

EVALUASI SISTEM DRAINASE DI LINGKUNGAN UNIVERSITAS BRAWIJAYA

SKRIPSI

Diajukan Untuk Memenuhi Sebagai Persyaratan

Memperoleh Gelar Sarjana Teknik



Disusun oleh:

FUAD CAHAYA RIMBA

NIM. 0510613033-61

KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2012



KATA PENGANTAR

Syukur Alhamdulillah kehadiran Allah SWT atas karunia rahmat dan hidayah-NYA, Tugas Akhir yang berjudul “Evaluasi dan Perencanaan Sistem Drainase di Lingkungan Universitas Brawijaya” ini dapat diselesaikan. Dalam penyusunan Tugas Akhir ini, memerlukan banyak dukungan dan kerjasama dari berbagai pihak. Oleh karena itu dengan kerendahan hati, ucapan terima kasih patut disampaikan kepada:

1. Bapak Ir. Agus Suharyanto, M.Eng, Ph.D., dan Bapak Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo, ST, MT., selaku Dosen Pembimbing atas ide, bimbingan, pengarahan, bantuan, dan kemudahan yang diberikan selama penyusunan skripsi ini. Ibu Ir. Prastumi, MT. selaku dosen penguji dan KKDK Keairan Teknik Sipil. Bapak Ir. Harimurti, MT. selaku Dosen Pembimbing Akademis.
2. Bapak/Ibu Dosen yang sudah memberikan bantuan dan kemudahan dalam penyusunan skripsi ini.
3. Keluarga tercinta, Ir. Rachmat Utoyo, Drs. Niken Suteki Alm, Drg. Fatma Sekar Indah, Samekto Suyitno .S.H., Rifa Rufiah .S.H., Dewanto Suyitno, Tutik Retno Widarsih .S.E., Drg. Hazairin Hamid, Asih Riyani .S.E., Sean Alva Yaasiin, S.T., Bude Tutik, Suwoyo, S.E. Amriyani Kuswoyo, S.Farm.
4. Rekan-rekan mahasiswa dan sahabat-sahabat seperjuangan, seangkatan dan sekost Jl. Kertoraharjo No.53 dan Jl. Watugong no. 29.
5. Pihak-pihak yang berjasa dan berkontribusi besar terhadap studi saya dan terhadap tugas akhir ini yang tidak dapat saya sebutkan satu-persatu.

Akhir kata ”Tiada gading yang tak retak” begitupun dengan Laporan Tugas Akhir ini. Besar harapan penyusun Tugas Akhir ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Segala saran dan kritikan guna menjadikan Tugas Akhir ini lebih baik dan bermanfaat sangat diperlukan.

Malang, Juli 2012
Penyusun

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR.....	I
DAFTAR ISI	IV
DAFTAR TABEL	VII
DAFTAR GAMBAR.....	IX
DAFTAR LAMPIRAN.....	X
RINGKASAN	XI
BAB I PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Identifikasi Masalah	2
1.3 Batasan Masalah.....	5
1.4 Rumusan Masalah	5
1.5 Maksud dan Kegunaan Penelitian	6
BAB II DASAR TEORI	7
2.1. Umum.....	7
2.2. Analisa Hidrologi	7
2.2.1. Curah Hujan Rata-rata.....	8
2.2.2. Hujan Rencana.....	10
2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekwensi	13
2.2.4. Intensitas Hujan	17
2.2.5. Koefisien Pengaliran	17
2.2.6. Waktu Konsentrasi	19
2.2.7. Luas Daerah Aliran Sungai	20
2.2.8. Menentukan Luas Daerah Aliran Sungai	20
2.2.9. Debit Air Hujan	21
2.2.10. Koefisien Limpasan (runoff coefficient) (C)	22
2.3. Menentukan Debit Air Kotor.....	22
2.4. Perencanaan Saluran Drainase	25
2.4.1. Kapasitas Saluran	25
2.4.2. Kemiringan Dasar dan Dinding Tebing Saluran	28
2.4.3. Kecepatan Minimum Yang Dijinkan	29

2.4.4. Tinggi Jagaan.....	29
2.4.5. Kondisi Hidrolika Saluran.....	30
2.4.6. Saluran Drainase Bawah Permukaan (Sub Surface Drainage).....	30
2.5.1. Proyeksi Jumlah Mahasiswa, Dosen dan Karyawan.....	35
2.5.2. Analisis Data (Perhitungan Pertumbuhan Penduduk).....	35

BAB III METODOLOGI..... 36

3.1. Data Data Yang Diperlukan.....	36
3.1.1. Prosedur Pengelolaan Data.....	36

BAB IV ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA 40

4.1. Analisis Hidologi.....	40
4.2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Metode Log-Pearson Type III.....	41
4.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi.....	43
4.3.1. Uji Chi Square.....	43
4.3.2. Uji Smirnov-Kolmogorov.....	44
4.4. Analisis Debit Banjir Rancangan.....	46
4.4.1. Perhitungan Intensitas Curah hujan.....	55
4.4.2. Perhitungan Koefisien Pengaliran.....	56
4.4.3. Perhitungan Debit Air Hujan.....	58
4.4.4. Perhitungan Jumlah Dosen, Karyawan, dan Mahasiswa.....	59
4.4.5. Perhitungan Debit Air Buangan Universitas Brawijaya.....	62
4.4.6. Perhitungan Jumlah Penduduk.....	64
4.4.7. Perhitungan Debit Air Buangan Penduduk.....	66
4.4.8. Perhitungan Debit Air Kumulatif Universitas Brawijaya.....	67
4.4.9. Perhitungan Debit Air Kumulatif Dari Luar Universitas Brawijaya.....	68
4.4.10. Perhitungan Debit Air Kumulatif Dari Dalam dan Luar Universitas Brawijaya.....	69
4.5. Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting.....	70
4.6. Perencanaan Saluan Drainase.....	74
4.6.1. Kontrol Kapasitas Saluran.....	74
4.6.2. Rencana Perbaikan Saluran Drainase.....	75

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN..... 80

5.1. Kesimpulan..... 80

5.2. Saran..... 81

DAFTAR PUSTAKA..... 83



DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi.....	11
Tabel 2.2. Nilai K Distribusi Log Pearson tipe III	13
Tabel 2.3 Harga kritis (ΔP_{cr}) untuk Smirnov-Kolmogorov Test	15
Tabel 2.4. Harga kritis (X^2_{Cr}) dengan metode Chi Square	16
Tabel 2.5. Koefisien limpasan C Untuk Berbagai Jenis Permukaan Dengan Kala Ulang Tertentu	19
Tabel 2.6. Rata-rata Kebutuhan Air Per Orang Per Hari (Soufyan Moh. Noerbambang & Takeo Morimura, 2005).....	23
Tabel 2.7. Kecepatan Ijin Berdasarkan Material	26
Tabel 2.8. Koefisien Manning	28
Tabel 2.9. Kemiringan Dasar Saluran Yang Sesuai Untuk Berbagai Jenis Bahan..	29
Tabel 2.10. Tinggi Jagaan Minimum Untuk Saluran Dari Tanah Dan Dari Pasangan	30
Tabel 2.11. Koefisien Kekasaran Manning	32
Tabel 4.1. Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Laboratorium Hidrologi Jurusan Teknik Pengairan Tahun 2001-2011	40
Tabel 4.2. Data Curah Hujan Maksimum UPT Klimatologi Fakultas Pertanian Tahun 2001-2011.....	41
Tabel 4.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Metode Log-Pearson Type III	42
Tabel 4.4. Menentukan Batas Kelas	44
Tabel 4.5. Uji Chi Square	44
Tabel 4.6. Uji Smirnov Kolmogorov.....	45
Tabel 4.7. Data Saluran 1	49
Tabel 4.8. Data Saluran 2	49
Tabel 4.9. Data Saluran 3	50
Tabel 4.10. Data Saluran 4	50
Tabel 4.11. Data Saluran 5	51
Tabel 4.12. Data Saluran 6	51
Tabel 4.13. Data Saluran 7	52
Tabel 4.14. Data Saluran 8	53
Tabel 4.15. Data Saluran 9	53

Tabel 4.16. Data Saluran 10	54
Tabel 4.17. Slope Saluran.....	54
Tabel 4.18. Perhitungan Intensitas Curah Hujan.....	56
Tabel 4.19. Perhitungan Intensitas Curah Hujan dan Koefisien Pengaliran Didalam Universitas Brawijaya	57
Tabel 4.20. Perhitungan Debit Air Hujan Didalam Universitas Brawijaya	58
Tabel 4.21. Perhitungan Debit Air Hujan Dari Luar UB Universitas Brawijaya....	59
Tabel 4.22. Perhitungan Debit Air Hujan Gabungan	59
Tabel 4.23. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Dosen.....	60
Tabel 4.24. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Karyawan	60
Tabel 4.25. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Mahasiswa.....	61
Tabel 4.26. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Dosen, Karyawan, dan Mahasiswa	62
Tabel 4.27. Debit Air Kotor Dari Universitas Brawijaya.....	63
Tabel 4.28. Tingkat Pertambahan Penduduk.....	64
Tabel 4.29. Perhitungan Jumlah Penduduk Secara Geometrik	65
Tabel 4.30. Debit Air Kotor Dari Luar Universitas Brawijaya.....	67
Tabel 4.31. Perhitungan Debit Kumulatif Universitas Brawijaya.....	68
Tabel 4.32. Perhitungan Debit Kumulatif Dari Luar Universitas Brawijaya	69
Tabel 4.33. Perhitungan Debit Kumulatif Total Dari Luar Universitas Brawijaya.	69
Tabel 4.34. Perhitungan Debit Banjir Rancangan Tiap Saluran	70
Tabel 4.35. Perhitungan Kapasitas Debit Saluran Drainase.....	73
Tabel 4.36. Kontrol Kapasitas Saluran Drainase.....	75
Tabel 4.37. Penampang Hidraulis Efektif Saluran	77
Tabel 4.38. Perhitungan Kapasitas Saluran Rencana Perbaikan	78
Tabel 4.39. Kontrol Kapasitas Saluran Drainase Perbaikan.....	79

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Foto kondisi eksisting 3

Gambar 2.1. Poligon Thiessen..... 10

Gambar 2.2. Penampang Trapesium 27

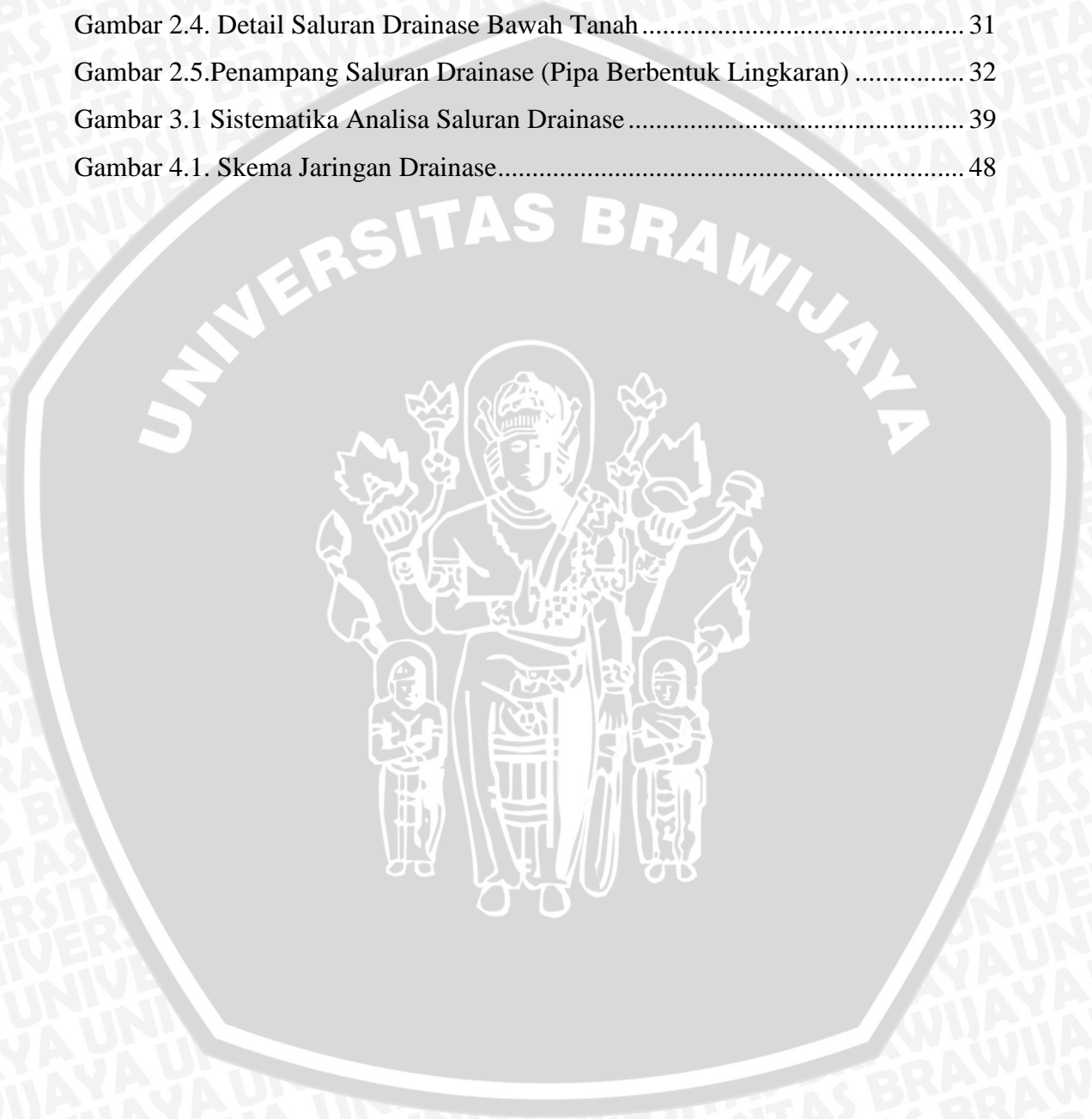
Gambar 2.3. Penampang persegi 28

Gambar 2.4. Detail Saluran Drainase Bawah Tanah 31

Gambar 2.5. Penampang Saluran Drainase (Pipa Berbentuk Lingkaran) 32

Gambar 3.1 Sistematika Analisa Saluran Drainase 39

Gambar 4.1. Skema Jaringan Drainase..... 48



DAFTAR LAMPIRAN

- Lampiran 1. Data Curah Hujan Stasiun Laboratorium Hidrologi Jurusan Teknik Pengairan Universitas Brawijaya
- Lampiran 2. Data Curah Hujan Stasiun UPT Klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya
- Lampiran 3. Data Jumlah Mahasiswa Universitas Brawijaya
- Lampiran 4. Data Jumlah Dosen Universitas Brawijaya
- Lampiran 5. Data Jumlah Karyawan Universitas Brawijaya
- Lampiran 6. Peta Wilayah Kelurahan Ketawanggede
- Lampiran 7. Peta Geografi Kelurahan Ketawanggede
- Lampiran 8. Peta Kawasan Strategis Kota Malang
- Lampiran 9. Peta Struktur Ruang Kota Malang
- Lampiran 10. Peta Pola Tata Ruang Kota Malang
- Lampiran 11. Peta Kontur Kelurahan Ketawanggede
- Lampiran 12. Peta Topografi Kelurahan Ketawanggede
- Lampiran 13. Peta Universitas Brawijaya (Jaringan Jalan, Kontur, Tata Guna Lahan, Jaringan Drainase, dan Daerah Aliran Sungai)

RINGKASAN

FUAD CAHAYA RIMBA, Jurusan Sipil, Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Juli 2012, Evaluasi Sistem Drainase di Lingkungan Universitas Brawijaya, Dosen Pembimbing: Ir. Agus Suharyanto, M.Eng, PhD. dan Dr. Eng. Alwafi Pujiraharjo. ST, MT.

Sistem drainase merupakan fasilitas yang sangat vital dalam kompleks bangunan. Banyaknya curah hujan pada waktu puncak hujan dapat menimbulkan luapan air yang dapat mengakibatkan genangan air, dan genangan jika tidak ditindak lanjuti akan menimbulkan banjir.

Genangan air yang kerap terjadi di lingkungan Universitas Brawijaya sangat mengganggu aktifitas. Universitas Brawijaya terletak pada koordinat 112°36'45.88"E, 7°57'20.00"S dengan ketinggian 480m s/d 492m diatas permukaan laut, dan dengan luas area sekitar 1.813.664m², dengan elevasi yang seperti demikian ini maka seharusnya lingkungan Universitas Brawijaya bebas dari genangan air ataupun banjir. Genangan air di daerah studi disebabkan adanya pendangkalan saluran, penyumbatan saluran, penyempitan saluran dan karena meningkatnya debit aliran permukaan.

Pembangunan kawasan kampus Universitas Brawijaya menyebabkan tata guna lahan yang semula berupa lahan terbuka berubah menjadi gedung, bangunan, tempat parkir, jalan, serta fasilitas kampus lainnya. Hal ini menyebabkan bertambahnya lapisan tidak tembus air dan berkurangnya daerah resapan air, sehingga air hujan yang jatuh ke tanah sebagian menjadi limpasan permukaan.

Limpasan permukaan ini harus segera diatasi, karena apabila hal ini dibiarkan terus menerus maka akan mengganggu aktifitas di lingkungan ini. Untuk mengatasi hal ini diperlukan suatu saluran, dimana saluran ini disebut dengan saluran drainase. Saluran drainase direncanakan dengan menggunakan sistem drainase permukaan dan bisa juga dibantu dengan menggunakan alternatif lain yang berguna untuk membantu mengatasi masalah pembuangan air, yaitu alternatif yang biasa digunakan pada kawasan pemukiman.

Masalah genangan ini disebabkan oleh hal-hal berikut:

1. Perencanaan saluran drainase yang kurang baik, yang mengakibatkan saluran tidak dapat menampung debit air yang melimpas.
2. Tingginya curah hujan yang terjadi pada musim penghujan.
3. Adanya pendangkalan, penyempitan saluran dan tersumbatnya saluran.
4. Kondisi daerah yang tidak rata sehingga air sulit mengalir.
5. Kondisi saluran eksisting di beberapa tempat disinyalir sudah tidak dapat memenuhi daya tampung yang cukup.

Dari hasil studi diketahui sebanyak 6 saluran (60%) dari total sebanyak 10 saluran sudah tidak memenuhi untuk debit banjir rencana, yang mengakibatkan genangan pada saluran drainase. Dari penjelasan tersebut, maka perlu diadakannya rencana perbaikan saluran drainase untuk kawasan studi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mpenanganannya adalah dengan normalisasi saluran drainase.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Sistem drainase merupakan fasilitas yang sangat vital dalam kompleks bangunan. Banyaknya curah hujan pada waktu puncak hujan dapat menimbulkan luapan air yang dapat mengakibatkan genangan air, dan genangan jika tidak ditindak lanjuti akan menimbulkan banjir. Banjir yang terjadi pada musim hujan sudah menjadi peristiwa rutin di beberapa kota di Indonesia. Berbagai sebab menjadi pemicu terjadinya banjir, antara lain kapasitas sistem jaringan drainase yang menurun, debit aliran air yang meningkat, atau kombinasi dari kedua-duanya. Kapasitas saluran drainase berdasarkan *design criteria* sudah diperhitungkan untuk dapat menampung debit air yang terjadi sehingga kawasan yang dimaksud tidak mengalami genangan maupun banjir. Menurunnya kapasitas sistem disebabkan antara lain, banyak terjadi endapan, terjadi kerusakan fisik sistem jaringan dan atau adanya bangunan liar di atas sistem jaringan. Sedangkan penyebab meningkatnya debit antara lain, curah hujan yang tinggi di luar kebiasaan, perubahan tata guna lahan, kerusakan lingkungan pada Daerah Aliran Sungai (DAS) di suatu kawasan.

Seiring dengan meningkatnya jumlah penduduk maka jumlah mahasiswa Universitas Brawijaya juga meningkat, data saat ini menunjukkan jumlah mahasiswa adalah sebanyak 30.278 dan jumlah dosen tetap 1.424 orang tentunya hal ini membutuhkan perhatian ekstra terutama dalam bidang infrastruktur, dengan pembangunan Universitas Brawijaya yang terus berkesinambungan dengan demikian maka makin banyak bangunan dan pergeseran fungsi lahan terbuka yang mengakibatkan makin banyaknya lapisan yang tidak tembus air sehingga hal ini mengakibatkan berkurangnya kemampuan tanah untuk menyerap air. Hal ini sangat mempengaruhi besar limpasan yang terjadi dan debit aliran permukaan, karena air hujan yang terinfiltrasi ke dalam tanah semakin kecil, sehingga limpasan dan debit aliran permukaan semakin besar dan akan menimbulkan genangan maupun banjir seperti diperlihatkan pada Gambar 1.1.

Genangan air yang kerap terjadi di lingkungan Universitas Brawijaya sangat mengganggu aktifitas. Universitas Brawijaya terletak pada koordinat $112^{\circ}36'45.88''E$, $7^{\circ}57'20.00''S$ dengan ketinggian 480m s/d 492m diatas permukaan laut, dan dengan

luas area sekitar 1.813.664m², dengan elevasi yang seperti demikian ini maka seharusnya lingkungan Universitas Brawijaya bebas dari genangan air ataupun banjir. Genangan air di daerah studi disebabkan adanya pendangkalan saluran, penyumbatan saluran, penyempitan saluran dan karena meningkatnya debit aliran permukaan.

