomer :  
03-2453-2002 Alternatif Terpilih Dengan Metode  
Peraturan Gubernur DKI Jakarta.....168

**BAB V KESIMPULAN DAN SARAN**

5.1. Kesimpulan.....171

5.2. Saran.....172

5.2. Rekomendasi.....172



## DAFTAR TABEL

No	Keterangan	Halaman
Tabel 1.1	Tabel Referensi Jurnal dan Penelitian Terdahulu	4
Tabel 2.1	Outlier Test Kn Values	19
Tabel 2.2	Percentile Points of the t-Distribution {v, p} for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)	21
Tabel 2.3	Percentile Points of the F-Distribution F { } for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)	23
Tabel 2.4	Reduced Mean (Yn)	28
Tabel 2.5	Reduced Standard Deviation(Sn)	28
Tabel 2.6	Reduced Variate (Yt)	29
Tabel 2.7	Standar Variabel Untuk Periode Ulang T Tahun	30
Tabel 2.8	Jenis Distribusi Frekuensi Yang Digunakan	30
Tabel 2.9	Koefisien Pengaliran Run Off/Limpasan (C)	35
Tabel 2.10	Penentuan Kala Ulang/ Tahun Periode Ulang Saluran Drainase	35
Tabel 2.11	Periode Ulang Debit Rencana Yang Direkomendasikan Untuk Bangunan Drainase Utama (Hassing, J.M.,1996)	36
Tabel 2.12	Harga Koefisien Kekasaran Manning (N) Yang Sering Digunakan	38
Tabel 2.13	Penjelasan Atas Gambar 2.4. Klasifikasi Fasilitas Penahan Air Hujan	40
Tabel 2.14	Karakteristik Filter Buatan Yang Optimal Pada Sumur Injeksi	47
Tabel 2.15	Volume Sumur Resapan Berdasarkan Luas Tutupan Atap Bangunan	52
Tabel 2.16	Alternatif Pemakaian Bahan Bangunan Untuk Konstruksi Sumur Resapan	58
Tabel 2.17	Faktor Geometrik Parit	62
Tabel 2.18	Jarak Minimum Sumur Resapan Air Hujan Terhadap Bangunan	64
Tabel 2.19	Faktor Geometrik (F) Sumur Resapan Berdasarkan Beberapa Referensi	67
Tabel 3. 1	Metode Yang Dibandingkan Dalam Perhitungan Zero Run Off	80
Tabel 4.1	Data Curah Hujan Daerah Tahun 2006 s/d 2015 Stasiun Hujan Kemayoran, Stasiun Hujan Tanjung Priok dan Stasiun Hujan Halim Perdana Kusuma	91
Tabel 4.2	Pemeriksaan Outlier Data Hujan Tahun 2006 s/d Tahun 2015	93
Tabel 4.3	Perhitungan Nilai Log	94







Tabel 4.4	Outlier Test Kn Values	94
Tabel 4.5	Percentile Points of the t-Distribution {v, p} for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)	96
Tabel 4.6	Hasil analisis Pengujian Trend	97
Tabel 4.7	Tabel Percentile Points of the F-Distribution F { } for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)	100
Tabel 4.8	Hasil Analisis Pengujian Stabilitas	102
Tabel 4.9	Hasil Analisis Pengujian Independensi	104
Tabel 4.10	Data Hujan Rata – rata Tahun 2006 s/d Tahun 2015	105
Tabel 4.11	Tabel Hasil Reduce Mean (Yn) dan Reduced Standard Deviation (Sn) Berdasarkan Jumlah Data	106
Tabel 4.12	Nilai Ekstrim Distribusi Gumbel Tipe I	106
Tabel 4.13	Perhitungan Batas Kelas Gumbel Tipe I	107
Tabel 4.14	Tabel Distribusi Chi Square	108
Tabel 4.15	Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorof Distribusi Gumbel Tipe I	109
Tabel 4.16	Level Of Significant ( $\alpha$ ) Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorof	110
Tabel 4.17	Perhitungan Distribusi Log-Normal Dua Paramater	110
Tabel 4.18	Nilai Ekstrim Distribusi Log-Normal Dua Parameter	111
Tabel 4.19	Tabel Log Normal	112
Tabel 4.20	Penentuan Batas Kelas Distribusi Chi Square	113
Tabel 4.21	Perhitungan Nilai Distribusi Chi Square	113
Tabel 4.22	Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi Log Normal 2 Parameter	114
Tabel 4.23	Perhitungan Nilai distribusi Log Pearson Type III	115
Tabel 4.24	Nilai Ekstrim Distribusi Log Pearson Tipe III Berbagai Kala Ulang	116
Tabel 4.25	Log Pearson Type III	116
Tabel 4.26	Perhitungan Batas Kelas Berdasarkan Peluang, Log Pearson Type III	117
Tabel 4.27	Perhitungan Nilai Distribusi Chi-Square Log Pearson Type III	117
Tabel 4.28	Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorof Log Pearson Type III	118
Tabel 4.29	Perhitungan Distribusi Frechet	119
Tabel 4.30	Perhitungan Nilai Ekstrem Distribusi Frechet	119
Tabel 4.31	Nilai Variabel Reduksi Gumbel	120
Tabel 4.32	Perhitungan Batas Kelas Distribusi Frechet	121





Tabel 4.33	Perhitungan Uji Chi Square Distribusi Frechet	121
Tabel 4.34	Pemilihan Jenis Distribusi Frekuensi	121
Tabel 4.35	Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan Tiap Metode	122
Tabel 4.36	Perhitungan Nilai Kritis	122
Tabel 4.37	Pemilihan Jenis Distribusi Frekuensi	122
Tabel 4.38	Koefisien Pengaliran Run Off/Limpasan (C)	123
Tabel 4.39	Perhitungan Nilai Intensitas Hujan	124
Tabel 4.40	Perhitungan Debit Rancangan Kondisi I	125
Tabel 4.41	Nilai Koefisien Limpasan Berdasarkan Luas Tutupan Lahan	125
Tabel 4.42	Perhitungan Debit Rancangan Kondisi II	126
Tabel 4. 43	Perhitungan Drainase Internal Kala Ulang 2 tahun	129
Tabel 4. 44	Perhitungan Drainase Internal Kala Ulang 3 tahun	130
Tabel 4. 45	Perhitungan Drainase Internal Kala Ulang 5 tahun	130
Tabel 4. 46	Dimensi Kolam Resapan	132
Tabel 4. 47	Dimensi Kolam Resapan	133
Tabel 4. 48	Dimensi Kolam Resapan	134
Tabel 4. 49	Dimensi Drainase Internal Rencana	136
Tabel 4. 50	Dimensi Kolam Resapan	140
Tabel 4. 51	Dimensi Kolam Resapan	141
Tabel 4. 52	Perhitungan Kebutuhan Sumur Injeksi	150
Tabel 4. 53	Analisa Harga Satuan Beton	156
Tabel 4. 54	Analisa Harga Satuan Proyek Saluran Drainase Internal	156
Tabel 4. 55	Harga Satuan Pembuatan Sumur Injeksi	160
Tabel 4. 56	Volume Sumur Resapan Berdasarkan Luas Tutupan Atap Bangunan	163
Tabel 4. 57	Perbandingan Ketiga Alternatif Metode Analisa Hidrologi dan SNI Nomer 03-2453-2002	166
Tabel 4. 58	Perbandingan Metode Analisa Hidrologi dan SNI Nomer 03-2453-2002 Alternatif Terpilih Dengan Metode Peraturan Gubernur DKI Jakarta	168





## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1	Daur/siklus Hidrologi	14
Gambar 2. 2	Metode Rata-Rata Aljabar	16
Gambar 2. 3	Kemiringan Saluran	37
Gambar 2. 4	Klasifikasi Fasilitas Penahan Air Hujan	40
Gambar 2. 5	Contoh Bangunan Kolam Resapan	42
Gambar 2. 6	Contoh Aplikasi Kolam Resapan	42
Gambar 2. 7	Sketsa Sumur Injeksi	44
Gambar 2. 8	Penempatan Sumur Resapan Dangkal dan Sumur Resapan Dalam	45
Gambar 2. 9	Sumur Resapan Dalam	46
Gambar 2.10	Konstruksi Sumur Resapan Tunggal (a) dan Sumur Resapan Ganda (b)	47
Gambar 2.11	Filter Buatan Sumur Injeksi	49
Gambar 2.12	Pemasangan Filter Buatan Pada Sumur Injeksi	49
Gambar 2.13	Lubang Resapan Biopori	50
Gambar 2.14	Contoh Aplikasi Lubang Resapan Biopori	50
Gambar 2.15	Sumur Resapan Pada Bangunan Bertalang	53
Gambar 2.16	Sumur Resapan Pada Bangunan Tidak Bertalang	53
Gambar 2.17	Sumur Resapan Pasangan Batu Bata	54
Gambar 2.18	Sumur Resapan Pasangan Buis Beton	55
Gambar 2.19	Sumur Resapan Pasangan Batu Kali	56
Gambar 2.20	Sumur Resapan Beton Berpori	57
Gambar 2.21	Contoh Aplikasi Sumur Resapan Di Lapangan	59
Gambar 2.22	Diagram Penerapan Zero Run Off Atau Zero Delta Q Policy System Tata Air Hujan Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya [Pusat Litbang Permukiman, 2014]. Dimodifikasi	60
Gambar 2.23	Langkah Pembuatan Sumur Resapan Standar Kementerian Pekerjaan Umum	65
Gambar 3.1	Lokasi Studi Sisi yang Berbatasan Langsung Dengan Kali Grogol (bawah)	70
Gambar 3.2	Lokasi Studi Sisi Yang Berbatasan Dengan Lahan Parkir Areal Pengembangan (Saluran drainase internal yang menampung aliran dari depan lokasi studi ke arah kali grogol)	70





Gambar 3.3	Effluent Saluran Drainase Internal Menuju Kali Grogol	70
Gambar 3.4	Sumur Resapan Di areal Parkir (1); Sumur Resapan Di Areal Basemen (2)	71
Gambar 3.5	Kondisi Perkerasan Pada Lahan Eksisting Di dalam Lokasi Kegiatan (1) dan Di Depan Lokasi Kegiatan (2)	71
Gambar 3.6	Areal Pengembangan	72
Gambar 3.7	Peta Lokasi Studi	73
Gambar 3.8	Peta Lay Out Master Plan Lokasi Studi	74
Gambar 3.9	Peta Batas Arah Aliran Sungai Wilayah Provinsi DKI Jakarta	75
Gambar 3.10	Peta Jaringan Drainase Wilayah Kecamatan Cilandak	76
Gambar 3.11	Bagan Alir Studi	90
Gambar 4. 1	Skema Jaringan Drainase Internal Eksisting Lokasi Studi	127
Gambar 4. 2	Skema Zero Runoff Alternatif I	138
Gambar 4. 3	Sketsa Konsep Zero Runoff Alternatif I	138
Gambar 4. 4	Skema Zero Runoff Alternatif II	145
Gambar 4. 5	Sketsa Konsep Zero Runoff Alternatif II	145
Gambar 4. 6	Peta Layout Penempatan Bangunan Konservasi pada Konsep <i>Zero Runoff</i> Alternatif I dan II	146
Gambar 4. 7	Hasil Borlog Lokasi Studi	147
Gambar 4. 8	Sumur Vertikal Dengan Pipa Injeksi	148
Gambar 4. 9	Tipikal Skematik Sumur Injeksi Air Tanah	148
Gambar 4. 10	Skema Zero Runoff Alternatif III	153
Gambar 4.11	Sketsa Konsep Zero Runoff Alternatif III	153
Gambar 4. 12	Peta Layout Penempatan Bangunan Konservasi pada Konsep <i>Zero Runoff</i> Alternatif III	154
Gambar 4.13	Daftar Harga Buis Beton Tahun 2017 – 2018	157
Gambar 4.14	Spesifikasi Teknis Sumur Resapan	158
Gambar 4.15	Filter Buatan Sumur Injeksi	161
Gambar 4.16	Pemasangan Filter Buatan Pada Sumur Injeksi	161



## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pusat Statistik, (2010). *Jakarta Dalam Angka*. Jakarta.
- Bambang Triatmodjo, (2015). *Hidrologi Terapan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Dinas Tata Air Provinsi DKI Jakarta.
- Goldman et al.,(1986). *Erosion and Sediment Control Handbook*. McGraw-Hill, New York, NY.
- [Https ://www.ontario.ca](https://www.ontario.ca). (2012). *Test Holes And Dewatering Wells Requirements And Best Management Practices*. Ontario, America.
- Imam Subarkah, (1980). *Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air*. Bandung: Idea Dharma.
- Kodoatie RJ, Sjarief R, (2005). *Pengelolaan Sumber Daya Air Terpadu*. Yogyakarta: ANDI.
- Lily Montarcih Limantara, (2010). *Hidrologi Praktis*. Bandung: Lubuk Agung.
- Pawitan, (2002). *Hidrologi DAS Ciliwung dan Kontribusi terhadap Banjir di Jakarta. Lokakarya” Pengelolaan DAS dalam Mengendalikan Banjir Jakarta*. Jakarta: Kerjasama IPB dengan Anderson Consult.
- Pedoman Konstruksi dan Bangunan Perencanaan Sisitem Drainase Jalan Departemen Pekerjaan Umum (Pd. T-02-2006-B), (2006).
- Prof. Dr. Ir. KMT. Sunjoto Kusumosayoto Dir. HE.DEA, 2009. *Pembangunan Sumber daya Air*. Yogyakarta: Hasta Cipta Mandiri.
- Prof. Dr. Ir. KMT. Sunjoto Kusumosayoto Dir. HE.DEA, 1995. *Sistem Drainase yang Berwawasan Lingkungan*. Yogyakarta: Fakultas Teknik Universitas Gadjah Mada Yogyakarta.
- Pusat Litbang Permukiman tahun (2012), (2013), (2014).
- Peraturan Presiden Nomor 26 tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional.
- Peraturan Daerah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 1 tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah DKI Jakarta 2030.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 68 tahun 2005 tentang Sumur Resapan.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 38 tahun 2012 tentang Bangunan Hijau.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 20 tahun 2013 tentang Sumur Resapan (perubahan atas Pergub No. 68 tahun 2005).
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 43 tahun 2013 tentang Pelayanan





Rekomendasi Peil Lantai Bangunan.

Peraturan SNI Nomor 02-2453-2002 Tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur

Resapan Air Hujan Untuk Lahan Perkarangan.

Sri Harto, (1990). *Analisa Hirdologi*. Yogyakarta: PAU Ilmu Teknik Universitas Gajah Mada.

Soemarto, (1999). *Hidrologi Teknik*. Jakarta: Erlangga.

Soewarno, (1991). *Hidrologi Pengukuran dan Pengelolaan Data Aliran Sungai Hidrometrik*. Bandung: Nova.

Sucipto, (2008). *Teori dan Praktek Ekologi*. Surabaya: Airlangga Universitas Press.

Suripin, (2004). *Sistem Drainase Perkotaan Yang Berkelanjutan*. Yogyakarta: ANDI.

### STUDI TERKAIT

Ahmad Erwin Nurhamidin. (2015). Analisis Sistem Drainase Kota Tondano (Studi Kasus Kompleks Kantor Bupati Minahasa). *Jurnal Sipil Statis*. 3 (9):599 – 612.

Arnellya Fitri, Azura Ulfa. (2015). Perencanaan Penerapan Konsep Zero Run Off Dan Agroforestri Berdasarkan Kajian Debit Sungai Di Sub DAS Belik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Perencanaan Wilayah dan Kota*. 26 (3): 192 – 207.

Dimitri, Fairiza. (2015). Analisis Dan Evaluasi Saluran Drainase Pada Kawasan Perumnas Talang Kelapa Di Subdas Lambidaro Kota Palembang. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*. 3 (1):2355 – 374X.

Endah Supriyani, M. Bisri, Very Dermawan. (2012). Studi Pengembangan Sistem Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus Sub Sistem Drainase Magersari Kota Mojokerto). *Jurnal Teknik Pengairan*. 3 (2):112 – 121.

Mohammad Bisri, Titah Andalan Norman Prastya. (2009). Imbuhan Air Tanah Buatan Untuk Mereduksi Genangan (Studi Kasus di Kecamatan Batu Kota Batu). *Jurnal Rekayasa Sipil*. 3 (1).

Sih Andayani, Bambang E, Yuwono, Soekrasno. (2012). Indikator Tingkat Layanan Drainase Perkotaan. *Jurnal Teknik Sipil*. 11 (2) : 148 – 157.

Sarbidi, (2013). Aplikasi Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Zero Run Off Pada Kawasan Permukiman. *Jurnal Permukiman*. 10 (2):106 – 117.

Sarbidi, (2015). Metode Penerapan Zero Run Off Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya Untuk Peningkatan Panen Air Hujan Dan Penurunan Puncak Banjir. *Jurnal Permukiman*. 8 (3):128 - 135.





**DAFTAR LAMPIRAN**

- Lampiran 1 Data Hujan Stasiun Kemayoran
- Lampiran 2 Data Hujan Stasiun Tanjung Priok
- Lampiran 3 Data Hujan Stasiun Halim Perdana Kusuma
- Lampiran 4 Peta Layout Lokasi Kegiatan
- Lampiran 5 Data Penyelidikan Tanah





## BAB I PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Peningkatan pembangunan, penumpukan aktifitas, dan bertambahnya jumlah penduduk di wilayah provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta menimbulkan peningkatan luasan tutupan lahan dan semakin berkurangnya lahan terbuka sebagai daerah resapan. Bertambahnya pembangunan seperti pemukiman, gedung perkantoran, perhotelan, pertokoan, pusat bisnis, rumah sakit, sekolah, jalan, dan sarana lainnya yang semakin mengurangi lahan terbuka. Proporsi lahan terbangun di Wilayah DKI Jakarta adalah Jakarta selatan yaitu  $\pm 77,65 \%$ , sedangkan proporsi lahan terbangun untuk kota Jakarta Pusat, Jakarta Barat, dan Jakarta Timur adalah masing – masing sebesar  $\pm 72,55 \%$ ,  $66,09 \%$ ,  $66,77 \%$  (Data teknis Dinas Sumber Daya Air Provinsi DKI Jakarta, 2015).

Banyaknya lahan yang sudah terbangun mengakibatkan air hujan yang jatuh ke permukaan tanah langsung menjadi limpasan hujan. Pada periode ulang 10 tahunan, kontribusi limpasan di DKI Jakarta paling banyak erasal dari Jakarta Selatan sebanyak  $\pm 30,59 \%$ , Jakarta Timur  $\pm 30,22 \%$ , Jakarta Barat sekitar  $\pm 18,49 \%$ , dan Jakarta Pusat  $\pm 8,64 \%$  (Data teknis Dinas Sumber Daya Air Provinsi DKI Jakarta, 2015).

Peningkatan jumlah penduduk sebagai salah satu aspek penting dalam hal peningkatan tutupan lahan di DKI Jakarta tentunya menuntut penyediaan sarana dan prasarana untuk mencukupi kebutuhan yang pada akhirnya menuntut adanya alih fungsi lahan. Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan Pawitan, (2002) (dalam sunjoto, 2009) yang menyatakan bahwa meningkatnya tekanan penduduk terhadap sumber daya lahan dan air yang telah menunjukkan sejumlah dampak negatif yang serius seperti perubahan penggunaan lahan yang tidak terkendali berupa perambahan hutan dan penebangan liar ke daerah hulu, hilangnya tutupan lahan hutan menjadi jenis penggunaan lahan lainnya yang terbukti memiliki daya dukung lingkungan lebih terbatas, sehingga bencana banjir dan kekeringan semakin sering terjadi, disertai bencana ikutannya, seperti tanah longsor, korban jiwa, pengungsian penduduk, gangguan kesehatan, sampai kelaparan, dan anak putus sekolah. Perubahan penggunaan lahan menyebabkan perubahan sifat biofisik suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Sucipto (2008).





Konsep zero delta Q policy (ZDQP) seperti dibahas pada PP Nomor 26 Tahun 2008 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah Nasional sudah kerap kali dibahas dalam berbagai seminar tentang sumber daya air di Kementerian Pekerjaan Umum. Ini merupakan sebuah konsep yang dikaitkan dengan upaya pengendalian banjir. Artinya setiap bangunan gedung atau kawasan harus mengelola air limpasan (runoff) di dalam persil atau kawasannya sendiri. Hal ini dimaksudkan agar debit limpasan yang mengalir ke luar persil atau ke luar kawasan selalu menyamai atau lebih baik dari kondisi naturalnya. Dengan kata lain, ZDQP suatu kebijakan yang mengatur harkat neraca air kawasan tetap berjalan minimal sama atau lebih baik dari kondisi alamiahnya.

### 1.2 Identifikasi Masalah

Jakarta menjadi tujuan urbanisasi terbesar di Indonesia, jumlah penduduk kota Jakarta telah tumbuh dari 2,9 juta orang pada tahun 1961 menjadi sekitar 9,6 juta (hasil penghitungan sementara Sensus Penduduk, Badan Pusat Statistik, 2010). Pada siang hari, penduduk Jakarta bertambah menjadi 12,5 juta orang. Tingginya tingkat pertumbuhan ekonomi menjadikan Jakarta sebagai magnet bagi para pelaku bisnis maupun para pendatang, sedangkan lahan yang tersedia kian mahal dan terbatas. Peraturan Daerah Nomor 1 Tahun 2012 tentang Rencana Tata Ruang Wilayah DKI Jakarta 2030 menjelaskan bahwa Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta sebagaimana kota-kota besar lain di dunia menghadapi tantangan global, khususnya pemanasan global (global warming) dan perubahan iklim (climate change) yang membutuhkan aksi perubahan iklim (climate action), baik aksi adaptasi maupun aksi mitigasi yang perlu dituangkan dalam penataan ruang; bahwa Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta berada dalam kota delta (delta city) sehingga pengarusutamaan tantangan dan kendala daerah a. b. c. d. delta melalui pengelolaan tata air, analisis resiko bencana, dan perbaikan ekosistem, harus menjadi perhatian utama dalam penataan ruang. Dalam konteks pembangunan dan perizinan, harus mengedepankan peran-serta aktif, komitmen, konsistensi serta tanggung jawab bersama antara penanggung jawab kegiatan/ masyarakat dengan pemerintah DKI Jakarta sebagai stake holder demi terselenggaranya penataan ruang yang terpadu dan berkelanjutan.

Manajemen sistem tata air merupakan suatu upaya perencanaan, pengelolaan, dan pengendalian serta pengawasan air limpasan yang terstruktur dan terpadu pada suatu areal kawasan sesuai dengan arah kebijakan yang berlaku. Sebagaimana sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta Nomor 43 tahun 2013 tentang





Pelayanan Rekomendasi Peil Lantai Bangunan dijelaskan bahwa output penerapan prinsip zero Delta Q yakni dengan menahan runoff tetap di dalam kawasan hingga 100% atau mengalirkan air ke luar kawasan hingga nol persen atau zero runoff.

Sesuai dengan peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta nomor 20 tahun 2013 tentang sumur resapan dijelaskan bahwa upaya untuk memanfaatkan air hujan, mengurangi limpasan air dan melestarikan air tanah dengan adalah dengan membuat sumur resapan dan penampungan yang berfungsi sebagai tempat untuk menampung, menyimpan, dan meresapkan air hujan yang dapat menambah kandungan air tanah. Bahwa meningkatnya jumlah pembangunan gedung baik di atas atau di bawah telah dapat mengurangi resapan air hujan ke dalam tanah dan volume akuifer yang dapat mengakibatkan banjir dan kekeringan.

Bangunan dan persilnya mempunyai potensi sebagai wahana sumber air baku dari air hujan. Oleh karena itu, sangat layak dirumuskan suatu metoda penerapan tata air hujan zero runoff di lingkungan bangunan, terutama yang mempunyai atap dan persil yang luas. Dalam studi kali ini bangunan yang ditinjau adalah bangunan di dalam kawasan perkantoran yang terdiri dari bangunan vertikal (16 lantai) dan horisontal.

Pada lokasi studi, limpasan hujan masih terjadi karena bangunan konservasi yang tidak berfungsi dengan baik, dimana aliran limpasan langsung diarahkan ke Kali Grogol karena kontur lokasi studi yang langsung mengarah ke Kali Grogol. Oleh sebab itu, diperlukan dukungan sistem dan teknologi drainase bangunan dan persil serta kawasan agar dihasilkan output konsep manajemen sistem tata air yang berbasis zero runoff, yaitu dapat mengeluarkan air limpasan ke luar kawasan (kali grogol) sekecil-kecilnya atau bahkan nol limpasan.

### 1.3 Batasan Masalah

Batasan masalah dalam penelitian ini adalah :

- Tidak membahas manajemen secara umum.
- Tidak melakukan analisis sosial masyarakat sekitar lokasi penelitian.
- Tidak membahas limpasan buangan air limbah domestik sebagai influent pada perhitungan analisis limpasan air di lokasi studi.
- Tidak melakukan perhitungan dan evaluasi saluran drainase eksternal, dikarenakan studi hanya difokuskan kepada pemaksimalan konsep zero runoff, dimana air limpasan yang berasal dari hujan dimaksimalkan meresap ke dalam tanah melalui









## 1.6. Penelitian Terdahulu

Tabel 1.1 Tabel Referensi Jurnal dan Penelitian Terdahulu

No.	Jenis	Judul	Uraian
1.	Jurnal Sipil Statis, Ahmad Erwin Nurhamidin. (2015)	Analisis Sistem Drainase Kota Tondano (Studi Kasus Kompleks Kantor Bupati Minahasa)	Berdasarkan analisis dan pembahasan disimpulkan bahwa faktor genangan dapat diatasi dengan mengalihkan sebagian debit rencana dari pembuangan zona I dan ke pembuangan zona II; evaluasi sistem drainase eksisting terhadap rencana pengembangan sistem drainase baru dengan hasil bahwa 81 saluran eksisting tetap dipertahankan kapasitas dan dimensi penampangnya serta terdapat penambahan gorong – gorong satu buah menjadi 33 buah gorong – gorong. Persoalan sampah secara teknis dapat diatasi dengan menambah saringan sampah (trash rack) pada bagian inlet gorong – gorong dan secara non teknis dengan melibatkan peran serta masyarakat dalam kegiatan operasional dan pemeliharaan.