Genangan di kawasan ini dapat menimbulkan berbagai masalah, diantaranya:

- Merusak pondasi, bangunan dan saluran sekitar.
- Menimbulkan bibit penyakit.
- Mengganggu lalu-lintas.
- Merusak tanaman sekitar.
- Menimbulkan suasana dan rasa tidak nyaman.

Untuk menghindari genangan air di kawasan ini maupun bangunan-bangunan penting lainnya maka diperlukan suatu sistem drainase. Sistem drainase sangat dibutuhkan untuk membuang air hujan yang tidak terserap oleh tanah dan mencegah terjadinya genangan air yang mengganggu aktifitas manusia serta menjadikan lingkungan tidak sehat. Selain itu juga perlu dilakukan evaluasi saluran drainase yang sudah ada, apakah masih mampu menampung serta mengalirkan air limpasan akibat dari perubahan yang terjadi. Langkah selanjutnya adalah merencanakan sistem drainase yang memadai untuk kawasan kampus pada waktu puncak (*peak*).

1.2 Identifikasi Masalah

Pembangunan kawasan kampus Universitas Brawijaya menyebabkan tata gubahan lahan yang semula berupa lahan terbuka berubah menjadi gedung, bangunan, tempat parkir, jalan, serta fasilitas kampus lainnya. Hal ini menyebabkan bertambahnya lapisan tidak tembus air dan berkurangnya daerah resapan air, sehingga air hujan yang jatuh ke tanah sebagian menjadi limpasan permukaan.

Limpasan permukaan ini harus segera diatasi, karena apabila hal ini dibiarkan terus menerus maka akan mengganggu aktifitas di lingkungan ini. Untuk mengatasi hal ini diperlukan suatu saluran, dimana saluran ini disebut dengan saluran drainase. Saluran drainase direncanakan dengan menggunakan sistem drainase permukaan dan bisa juga dibantu dengan menggunakan alternatif lain yang berguna untuk membantu mengatasi masalah pembuangan air, yaitu alternatif yang biasa digunakan pada kawasan pemukiman.

Kampus Universitas Brawijaya sebagai daerah kajian merupakan salah satu kampus yang dibangun di daerah yang mempunyai kondisi topografi tidak datar. Fenomena yang terjadi pada daerah disekitar ini adalah timbulnya genangan pada daerah cekungan pada musim penghujan seperti diperlihatkan pada Gambar 1.2. Masalah genangan ini disebabkan oleh hal-hal berikut:

1. Perencanaan saluran drainase yang kurang baik, yang mengakibatkan saluran tidak dapat menampung debit air yang melimpas.
2. Tingginya curah hujan yang terjadi pada musim penghujan.
3. Adanya pendangkalan, penyempitan saluran dan tersumbatnya saluran.
4. Kondisi daerah yang tidak rata sehingga air sulit mengalir.
5. Kondisi saluran eksisting di beberapa tempat disinyalir sudah tidak dapat memenuhi daya tampung yang cukup.

Saluran drainase berfungsi untuk membuang kelebihan air di atas permukaan tanah atau menurunkan muka air tanah agar tidak terjadi genangan. Untuk mencegah terjadinya genangan yang mengganggu kehidupan manusia serta membuang air yang tidak terserap kedalam tanah di lingkungan Universitas Brawijaya dibutuhkan adanya suatu sistem drainase yang baik agar terhindar dari bahaya banjir seperti yang diperlihatkan pada Gambar 1.3.



Gambar 1.1. Foto kondisi eksisting



Gambar 1.2. Foto kondisi eksisting



Gambar 1.3. Foto kondisi eksisting

1.3 Batasan Masalah

Mengacu pada latar belakang dan identifikasi masalah di depan, maka pembahasan dalam skripsi ini hanya pada masalah drainase. Batasan ini bertujuan agar pembahasan tidak keluar dari pokok bahasan studi. Adapun yang menjadi batasan pada studi ini adalah sebagai berikut:

1. Kawasan studi adalah area kampus Universitas Brawijaya yang terletak di Kelurahan Ketawanggede, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Provinsi Jawa Timur, Indonesia.
2. Debit suplesi yang berasal dari luar lingkungan Universitas Brawijaya diasumsikan.
3. Data curah hujan diperoleh dari Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya berdasarkan pengamatan dari stasiun Laboratorium Hidrologi Jurusan Pengairan Universitas Brawijaya.
4. Perencanaan saluran menggunakan debit rancangan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun, dengan anggapan besarnya banjir rancangan sudah memenuhi perencanaan saluran drainase.
5. Limpasan dianggap hanya berasal dari debit air hujan dan debit air kotor dari gedung di lingkungan Universitas Brawijaya.
6. Studi ini hanya membahas evaluasi dimensi saluran dan tidak membahas masalah sistem peresapan.
7. Tidak membahas analisa biaya dan analisa dampak lingkungan (AMDAL).

1.4 Rumusan Masalah

Dengan memperhatikan batasan-batasan masalah yang diuraikan sebelumnya, permasalahan dalam studi akhir ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Bagaimana sistem drainase di lingkungan Universitas Brawijaya saat ini?
2. Berapa besar debit banjir yang harus dibuang di daerah studi berdasarkan perhitungan debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun?
3. Apakah sistem dan dimensi saluran yang sudah ada di daerah studi mampu menampung debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun?
4. Bagaimana alternatif pemecahannya apabila sistem dan saluran drainase yang ada tidak mampu menampung debit banjir rancangan?

1.5 Maksud dan Kegunaan Penelitian

1. Mengetahui sistem drainase yang ada di lingkungan Universitas Brawijaya.
2. Mengetahui arah aliran pada sistem drainase yang ada di lingkungan Universitas Brawijaya.
3. Mengetahui besar debit banjir yang harus dibuang di daerah studi berdasarkan perhitungan debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun.
4. Mengetahui apakah sistem dan dimensi saluran yang sudah ada di daerah studi mampu menampung debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 dan 10 tahun.
5. Merencanakan alternatif pemecahannya dengan cara Normalisasi saluran drainase.
6. Sebagai bahan bagi penulis untuk menyusun skripsi yang merupakan syarat untuk menyelesaikan pendidikan di Jurusan Sipil Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Sebagai bahan informasi bagi pihak yang membutuhkan, untuk pengelolaan sistem drainase di Universitas Brawijaya Malang di masa yang akan datang.



BAB II

DASAR TEORI

2.1. Umum

Pada bab ini akan dibahas mengenai teori yang didapat dari berbagai pustaka dan dapat digunakan untuk mengolah data pada daerah studi sebagai dasar perhitungan dan perencanaan suatu sistem drainase.

Variabel pertama adalah curah hujan maksimum. Variabel ini diperlukan dalam menganalisa data hidrologi daerah studi untuk menentukan besarnya curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu. Variabel ini meliputi analisa intensitas hujan, koefisien pengaliran dan luas daerah pengaliran yang nantinya akan digunakan untuk menentukan besarnya debit limpasan akibat air hujan yang jatuh pada daerah studi dengan menggunakan rumus rasional.

Variabel kedua adalah jumlah penduduk yang mendiami daerah studi. Jumlah penduduk ini diperlukan untuk menghitung besarnya debit air kotor yang dihasilkan penduduk dan berasal dari kebutuhan air per orang per hari, secara umum debit air kotor adalah 80% dari total pemakaian air, jadi hal ini dapat diasumsikan.

Variabel yang selanjutnya adalah kapasitas saluran drainase, dimana kapasitas drainase diketahui dari bentuk atau saluran penampung. Kapasitas drainase diketahui dari bentuk atau saluran penampung. Kapasitas drainase digunakan untuk mengetahui apakah saluran tersebut dapat menampung debit air yang berasal dari air hujan dan air buangan penduduk.

2.2. Analisa Hidrologi

Tujuan utama analisa hidrologi dalam studi perencanaan ini adalah untuk menentukan debit maksimum yang terjadi pada daerah studi dengan menganalisa parameter-parameter yang ada terhadap semua perilaku hidrologi yang menentukan terhadap perencanaan lebih lanjut. Analisa hidrologi dilakukan terhadap parameter-parameter studi, yaitu:

1. Besarnya curah hujan yang terjadi pada kawasan studi.

2. Topografi daerah studi yang berpeluang untuk terjadinya genangan-genangan air ataupun kurang lancarnya sirkulasi air, dimana umumnya dijumpai pada daerah cekungan (lembah).
3. Tataguna lahan yang mungkin mengalami perubahan fungsi teknis.
4. Jumlah debit aktual yang dialirkan pada setiap ruas-ruas saluran.
5. Karakteristik profil saluran pada masing-masing ruas yang berbeda, maupun faktor non teknis lainnya.

2.2.1. Curah Hujan Rata-rata

Curah hujan yang diperlukan untuk penyusunan suatu rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata di seluruh daerah yang bersangkutan, bukan curah hujan pada suatu titik tertentu. Curah hujan ini disebut curah hujan wilayah/daerah dan dinyatakan dalam mm.

Curah hujan daerah ini harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara-cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik adalah sebagai berikut (Suyono S, 1999:27):

1. Cara rata-rata aljabar

Cara ini adalah perhitungan rata-rata secara aljabar curah hujan di dalam dan di sekitar daerah yang bersangkutan.

$$\bar{R} = \frac{1}{n} (R_1 + R_2 + \dots + R_n) \quad (2-1)$$

dengan:

\bar{R} : curah hujan daerah (mm)

n : jumlah titik-titik (pos-pos) pengamatan

R_1, R_2, \dots, R_n : Curah hujan di tiap titik pengamatan (mm)

Prosedur untuk mendapatkan curah hujan daerah rerata harian maksimum adalah sebagai berikut:

1. Menentukan di salah satu stasiun penakar hujan saat terjadi curah hujan harian maksimum.

2. Mencari besarnya curah hujan pada tanggal dan bulan yang sama untuk stasiun yang lainnya sesuai dengan tanggal dan bulan yang terjadi pada no.1
3. Menghitung rata-rata curah hujan tersebut dengan metode Tinggi Rata-rata.
4. Menentukan curah hujan maksimum harian (seperti no. 1) pada tahun yang sama untuk stasiun penakar hujan yang lain.
5. Mengulangi langkah no. 2 sampai no. 3 untuk setiap tahunnya.
6. Dari hasil Tinggi Rata-rata pilih salah satu yang tertinggi pada setiap tahun
7. Data curah hujan yang terpilih setiap tahun itu merupakan curah hujan maksimum daerah.

Hasil yang diperoleh dengan cara ini tidak berbeda jauh dari hasil yang didapat dengan cara lain, jika titik pengamatan itu banyak dan tersebar merata di seluruh daerah itu.

2. Cara poligon Thiessen

Jika titik-titik pengamatan di dalam daerah itu tidak tersebar merata, maka cara perhitungan curah hujan rata-rata itu dilakukan dengan memperhitungkan daerah pengaruh tiap titik pengamatan. Gambar poligon Thiessen dapat dilihat pada Gambar 2.1.

Langkah-langkah perhitungannya adalah sebagai berikut:

1. Tiap-tiap banyak *Thiessen* tersebut dihitung luasnya sehingga terdapat luas daerah pengaruh tiap-tiap stasiun.
2. Prosentase luas pengaruh tiap stasiun total didapat dari luas daerah stasiun tersebut dibagi luas total DAS.
3. Curah hujan maksimum daerah tahunan tiap stasiun didapat dari hasil perkalian prosentase luas daerah dengan curah hujan.

$$\bar{R} = \frac{A_1 R_1 + A_2 R_2 + \dots + A_n R_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2-2)$$

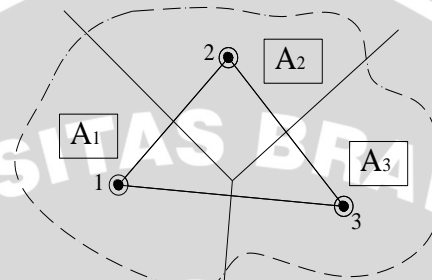
dengan:

\bar{R} : Curah hujan daerah (mm)

R_1, R_2, \dots, R_n : Curah hujan di tiap titik pengamatan dan n adalah jumlah titik pengamatan

A_1, A_2, \dots, A_n : Bagian daerah yang mewakili tiap titik pengamatan

Cara poligon Thiessen ini memberikan hasil yang lebih teliti dari pada cara rata-rata aljabar.



Gambar 2.1. Poligon Thiessen

2.2.2. Hujan Rencana

Hujan rencana adalah suatu curah hujan dengan masa ulang tertentu misalnya 5, 10, 25 tahun. Besarnya hujan rencana dipakai untuk menghitung banjir rencana yaitu besarnya debit yang terus dialirkan melalui saluran. Berbagai metode yang dapat dipakai dalam menganalisa curah hujan rancangan antara lain distribusi *Gumbel*, *Log Normal*, *Log Pearson Type III* dan lain-lain.

Untuk menentukan macam analisa frekuensi, perlu dihitung parameter-parameter statistik seperti koefisien C_s , C_v , C_k . Syarat untuk distribusi:

- *E.J Gumbel* : $C_k = 5,4$ dan $C_s = 1,14$
- *Log Normal* : $C_k = 3,0$ dan $C_s = 0,0$
- *Log Pearson III* : C_k dan C_s tidak ditentukan

C_k (*koefisien kurtosis*), yang merupakan ukuran kepuncakan distribusi

C_s (*koefisien skewness*), yang merupakan ukuran dari penyimpangan suatu distribusi

Untuk menentukan metode yang sesuai maka terlebih dahulu harus dihitung besarnya parameter statistic yaitu C_s (*skewness*) dan C_k (*kurtosis*).

Persamaan yang digunakan adalah:

$$C_s = \frac{n \cdot \sum (X_i - \bar{X})^3}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot S^3} \quad (2-3)$$

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum (X_i - \bar{X})^4}{(n-1) \cdot (n-2) \cdot (n-3) \cdot S^4} \quad (2-4)$$

dengan:

C_s = koefisien kepencengan

C_k = koefisien kepuncakan

n = jumlah data

X_i = data curah hujan

\bar{X} = data rerata curah hujan

S = simpangan baku

Tabel 2.1 Syarat Pemilihan Metode Frekuensi

Jenis Metode	C_k	C_s
Gumbel	5.4002	1.1396
Normal	3.0	0
Log Pearson Type III	bebas	bebas

Apabila harga C_s dan C_k tidak memenuhi persyaratan distribusi Gumbel dan Normal maka digunakan metode Log Pearson Type III, karena ini dapat dipakai untuk semua sebaran data.

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi Log Pearson Type III adalah:

1. Nilai rata-rata (mean)
2. Standar deviasi
3. Koefisien kepencengan

Prosedur untuk menentukan kurva distribusi Log Pearson Type III adalah: (Soewarno,1995:142)

1. Tentukan logaritma dari semua nilai variat X.
2. Hitung nilai rata-rata dengan rumus sebagai berikut:

$$\overline{\log x} = \frac{\sum_{i=1}^n \log x}{n} \quad (2-5)$$

3. Hitung nilai standart deviasinya dengan rumus sebagai berikut:

$$S \log X = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log X - \overline{\log X})^2}{n-1}} \quad (2-6)$$

4. Hitung nilai koefisien kemencengan dengan rumus sebagai berikut:

$$C_s = \frac{n \sum_{i=1}^n (\log X - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)(\log X)} \quad (2-7)$$

5. Hitung logaritma curah hujan harian dengan waktu balik yang dikehendaki dengan persamaan sebagai berikut:

$$\log X = \overline{\log X} + k (\log X) \quad (2-8)$$

nilai k dapat dilihat pada tabel 2.1

6. Cari antilog dari log X untuk mendapatkan curah hujan harian dengan waktu balik yang dikehendaki X_T .

Tabel 2.2. Nilai K Distribusi Log Pearson tipe III

Kemencengan (Cs)	periode ulang (tahun)							
	2	5	10	25	50	100	200	1000
	peluang (%)							
	50	20	10	4	2	1	0.5	0.1
3.0	-0.36	0.42	1.18	2.278	3.152	4.051	4.97	7.25
2.5	-0.36	0.518	1.25	2.262	3.048	3.945	4.652	6.6
2.2	-0.33	0.574	1.284	2.24	3.97	3.705	4.444	6.2
2.0	-0.307	0.609	1.302	2.219	2.912	3.605	4.298	5.91
1.8	-0.282	0.643	1.318	2.193	2.848	3.499	4.147	5.66
1.6	-0.254	0.675	1.329	2.163	2.78	3.388	3.99	5.39
1.4	-0.225	0.705	1.337	2.128	2.706	3.271	3.828	5.11
1.2	-0.195	0.732	1.34	2.087	2.626	3.149	3.661	4.82
1.0	-0.164	0.758	1.34	2.043	2.542	3.022	3.489	4.54
0.9	-0.148	0.769	1.339	2.018	2.498	2.957	3.401	4.395
0.8	-0.132	0.78	1.336	1.998	2.453	2.891	3.312	4.25
0.7	-0.116	0.79	1.333	1.967	2.407	2.824	3.223	4.105
0.6	-0.099	0.8	1.328	1.939	2.359	2.755	3.132	3.96
0.5	-0.083	0.808	1.323	1.91	2.311	2.686	3.041	3.815
0.4	-0.066	0.816	1.317	1.88	2.261	2.615	2.949	3.67
0.3	-0.05	0.824	1.309	1.849	2.211	2.544	2.856	3.525
0.2	-0.033	0.83	1.301	1.818	2.159	2.472	2.763	3.38
0.1	-0.017	0.836	1.292	1.785	2.107	2.4	2.67	3.235
0.0	0	0.842	1.282	1.751	2.054	0.326	2.576	3.09
-0.1	0.017	0.836	1.27	1.761	2	2.252	2.482	2.95
-0.2	0.033	0.85	1.258	1.68	1.945	2.178	2.388	2.81
-0.3	0.05	0.853	1.245	1.643	1.89	2.104	2.294	2.675
-0.4	0.066	0.855	1.231	1.606	1.834	2.029	2.201	2.54
-0.5	0.083	0.856	1.216	1.567	1.777	1.955	2.108	2.4
-0.6	0.099	0.857	1.2	1.528	1.72	1.88	2.016	2.275
-0.7	0.116	0.857	1.183	1.488	1.663	1.806	1.926	2.15
-0.8	0.132	0.856	1.166	1.48	1.606	1.733	1.837	2.035
-0.9	0.148	0.854	1.147	1.407	1.549	1.66	1.749	1.91
-1.0	0.164	0.852	1.128	1.366	1.492	1.588	1.664	1.8
-1.2	0.195	0.844	1.086	1.282	1.379	1.499	1.501	1.625
-1.4	0.225	0.832	1.041	1.198	1.27	1.318	1.351	1.465
-1.6	0.254	0.817	0.994	1.116	1.166	1.197	1.216	1.28
-1.8	0.282	0.799	0.945	1.035	1.069	1.087	0.997	1.13
-2.0	0.307	0.777	0.895	0.959	0.98	0.99	0.995	1
-2.2	0.33	0.752	0.844	0.888	0.9	0.905	0.907	0.91
-2.5	0.36	0.711	0.771	0.79	0.798	0.799	0.8	0.802
-3.0	0.396	0.636	0.66	0.666	0.666	0.667	0.667	0.668

Sumber: Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk data analisa, Soewarno, 1995 : 219

2.2.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekwensi

Pemeriksaan uji kesesuaian distribusi frekwensi ini adalah untuk menentukan kecocokan distribusi frekwensi dari sampel data terhadap fungsi distribusi peluang yang diperkirakan dapat menggambarkan/mewakili distribusi frekwensi tersebut. Ada dua

cara untuk melakukan kesesuaian distribusi frekwensi yang umum digunakan untuk menguji probabilitas yang terjadi, yaitu (Soewarno,1995:194):

1. Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji ini digunakan untuk menguji simpangan secara horisontal antara distribusi empiris dan distribusi teoritik. Dari data plotting data hujan pada kertas distribusi log-Pearson tipe III dapat dihitung besarnya probabilitas yang terbesar (ΔP_{\max}).

$$|P_{(t)} - P_{(e)}| = \Delta P_{\max} \quad (2-9)$$

dengan:

$P_{(t)}$ = Peluang teoritis.

$P_{(e)}$ = Peluang empiris.

ΔP_{\max} = Selisih ($P_{(t)} - P_{(e)}$) yang dimutlakkan

Untuk mengadakan pemeriksaan terlebih dahulu harus diadakan plotting data dari hasil pengamatan pada kertas probabilitas dan garis durasi yang sesuai dengan perhitungan secara teoritis. Plotting data dan garis durasi pada kertas probabilitas dilakukan dengan langkah-langkah sebagai berikut:

- Dengan menyusun data curah hujan rata-rata harian maksimum tiap tahun disusun dari kecil ke besar atau sebaliknya.
- Probabilitas dapat dihitung dengan rumus Weibull (Soewarno,1995:114)

$$P = \frac{m}{n+1} \quad (2-10)$$

dengan:

P = Probabilitas.

m = Nomor urut data yang sudah diurutkan.

n = Jumlah data.

- Memplot log data curah hujan ($\log X_i$) sesuai dengan probabilitas empiris (P_e) pada kertas probabilitas log-Pearson tipe III untuk mendapatkan ΔP_{max} .
- Memplot garis durasi distribusi frekwensi.
- Dari gambar yang dihasilkan untuk mengontrol perbedaan yang timbul dari cara empiris dan teoritis digunakan uji menggunakan Smirnov-Kolmogorov Test. $|P_{(t)} - P_{(e)}|$ dicari yang paling maksimum untuk dikontrol terhadap nilai kritis (ΔP_{cr}) pada tabel Smirnov-Kolmogorov.

Tabel 2.3 Harga kritis (ΔP_{cr}) untuk Smirnov-Kolmogorov Test

N	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25
45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N > 50	$\frac{1.07}{N^{0.5}}$	$\frac{1.22}{N^{0.5}}$	$\frac{1.36}{N^{0.5}}$	$\frac{1.63}{N^{0.5}}$

Sumber: Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk analisa data, Soewarno, 1995 : 199

2. Uji Chi-Kuadrat

Pengujian ini sama dengan pengujian Smirnov-Kolmogorov dimana dilakukan untuk menguji simpangan secara vertikal dan untuk menguji apakah distribusi teoritis yang dianalisa memiliki nilai yang sama dengan distribusi empiriknya.

$$(\chi^2)_{\text{hit.}} = \sum_{i=1}^k \frac{O_F - E_F}{E_F}^2 \quad (2-11)$$

Jumlah kelas distribusi dihitung dengan persamaan rumus sebagai berikut:

$$k = 1 + 3.22 \log n \quad (2-12)$$

$$Dk = k - (P + 1)$$

dengan:

O_F = Nilai yang diamati (Observed Frequency).

E_F = Nilai yang diharapkan (Expected Frequency).

K = Jumlah kelas distribusi.

n = Banyaknya sampel data.

Dk = Derajat kebebasan.

P = Parameter sebaran Chi Square, (ditetapkan $P = 2$).

Supaya distribusi frekwensi yang dipilih dapat diterima, maka harga $\chi^2 < \chi^2_{Cr}$. Harga χ^2_{Cr} dapat diperoleh dengan menentukan taraf signifikan Δ dengan derajat kebebasan (*level of significant*).

Tabel 2.4. Harga kritis (χ^2_{Cr}) dengan metode Chi Square

Derajat kebebasan	Probabilitas					
	0.950	0.800	0.500	0.200	0.050	0.001
1	0.004	0.064	0.455	1.642	3.841	10.827
2	0.103	0.446	1.386	3.219	5.991	13.815
3	0.352	1.005	2.357	4.642	7.815	16.268
4	0.711	1.649	3.357	5.989	9.488	18.465
5	1.145	2.343	4.351	7.289	11.070	20.517
6	1.635	3.070	5.348	8.558	12.592	22.457
7	2.167	3.822	6.346	9.803	14.067	24.322
8	2.733	4.594	7.344	11.030	15.507	26.125
9	3.325	5.380	8.343	12.242	16.919	27.877
10	3.940	6.179	9.342	13.442	18.307	29.588
11	4.575	6.989	10.341	14.631	19.675	31.264
12	5.226	7.807	11.340	15.812	21.026	32.909
13	5.892	8.634	12.340	16.985	22.362	34.528
14	6.571	9.467	13.339	18.151	23.685	36.123
15	7.262	10.307	14.339	19.311	24.996	37.697

Sumber: Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk analisa data, Soewarno, 1995 : 223

2.2.4. Intensitas Hujan

Intensitas hujan diartikan sebagai tinggi air hujan persatuan waktu dengan satuan mm/jam atau mm/hari. Besarnya intensitas hujan itu berbeda-beda yang disebabkan oleh lamanya curah hujan atau frekwensi kejadiannya. Analisa hubungan dua parameter hujan yang penting berupa intensitas dan durasi dapat dihubungkan secara statistik dengan suatu frekuensi kejadiannya. Pada daerah studi dimana stasiun hujan merupakan stasiun penakar hujan harian, maka untuk mendapatkan intensitas hujan digunakan rumus Mononobe. Adapun rumus tersebut disajikan sebagai berikut: (Subarkah, 1980 : 20)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} \quad (2-13)$$

$$tc = \frac{0,0195}{60} \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77}$$

dengan:

I = Intensitas hujan (mm/jam)

R₂₄ = Tinggi hujan maksimum dalam waktu 24 jam (mm)

Tc = Waktu konsentrasi (Jam)

L = Panjang pengaliran (m)

S = Kemiringan saluran

2.2.5. Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara jumlah air yang mengalir akibat turunnya hujan di suatu daerah dengan jumlah air yang turun pada daerah tersebut. Besarnya koefisien limpasan berubah dari waktu ke waktu sesuai dengan pengaruh pemanfaatan lahan dan aliran sungai. Koefisien pengaliran pada suatu daerah dipengaruhi oleh faktor-faktor penting (Subarkah,1980:51), yaitu:

1. Keadaan hujan
2. Luas dan bentuk daerah aliran

3. Kemiringan daerah aliran
4. Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
5. Tingkat kejenuhan tanah
6. Suhu, udara, angin dan evaporasi
7. Tata guna lahan

Koefisien pengaliran rata-rata (C_m) suatu daerah yang terdiri dari beberapa jenis tata guna lahan, dapat juga ditentukan dengan mempertimbangkan bobot masing-masing bagian sesuai dengan luas daerah yang diwakilinya. Diberikan persamaan rumus sebagai berikut:

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} \quad (2-14)$$

dengan:

C_m = Koefisien pengaliran rata-rata.

A_i = Luas daerah masing-masing tata guna lahan (km^2).

C_i = Koefisien pengaliran masing-masing tata guna lahan (tabel 2.5).

n = Banyaknya jenis penggunaan tanah dalam suatu daerah pengaliran.

Tabel 2.5. Koefisien limpasan C Untuk Berbagai Jenis Permukaan Dengan Kala Ulang Tertentu

Type Daerah Aliran		Koefien Pengaliran
Rerumpunan	Tanah pasir, datar 2%	0,05-0,10
	Tanah pasir, rata-rata 2-7%	0,10-0,15
	Tanah pasir, curam 7%	0,15-0,20
	Tanah gemuk, datar 2%	0,13-0,17
	Tanah gemuk, rata-rata 2-7%	0,18-1,22
	Tanah gemuk, curam 7%	0,25-0,35
Bisnis	Daerah kota	0,75-0,95
	Daerah pinggiran	0,50-0,70
Perumahan	Daerah "single family"	0,30-0,50
	"multi units" terpisah-pisah	0,40-0,60
	"multi unit" tertutup	0,60-0,75
	"sub urban"	0,25-0,40
	Daerah rumah-rumah apartemen	0,50-0,70
Industri	Daerah ringan	0,50-0,80
	Daerah berat	0,60-0,90
Pertamanan, kuburan		0,10-0,25
Tempat bermain		0,20-0,35
Halaman kereta api		0,20-0,40
Daerah yang dikerjakan		0,10-0,30
Jalan	Beraspal	0,70-0,95
	Beton	0,80-0,95
	Batu	0,70-0,85
Untuk berjalan dan naik kuda		0,70-0,85
Atap		0,75-0,95

Sumber: Agus Suharyanto, 1996 : 76.

2.2.6. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi adalah waktu yang diperlukan untuk mengalirkan air dari titik yang paling jauh pada daerah aliran ke titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir suatu saluran.

Pada prinsipnya waktu konsentrasi dapat dibagi menjadi:

- a. Inlet time (t_0) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di atas permukaan tanah menuju saluran drainase.

$$T_o = \frac{3,26 \cdot (1 - C) \cdot L^{1/2}}{S^{1/3}} \quad (2-15)$$

dengan:

T_o = waktu konsentrasi (menit)

C = koefisien limpasan

L = panjang aliran (m)

S = kemiringan tanah

- b. Conduit time (t_d) yaitu waktu yang diperlukan oleh air untuk mengalir di sepanjang saluran sampai titik kontrol yang ditentukan di bagian hilir.

Waktu aliran dapat dihitung dengan persamaan (Chow, 1988:499)

$$T_d = \frac{L}{V} \quad (2-16)$$

dengan:

T_d = waktu aliran (*time of flow*) (detik)

L = panjang aliran (m)

V = kecepatan aliran (m/dt)

2.2.7. Luas Daerah Aliran Sungai

Daerah Aliran Sungai (DAS) menurut Dictionary of Scientific and Technical Term (Lapedes et al, 1974), DAS (Watershed) diartikan sebagai suatu kawasan yang mengalirkan air kesatu sungai utama. Dikemukakan oleh Manan (1978) bahwa DAS adalah suatu wilayah penerima air hujan yang dibatasi oleh punggung bukit atau gunung, dimana semua curah hujan yang jatuh di atasnya akan mengalir di sungai utama dan akhirnya bermuara kelaut.

2.2.8. Menentukan Luas Daerah Aliran Sungai

Luas DAS Luas DAS merupakan luas keseluruhan DAS sebagai suatu sistem sungai dan ditentukan berdasarkan pola kontur. Garis batas antar DAS adalah punggung bukit yang dapat membagi dan memisahkan air hujan ke masing-masing DAS.

Dalam pengukuran luas bisa menggunakan berbagai cara/metode pengukuran luas dari peta. Namun metode yang paling sering digunakan adalah Metode Segiempat (Square Method).

Pengukuran luas dengan metode segiempat ini dilakukan dengan cara membuat petak-petak/kotak bujur sangkar pada daerah yang akan dihitung luasnya atau agar lebih praktis, gambar DAS dapat langsung digambar pada kertas milimeter. Pada batas tepi yang luasnya setengah kotak lebih, dibulatkan menjadi satu kotak, sedangkan kotak yang luasnya kurang dari setengah, dihilangkan. Hal yang perlu diperhatikan adalah pertimbangan keseimbangan, harus ada penyesuaian antara kotak yang dibulatkan dengan yang dihilangkan. Sedapat mungkin, kotak yang dihilangkan sama atau seimbang dengan daerah yang dibulatkan.

$$\text{Luas DAS (A)} = \text{Jumlah Grid} \times (\text{penyebut skala})^2 \quad (2-17)$$

Manfaat menghitung luas DAS adalah mengetahui klasifikasi ukuran DAS tersebut. Apakah termasuk DAS berukuran besar, kecil, atau sedang. Klasifikasi DAS menurut luasnya meliputi:

- a. DAS kecil, luasnya yaitu $< 5.000 \text{ km}^2$
- b. DAS sedang, luasnya yaitu $5.000\text{-}20.000 \text{ km}^2$
- c. DAS besar, luasnya yaitu $> 20.000 \text{ km}^2$

2.2.9. Debit Air Hujan

Air hujan yang jatuh ke bumi hanya sebagian yang mengalir sebagai limpasan permukaan, sebagian lainnya menguap, meresap ke tanah atau tertahan oleh tanaman. Besarnya limpasan permukaan dipengaruhi oleh karakteristik permukaan, seperti kemiringan, jenis tanah, tanaman, tata guna lahan.

Metode yang digunakan untuk menentukan debit limpasan pada saluran drainase dalam studi ini adalah metode Rasional (*rational method*). Metode rasional dirumuskan (Imam Subarkah, 1980-48).

$$Q = 0,278 \cdot CIA \quad (2-18)$$

dengan:

Q = debit limpasan (m^3/det)

C = koefisien limpasan

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = luas area drainase (km^2)

Arti rumus ini dapat segera diketahui yakni jika terjadi curah hujan selama 1 jam dengan intensitas 1 mm/jam dalam daerah seluas 1km², maka debit banjir sebesar 0,2778m³/det dan melimpas selama 1 jam.

(Sosrodarsono dan Takeda, 2003)

2.2.10. Koefisien Limpasan (runoff coefficient) (C)

Dalam penghitungan debit banjir menggunakan Metode Rasional diperlukan data koefisien limpasan (*runoff coefficient*). Koefisien limpasan adalah rasio jumlah limpasan terhadap jumlah curah hujan, dimana nilainya tergantung pada tekstur tanah, kemiringan lahan, dan jenis penutupan lahan. Pada daerah aliran sungai (DAS) berhutan dengan tekstur tanah liat berpasir, nilai koefisien limpasan berkisar antara 0,10-0,30. Pada lahan pertanian dengan tekstur tanah yang sama, nilai koefisien limpasan adalah 0,30-0,50.

$$C_{DAS} = (\%wilayah L. curam \times ((C_{pertanian} + C_{jenis tanah})/2)) + (\%wilayah L. sedang \times ((C_{pertanian} + C_{jenis tanah})/2)) + (\%wilayah jalan \times C_{jalan}) \quad (2-19)$$

2.3. Menentukan Debit Air Kotor

Yang dimaksud dengan debit air kotor pada studi ini adalah air buangan dari rumah tangga. Air buangan rumah tangga diperhitungkan berdasarkan penyediaan air minumnya. Diperkirakan besarnya air buangan yang masuk ke dalam saluran pengumpul air buangan, sebesar 90% dari kebutuhan standart air bersih.

Untuk perhitungan fasilitas sosial, pemerintahan dan perdagangan air buangan yang masuk ke saluran pengumpul air buangan diperkirakan 70%-90% dari kebutuhan air bersih.(Suharjono,1984:32)

Besarnya debit air kotor yang dibuang dianggap 80% dari kebutuhan air bersih, dan dapat juga dihitung dengan rumus:

$$Q = P_n \times q \quad (2-20)$$

dengan:

Q = debit air kotor (lt/dt)

P_n = jumlah penduduk (orang)

q = jumlah pemakaian (lt/dt/org)

Tabel 2.6. Rata-rata Kebutuhan Air Per Orang Per Hari (Soufyan Moh. Noerbambang & Takeo Morimura, 2005)

No.	Jenis Gedung	Pemakaian air rata-rata per hari (liter)	Jangka waktu pemakaian air rata-rata sehari (jam)	Perbandingan luas lantai efektif/total (%)	Keterangan
1	Perumahan mewah	250	8-10	42-45	Setiap penghuni
2	Rumah biasa	160-250	8-10	50-53	Setiap penghuni
3	Apartemen	200-250	8-10	45-50	Mewah: 250 liter Menengah : 180 ltr Sendiri : 120 ltr
4	Asrama	120	8	45-48	Sendiri
5	Rumah sakit	1000	8-10	50-55	(setiap tempat tidur pasien) Pasien luar : 500 ltr Staf/pegawai : 120 ltr Kelg.pasien : 160 ltr
6	SD	40	5	58	Guru : 100 liter
7	SLTP	50	6	58	Guru : 100 liter
8	SLTA dan lebih tinggi	80	6	-	Guru/Dosen: 100 liter
9	Rumah-toko	100-200	8	-	Penghuninya: 160 ltr
10	Gedung kantor	100	8	60-70	Setiap pegawai

11	Toko serba ada <i>departement store</i>	3	7	55-60	-
12	Pabrik/industri	Buruh pria: 60, wanita: 100	8	-	Per orang, setiap giliran (kalau kerja lebih dari 8 jam/hari)
13	Stasiun/terminal	3	15	-	Setiap penumpang (yang tiba maupun berangkat)
14	Restoran	30	5	-	Untuk penghuni 160 ltr
15	Restoran umum	15	7	-	Untuk penghuni: 160 ltr, pelayan: 100 ltr 70% dari jumlah tamu perlu 15 ltr/org untuk kakus, cuci tangan dsb.
16	Gedung pertunjukan	30	5	53-55	Kalau digunakan siang dan malam, pemakaian air dihitung per penonton, jam pemakaian air dalam tabel adalah untuk satu kali pertunjukan
17	Gedung bioskop	10	7	-	-
18	Toko pengecer	40	6	-	Pedangan besar: 30 liter/tamu, 10 liter/staff atau, 5 liter per hari setiap m ² luas lantai
19	Hotel/penginapan	250-300	10	-	Untuk setiap tamu, untuk staf 120-150 liter; penginapan 200 liter
20	Gedung peribadatan	10	2	-	Didasarkan jumlah jemaah per hari
21	Perpustakaan	25	6	-	Untuk setiap pembaca yang tinggal

22	Bar	30	6	-	Setiap tamu
23	Perkumpulan sosial	30	-	-	Setiap tamu
24	Kelab malam	120-350	-	-	Setiap tempat duduk
25	Gedung perkumpulan	150-200	-	-	Setiap tamu
26	Laboratorium	100-200	8	-	setiap staff

Sumber : Soufyan Moh. Noerbambang & Takeo Morimura, 2005

2.4. Perencanaan Saluran Drainase

Evaluasi sistem jaringan drainase yang ada dipergunakan untuk mengetahui saluran-saluran yang tidak mampu menampung debit air hujan dan air limbah domestik. Sehingga diperlukan perencanaan dan perbaikan sistem yang sudah ada agar diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang sedang dihadapi.

2.4.1. Kapasitas Saluran

Besarnya kapasitas saluran drainase dapat ditentukan berdasarkan dimensi saluran. Langkah perhitungan kapasitas saluran drainase) adalah sebagai berikut (Chow,1997:89):

$$Q = AV \quad (2-21)$$

dengan:

Q = kapasitas saluran (m^3/dt)

A = luas penampang saluran (m^2)

V = kecepatan aliran rerata (m/dt)

Perhitungan kecepatan aliran dapat menggunakan rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} . S^{1/2} \quad (2-22)$$

dengan:

V = kecepatan aliran rerata (m/dt)

R = jari-jari hidrolis saluran (m)

S = kemiringan saluran

n = koefisien kekasaran Manning

Rumus ini merupakan bentuk yang sederhana namun memberikan hasil yang tepat, sehingga penggunaan rumus ini sangat luas dalam aliran seragam untuk perhitungan dimensi saluran. Koefisien kekasaran Manning dapat diperoleh dari tabel dengan memperhatikan faktor bahan pembentuk saluran.

Tabel 2.7. Kecepatan Ijin Berdasarkan Material

Jenis Bahan	Kecepatan Ijin Minimum	Kecepatan Ijin Minimum
	(m/det)	(m/det)
Lempung kokoh	0,75	0,75
Lempung padat	1,1	1,1
Kerikil kasar	1,2	1,2
Batu besar	1,5	1,5
Pasangan batu	1,5	1,5
Beton	1,5	1,5
Beton bertulang	1,5	1,5

Dengan menghubungkan rumus $Q = V \cdot A$ dan besaran A dan P yang mengandung lebar dasar saluran dan tinggi air, dapat diperhitungkan dimensi saluran yang akan direncanakan berdasarkan data debit, koefisien Manning dan kemiringan dasar saluran. Perhitungan selengkapya adalah sebagai berikut:

1. Saluran Trapesium

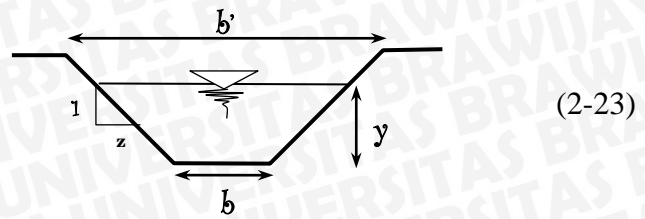
Saluran terbuka yang penampangnya berbentuk trapesium adalah yang paling banyak dijumpai didalam praktek, baik yang merupakan saluran-saluran alam atau sungai, maupun yang merupakan saluran-saluran buatan. Untuk merencanakan penampang trapesium yang paling efisien digunakan rumus-rumus (Rangga Raju, 1986:86):

Cara perhitungan:

$$\text{➤ } A = (b + zy)y$$

$$\text{➤ } P = b + 2y\sqrt{1 + z^2}$$

$$\text{➤ } R = \frac{(b + zy)y}{b + 2y\sqrt{1 + z^2}}$$



Gambar 2.2. Penampang Trapesium

dengan:

b = lebar saluran (m)

y = dalam saluran tergenang air (m)

z = kemiringan saluran

A = luas (m^2)

P = keliling basah (m)

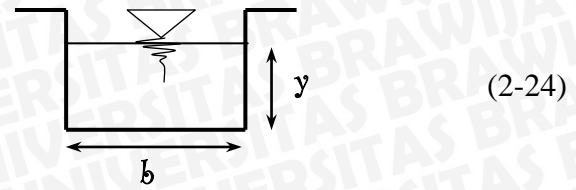
R = jari-jari hidrolis (m)

2. Saluran Persegi

Saluran terbuka yang mempunyai penampang berbentuk persegi pada umumnya merupakan saluran buatan. Di saluran-saluran alam hampir tidak pernah terdapat penampang persegi kecuali pada sungai-sungai di daerah berbatu (cadas) sehingga tebingnya agak tegak. Sebagai saluran buatan juga tidak banyak dijumpai dibanding dengan saluran-saluran berpenampang trapesium. Hal ini karena perbatasan dinding tegak memerlukan konstruksi yang lebih mahal daripada dinding yang memiliki kemiringan lereng alam seperti berpenampang trapesium. Dengan makin diperlukannya jaringan drainase di kota-kota besar, saluran berpenampang persegi makin dipertimbangkan pemakaiannya karena terbatasnya lahan.