2.	Jurnal Perencanaan	Perencanaan	Penerapan	Berdasarkan hasil penelitian
	<p>Wilayah dan Kota, Arnellya Fitri, Azura Ulfa. (2015)</p>	<p>Konsep Zero Runoff Dan Agroforestri Berdasarkan Kajian Debit Sungai Di Sub DAS Belik, Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta</p>		<p>kajian debit banjir yang dilakukan pada sungai Belik menggunakan metode rasional dan metode SCS CN yaitu metode yang yang digunakan dalam penentuan debit puncak pada satu kejadian hujan, dimana keseluruhan hasil perhitungan kedua metode yang sudah dilakukan melebihi besar debit pengukuran langsung di lapangan menggunakan metode slope area, sehingga artinya keseluruhan hasil analisis menunjukkan banjir atau limpasan permukaan sudah melebihi kapasitas drainase. Untuk itu diperlukan penerapan konsep zero runoff di sub DAS Belik yang efektif dalam upaya pengendalian banjir di Kota Yogyakarta, dimana pengelolaan limpasan seharusnya tidak hanya dilakukan di daerah hilir saja namun juga di daerah hulu yaitu dengan konsep pembangunan sumur resapan dangkal,, lubang resapan biopori dan kolam resapan.</p>





3.	Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan, Dimitri, Fairiza. (2015)	Analisis Saluran Kawasan Kelapa Lambidaro	Dan Evaluasi Drainase Pada Perumnas Talang Di Subdas Kota Palembang	Dari hasil analisis dan pembahasan telah dilakukan evaluasi terhadap sistem drainase eksisting dengan dua cara yaitu dengan metode rasional dan trial and error dengan program EPA SWMM, dengan hasil dimensi saluran yang lebih kecil dan efisien untuk penggunaan program EPA SWMM dibandingkan dengan metode rasional, sehingga dapat diterapkan pada lokasi studi berupa perbaikan jaringan drainase pada kawasan Perumnas Talang Kelapat yang sudah tidak memadai lagi.
4.	Jurnal Teknik Pengairan, Endah Supriyani, M. Bisri, Very Dermawan. (2012)	Studi Sistem Drainase Perkotaan Berwawasan Lingkungan (Studi Kasus Sub Sistem Drainase Magersari Kota Mojokerto)	Pengembangan	Berdasarkan perhitungan serta analisis yang telah dilakukan, dapat diambil kesimpulan bahwa dari nilai rata – rata koefisien pengaliran 0,64 dan total rasio kawasan resapan di wilayah studi yang bernilai 36% menunjukkan bahwa wilayah studi termasuk kategori dengan tutupan lahan 75% - 100% sehingga termasuk kategori sistem drainase yang tidak





			berwawasan lingkungan; Dari hasil analisis kapasitas saluran drainase diketahui bahwa hampir semua saluran drainase tidak mencukupi atau tidak layak, dimana : a. Nilai reduksi genangan wilayah studi adalah berbeda – beda pada setiap wilayah genangan, berkisar antara 50% - 100% b. Kolam penampungan yang berlokasi di daerah pengaliran Afvour Sinoman I menunjukkan bahwa dengan kapasitas tampungan sebesar 30.000 m <sup>3</sup> telah terisi penuh dalam waktu 8,79 jam.
5.	Jurnal Rekayasa Sipil, Mohammad Bisri, Titah Andalan Norman Prastya. (2009)	Imbuhan Air Tanah Buatan Untuk Mereduksi Genangan (Studi Kasus di Kecamatan Batu Kota Batu)	Berdasarkan hasil penelitian didapatkan bahwa penerapan sumur resapan merupakan salah satu solusi tercepat untuk konservasi air tanah dan yang paling mungkin untuk dilaksanakan di kota Batu, mengingat kondisi muka air tanah yang terus menurun dari tahun ke tahun, namun belum ada PERDA yang mengatur tentang sumur resapan untuk tujuan konservasi air tanah tersebut.





6.	Jurnal Teknik Sipil, Sih Andayani, Bambang E, Yuwono, Soekrasno. (2012)	Indikator Tingkat Layanan Drainase Perkotaan	Hasil penelitian yang dilakukan adalah hasil dari uji validitas dan uji reliabilitas berdasarkan data dari 30 responden. Dimana dari hasil uji tersebut menunjukkan bahwa dari seluruh indikator yang digunakan untuk mengukur dimensi dari faktor – faktor yang memberikan kontribusi pada layanan drainase perkotaan hampir secara keseluruhan bersifat valid, kecuali untuk dimensi kehandalan saluran drainase terdapat satu indikator yakni indikator kemantapan dinding saluran yang tidak valid.
7.	Jurnal Permukiman, Sarbidi, (2013)	Aplikasi Sistem Drainase Berwawasan Lingkungan Zero Runoff Pada Kawasan Permukiman	Dari hasil analisis dan penelitian dapat disimpulkan bahwa prototipe drainase berwawasan lingkungan metode tampungan, manfaat, resapan dan aliran (TRMA) (metode subreservoir TRMA) green building pusat Litbang dapat diterapkan untuk tampungan, resapan, dan konsumsi limpasan air (runoff) sehingga limpasan nol (zero runoff), dapat digunakan untuk sarana pemanenan air hujan





			<p>(rain harvesting) untuk memenuhi konsumsi air minum kantor yang bersangkutan; dengan menghasilkan kondisi zero runoff untuk genangan air sedalam 1- 5 cm, selama 30 – 60 menit dan hilang atau kering dalam waktu kurang dari 2 jam setelah hujan reda, sehingga memenuhi syarat dalam drainase kota; konstruksi subreservoir konstruksi FRP modul SR65 (ukuran diameter 3 m dan panjang 10 m) perlu dimodifikasi agar lebih praktis untuk aplikasi di lapangan.</p>
8.	Jurnal Permukiman, Sarbidi, (2015)	Metode Penerapan Zero Runoff Pada Bangunan Gedung Dan Persilnya Untuk Peningkatan Panen Air Hujan Dan Penurunan Puncak Banjir	<p>Metode penerapan tata air hujan di bangunan dan persilnya zero runoff (ZRO) dirumuskan sebagai fungsi dari intensitas hujan (I), jenis dan volume sarana tampungan (T), Resapan (R), Manfaat (M) dan Aliran (A) air hujan kelebihan keluar kawasan atau disingkat dengan formula : <math>ZRO = f(I,T,R,M,A)</math>. Sarana TRMA terdiri atas subreservoir air hujan,</p>





			<p>sumur resapan, instalasi pengolahan air minum air hujan (IPAM AH), kolam retensi/ kolam detensi, sarana pengaliran saluran terbuka atau tertutup, pompa dan peralatan mekanikal elektrik lainnya dan beroperasi dalam satu kesatuan terintegrasi. Penerapan zero runoff pada bangunan dan persilnya selalu berkaitan dengan curah hujan dan karakteristik kawasan dengan mengikuti kaidah – kaidah analisis hidrologi, hidrolika, hidrogeologi, dan tata guna lahan eksisting setempat.</p>
<p>9.</p>	<p>International journal of Contemporary Health Challenges and Research and Sustainable Development in Review, Jacinta A. Opara, (2016)</p>	<p>(URP)</p> <p>Environmental Health Challenges and Sustainable Development in Nigeria: Implications for Policy And Management</p>	<p>Metode pengelolaan lingkungan di wilayah negara Nigeria terkait dengan analisis secara keilmuan di bidang kesehatan, lingkungan hidup, dan manajemen sosial dikaitkan dengan peraturan pemerintah yang berlaku beserta kemungkinan pengaruh pemberlakuan kebijakan baru sesuai dengan hasil analisis.</p>





10.	International journal of Contemporary Research and Review, S.R. Barick, B.K. Ratha, (2017)	Hydrological Studies and Water Quality Analysis Around The Limestone Mining in the Hial Area of Bolangir District ,Odisha for The Optimal Use And Sustainable Management of Available Water Resources	Pengelolaan manajemen strategis di bidang sumber daya air perlu dilakukan di wilayah Bolangir districk, Odisha, India, dikarenakan terjadi pencemaran yang cukup serius pada sumber daya air khususnya air permukaan. Sistem manajemen sumber daya air yang berkelanjutan menjadi sangat penting untuk dilakukan guna keberlangsungan sumber daya air.
11.	Water Resources Management Journal, Tewodros Negash Kahsay, Onno Kuik, Roy Brouwer, Pieter van der Zaag, (2018)	The Transboundary Impacts of Trade Liberalization and Climate Change on the Nile Basin Economies and Water Resource Availability	Adanya kebijakan perdagangan liberal dan kemajuan teknologi sebagai faktor penunjang peningkatan ekonomi berdampak pada keberlangsungan sistem sungai Nil. Hal ini diperkuat dengan adanya perubahan iklim yang ekstrim. Oleh karena itu dibutuhkan suatu kebijakan pemerintah yang berdasarkan atas evaluasi dan analisis secara teknis di bidang sumber daya air.





## BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Lahan terbuka dan ruang terbuka hijau yang sudah beralih fungsi menjadi bangunan dan persilnya mempunyai potensi sebagai wahana sumber air baku dari air hujan. Oleh karena itu, sangat layak dirumuskan suatu metoda penerapan tata air hujan zero run off di lingkungan bangunan, terutama yang mempunyai atap dan persil yang luas. Dalam studi kali ini bangunan yang ditinjau adalah bangunan di dalam kawasan perkantoran yang terdiri dari bangunan vertikal (16 lantai) dan horisontal.

Darah Aliran Sungai (*catchment area*) lokasi penelitian berada pada wilayah aliran barat yang mempunyai batas wilayah aliran yang bermuara ke Kali Grogol, dan terdapat beberapa stasiun hujan yang berpengaruh yakni :

1. Stasiun Hujan Kemayoran
2. Stasiun Hujan Tanjung Priok
3. Stasiun Hujan Halim Perdana Kusuma

### 2.1 Daur/ Siklus Hidrologi

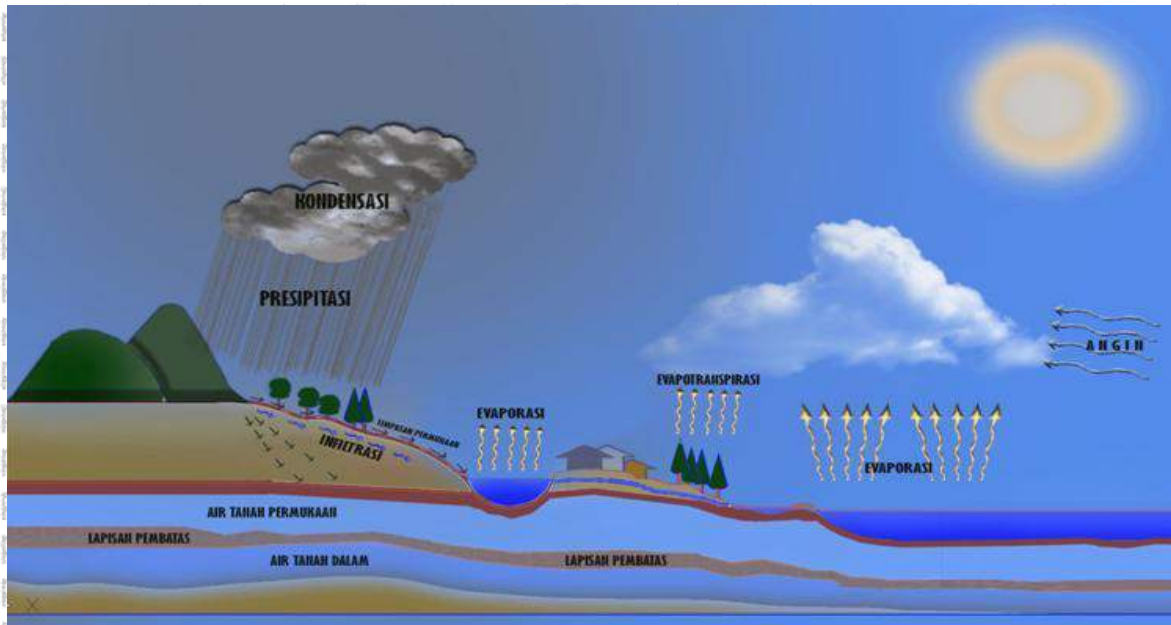
Daur atau siklus hidrologi adalah gerakan air laut ke udara, yang kemudian jatuh ke permukaan tanah lagi sebagai hujan atau bentuk presipitasi lain, dan akhirnya mengalir ke laut kembali (Triatmodjo, 2015).

Dalam daur hidrologi energi panas matahari dan faktor-faktor iklim lainnya menyebabkan terjadinya proses evaporasi pada permukaan vegetasi dan tanah, di laut, di sungai, atau di danau. Uap air sebagai hasil proses evaporasi akan terbawa oleh angin melintasi daratan yang bergunung maupun datar, dan apabila keadaan atmosfer memungkinkan, sebagian dari uap air tersebut akan terkondensasi dan turun sebagai air hujan.

Air hujan yang dapat mencapai permukaan tanah, sebagian akan masuk/ terserap ke dalam tanah (*infiltration*). Sedangkan air hujan yang tidak terserap ke dalam tanah akan tertampung sementara dalam cekungan-cekungan permukaan tanah (*surface detention*) kemudian mengalir ke atas permukaan tanah yang lebih rendah (*runoff*) untuk selanjutnya masuk ke sungai. Air *infiltrasi* akan tertahan di dalam tanah oleh gaya kapiler yang selanjutnya akan membentuk kelembaban tanah. Pada saat tingkat



kelembaban tanah telah cukup jenuh maka air hujan yang baru masuk ke dalam tanah akan bergerak secara lateral (*horizontal*) untuk selanjutnya pada tempat tertentu akan keluar ke permukaan tanah (*subsurface flow*) dan akhirnya ke sungai.



**Gambar 2.1** Daur/siklus Hidrologi

(Sumber : Chow, V.T, (1988) dalam Triatmodjo, 2015)

### 2.1.1 Analisa Hidrologi

Hidrologi adalah suatu penjelasan terhadap proses kehadiran gerakan air yang terjadi di alam. Dalam pengembangannya khususnya dalam bidang sumber daya air, diperlukan suatu perencanaan dan pengelolaan terkait dengan pemanfaatannya. Dalam kasus manajemen sistem tata air, maka permasalahan pertama yang harus diketahui adalah “berapa banyak air yang diharapkan?”. Hal ini mungkin merupakan masalah perencanaan yang sulit untuk dijawab dengan teliti, karena jumlah air yang tersedia di alam tidak dapat ditentukan dengan pasti (Soemarto, 1999).

Dasar utama ilmu hidrologi sebenarnya adalah ilmu yang terus bergerak dan tidak pasti, terkait dengan sifat air itu sendiri. Dimana ilmu hidrologi bisa dikatakan merupakan ilmu yang memerlukan peramalan. Pekerjaan - pekerjaan dalam hidrologi sangat dibatasi oleh besar kecilnya peristiwa alam dan penelitian tertentu yang detail. Syarat-syarat utama yang diperlukan adalah data-data hasil pengamatan dalam semua aspek seperti; data hujan, evapotranspirasi, debit sungai, debit banjir, angkutan sedimen, dan lain-lain. Adanya data-data tersebut dan ditunjang oleh teori-teori yang berkaitan dengan hidrologi nantinya diharapkan hasil analisis hidrologi akan dapat memberikan penyelesaian masalah dalam persoalan pengembangan dan pengendalian sumber daya air.





Analisis hidrologi dimaksudkan untuk memprediksikan jumlah limpasan air dari sumber air yang tersedia yakni dari curah hujan setempat lokasi kegiatan dengan menggunakan persamaan-persamaan empiris yang memperhitungkan parameter-parameter alam yang mempengaruhinya. Hasil dari analisis hidrologi ini ditujukan untuk memberikan perkiraan mengenai *ketersediaan air, dan kelebihan air serta besarnya modulus drainase*.

Yang mana, hasil analisis tersebut akan digunakan sebagai dasar perencanaan kebutuhan bangunan konservasi dalam konsep *zero run off*.

Dalam kaitannya dengan studi kali ini, maka diperlukan analisis hidrologi yang meliputi :

- Analisis data curah hujan (uji konsistensi/ *consistency trend*)
- Analisis frekuensi
- Analisis curah hujan rancangan
- Analisis distribusi hujan jam-jaman
- Analisis debit banjir rancangan

## 2.2 Hujan

Presipitasi adalah peristiwa jatuhnya air dalam bentuk cair atau beku dari atmosfer ke permukaan bumi. Segala bentuk hasil dari kondensasi uap air di atmosfer yang kemudian akan jatuh sebagai curahan air atau hujan. Sebagian besar presipitasi terjadi sebagai hujan air, namun ada juga presipitasi yang berupa hujan salju, hujan es (*hail*), kabut menetes (*fog drip*), graupel, dan hujan es (*sleet*).

Hujan adalah rangkaian proses hidrologi yaitu jatuhnya hydrometeor yang berupa partikel-partikel air dengan diameter 0.5 mm atau lebih. Jika jatuhnya sampai ke tanah maka disebut hujan, akan tetapi apabila jatuhnya tidak dapat mencapai tanah karena menguap lagi maka jatuhnya tersebut disebut *Virga*. Hujan juga dapat didefinisikan dengan uap yang mengondensasi dan jatuh ke tanah dalam rangkaian proses hidrologi.

Hujan yang diperhitungkan dalam perencanaan drainase adalah hujan lebat. Di dalam merencanakan pembuangan air hujan, yang perlu diketahui adalah banyaknya air hujan yang jatuh atau debit curah hujan, dan air hujan yang mengalir ke saluran-saluran pembuangan atau debit pengaliran air hujan.

### 2.2.1 Hujan Wilayah

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan rancangan pemanfaatan air adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan. Stasiun-stasiun pengamat hujan yang tersebar pada satu daerah aliran dapat dianggap sebagai titik (*point*). Tujuan mencari





hujan rata-rata adalah mengubah hujan titik (*point rainfall*) menjadi hujan wilayah (*regional rainfall*) atau mencari suatu nilai yang dapat mewakili pada suatu daerah aliran, yaitu :

- a. Cara rata rata Aljabar
- b. Cara Poligon Thiessen
- c. Cara Isohyet

mengingat letak masing-masing sta. Hujan berada di luar batas DTA, maka dalam kajian ini menggunakan cara rata-rata aljabar.

Metode rata-rata aljabar ini merupakan metode yang paling sederhana. Tebal hujan dihitung dengan rumus :

$$H_r = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n} \dots \text{pers. (2.1)}$$

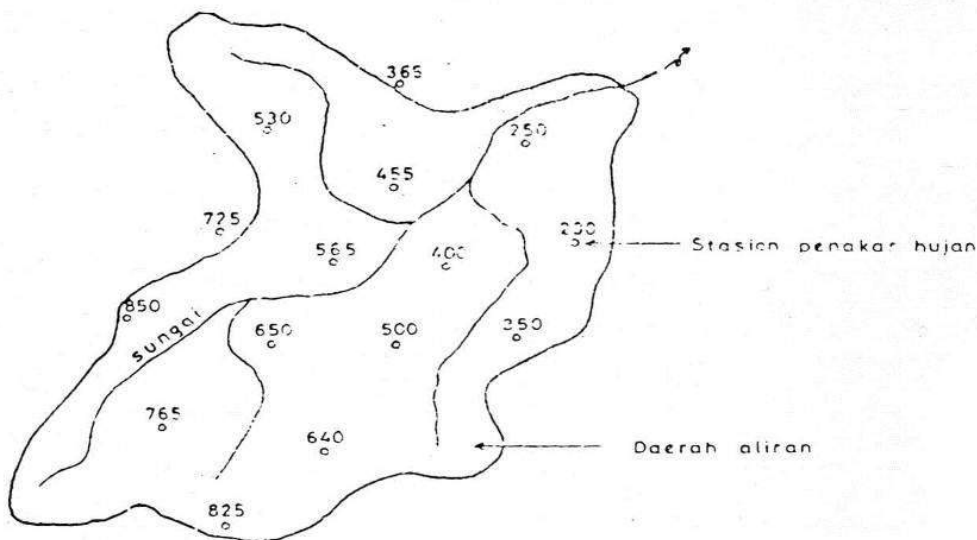
dengan :

$H_r$  = tebal hujan rerata DAS (mm)

$H_1, H_2, \dots, H_n$  = tebal hujan di pos 1, 2, ..., n (mm)

$n$  = banyaknya pos penakar curah hujan

Metode ini hanya disarankan untuk kondisi DAS dengan topografi datar (*flat topography*) dengan jumlah pos hujan cukup banyak dan lokasinya tersebar merata (*uniformly distributed*) pada lokasi yang terwakili. Apabila persyaratan itu tidak terpenuhi, maka metode ini akan memberikan hasil perhitungan yang tidak teliti.



**Gambar 2.2 Metode Rata-Rata Aljabar**

(Sumber : Loebis, 1992:83)





## 2.2.2 Data Curah Hujan

Data curah hujan adalah besaran dan banyaknya air yang jatuh ke permukaan bumi yang dianggap datar dan kedap, serta diasumsikan tidak mengalami penguapan dan prosesnya tersebar.

Satuan curah hujan dinyatakan dalam satuan millimeter atau inchi namun untuk di Indonesia satuan curah hujan yang digunakan adalah dalam satuan millimeter (mm).

Untuk perencanaan pengendalian genangan, analisis dilakukan dengan menggunakan data curah hujan terbesar tahunan yang telah lalu dan bilamana diperlukan selanjutnya dikonversikan menjadi debit yang akan digunakan sebagai dasar perencanaan drainase.

Data yang digunakan untuk menghitung analisa hidrologi pada studi Manajemen Sistem Tata Air Kawasan Perkantoran Berbasis *Zero Run Off* kali ini adalah dengan menggunakan data curah hujan dari stasiun penangkar curah hujan yang dapat dijelaskan sebagai berikut :

- Stasiun Meteorologi Kemayoran, elevasi stasiun 4 m, terletak pada koordinat  $06^{\circ}09'38''$  LS dan  $106^{\circ}51'12''$ BT. Berupa data curah hujan maksimum bulanan (tahun 2006 – 2015).
- Stasiun Meteorologi Maritim Tanjung Priok, elevasi 2 m, terletak pada koordinat  $06^{\circ}6''$  LS dan  $106^{\circ}52'$  BT. Berupa data curah hujan maksimum bulanan (tahun 2006 – 2015).
- Stasiun Meteorologi Halim Perdana Kusuma, elevasi 26 m, terletak pada koordinat  $06^{\circ}17'03''$  LS dan  $106^{\circ}53'06''$  BT. Berupa data curah hujan maksimum bulanan (tahun 2006 – 2015).

Data curah hujan yang digunakan selama 10 tahun, mulai tahun 2006 sampai dengan tahun 2015 dan data ini dapat dilihat pada lampiran 1 - lampiran 3.

## 2.2.3 Evaluasi data Curah Hujan Wilayah

Data curah hujan yang didapatkan sebagai data sekunder perlu dilakukan pengujian. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan data hujan yang mempunyai kualitas bagus dan dapat dilakukan analisa hidrologi secara lebih akurat.

### 2.2.3.1 Pemeriksaan Adanya Outlier

Pemeriksaan adanya outlier, pada seri data hujan harian maksimum tahunan, baik outlier atas maupun outlier bawah akan dilakukan dengan metoda yang dikembangkan oleh Water Resource Council (1981).

Menurut Water Resource Council, bila:

- a) koefisien skew dari data sampel  $> +0,4$ , maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier atas,





b) koefisien skew dari data sampel  $< -0,4$ , maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier bawah,

c)  $-0,4 < \text{koefisien skew} < +0,4$ , maka perlu dilakukan pemeriksaan outlier atas dan outlier bawah sekaligus sebelum menghilangkan data yang dipandang sebagai outlier.

Bila terdapat outlier, maka data outlier harus dibuang sebelum seri data digunakan untuk analisis hidrologi lebih lanjut.

Persamaan frekuensi untuk mendeteksi adanya outlier atas adalah :

$$Y_H = \bar{y} + K_n s_y \dots \text{pers. (2.2)}$$

Dimana :

$Y_H$  : batas (threshold) dari outlier atas, dalam logaritma

$\bar{y}$  : nilai rata-rata dari data dalam bentuk logaritma

$s_y$  : simpangan wilayah dari data dalam bentuk logaritma

$K_n$  : konstanta uji outlier, merupakan fungsi dari jumlah data sampel

Bila logaritma dari nilai maksimum data melebihi  $Y_H$ , maka data tersebut dipertimbangkan sebagai outlier atas.

Persamaan serupa untuk mendeteksi adanya outlier bawah adalah:

$$Y_L = \bar{y} - K_n s_y \dots \text{pers. (2.3)}$$

dimana  $Y_L$  adalah batas dari outlier bawah dalam bentuk logaritma, sedangkan variabel lainnya sama dengan di atas. Hasil analisa outlier test ditunjukkan pada Tabel berikut :



**Tabel 2.1 Outlier Test Kn Values**

Sample size n	$K_n$	size n	$K_n$	size n	$K_n$	size n	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber : US Water Resources Council, 1981. This Tabel contains one-sided 10-percent significance level  $K_n$  values for the normal distribution

**2.2.3.2 Pemeriksaan Adanya Trend**

Data seri hidrologi sebelum digunakan untuk analisis, harus bebas dari adanya trend (kecenderungan), yaitu tidak ada korelasi antara urutan data dengan peningkatan (atau penurunan) besarnya nilai data tersebut. Umumnya dilakukan uji adanya trend untuk seluruh data yang ada, walaupun boleh pula dilakukan uji hanya pada periode data yang dicurigai terdapat trend.

Untuk mengetahui adanya trend, digunakan metoda Spearman's rank-correlation. Metoda ini didasarkan pada Spearman rank-correlation coefficient,  $R_{sp}$  yang didefinisikan sebagai :

$$R_{sp} = 1 - \frac{6 \times \sum_{i=1}^n D_i^2}{n \times (n^2 - 1)} \dots \text{pers. (2.4)}$$

$$D_i = Kx_i - Ky_i \dots \text{pers. (2.5)}$$

Dimana :

$n$  = jumlah data sampel





$D_i =$  perbedaan antara ranking variabel  $x_i$ ,  $K_{xi}$ , (data diurutkan dari kecil ke besar) dan ranking berdasarkan nomor urut data asli,  $K_{yi}$ .

Bila ada ties, yaitu ada dua atau lebih data dengan nilai sama, maka ranking  $K_{xi}$  diambil sebagai nilai rata-rata.

Uji statistik adanya trend, menggunakan formulasi berikut :

$$t_t = R_{sp} \sqrt{\frac{n-2}{1-R_{sp}^2}} \dots \text{pers. (2.6)}$$

dimana  $t_t$  mempunyai distribusi Student's  $t$  dengan derajat kebebasan  $v = n - 2$ .