Cara perhitungan:

- $A = b \times h$
- $P = b + 2y$
- $R = \frac{by}{b + 2y}$



Gambar 2.3. Penampang persegi

dengan:

b = lebar saluran (m)

y = dalam saluran tergenang air (m)

A = luas (m^2)

P = keliling basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

Tabel 2.8. Koefisien Manning

Tipe Saluran	Baik	Cukup	Buruk
saluran tanah, lurus beraturan	0,02	0,023	0,025
saluran tanah, digali biasa	0,028	0,03	0,04
saluran batuan, tidak lurus dan tidak beraturan	0,04	0,045	-
saluran batuan, lurus beraturan	0,03	0,033	0,035
saluran batuan, vegetasi pada sisinya	0,03	0,035	0,04
dasar tanah, sisi batu koral	0,03	0,03	0,04
saluran berliku-liku kecepatan rendah	0,025	0,028	0,03

Sumber: Drainase Perkotaan, Suhardjono, 1984 : 28

2.4.2. Kemiringan Dasar dan Dinding Tebing Saluran

Kemiringan saluran adalah kemiringan dasar saluran dan kemiringan dinding saluran (talud). Kemiringan dasar saluran yang dimaksud adalah kemiringan dasar saluran arah memanjang yang pada umumnya dipengaruhi oleh kondisi topografi. Sedangkan besarnya kemiringan dinding saluran yang dianjurkan dalam suatu perencanaan sebuah saluran air harus sesuai dengan jenis bahan konstruksi yang

digunakan untuk membentuk badan saluran itu sendiri, seperti yang ditunjukkan pada tabel 2.9. berikut.

Tabel 2.9. Kemiringan Dasar Saluran Yang Sesuai Untuk Berbagai Jenis Bahan

Bahan Saluran	Kemiringan Dinding
Batu	hampir tegak lurus
Tanah Gambut, daerah berawa	0,25 : 1
Lempung teguh, atau tanah berlapis beton	(0,5 - 1) : 1
Tanah berlapis batu, atau tanah bagi saluran yang besar	1 : 1
Lempung kaku, atau tanah bagi parit kecil	1,5 : 1
Tanah berlapis lepas	2 : 1
Lumpur berpasir, atau lempung beton	3 : 1

Sumber: Hidroulika Saluran terbuka, *Ven Te Chow, 1989 : 144*

2.4.3. Kecepatan Minimum Yang Diijinkan

Kecepatan minimum yang diijinkan adalah kecepatan terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan tidak merangsang tumbuhnya tanaman air pada saluran. Pada umumnya, kecepatan sebesar 0,6-0,9 m/dt dapat dipakai dengan aman apabila prosentase lumpur yang ada di air cukup kecil. Kecepatan maksimum yang diperbolehkan adalah kecepatan rata-rata terbesar yang tidak boleh mengakibatkan penggerusan terhadap badan saluran.

2.4.4. Tinggi Jagaan

Tinggi jagaan dari suatu saluran adalah jarak vertikal dari puncak tanggul sampai ke permukaan air pada kondisi perencanaan. Jarak ini harus cukup untuk menampung gelombang dan fluktuasi permukaan air. Tinggi jagaan berguna untuk menaikkan muka air di atas tinggi muka air maksimum dan mencegah kerusakan tanggul akibat peluapan (*overtopping*).

Meningginya permukaan air sampai melebihi permukaan yang direncanakan untuk tinggi jagaan disebabkan oleh: gelombang karena angin, penutupan pintu air dihilir secara tiba-tiba, akibat pasang surut, loncatan air, pengaliran air ke saluran, sedimentasi atau peningkatan koefisien kekasaran atau kesalahan operasi bangunan air di saluran (bukan karena penambahan debit).

Tabel 2.10. Tinggi Jagaan Minimum Untuk Saluran Dari Tanah Dan Dari Pasangan

Q (m ³ /dtk)	Tinggi jagaan (m)	
	pasangan	tanah
< 0.5	0.20	0.40
0.5 - 1.50	0.20	0.50
1.50 - 5.00	0.25	0.60
5.00 - 10.00	0.30	0.75
10.00 - 15.00	0.40	0.85
> 15.00	0.50	1.00

Sumber: Hidroulika Saluran terbuka, Anggrahini, 2005 : 366

2.4.5. Kondisi Hidrolika Saluran

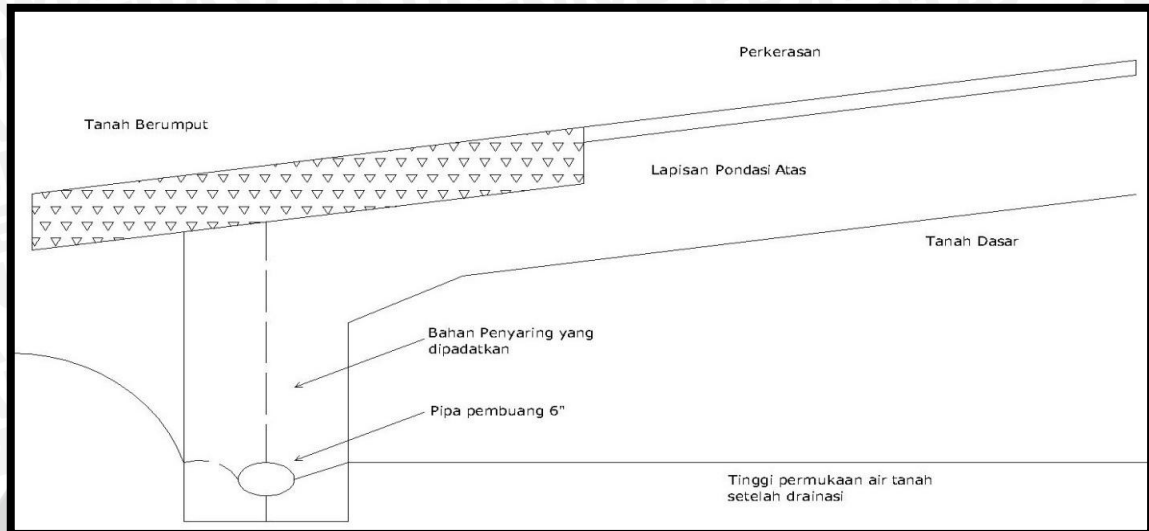
Dalam perencanaan sistem drainasi tidak bisa dipungkiri bahwa hidrolika sangatlah besar. Namun penerapan hidrolika dalam perencanaan sistem drainasi haruslah melihat faktor-faktor hidrolika dalam saluran drainasi itu sendiri. Yang perlu diperhatikan dalam perencanaan drainasi dilihat dari sisi hidrolikanya adalah sebagai berikut:

1. Kecepatan minimum aliran agar ditentukan tidak lebih besar kecepatan minimum yang diijinkan sehingga tidak terjadi pengendapan dan pertumbuhan tanaman air.
2. Kecepatan maksimumnya agar ditentukan tidak lebih besar dari kecepatan yang diijinkan agar tidak terjadi kerusakan.
3. Bentuk penampang saluran agar dipilih berupa segi empat, trapesium, lingkaran, bagian dari lingkaran, bulat telur, bagian dari bulat telur, atau kombinasi dari bentuk-bentuk diatas yang disesuaikan dengan efisiensi dan manfaat.
4. Saluran hendaknya dibuat dalam bentuk majemuk, terdiri dari saluran besar dan kecil, guna mengurangi beban pemeliharaan.
5. Kelancaran pengaliran air dari jalan ke dalam saluran drainasi agar dilewatkan melalui lubang pematas yang berdimensi dan berjarak penempatan tertentu.
6. Dimensi bangunan pelengkap seperti gorong-gorong, pintu air, dan lubang pemeriksaan agar ditentukan berdasarkan kriteria perancangan sesuai dengan macam kota, daerah dan macam saluran.

2.4.6. Saluran Drainase Bawah Permukaan (Sub Surface Drainage)

Untuk menghitung kapasitas saluran-saluran dalam suatu sistem drainase, terlebih dahulu harus diketahui bentuk penampang (dimensi) dari saluran tersebut.

Hardjoso Prodjopangarso (1987:8) menyebutkan bahwa saluran drainase bawah permukaan (*subsurface drainage*) yang digunakan adalah saluran pipa beton yang berlubang-lubang.



Gambar 2.4. Detail Saluran Drainase Bawah Tanah

Sumber: Horonjeff, 1993:226

Dalam menentukan dimensi penampang saluran drainasi dihitung seperti halnya mendesain saluran terbuka dimana alirannya menggunakan aliran gravitasi dengan pendekatan rumus aliran seragam, yang mempunyai ciri-ciri pokok sebagai berikut (Chow, 1997:81):

1. Kedalaman, luas basah, kecepatan dan debit pada setiap penampang pada bagian saluran yang lurus adalah konstan.
2. Garis energi, muka air dan dasar saluran saling sejajar, artinya kemiringannya sama atau $S_f = S_w = S_o = S$.

Persamaan Manning sangat populer digunakan dalam karakteristik aliran seragam dalam pipa. Penggunaan rumus Manning dalam perancangan sistem drainase pipa bawah tanah, yaitu (Chow, 1997:90):

$$V = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} S^{\frac{1}{2}} \quad (2-25)$$

dengan:

- V = kecepatan aliran (m/dt)
- n = Koefisien kekasaran saluran
- R = jari-jari hidrolis saluran
- S = kemiringan dasar saluran

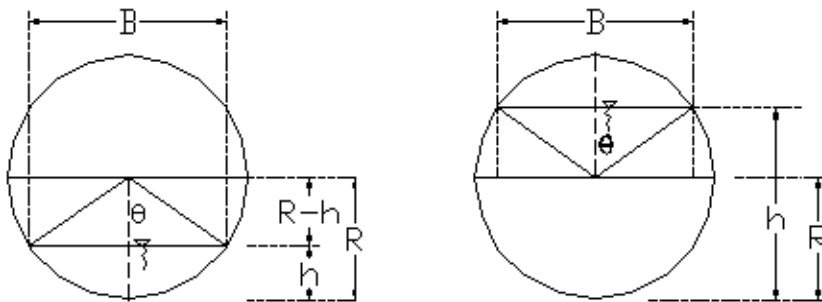
Perhitungan pada pipa beton yang tidak terisi penuh sama halnya dengan perhitungan pada saluran terbuka karena di atasnya terdapat tekanan udara, sehingga dalam perhitungan dimensinya menggunakan prinsip-prinsip hidrolika saluran terbuka.

Tabel 2.11. Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	Nilai n		
	Min	Normal	Maks
Gorong-gorong terisi sebagian			
Gorong-gorong lurus dan bebas kikisan	0,01	0,011	0,013
Gorong-gorong dengan kelengkungan, sambungan dan sedikit kikisan	0,011	0,013	0,014
Gorong-gorong dipoles	0,011	0,012	0,014
Saluran drainase dengan bak kontrol, mulut pemasukan dan lain-lain	0,013	0,015	0,017
Gorong-gorong tidak dipoles seperti baja	0,012	0,013	0,02

Sumber: Chow, 1997:99

Pada penampang saluran drainase berbentuk lingkaran akan didapatkan, untuk (Linsley,1991:246): V_{maks} pada $y = 0,815 do$ dan Q_{maks} pada $y = 0,925 do$



Gambar 2.5. Penampang Saluran Drainase (Pipa Berbentuk Lingkaran)

Sumber: Chow, 1997:19

Gambar di atas merupakan keadaan yang sering dijumpai dalam teknik hidrolik, terutama pada masalah saluran drainasi, yaitu tentang pipa tertutup yang terisi sebagian. Dalam keadaan ini, permukaan zat cair berada dalam tekanan atmosfer dan alirannya sama dengan yang terjadi pada saluran terbuka. Untuk menghitung dimensi pipa drainase digunakan rumus (Chow, 1997:19):

$$A = \frac{1}{8} (\theta - \sin \theta) D^2 \quad (2-26)$$

$$P = \frac{1}{2} \theta \cdot D \quad (2-27)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{\theta} \right) \cdot D \quad (2-28)$$

$$T = \left(\ln \frac{1}{2} \theta \right) D \quad \text{atau} \quad T = 2\sqrt{y(D-y)} \quad (2-29)$$

Untuk kondisi aliran penuh ($y = D$, dan $\theta = 2\pi$), maka Persamaan 2-24 sampai Persamaan 2-26 menjadi:

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot D^2 \quad (2-30)$$

$$P = \pi \cdot D \quad (2-31)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1}{4} D \quad (2-32)$$

dengan:

A = luas penampang pipa (m^2)

P = perimeter basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

d_o = diameter pipa (m)

y = kedalaman air dalam pipa (m)

T = lebar permukaan (m)

Untuk menentukan diameter saluran drainase digunakan rumus sebagai berikut (Chow, 1197:128):

$$Q = A \cdot V \quad (2-33)$$

$$Q = \frac{1}{n} A R^{2/3} S^{1/2} \quad (2-34)$$

$$Q = \frac{1}{n} S^{1/2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot D^2}{4} \right) \cdot \left(\frac{D}{4} \right)^{2/3} \quad (2-35)$$

$$Q = \frac{0,311}{n} \cdot S^{1/2} \cdot D^{8/3} \quad (2-36)$$

$$D = \left(\frac{3,208 \cdot Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (2-37)$$

dengan:

- Q = debit saluran (m³/dt)
- A = luas penampang saluran (m²)
- V = kecepatan aliran (m/dt)
- D = diameter pipa (m)
- n = koefisien kekasaran Manning

Pada studi ini, dimensi pipa bawah permukaan direncanakan dengan anggapan tinggi permukaan air maks $y = 0,7 D$. Hal ini dilakukan untuk menghindari luapan air dari lubang-lubang pada saat Q_{maks} . Untuk $y = 0,7D$ diperoleh harga $\theta = 227,2$ dan persamaan 2-24 sampai persamaan 2-26 menjadi:

$$A = 0,587 \cdot D^2 \quad (2-38)$$

$$P = 1,981 \cdot D \quad (2-39)$$

$$R = \frac{A}{P} = 0,296 \cdot D \quad (2-40)$$

Dan persamaan 2-35 menjadi:

$$D = \left(\frac{Q \cdot n}{0,261 \cdot S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (2-41)$$

2.5.1. Proyeksi Jumlah Mahasiswa, Dosen dan Karyawan

Untuk menghitung jumlah mahasiswa, dosen, dan karyawan maka digunakan rata-rata pertumbuhan tahunan dengan rumus:

$$r = \left[\left(\frac{P_t}{P_0} \right)^{1/n} - 1 \right] \times 100\% \quad (2-42)$$

dengan:

r : Rata-rata laju pertumbuhan tahunan

P_0 : Jumlah pada tahun dasar

P_t : Jumlah penduduk pada tahun t

n : Tahun t – tahun dasar

2.5.2. Analisis Data (Perhitungan Pertumbuhan Penduduk)

Untuk Menghitung proyeksi laju pertumbuhan penduduk menggunakan asumsi pada Pertumbuhan geometri, karena laju pertumbuhan ini bersifat berskala atau bertahap dalam selang waktu tertentu. Adapun Rumus yang digunakan sebagai berikut:

$$P_n = P_0(1 + r)^n \quad (2-43)$$

dengan

P_n : Jumlah penduduk pada n tahun

P_0 : Jumlah penduduk pada awal tahun

r : Tingkat pertumbuhan penduduk

n : Periode dalam waktu

BAB III

METODOLOGI

3.1. Data Data Yang Diperlukan

Di dalam evaluasi sistem drainase Universitas Brawijaya, data-data yang diperlukan antara lain:

a. Data curah hujan

Data curah hujan diambil dari tahun 2001-2011 pada stasiun penakar hujan yang ada pada Laboratorium Hidrologi Jurusan Teknik Pengairan dan UPT Klimatologi Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya Malang.

b. Peta Topografi

Berdasarkan peta topografi dan wilayah, maka dapat diketahui dan ditentukan daerah genangan dan luasan daerah studi serta kontur yang akan menentukan arah aliran.

c. Tata Guna Lahan

Berdasarkan tata ruang Universitas Brawijaya dan observasi di lapangan, maka didapat koefisien pengaliran daerah yang ditinjau.

d. Jumlah mahasiswa, dosen dan karyawan

Dari jumlah mahasiswa yang ada, diperkirakan untuk tahun kedepan akan terjadi penambahan jumlah mahasiswa yang signifikan. Data yang ada akan digunakan untuk menentukan besarnya debit air kotor.

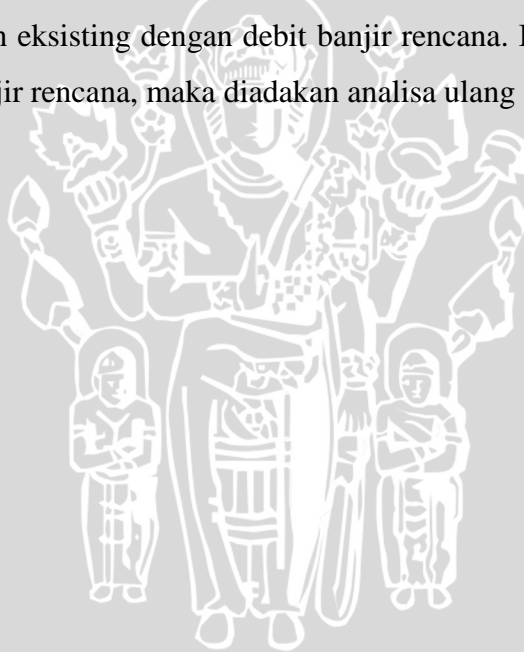
3.1.1. Prosedur Pengelolaan Data

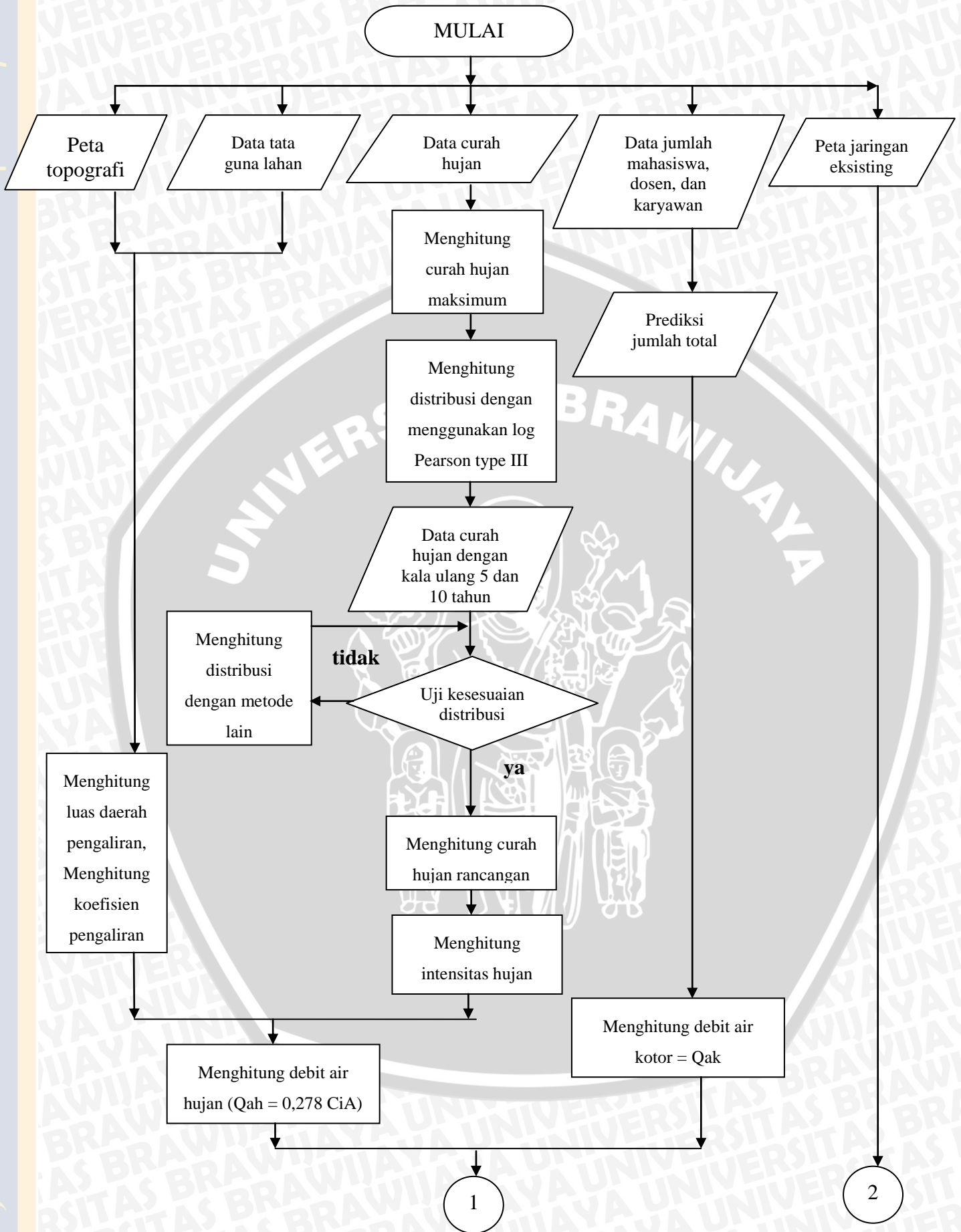
Sistematika penyusunan tugas akhir dapat dianalogkan dalam bentuk diagram alir yang merupakan proses penyusunan tugas akhir secara sistematika dari awal hingga akhir, dimana semua proses analisa tersebut bertujuan untuk menentukan dimensi saluran yang dapat menampung debit air rancangan yang terjadi pada periode perencanaan yang direncanakan dari semua parameter yang dimaksud, termasuk kejadian-kejadian yang mengakibatkan berubahnya parameter non-teknis lainnya.