Seri data yang diuji tidak mengandung trend bila memenuhi:

$$t \{ v, 2,5 \% \} < < t \{ v, 97,5 \% \}$$

dari hasil evaluasi dan perhitungan untuk seri data ini tidak ditemukan adanya trend.



**Table 2.2 Percentile Points of the t-Distribution {v, p} for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)**

$p = P(t \leq t_p) :$	0.025	0.975
v : 4	-2.78	2.78
5	-2.57	2.57
6	-2.54	2.54
7	-2.36	2.36
8	-2.31	2.31
9	-2.26	2.26
10	-2.23	2.23
11	-2.20	2.20
12	-2.18	2.18
14	-2.14	2.14
16	-2.12	2.12
18	-2.10	2.10
20	-2.09	2.09
24	-2.06	2.06
30	-2.04	2.04
40	-2.02	2.02
60	-2.00	2.00
100	-1.98	1.98
160	-1.97	1.97
	-1.96	1.96

Sumber :US Water Resources Council, 1981

Note : It is customary to take the next higher v value if the required number of degrees of freedoms is not listed in a Tabel.

### 2.2.3.3 Pemeriksaan Stabilitas Variance Dan Mean (Stationary)

Sebagai tambahan dari uji adanya trend, harus dilakukan pula uji stabilitas variance dan mean untuk mengetahui apakah data stationary atau tidak.

#### a. Pemeriksaan Stabilitas Variance

Untuk melakukan pemeriksaan stabilitas variance, sampel data dibagi dua atau tiga sama besar atau hampir sama besar. Distribusi dari rasio variance sampel data yang mengikuti distribusi normal dikenal sebagai distribusi F, yaitu distribusi Fisher. Walaupun sampel data tidak mengikuti distribusi normal, uji dengan distribusi F akan memberikan indikasi yang dapat dipertanggungjawabkan tentang stabilitas dari variance.

Uji statistik stabilitas variance adalah:

$$F_t = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2}$$





$$= \frac{s_1^2}{s_2^2} \dots \text{pers. (2.7)}$$

dimana  $\sigma$  dan  $s$  masing-masing adalah variance dari populasi dan sampel, sedangkan indeks 1 dan 2 menunjukkan sub-sampel 1 dan sub sampel 2.

Variance dinyatakan stabil bila memenuhi:

$$F_{\{v_1, v_2, 2,5 \%\}} < F_t < F_{\{v_1, v_2, 97,5 \%\}} \dots \text{pers. (2.8)}$$

dimana:

$v_1$  :  $n_1 - 1$ , derajat kebebasan sub sampel 1

$v_2$  :  $n_2 - 1$ , derajat kebebasan sub sampel 2

$n_1$  : banyaknya data sub sampel 1

$n_2$  : banyaknya data sub sampel 2

F : distribusi Fisher

**b. Pemeriksaan Stabilitas Mean**

Pemeriksaan stabilitas mean menggunakan uji t (distribusi Student's t). Dalam uji ini, seperti halnya uji stabilitas variance, maka data dibagi dua atau tiga sama besar, kemudian dihitung nilai rata-rata (mean) dari masing-masing sub sampel tersebut dan dibandingkan.

Kesamaan nilai mean ini diuji secara statistik sebagai berikut :

$$t_t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \times \left( \frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2} \right)}} \dots \text{pers. (2.9)}$$

Dimana :

$n$  = banyaknya data

$\bar{x}$  = nilai rata-rata sub sampel

$s$  = variance

Indeks 1 dan 2 menunjukkan sub sampel 1 dan 2

Nilai mean dari sampel dinyatakan stabil bila:

$$t_{\{v, 2,5 \%\}} < t_t < t_{\{v, 97,5 \%\}}$$





**Tabel 2.3 Percentile Points of the F-Distribution  $F\{v_1, v_2, P\}$  for the 5-Percent Level of Significance (Two-Tailed)**

$p =$	$v_1 :$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16
$P = (F \leq F_p)$	$v_2 :$											
0.025	5	.107	.140	.169								
0.975		7.39	7.59	6.98								
0.025	6		.143	.172	.195							
0.975			5.99	5.82	5.70							
0.025	7			.176	.200	.221						
0.975				5.12	4.99	4.90						
0.025	8				.204	.226	.244					
0.975					4.53	4.43	4.36					
0.025	9					.230	.248	.265				
0.975						4.10	4.03	3.96				
0.025	10						.252	.269	.284			
0.975							3.78	3.72	3.66			
0.025	11							.273	.288	.301		
0.975								3.53	3.47	3.43		
0.025	12								.292	.305	.328	
0.975									3.32	3.28	3.21	
0.025	14									.312	.336	.355
0.975										3.05	2.98	2.92

Sumber: US Water Resources Council, 1981

**2.2.3.4 Pemeriksaan Independensi**

Untuk melakukan pemeriksaan independensi dari seri data digunakan serial-correlation coefficient. Apabila seri data adalah acak sempurna, maka fungsi auto-correlation dari populasi akan sama dengan nol untuk semua lag kecuali nol. Untuk pemeriksaan independensi ini cukup dilakukan perhitungan digunakan serial-correlation coefficient dengan lag 1, yaitu korelasi antara data pengamatan yang berdekatan dalam seri data.





Menurut Box dan Jenkins (1970), serial-correlation coefficient dengan lag 1,  $r_1$ , adalah

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) \times (x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots \text{pers. (2.10)}$$

Tidak ada korelasi data (data independen) bila :

$$\{-1, (-1 - 1,96 \sqrt{n-2}) / (n-1)\} < r_1 < \{(-1 + 1,96 \sqrt{n-2}) / (n-1), +1\}$$

## 2.2.4 Analisa Frekuensi

Analisis frekuensi digunakan untuk memprediksi atau meramalkan (*forecasting*) kemungkinan peluang/ probabilitas terjadinya suatu peristiwa bagi tujuan perencanaan di masa mendatang, dengan asumsi waktu yang sebenarnya suatu peristiwa terjadi tidak ditentukan. Probabilitas yang ditentukan adalah besarnya besaran hidrologi (*variate-variate*) yang kala ulangnya panjang. Besaran terbesar yang didapatkan dari pengamatan hujan dan banjir biasanya tidak ada yang sebesar atau lebih besar dari besaran yang besarnya diperkirakan tadi. Hasil akhir analisa frekuensi adalah untuk menentukan kala ulang peristiwa hidrologi yang bernilai tertentu dan terdiri dari cakupan peristiwa yang diharapkan sama atau lebih besar dari rerata keseluruhan (Imam Subarkah, 1980).

Analisa frekuensi pada ilmu hidrologi terdapat 2 jenis :

1. Analisa Curah Hujan, dengan memakai banyak parameter;
2. Analisa aliran (debit), yang memakai sedikit parameter, yang mana dalam hidrologi analisis frekuensi dapat dilakukan dengan menggunakan data seri yang dapat diperoleh dari rekaman data (data historik) untuk data hujan maupun data debit, dengan keuntungan sebagai berikut :
  - Analisis sering dianggap sebagai cara yang paling baik, karena data yang digunakan adalah data terukur langsung;
  - Memiliki keuntungan dan kerugian pada saat implementasi, karena dapat dilakukan oleh siapapun dan tidak diperlukan pemahaman prinsip dasar hidrologi secara baik namun apabila terjadi hasil yang menyimpang pada saat analisis seharusnya pemahaman hidrologi diperlukan secara tepat. (Limantara, 2010)





Beberapa distribusi (agihan) frekuensi yang ada pada ilmu hidrologi adalah :

1. Distribusi Gumbel
2. Distribusi Normal
3. Distribusi Log Gumbel
4. Distribusi Log Normal
5. Distribusi Log Normal 2 Parameter
6. Distribusi Log Pearson Type III

### 2.2.5 Analisis Intensitas Hujan Rencana

Intensitas adalah laju hujan atau tinggi air per satuan waktu (mm/menit ; mm/jam ; mm/hari), sedangkan curah hujan jangka pendek biasanya dinyatakan dengan intensitas per-jam yang disebut intensitas curah hujan.

Hubungan intensitas hujan dengan waktu hujan banyak dirumuskan, tergantung pada parameter setempat, yang mana besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda disebabkan oleh lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan digunakan sebagai parameter perhitungan debit banjir dengan cara Rasional dan *Storage Function* (Soemarto,1995)

Ada 4 rumus yang dapat digunakan untuk menanalisa hujan rencana yaitu :

- 1) Hujan dengan waktu < 2jam (Talbot,1881)

$$I = \frac{a}{t + b} \quad \dots \text{pers. (2.11)}$$

I = intensitas curah hujan (mm/jam)  
t = waktu hujan

a,b = konstanta yang tergantung dari keadaan setempat

- 2) Hujan dengan waktu > 2 jam (Sherman,1905)

$$I = \frac{c}{t^n} \quad \dots \text{pers. (2.12)}$$

C dan t<sup>n</sup> adalah konstanta yang tergantung dari kedaan setempat.

- 3) Pengembangan rumus “1” dan “2” (Ishiguro,1953)

$$I = \frac{a}{\sqrt{t+b}} \quad \dots \text{pers. (2.13)}$$

- 4) Rumus Intensitas curah hujan menurut Monohobe

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \quad \dots \text{pers. (2.14)}$$





Dengan:

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimal dalam 24 jam (mm)

$t$  = lamanya curah hujan

Dari keempat rumus diatas, rumus Intensitas curah hujan menurut Mononobe yang sering digunakan di Indonesia, sedangkan untuk ketiga rumus lainnya membutuhkan data curah hujan dengan waktu pendek  $< 24$  jam. Sedangkan untuk data curah hujan harian rumus ini tidak digunakan.

### 2.2.6 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar yang mungkin terjadi di suatu daerah dengan peluang tertentu. Metode analisis hujan rancangan tersebut pemilihannya sangat bergantung dari kesesuaian parameter statistik dari data yang bersangkutan, atau dipilih berdasarkan pertimbangan-pertimbangan teknis lainnya.

Untuk menganalisa kondisi hidrologi di wilayah studi diperlukan data hujan dari stasiun pengamatan terdekat di sekitarnya. Pemilihan Stasiun hujan dilaksanakan dengan kriteria sebagai berikut :

- 1) Mempunyai data dengan periode pengamatan yang panjang (lebih dari lima tahun).
- 2) Mempunyai urutan data tahunan yang lengkap, dimana data bulanan tidak banyak kosong.
- 3) Lokasi stasiun pengamatan curah hujan tersebut terletak di dalam dan di sekitar lokasi studi.

Curah hujan rancangan diperlukan sebagai data masukan pada analisis debit banjir rancangan maupun analisis modulus drainase. Untuk itu perlu dilakukan analisis curah hujan rancangan. Metode yang digunakan untuk melakukan analisis curah hujan rancangan dengan periode kala ulang tertentu adalah sebagai berikut :

- 1). Distribusi Gumbel Tipe I
- 2). Distribusi Log - Normal Dua Parameter
- 3). Distribusi Log - Pearson Tipe III
- 4). Distribusi Frechet ( Gumbel Tipe II)

#### 2.1.2 Distribusi Gumbel

Untuk memilih suatu distribusi frekuensi dari data curah hujan, terlebih dahulu harus dikaji persyaratan-persyaratan yang ada. Adapun parameter statistik yang digunakan untuk menentukan macam sebaran yang sesuai adalah sebagai berikut :





Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

1.  $C_s$  (koefisien skewness), yang merupakan ukuran dari penyimpangan suatu distribusi

$$C_s = \frac{n \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \dots \text{pers. (2.15)}$$

2.  $C_k$  (koefisien kurtosis), yang merupakan ukuran kepuncakan distribusi

$$C_k = \frac{n^2 \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \dots \text{pers. (2.16)}$$

3.  $C_v$  (koefisien variansi)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \dots \text{pers. (2.17)}$$

Dengan :

$C_s$  = koefisien kepencengan

$C_k$  = koefisien kepuncakan

$C_v$  = koefisien keseragaman contoh

$n$  = jumlah data

$X_i$  = data curah hujan

$\bar{X}$  = data rerata curah hujan

$S$  = simpangan baku

Persamaan empiris untuk distribusi Gumbel Tipe I sebagai berikut :

$$X = \bar{X} + (S \times K) \dots \text{pers. (2.18)}$$

Keterangan :

$X$  = Nilai yang diharapkan terjadi untuk kala ulang tertentu (mm)

$\bar{X}$  = Nilai rata-rata hitung data  $X$  (mm)

$K$  = Faktor frekuensi

$$K = \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \dots \text{pers. (2.19)}$$

$Y_T$  = Reduced mean atau nilai reduksi data dari variabel yang diharapkan terjadi pada periode ulang tertentu

$$K = -L_n \left\{ \frac{-L_n \left[ \frac{T_r(x) - 1}{T_r(x)} \right]}{T_r(x)} \right\} \dots \text{pers. (2.20)}$$

$Y_n$  = Nilai rata-rata dari reduksi data, nilainya tergantung dari jumlah data ( $n$ )

$S_n$  = Reduced Standar Deviation yang nilainya tergantung dari jumlah





Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

Repository Universitas Brawijaya

data (n)

S = Simpangan baku

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

.... pers. (2.21)

n = Jumlah data

C<sub>s</sub> = koefisien kepengcangan

= 1,1396

C<sub>k</sub> = koefisien kurtosis

= 5,4002

**Tabel 2.4 Reduced Mean (Yn)**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.507	0.51	0.5128	0.5157	0.5181	0.5202	0.522
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5283	0.5296	0.53	0.582	0.5882	0.5343	0.5353
30	0.5363	0.5371	0.538	0.5388	0.5396	0.54	0.541	0.5418	0.5424	0.543
40	0.5463	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5468	0.5468	0.5473	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.553	0.5533	0.5535	0.5538	0.554	0.5543	0.5545
70	0.5548	0.555	0.5552	0.5555	0.5557	0.5559	0.5561	0.5563	0.5565	0.5567
80	0.5569	0.557	0.5572	0.5574	0.5576	0.5578	0.558	0.5581	0.5583	0.5585
90	0.5586	0.5587	0.5589	0.5591	0.5592	0.5593	0.5595	0.5596	0.8898	0.5599
100	0.56									

(Sumber : CD Soemarto,1999)

**Tabel 2.5 Reduced Standard Deviation(Sn)**

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.9496	0.9676	0.9833	0.9971	1.0095	1.0206	1.0316	1.0411	1.0493	1.0565
20	1.0628	1.0696	1.0754	1.0811	1.0864	1.0915	1.0961	1.1004	1.1047	1.108
30	1.1124	1.1159	1.1193	1.226	1.1255	1.1285	1.1313	1.1339	1.1363	1.1388
40	1.1413	1.1436	1.1458	1.148	1.1499	1.1519	1.1538	1.1557	1.1574	1.159
50	1.1607	1.1623	1.1638	1.1658	1.1667	1.1681	1.1696	1.1708	1.1721	1.1734
60	1.1747	1.1759	1.177	1.1782	1.1793	1.1803	1.1814	1.1824	1.1834	1.1844
70	1.1854	1.1863	1.1873	1.1881	1.189	1.1898	1.1906	1.1915	1.1923	1.193
80	1.1938	1.1945	1.1953	1.1959	1.1967	1.1973	1.198	1.1987	1.1994	1.2001
90	1.2007	1.2013	1.2026	1.2032	1.2038	1.2044	1.2046	1.2049	1.2055	1.206
100	1.2065									

(Sumber : CD Soemarto,1999)



**Tabel 2.6 Reduced Variate (Yt)**

Periode Ulang	Reduced Variate
2	0.3665
5	1.4999
10	2.2502
20	2.9606
25	3.1985
50	3.9019
100	4.6001
200	5.2960
500	6.2140
1000	6.9190
5000	8.5390
10000	9.9210

(Sumber : CD Soemarto,1999)

### 2.1.3 Distribusi Log-Normal Dua Parameter

Distribusi Log-normal dua parameter mempunyai persamaan transformasi sebagai berikut:

$$\text{Log } X_t = \overline{\text{Log } X} + (k \cdot S \text{Log } X) \dots \text{pers. (2.22)}$$

Keterangan,

$$X_t = \text{Besarnya curah hujan dengan periode } t \text{ (mm)}$$

$$\overline{\text{Log } X} = \text{Rata-rata nilai logaritma data } X \text{ hasil pengamatan (mm)}$$

$$S \text{Log } X = \text{Standar Deviasi nilai logaritma data } X \text{ hasil pengamatan}$$

$$= \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\text{Log } X_t - \overline{\text{Log } X})^2}{n-1}} \dots \text{pers. (2.23)}$$

$k$  = faktor frekuensi, sebagai fungsi dari koefisien variasi (cv) dengan periode ulang  $t$ . Nilai  $k$  dapat diperoleh dari tabel yang merupakan fungsi peluang kumulatif dan periode ulang.

$$C_s = \text{koefisien kepencengan} \\ = 3 CV + CV^3$$

$$C_k = \text{koefisien kurtosis} \\ = CV^8 + 6CV^6 + 15CV^4 + 16CV^2 + 3$$

$$C_v = \text{koefisien variasi}$$





$\sigma$  = deviasi standar populasi ln X atau log X  
 $\mu$  = rata-rata hitung populasi ln X atau log X

**Tabel 2.7 Standar Variabel Untuk Periode Ulang T Tahun**

T	Kt	T	Kt	T	Kt
1	-1,86	20	1,89	96	3,34
2	-0,22	25	2,10	100	3,45
3	0,17	30	2,27	110	3,53
4	0,44	35	2,41	120	3,62
5	0,64	40	2,54	130	3,70
6	0,81	45	2,65	140	3,77
7	0,95	50	2,75	150	3,84
8	1,06	55	2,86	160	3,91
9	1,17	60	2,93	170	3,97
10	1,26	65	3,02	180	4,03
11	1,35	70	3,08	190	5,09
12	1,43	75	3,60	200	4,14
13	1,50	80	3,21	220	4,24
14	1,57	85	3,28	240	4,33
15	1,63	90	3,33	260	4,42

Sumber : Sri Harto, 1990

**Tabel 2.8 Jenis Distribusi Frekuensi Yang Digunakan**

No.	Jenis Distribusi	Batas Parameter Statistik Data Hujan
1	Normal	$C_s = 0$
2	Log Normal	$C_s/C_v = 3$
3	Gumbel	$C_s = 1,1396$ $C_k = 5,4002$
4	Log Pearson III	<i>No Restriction</i> (tidak ada batasan)/ selain dari nilai di atas

Sumber : Triatmodjo, 2015

**2.1.4 Distribusi Log Pearson Tipe III**

Distribusi Log Pearson Tipe III merupakan hasil transformasi dari distribusi Pearson Tipe III dengan menggantikan data menjadi nilai logaritmik. Persamaan distribusi Log Pearson Tipe III dapat ditulis sebagai berikut :

$$\text{Log } X_t = \text{Log } X + (G \times S) \dots \dots \dots \text{ pers. (2.24)}$$

Keterangan,

$X_t$  = Besarnya curah hujan dengan periode t (mm)

$\text{Log } X$  = Rata-rata nilai logaritma data X hasil pengamatan (mm)

(S) = Standar Deviasi nilai logaritma data X hasil pengamatan





$$(S) = \sqrt{\frac{\sum_{t=1}^n (\text{Log}X_t - \overline{\text{Log}X})^2}{n-1}} \dots \text{pers. (2.25)}$$

$C_s$  = koefisien kepeccangan

$$= \frac{n \cdot \sum (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(\overline{\text{Log}X})^3} \dots \text{pers. (2.26)}$$

$C_k$  = koefisien kurtosis

$$= \frac{n^2 \sum (\log X - \overline{\log X})^4}{(n-1) \times (n-2) \times (n-3) \times (\overline{\text{Log}X})^4} \dots \text{pers. (2.27)}$$

**2.1.5 Distribusi Frechet (Gumbel Tipe II)**

Distribusi Frechet disebut juga distribusi ekstrem tipe II atau Gumbel tipe II, dapat digunakan untuk analisis distribusi dari data hidrologi dengan nilai ekstrem, peluang kumulatif distribusi Frechet dapat ditulis sebagai persamaan berikut:

$$Y = a (\log X - X_0) \dots \text{pers. (2.28)}$$

Parameter a dan  $X_0$  dihitung dengan persamaan berikut:

$$a = (1,282) \times \left( \frac{1}{\overline{\text{Log}X}} \right) \dots \text{pers. (2.29)}$$

$$X_0 = \log X - 0,445 (\overline{\text{Log}X}) \dots \text{pers. (2.30)}$$

Keterangan,

$\overline{\text{Log}X}$  = rata-rata nilai logaritma data X hasil pengamatan

$\overline{\text{Log}X}$  = deviasi standar logaritma nilai X hasil pengamatan

Y = nilai variabel reduksi Gumbel

**2.1.6 Pemilihan Distribusi Dengan Uji Kecocokan**

Untuk menentukan kecocokan (*the goodness of fit test*) distribusi frekuensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan maka terhadap distribusi frekuensi tersebut perlu di lakukan pengujian parameter, yang di gunakan yaitu menggunakan metode sebagai berikut :

- 1). Chi-kuadrat (chi-square)
- 2). Smirnov – Kolmogorof

**2.1.7 Uji Chi-Kuadrat (  $\chi^2$  – Test)**

Uji chi-kuadrat dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi peluang yang telah dipilih dapat mewakili dari distribusi statistik sampel data yang dianalisis.





Pengambilan keputusan uji ini menggunakan parameter  $\chi^2$ . Parameter  $\chi^2$  dapat dihitung dengan menggunakan persamaan berikut :

$$\chi^2_{hitung} = \sum_{i=1}^k \frac{(EF - OF)^2}{EF} \dots\dots\dots \text{pers. (2.31)}$$

keterangan :

$\chi^2_{hitung}$  = Parameter chi-kuadrat terhitung

OF = Frekuensi pengamatan (*Observed Frequency*)

EF = Frekuensi teoritis (*Expected Frequency*)

Harga curah hujan harian maksimum  $X_i$  diplot dengan harga probabilitas Weibull (Soetopo, 1996:12) :

$$S_n(x) = \frac{n}{N+1} \cdot 100\% \dots\dots\dots \text{pers. (2.32)}$$

Keterangan :

$S_n(x)$  = Probabilitas (%)

$n$  = Nomor urut data dari seri yang telah diurutkan

$N$  = Jumlah total data

Hitung harga  $\chi_{\alpha, Dk}$  dengan menentukan taraf signifikan  $\alpha = 5\%$  dan dengan derajat kebebasan yang dihitung dengan menggunakan persamaan :

$$Dk = K - (P + 1) \dots\dots\dots \text{pers. (2.33)}$$

keterangan :

$Dk$  = Derajat kebebasan

$P$  = Parameter yang terikat dalam agihan frekuensi

$K$  = Jumlah kelas distribusi  
 $= 1 + (3.322 \cdot \log n)$

**2.1.8 Uji Smirnov – Kolmogorof**

Uji kecocokan Smirnov-Kolmogorof, sering disebut juga uji kecocokan non parametrik, karena pengujiannya tidak menggunakan fungsi distribusi tertentu. Uji ini digunakan untuk menguji simpangan/selisih terbesar antara peluang pengamatan (empiris) dengan peluang teoritis, atau dalam bentuk persamaan dapat di tulis seperti berikut:

$$\Delta_{maks} = |P_e - P_T| \dots\dots\dots \text{pers. (2.34)}$$

keterangan,

$\Delta_{maks}$  = Selisih terbesar antara peluang empiris dengan teoritis





$P_e$  = Peluang empiris, dengan menggunakan persamaan dari Weibull:

$$P = \frac{m}{N+1}$$

$m$  = nomor urut kejadian, atau peringkat kejadian

$N$  = jumlah data pengamatan

$P_T$  = peluang teoritis dari hasil penggambaran data pada kertas distribusi (persamaan distribusinya) secara grafis, atau menggunakan fasilitas perhitungan peluang menurut wilayah luas dibawah kurva normal.

## 2.2 Debit Banjir Rancangan

Penentuan debit bajir rancangan dilakukan berdasarkan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USCS (1973).

Metode ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya, tetapi penggunaannya terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil, yaitu < 300 ha (Goldman et al.,1986).

$$Q_p = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots \dots \dots \text{pers. (2.35)}$$

Dimana :

$Q_p$  = Debit maksimum rencana ( $m^3/dt$ )

$C$  = Koefisien alliran

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$A$  = Luas daerah maksimum ( $km^2$ )

$$V_{km} = Q_{max} \times t_c \dots \dots \dots \text{pers. (2.36)}$$

Keterangan :

$V_{km}$  = volume kolam maksimum ( $m^3$ )

$Q_{max}$  = debit kolam maksimum ( $m^3/dt$ )

$t_c$  = waktu konsentrasi (jam atau menit)

$$t_c = t_o + t_d \dots \dots \dots \text{pers. (2.37)}$$

$$t_o = \left\{ \frac{2}{3} \times 3.28 L_o \left( \frac{nd}{\sqrt{S}} \right)^{0.167} \right\} \dots \dots \dots \text{pers. (2.38)}$$

$$t_d = \frac{L_o}{60V} \dots \dots \dots \text{pers. (2.39)}$$

Dengan :

$t_c$  = waktu konsentrasi aliran mulai dari tetes hujan jatuh pada titik terjauh bidang tadah sampai penampang hilir yang ditinjau (menit atau detik);





$t_0$  = waktu konsentrasi aliran mulai dari tetes hujan jatuh pada titik terjauh bidang tadah sampai hulu saluran terdekat (menit atau detik);

$t_a$  = waktu konsentrasi aliran mulai dari hulu saluran sampai penampang hilir yang ditinjau (menit atau detik);

$L_0$  = jarak titik terjauh ke saluran (m)

$S$  = perbedaan tinggi elevasi dan panjang ( $L_0$ )

$n$  = koefisien permukaan bahan sesuai dengan ketentuan SNI 03 342 1994

$V$  = kecepatan aliran (m/ dtk)

### 2.2.1 Koefisien Run Off / limpasan (C)

Koefisien *runoff*/ limpasan atau koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air hujan yang mengalir atau melimpas di atas permukaan tanah dengan jumlah air hujan yang jatuh dari atmosfer.

Besarnya koefisien pengaliran tergantung pada kondisi permukaan tanah, kemiringan medan, jenis tanah dan lamanya hujan di daerah pengaliran.