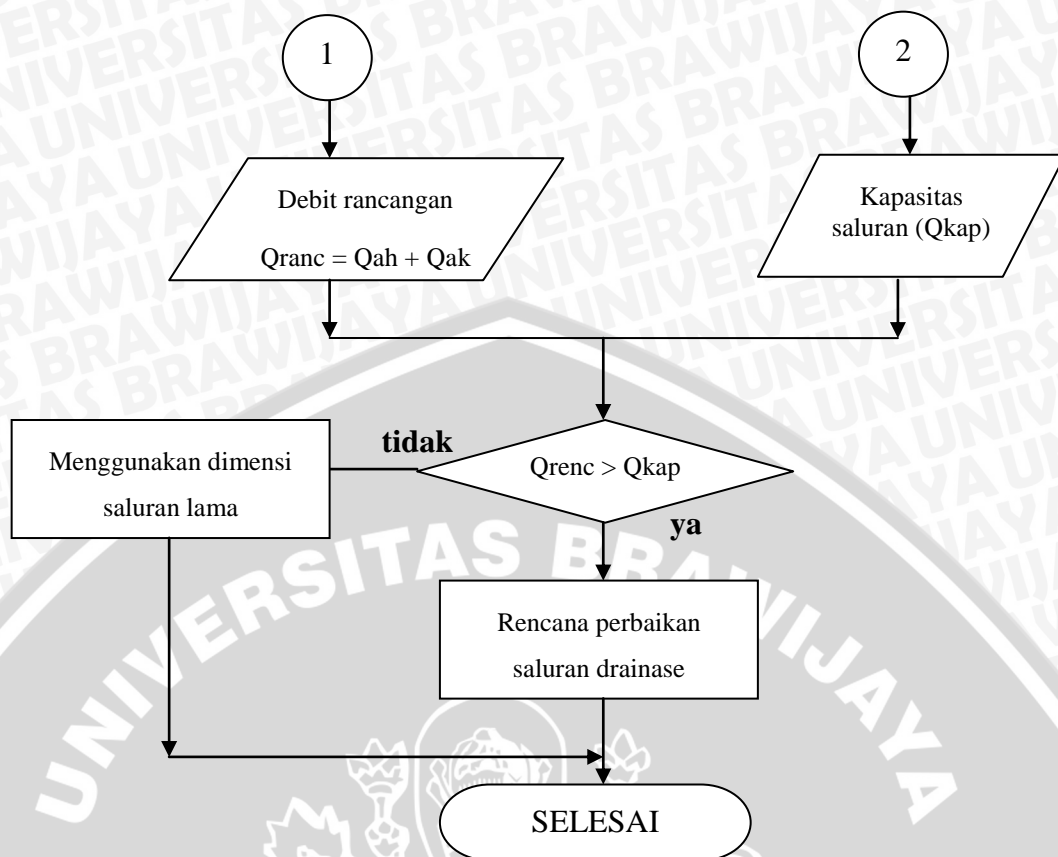
Langkah-langkah dalam pengerjaan studi perencanaan sistem drainase Universitas Brawijaya untuk mengatasi banjir adalah sebagai berikut:

1. Menghitung curah hujan harian maksimum tiap bulan.
2. Menghitung curah hujan rancangan dengan menggunakan yang sesuai dengan distribusi data curah hujan.
3. Melakukan analisa statistik untuk melihat kesesuaian data curah hujan maksimum dengan menggunakan metode uji kesesuaian distribusi yang digunakan adalah uji smirnov kolmogorov, dan uji chi square.
4. Menghitung debit air hujan dengan Metode Rasional.
5. Perhitungan waktu konsentrasi dan intensitas curah hujan.
6. Proyeksi Dosen, Karyawan, dan Mahasiswa.
7. Menghitung jumlah debit air kotor rencana.
8. Menghitung debit banjir rencana didapat dari jumlah debit air hujan dan debit air kotor.
9. Menghitung kapasitas saluran eksisting yang ada.

Evaluasi kapasitas saluran eksisting dengan debit banjir rencana. Bila kapasitas saluran lebih kecil dari debit banjir rencana, maka diadakan analisa ulang saluran drainase yang ada.







Gambar 3.1 Sistemika Analisa Saluran Drainase

BAB IV

ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1. Analisis Hidologi

Pada bab ini akan dibahas proses perhitungan dalam merencanakan suatu sistem drainase, berdasarkan data yang telah dikumpulkan dengan mengikuti langkah-langkah perhitungan sebagaimana yang tertulis pada bab sebelumnya.

Data curah hujan harian maksimum diperoleh dari 2 stasiun penakar hujan selama 10 tahun terakhir, yaitu dari stasiun Laboratorium Hidrologi Jurusan Pengairan dan stasiun UPT Klimatologi Fakultas Pertanian. Data curah hujan disajikan pada Tabel 4.1. dan Tabel 4.2.

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Maksimum Stasiun Laboratorium Hidrologi Jurusan Teknik Pengairan Tahun 2001-2011

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES	HMx
2001	59,3	34	80	21	33,75	31	31	0	63	60	34	26	80
2002	108	116	49	64,5	21,4	1,5	34	1,5	0	13,25	28	64	116
2003	90	41	67	31,5	37	2	0	0	45,5	16,5	49	40,75	90
2004	62,5	71,45	51,3	22	38,5	1	7,5	0	0	11	62,3	0	71,45
2005	22	77,6	86	79	19,5	100,4	12,5	17,25	15,4	30	95,2	49	100,4
2006	52,25	92	46,5	71,1	102,5	0	0	0	0	0,5	14	71,5	102,5
2007	66,6	50	55	71,5	38	9,5	0	0	21	25	56	70	71,5
2008	44	67,5	73,45	43,5	7	22	0	9	43	52,5	53	70	73,45
2009	47,1	59,5	28	38	67	3	3	4	7,5	14,5	41	83	83
2010	61,5	55,5	61	45,5	31	24,5	28	30	86,5	64	156,5	64	156,5
2011	42	58,5	92	93,5	63,7	5	0	0	11	51,5	58,4	30	93,5
HMx													
													156,5

Tabel 4.2. Data Curah Hujan Maksimum UPT Klimatologi Fakultas Pertanian Tahun 2001-2011

THN	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES	HMx
2001	58	35	59	21	40	55	21	0	9	57	40	44	59
2002	92	98	67	64	30	0	40	0	0	100	19	49	100
2003	88	32	70	36	28	2	0	0	57	13	30	84	88
2004	39	30	72	6	26	0	0	0	14	20	20	19	72
2005	21	24	33	32	8	45	4	30	3	25	71	51	71
2006	61	95	50	61	40	14	0	3	0	0	40	85	95
2007	53	42	70	67	33	24	5	0	18	27	42	45	70
2008	18	6	8	6	20	4	0	2	3	6	66	73	73
2009	23	36	12	7	8	3	1	3	2	0	5	22	36
2010	22	18	60	40	31	4	6	18	44	44	68	58	68
2011	22	21	34	32	31	0	2	0	4	6	23	17	34
HMx													
													100

4.2. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Metode Log-Pearson Type III

Perhitungan curah hujan rancangan dengan menggunakan metode Log-Pearson Type III untuk kala ulang 5, dan 10 tahun adalah sebagai berikut:

1. Hujan harian maksimum diubah menjadi bentuk logaritma.
2. Nilai Log x rerata:

$$\overline{\text{Log } X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log X_i}{n} = 1,960896$$

3. Standar deviasi:

$$S_{\text{Log } X} = \sqrt{\frac{\sum (\log X_i - \overline{\log X})^2}{n-1}} = \sqrt{\frac{0,105127}{10}} = 0,102532$$

4. Nilai koefisien kemencengan:

$$CS = \frac{n \sum (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} = \frac{11 \cdot (0,010438)}{10 \cdot 9 \cdot (0,102532)^3} = 1,183514$$

5. Curah Hujan dengan kala ulang tertentu:

$$Tr = 5$$

$$Cs = 1,183514$$

Dari table log pearson type III:

$$Cs = 1,1 \quad \rightarrow G = 0,745$$

$$Cs = 1,2 \quad \rightarrow G = 0,732$$

Sehingga diinterpolasi didapatkan nilai $G = 0,851318$

Curah Hujan dengan kala ulang tertentu:

$$Tr = 10$$

$$Cs = 1,183514$$

Dari table log pearson type III:

$$Cs = 1,1 \quad \rightarrow G = 1,341$$

$$Cs = ,12 \quad \rightarrow G = 1.340$$

Sehingga diinterpolasi didapatkan nilai $G = 1,3402$

6. Nilai logaritma curah hujan harian dengan waktu balik 5, dan 10 tahun.

$$\overline{\text{Log X}} = \overline{\text{Log X}} + G \overline{\text{SLog X}}$$

$$\text{Log X} = 1,960896 + 1,3402 (0.3242) = 2,395$$

$$\text{Log X} = \mathbf{248,70 \text{ mm}}$$

Untuk perhitungan distribusi Log Pearson Type III dapat dilihat pada tabel 4.3.

Tabel 4.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Menggunakan Metode Log-Pearson Type III

Tahun	Hujan Max. (Xi)	Log Xi	Log Xi - Log X	[Log Xi - Log X] ²	[Log Xi - Log X] ³
2001	80,00	1,903090	-0,057806	0,003342	-0,000193
2002	116,00	2,064458	0,103562	0,010725	0,001111
2003	90,00	1,954243	-0,006653	0,000044	0,000000
2004	71,45	1,854002	-0,106894	0,011426	-0,001221
2005	95,20	1,978637	0,017741	0,000315	0,000006
2006	102,50	2,010724	0,049828	0,002483	0,000124
2007	71,50	1,854306	-0,106590	0,011361	-0,001211
2008	73,45	1,865992	-0,094904	0,009007	-0,000855
2009	83,00	1,919078	-0,041818	0,001749	-0,000073
2010	156,50	2,194514	0,233618	0,054578	0,012750
2011	93,50	1,970812	0,009916	0,000098	0,000001
Jumlah	1033,1	21,569855	0,000000	0,105128	0,010438
X	93,91818182	1,972750			

4.3. Uji Kesesuaian Distribusi Frekuensi

Pemeriksaan uji kesesuaian dimaksudkan untuk mengetahui suatu kebenaran hipotesa distribusi frekuensi. Dengan pemeriksaan ini akan diketahui:

Kebenaran akan hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.

Kebenaran hipotesa (diterima/ditolak)

4.3.1. Uji Chi Square

Jumlah kelas distribusi (k):

$$n = 11$$

$$k = 1 + 3,322 \text{ Log } n$$

$$k = 1 + 3,322 \text{ Log } 11$$

$$k = 4,459 \approx 4$$

Mencari kelas:

$$Pr = 100 / 4 = 25$$

$$Cs = 1,183514$$

$$Sd = 0,102532$$

$$\text{Log} X = \overline{\text{Log } X} + G S \overline{\text{Log} X}$$

Contoh perhitungan pada kolom pertama:

$$G = 0,580167 \text{ (dari hasil interpolasi } Cs \text{ dan } Pr \text{ pada table Log Pearson Type III)}$$

$$\text{Log } X = 0,580167 + 1,960896 (0,102532) = 2,020381$$

$$X = 104,8049$$

Untuk mencari batas kelas Pr selanjutnya dilakukan tahapan yang sama.

Frekuensi yang diharapkan (EF) = Jumlah data / Jumlah kelas =

$$EF = \frac{11}{4} = 2,75$$

Frekuensi yang terjadi = 3

$$(X) = \frac{(OF - EF)^2}{EF} = \frac{(3 - 2,75)^2}{2,75} = 0,22727$$

Untuk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.4. dan Tabel 4.5.

Tabel 4.4. Menentukan Batas Kelas

No	Pr	G	Sd	log x	x
1	25	0,580167	0,102532	2,020381	104,8049
2	50	-0,192	0,102532	1,94121	87,33933
3	75	-0,736	0,102532	1,885433	76,81263

Tabel 4.5. Uji Chi Square

Kelas	No	Rentang	EF	OF	(OF-EF)^2/EF
1	1	0.000 - 76.813	2,75	3	0,022727273
2	2	76.813 - 87.339	2,75	2	0,204545455
3	3	87.339 - 104.805	2,75	4	0,568181818
4	4	104.805 - ...	2,75	2	0,204545455
Jumlah	Total			11	1

Dengan alpha 5% dan derajat bebas $v=3$ maka didapatkan chi square tabel sebesar 7.815. chi square hitung $<$ chi square tabel ($1.000 < 7.815$) maka persamaan distribusi dapat diterima.

4.3.2. Uji Smirnov-Kolmogorov

Contoh perhitungan Pr dengan cara analisis adalah sebagai berikut:

$$x = 71,45$$

$$\log x = 1,854$$

$$\overline{\text{Log X}} = 1,961$$

$$\text{Sd} = 0,1205$$

Tentukan harga G pada masing-masing probabilitas

$$G = \frac{\log x - \overline{\log x}}{Sd} = \frac{1.854 - 1.961}{0,1025} = 0,5802$$

Peluang empiris (Pe)

$$P_E = \frac{100 \times m}{n + 1} \% = 8,33\%$$

Dicari probabilitas dari harga G tersebut dari tabel Log Pearson Type III untuk nilai koefisien kepengcengan, harga $G = -1,04254$ $C_s = 1,183514$ maka didapat $P_a = 88,344\%$

Hitung peluang teoritis (P_T) yang diperoleh dari $100 - P_a$

$$P_T = 100 - 88,344 = 11,656\%$$

Hitung selisih antara P_t dan P_e

$$D = |P_E - P_T| = |8,333 - 11,656| = 3,3229\%$$

Tabel 4.6. Uji Smirnov Kolmogorov

No	x	log x	G	Pe	Pa	Pt	D
1	71,45	1,8540	-1,0425	8,3333	88,3437	11,6563	3,3229
2	71,5	1,8543	-1,0396	16,6667	88,2186	11,7814	4,8853
3	73,45	1,8660	-0,9256	25,0000	83,4096	16,5904	8,4096
4	80	1,9031	-0,5638	33,3333	67,0858	32,9142	0,4191
5	83	1,9191	-0,4079	41,6667	59,9198	40,0802	1,5865
6	90	1,9542	-0,0649	50,0000	45,7180	54,2820	4,2820
7	93,5	1,9708	0,0967	58,3333	40,6525	59,3475	1,0141
8	95,2	1,9786	0,1730	66,6667	38,1816	61,8184	4,8483
9	102,5	2,0107	0,4860	75,0000	28,0495	71,9505	3,0495
10	116	2,0645	1,0100	83,3333	15,4516	84,5484	1,2150
11	156,5	2,1945	2,2785	91,6667	3,0819	96,9181	5,2514
Nilai Maksimum D							8,4096

Dari Tabel 4.6. didapat harga $\text{maks} = 8.4096\% = 0,084$

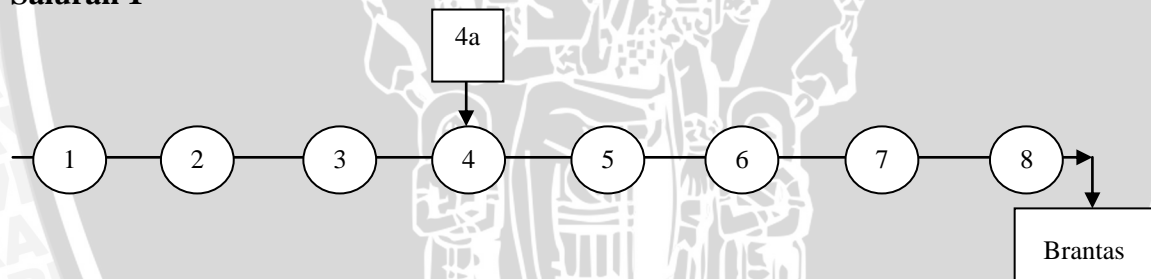
Cari nilai C_r dari tabel nilai kritis (c_r) untuk uji Kolmogorov Smirnov dengan mengambil derajat kepercayaan 5% dan jumlah data (n) = 11. Dengan melakukan interpolasi didapatkan nilai c_r sebesar 0,396.

Nilai $\text{maks} < c_r$ maka dapat disimpulkan bahwa data dapat diterima dan distribusi Log Pearson Type III dapat digunakan untuk perhitungan hujan rancangan.

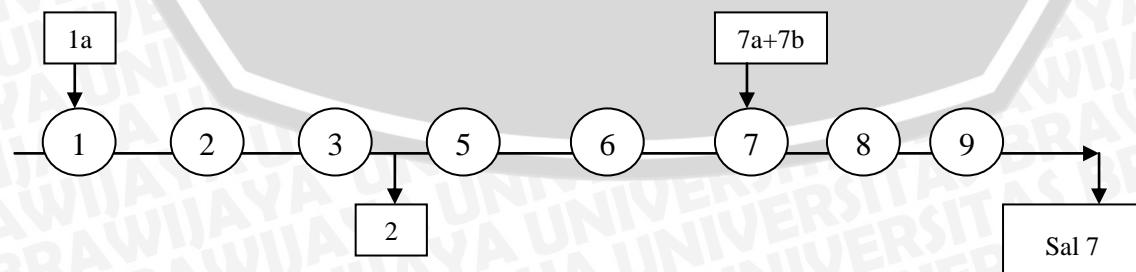
4.4. Analisis Debit Banjir Rancangan

Data curah hujan digunakan untuk menghitung debit. Dalam hal ini debit yang dimaksud adalah volume air yang mengalir lewat suatu penampang melintang dalam alur, pipa, ambang per satuan waktu. Dalam kajian ini menghitung debit dari curah hujan menggunakan metode rasional. Untuk menentukan debit rancangan maka diperlukan skema aliran yang ditunjukkan pada Gambar 4.1. dan untuk peta jaringan drainase mengacu pada Lampiran 13.