**Tabel 2.9 Koefisien Pengaliran Run Off/Limpasan (C)**

No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan :	
	- Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	- Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	- Batuan masif keras	0,70 - 0,85
	- Batuan masif lunak	0,60 - 0,75
4	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
5	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
6	Daerah industry	0,60 - 0,90
7	Permukiman padat	0,60 - 0,80
8	Permukiman tidak padat	0,40 - 0,60
9	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
10	Persawahan	0,45 - 0,60
11	Perbukitan	0,70 - 0,80
12	Pegunungan	0,75 - 0,90

Sumber : Suripin, 2004

**Tabel 2.10 Penentuan Kala Ulang/ Tahun Periode Ulang Saluran Drainase**

Luas Catchment Area (km <sup>2</sup> )	Tahun Periode Ulang (tahun)
Kurang dari 0,1	1
0,1 - 1,0	2
1,0 - 5,0	5
Lebih dari 5,0	10

Sumber : JICA, 2000

Menurut Suripin (2004), besarnya debit yang direncanakan pada bangunan drainase disesuaikan dengan periode ulang yang dipilih. Dalam penelitian, pemilihan periode ulang harus mempertimbangkan faktor ekonomi dan resiko. Untuk periode ulang yang panjang maka dimungkinkan debit rencana yang relatif besar, hal ini berpengaruh terhadap kemungkinan terjadinya debit yang melampaui debit rencana dan resiko kerusakan berkurang, namun biaya yang dikeluarkan untuk mendesain sesuai dengan debit yang besar





menjadi meningkat. Begitu pula sebaliknya untuk periode ulang yang pendek dan kemungkinan debit rencana yang relatif kecil.

**Tabel 2.11 Periode Ulang Debit Rencana Yang Direkomendasikan Untuk Bangunan Drainase Utama (Hassing, J.M.,1996)**

Kelas Jalan	Periode Ulang (tahunan)
Jalan Tol ( <i>expressways</i> )	100
Jalan Arteri ( <i>arterial roads</i> )	50
Jalan Pengumpul ( <i>collector roads</i> )	50
Jalan Penghubung ( <i>access roads</i> )	25

Sumber : Suripin, 2004

### 2.2.2 Kajian Saluran Drainase Terhadap Debit Rencana

Tujuan dari mengkaji saluran eksisting adalah untuk mengetahui seberapa besar debit yang dapat ditampung saluran dengan kondisi yang ada saat ini.

Analisa kapasitas saluran drainase dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase yang ada terhadap debit rencana hasil perhitungan.

Apabila kapasitas saluran drainase lebih besar dari debit rencana maka saluran tersebut masih memadai. Hal-hal yang dapat dilakukan untuk penanganan saluran yang kapasitasnya tidak mencukupi antara lain, penambahan tinggi saluran, pembuatan saluran baru atau menambah sistem drainase baru.

Untuk menganalisa dimensi penampang pada saluran drainase digunakan rumus aliran seragam, yang mana bentuk penampang saluran drainase eksisting adalah saluran terbuka.

Rumus kecepatan rata-rata pada perhitungan dimensi penampang saluran menggunakan rumus Manning, karena rumus ini mempunyai bentuk yang sederhana tetapi memberikan hasil yang memuaskan (Chow, 1992) :

#### 1) Kemiringan saluran ( $S$ )

Rumus yang digunakan untuk mencari Kemiringan saluran ( $S$ ) diperoleh dari data elevasi pada peta kontur ataupun perangkat lunak *Google Earth* dan jarak horizontal yang didapatkan dari hasil observasi di lapangan. Kemiringan saluran dapat dihitung dengan persamaan di bawah ini :

$$S = \frac{\Delta x}{L} \dots \dots \dots \text{pers. (2.40)}$$

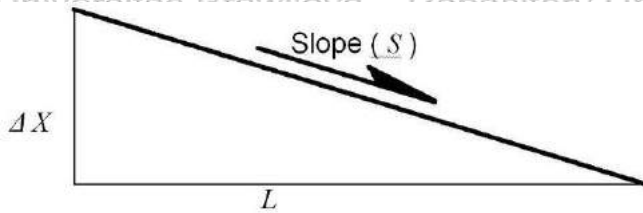
Dimana :

$S$  = kemiringan saluran





$\Delta X$  = elevasi / beda tinggi antara titik terjauh dan mulut daerah pengaliran (km)  
 $L$  = panjang saluran ( km )



**Gambar 2.3 Kemiringan Saluran**

(Suripin, 2004)

2) Mencari kecepatan rambatan aliran air (V)

$$V = 72 \times S^{0.6} \dots \dots \dots \text{Pers. (2.41)}$$

3) Waktu perambatan aliran air (t)

$$t = \frac{L}{V} \dots \dots \dots \text{Pers. (2.42)}$$

4) Mencari penampang basah pada saluran ( A )

$$A = b \times h \dots \dots \dots \text{pers. (2.43)}$$

$b$  = lebar alas saluran  
 $h$  = tinggi rencana saluran  
 $A$  = luas penampang basah

5) Mencari keliling basah pada saluran ( P )

$$P = b + 2h \dots \dots \dots \text{pers. (2.44)}$$

6) Mencari radius hidraulik ( R )

$$R = \frac{A}{P} \dots \dots \dots \text{pers. (2.45)}$$

$A$  = luas penampang basah  
 $P$  = keliling basah pada saluran

7) Mencari kecepatan saluran ( V )

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2} \dots \dots \dots \text{pers. (2.46)}$$

8) Perhitungan debit saluran eksisting ( Q )

$$Q = V \times A \dots \dots \dots \text{pers. (2.47)}$$





## BAB III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Lokasi Studi

Konsep dan dasar perancangan data hidrologi dan Zero runoff untuk memberikan gambaran secara garis besar mengenai kriteria dan dasar perhitungan tersebut diatas pada kegiatan di lokasi studi.

Adapun informasi secara umum dari bangunan di lokasi studi serta fasilitas-fasilitas yang disediakan adalah sebagai berikut :

Nama Bangunan	: Perkantoran, Hunian, dan Fasilitasnya
Lokasi Bangunan	: Jl. TB. Simatupang kav. 15 Kel. Lebak Bulus Kec. Cilandak Jakarta Selatan
Peruntukan	: Perkantoran, Perdagangan dan Jasa
Luas Lahan Total	: <b>23.530 m<sup>2</sup></b>
<b>Areal pengembangan</b>	: <b>10.9619 m<sup>2</sup></b>
- Luas Tutupan Atap	: 6.203,86 m <sup>2</sup>
- Luas paving	: 4.415,14 m <sup>2</sup>
<b>Areal eksisting</b>	: <b>12.911 m<sup>2</sup></b>
- Luas Tutupan Atap	: 5.532,97 m <sup>2</sup>
- Luas paving	: 4.415,14 m <sup>2</sup>
- Luas RTH	: 2.911 m <sup>2</sup>

Muka air sungai tertinggi dari jalan + 32,072 m (pp) (data pengukuran peil eksisting terlampir).

Muka air tanah lokasi kegiatan 3,06 m (hasil borlog pada lampiran 5).

Kondisi lokasi studi yang sudah tertutup oleh perkerasan (eksisting) menimbulkan limpasan air pada saat turun hujan, dimana aliran melewati saluran drainase internal menuju ke kali grogol. Terdapat beberapa sumur resapan yang sudah terbangun, namun pada saat dilakukan tinjauan ke lokasi kegiatan, sumur resapan tidak bisa dibuka dan tidak ada bak kontrol untuk meneliti kondisi sumur resapan, serta terdapat beberapa sumur resapan yang diletakkan di area basemen, dimana hal ini tidak sesuai dengan Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta nomor 20 tahun 2013 tentang Sumur Resapan. Kewajiban





kolam resapan belum dilaksanakan pada lokasi kegiatan. Sehingga dapat dikatakan bahwa konsep zero runoff belum terpenuhi pada sistem manajemen tata air di lokasi kegiatan.



**Gambar 3.1 Lokasi Studi Sisi yang Berbatasan Langsung Dengan Kali Grogol (bawah)**

(Sumber : Pemantauan Lapangan, 2017)



**Gambar 3.2 Lokasi Studi Sisi Yang Berbatasan Dengan Lahan Parkir Areal Pengembangan (Saluran drainase internal yang menampung aliran dari depan lokasi studi ke arah kali grogol)**

(Sumber : Pemantauan Lapangan, 2017)



**Gambar 3.3 Effluent Saluran Drainase Internal Menuju Kali Grogol**

(Sumber : Pemantauan Lapangan, 2017)





(1)

(2)

**Gambar 3.4 Sumur Resapan Di areal Parkir (1); Sumur Resapan Di Areal Basemen (2)**

(Sumber : Pemantauan Lapangan, 2017)



(1)



(2)

**Gambar 3.5 Kondisi Perkerasan Pada Lahan Eksisting Di dalam Lokasi Kegiatan (1) dan Di Depan Lokasi Kegiatan (2)**

(Sumber : Pemantauan Lapangan, 2017)





**Gambar 3.6 Areal Pengembangan**

(Sumber : Pemantauan Lapangan, 2017)

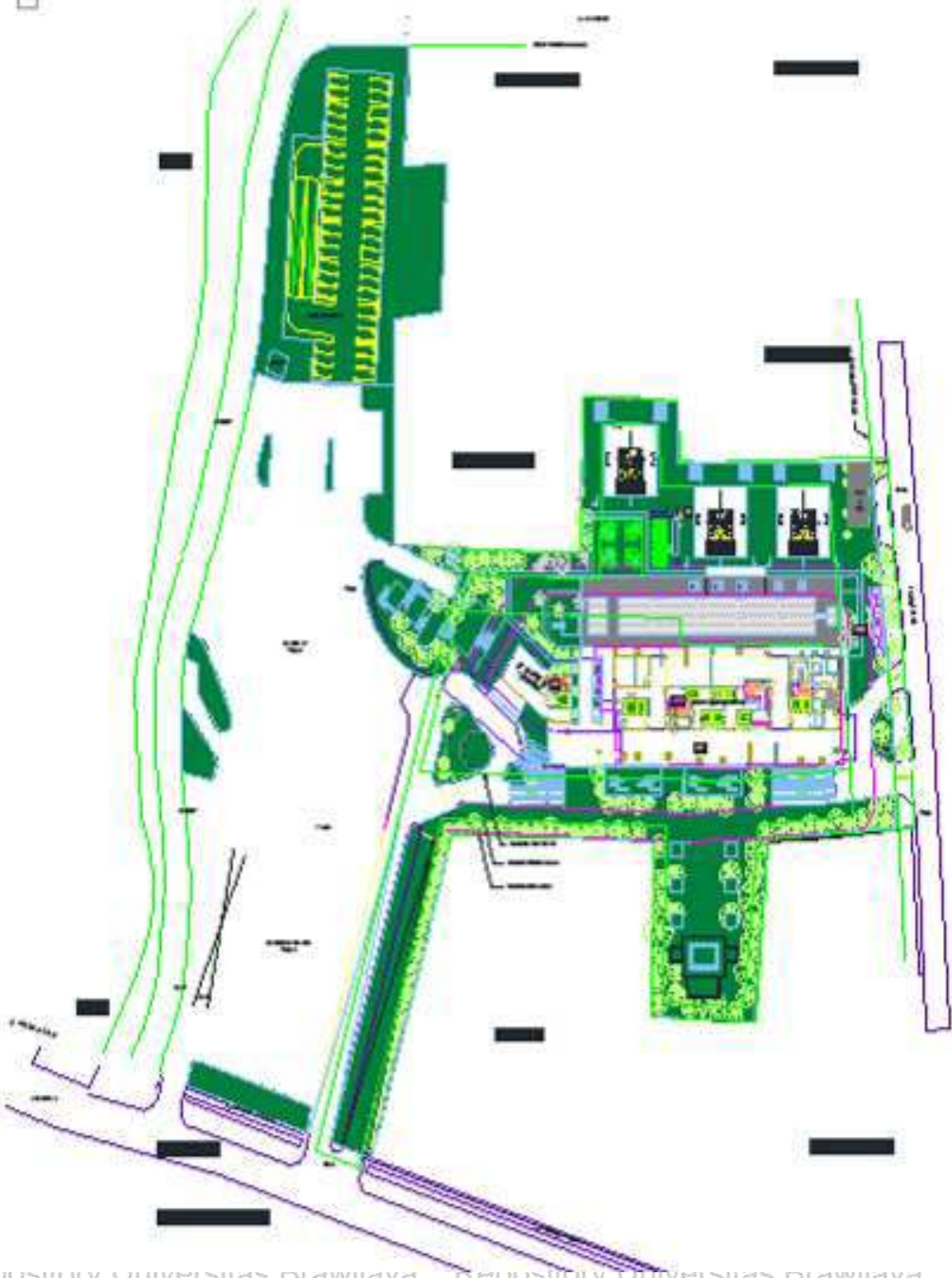
Daerah Aliran Sungai (catchment area) lokasi penelitian berada pada wilayah aliran barat yang mempunyai batas wilayah aliran yang bermuara ke Kali Grogol, dan terdapat beberapa stasiun hujan yang berpengaruh yakni :

1. Stasiun Hujan Kemayoran
2. Stasiun Hujan Tanjung Priok
3. Stasiun Hujan Halim Perdana Kusuma



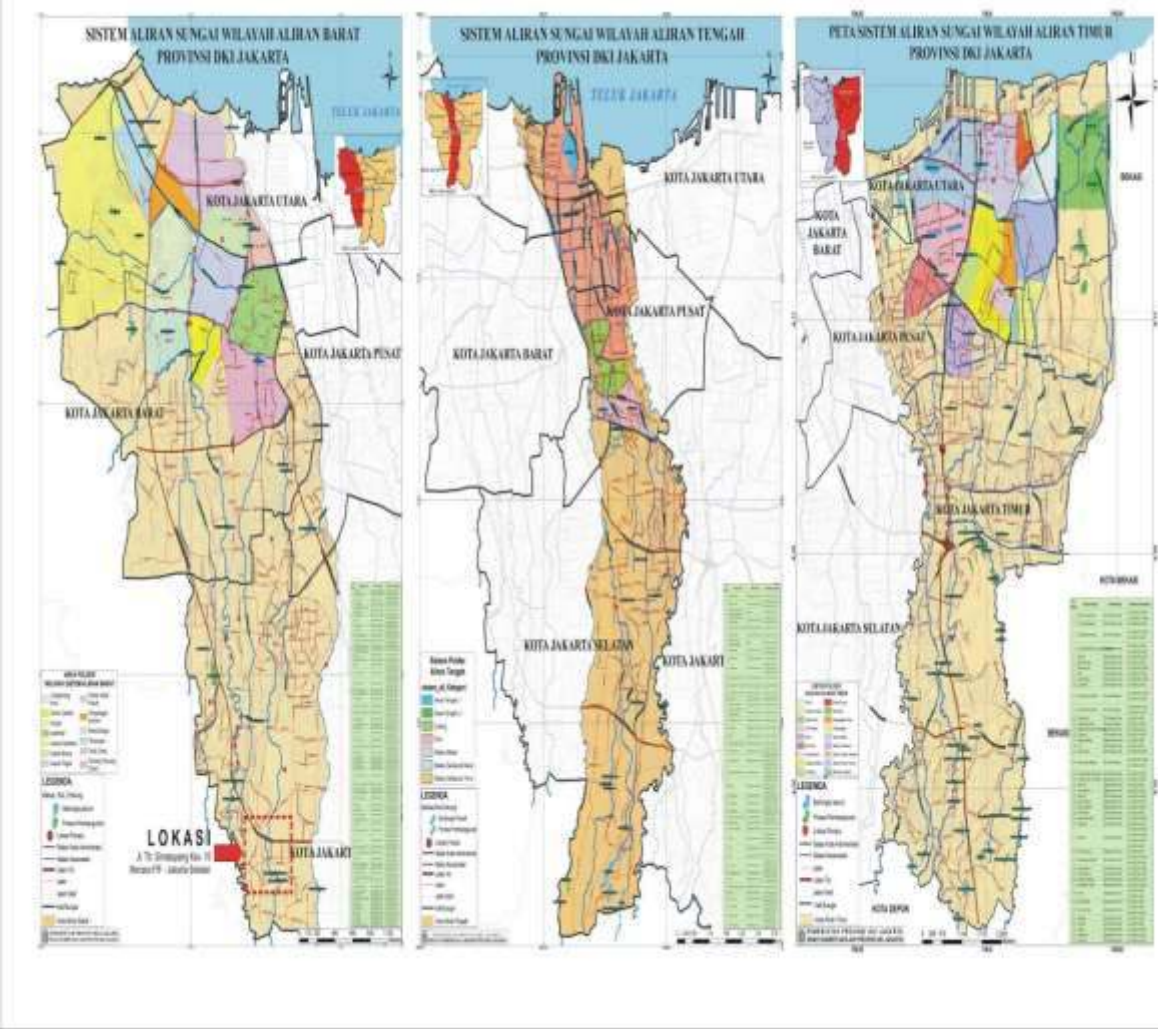






Gambar 3.8 Peta Lay Out Master Plan Lokasi Studi  
(Sumber : Data Sekunder)





**Gambar 3.9** Peta Batas Arah Aliran Sungai Wilayah Provinsi DKI Jakarta  
(Sumber : Dinas Tata Air Provinsi DKI Jakarta)

Daerah Aliran Sungai (catchment area) lokasi penelitian berada pada wilayah aliran barat yang mempunyai batas wilayah aliran yang bermuara ke Kali Grogol.





**Gambar 3.10** Peta Jaringan Drainase Wilayah Kecamatan Cilandak

(Sumber : Dinas Tata Air Provinsi DKI Jakarta)

Sistem Pengaliran drainase dari lokasi studi menuju ke saluran di luar lokasi kegiatan

(bukan saluran kota) dan bermuara ke kali grogol.





### 3.2. Alat dan Bahan

Dalam penyusunan studi ini diperlukan data yang mendukung baik itu data primer maupun data sekunder. Yang dimaksud data sekunder adalah data yang bersumber dari instansi-instansi yang terkait dan pernah dilakukan pengukuran, sedangkan data primer diperoleh berdasarkan hasil pengukuran langsung di lapangan. Data-data yang diperlukan untuk menyelesaikan studi ini adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan bulanan selama 10 tahun yang bersumber dari BMKG Kemayoran, Tanjung Priok, dan Halim Perdana Kusuma. Data curah hujan yang akan digunakan hasil pengamatan Stasiun yang berada disekitar catchment area di lokasi studi dipergunakan untuk analisa hidrologi.
2. Peta batas aliran wilayah sungai Provinsi DKI Jakarta.
3. Peta topografi (kontur) mengetahui kondisi alam, elevasi, dan arah aliran serta bisa sebagai peta dasar.
4. Data muka air tanah dari hasil pengamatan sumur pantau lokasi studi.
5. Data hasil penyelidikan tanah lokasi studi.
6. Gambar Master plan dan layout lokasi studi.
7. Foto – foto lokasi studi.
8. Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta yang dipakai sebagai acuan dalam perhitungan zero runoff.
9. Peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03 2453 2002 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan.

### 3.3 Metode Pelaksanaan

Pelaksanaan penelitian dimulai dengan penyediaan data, berupa :

- Data spasial; peta topografi, peta situasi, peta sistem jaringan drainase eksisting, dan peta zona sistem drainase eksisting.
- Data Hidrologi; data curah hujan harian maksimum minimal 10 tahun pengamatan.
- Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta yang dipakai sebagai acuan dalam perhitungan zero runoff dan Peraturan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03 2453 2002 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan.





Analisis hidrologi dilakukan untuk menentukan nilai debit rancangan yang akan dijadikan dasar perhitungan zero runoff berdasarkan rumus – rumus perhitungan secara analisa perhitungan.

Analisis hidrologi meliputi :

1. Analisa data curah hujan;
2. Uji konsistensi data hujan;
3. Analisa curah hujan rerata daerah
4. Analisa curah hujan rancangan dengan uji kesesuaian distribusi frekuensi yang terpilih
5. Analisa Intensitas Hujan dengan menggunakan rumus mononobe.
6. Analisa debit rancangan dengan menggunakan rumus rasional.

Perhitungan debit rancangan juga dipengaruhi oleh debit air hujan yang dihitung berdasarkan data tata guna lahan dan nilai koefisien limpasan yang sesuai dengan jenis tata guna lahan lokasi studi, serta data topografi/ peta arah aliran yang berpengaruh pada luas daerah tangkapan air lokasi kegiatan.

Pada studi ini perhitungan dan evaluasi saluran drainase dilakukan hanya untuk saluran drainase internal dalam lokasi kegiatan, dikarenakan studi hanya difokuskan kepada pemaksimalan konsep zero runoff dalam kawasan lokasi kegiatan dengan mengamankan dan tidak menambah beban Kali Grogol, dimana air limpasan yang berasal dari hujan dimaksimalkan meresap ke dalam tanah melalui bangunan konservasi yang ditentukan berdasarkan hasil analisa, dan apabila terjadi overflow dari bangunan konservasi tersebut, maka akan tetap diarahkan ke bangunan konservasi lainnya dalam satu sistem manajemen tata air lokasi kegiatan.

Nilai besarnya laju infiltrasi terkait dengan jenis tanah digunakan untuk menentukan jenis bangunan resapan yang dapat diterapkan pada lokasi studi.

Menurut survey terbaru, kondisi fluktuasi muka air tanah di DKI Jakarta saat ini yang masuk zona sangat kritis adalah kawasan dengan kedalaman muka air tanah lebih dari 16 meter dengan fluktuasi muka air tanah lebih dari 8 meter. Sehingga untuk mendapatkan hasil yang optimal dari fungsi sumur resapan itu sendiri, perlu adanya penelitian tentang kondisi geologi struktur tanah lokasi kegiatan melalui pelaksanaan survey dan pengambilan data primer di lapangan sehingga dapat dijadikan dasar dalam penentuan lokasi sumur resapan dengan kemampuan peresapan yang paling efektif. Data penyelidikan tanah pada studi kali ini terlampir pada lampiran 5.

Kemudian untuk mendapatkan hasil penerapan zero runoff yang paling efektif dan efisien, dan didasarkan pada faktor kondisi geologi dan struktur tanah serta perhitungan





rancangan anggaran biaya, maka dilakukan perbandingan metode perhitungan antara metode kajian tata air yang berdasarkan analisa hidrologi dibandingkan dengan metode Peraturan Gubernur Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta, dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 03 2453 2002 tentang Tata Cara Perencanaan Teknik Sumur Resapan Air Hujan Untuk Lahan Pekarangan.

Dimana hasil akhir pada studi ini adalah untuk memperoleh suatu kebijakan teknis yang dapat diterapkan dalam rangka pemenuhan peraturan daerah atas dasar konsep zero delta Q atau zero runoff untuk semua kawasan yang akan dikembangkan di wilayah Provinsi Daerah Khusus Ibukota Jakarta khususnya wilayah Jakarta Selatan.





