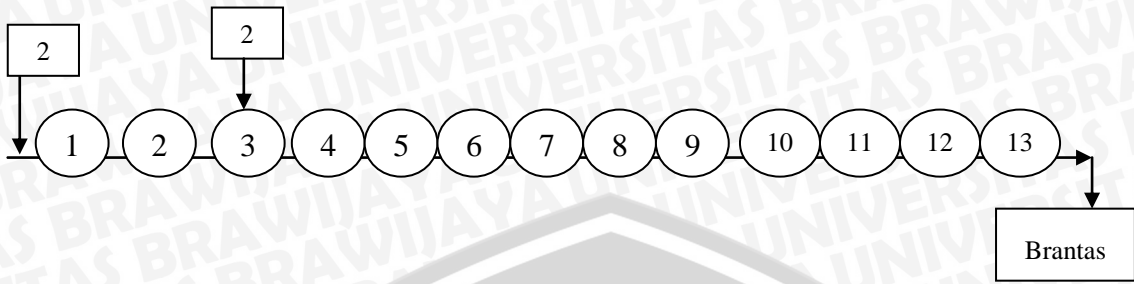
Saluran 1



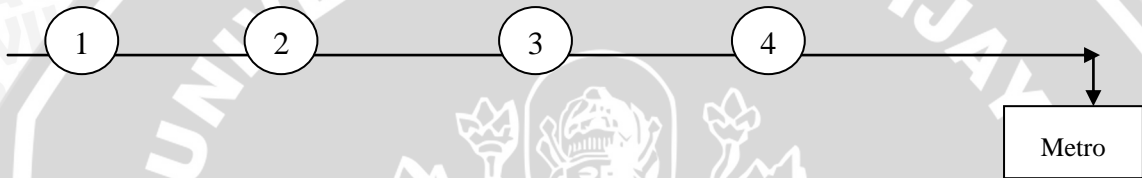
Saluran 2



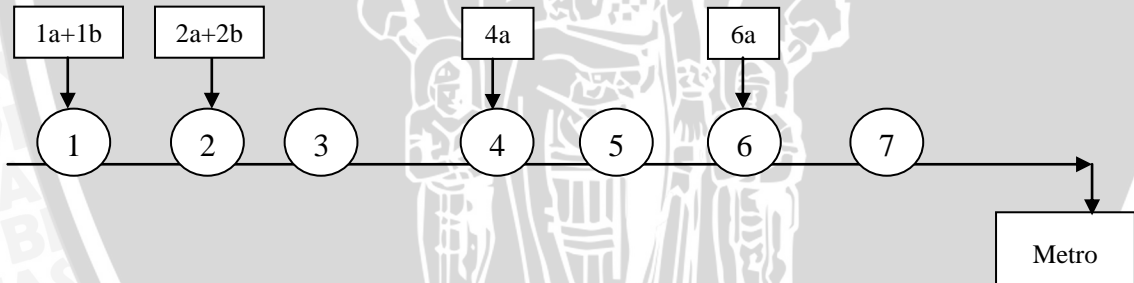
Saluran 3



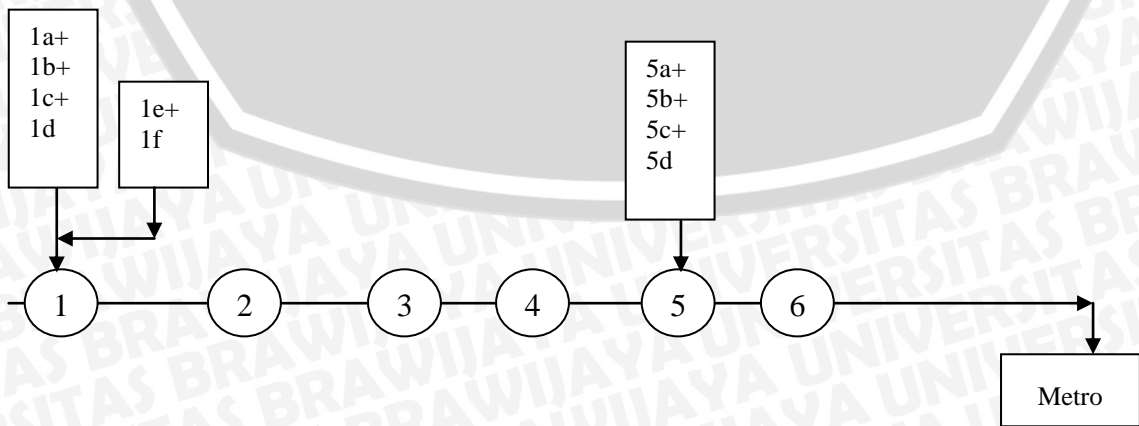
Saluran 4



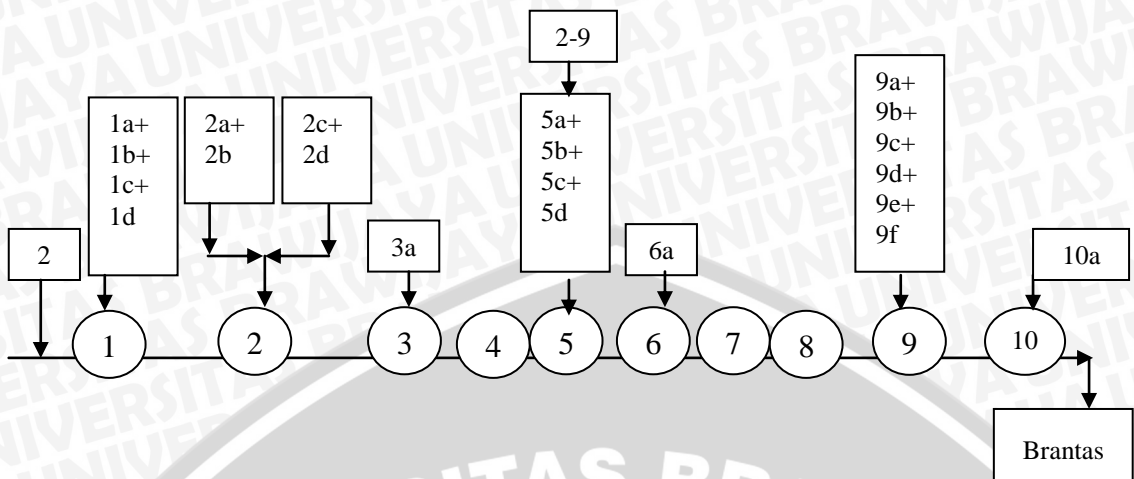
Saluran 5



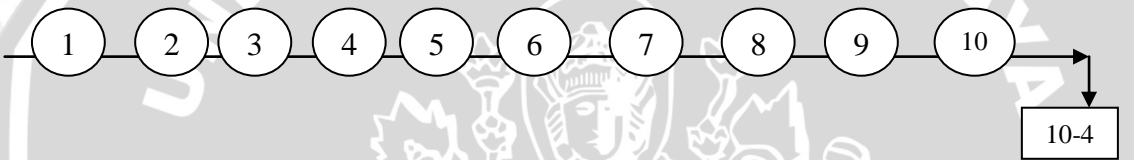
Saluran 6



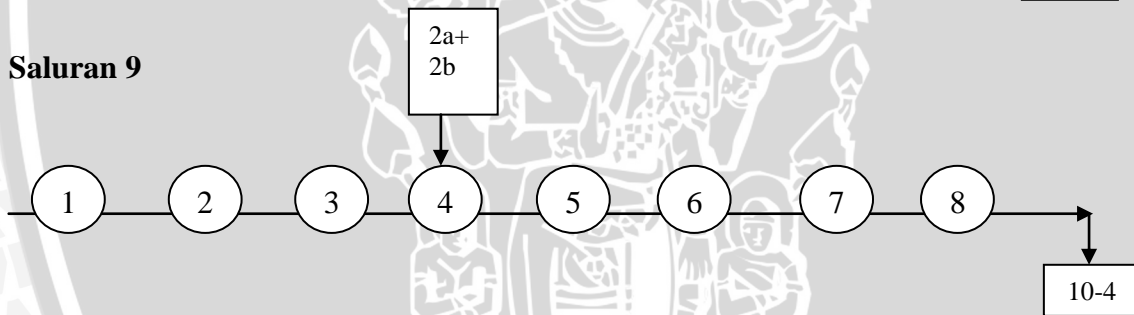
Saluran 7



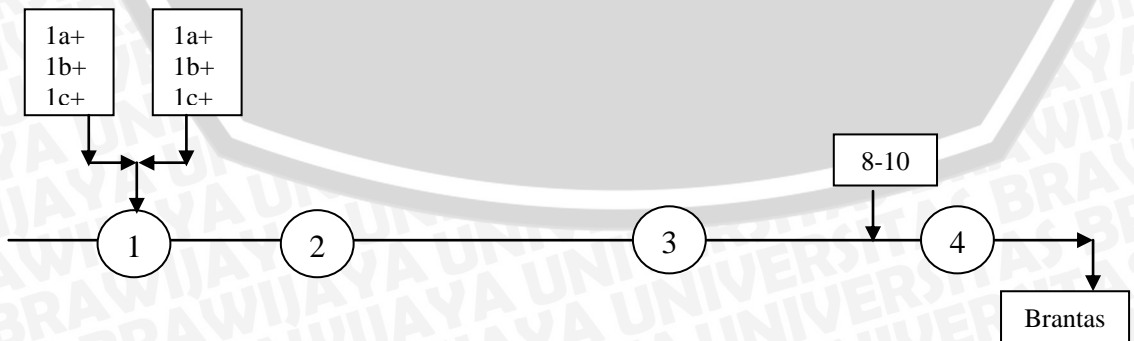
Saluran 8



Saluran 9



Saluran 10



Gambar 4.1. Skema Jaringan Drainase

Untuk data jaringan drainase selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.7., Tabel 4.8., Tabel 4.9., Tabel 4.10., Tabel 4.11., Tabel 4.12., Tabel 4.13., Tabel 4.14., Tabel 4.15., Tabel 4.16. dan Tabel 4.17.

Tabel 4.7. Data Saluran 1

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
1	1-1	1-2	103	103	108	2		×	Ada Sampah
2	1-2	1-3	105	105	132	1		×	Kering
3	1-3	1-4	103	103	133	1		×	Kering
4	1-4a	1-4	35	35	75	1		×	Kering
5	1-4	1-5	103	103	108	1		×	Kering
6	1-5	1-6	105	105	132	1		×	Kering
7	1-6	1-7	103	103	133	1		×	Kering
8	1-7	1-8	103	103	133	1		×	Tertutup Trotoar
9	1-8	Brantas	103	103	133	1		×	Tertutup Trotoar

Tabel 4.8. Data Saluran 2

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)				
1	2-1a	2-1	36	36	45	0		×	Kering
2	2-1	2-2	95	95	105	8		×	Kotor
3	2-2	2-3	95	95	105	8		×	Kotor
4	2-3	2-4	98	98	108	2		×	Tertutup Trotoar
5	2-4	2-5	98	98	80	2		×	Tertutup Trotoar
6	2-5	2-6	98	98	80	2		×	Tertutup Trotoar
7	2-6	2-7	98	98	80	2		×	Tertutup Trotoar
8	2-7a	2-7	72	72	75	5		×	-
9	2-7b	2-7	72	72	72	5		×	-
10	2-7	2-8	92	92	80	5		×	Tertutup Trotoar

11	2-8	2-9	92	92	80	5	×		Tertutup Trotoar
12	2-9	Saluran 7-5	92	92	80	5	×		Tertutup Trotoar

Tabel 4.9. Data Saluran 3

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)				
1	3-1	3-2	98	98	102	5		×	Kotor
2	3-2	3-3	95	73	85	7		×	Kotor
3	3-3a	3-3	274	253	105	8	×		Banyak Sedimen
4	3-3	3-4	274	253	90	8	×		Banyak Sedimen
5	3-4	3-5	277	250	220	10	×		Banyak Sedimen
6	3-5	3-6	277	254	234	8	×		Tertutup
7	3-6	3-7	277	254	234	8	×		Banyak Sedimen
8	3-7	3-8	286	250	260	6	×		Banyak Sedimen
9	3-8	3-9	264	250	240	10	×		Banyak Sedimen
10	3-9	3-10	280	250	246	6	×		Banyak Sedimen
11	3-10	3-11	270	250	256	9	×		Banyak Sedimen
12	3-11	3-12	277	250	270	4	×		Banyak Sedimen
13	3-12	Brantas	290	250	300	6	×		Banyak Sedimen

Tabel 4.10. Data Saluran 4

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)				
1	4-1	4-2	65	65	82	15		×	Kotor
2	4-2	4-3	65	65	83	8		×	Kotor
3	4-3	4-4	66	66	84	8		×	Kotor
4	4-4	Metro	70	70	84	5		×	Kotor

Tabel 4.11. Data Saluran 5

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)				
1	5-1a	5-1	36	36	42	1	×	Kering	
2	5-1b	5-1	50	50	60	1	×	Kering	
3	5-1	5-2	60	60	75	1	×	Kering	
4	5-2a	5-3	55	55	60	5	×	Kotor	
5	5-2b	5-3	55	55	40	10	×	Kotor	
6	5-2	5-3	60	60	75	10	×	Kotor	
7	5-3	5-4	55	55	40	1	×	Kering	
8	5-4a	5-4	60	60	75	1	×	Kering	
9	5-4	5-5	50	50	60	1	×	Kering	
10	5-5	5-6	52	52	56	1	×	Kering	
11	5-6a	5-6	42	42	65	1	×	Kering	
12	5-6	5-7	70	70	85	1	×	Kering	
13	5-7	Metro	76	76	90	1	×	Kering	

Tabel 4.12. Data Saluran 6

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)				
1	6-1a	6-1b	55	55	40	1	×	Ada Sampah	
2	6-1b	6-1d	55	55	40	1	×	Kering	
3	6-1c	6-1d	55	55	40	1	×	Kering	
4	6-1d	6-1	55	55	40	1	×	Kering	
5	6-1e	6-1f	60	60	75	1	×	Sedimen	
6	6-1f	6-1	60	60	75	1	×	Sedimen	
7	6-1	6-2	61	61	72	1	×	-	
8	6-2	6-3	60	60	76	1	×	-	
9	6-3	6-4	56	56	68	1	×	-	
10	6-4	6-5	62	62	72	1	×	-	
11	6-5a	6-5b	64	64	60	1	×	-	
12	6-5b	6-5c	63	63	64	1	×	-	
13	6-5c	6-5d	64	64	72	1	×	-	
14	6-5d	6-5	65	65	73	1	×	-	
15	6-5	6-6	64	64	72	2	×	-	
16	6-6	Metro	70	70	80	2	×	-	

Tabel 4.13. Data Saluran 7

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
1	7-1a	7-1c	70	70	42	1	×	Vegetasi	
2	7-1b	7-1c	70	70	41	1	×	Vegetasi	
3	7-1c	7-1	70	70	43	1	×	Sedimen	
4	7-1d	7-1	70	70	40	1	×	Vegetasi	
5	7-1e	7-1	70	70	43	1	×	Sedimen	
6	7-1	7-2	70	70	45	1	×	Vegetasi	
7	7-2a	7-2c	71	71	104	1	×	Tertutup	
8	7-2b	7-2	71	71	104	1	×	Tertutup	
9	7-2	7-3	71	71	104	1	×	Tertutup	
10	7-3a	7-3	71	71	104	1	×	-	
11	7-3	7-4	71	71	104	1	×	-	
12	7-4	7-5	71	71	104	1	×	-	
13	7-5a	7-5b	71	71	104	1	×	-	
14	7-5b	7-5c	71	71	104	1	×	-	
15	7-5c	7-5	71	71	104	1	×	-	
16	7-5	7-6	71	71	104	1	×	-	
17	7-6a	7-6b	60	60	52	1	×	-	
18	7-6b	7-6	60	60	52	1	×	-	
19	7-6c	7-6d	58	58	50	1	×	-	
20	7-6d	7-6	58	58	50	1	×	Tertutup	
21	7-6	7-7	58	58	50	1	×	Tertutup	
22	7-7a	7-7	58	58	50	1	×	Tertutup	
23	7-7	7-8	58	58	50	1	×	Tertutup	
24	7-8	7-9	58	58	50	1	×	Tertutup	
25	7-9	7-10	58	58	50	1	×	Tertutup	
26	7-10	7-11	80	80	75	1	×	Tertutup	
27	7-11a	7-11b	30	30	25	1	×	-	
28	7-11b	7-11c	32	32	26	1	×	-	
29	7-11c	7-11d	30	30	25	1	×	-	
30	7-11d	7-11e	35	35	40	1	×	-	
31	7-11e	7-11f	36	36	45	1	×	-	
32	7-11f	7-11	42	42	50	1	×	-	
33	7-11	7-12	80	80	75	1	×	-	
34	7-12a	7-12	80	80	75	2	×	-	
35	7-12	Metro	85	85	85	2	×	-	

Tabel 4.14. Data Saluran 8

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
1	8-1	8-2	64	64	76	1		×	Tertutup Trotoar
2	8-2	8-3	64	64	76	1		×	Tertutup Trotoar
3	8-3	8-4	64	64	76	1		×	Tertutup Trotoar
4	8-4	8-5	64	64	76	1		×	Tertutup Trotoar
5	8-5	8-6	64	64	76	1		×	Tertutup Trotoar
6	8-6	8-7	64	64	76	1		×	Tertutup Trotoar
7	8-7	8-8	64	64	76	1		×	-
8	8-8	8-9/7-10	81	81	80	1		×	-
9	8-9	8-10	82	82	81	1		×	-
10	8-10	Saluran 10-4	81	81	80	1		×	-

Tabel 4.15. Data Saluran 9

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
1	9-1	9-2	60	60	108	1		×	Kering
2	9-2	9-3	60	60	108	1		×	Kering
3	9-3	9-4	60	60	80	1		×	Kering
4	9-4a	9-4	60	60	108	1		×	Tertutup
5	9-4b	9-4	60	60	108	1		×	Tertutup
6	9-4	9-5	60	60	100	1		×	Kering
7	9-5	9-5	62	62	90	1		×	Kering
8	9-6	9-6	64	64	80	1		×	Kering
9	9-7	9-7	65	65	100	1		×	Kering
10	9-8	Saluran 10-4	75	75	105	1		×	Kering

Tabel 4.16. Data Saluran 10

No.	Nama	Arah Aliran Ke	Dimensi Saluran				Terbuat Dari		Kondisi
			B Atas	B Bawah	H	y	Pas batu	Beton	
			(cm)	(cm)	(cm)	(cm)			
1	10-1a	10-b	63	63	52	1		×	Kering
2	10-1b	10-c	62	62	45	1		×	Kering
3	10-1c	10-1	62	62	43	1		×	Kering
4	10-1d	10-e	61	61	41	1		×	Kering
5	10-1e	10-f	60	60	45	1		×	Kering
6	10-1f	10-1	59	59	40	1		×	Kering
7	10-1	10-2	52	52	108	1		×	Kering
8	10-2	10-3	53	53	100	1		×	Kering
9	10-3	10-4	52	52	105	1		×	Kering
10	10-4	Brantas	52	52	108	1		×	Kering

Tabel 4.17. Slope Saluran

No.	Nama Sal.	Arah Aliran Ke	Titik Awal		Titik Akhir		Jarak	Beda Tinggi	Slope
			Saluran	Elev. Awal	Saluran	Elev. Akhir			
				(m)		(m)			
1	1	Brantas	1-1	496,00	1-8	489,00	389,06	7,00	0,0180
2	2	Brantas	2-1a	496,50	7-5	490,00	652,33	6,50	0,0100
3	3	Brantas	3-1	493,50	3-12	485,00	655,15	8,50	0,0130
4	4	Metro	4-1	492,90	4-4	484,40	167,48	8,50	0,0508
5	5	Metro	5-1a	496,70	5-7	481,00	549,41	15,70	0,0286
6	6	Metro	6-1a	492,90	6-6	481,00	645,27	11,90	0,0184
7	7	Metro	7-1a	490,00	7-12	481,60	968,62	8,40	0,0087
8	8	Brantas	8-1	490,00	8-10	482,00	824,79	8,00	0,0097
9	9	Brantas	9-1	499,00	9-8	482,00	492,21	17,00	0,0345
10	10	Brantas	10-1a	499,00	10-4	482,00	492,21	17,00	0,0345

4.4.1. Perhitungan Intensitas Curah hujan

Pada perencanaan saluran drainase, langkah awal yang dilakukan adalah menghitung kemiringan permukaan tanah rata-rata (slope). Perhitungan ini sangat penting untuk menghitung waktu konsentrasi dari hujan yang jatuh pada daerah studi untuk sampai ke saluran terdekat. Intensitas hujan didefinisikan sebagai tinggi hujan persatuan waktu, dengan satuan mm/jam atau mm/hari. Untuk menentukan intensitas hujan digunakan rumus mononobe. Pada saluran drainase, intensitas hujan diperhitungkan berdasarkan jarak terjauh yang ditempuh air untuk mencapai saluran terdekat. Karena itu waktu konsentrasi dan besarnya intensitas hujan yang terjadi akan berbeda. Adapun contoh perhitungan intensitas curah hujan adalah sebagai berikut:

Untuk saluran 1:

$$tc = \frac{0.0195}{60} \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0.77} \text{ jam}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3}$$

Dengan:

T_c = Waktu konsentrasi (jam)

L = Panjang pengaliran saluran = 389,06 m

S = Kemiringan saluran = 0,0180

R_{24} = Tinggi hujan maksimum dalam waktu 24 jam = **248,70 mm**

Maka:

$$tc = \frac{0.0195}{60} \left(\frac{389,06}{\sqrt{0,0180}} \right)^{0.77} = 0,1507 \text{ jam}$$

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{2/3} = \frac{248,70}{24} \left(\frac{24}{0,1507} \right)^{2/3} = 304,5175 \text{ mm/jam}$$

Untuk perhitungan intensitas curah hujan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.18.

Tabel 4.18. Perhitungan Intensitas Curah Hujan

No.	Nama Sal.	Arah Aliran Ke	Panjang	Slope	tc	i
			(m)		(jam)	(m)
1	1	Brantas	389,06	0,0180	0,1507	304,5175
2	2	Brantas	652,33	0,0100	0,2816	200,6894
3	3	Brantas	655,15	0,0130	0,2552	214,2816
4	4	Metro	167,48	0,0508	0,0528	612,5138
5	5	Metro	549,41	0,0286	0,1645	287,2392
6	6	Metro	645,27	0,0184	0,2203	236,3592
7	7	Metro	968,62	0,0087	0,4028	158,0920
8	8	Brantas	824,79	0,0097	0,3409	176,6954
9	9	Brantas	492,21	0,0345	0,1405	319,0626
10	10	Brantas	492,21	0,0345	0,1405	319,0626

4.4.2. Perhitungan Koefisien Pengaliran

Koefisien pengaliran merupakan perbandingan antara jumlah air yang mengalir akibat turunnya hujan di suatu daerah dengan jumlah air yang turun pada daerah tersebut. Nilai dari koefisien pengaliran harus disesuaikan dengan lahannya. Pada studi ini, lahan di sekitar saluran drainase diantaranya adalah gedung (atap) dan taman (tanah terbuka). Didalam lingkungan universitas brawijaya sendiri ada 3 arah aliran utama seperti yang disajikan pada lampiran 13.

Contoh perhitungan:

Untuk daerah tangkapan hujan saluran 1, daerah pengalirannya adalah:

$$\text{- Gedung (atap)} = 6.442,67 \text{ m}^2 = 6.443 \times 10^{-6} \text{ Km}^2$$

$$\text{- Taman} = 10.308,27 \text{ m}^2 = 10.308 \times 10^{-6} \text{ Km}^2$$

$$\text{- Jalan} = 9.019,74 \text{ m}^2 = 9020 \times 10^{-6} \text{ Km}^2$$

Koefisien Daerah Pengaliran:

Gedung (atap) = 0,90

Daerah Pertamanan = 0,25

Jalan Beraspal = 0,95

Maka harga koefisien pengalirannya adalah:

$$C_m = \frac{\sum_{i=1}^n A_i \cdot C_i}{\sum_{i=1}^n A_i} = \frac{(6.443 \times 10^{-6} \times 0,90) + (10.308 \times 10^{-6} \times 0,25) + (9.020 \times 10^{-6} \times 0,40)}{(6.443 + 10.308 + 9.020) \times 10^{-6}}$$

$$C_m = 0,6575$$

Tabel 4.19. Perhitungan Intensitas Curah Hujan dan Koefisien Pengaliran Didalam Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Panjang Sal.	Luas Cakupan				Nilai C
			Atap (gedung)	Taman	Jalan	Total	
			(m ²)	(m ²)	(m ²)	(m ²)	
1	1	389,06	6442,67	10308,27	9019,74	25770,68	0,6575
2	2	652,33	3166,62	10555,40	7388,78	21110,80	0,5925
3	3	655,15	51747,68	10349,54	6899,69	68996,90	0,8075
4	4	167,48	2727,22	4675,23	389,60	7792,05	0,5125
5	5	549,41	8071,70	4484,28	5381,13	17937,11	0,7525
6	6	645,27	38052,85	2718,06	13590,31	54361,22	0,8800
7	7	968,62	97049,27	40437,20	24262,32	161748,79	0,7450
8	8	824,79	13980,39	34950,97	20970,58	69901,93	0,5900
9	9	465,05	31459,40	6291,88	4194,59	41945,87	0,8075
10	10	492,21	20416,41	5833,26	2916,63	29166,30	0,7750

Pembahasan: Pada Tabel 4.19. yang dicari adalah besarnya nilai C (koefisien pengaliran). Besarnya koefisien pengaliran dalam wilayah studi ini tergantung dari luas cakupan daerah pemukiman, pertamanan, dan jalan untuk tiap saluran yang dikalikan dengan nilai koefisien masing-masing dibagi dengan luas total cakupan daerah itu

sendiri. Sehingga untuk tiap saluran memiliki nilai koefisien yang berbeda sesuai dengan daerah cakupannya.