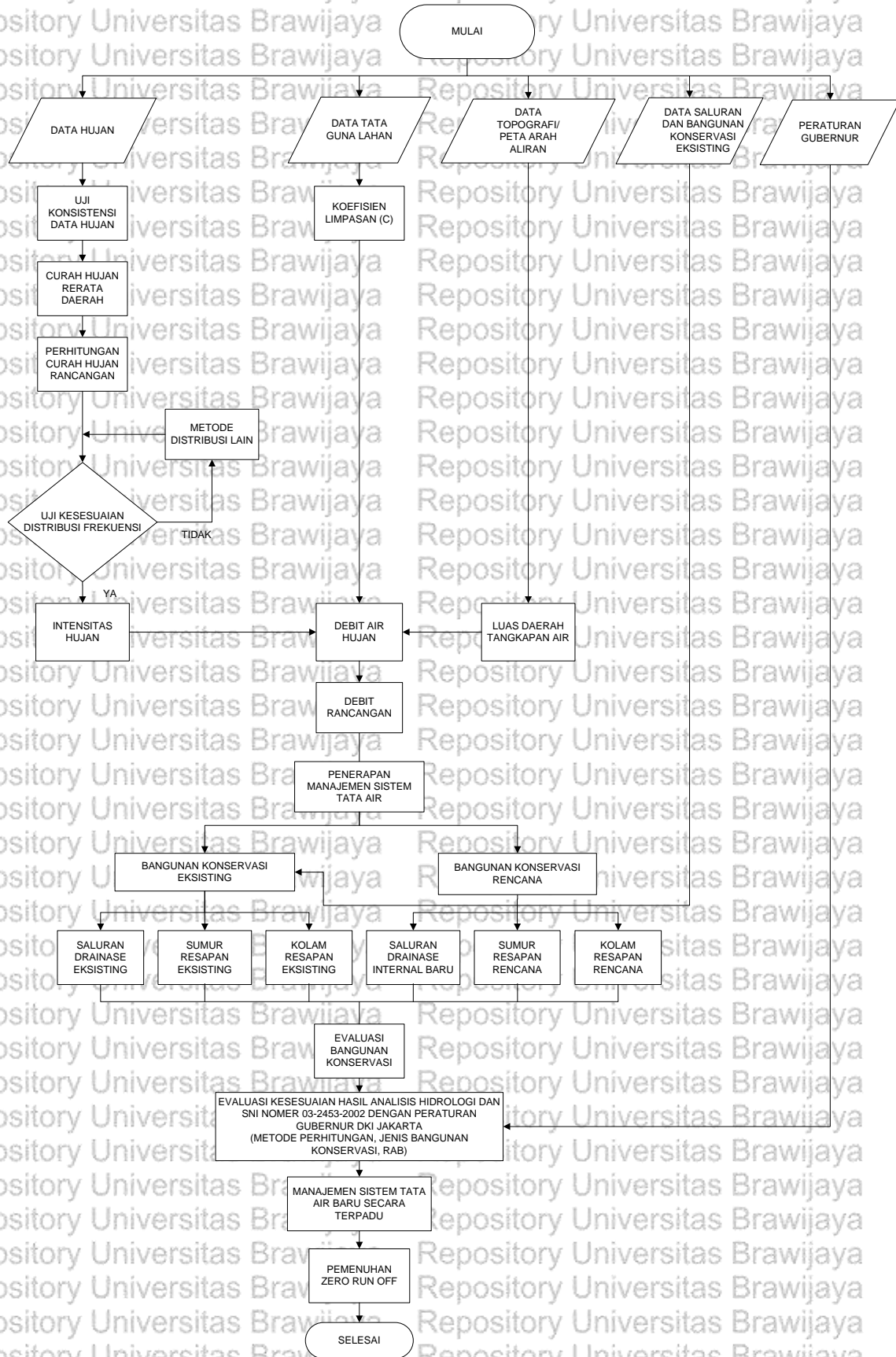








### 3.4 Bagan Alir



Gambar 3.11 Bagan Alir Studi





## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1. Analisis Hidrologi

#### 4.1.1. Hujan Wilayah

##### 4.1.1.1. Data Curah Hujan

**Tabel 4.1 Data Curah Hujan Daerah Tahun 2006 s/d 2015 Stasiun Hujan  
Kemayoran, Stasiun Hujan Tanjung Priok dan Stasiun Hujan Halim Perdana  
Kusuma**

No.	Tahun	CH <sub>max</sub> (mm)			Hujan Rerata Daerah (mm)
		Sta. Kemayoran	Sta. Tj Priok	Sta. Halim PK	
1	2006	72.00	90.30	260.00	140.77
2	2007	234.70	182.20	259.00	225.30
3	2008	192.70	87.90	136.10	138.90
4	2009	122.50	148.90	140.40	137.27
5	2010	93.00	88.30	96.80	92.70
6	2011	119.20	78.50	305.00	167.57
7	2012	105.20	75.10	94.40	91.57
8	2013	193.40	117.80	161.00	157.40
9	2014	147.90	165.30	120.80	144.67
10	2015	277.50	361.40	124.60	254.50

Sumber : Stasiun BMKG, 2016

#### 4.1.1.2. Evaluasi Data Curah Hujan Wilayah

##### 4.1.1.2.1. Pemeriksaan Adanya Outlier

Perhitungan curah hujan dilakukan dengan menggunakan metode rata-rata aljabar, dimana metode ini merupakan metode yang paling sederhana. Adapun tebal hujan dihitung dengan rumus :

$$H_r = \frac{H_1 + H_2 + H_3 + \dots + H_n}{n} \dots \dots \dots \text{pers. (4.1)}$$

dengan :





Repository Universitas Brawijaya

$H_r$  = tebal hujan rerata DAS (mm)

$H_1, H_2, \dots, H_n$  = tebal hujan di pos 1, 2, ..., n (mm)

$n$  = banyaknya pos penakar curah hujan

Contoh perhitungan pada tahun 2006 :

Hujan di sta 1 = 72.00

Hujan di sta 2 = 90.30

Hujan di sta 3 = 260.00

$$= \frac{H_1+H_2+H_3}{3} = \frac{72.00+90.30+260.0}{3} = 140.77 \text{ mm}$$



Tabel 4.2 Pemeriksaan Outlier Data Hujan Tahun 2006 s/d Tahun 2015

No.	Curah Hujan (y) (mm)	log (y)	Pemeriksaan Outlier	No	data asli	No	hasil outlier
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	140.77	4.95	koef. skew 0.101127	1	140.77	1	140.77
2	225.30	5.42	pemeriksaan outlier atas dan bawah	2	225.30	2	225.30
3	138.90	4.93	$\bar{y}$ 4.996	3	138.90	3	138.90
4	137.27	4.92	sy 0.325	4	137.27	4	137.27
5	92.70	4.53	Kn 2.036	5	92.70	5	92.70
6	167.57	5.12	YL 4.334	6	167.57	6	167.57
7	91.57	4.52	R 76.2	7	91.57	7	91.57
8	157.40	5.06	Rmin data 91.56667	8	157.40	8	157.40
9	144.67	4.97	Kesimpulan : Rmin data > R	9	144.67	9	144.67
10	254.50	5.54	==>tidak ditemukan outlier bawah	10	254.50	10	254.50
			koef. skew 0.101127				
			pemeriksaan outlier atas				
			$\bar{y}$ 4.996				
			sy 0.325				
			Kn 2.036				
			Yh 5.658				
			R 286.6				
			Rmax data 254.5				
			Kesimpulan : Rmax data < R				
			==>tidak ditemukan outlier atas				
			Keterangan :				
			(1) Nomor				
			(2) data hujan				
			(3) Log (2)				
			(4) pemeriksaan parameter outlier				
			(5) Nomor urut data asli				
			(6) Data asli				
			(7) Nomor urut data hasil penyesuaian outlier tes				
			(8) data hasil penyesuaian outlier tes				

Sumber : Hasil Perhitungan



**Tabel 4.3 Perhitungan Nilai Log**

No.	Tahun	Hujan rerata daerah (mm)	Nilai Log
1	2006	140.77	4.95
2	2007	225.30	5.42
3	2008	138.90	4.93
4	2009	137.27	4.92
5	2010	92.70	4.53
6	2011	167.57	5.12
7	2012	91.57	4.52
8	2013	157.40	5.06
9	2014	144.67	4.97
10	2015	254.50	5.54

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.4 Outlier Test Kn Values**

Sample size n	$K_n$	size n	$K_n$	size n	$K_n$	size n	$K_n$
10	2.036	24	2.467	38	2.661	60	2.837
11	2.088	25	2.486	39	2.671	65	2.866
12	2.134	26	2.502	40	2.682	70	2.893
13	2.175	27	2.519	41	2.692	75	2.917
14	2.213	28	2.534	42	2.700	80	2.940
15	2.247	29	2.549	43	2.710	85	2.961
16	2.279	30	2.563	44	2.719	90	2.981
17	2.309	31	2.577	45	2.727	95	3.000
18	2.335	32	2.591	46	2.736	100	3.017
19	2.361	33	2.604	47	2.744	110	3.049
20	2.385	34	2.616	48	2.753	120	3.078
21	2.408	35	2.628	49	2.760	130	3.104
22	2.429	36	2.639	50	2.768	140	3.129
23	2.448	37	2.650	55	2.804		

Sumber : US Water Resources Council, 1981. This tabel contains one-sided 10-percent significance level  $K_n$  values for the normal distribution

Dari data pada tabel 4.3. diatas dapat diketahui nilai :

$$\text{Koef Skew} = 0.101127$$

$$\text{Rerata } (\bar{y}) = 4.996$$

$$\text{Stdev } (s_y) = 0.325$$





$K_n$  (tabel 4.4) = 2,036 konstanta uji outlier, merupakan fungsi dari jumlah data sampel.

Sehingga persamaan frekuensi untuk mendeteksi adanya outlier atas adalah :

$$Y_h = \bar{y} + K_n \cdot S_y \rightarrow 4,996 + (2,036 \times 0,325) = 5,658$$

$$Y_L = \bar{y} - K_n \cdot S_y \rightarrow 4,996 - (2,036 \times 0,325) = 4,334$$

$$e \approx 2,71828$$

$$R_{\text{bawah}} = e^{Y_L} = 2,71828^{(4,334)} = 76,2$$

$$R_{\text{min data}} = 91,56$$

$$\text{Ratas} = e^{Y_H} = 2,71828^{(5,658)} = 286,6$$

$$R_{\text{max data}} = 254,5$$

Dari hasil analisis outlier didapatkan bahwa data hujan masih dalam batas maksimum dan minimum (sehingga tidak ada outlier).

#### 4.1.1.2.2. Pemeriksaan Trend

Untuk mengetahui adanya trend, digunakan metoda Spearman's rank-correlation.

Metoda ini didasarkan pada Spearman rank-correlation coefficient,  $R_{sp}$  yang didefinisikan sebagai:

$$R_{sp} = \frac{6 \times \sum_{i=1}^n D_i^2}{n \times (n^2 - 1)} \dots \dots \dots \text{pers. (4.2)}$$

$$D_i = Kx_i - Ky_i \dots \dots \dots \text{pers. (4.3)}$$

Dimana :

- $n$  : jumlah data sampel
- $D_i$  : perbedaan antara ranking variabel  $x_i$ ,  $Kx_i$ , (data diurutkan dari kecil ke besar) dan ranking berdasarkan nomor urut data asli,  $Ky_i$ .

Bila ada ties, yaitu ada dua atau lebih data dengan nilai sama, maka ranking  $Kx_i$  diambil sebagai nilai rata-rata.

Uji statistik adanya trend, menggunakan formulasi berikut :





$$t_t = R_{sp} \sqrt{\frac{n-2}{1-R_{sp}^2}} \dots \dots \dots \text{pers. (4.4)}$$

dimana  $t_t$  mempunyai distribusi Student's  $t$  dengan derajat kebebasan  $v = n - 2$ .

Seri data yang diuji tidak mengandung trend bila memenuhi:

$$t \{v, 2,5 \% \} < t_c < t \{v, 97,5 \% \}$$

Berikut adalah hasil evaluasi dan perhitungan.

**Tabel 4.5 Percentile Points of the t-Distribution {v, p} for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)**

$p = P(t \leq tp)$ :	0.025	0.975
v :		
4	-2.78	2.78
5	-2.57	2.57
6	-2.54	2.54
7	-2.36	2.36
8	-2.31	2.31
9	-2.26	2.26
10	-2.23	2.23
11	-2.20	2.20
12	-2.18	2.18
14	-2.14	2.14
16	-2.12	2.12
18	-2.10	2.10
20	-2.09	2.09
24	-2.06	2.06
30	-2.04	2.04
40	-2.02	2.02
60	-2.00	2.00
100	-1.98	1.98
160	-1.97	1.97
	-1.96	1.96

Sumber : *US Water Resources Council, 1981*

Note : *It is customary to take the next higher v value if the required number of degrees of freedoms is not listed in a tabel.*



**Tabel 4.6 Hasil analisis Pengujian Trend**

No.	Curah Hujan (mm)	Hujan Diurutkan	Kxi	Kyi	del i	(del i) <sup>2</sup>
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)
1	140.8	91.6	1.00	7.00	-6.00	36.00
2	225.3	92.7	2.00	5.00	-3.00	9.00
3	138.9	137.3	3.00	4.00	-1.00	1.00
4	137.3	138.9	4.00	3.00	1.00	1.00
5	92.7	140.8	5.00	1.00	4.00	16.00
6	167.6	144.7	6.00	9.00	-3.00	9.00
7	91.6	157.4	7.00	8.00	-1.00	1.00
8	157.4	167.6	8.00	6.00	2.00	4.00
9	144.7	225.3	9.00	2.00	7.00	49.00
10	254.5	254.5	10.00	10.00	0.00	0.00

PENGUJIAN ADANYA TREND	
Rsp	0.2364
tt	0.688
Lcl	-2.31
Ucl	2.31
	-2.31 < 0.6880 < 2.31
	tidak terdapat trend

Keterangan :

- (1) Nomor
- (2) Data curah hujan
- (3) data (2) diurutkan
- (4) urutan sampel
- (5) urutan data sesuai sampel
- (6) (5) - (4)
- (7) (6)<sup>2</sup>

Sumber : Hasil Perhitungan.

$$N = 10$$

$$\sum_{i=1}^n D_i^2 = 126$$

$$n \times (n^2 - 1) = 10 \cdot (10^2 - 1) = 990$$

$$R_{sp} = \frac{6 \times \sum_{i=1}^n D_i^2}{n \times (n^2 - 1)} = \frac{6 \times 126}{990} = 0,236364$$

$$t_t = \frac{R_{sp} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-R_{sp}^2}} = \frac{0,236364 \cdot \sqrt{(10-2)}}{\sqrt{1-(0,236364^2)}} = 0,688033$$

Berdasarkan tabel 4.5. didapatkan dari nilai n=10, maka batas dari :

$$Lcl = -2,31$$

$$Ucl = 2,31$$

Sehingga nilai  $t_t$  yang didapat = 0,688033 → masih dalam range.

Dari hasil evaluasi dan perhitungan untuk seri data hujan yang digunakan sebagai data tidak ditemukan adanya trend.





**4.1.1.2.3. Pemeriksaan Stabilitas Variance Dan Mean (Stationary)**

Sebagai tambahan dari uji adanya trend, harus dilakukan pula uji stabilitas variance dan mean untuk mengetahui apakah data stationary atau tidak.

**a. Pemeriksaan Stabilitas Variance**

Untuk melakukan pemeriksaan stabilitas variance, sampel data dibagi dua atau tiga sama besar atau hampir sama besar. Distribusi dari rasio variance sampel data yang mengikuti distribusi normal dikenal sebagai distribusi F, yaitu distribusi Fisher. Walaupun sampel data tidak mengikuti distribusi normal, uji dengan distribusi F akan memberikan indikasi yang dapat dipertanggungjawabkan tentang stabilitas dari variance.

Uji statistik stabilitas variance adalah:

$$F_t = \frac{\sigma_1^2}{\sigma_2^2} = \frac{S_1^2}{S_2^2} \dots \dots \dots \text{pers. (4.5)}$$

dimana  $\sigma$  dan  $s$  masing-masing adalah variance dari populasi dan sampel, sedangkan indeks 1 dan 2 menunjukkan sub-sampel 1 dan sub sampel 2.

Variance dinyatakan stabil bila memenuhi:

$$F_{\{v_1, v_2, 2,5\ \%}} < F_t < F_{\{v_1, v_2, 97,5\ \%}} \dots \dots \dots \text{pers. (4.6)}$$

dimana:

- $v_1$  :  $n_1 - 1$ , derajat kebebasan sub sampel 1
- $v_2$  :  $n_2 - 1$ , derajat kebebasan sub sampel 2
- $n_1$  : banyaknya data sub sampel 1
- $n_2$  : banyaknya data sub sampel 2
- F : distribusi Fisher

**b. Pemeriksaan Stabilitas Mean**

Pemeriksaan stabilitas mean menggunakan uji t (distribusi Student's t). Dalam uji ini, seperti halnya uji stabilitas variance, maka data dibagi dua atau tiga sama besar, kemudian dihitung nilai rata-rata (*mean*) dari masing-masing sub sampel tersebut dan dibandingkan.

Kesamaan nilai mean ini diuji secara statistik sebagai berikut :

$$t_t = \frac{x_1 - x_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1) s_1^2 + (n_2 - 1) s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \times \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} \dots \dots \dots \text{pers. (4.7)}$$





Dimana :  
 n : banyaknya data  
 $\bar{x}$  : nilai rata-rata sub sampel  
 s : variance

Indeks 1 dan 2 menunjukkan sub sampel 1 dan 2

Nilai mean dari sampel dinyatakan stabil bila:

$$t_{\{v, 2,5\ \%} < t_t < t_{\{v, 97,5\ \%}}$$

Berikut adalah tabel Percentile Points of the F-Distribution F dan hasil evaluasi dan perhitungan untuk stabilitas variance dan mean.





**Tabel 4.7 Tabel Percentile Points of the F-Distribution  $F\{v_1, v_2, P\}$  for the 5-Percent Level of Significance (Two – Tailed)**

$P = (F \leq F_p)$	$v_1$	4	5	6	7	8	9	10	11	12	14	16
0.025	5	.107	.140	.169								
0.975	5	7.39	7.59	6.98								
0.025	6	.143	.172	.195								
0.975	6	5.99	5.82	5.70								
0.025	7	.176	.200	.221								
0.975	7	5.12	4.99	4.90								
0.025	8	.204	.226	.244								
0.975	8	4.53	4.43	4.36								
0.025	9	.230	.248	.265								
0.975	9	4.10	4.03	3.96								
0.025	10	.252	.269	.284								
0.975	10	3.78	3.72	3.66								
0.025	11	.273	.288	.301								
0.975	11	3.53	3.47	3.43								
0.025	12	.292	.305	.328								
0.975	12	3.32	3.28	3.21								
0.025	14	.312	.336	.355								
0.975	14	3.05	2.98	2.92								

Sumber : US Water Resources Council, 1981





Lanjutan tabel 4.7

p =	$v_1$ :	14	16	18	20	24	30	40	60	100	160	∞
$P = (F \leq F_p)$												
0.025	$v_2$ :	16	.342	.362	.379							
0.975			2.82	2.76	2.71							
0.025		18	.368	.385	.400							
0.975			2.64	2.60	2.56							
0.025		20	.391	.406	.430							
0.975			2.50	2.46	2.41							
0.025		24	.415	.441	.468							
0.975			2.33	2.27	2.21							
0.025		30	.453	.482	.515							
0.975			2.14	2.07	2.01							
0.025		40	.498	.533	.573							
0.975			1.94	1.88	1.80							
0.025		60	.555	.600	.642							
0.975			1.74	1.67	1.60							
0.025		100	.625	.674	.706							
0.975			1.56	1.48	1.44							
0.025		160	.696	.733								
0.975			1.42	1.36								
0.025	∞									1.00		
0.975										1.00		

Sumber : US Water Resources Council, 1981



**Tabel 4.8 Hasil Analisis Pengujian Stabilitas**

Sub Sampel 1			Sub Sampel 2			
No.	Curah Hujan	Curah Hujan Diurutkan	No.	Curah Hujan	Curah Hujan Diurutkan	
1	140.8	92.7	1	92.7	91.6	
2	225.3	137.3	2	167.6	92.7	
3	138.9	138.9	3	91.6	144.7	
4	137.3	140.8	4	157.4	157.4	
5	92.7	167.6	5	144.7	167.6	
6	167.6	225.3	6	254.5	254.5	
n1		6	n2		6	
s1		43.9	s2		60.0	
mean (m1)		150.4	mean (m2)		151.4	
v1		5	v2		5	
Pemeriksaan stabilitas Variance			$F_t$	0.54		
			$F \{v_1, v_2, 2,5 \%\}$	0.14		
			$F \{v_1, v_2, 97,5 \%\}$	7.59		
			0.14 < 0.5351 < 7.59		variance dinyatakan stabil	
Pemeriksaan stabilitas Mean			$t_t$	-0.03		
			$t \{v, 2.5\%\}$	-1.97		
			$t \{v, 97.5\%\}$	1.97		
			-1.97 < -0.0324 < 1.97		Nilai mean dinyatakan stabil	

Sumber : Hasil Perhitungan

Sub data 1 :

$n_1 = 6$   
 $sdev_1 = 43,89$   
 $mean(m1) = 150,42$   
 $v_1 = (n_1 - 1)$   
 $= 5$

Sub data 2 :

$n_2 = 6$   
 $sdec_2 = 60,00$   
 $mean(m2) = 151,40$   
 $v_2 = (n_2 - 1)$   
 $= 5$





$$F_t = \frac{s_{dev 1}^2}{s_{dev 2}^2} = 0,535$$

$$F_{\{v_1, v_2, 2,5\% \}} = 0,14 \text{ (tabel berdasarkan nilai } v)$$

$$F_{\{v_1, v_2, 97,5\% \}} = 7,59 \text{ (tabel berdasarkan nilai } v)$$

$$0,14 < 0,535 < 7,59$$

variance dinyatakan stabil

$$t_t = -0,03$$

$$t_{\{n, 2,5\% \}} = -1,97 \text{ (tabel berdasarkan nilai } v)$$

$$t_{\{n, 97,5\% \}} = 1,97 \text{ (tabel berdasarkan nilai } v)$$

$$-1,97 < -0,0324 < 1,97$$

Nilai mean dinyatakan stabil

$$t_t = \frac{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}{\sqrt{\frac{(n_1 - 1)s_1^2 + (n_2 - 1)s_2^2}{n_1 + n_2 - 2} \times \left(\frac{1}{n_1} + \frac{1}{n_2}\right)}} = \frac{150,42 - 151,4}{\sqrt{\frac{(6-1) \times 43,89^2 + (6-1) \times 60^2}{6+6-2} \times \left(\frac{1}{6} + \frac{1}{6}\right)}} = -0,03$$

Dimana :

- n : banyaknya data
- $\bar{x}$  : nilai rata-rata sub sampel
- s : variance

Dari hasil analisis didapatkan bahwa variance dinyatakan stabil.

#### 4.1.1.2.4. Pemeriksaan Independensi

Pemeriksaan independensi dari seri data digunakan serial-correlation coefficient dengan lag 1 menurut Box dan Jenkins (1970), yaitu korelasi antara data pengamatan yang berdekatan dalam seri data.

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) \times (x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \dots \text{ pers. (4.8)}$$

Tidak ada korelasi data (data independen) bila :

$$\{-1, (-1 + 1,96 \sqrt{n-2}) / (n-1)\} < r_1 < \{(-1 + 1,96 \sqrt{n-2}) / (n-1), +1\}$$

Berikut adalah hasil pemeriksaan independensi.



**Tabel 4.9 Hasil Analisis Pengujian Independensi**

No.	Tahun	Hujan (xi)	Xi-Xrerata	(4)i*(4)i+1	(4)i^2	Kesimpulan hasil Pemeriksaan Independensi
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	
1	2006	140.8	-14.30	-1004.15	204.39	ri = -0.148
2	2007	225.3	70.24	-1135.26	4933.19	Lcl = -0.727
3	2008	138.9	-16.16	287.65	261.25	Ucl = 0.727
4	2009	137.3	-17.80	1109.86	316.72	-0.727 < -0.1480 < 0.727
5	2010	92.7	-62.36	-779.75	3889.19	Data Independen
6	2011	167.6	12.50	-793.92	156.33	
7	2012	91.6	-63.50	-148.37	4031.83	
8	2013	157.4	2.34	-24.29	5.46	
9	2014	144.7	-10.40	-1033.81	108.09	
10	2015	254.5	99.44		9887.65	

Keterangan :

- (1) Nomor
- (2) Data tahun pencatatan
- (3) data hujan
- (4) (3)-rerata data hujan
- (5) (4)\*(4)+1
- (6) (4)^2

Sumber : Hasil Perhitungan

Analisis perhitungan :

Sum (xi) = 1550,6

Average (xi) = 155,1

$$r_1 = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) \times (x_{i+1} - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} = \frac{-3522,0}{23794,1} = -0,148$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} (x_i - \bar{x}) \times (x_{i+1} - \bar{x}) = -3522,0$$

$$\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 = 23794,1$$

Data independen bila

$$\{-1, (-1 - 1,96 \sqrt{n-2}) / (n-1)\} < r_1 < \{(-1 + 1,96 \sqrt{n-2}) / (n-1), +1\}$$

Lcl (batas bawah) =  $(-1 - 1,96 * (10-2)^{0,5}) / (10-1) = -0,727$

Ucl (batas atas) =  $(-1 + 1,96 * (10-2)^{0,5}) / (10-1) = 0,727$

Dari hasil evaluasi dan perhitungan diketahui bahwa tidak ada korelasi data, sehingga data tersebut independen.

**4.1.2. Curah Hujan Rancangan**

Curah hujan rancangan diperlukan sebagai data masukan pada analisis debit banjir



rancangan maupun analisis modulus drainase. Untuk itu perlu dilakukan analisis curah hujan rancangan. Dalam studi kali ini perhitungan analisis curah hujan dengan menggunakan beberapa kala ulang dilakukan dengan menggunakan metode :

- 1). Distribusi Gumbel Tipe I
- 2). Distribusi Log - Normal Dua Parameter
- 3). Distribusi Log - Pearson Tipe III
- 4). Distribusi Frechet ( Gumbel Tipe II)

**Tabel 4.10 Data Hujan Rata – rata Tahun 2006 s/d Tahun 2015**

No.	Tahun	X (mm)	X (mm) diurutkan
1	2006	140.77	254.50
2	2007	225.30	225.30
3	2008	138.90	167.57
4	2009	137.27	157.40
5	2010	92.70	144.67
6	2011	167.57	140.77
7	2012	91.57	138.90
8	2013	157.40	137.27
9	2014	144.67	92.70
10	2015	254.50	91.57
Jumlah		1550.63	

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari data pada tabel 4.10. didapatkan :

Mean = 155,06

Standar Deviasi = 51,42

Skewness = 0,84

Kurtosis = 0,46

Variation Koef = 0,33

Number of data = 10.00





1) Distribusi Gumbel Tipe I

Tabel 4.11 Tabel Hasil Reduce Mean (Yn) dan Reduced Standard Deviation (Sn) Berdasarkan Jumlah Data

n	Yn	Sn
10	0.4592	0.9496
11	0.4996	0.9676
12	0.5035	0.9833
13	0.5070	0.9971
14	0.5100	1.0095
15	0.5128	1.0206
16	0.5157	1.0316
17	0.5181	1.0411
18	0.5202	1.0493
19	0.5220	1.0565
20	0.5236	1.0628

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari tabel 4.11. didapat nilai :

$$S_n = 0,9496$$

$$Y_n = 0,4592$$

Untuk return period 2 th :

$$\begin{aligned} Y_T &= -LN(-LN((B49-1)/B49)) \\ &= -ln(-ln((2-1)/2)) \\ &= 0,3665 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X &= \bar{X} + \left( S_d \times \left( \frac{Y_T - Y_n}{S_n} \right) \right) \\ &= 155,06 + \left( 51,42 \times \left( \frac{0,3665 - 0,4592}{0,9496} \right) \right) \\ &= 150,0446 \text{ mm} \end{aligned}$$

Tabel 4.12 Nilai Ekstrim Distribusi Gumbel Tipe I

T	Y <sub>T</sub>	S <sub>d</sub>	Y <sub>n</sub>	S <sub>n</sub>	K	X (mm)
2	0.3665	51.4178	0.4592	0.9496	-0.0976	150.0446
3	0.9027	51.4178	0.4592	0.9496	0.4671	179.0785
5	1.4999	51.4178	0.4592	0.9496	1.0960	211.4161
10	2.2504	51.4178	0.4592	0.9496	1.8862	252.0493
20	2.9702	51.4178	0.4592	0.9496	2.6443	291.0257
25	3.1985	51.4178	0.4592	0.9496	2.8847	303.3895
50	3.9019	51.4178	0.4592	0.9496	3.6255	341.4766
100	4.6001	51.4178	0.4592	0.9496	4.3607	379.2824

Sumber : Hasil Perhitungan

Uji Chi Square untuk distribusi gumbel tipe 1

$$\begin{aligned} K \text{ (Jumlah Kelas)} &= 1 + 3,322 \log N \\ &= 4,3220 \approx 4 \text{ kelas} \end{aligned}$$





Peluang batas kelas:  $= 1/\text{kelas} = 25\%$

Untuk peluang 25%, maka dapat dihitung

$$T = 1/25\% = 4$$

$$Y_t = -\ln(-\ln((T-1)/T))$$

$$= -\ln(-\ln 3/4) = 1,2459$$

Sdev = 51,4178 (dari perhitungan gumbel tipe 1)

$$Y_n = 0,4592$$

$$S_n = 0,9496$$

$$K = (Y_t - Y_n) / S_n = (1,2459 - 0,4592) / 0,9496$$

$$= 0,8285$$

$$X = \bar{X} + (S_d \times K)$$

$$= 150,0446 + (51,4178 \times 0,8285) = 197,6606 \text{ mm}$$

Untuk selanjutnya dihitung p 50%  $\rightarrow X = 150,0446$  dan 75%  $\rightarrow X = 112,5129$  untuk menentukan batas kelas seperti dibawah ini

**Tabel 4.13 Perhitungan Batas Kelas Gumbel Tipe I**

No.	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$(OF - EF)^2 / EF$
		OF	EF		
1	$X < 112,5129$	2	2,5	0,250	0,100
2	$112,5129 < X < 150,0446$	4	2,5	2,250	0,900
3	$150,0446 < X < 197,6606$	2	2,5	0,250	0,100
4	$X > 197,6606$	2	2,5	0,250	0,100
Jumlah		10	10		<b>1,200</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai OF (frekuensi data) merupakan jumlah data yang masuk dalam range kelas tersebut, sedangkan nilai EF (nilai yang diharapkan) :

$$EF = N/K = 10/4 = 2,5$$

$$\sum_{i=1}^n ((OF - EF)^2 / EF) = 1,20 \rightarrow \text{Nilai } \chi^2 \text{ hitung}$$

P = parameter yang terikat dalam agihan frekuensi = 2

$$DK = K - (P + 1) = 4 - (2 + 1)$$





Ditentukan nilai derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$

Dari nilai DK (derajat kebebasan) dan  $\alpha = 5\%$  maka nilai kritis  $\chi^2_{cr} = 3,841$  (tabel 4.14).

**Tabel 4.14 Tabel Distribusi Chi Square**

dk	$\alpha$ derajat kepercayaan												
	0.995	0.990	0.975	0.950	0.900	0.750	0.500	0.250	0.100	0.050	0.025	0.010	0.005
1	0.000	0.000	0.001	0.004	0.016	0.102	0.455	1.323	2.706	3.841	5.024	6.635	7.879
2	0.010	0.020	0.051	0.103	0.211	0.575	1.386	2.773	4.605	5.991	7.378	9.210	10.597
3	0.072	0.115	0.216	0.352	0.584	1.213	2.366	4.108	6.251	7.815	9.348	11.345	12.838
4	0.207	0.297	0.484	0.711	1.064	1.923	3.357	5.385	7.779	9.488	11.143	13.277	14.860
5	0.412	0.554	0.831	1.145	1.610	2.675	4.351	6.626	9.236	11.071	12.833	15.086	16.750
6	0.676	0.872	1.237	1.635	2.204	3.455	5.348	7.841	10.645	12.592	14.449	16.812	18.548
7	0.989	1.239	1.690	2.167	2.833	4.255	6.346	9.037	12.017	14.067	16.013	18.475	20.278
8	1.344	1.647	2.180	2.733	3.490	5.071	7.344	10.219	13.362	15.507	17.535	20.090	21.955
9	1.735	2.088	2.700	3.325	4.168	5.899	8.343	11.389	14.684	16.919	19.023	21.666	23.589
10	2.156	2.558	3.247	3.940	4.865	6.737	9.342	12.549	15.987	18.307	20.483	23.209	25.188

Sumber : Bonnier, 1980

$$\chi^2_{hitung} < \chi^2_{cr} \rightarrow 1,20 < 3,84 \rightarrow \text{Distribusi Frekuensi Dapat Diterima}$$

**Uji Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi gumbel tipe 1**

$$\begin{aligned} S_n(X) &= m / (N+1) \\ &= 1 / (10+1) \\ &= 0,0909 \end{aligned}$$

$$(S_d \times Y_n) / S_n = 130,1991265$$

$$(S_d / S_n) = 54,14679186$$

$$\begin{aligned} Y_T &= [(x - (S_d \times Y_n) / S_n) / (S_d / S_n)] \\ &= (155,06 - 130,1991265) / 54,14679186 \\ &= 2,2956 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Tr &= 1 / (1 - (-e^{-Y_T})) \\ &= 1 / (1 - (-2,7183^{(2,7183^{2,2956})})) \\ &= 10,4391 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Pr &= 1 / Tr \\ &= 1 / 10,4391 \\ &= 0,0958 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta &= |S_n(x) - Pr| \\ &= 0,0909 - 0,0958 \\ &= 0,0049 \end{aligned}$$





Tabel 4.15 Perhitungan Uji Smirnov – Kolmogorof Distribusi Gumbel Tipe I

No.	Tahun	X	m	$S_n(X)$	$Y_T$	$T_r$	$Pr$	$\Delta$ $I S_n(X) - Pr I$
1	2015	254.5000	1	0.0909	2.2956	10.4391	0.0958	0.0049
2	2007	225.3000	2	0.1818	1.7564	6.3057	0.1586	0.0232
3	2011	167.5667	3	0.2727	0.6901	2.5356	0.3944	0.1217
4	2013	157.4000	4	0.3636	0.5024	2.2027	0.4540	0.0903
5	2014	144.6667	5	0.4545	0.2672	1.8695	0.5349	0.0804
6	2006	140.7667	6	0.5455	0.1952	1.7833	0.5608	0.0153
7	2008	138.9000	7	0.6364	0.1607	1.7444	0.5732	0.0631
8	2009	137.2667	8	0.7273	0.1305	1.7116	0.5842	0.1430
9	2010	92.7000	9	0.8182	-0.6925	1.1567	0.8645	0.0463
10	2012	91.5667	10	0.9091	-0.7135	1.1493	0.8701	0.0390
							$\Delta$ Maks.	<b>0.1430</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Dan seterusnya dihitung sampai jumlah data, dan kemudian dicari nilai maksimum

$$\Delta \text{ Maks} = 0,1430$$

$$N \text{ (jumlah data)} = 10$$

$$\alpha \text{ (derajat kepercayaan)} = 5\%$$

$$\Delta \text{ Kritis} = 0,4090$$





**Tabel 4.16 Level Of Significant ( $\alpha$ ) Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorof**

N	Level of Significance ( $\alpha$ )				
	20	15	10	5	1
1	0.9	0.925	0.95	0.975	0.995
2	0.684	0.726	0.776	0.842	0.929
3	0.565	0.597	0.642	0.708	0.829
4	0.494	0.525	0.564	0.624	0.734
5	0.446	0.474	0.51	0.563	0.669
6	0.41	0.436	0.47	0.521	0.618
7	0.381	0.405	0.438	0.486	0.577
8	0.358	0.381	0.411	0.4457	0.543
9	0.339	0.36	0.388	0.432	0.514
10	0.322	0.342	0.368	0.409	0.486
11	0.307	0.326	0.352	0.391	0.468
12	0.295	0.313	0.338	0.375	0.45
13	0.284	0.302	0.325	0.361	0.433
14	0.274	0.292	0.314	0.349	0.418
15	0.266	0.283	0.304	0.338	0.404
16	0.258	0.274	0.295	0.328	0.391
17	0.25	0.266	0.286	0.318	0.38
18	0.244	0.259	0.278	0.309	0.37
19	0.237	0.252	0.272	0.301	0.361
20	0.231	0.246	0.264	0.294	0.352
N > 50	$\frac{1,07}{N^{0,5}}$	$\frac{1,14}{N^{0,5}}$	$\frac{1,22}{N^{0,5}}$	$\frac{1,36}{N^{0,5}}$	$\frac{1,63}{N^{0,5}}$

Sumber : Massey, F.J., Jr, 1951

$\Delta$  Maks. <  $\Delta$  Kritis  $\rightarrow$  0,1430 < 0,4090

Berdasarkan hasil analisis diatas, maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

**2) Distribusi Log-Normal Dua Parameter**

**Tabel 4.17 Perhitungan Distribusi Log-Normal Dua Paramater**

No.	$X_i$	Log $X_i$	(Log $X_i$ - rerata Log X)	(Log $X_i$ - rerata Log X) <sup>2</sup>	(Log $X_i$ - rerata Log X) <sup>3</sup>	(Log $X_i$ - rerata Log X) <sup>4</sup>
1	254.500	2.4057	0.23593	0.05566	0.01313	0.00310
2	225.300	2.3528	0.18300	0.03349	0.00613	0.00112
3	167.567	2.2242	0.05443	0.00296	0.00016	0.00001
4	157.400	2.1970	0.02725	0.00074	0.00002	0.00000
5	144.667	2.1604	-0.00939	0.00009	0.00000	0.00000
6	140.767	2.1485	-0.02126	0.00045	-0.00001	0.00000
7	138.900	2.1427	-0.02706	0.00073	-0.00002	0.00000
8	137.267	2.1376	-0.03219	0.00104	-0.00003	0.00000
9	92.700	1.9671	-0.20268	0.04108	-0.00833	0.00169
10	91.567	1.9617	-0.20802	0.04327	-0.00900	0.00187
TOTAL	1550.633	21.6976	0.00000	0.17952	0.00205	0.00779

Sumber : Hasil Perhitungan





Dicari Nilai Statistik dari fungsi logaritma data :

$$\text{Rerata Log X} = 2,1698$$

$$\text{Sdev (S.Log X)} = 0,1412$$

$$\text{CV} = 0,0651$$

$$\text{CS} = 0,1955$$

$$\text{CK} = 3,0681$$

**Tabel 4.18 Nilai Ekstrim Distribusi Log-Normal Dua Parameter**

T	P	k	Log X	X (mm)
2	0.5000	-0.0324	2.1652	146.2783
3	0.3333	0.2551	2.2058	160.6133
5	0.2000	0.8300	2.2870	193.6353
10	0.1000	1.2999	2.3533	225.6046
20	0.0500	1.6979	2.4096	256.7765
25	0.0400	1.7746	2.4204	263.2592
50	0.0200	2.1579	2.4745	298.2121
100	0.0100	2.4847	2.5207	331.6523

Sumber : Hasil Perhitungan

$$T_{2th} = \text{Return Period 2 tahun}$$

$$P = (100/2)/100 = 0,5$$

Nilai K didapatkan dari Tabel Log Normal dibawah berdasarkan nilai CV dan nilai periode Ulang, untuk kala ulang 2 th dan nilai cv = 0,0651 didapat nilai K = -0,0324 (interpolasi dari nilai cv 0,0500 dan 0,1000)

$$\text{Log X} = \overline{\text{Log } x} + Sd * K = 2,1698 + 0,1412 \times (-0,0324)$$

$$= 2,1652$$

$$X = \text{Log } X^2$$

$$= 146,2783$$



**Tabel 4.19 Tabel Log Normal**

Koefisien Variasi (CV)	Peluang Kumulatif P(%) : P(X<=X)					
	50	80	90	95	98	99
	Periode Ulang (Tahun)					
	2	5	10	20	50	100
0.05	-0.0250	0.8334	1.2965	1.6863	2.1341	2.4570
0.10	-0.0496	0.8222	1.3078	1.7247	2.2130	2.5489
0.15	-0.0738	0.8085	1.3156	1.7598	2.2899	2.2607
0.20	-0.0971	0.7926	1.3200	1.7911	2.3640	2.7716
0.25	-0.1194	0.7746	1.3209	1.8183	2.4318	2.8805
0.30	-0.1406	0.7647	1.3183	1.8414	2.5015	2.9866
0.35	-0.1604	0.7333	1.3126	1.8602	2.5638	3.0890
0.40	-0.1788	0.7100	1.3037	1.8746	2.6212	3.1870
0.45	-0.1957	0.6870	1.2920	1.8848	2.6731	3.2799
0.50	-0.2111	0.6626	1.2778	1.8909	2.7202	3.3673
0.55	-0.2251	0.6379	1.2613	1.8931	2.7613	3.4488
0.60	-0.2375	0.6129	1.2428	1.8915	2.7971	3.5211
0.65	-0.2185	0.5879	1.2226	1.8866	2.8279	3.3930
0.70	-0.2582	0.5631	1.2011	1.8786	2.8532	3.3663
0.75	-0.2667	0.5387	1.1784	1.8677	2.8735	3.7118
0.80	-0.2739	0.5118	1.1548	1.8543	2.8891	3.7617
0.85	-0.2801	0.4914	1.1306	1.8388	2.9002	3.8056
0.90	-0.2852	0.4686	1.1060	1.8212	2.9071	3.8137
0.95	-0.2895	0.4466	1.0810	1.8021	2.9103	3.8762
1.00	-0.2929	0.4254	1.0560	1.7815	2.9098	3.9035

Sumber : Soewarno, 1995

**Uji Chi Square untuk distribusi Log Normal 2 Parameter**

$K$  (Jumlah Kelas) =  $1 + 3,322 \log N = 4,3220 \approx 4$  kelas

Peluang batas kelas: =  $1/kelas = 25\%$

Untuk peluang 25%, maka dapat dihitung :

$Cv = 0,0651$

$K = \text{Tabel CV}$

=  $-0,7511$

$\log X = \log \bar{X} + (S_d \times K)$

=  $2,1698 + (0,1412 \times -0,7511)$

=  $2,0637$

$X = 10^{\log X}$

=  $115,7914$

Untuk selanjutnya dihitung p 50%  $\rightarrow X = 146,2783$  dan 75%  $\rightarrow X = 184,7922$  untuk

menentukan batas kelas seperti dibawah ini :





**Tabel 4.20 Penentuan Batas Kelas Distribusi Chi Square**

P(%)	CV	k	Log X	X (mm)
25%	0.0651	-0.7511	2.0637	115.7914
50%	0.0651	-0.0324	2.1652	146.2783
75%	0.0651	0.6863	2.2667	184.7922

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai OF merupakan jumlah data yang masuk dalam range kelas tersebut, sedangkan

nilai EF :

$$EF = N/K$$

$$= 10/4$$

$$= 2,5$$

$$\sum_{i=1}^n ((OF - EF)^2 / EF) = 1,20 \rightarrow \text{Nilai } \chi^2 \text{ hitung}$$

P = parameter yang terikat dalam agihan frekuensi = 2

$$DK = K - (P + 1)$$

$$= 4 - (2 + 1)$$

$$= 1$$

Ditentukan nilai derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$

Dari nilai DK dan  $\alpha = 5\%$  maka nilai kritis  $\chi^2_{cr} = 3,841$  (Tabel 4.14)

**Tabel 4.21 Perhitungan Nilai Distribusi Chi Square**

No.	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		$(OF - EF)^2$	$(OF - EF)^2 / EF$
		OF	EF		
1	$X < 115.791$	2	2.5	0.2500	0.1000
2	$115.791 < X < 146.278$	4	2.5	2.2500	0.9000
3	$146.278 < X < 184.792$	2	2.5	0.2500	0.1000
5	$X > 184.792$	2	2.5	0.2500	0.1000
Jumlah :		10	10	3	1.2000

Sumber : Hasil Perhitungan

$\chi^2_{hitung} < \chi^2_{cr} \rightarrow 1,20 < 3,84 \rightarrow$  Distribusi Frekuensi Dapat Diterima

**Uji Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi Log Normal 2 Parameter**

Rerata Log X = 2,1698

Standar Deviasi (S) = 0,1412

D Maks. = 0,9091

N (jumlah data) = 10

X = 254,50 (Data terurut dari yang terbesar)

Log X = log (254,50)





$$K = \frac{(\log x - \log \bar{x})}{Sd} = \frac{(2,4057 - 2,1698)}{0,1412} = 1,6705$$

$$M = 1 \text{ (Urutan data)}$$

$$S_n(X) = \frac{m}{(N+1)} = \frac{1}{(10+1)} = 0,0909$$

$$Pr = 0,9466 \text{ (pembacaan Tabel dari nilai K dan Cv, (Tabel 4.19))}$$

$$P_x(X) = 1 - Pr = 1 - 0,9466 = 0,0534$$

$$\Delta |P_x(X) - S_n(X)| = 0,8557$$

Dihitung sesuai data yang ada seperti pada tabel 4.20. berikut:

**Tabel 4.22 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov -Kolmogorof untuk distribusi Log Normal 2 Parameter**

Tahun	X	Log X	K	m	S <sub>n</sub> (X)	Pr	P <sub>x</sub> (X)	Δ  P <sub>x</sub> (X) - S <sub>n</sub> (X)
2015	254.50	2.4057	1.6705	1.00	0.0909	0.9466	0.0534	0.8557
2007	225.30	2.3528	1.2958	2.00	0.1818	0.8991	0.1009	0.7173
2011	167.57	2.2242	0.3854	3.00	0.2727	0.6453	0.3547	0.3726
2013	157.40	2.1970	0.1929	4.00	0.3636	0.5784	0.4216	0.2147
2014	144.67	2.1604	-0.0665	5.00	0.4545	0.4881	0.5119	0.0336
2006	140.77	2.1485	-0.1505	6.00	0.5455	0.4589	0.5411	0.0865
2008	138.90	2.1427	-0.1916	7.00	0.6364	0.4446	0.5554	0.1917
2009	137.27	2.1376	-0.2280	8.00	0.7273	0.4320	0.5680	0.2953
2010	92.70	1.9671	-1.4351	9.00	0.8182	0.0121	0.9879	0.8061
2012	91.57	1.9617	-1.4729	10.00	0.9091	0.0000	1.0000	0.9091
							Δ Maks.	<b>0.9091</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Didapat Nilai Δ Maks = 0,9091  
 α (derajat kepercayaan) = 5% (tabel 4.15)

$$\Delta \text{ Kritis} = 0,4090$$

$$\Delta \text{ Maks.} < \Delta \text{ Kritis} = 0,9091 > 0,4090$$

Maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi tidak dapat diterima

**3) Distribusi Log Pearson Type III**

$$\text{Rerata Log X} = 2,1698$$

$$\text{Stdev (S, Log X)} = 0,1412$$





$$CS = 0,1011$$

$$CK = -0,0653$$

**Tabel 4.23 Perhitungan Nilai distribusi Log Pearson Type III**

No.	Xi	Log Xi	(Log Xi - rerata Log X)	(Log Xi - rerata Log X) <sup>2</sup>	(Log Xi - rerata Log X) <sup>3</sup>	(Log Xi - rerata Log X) <sup>4</sup>
1	254.5000	2.4057	0.2359	0.0557	-0.0131	0.0031
2	225.3000	2.3528	0.1830	0.0335	-0.0061	0.0011
3	167.5667	2.2242	0.0544	0.0030	0.0002	0.0000
4	157.4000	2.1970	0.0272	0.0007	0.0000	0.0000
5	144.6667	2.1604	-0.0094	0.0001	0.0000	0.0000
6	140.7667	2.1485	-0.0213	0.0005	0.0000	0.0000
7	138.9000	2.1427	-0.0271	0.0007	0.0000	0.0000
8	137.2667	2.1376	-0.0322	0.0010	0.0000	0.0000
9	92.7000	1.9671	-0.2027	0.0411	-0.0083	0.0017
10	91.5667	1.9617	-0.2080	0.0433	-0.0090	0.0019

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk data 1 = 254,50

Log Xi = 2,4057

(Log Xi - rerata Log X) = 2,4057 - 2,1698

= 0,2359

(Log Xi - rerata Log X)<sup>2</sup> = 0,2359<sup>2</sup>

= 0,0557

(Log Xi - rerata Log X)<sup>3</sup> = 0,2359<sup>3</sup>

= 0,0131

(Log Xi - rerata Log X)<sup>4</sup> = 0,2359<sup>4</sup>

= 0,0031

Nilai Ekstrim Distribusi Log Pearson Tipe III

Untuk Kalau Ulang T 2 tahun :

P(%) = 50

Cs = 0,1011

G = -0,0172 (Tabel 4.22.)

Log X =  $\overline{\text{Log } \bar{X}} + Sdev \times G$   
 = 2,1698 + 0,1412 x (-0,0172)

= 2,1673

X (mm) = 10<sup>log X</sup>

= 147,0053

Untuk selanjutnya dihitung untuk berbagai kala ulang





**Tabel 4.24 Nilai Ekstrim Distribusi Log Pearson Tipe III Berbagai Kala Ulang**

T	P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
2	50	0.1011	-0.0172	2.1673	147.0053
3	33.33	0.1011	0.3809	2.2236	167.3247
5	20	0.1011	0.8359	2.2878	194.0080
10	10	0.1011	1.2921	2.3522	225.0324
20	5	0.1011	1.7032	2.4103	257.2170
25	4	0.1011	1.7854	2.4219	264.1864
50	2	0.1011	2.1076	2.4674	293.3711
100	1	0.1011	2.4008	2.5088	322.7231

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.25 Log Pearson Type III**

Koef.	Waktu Balik (Tahun)														
	1.01	1.05	1.11	1.25	1.667	2	2.5	5	10	20	25	50	100	200	1000
Cs	Peluang (%)														
	99	95	90	80	60	50	40	20	10	5	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.667	-0.665	-0.660	-0.636	-0.4760	-0.396	-0.1240	0.420	1.180	2.0950	2.278	3.152	4.051	4.970	7.250
2.5	-0.799	-0.790	-0.771	-0.711	-0.4770	-0.360	-0.0673	0.518	1.250	2.0933	2.262	3.048	3.845	4.652	6.600
2.2	-0.905	-0.882	-0.844	-0.752	-0.4707	-0.330	-0.0287	0.574	1.284	2.0807	2.240	2.970	3.705	4.444	6.200
2.0	-0.990	-0.949	-0.895	-0.777	-0.4637	-0.307	-0.0017	0.609	1.302	2.0662	2.219	2.912	3.605	4.298	5.910
1.8	-1.087	-1.020	-0.945	-0.799	-0.4543	-0.282	0.0263	0.643	1.318	2.0472	2.193	2.848	3.499	4.147	5.660
1.6	-1.197	-1.093	-0.994	-0.817	-0.4417	-0.254	0.0557	0.675	1.329	2.0240	2.163	2.780	3.388	3.990	5.390
1.4	-1.318	-1.168	-1.041	-0.832	-0.4273	-0.225	0.0850	0.705	1.337	1.9962	2.128	2.706	3.271	3.828	5.110
1.2	-1.449	-1.243	-1.086	-0.844	-0.4113	-0.195	0.1140	0.732	1.340	1.9625	2.087	2.626	3.149	3.661	4.820
1.0	-1.588	-1.317	-1.128	-0.852	-0.3933	-0.164	0.1433	0.758	1.340	1.9258	2.043	2.542	3.022	3.489	4.540
0.9	-1.660	-1.353	-1.147	-0.854	-0.3833	-0.148	0.1577	0.769	1.339	1.9048	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-1.733	-1.388	-1.116	-0.856	-0.3733	-0.132	0.1720	0.780	1.336	1.8877	1.998	2.453	2.891	3.312	4.250
0.7	-1.806	-1.423	-1.183	-0.857	-0.3630	-0.116	0.1860	0.790	1.333	1.8613	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-1.880	-1.458	-1.200	-0.857	-0.3517	-0.099	0.2007	0.800	1.328	1.8372	1.939	2.359	2.755	3.132	3.960
0.5	-1.955	-1.491	-1.216	-0.856	-0.3407	-0.083	0.2140	0.808	1.323	1.8122	1.910	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-2.029	-1.524	-1.231	-0.855	-0.3290	-0.066	0.2280	0.816	1.317	1.7862	1.880	2.261	2.615	2.949	3.670
0.3	-2.104	-1.555	-1.245	-0.853	-0.3177	-0.050	0.2413	0.824	1.309	1.7590	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-2.178	-1.586	-1.258	-0.850	-0.3053	-0.033	0.2547	0.830	1.301	1.7318	1.818	2.159	2.472	2.763	3.380
0.1	-2.252	-1.616	-1.270	-0.846	-0.2933	-0.017	0.2673	0.836	1.292	1.7028	1.785	2.107	2.400	2.670	3.235
0.0	-2.326	-1.645	-1.282	-0.842	-0.2807	0.000	0.2807	0.842	1.282	1.6728	1.751	2.054	2.326	2.576	3.090

Sumber : CD. Soemarto, 1990

**Uji Chi Square untuk distribusi Log Person Type III**

$K$  (Jumlah Kelas) =  $1 + 3,322 \log N = 4,3220 \approx 4$  kelas

Peluang batas kelas: =  $1/\text{kelas} = 25\%$

Untuk peluang 25%, maka dapat dihitung

$Cs = 0,1011$

$G = \text{Tabel Log person}$   
 $= 0,6937$

$\log X = \log \bar{X} + (Sdev \times G)$   
 $= 2,1698 + (0,1412 \times 0,6937)$   
 $= 2,2677$

$X = 10^{\log X}$   
 $= 10^{2,2677}$   
 $= 185,2416$

Untuk selanjutnya dihitung p 50%  $\rightarrow X = 147,0053$  dan 75%  $\rightarrow X = 117,4306$  untuk menentukan batas kelas seperti dibawah ini :





**Tabel 4.26 Perhitungan Batas Kelas Berdasarkan Peluang, Log Pearson Type III**

P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
25%	0.1011	0.6937	2.2677	185.2416
50%	0.1011	-0.0172	2.1673	147.0053
75%	0.1011	-0.7079	2.0698	117.4306

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai OF merupakan jumlah data yang masuk dalam range kelas tersebut, sedangkan nilai

EF :

$$EF = N/K$$

$$= 10/4$$

$$= 2,5$$

$$\sum_{i=1}^n ((OF - EF)^2 / EF) = 1,20 \rightarrow \text{Nilai } \chi^2 \text{ hitung :}$$

**Tabel 4.27 Perhitungan Nilai Distribusi Chi-Square Log Pearson Type III**

No.	Nilai Batas Sub Kelas	Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
		OF	EF		
1	X < 117.431	2	2.5	0.2500	0.1000
2	117.431 < X < 147.005	4	2.5	2.2500	0.9000
3	147.005 < X < 185.242	2	2.5	0.2500	0.1000
4	X > 185.242	2	2.5	0.2500	0.1000
Jumlah :		10	10	3	1.2000

Sumber : Hasil Perhitungan

P = parameter yang terikat dalam agihan frekuensi = 2

$$DK = K - (P + 1)$$

$$= 4 - (2 + 1)$$

$$= 1$$

Ditentukan nilai derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$

Dari nilai DK dan  $\alpha = 5\%$  maka nilai kritis  $\chi^2_{cr} = 3,841$  (tabel 4.13)

**Uji Smirnov-Kolmogorof untuk distribusi Log Person Tipe III**

Rerata Log X = 2,1698

Standar Deviasi (S) = 0,1412

D Maks. = 0,1510

N (jumlah data) = 10

$\alpha$  (derajat kepercayaan) = 5%

X = 254,50 (Data terurut dari yg terbesar)

Log X = log (254,50)





$$G = (Log x - \log \bar{x}) / Sd$$

$$= (2,4057 - 2,1698) / 0,1412$$

$$= 1,6705$$

$$M = 1 \text{ (Urutan data)}$$

$$S_n(X) = m / (N+1)$$

$$= 1 / (10+1)$$

$$= 0,0909$$

$$Pr = 0,0540 \text{ (pembacaan Tabel dari nilai G dan Cs)}$$

$$\Delta |S_n(X) - Pr| = 0,0369$$

Dihitung sesuai data yang ada seperti pada tabel berikut:

**Tabel 4.28 Perhitungan Uji Distribusi Smirnov-Kolmogorof Log Pearson Type III**

Tahun	X	Log X	G	m	S <sub>n</sub> (X)	Pr	Δ  S <sub>n</sub> (X) - Pr
2015	254.5000	2.4057	1.6705	1.0000	0.0909	0.0540	0.0369
2007	225.3000	2.3528	1.2958	2.0000	0.1818	0.0996	0.0823
2011	167.5667	2.2242	0.3854	3.0000	0.2727	0.3584	0.0857
2013	157.4000	2.1970	0.1929	4.0000	0.3636	0.4261	0.0625
2014	144.6667	2.1604	-0.0665	5.0000	0.4545	0.5178	0.0633
2006	140.7667	2.1485	-0.1505	6.0000	0.5455	0.5483	0.0028
2008	138.9000	2.1427	-0.1916	7.0000	0.6364	0.5631	0.0732
2009	137.2667	2.1376	-0.2280	8.0000	0.7273	0.5763	0.1510
2010	92.7000	1.9671	-1.4351	9.0000	0.8182	0.9239	0.1057
2012	91.5667	1.9617	-1.4729	10.0000	0.9091	0.9294	0.0203
						Δ Maks.	<b>0.1510</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

Didapat Nilai Δ Maks = 0,1510

α (derajat kepercayaan) = 5%

Δ Kritis = 0,4090

Δ Maks. < Δ Kritis = 0,1510 < 0,4090

Maka distribusi teoritis yang digunakan untuk menentukan persamaan distribusi dapat diterima.