4.4.3. Perhitungan Debit Air Hujan

Contoh perhitungan untuk mendapatkan debit air hujan adalah sebagai berikut:

Untuk saluran 1:

Koefisien Pengaliran = 0,6875 (dari tabel 4.19.)

Intensitas Hujan = 304,5175 (dari tabel 4.18.)

Luas = 25.770,68 m² (dari tabel 4.19.)

Maka didapatkan debit air hujan:

$$Q = 0,278.C.I.A = 0,278 \times 0,6875 \times 304,5175 \times 25.770,68 \times 10^{-6}$$

$$= 0,14344 \text{ m}^3/\text{dk}$$

Tabel 4.20. Perhitungan Debit Air Hujan Didalam Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Luas	I	C	Q
		(km ²)	(mm/jam)		(m ³ /tk)
1	1	0,00258	304,51746	0,65750	0,14344
2	2	0,00211	200,68937	0,59250	0,06979
3	3	0,00690	214,28163	0,80750	0,33190
4	4	0,00078	612,51376	0,51250	0,06800
5	5	0,00179	287,23919	0,75250	0,10778
6	6	0,00544	236,35924	0,88000	0,31433
7	7	0,01617	158,09204	0,74500	0,52961
8	8	0,00699	176,69536	0,59000	0,20259
9	9	0,00419	319,06257	0,80750	0,30044
10	10	0,00292	319,06257	0,77500	0,20050

Tabel 4.21. Perhitungan Debit Air Hujan Dari Luar UB Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Luas	I	C	Q
		(km ²)	(mm/jam)		(m ³ /dt)
1	1	0	0	0	0
2	2	0,00026	322,77890	0,50000	0,01159
3	3	0,01214	322,77890	0,50000	0,54459
4	4	0,00033	322,77890	0,50000	0,01486
5	5	0,00039	322,77890	0,50000	0,01752
6	6	0	0	0	0
7	7	0	0	0	0
8	8	0	0	0	0
9	9	0	0	0	0
10	10	0	0	0	0

Tabel 4.22. Perhitungan Debit Air Hujan Gabungan

No.	Nama Sal.	Luas	I	C	Q
		(km ²)	(mm/jam)		(m ³ /dt)
1	1	0,0026	304,5175	0,6575	0,1434
2	2	0,0024	523,4683	0,5925	0,0814
3	3	0,0190	537,0605	0,8075	0,8765
4	4	0,0011	935,2927	0,5125	0,0829
5	5	0,0022	610,0181	0,7525	0,1253
6	6	0,0054	236,3592	0,8800	0,3143
7	7	0,0162	158,0920	0,7450	0,5296
8	8	0,0070	176,6954	0,5900	0,2026
9	9	0,0042	319,0626	0,8075	0,3004
10	10	0,0029	319,0626	0,7750	0,2005

4.4.4. Perhitungan Jumlah Dosen, Karyawan, dan Mahasiswa

Jumlah dosen, karyawan, dan mahasiswa untuk tahun yang akan datang dapat diperkirakan dengan menggunakan perhitungan pertambahan geometrik. Dari peta tata guna lahan diketahui luas area kampus Universitas Brawijaya seluas 1,813664km² atau sebesar 181,3664Ha atau sebesar 1,813664Km² dengan jumlah dosen, karyawan, dan mahasiswa pada tahun 2011 semester 2 (Juli-Desember) sebesar 10.113 jiwa. Kepadatan untuk kampus Universitas Brawijaya diperkirakan sebesar 5.576 jiwa/Km².

Sehingga untuk kawasan studi yang memiliki luas area sebesar 1,813664 Km² jumlah dosen, karyawan, dan mahasiswa yang ada daerah tersebut pada tahun 2012 diperkirakan sebesar 10.113 jiwa.

Tabel 4.23. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Dosen

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan	Dalam %
1	2004	1271		
2	2005	1398	127	9,084406295
3	2006	1436	38	2,646239554
4	2007	1419	-17	-1,198026779
5	2008	1415	-4	-0,282685512
6	2009	1479	64	4,327248141
7	2010	1473	-6	-0,407331976
8	2011	1472	-1	-0,067934783
9	2012	1460	-12	-0,821917808
Rata-rata			23,625	1,659999641

Tabel 4.24. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Karyawan

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan	Dalam %
1	2001	879		
2	2002	896	17	1,934015927
3	2003	725	-171	-19,08482143
4	2004	723	-2	-0,275862069
5	2005	727	4	0,553250346
6	2006	728	1	0,137551582
7	2007	736	8	1,098901099
8	2008	919	183	24,86413043
9	2009	919	0	0
10	2010	1057	138	15,01632209
11	2011	1024	-33	-3,122043519
13	2012	984	-40	-3,90625
Rata-rata			8,75	0,768930491

Tabel 4.25. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Mahasiswa

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan	Dalam %
1	2001	26759		
2	2002	30449	3690	13,78975298
3	2003	30483	34	0,111662124
4	2004	27994	-2489	-8,165206837
5	2005	28157	163	0,582267629
6	2006	28252	95	0,337393898
7	2007	27697	-555	-1,964462693
8	2008	27479	-218	-0,787088854
9	2009	31669	4190	15,24800757
10	2010	36648	4979	15,72199943
11	2011	43841	7193	19,62726479
Rata-rata			1708,2	5,450159004

Pembahasan: Data jumlah dosen, karyawan, dan mahasiswa tahun 2001 hingga tahun 2011 didapatkan dari Bagian Kemahasiswaan dan Bagian Kepegawaian Universitas Brawijaya. Dari data mahasiswa, dosen dan karyawan setiap tahun terjadi pertumbuhan untuk setiap tahunnya, pertumbuhan rata-rata setiap tahun diperkirakan 2,63%. Data jumlah mahasiswa dosen dan karyawan, dan pertumbuhannya merupakan data awal perkiraan jumlah penduduk untuk 5 dan 10 tahun kedepan.

1. Perhitungan secara Geometrik

Perkiraan jumlah penduduk dengan metode geometrik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Dengan:

P_n = jumlah penduduk tahun ke n

P_0 = jumlah penduduk awal tahun

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = jangka waktu dalam tahun

Contoh perhitungan perkiraan jumlah penduduk untuk tahun 2012, 2017 dan 2022:

P_0 = 1243 jiwa

r = 6,71%

n = 1, 5, 10 tahun

$$P_{n1} = 10.113 \text{ jiwa}$$

$$P_{n5} = 12.041 \text{ jiwa}$$

$$P_{n10} = 15.774 \text{ jiwa}$$

Untuk perhitungan jumlah dosen, karyawan, dan mahasiswa secara geometrik selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.26.

Tabel 4.26. Tingkat Pertumbuhan Jumlah Dosen, Karyawan, dan Mahasiswa

No	Tahun	Jumlah
0	2011	9689
1	2012	10113
2	2013	10560
3	2014	11029
4	2015	11522
5	2016	12041
6	2017	12587
7	2018	13161
8	2019	13765
9	2020	14401
10	2021	15070
11	2022	15774

Pembahasan: Dari jumlah dosen, karawan dan mahasiswa Universitas Brawijaya secara geometrik diperkirakan jumlah penduduk untuk kawasan studi pada tahun 2017 dan 2022 sebanyak 12.587 jiwa dan 15.774 jiwa.

4.4.5. Perhitungan Debit Air Buangan Universitas Brawijaya

Yang dimaksud dengan debit air kotor pada studi ini adalah air buangan dari Universitas Brawijaya. Air buangan Universitas Brawijaya diperhitungkan berdasarkan penyediaan air minumannya. Diperkirakan besarnya air buangan yang masuk ke dalam saluran pengumpul air buangan, sebesar 80% dari kebutuhan standart air bersih, dan dapat juga dihitung dengan rumus:

$$Q = P_n \times q$$

dengan:

$$Q = \text{debit air kotor (lt/dt)}$$

P_n = jumlah penduduk (orang)

q = jumlah pemakaian (lt/dt/org)

Contoh perhitungan untuk menentukan debit air kotor penduduk per Km^2 adalah sebagai berikut:

$$Q_{uk} = \frac{P_n \times q}{A}$$

Dengan:

P_{2017} = Jumlah penduduk = 15.774 jiwa

P_{2022} = Area kampus = 1,813664 Km^2

Q = 80 x 80% = 64 liter/orang/hari

Q per Km^2 = $\frac{15.774 \times 64}{1,813664} = 0,06443 m^3 / dt / km^2$

Untuk perhitungan Air Kotor Universitas Brawijaya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.27.

Tabel 4.27. Debit Air Kotor Dari Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Luas	Q	Q
		(km^2)	($mm^3/dt/km^2$)	(m^3/dt)
1	1	0,00060	0,06443	0,00004
2	2	0,00106	0,06443	0,00007
3	3	0,00483	0,06443	0,00031
4	4	0,00031	0,06443	0,00002
5	5	0,00063	0,06443	0,00004
6	6	0,00272	0,06443	0,00018
7	7	0,00728	0,06443	0,00047
8	8	0,00350	0,06443	0,00023
9	9	0,00168	0,06443	0,00011
10	10	0,00117	0,06443	0,00008

Pembahasan: Pada Tabel 4.27. dapat diketahui bahwa besarnya debit air kotor Universitas Brawijaya tergantung dari luas cakupan tiap saluran. Semakin besar luas cakupan untuk tiap saluran semakin besar air kotornya. Nilai debit air kotor didapat dari luas cakupan tiap saluran dikali dengan debit air buangan didapat dari luas cakupan tiap saluran dikalikan dengan debit buangan penduduk per Km². Jumlah total air buangan Universitas Brawijaya untuk daerah studi sebesar $\pm 0,001645 \text{ m}^3/\text{dt}$.

4.4.6. Perhitungan Jumlah Penduduk

Jumlah penduduk untuk tahun yang akan datang dapat diperkirakan dengan menggunakan perhitungan pertambahan geometrik. Dari peta tata guna lahan Kelurahan Ketawanggede dan juga data Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Malang diketahui luas area pemukiman untuk Kelurahan Ketawanggede sebesar 82Ha atau sebesar 0,82Km² dengan jumlah penduduk pada tahun 2011 semester 2 (Juli-Desember) sebesar 8.258 jiwa. Kepadatan penduduk untuk Kelurahan Ketawanggede diperkirakan sebesar 100 jiwa/Km². Sehingga untuk kawasan studi yang memiliki luas area sebesar 0,82 Km² jumlah penduduk yang mendiami daerah tersebut pada tahun 2012 diperkirakan sebesar 8.269 jiwa. Tingkat pertambahan penduduk dapat dilihat pada Tabel 4.28.

Tabel 4.28. Tingkat Pertambahan Penduduk

No	Tahun	Jumlah	Pertumbuhan	Dalam %
1	2009	18449		
2	2010	18557	108	0,585397583
3	2011	18525	-32	-0,172441666
4	2012	18521	-4	-0,021592443
Rata-rata			24	0,130454491

Data jumlah penduduk tahun 2009 hingga tahun 2012 didapatkan dari Dinas Kependudukan dan Pencatatan Sipil Kota Malang. Dari data penduduk setiap tahun terjadi pertumbuhan penduduk untuk setiap tahunnya, pertumbuhan penduduk rata-rata setiap tahun untuk Kecamatan Lowokwaru sendiri diperkirakan 0,1305%. Data jumlah penduduk, dan pertumbuhan penduduk merupakan data awal perkiraan jumlah penduduk untuk 5 dan 10 tahun kedepan.

1. Perhitungan secara Geometrik

Perkiraan jumlah penduduk dengan metode geometrik menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$P_n = P_0(1 + r)^n$$

Dengan:

P_n = jumlah penduduk tahun ke n

P_0 = jumlah penduduk awal tahun

r = tingkat pertumbuhan penduduk

n = jangka waktu dalam tahun

Contoh perhitungan perkiraan jumlah penduduk untuk tahun 2012, 2017 dan 2022:

P_0 = 8258 jiwa

r = 0,001305

n = 1, 5, 10 tahun

P_{n1} = 8.269 jiwa

P_{n5} = 8.312 jiwa

P_{n10} = 8.377 jiwa

Untuk perhitungan jumlah penduduk secara geometrik selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.29.

Tabel 4.29. Perhitungan Jumlah Penduduk Secara Geometrik

No	Tahun	Jumlah
0	2011	8258
1	2012	8269
2	2013	8280
3	2014	8290
4	2015	8301
5	2016	8312
6	2017	8323
7	2018	8334
8	2019	8345
9	2020	8355
10	2021	8366
11	2022	8377

Pembahasan: Dari jumlah penduduk secara geometrik diperkirakan jumlah penduduk untuk kawasan studi pada tahun 2017 dan 2022 sebanyak 8.323 jiwa dan 8.377 jiwa.

4.4.7. Perhitungan Debit Air Buangan Penduduk

Yang dimaksud dengan debit air kotor pada studi ini adalah air buangan dari rumah tangga. Air buangan rumah tangga diperhitungkan berdasarkan penyediaan air minumnya. Diperkirakan besarnya air buangan yang masuk ke dalam saluran pengumpul air buangan, sebesar 80% dari kebutuhan standart air bersih. dan dapat juga dihitung dengan rumus:

$$Q = P_n \times q$$

dengan:

Q = debit air kotor (lt/dt)

P_n = jumlah penduduk (orang)

q = jumlah pemakaian (lt/dt/org)

Contoh perhitungan untuk menentukan debit air kotor penduduk per Km^2 adalah sebagai berikut:

$$Q_{uk} = \frac{P_n \times q}{A}$$

Dengan:

P_{2017} = Jumlah penduduk = 8.377 jiwa

P_{2022} = Area pemukiman = 0,82 Km^2

Q = 205 x 80% = 164 liter/orang/hari

Q per Km^2 = $\frac{8.377 \times 164}{0,82} = 0,0193912 m^3 / dt / km^2$

Untuk perhitungan Air Kotor Penduduk selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.30.

Tabel 4.30. Debit Air Kotor Dari Luar Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Luas	Q	Q
		(km ²)	(mm ³ /dt/km ²)	(m ³ /dt)
1	1	0	0	0
2	2	0,00026	0,19391	0,00005
3	3	0,01214	0,19391	0,00235
4	4	0,00033	0,19391	0,00006
5	5	0,00039	0,19391	0,00008
6	6	0	0	0
7	7	0	0	0
8	8	0	0	0
9	9	0	0	0
10	10	0	0	0

Pembahasan: Pada Tabel 4.30. dapat diketahui bahwa besarnya debit air kotor penduduk tergantung dari luas cakupan tiap saluran. Semakin besar luas cakupan untuk tiap saluran semakin besar air kotornya. Nilai debit air kotor didapat dari luas cakupan tiap saluran dikali dengan debit air buangan didapat dari luas cakupan tiap saluran dikalikan dengan debit buangan penduduk per Km². Jumlah total air buangan penduduk untuk daerah studi sebesar $\pm 0,002544 \text{ m}^3/\text{dt}$.

4.4.8. Perhitungan Debit Air Kumulatif Universitas Brawijaya

Debit air kumulatif merupakan debit air yang melintasi saluran drainase akibat dari air hujan ditambah dengan air buangan dari penduduk sekitar. Untuk debit saluran total dari skema jaringan merupakan gabungan antara debit air kumulatif saluran itu sendiri ditambah dengan debit air kumulatif dari saluran sebelumnya.

Contoh perhitungan debit air kumulatif pada saluran 1:

$$\begin{aligned} Q_{\text{air kumulatif}} &= Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{air buangan}} \\ &= 0,11344 + 0,0004 = 0,14348 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

$$Q_{\text{banjir rancangan}} = Q_{\text{air kumulatif saluran 1}} = 0,14348 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk perhitungan debit air kumulatif, dan debit total untuk tiap saluran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.31.

Tabel 4.31. Perhitungan Debit Kumulatif Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Q air hujan	Q air kotor	Q kumulatif
		(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
1	1	0,14344	0,00004	0,14348
2	2	0,06979	0,00002	0,06981
3	3	0,33190	0,00033	0,33223
4	4	0,06800	0,00002	0,06802
5	5	0,10778	0,00005	0,10783
6	6	0,31433	0,00025	0,31458
7	7	0,52961	0,00063	0,53023
8	8	0,20259	0,00009	0,20268
9	9	0,30044	0,00020	0,30064
10	10	0,20050	0,00013	0,20063

Pembahasan: pada Tabel 4.31. besarnya debit air kumulatif didapat dari jumlah debit air hujan ditambah dengan debit air kotor penduduk untuk tiap saluran.

4.4.9. Perhitungan Debit Air Kumulatif Dari Luar Universitas Brawijaya

Debit air kumulatif merupakan debit air yang melintasi saluran drainase akibat dari air hujan ditambah dengan air buangan dari penduduk sekitar. Untuk debit saluran total dari skema jaringan merupakan gabungan antara debit air kumulatif saluran itu sendiri ditambah dengan debit air kumulatif dari saluran sebelumnya.

Contoh perhitungan debit air kumulatif pada saluran 1:

$$\begin{aligned} Q_{\text{air kumulatif}} &= Q_{\text{air hujan}} + Q_{\text{air buangan}} \\ &= 0,0159 + 0,00005 = 0,01164 \end{aligned}$$

$$Q_{\text{banjir rancangan}} = Q_{\text{air kumulatif saluran 1}} = 0,01164 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk perhitungan debit air kumulatif, dan debit total untuk tiap saluran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.32.

Tabel 4.32. Perhitungan Debit Kumulatif Dari Luar Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Q air hujan	Q air kotor	Q kumulatif
		(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
1	1	0	0	0
2	2	0,01159	0,00005	0,01164
3	3	0,54459	0,00235	0,54694
4	4	0,01486	0,00006	0,01493
5	5	0,01752	0,00008	0,01759
6	6	0	0	0
7	7	0	0	0
8	8	0	0	0
9	9	0	0	0
10	10	0	0	0

4.4.10. Perhitungan Debit Air Kumulatif Dari Dalam dan Luar Universitas Brawijaya

Debit air kumulatif dari dalam dan luar Universitas Brawijaya merupakan debit air yang melintasi saluran drainase akibat dari air hujan dari penduduk sekitar ditambah dengan debit air buangan dari penduduk sekitar, lalu ditambah debit air yang melintasi saluran drainase Universitas Brawijaya ditambah debit air buangan dari dalam Universitas Brawijaya sendiri. Untuk debit saluran total dari skema jaringan merupakan gabungan antara debit air kumulatif saluran itu sendiri ditambah dengan debit air kumulatif dari saluran sebelumnya. Untuk perhitungan debit kumulatif total dari luar Universitas Brawijaya selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.33.

Tabel 4.33. Perhitungan Debit Kumulatif Total Dari Luar Universitas Brawijaya

No.	Nama Sal.	Q kumulatif UB	Q kumulatif luar UB	Q kumulatif total
		(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
1	1	0,1143	0,0000	0,1143
2	2	0,0645	0,0116	0,0762
3	3	0,1656	0,5469	0,7126
4	4	0,0650	0,0149	0,0800
5	5	0,0581	0,0176	0,0757
6	6	0,1709	0,0000	0,1709
7	7	0,3619	0,0000	0,3619
8	8	0,1810	0,0000	0,1810
9	9	0,3551	0,0000	0,3551
10	10	0,1314	0,0000	0,1314

Pembahasan: pada Tabel 4.33. besarnya debit air kumulatif didapat dari jumlah debit air hujan ditambah dengan debit air kotor penduduk untuk tiap saluran. Besarnya debit air kumulatif tiap saluran ini merupakan data awal untuk perhitungan debit banjir rancangan tiap saluran yang akan dibahas pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34. Perhitungan Debit Banjir Rancangan Tiap Saluran

No.	Nama Sal.	Q kumulatif UB	Q kumulatif luar UB	Q kumulatif total
		(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)
1	1	0,1435	0,0000	0,1435
2	2	0,0698	0,0116	0,0814
3	3	0,3322	0,5469	0,8792
4	4	0,0680	0,0149	0,0829
5	5	0,1078	0,0176	0,1254
6	6	0,3146	0,0000	0,3146
7	7	0,5302	0,0000	0,5302
8	8	0,2027	0,0000	0,2027
9	9	0,3006	0,0000	0,3006
10	10	0,2006	0,0000	0,2006

Pembahasan: Dari Tabel 4.34. dapat diketahui besarnya nilai debit banjir rancangan untuk tiap saluran. Saluran satu dengan lainnya saling berhubungan, begitu juga dengan besarnya debit yang dibawa saluran tersebut. Untuk besarnya debit saluran outlet merupakan gabungan dari debit saluran inlet ditambah dengan debit saluran itu sendiri. Semakin banyak saluran inlet yang masuk maka semakin besar debit yang harus ditampung oleh saluran, dengan semakin besarnya debit akan berpengaruh terhadap kapasitas saluran itu sendiri. Sehingga besarnya debit banjir rancangan tiap saluran akan menjadi kontrol terhadap kapasitas saluran eksisting yang ada saat ini.