**4) Frechet**

**Tabel 4.29 Perhitungan Distribusi Frechet**





No.	$X_i$	$\log X_i$	$(\log X_i - \text{rerata } \log X)$	$(\log X_i - \text{rerata } \log X)^2$	$(\log X_i - \text{rerata } \log X)^3$	$(\log X_i - \text{rerata } \log X)^4$
1	254.50	2.4057	0.2359	0.0557	0.0131	0.0031
2	225.30	2.3528	0.1830	0.0335	0.0061	0.0011
3	167.57	2.2242	0.0544	0.0030	0.0002	0.0000
4	157.40	2.1970	0.0272	0.0007	0.0000	0.0000
5	144.67	2.1604	-0.0094	0.0001	-0.0000	-0.0000
6	140.77	2.1485	-0.0213	0.0005	0.0000	0.0000
7	138.90	2.1427	-0.0271	0.0007	-0.0000	-0.0000
8	137.27	2.1376	-0.0322	0.0010	-0.0000	-0.0000
9	92.70	1.9671	-0.2027	0.0411	-0.0083	0.0017
10	91.57	1.9617	-0.2080	0.0433	-0.0090	0.0019
TOTAL	1550.63	21.6976	0.0000	0.1795	0.0021	0.0078

Sumber : Hasil Perhitungan

Rerata Log X = 2,170

Sdev (S . Log X) = 0,141

Untuk data 1 = 254,50

Log Xi = 2,4057

(Log Xi - rerata Log X) = 2,4057 - 2,1698

= 0,2359

(Log Xi - rerata Log X)<sup>2</sup> = 0,2359<sup>2</sup>

= 0,0557

(Log Xi - rerata Log X)<sup>3</sup> = 0,2359<sup>3</sup>

= 0,0131

(Log Xi - rerata Log X)<sup>4</sup> = 0,2359<sup>4</sup>

= 0,0031

Nilai Ekstrim Distribusi Frechet :

**Tabel 4.30 Perhitungan Nilai Ekstrem Distribusi Frechet**

T	a	X0	Y	Log X	X (mm)
2	9.0773	2.1069	0.3660	2.1472	140.3562
3	9.0773	2.1069	0.8873	2.2047	160.1980
5	9.0773	2.1069	1.5100	2.2733	187.6120
10	9.0773	2.1069	2.2500	2.3548	226.3512
20	9.0773	2.1069	2.9700	2.4341	271.7076
25	9.0773	2.1069	3.1250	2.4512	282.6034
50	9.0773	2.1069	3.9000	2.5366	343.9975
100	9.0773	2.1069	4.6000	2.6137	410.8383

Sumber : Hasil Perhitungan

a = 1,282 /Sdev

= 1,282 /0,141

= 9,0773

X0 = Rerata Log X -(0,445 x Sdev)

= 2,170 - (0,445 x 0,141)

= 2,1069





$$Y = 0,3660 \text{ Nilai Variabel Reduksi Gumbel}$$

$$\begin{aligned} \text{Log X} &= Y/a + X_0 \\ &= 0,3660/9,0773 + 2,1069 \\ &= 2,1472 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X \text{ (mm)} &= 10^{\text{Log } x} \\ &= 140,3562 \end{aligned}$$

**Tabel 4.31 Nilai Variabel Reduksi Gumbel**

T (Tahun)	Peluang (P)	Y
1.0010	0.0010	-1.9300
1.0050	0.0050	-1.6700
1.0100	0.0100	-1.5300
1.0500	0.0500	-1.0970
1.1100	0.1000	-0.8340
1.2500	0.2000	-0.4760
1.3300	0.2500	-0.3260
1.4300	0.3000	-0.1850
1.6700	0.4000	0.0870
2.0000	0.5000	0.3660
2.5000	0.6000	0.6710
3.3300	0.7000	1.0300
4.0000	0.7500	1.2400
5.0000	0.8000	1.5100
10.0000	0.9000	2.2500
20.0000	0.9500	2.9700
50.0000	0.9800	3.9000
100.0000	0.9900	4.6000
200.0000	0.9950	5.2900
500.0000	0.9980	6.2100
1000.0000	0.9990	6.9000

Sumber : Hasil Perhitungan

**Uji Chi Square untuk distribusi Frechet :**

$$K \text{ (Jumlah Kelas)} = 1 + 3,322 \log N = 4,3220 \approx 4 \text{ kelas}$$

$$\text{Peluang batas kelas} = 1/\text{kelas} = 25\%$$

Untuk peluang 25%, maka dapat dihitung.

Untuk selanjutnya dihitung p 50% → X = 147,0053 dan 75% → X = 117,4306 untuk menentukan batas kelas seperti dibawah ini :

**Tabel 4.32 Perhitungan Batas Kelas Distribusi Frechet**





P(%)	Cs	G	Log X	X (mm)
25%	0.1011	0.6937	2.2677	185.2416
50%	0.1011	-0.0172	2.1673	147.0053
75%	0.1011	-0.7079	2.0698	117.4306

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai OF merupakan jumlah data yang masuk dalam range kelas tersebut, sedangkan nilai

EF :

$$EF = N/K$$

$$= 10/4$$

$$= 2,5$$

$$\sum_{i=1}^n ((OF - EF)^2 / EF) = 1,20 \rightarrow \text{Nilai } \chi^2 \text{ hitung :}$$

**Tabel 4.33 Perhitungan Uji Chi Square Distribusi Frechet**

No.	Nilai Batas Sub Kelas		Jumlah Data		(OF - EF) <sup>2</sup>	(OF - EF) <sup>2</sup> / EF
	OF	EF	OF	EF		
1	X <	117.431	2	2.5	0.2500	0.1000
2	117.431 < X <	147.005	4	2.5	2.2500	0.9000
3	147.005 < X <	185.242	2	2.5	0.2500	0.1000
4	X >	185.242	2	2.5	0.2500	0.1000
Jumlah :			10	10	3	1.2000

Sumber : Hasil Perhitungan

P = parameter yang terikat dalam agihan frekuensi = 2

$$DK = K - (P + 1)$$

$$= 4 - (2 + 1)$$

$$= 1$$

Ditentukan nilai derajat kepercayaan  $\alpha = 5\%$

Dari nilai DK dan  $\alpha = 5\%$  maka nilai kritis  $\chi^2_{cr} = 3,841$  (tabel Distribusi Chi Square)

1) Pemilihan Jenis Distribusi Frekuensi

**Tabel 4.34 Pemilihan Jenis Distribusi Frekuensi**

Distribusi Normal	Distribusi Gumbel	Distribusi Log Pearson
- 0,05 < Cs < 0,05	Cs > 1,1395	tidak ada
2,7 < Ck < 3,3	Ck > 5,4	batasan

Sumber : Sri Harto, 1993

**Tabel 4.35 Rekapitulasi Curah Hujan Rancangan Tiap Metode**





No.	Kala Ulang (tahun)	Distribusi Gumbel Tipe I (mm)	Distribusi Log Normal 2 Parameter (mm)	Distribusi Log Pearson Tipe III (mm)	Distribusi Frechet (Gumbel Tipe II) (mm)	Rerata (mm)
1	2	150.045	146.278	147.005	140.356	<b>145.921</b>
2	3	179.079	160.613	167.325	160.198	<b>166.804</b>
3	5	211.416	193.635	194.008	187.612	<b>196.668</b>
4	10	252.049	225.605	225.032	226.351	<b>232.259</b>
5	20	291.026	256.776	257.217	271.708	<b>269.182</b>
6	25	303.389	263.259	264.186	282.603	<b>278.360</b>
7	50	341.477	298.212	293.371	343.998	<b>319.264</b>
8	100	379.282	331.652	322.723	410.838	<b>361.124</b>

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.36 Perhitungan Nilai Kritis**

Uji	Nilai Kritis	Distribusi Gumbel Tipe I	Distribusi Log Normal 2 Parameter	Distribusi Log Pearson Tipe III	Distribusi Frechet (Gumbel Tipe II)
smirnov	0.409	0.14	0.909	0.151	0.879
Kolmogorf		<b>diterima</b>	ditolak	<b>diterima</b>	ditolak
chi square	3.841	1.20	1.200	1.200	4.400
		<b>diterima</b>	diterima	<b>diterima</b>	ditolak

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4.37 Pemilihan Jenis Distribusi Frekuensi**

Parameter	Nilai Kritis	Distribusi Normal	Distribusi Gumbel	Distribusi Log Pearson type III
cs	0.84	tidak memenuhi	Tidak Memenuhi	<b>memenuhi</b>
ck	0.46	tidak memenuhi	Tidak Memenuhi	<b>memenuhi</b>
syarat		Distribusi Normal	Distribusi Gumbel	Distribusi Log Pearson type III
		- 0.05 < Cs < 0.05	Cs > 1.1395	tidak ada batasan
		2.7 < Ck < 3.3	Ck > 5.4	tidak ada batasan

Sumber : Hasil Perhitungan

**4.1.3. Debit Banjir Rancangan**

Penentuan debit bajir rancangan dilakukan berdasarkan laju aliran permukaan puncak yang umum dipakai adalah metode Rasional USCS (1973). Metode ini sangat sederhana dan mudah penggunaannya, tetapi penggunaannya terbatas untuk DAS dengan ukuran kecil, yaitu < 300 ha (Goldman et al.,1986).

$$Q_p = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots \text{pers. (4.9)}$$

Dimana :

- Qp = Debit maksimum rencana (m<sup>3</sup>/dt)
- C = Koefisien alliran
- I = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- A = Luas daerah maksimum (km<sup>2</sup>)

**Tabel 4.38 Koefisien Pengaliran Run Off/Limpasan (C)**



No	Kondisi Permukaan Tanah	Koefisien Pengaliran (C)
1	Jalan beton dan jalan aspal	0,70 - 0,95
2	Jalan kerikil dan jalan tanah	0,40 - 0,70
3	Bahu jalan :	
	- Tanah berbutir halus	0,40 - 0,65
	- Tanah berbutir kasar	0,10 - 0,20
	- Batuan masif keras	0,70 - 0,85
	- Batuan masif lunak	0,60 - 0,75
4	Daerah perkotaan	0,70 - 0,95
5	Daerah pinggir kota	0,60 - 0,70
6	Daerah industry	0,60 - 0,90
7	Permukiman padat	0,60 - 0,80
8	Permukiman tidak padat	0,40 - 0,60
9	Taman dan kebun	0,20 - 0,40
10	Persawahan	0,45 - 0,60
11	Perbukitan	0,70 - 0,80
12	Pegunungan	0,75 - 0,90

Sumber : Suripin, 2004

#### 4.1.3.1. Intensitas Hujan

Hubungan intensitas hujan dengan waktu hujan banyak dirumuskan, tergantung pada parameter setempat, yang mana besarnya intensitas curah hujan berbeda-beda disebabkan oleh lamanya curah hujan dan frekuensi kejadiannya. Intensitas curah hujan digunakan sebagai parameter perhitungan debit banjir dengan cara Rasional dan *Storage Function* (Soemarto, 1995).

Rumus Intensitas curah hujan menurut Mononobe

$$i = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24}{t} \right)^{2/3} \dots\dots\dots \text{pers. (4.10)}$$

Dengan:

$I$  = Intensitas curah hujan (mm/jam)

$R_{24}$  = Curah hujan maksimal dalam 24 jam (mm)

$t$  = lamanya curah hujan

**Tabel 4.39 Perhitungan Nilai Intensitas Hujan**





Kala Ulang (Tahun)	Rancangan (mm)	Intensitas Hujan (mm/jam)
2	147	6,125
3	167	6,972
5	194	8,084
10	225	9,376
20	257	10,717
25	264	11,008
50	293	12,224
100	323	13,447

Sumber : Hasil Perhitungan

#### 4.1.3.2. Debit Banjir Rancangan Kondisi I

Perhitungan debit rancangan kondisi 1 adalah perhitungan dimana keseluruhan debit yang melimpas pada lokasi studi dihitung dengan asumsi bahwa tutupan lahan/ permukaan tanah dianggap sama sebagai daerah bisnis perkotaan, yakni dianggap bahwa nilai koefisien pengaliran *run off/limpasan* (C) adalah sama yakni 0,70.

Contoh Perhitungan :

Diketahui :

Luas Pengembangan : 10.619,00 m<sup>2</sup>

Luas Tutupan Atap : 6.203,86 m<sup>2</sup>

Luas Paving : 4.415,14 m<sup>2</sup>

Luas Eksisting : 12.911,00 m<sup>2</sup>

Luas Tutupan Atap : 5.532,97 m<sup>2</sup>

Luas Paving : 4.467,03 m<sup>2</sup>

Luas RTH : 2.911,00 m<sup>2</sup>

Luas total : 23.530,00 m<sup>2</sup>

I = 147,00 mm

C = 0,70

I = 147/24 → hujan rancangan 5 th (mm/jam)

= 6,125 mm/jam

A = 23.530 m<sup>2</sup>

= 0,023530 (km<sup>2</sup>)





$$Q_p = 0,278 \cdot C.I.A$$

$$= 0,278 \times 0,7 \times 6,125 \times 0,023530$$

$$= 0,028 \text{ m}^3/\text{dt}$$

**Tabel 4.40 Perhitungan Debit Rancangan Kondisi I**

Ulang (Tahun)	Rancangan (mm)	Pengaliran (C)	Qp (m3/dt)
2	147	0,70	0,028
3	167	0,70	0,032
5	194	0,70	0,037
10	225	0,70	0,043
20	257	0,70	0,049
25	264	0,70	0,050
50	293	0,70	0,056
100	323	0,70	0,062

Sumber : Hasil Perhitungan

**4.1.3.3. Debit Banjir Rancangan Kondisi II**

Perhitungan debit rancangan kondisi 2 adalah perhitungan dimana keseluruhan debit yang melimpas pada lokasi studi dihitung dengan memperhitungkan jenis masing – masing tutupan lahan/ permukaan tanah dalam perhitungan nilai koefisien pengaliran *run off/limpasan* (C).

Contoh perhitungan :

Diketahui :

$$A_1 = 4.415,14 \text{ m}^2 \text{ (Lahan pengembangan)}$$

$$\text{Intensitas Hujan} = 147,00 \text{ mm}$$

**Tabel 4.41 Nilai Koefisien Limpasan Berdasarkan Luas Tutupan Lahan**

Keterangan	PAVING	JALAN	RTH
Luas Area	4.415,14	4.467,03	2.911,00
Nilai C	0,70	0,90	0,35

Sumber : Hasil Perhitungan

**Untuk Areal Tutupan Paving**

$$C = 0,70$$

$$I = 194/24 \rightarrow \text{hujan rancangan 5 th (mm/jam)}$$

$$= 8,083 \text{ mm/jam}$$

$$A = 4.415,14 \text{ m}^2$$

$$= 0,00442 \text{ (km}^2\text{)}$$

$$Q_p = 0,278 \cdot C.I.A$$





$$= 0,278 \times 0,7 \times 8,083 \times 0,00442$$

$$= 0,007 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$= 6,95 \text{ lt/dt}$$

**Untuk Areal Tutupan Jalan**

$$C = 0,90$$

$$I = 194/24 \rightarrow \text{hujan rancangan 5 th (mm/jam)}$$

$$A = 4.467,03 \text{ m}^2$$

$$= 0,00447 \text{ (km}^2\text{)}$$

$$Q_p = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,278 \times 0,9 \times 8,083 \times 0,00447$$

$$= 0,009 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$= 9,035 \text{ lt/dt}$$

**Untuk Areal Tutupan Taman (RTH)**

$$C = 0,35$$

$$I = 194/24 \rightarrow \text{hujan rancangan 5 th (mm/jam)}$$

$$A = 2.911,00 \text{ m}^2$$

$$= 0,00291 \text{ (km}^2\text{)}$$

$$Q_p = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A$$

$$= 0,278 \times 0,35 \times 8,083 \times 0,00291$$

$$= 0,0023 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$= 2,290 \text{ lt/dt}$$

**Tabel 4.42 Perhitungan Debit Rancangan Kondisi II**

Kala Ulang (Tahun)	Rancangan (mm)	Pengaliran (C)					Intensitas Hujan mm/jam	Qp				
		L. Pengembangan (m2)		L. Luas Eksisting (m2)				Pengembangan		Luas Eksisting		
		PAVING	Luas Kedap (BUILDING)	Luas Kedap (BUILDING)	JALAN	RTH		PAVING	Luas Kedap (BUILDING)	Luas Kedap (BUILDING)	JALAN	RTH
		4.415,14	6.203,86	5.532,97	4.467,03	2.911,00		(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)	(m3/dt)
2	147	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	6,125	0,005	0,010	0,009	0,007	0,002
3	167	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	6,972	0,006	0,011	0,010	0,008	0,002
5	194	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	8,084	0,007	0,013	0,012	0,009	0,002
10	225	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	9,376	0,008	0,015	0,014	0,010	0,003
20	257	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	10,717	0,009	0,018	0,016	0,012	0,003
25	264	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	11,008	0,009	0,018	0,016	0,012	0,003
50	293	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	12,224	0,011	0,020	0,018	0,014	0,003
100	323	0,70	0,95	0,95	0,90	0,35	13,447	0,012	0,022	0,020	0,015	0,004

Sumber : Hasil Perhitungan

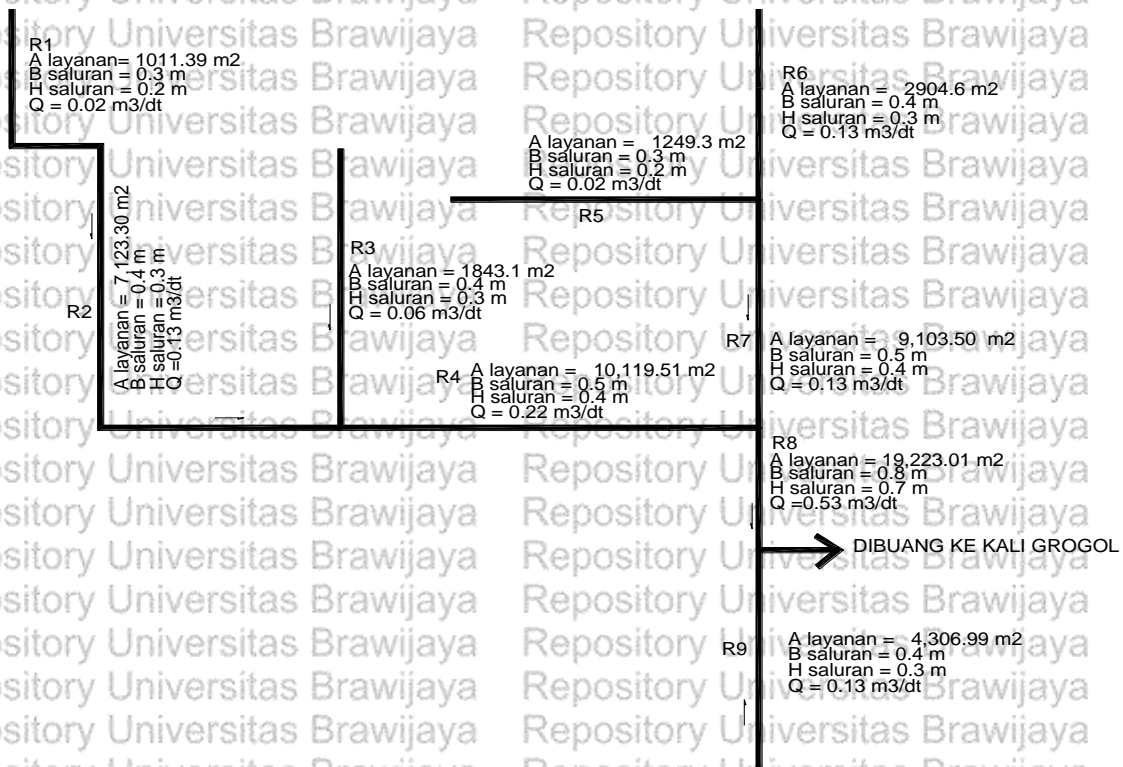
**4.1.4. Perencanaan Jaringan Drainase Internal**





Tujuan dari mengkaji saluran eksisting adalah untuk mengetahui seberapa besar debit yang dapat ditampung saluran dengan kondisi yang ada saat ini.

Analisa kapasitas saluran drainase internal dilakukan untuk mengetahui kemampuan saluran drainase internal yang ada terhadap debit rencana hasil perhitungan. Kondisi saluran drainase internal eksisting sudah ada, namun belum ada bak kontrol untuk pengecekan kondisi sumur resapan dan limpasan hujan masih terjadi karena bangunan konservasi yang tidak berfungsi dengan baik (sumur resapan ada yang di basement), kondisi sumur resapan tidak dapat dibuka dan tidak dapat dilakukan pengecekan maupun untuk *maintenance* kolam resapan belum terbangun, dimana aliran limpasan langsung diarahkan ke Kali Grogol karena kontur lokasi studi yang langsung mengarah ke Kali Grogol dan konsep *zero runoff* belum bisa dipenuhi. Hal ini terlihat pada skema gambar 4.1. berikut.



**Gambar 4. 1 Skema Jaringan Drainase Internal Eksisting Lokasi Studi**

Perhitungan dimensi saluran internal drain dihitung berdasarkan ruas saluran, pada lokasi studi terdapat 8 ruas saluran dengan luasan *catchment area* dibagi berdasarkan ruas2 tersebut.

#### Ruas 1

Luas DTA (A) = 952,58 m<sup>2</sup>





$$A1 = 356,69 \text{ m}^2 \text{ (paving } c=0,8 \text{)}$$

$$A2 = 360,82 \text{ m}^2 \text{ (paving } c=0,9 \text{)}$$

$$A3 = 235,13 \text{ m}^2 \text{ (paving } c=0,35 \text{)}$$

$$\text{Panjang saluran} = 26,5 \text{ m} = 86,94 \text{ ft}$$

$$\text{Slope Rata2} = 0,0007$$

$$\text{Curah Hujan } R = 194 \text{ mm (kala ulang 5 tahun)}$$

Berdasarkan rumus kirpich

$$T_c = \text{Waktu Konsentrasi (menit)}$$

$$L = \text{Panjang perjalanan air (ft, 1 m} = 3,281 \text{ ft)}$$

$$S = \text{Kemiringan/Slope lintasan air}$$

Untuk daerah studi

$$T_c = (0,0078 * (86,94^{0,77}) * (0,0007^{0,385})) * 60$$

$$= 0,8888$$

Intensitas hujan

$$I = (R/24) \times (24/t_c)^{(2/3)}$$

$$= (194/24) \times (24/0,89)^{(2/3)}$$

$$= 72,75 \text{ mm/jam}$$

Sehingga debit yang lewat pada saluran tersebut adalah:

$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

$$Q_{\text{ranc}} = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

$$= (0,278 \times 0,8 \times 72,75 \times 356,59) + (0,278 \times 0,9 \times 72,75 \times 360,82) + (0,278 \times 0,35 \times 72,75 \times 235,13)$$

$$= 0,0140 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Dimensi saluran dihitung berdasarkan rumus manning

$$B \text{ Basah} = 0,30 \text{ m}$$

$$H = 0,20 \text{ m}$$

$$W = 0,10 \text{ m}$$

$$m = 0$$

$$A = (b+z \cdot h) \times h$$

$$= (0,30 + 0 \times 0,20) \times 0,2$$

$$= 0,06 \text{ m}^2$$

$$P = b + 2 \cdot h \cdot (1 + m^2)^{0,5}$$

$$= 0,3 + 2 \times 0,2 \times (1 + 0^2)^{0,5}$$





$$R = 0,70 \text{ m}$$

$$R = A/P$$

$$= 0,06/0,70$$

$$= 0,09 \text{ m}$$

$$n = 0,01$$

$$V = 1/n \times R^{2/3} \times S^{0,5}$$

$$= 1/0,01 \times 0,09^{2/3} \times 0,0007^{0,5}$$

$$= 0,36 \text{ m/dt}$$

$$Q_{\text{desain}} = A \times V$$

$$= 0,06 \times 0,36$$

$$= 0,022 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Cek

$$Q_{\text{ranc}} = 0,0140 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q_{\text{desain}} = 0,022 \text{ m}^3/\text{dt} \rightarrow \text{Aman masih mampu menampung debit kebutuhan}$$

**Tabel 4. 43 Perhitungan Drainase Internal Kala Ulang 2 tahun**

Ruas	b	h	W	A	Lebar Atas	V	Manning	Kemiringan sal	Perimeter Basah	R	Slope	Q desain	DTA	Panjang Saluran (L)	Tc	Intensitas Hujan	Nilai C				Q kebutuhan PER RUAS	
																	PAWNG	Kedap (Building)	JALAN	RTH		
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m/dt	n	m	P			(m <sup>3</sup> /dt)	m <sup>2</sup>	(m)	Jam	mm/jam	4,415,14	5,532,97	4,467,03	9,114,86	(m <sup>3</sup> /dt)	
R1	0.30	0.20	0.10	0.06	0.30	0.26	0.02	-	0.70	0.09	0.0005	0.0156	1.011.3893	27.2000	0.7967	59.3033	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0110	
R2	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	7.123.3013	113.5180	2.3936	28.4811	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0373	
R3	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	1.843.1157	57.9744	1.4268	40.2127	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0136	
R4	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.0770	10.119.5089	78.0118	1.7932	34.5288	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0642	
R5	0.30	0.20	0.10	0.06	0.30	0.26	0.02	-	0.70	0.09	0.0005	0.0156	1.249.3562	56.4422	1.3976	40.7694	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0094	
R6	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	2.904.6118	54.8750	1.3677	41.3630	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0221	
R7	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.0770	9.103.5028	85.6245	1.9265	32.9173	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0551	
R8	0.80	0.70	0.20	0.56	0.80	0.54	0.02	-	2.20	0.25	0.0005	0.3018	19.223.0118	14.9668	0.5029	80.5857	0.70	0.95	0.90	0.35	0.2847	
R9	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	4.306.9882	50.4797	1.2825	43.1742	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0342	
												0.6438						0.19	0.24	0.19	0.39	0.319

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 44 Perhitungan Drainase Internal Kala Ulang 3 tahun**

Ruas	b	h	W	A	Lebar Atas	V	Manning	Kemiringan sal	Perimeter Basah	R	Slope	Q desain	DTA	Panjang Saluran (L)	Tc	Intensitas Hujan	Nilai C				Q kebutuhan PER RUAS	
																	PAWNG	Kedap (Building)	JALAN	RTH		
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m/dt	n	m	P			(m <sup>3</sup> /dt)	m <sup>2</sup>	(m)	Jam	mm/jam	4,415,14	5,532,97	4,467,03	9,114,86	(m <sup>3</sup> /dt)	
R1	0.30	0.20	0.10	0.06	0.30	0.26	0.02	-	0.70	0.09	0.0005	0.0156	1.011.3893	27.2000	0.7967	67.5003	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0125	
R2	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.0770	7.123.3013	113.5180	2.3936	32.4179	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0424	
R3	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	1.843.1157	57.9744	1.4268	45.7709	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0155	
R4	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.0770	10.119.5089	78.0118	1.7932	39.3015	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0731	
R5	0.30	0.20	0.10	0.06	0.30	0.26	0.02	-	0.70	0.09	0.0005	0.0156	1.249.3562	56.4422	1.3976	46.4046	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0107	
R6	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	2.904.6118	54.8750	1.3677	47.0803	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0251	
R7	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.0770	9.103.5028	85.6245	1.9265	37.4672	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0627	
R8	0.85	0.75	0.30	0.64	0.85	0.56	0.02	-	2.35	0.27	0.0005	0.3584	19.223.0118	14.9668	0.5029	91.7245	0.70	0.95	0.90	0.35	0.3241	
R9	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.0392	4.306.9882	50.4797	1.2825	49.1418	0.70	0.95	0.90	0.35	0.0389	
												0.7383										0.363

Sumber : Hasil Perhitungan

**Tabel 4. 45 Perhitungan Drainase Internal Kala Ulang 5 tahun**



Ruas	b	h	W	A	Lebar Atas	V	Manning	Kemiringan sal	Perimeter Basah	R	Slope	Q desain	DTA	Panjang Saluran (L)	Tc	Intensitas Hujan	Nilai C				Q kebutuhan PER RUAS
																	PAVING	Luas Kedap (Building)	JALAN	RTH	
	m	m	m	m <sup>2</sup>	m	m <sup>3</sup> /dt	n	m	P			(m <sup>3</sup> /dt)	m <sup>2</sup>	(m)	Jam	mm/jam				(m <sup>3</sup> /dt)	
R1	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.039	1.011.389	27.200	0.797	78.265	0.70	0.95	0.90	0.35	0.015
R2	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.077	7.123.301	113.518	2.394	37.588	0.70	0.95	0.90	0.35	0.049
R3	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.039	1.843.116	57.974	1.427	53.070	0.70	0.95	0.90	0.35	0.018
R4	0.60	0.50	0.20	0.30	0.60	0.44	0.02	-	1.60	0.19	0.0005	0.132	10.119.509	78.012	1.793	45.569	0.70	0.95	0.90	0.35	0.085
R5	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.039	1.249.356	56.442	1.398	53.805	0.70	0.95	0.90	0.35	0.012
R6	0.40	0.30	0.10	0.12	0.40	0.33	0.02	-	1.00	0.12	0.0005	0.039	2.904.612	54.875	3.368	54.588	0.70	0.95	0.90	0.35	0.029
R7	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.077	9.103.503	85.625	1.926	43.442	0.70	0.95	0.90	0.35	0.073
R8	0.90	0.80	0.30	0.72	0.90	0.59	0.02	-	2.50	0.29	0.0005	0.421	19.223.012	14.967	0.503	106.352	0.70	0.95	0.90	0.35	0.376
R9	0.50	0.40	0.10	0.20	0.50	0.39	0.02	-	1.30	0.15	0.0005	0.077	4.306.988	50.480	1.283	56.978	0.70	0.95	0.90	0.35	0.045
Kolektk	1.3	1.2	0.40	2.28	2.50	0.92	0.02	0.50	3.98	0.57	0.0005	2.109									0.421

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

Softcape : lahan tertutup paving blok

RTH : Ruang Terbuka Hijau (taman)

Luas Kedap : tutupan bangunan

Berdasarkan tabel (4.45) kebutuhan dimensi saluran drainase internal sesuai dengan analisa debit kebutuhan kala ulang 5 tahun bervariasi :

Bentuk saluran : persegi

- Lebar bawah : 0,4 – 0,9 m

- Lebar atas : 0,4 – 0,9 m

- Ketinggian : 0,3 – 0,8 m

- Tinggi jagaan : 0,1 – 0,3 m

- Slope : 0,0005

Sedangkan dimensi saluran eksisting drainasi internal pada lokasi studi :

- Bentuk saluran : segi empat

- Lebar : 0,3 – 0,5 m

- Kedalaman : 0,3 – 0,5 m

- Slope : 0,0005

Dimensi saluran drainase internal eksisting lebih kecil dimungkinkan karena penentuan debit desain menggunakan kala ulang kurang dari 5 tahun dan sebagian debit diresapkan ke dalam sumur resapan.

Sedangkan pada perhitungan (tabel 4.45) seluruh limpasan yang terjadi berdasarkan analisa curah hujan dialirkan ke saluran drainase internal, sehingga dimensi saluran drainase internal lebih besar.

#### 4.1.5. Perhitungan Manajemen Sistem Tata Air Berbasis Konsep Zero Run Off





**4.1.5.1. Alternatif I**

Perhitungan debit rancangan dengan kala ulang 2, 3, 5, 10 tahun dimana keseluruhan debit yang melimpas pada lokasi studi ditampung dengan sumur resapan dan sisanya diarahkan ke kolam resapan melewati internal drain, dengan asumsi bahwa tutupan lahan/ permukaan tanah dianggap sama sebagai daerah bisnis perkotaan yakni sebesar 0,7.

**I (intensitas hujan kala ulang 2 tahun)**

= 147/24/1000 m/24 jam

= 0,0061 m/jam

Luas Tutupan Atap (A) = 23.530,00 m<sup>2</sup>

Koefisien permeabilitas (K) = 0,00082 (cm/detik)

= 0,0295200 m/jam

Keliling Sumur (L) = 9,43 m

A sumur = 7,07 m<sup>2</sup>

Durasi Hujan (D) = 6 jam

Kedalaman (H) =  $H = \frac{(D \cdot I \cdot A_{\text{atap}} - D \cdot K \cdot A_{\text{sumur}})}{A_{\text{sumur}} - D \cdot K \cdot L}$

=  $\frac{(6 \times 0,0061 \cdot 23.530) - (6 \cdot 0,029529 \times 7,07)}{7,07 \times 6 - (0,02952 \cdot 9,43)}$

= 98,78 m

Jumlah Sumur dg h=3m = 98,78 / 3

= 32,93 buah

Direncanakan

Jari2 Sumur = 1,5 m

Diameter = 3 m

Kedalaman = 3 m

Kapasitas Sumur total = 698,54 m<sup>3</sup>

Direncanakan Jumlah sumur sebanyak 16 buah

Kapasitas Tamp sumur = 339,43 m<sup>3</sup>

Sisa yang belum tertampung = 359,11 m<sup>3</sup> → akan dialirkan ke kolam resapan

**Tabel 4. 46 Dimensi Kolam Resapan**





Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume
(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )
15	7,98	3	359,11
15	11,97	2	359,11

Sumber : Hasil Perhitungan

**I (intensitas hujan kala ulang 3 tahun)**

$$= 167/24/1000 \text{ m}/24 \text{ jam}$$

$$= 0,00697 \text{ m}/\text{jam}$$

Luas Tutupan Atap (A) = 23.530,00 m<sup>2</sup>

Koefisien permeabilitas (K) = 0,00082 (cm/detik)

$$= 0,0295200 \text{ m}/\text{jam}$$

Keliling Sumur (L) = 9,43 m

A sumur = 7,07 m<sup>2</sup>

Durasi Hujan (D) = 6 jam

Kedalaman (H) =  $H = \frac{(D \cdot I \cdot A_{\text{atap}} - D \cdot K \cdot A_{\text{sumur}})}{A_{\text{sumur}} - D \cdot K \cdot L}$

$$= \frac{(6 \times 0,0081 \times 23,530,00 - 6 \times 0,0295200 \times 7,07)}{7,07 - 6 \times 0,0295200 \times 9,43}$$

$$= 112,46 \text{ m}$$

Jumlah Sumur dg h=3m = 112,46/3

$$= 37,49 \text{ buah}$$

Direncanakan

Jari<sup>2</sup> Sumur = 1,5 m

Diamater = 3 m

Kedalaman = 3 m

Kapasitas Sumur total = 795,23 m<sup>3</sup>

Direncanakan Jumlah sumur sebanyak 16 buah

Kapasitas Tamp. sumur = 339,43 m<sup>3</sup>

Sisa yang belum tertampung = 455,80 m<sup>3</sup> → akan dialirkan ke kolam resapan

**Tabel 4. 47 Dimensi Kolam Resapan**





Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume
(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )
15	10,129	3	455,80
15	15,19	2	455,80

Sumber : Hasil Perhitungan

**I (intensitas hujan kala ulang 5 tahun)**

$$= 194/24/1000 \text{ m}/24 \text{ jam}$$

$$= 0,0081 \text{ m/jam}$$

Luas Tutupan Atap (A) = 23.530,00 m<sup>2</sup>

Koefisien permeabilitas (K) = 0,00082 (cm/detik)

$$= 0,0295200 \text{ m/jam}$$

Keliling Sumur (L) = 9,43 m

A sumur = 7,07 m<sup>2</sup>

Durasi Hujan (D) = 6 jam

Kedalaman (H) =  $H = \frac{(D \cdot I \cdot A_{\text{atap}} - D \cdot K \cdot A_{\text{sumur}})}{A_{\text{sumur}} - D \cdot K \cdot L}$

$$\frac{(6 \times 0,0081 \cdot 23.530) - (6 \cdot 0,02952 \times 7.07)}{7.07 - (6 \times 0,02952 \cdot 9.43)}$$

$$= 130,41 \text{ m}$$

Jumlah Sumur dg h=3m = 130,41 / 3

$$= 43,47 \text{ buah}$$

Direncanakan

Jari2 Sumur = 1,5 m

Diameter = 3 m

Kedalaman = 3 m

Kapasitas Sumur total = 922,21 m<sup>3</sup>

Direncanakan Jumlah sumur sebanyak 22 buah

Kapasitas Tamp sumur = 466,71 m<sup>3</sup>

Sisa yang belum tertampung = 455,50 m<sup>3</sup> → akan dialirkan ke kolam resapan

**Tabel 4. 48 Dimensi Kolam Resapan**





Panjang	Lebar	Kedalaman	Volume
(m)	(m)	(m)	(m <sup>3</sup> )
13	11,67	3	455,496
13	17,52	2	455,496

Sumber : Hasil Perhitungan

### Kesimpulan Alternatif I (kala ulang 5 tahun) :

#### A. Fungsi Perencanaan dan Pengelolaan

Nilai koefisien aliran (C) dianggap sama sebesar 0,7 (lahan perkotaan).

Seluruh limpasan yang berasal dari hujan dialirkan ke sumur resapan dan setelah direncanakan jumlah sumur resapan kemudian sisa limpasan yang belum tertampung dialirkan ke dalam kolam resapan.

Kapasitas resapan total sebesar : 922,21 m<sup>3</sup>.

Jumlah Sumur resapan : 22 buah.

Kapasitas tampungan sumur resapan : 466,71 m<sup>3</sup>.

Dimensi sumur resapan : Diameter 3 meter x kedalaman 3 meter

Kapasitas tampungan kolam resapan : 455,496 m<sup>3</sup>

Dimensi kolam resapan :

Kolam resapan I : 9 m x 14 m x 2 m.

Kolam resapan II : 8 m x 14 m x 2 m.

Waktu yang dibutuhkan sumur untuk meresapkan air limpasan :

$(\text{Volume/Luas Sumur}) / \text{Permeabilitas Tanah (K)}$

:  $(21,21/7,07)/0,02952$

: 101,63 jam

: 4,23 hari/ sumur

Bak kontrol/ *manhole* : 10 bh (dimensi 1 m<sup>2</sup>)

Luas lahan terpakai untuk bangunan konservasi :

Sumur resapan : 155,57 m<sup>2</sup>

Kolam resapan : 151,832 m<sup>2</sup>

Bak kontrol : 10 m<sup>2</sup>

Luas terpakai total : 317,40 m<sup>2</sup>

#### B. Fungsi Pengendalian dan Pengawasan

Overflow dari sumur resapan akan tertampung pada masing – masing bak kontrol sebagai tampungan sementara, untuk kemudian dilakukan pengecekan pada kondisi sumur resapan tersebut. Sedangkan limpasan yang terjadi di luar sumur resapan akan diarahkan ke kolam





resapan melalui internal drain, sehingga bisa dipastikan bahwa limpasan tidak ada yang dibuang ke Kali Grogol/ *zero runoff*. Konsep *zero runoff* digambarkan pada skema dan sketsa gambar 4.2 dan gambar 4.3.

Adapun dimensi saluran drainase internal sudah direncanakan untuk mengakomodir limpasan selain yang diresapkan ke bangunan konservasi, serta apabila terjadi overflow akibat bangunan konservasi yang tidak berfungsi dengan baik, dengan menambahkan faktor kegagalan sebesar 20 persen. Perhitungan dimensi saluran drainase internal (untuk seluruh alternatif) seperti tabel berikut ini :



Tabel 4. 49 Dimensi Drainase Internal Rencana

Ruas	b m	h m	w m	A m <sup>2</sup>	Lebar Atas m	V m <sup>3</sup> /dt	Manning n	Kemiringan sal m	Perimeter Basah P	R	Slope	Q desain (m <sup>3</sup> /dt)	Q keb Saluran (m <sup>3</sup> /dt)	Panjang Saluran (L) (m)	Tc Jam	Intensitas Hujan mm/jam	Nilai C				DTA m <sup>2</sup>	Q keb Saluran dari Luas Non kubitan (m <sup>3</sup> /dt)	Q Overflow Sumur (m <sup>3</sup> /dt)
																	ATAP	PAVING	JALAN	RTH			
R1	0,30	0,20	0,10	0,06	0,30	0,36	0,01	-	0,70	0,09	0,0007	0,022	0,0125	26,5000	0,8888	72,7565	0,95	0,80	0,90	0,35	952,58	0,0105	0,0021
R2	0,40	0,30	0,10	0,12	0,40	0,45	0,01	-	1,00	0,12	0,0007	0,054	0,0300	115,0000	2,7520	34,2489	0,95	0,80	0,90	0,35	4.572,76	0,0250	0,0050
R3	0,50	0,40	0,10	0,20	0,50	0,53	0,01	-	1,30	0,15	0,0007	0,106	0,0463	68,0000	1,8363	44,8521	0,95	0,80	0,90	0,35	5.525,34	0,0392	0,0078
R4	0,40	0,30	0,10	0,12	0,40	0,45	0,01	-	1,00	0,12	0,0007	0,054	0,0187	52,0000	1,4936	51,4742	0,95	0,80	0,90	0,35	1.265,18	0,0156	0,0031
R5	0,40	0,30	0,10	0,12	0,40	0,45	0,01	-	1,00	0,12	0,0007	0,054	0,0277	126,5000	2,9616	32,6135	0,95	0,80	0,90	0,35	2.959,89	0,0231	0,0046
R6	0,60	0,50	0,10	0,30	0,60	0,61	0,01	-	1,60	0,19	0,0007	0,182	0,0769	39,0000	1,1968	59,6657	0,95	0,80	0,90	0,35	4.225,07	0,0603	0,0121
R7	0,30	0,20	0,10	0,06	0,30	0,36	0,01	-	0,70	0,09	0,0007	0,022	0,0167	22,0000	0,7702	80,0499	0,95	0,80	0,90	0,35	698,77	0,0139	0,0028
R8	0,40	0,30	0,10	0,12	0,40	0,45	0,01	-	1,00	0,12	0,0007	0,054	0,0292	25,0000	0,8498	74,9656	0,95	0,80	0,90	0,35	1.343,99	0,0244	0,0049
													0,1692		12,7492					0,08	11.793,17	0,1378	0,0424

Sumber : Hasil Perhitungan.







Dari tabel 4.49 diatas dapat disimpulkan :

Kebutuhan dimensi saluran drainase internal sesuai dengan analisa debit rancangan kala ulang 5 tahun dan sudah memperhitungkan apabila terdapat overflow akibat faktor kegagalan sumur resapan ataupun sumur injeksi dengan faktor keamanan sebesar 20 %, bervariasi :

- Bentuk saluran : persegi
- Lebar bawah : 0,3 – 0,6 m
- Lebar atas : 0,3 – 0,6 m
- Ketinggian : 0,2 – 0,5 m
- Tinggi jagaan : 0,1 m
- Slope : 0,0007

Dimana dimensi tersebut direncanakan untuk dapat mengalirkan  $Q_{\text{desain}}$  sebesar 0,548  $\text{m}^3/\text{detik}$  sedangkan  $Q_{\text{rancangan}}$  ( $Q_{\text{rancangan}} + Q_{\text{overflow}}$ ) sebesar 0,1692  $\text{m}^3/\text{dtk}$ . Sehingga  $Q_{\text{desain}}$  sebesar 0,548  $\text{m}^3/\text{detik} > Q_{\text{rancangan}}$  0,1692  $\text{m}^3/\text{dtk} \Rightarrow$  AMAN.

Dimensi rencana sudah memperhitungkan faktor efisiensi dan efektifitas terkait dengan ketersediaan lahan pada lokasi studi.

Fungsi pengendalian dan pengawasan juga harus didukung dengan adanya pengecekan secara berkala dari pihak kawasan terhadap keseluruhan bangunan konservasi dalam satu sistem tata air. Selain itu, pemerintah Provinsi DKI Jakarta juga mempunyai kegiatan pengendalian dan pengawasan implementasi lapangan terhadap pemenuhan bangunan konservasi yang dilakukan secara berkala melalui Dinas Tata Air Wilayah Kota Administrasi Jakarta.





## BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang didapat dari hasil pembahasan adalah sebagai berikut :

1. Analisa debit rancangan pada daerah studi menggunakan metode rasional USCS (1973) dengan memperhitungkan jenis tutupan lahan/ permukaan tanah dalam perhitungan nilai koefisien pengaliran run off/ limpasan (C) untuk berbagai kala ulang

dengan hasil :

1. Kala Ulang 2 tahun

- Intensitas Hujan	: 6,125 m/jam
- Debit Rancangan	: 0,033 m <sup>3</sup> /dtk

2. Kala Ulang 3 tahun

- Intensitas Hujan	: 6,972 m/jam
- Debit Rancangan	: 0,037 m <sup>3</sup> /dtk

3. Kala Ulang 5 tahun

- Intensitas Hujan	: 8,084 m/jam
- Debit Rancangan	: 0,043 m <sup>3</sup> /dtk

4. Kala Ulang 10 tahun

- Intensitas Hujan	: 9,376 m/jam
- Debit Rancangan	: 0,050 m <sup>3</sup> /dtk

5. Pemenuhan konsep manajemen sistem tata air berbasis zero runoff dengan metode analisa hidrologi dan SNI nomor 03-2453-2002 maupun metode Peraturan Gubernur DKI Jakarta memiliki kekurangan dan kelebihan, namun dalam penelitian didapatkan bahwa hasil perhitungan dengan metode analisa hidrologi dan SNI nomor 03-2453-2002 memiliki kelebihan lebih banyak dibandingkan metode Peraturan Gubernur DKI Jakarta, yakni memiliki perhitungan yang lengkap dan detail, sudah memperhitungkan kondisi dan jenis tanah sesuai dengan kondisi lokasi studi dimana konsep zero runoff dapat terpenuhi, serta nilai investasi yang harus dikeluarkan oleh pemilik kegiatan dinilai paling efektif karena biaya yang dibutuhkan dalam pemenuhan konsep zero runoff dapat ditekan, fungsi manajemen yang terdiri dari perencanaan, pengelolaan, pengendalian, dan pengawasan dapat tercapai, dan satu hal yang paling penting adalah kebutuhan lahan terbuka untuk bangunan konservasi lebih sedikit terkait dengan harga beli tanah yang sangat tinggi di lokasi studi.





6. Dari hasil analisa diperoleh total rencana anggaran dan biaya untuk pemenuhan Konsep Zero runoff Alternatif III sebagai alternatif terpilih sebesar Rp. 282.563.339,32, sedangkan total rencana anggaran dan biaya untuk pemenuhan konsep Zero runoff metode Peraturan Gubernur Provinsi DKI Jakarta sebagai pembanding sebesar Rp. 302.976.122,72. Sehingga pemakaian metode analisa hidrologi dan SNI nomor 03-2453-2002 Alternatif III merupakan metode yang paling efektif dan efisien dalam pemenuhan konsep zero runoff.

### 5.2. Saran

Berdasarkan hasil analisis yang telah dilakukan, maka penulis dapat memberikan saran berupa :

1. Hendaknya dibuat suatu rumusan kebijakan baru mengenai pemenuhan zero runoff pada manajemen sistem tata air kawasan terkait dengan pemenuhan perizinan Peil Lantai Bangunan yang mensyaratkan adanya zero runoff tersebut, sesuai dengan kondisi masing – masing wilayah studi berdasarkan tipologi dan jenis tanahnya.
2. Apabila sudah ada kebijakan mengenai pemenuhan zero runoff maka diharapkan perizinan Peil Lantai Bangunan tidak perlu ada, karena pada praktek di lapangan penarikan peil hanya didasarkan pada kondisi peil setempat/ jalan raya dan muka air tertinggi saluran terdekat.
3. Bagi peneliti selanjutnya diharapkan adanya :
  - a. Penelitian lebih lanjut mengenai alternatif penerapan sistem pemanenan air hujan (PAH) dalam mereduksi limpasan terkait dengan penerapan sistem manajemen tata air berbasis zero runoff;
  - b. Penelitian lebih lanjut mengenai penambahan unit pengelola air limpasan yang masuk ke kolam resapan (limpasan dari jalan, lahan tutupan paving untuk parkir, dan limpasan lain selain dari atap/ talang), karena seharusnya air yang meresap ke dalam tanah adalah air bersih yang tidak terkontaminasi.

### 5.3. Rekomendasi

Dari hasil analisis penelitian, penulis mempunyai beberapa rekomendasi dalam hal pemenuhan konsep zero runoff yang dapat diterapkan di wilayah Daerah Khusus Ibukota Jakarta terkait dengan pemenuhan kebijakan Peraturan Provinsi DKI Jakarta dengan pertimbangan :





1. Daerah pemukiman padat penduduk dan perumahan merupakan penyumbang limpasan terbesar, karena sebagian besar belum memiliki bangunan konservasi dan areal yang sangat terbatas;
2. Pelaksanaan konservasi harus diimbangi dengan pengembalian fungsi daerah resapan sesuai dengan fungsinya;
3. Pada konsep manajemen sistem tata air berbasis zero runoff fungsi drainase eksternal dan drainase internal merupakan supporting system yang menjadi satu kesatuan;
4. Adanya pengaruh pasang surut pada daerah pesisir pantai seperti wilayah Jakarta Utara, maupun Jakarta Barat yang memiliki tinggi muka air tanah sangat rendah;
5. Pengaruh pola, sistem, dan limpasan aliran dari daerah hulu (Bogor) ke daerah hilir (Jakarta) dalam satu konsep manajemen sistem tata air daerah dalam konteks manajemen daerah perkotaan yang lebih besar;
6. Kebijakan dalam pemenuhan konsep manajemen sistem tata air berbasis zero runoff untuk kegiatan yang sudah terbangun;

Untuk itu sesuai dengan pertimbangan tersebut diatas didapatkan beberapa rekomendasi sebagai berikut :

1. Perlu dibuat suatu kebijakan terkait dengan pemenuhan manajemen sistem tata air berbasis zero runoff baik secara kawasan terkecil (perumahan/ pemukiman warga), kawasan hunian, kawasan perkantoran, kawasan kota satelit yang dilengkapi dengan konsep secara detail untuk masing – masing peruntukan dan berdasarkan wilayah kota DKI Jakarta (utara, barat, timur, selatan, pusat) dengan merubah Peraturan Gubernur yang sudah berlaku dengan Peraturan Gubernur yang baru sesuai dengan analisis yang sudah dilakukan (apabila diperlukan);
2. Pelibatan instansi pemberi dan penerbit izin (Dinas Penanaman Modal dan Pelayanan Terpadu Satu Pintu Provinsi DKI Jakarta) dengan instansi terkait sebagai fungsi pengawas dalam hal pengawasan pemenuhan kewajiban dalam perizinan atau pemberian sanksi baik perdata maupun pidana;
3. Pemerintah Provinsi DKI Jakarta diharapkan dalam membuat suatu pedoman dalam pemenuhan manajemen sistem tata air yang berbasis zero runoff dengan menggandeng/ mengikutsertakan pihak akademisi/ Universitas dalam penyusunannya.