4.5. Perhitungan Kapasitas Saluran Drainase Eksisting

Besarnya kapasitas saluran drainase dapat ditentukan berdasarkan dimensi saluran. Langkah perhitungan kapasitas saluran drainase adalah sebagai berikut:

$$Q = A.V$$

dengan:

Q = Kapasitas saluran (m^3/det)

A = Luas penampang saluran (m^2)

V = Kecepatan aliran rerata (m/det)

Perhitungan kecepatan aliran dapat menggunakan rumus Manning:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

dengan:

v = Kecepatan aliran rerata (m/dt)

R = Jari-jari hidrolis saluran (m)

S = Kemiringan saluran

n = Koefisien kekasaran maning

Contoh perhitungan debit saluran eksisting 1 adalah sebagai berikut:

Untuk saluran 1:

- $A = b \times h$
- $P = b + 2y$
- $R = \frac{b \times y}{b + 2y}$

dengan:

b = lebar saluran (m)

y = dalam saluran tergenang air (m)

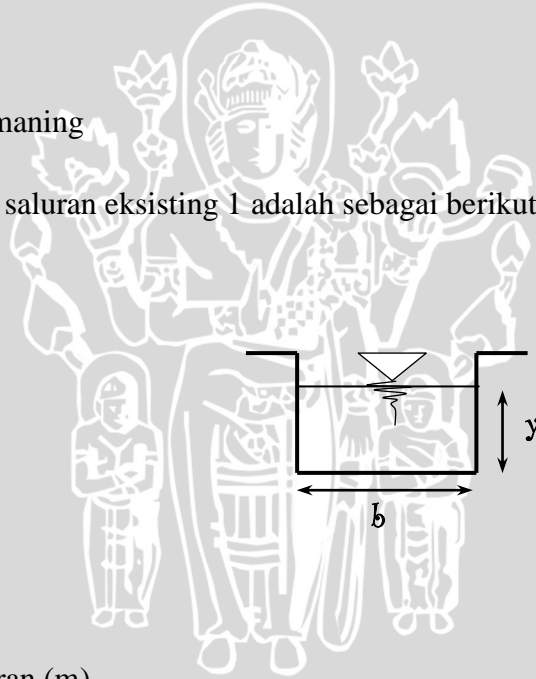
A = luas (m^2)

P = keliling basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

Diketahui:

$b = 103 \text{ cm} = 1,08 \text{ m}$



$$y = 2 \text{ cm} = 0,02 \text{ m}$$

$$h = 108 \text{ cm} = 1,08$$

$$A = b \times h$$

$$= 1,08 \times 1,08 = 1,166 \text{ m}$$

$$P = b + 2y$$

$$= 1,08 + 2(0,02) = 1,12 \text{ m}$$

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

$$= \frac{1,030 \times 0,020}{1,030 + 2(0,020)} = 0,019$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

$$= \frac{1}{0,02} \times 0,019^{2/3} \times 0,018^{1/2}$$

$$= 50 \times 0,0153 \times 0,1342 = 0,482 \text{ m/detik}$$

$$Q = A \times V$$

$$= 1,166 \times 0,482$$

$$= 0,5359 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Sehingga, debit yang diterima saluran 1 sebesar $0,5359 \text{ m}^3/\text{detik}$. Untuk perhitungan kapasitas debit saluran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.35.

Tabel 4.35. Perhitungan Kapasitas Debit Saluran Drainase

No	Nama Sal.	Dimensi Saluran				Luas Sal. (A)	Kel. Basah (P)	Jari-Jari Hid.(R)	Kem. Saluran (S)	Koef. Manning (n)	Kec. Saluran (V)	Kap. Saluran (Qc)
		B Atas	B Bawah	H	y							
		(m)	(m)	(m)	(m)							
1	1	1,030	1,030	1,080	0,020	1,112	1,070	0,019	0,018	0,020	0,482	0,5359
2	2	0,720	0,720	0,750	0,050	0,540	0,820	0,044	0,010	0,030	0,414	0,2236
3	3	2,740	2,530	0,900	0,080	2,466	2,900	0,076	0,013	0,030	0,679	1,6738
4	4	0,720	0,720	0,720	0,050	0,518	0,820	0,044	0,051	0,020	1,402	0,7267
5	5	0,550	0,550	0,400	0,010	0,220	0,570	0,010	0,029	0,020	0,383	0,0843
6	6	0,550	0,550	0,400	0,010	0,220	0,570	0,010	0,018	0,020	0,308	0,0677
7	7	0,700	0,700	0,450	0,010	0,315	0,720	0,010	0,009	0,020	0,212	0,0668
8	8	0,640	0,640	0,760	0,010	0,486	0,660	0,010	0,010	0,020	0,224	0,1089
9	9	0,600	0,600	1,080	0,010	0,648	0,620	0,010	0,035	0,020	0,422	0,2734
10	10	0,590	0,590	0,400	0,010	0,236	0,610	0,010	0,035	0,020	0,422	0,0996

Pembahasan: Pada Tabel 4.35. terdapat b (lebar saluran), dan h (tinggi saluran) yang merupakan nilai dari penampang saluran eksisting di lapangan. Sehingga dari nilai tersebut diketahui besarnya nilai Luas (A), keliling basah saluran (P), serta jari-jari hidrolis (P). Sedangkan yang memenuhi kecepatan pengaliran hanya saluran 3 dan 4 yaitu sebesar 0,679 dan 1,402 m/det, padahal kecepatan pengaliran minimum adalah sebesar 0,6-0,9 m/detik agar tidak terjadi sedimen dan endapan, oleh karena itu harus ada perbaikan kecepatan dengan cara membesarkan dimensi saluran dan dengan perbaikan slope saluran.

Untuk nilai kemiringan saluran (S) didapat dari panjang saluran dibagi dengan beda tinggi antara saluran awal dan saluran akhir. Koefisien manning didapat dari bahan penampang saluran (tanah, pasangan batu kali, dll). Dengan nilai-nilai diatas dapat diketahui kapasitas saluran eksisting saluran 1 yang ada dapat menampung debit banjir rencana. Jika nilai apasitas saluran eksisting yang ada dapat menampugn debit banjir

rencana. Jika nilai kapasitas saluran eksisting lebih kecil daripada nilai debit banjir rencana maka perlu adanya perencanaan ulang saluran drainase yang ada.

4.6. Perencanaan Saluan Drainase

Evaluasi sistem jaringan drainase yang ada dipergunakan untuk mengetahui saluran-saluran yang tidak mampu menampung debit air hujan dan air limbah domestik. Sehingga diperlukan perencanaan dan perbaikan sistem yang sudah ada agar diharapkan dapat mengatasi permasalahan yang sedang dihadapi.

4.6.1. Kontrol Kapasitas Saluran

Kapasitas saluran eksisting adalah besarnya volume tampungan berdasarkan dimensi saluran eksisting. Perhitungan kapasitas saluran drainase eksisting digunakan untuk mengevaluasi saluran eksisting. Dari evaluasi tersebut akan diketahui apakah saluran yang ada mampu untuk menampung besarnya debit maka akan timbul genangan. Sehingga dapat diambil langkah untuk mengatasi genangan tersebut. Kontrol kapasitas dapat dilakukan dengan cara membandingkan kapasitas saluran untuk menampung debit yang ada dengan debit rancangan.

Contoh kapasitas saluran 1 adalah sebagai berikut:

$$\text{Kapasitas saluran (Qe)} = 0,05359 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Debit banjir rancangan (Qr)} = 0,1143 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kontrol kapasitas saluran} = Qe < Qr$$

Untuk saluran 1 Qr lebih besar daripada Qe maka kapasitas tidak mencukupi, dan akan terjadi genangan pada saluran drainase eksisting.

Untuk kontrol kapasitas debit saluran selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 4.36.

Tabel 4.36. Kontrol Kapasitas Saluran Drainase

No.	Nama Sal.	Arah Aliran Ke	Kap. Saluran (Qc)	Q kumulatif total	Keterangan Debit
			(m ³ /det)	(m ³ /dt)	
1	1	Brantas	0,5359	0,1435	Mencukupi
2	2	Brantas	0,2236	0,0814	Mencukupi
3	3	Brantas	1,6738	0,8792	Mencukupi
4	4	Metro	0,7267	0,0829	Mencukupi
5	5	Metro	0,0843	0,1254	Tidak Mencukupi
6	6	Metro	0,0677	0,3146	Tidak Mencukupi
7	7	Metro	0,0668	0,5302	Tidak Mencukupi
8	8	Brantas	0,1089	0,2027	Tidak Mencukupi
9	9	Brantas	0,2734	0,3006	Tidak Mencukupi
10	10	Brantas	0,0996	0,2006	Tidak Mencukupi

Pembahasan: Pada Tabel 4.36. menjelaskan mengenai kapasitas debit yang masih dapat ditampung oleh saluran terhadap debit banjir rencananya. Dari keterangan diketahui sebanyak 6 saluran (60%) dari total sebanyak 10 saluran sudah tidak memenuhi untuk debit banjir rencana, yang mengakibatkan genangan pada saluran drainase. Dari penjelasan tersebut, maka perlu diadakannya rencana perbaikan saluran drainase untuk kawasan studi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk penanganannya adalah dengan normalisasi saluran drainase.

4.6.2. Rencana Perbaikan Saluran Drainase

Didalam perencanaan perbaikan saluran drainase ini prinsip dasarnya adalah tidak mengganti sistem yang sudah ada serta mengusahakan supaya tidak terlalu banyak perubahan pada lebar saluran tetapi perubahan pada kedalamannya. Hal ini disebabkan pertimbangan lahan yang sangat terbatas. Selain itu jika kedalaman saluran tidak diubah maka kapasitas saluran tidak mampu menampung debit banjir rancangan yang melewati saluran tersebut. Perencanaan perbaikan saluran drainase ini mengacu pada table penampang hidraulis efektif saluran seperti yang dijabarkan pada Gambar 4.2.

Bentuk dimensi yang digunakan dalam perencanaan ini menggunakan bentuk persegi, dan perencanaan hanya pada semua saluran baik yang masih mampu menampung debit maupun yang tidak mampu menampung debit rancangan.

Contoh perhitungan perbaikan saluran drainase pada saluran 5 adalah:

$$b = 0,55 \text{ m}$$

$$h = 1,5 \text{ m}$$

$$S = 0,0039$$

$$n = 0,0020$$

$$\text{Debit rancangan (Qranc)} = 0,1254 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$\text{Kapasitas saluran (Qkap)} = 0,0843 \text{ m}^3/\text{detik}$$

$$A = 0,55 \times 1,5 = 0,825 \text{ m}$$

$$P = b + 2y$$

$$= 0,55 \times 0,010 = 0,0055 \text{ m}$$

$$R = \frac{by}{b + 2y}$$

$$= \frac{0,55 \times 0,01}{0,55 + 2(0,01)} = 0,009649$$

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times S^{1/2}$$

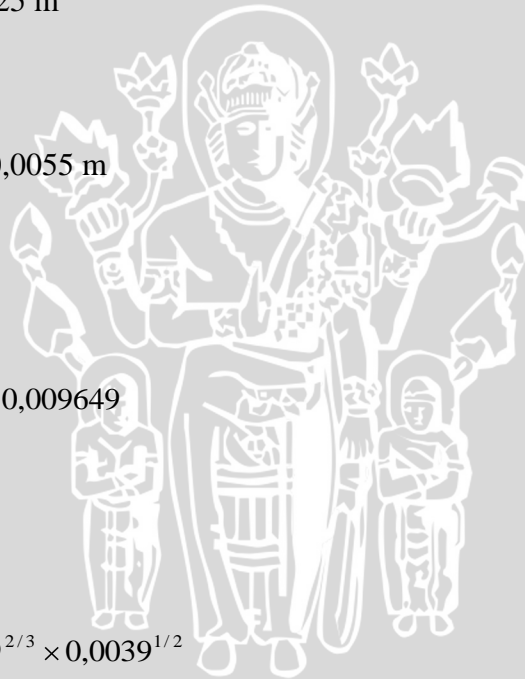
$$= \frac{1}{0,02} \times 0,009649^{2/3} \times 0,0039^{1/2}$$

$$= 50 \times 0,04525 \times 0,06245 = 0,446 \text{ m/detik}$$

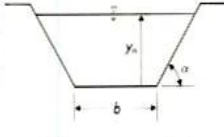
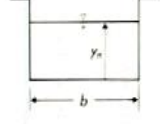
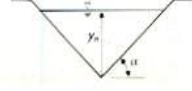

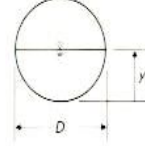
$$Q = A \times V$$

$$= 0,825 \times 0,046$$

$$= 0,03683 \text{ m}^3/\text{detik}$$



Tabel 4.37. Penampang Hidraulis Efektif Saluran

SHAPE	SECTION	OPTIMUM GEOMETRY	NORMAL DEPTH y_n	CROSS-SECTIONAL AREA A
Trapezoidal		$\alpha = 60^\circ$ $b = \frac{2}{\sqrt{3}} y_n$	$0.968 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.622 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Rectangular		$b = 2y_n$	$0.917 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Triangular		$\alpha = 45^\circ$	$1.297 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.682 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$
Wide flat		None	$1.00 \left[\frac{(Q/b)n}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	—
Circular		$D = 2y_n$	$1.00 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/8}$	$1.583 \left[\frac{Qn}{S_b^{1/2}} \right]^{3/4}$

Sumber: Ven te Chow

Sehingga debit yang diterima saluran 5 sebesar $0,03683 \text{ m}^3/\text{detik}$. Dengan langkah yang sama akan diperoleh dimensi untuk saluran lainnya dan perhitungan selengkapny dapat dilihat pada Tabel 4.38.

Tabel 4.38. Perhitungan Kapasitas Saluran Rencana Perbaikan

No	Nama Sal.	Dimensi Saluran				Luas Sal. (A)	Kel. Basah (P)	Jari-Jari Hid. (R)	Kem. Saluran (S)	Koef. Manning (n)	Kec. Saluran (V)	Kap. Saluran (Qc)
		B Atas	B Bawah	H	y							
		(m)	(m)	(m)	(m)							
1	1	2,160	2,160	1,080	0,020	2,333	2,200	0,020	0,018	0,020	0,488	1,1387
2	2	1,500	1,500	0,750	0,050	1,125	1,600	0,047	0,012	0,030	0,466	0,5243
3	3	1,800	1,800	0,900	0,080	1,620	1,960	0,073	0,014	0,030	0,683	1,1064
4	4	1,440	1,440	0,720	0,050	1,037	1,540	0,047	0,004	0,020	0,432	0,4476
5	5	0,800	0,800	0,400	0,010	0,320	0,820	0,010	0,039	0,020	0,450	0,1439
6	6	1,600	1,600	0,800	0,010	1,280	1,620	0,010	0,021	0,020	0,336	0,4299
7	7	2,700	2,700	1,350	0,010	3,645	2,720	0,010	0,015	0,020	0,282	1,0267
8	8	1,520	1,520	0,760	0,010	1,155	1,540	0,010	0,011	0,020	0,237	0,2741
9	9	2,160	2,160	1,080	0,010	2,333	2,180	0,010	0,011	0,020	0,246	0,5744
10	10	0,800	0,800	0,400	0,010	0,320	0,820	0,010	0,032	0,020	0,410	0,1312

Pembahasan: Pada Tabel 4.38. membahas mengenai pendimensian ulang saluran drainase dengan mempertimbangkan debit rancangan maksimum maupun keadaan jalan. Hal ini dimaksudkan agar saluran yang mengalami perubahan bentuk pada jalur yang sama, maka perlu adanya kotak yang berfungsi sebagai pengatur elevasi, perubahan bentuk yang tidak simetris, maupun sebagai tempat pengendapan lumpur sementara yang dapat diambil secara berkala. Dalam perencanaan saluran ini dimensi yang digunakan berbentuk persegi dengan pertimbangan kapasitas yang lebih besar dari saluran trapesium, maupun pengaruh lahan yang seminimal mungkin. Untuk ukuran dimensi saluran rencana yang digunakan bervariasi.

Tabel 4.39. Kontrol Kapasitas Saluran Drainase Perbaikan

No.	Nama Sal.	Arah Aliran Ke	Kap. Saluran (Qc)	Q kumulatif total	Keterangan Debit
			(m ³ /det)	(m ³ /dt)	
1	1	Brantas	1,1387	0,1435	Mencukupi
2	2	Brantas	0,5243	0,0814	Mencukupi
3	3	Brantas	1,1064	0,8792	Mencukupi
4	4	Metro	0,4476	0,0829	Mencukupi
5	5	Metro	0,1439	0,1254	Mencukupi
6	6	Metro	0,4299	0,3146	Mencukupi
7	7	Metro	1,0267	0,5302	Mencukupi
8	8	Brantas	0,2741	0,2027	Mencukupi
9	9	Brantas	0,5744	0,3006	Mencukupi
10	10	Brantas	0,1312	0,2006	Mencukupi

Pembahasan: Pada Tabel 4.39. menjelaskan mengenai kapasitas debit yang masih dapat ditampung oleh saluran terhadap debit banjir rencananya. Dari keterangan diketahui sebanyak 10 saluran (100%) dari total sebanyak 10 saluran sudah memenuhi untuk debit banjir rencana, yang berarti debit rencana perbaikan sudah memenuhi kriteria untuk menampung debit kumulatif 10 tahun mendatang.

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari analisis data dan evaluasi sistem drainase Universitas Brawijaya adalah sebagai berikut:

1. Setelah dilakukan studi dapat diketahui kondisi eksisting sistem drainase di Universitas Brawijaya, mengenai kapasitas debit yang masih dapat ditampung oleh saluran terhadap debit banjir rencananya. Dari keterangan diketahui sebanyak 6 saluran (60%) dari total sebanyak 10 saluran sudah tidak memenuhi untuk debit banjir rencana, yang mengakibatkan genangan pada saluran drainase. Kapasitas saluran eksisting diamati dari studi ini berjumlah 132 sub saluran dengan 10 saluran utama, kapasitas maksimum eksisting sebesar 1,6738 m³/detik yaitu pada saluran 3, dan kapasitas minimum eksisting sebesar 0,0668 m³/detik yaitu pada saluran 7. Kapasitas total saluran eksisting 3,8607 m³/detik. Untuk kapasitas saluran eksisting yang tidak memenuhi debit rencana yaitu pada saluran 5, 6, 7, 8, 9, 10, dan kapasitas saluran eksisting yang masih memenuhi debit rencana yaitu pada saluran 1, 2, 3, 4. Dari penjelasan tersebut, maka perlu diadakannya rencana perbaikan saluran drainase untuk kawasan studi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk penanganannya adalah dengan normalisasi saluran drainase.
2. Besarnya debit banjir total yang harus dibuang di daerah studi berdasarkan debit banjir rancangan adalah 2,8612 m³/detik. Debit air hujan maksimum sebesar 0,8765 m³/detik berada pada saluran 3. Buangan air kotor maksimum sebesar 0,8792 m³/detik berada di saluran 3. Sedangkan debit banjir rancangan maksimum dengan kala ulang 10 tahun mengalir di saluran 3 sebesar 0,7126 m³/detik.
3. Sebanyak 6 saluran (60%) dari total sebanyak 10 saluran sudah tidak memenuhi untuk debit banjir rencana, yang mengakibatkan genangan pada saluran drainase. Dari perbandingan kapasitas saluran eksisting dengan debit banjir rancangan dengan kala ulang 10 tahun diketahui bahwa terdapat saluran yang tidak memenuhi debit banjir rancangan dan berpotensi terjadinya genangan pada daerah-daerah tertentu. Dari perkiraan sebanyak 5 saluran utama atau ±50% saluran utama daerah studi mengalami genangan akibat peluapan (overtopping) dari saluran 5, 6, 7, 8, 9, 10.

4. Perencanaan dimensi saluran rencana dilakukan pada saluran-saluran yang diperkirakan sudah tidak dapat menampung debit banjir rancangan. Untuk ukuran dimensi saluran rencana yang digunakan bervariasi tergantung debit rencananya dan tergantung lebar saluran eksisting. Perlu diadakannya rencana perbaikan saluran drainase untuk kawasan studi. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk penanganannya adalah dengan normalisasi saluran drainase.

5.2 Saran

Saran-saran untuk perbaikan dan penyempurnaan perencanaan sistem drainase Universitas Brawijaya agar diperoleh hasil yang optimal, efisien, dan ekonomis adalah sebagai berikut:

1. Dalam pembangunan suatu daerah sebaiknya dilakukan sesuai dengan tata ruang yang ada.
2. Sebaiknya dibuatkan biopori dan sumur resapan air. Biopori dan sumur resapan air ini dimaksudkan selain untuk mengurangi limpasan air permukaan juga untuk menjaga ketersediaan air yang ada di dalam tanah.
3. Untuk menjaga aliran pada musim kemarau diperlukan adanya pembersihan sedimen. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga aliran air pada saluran, karena pada perhitungan kecepatan pada musim kemarau menunjukkan bahwa kecepatan aliran berada dibawah batas kecepatan yang diijinkan.
4. Mengoptimalkan saluran dan bangunan drainase yang sudah ada (eksisting) seperti saluran alam maupun saluran buatan yang dapat memecah beban drainase di daerah yang debit airnya besar.
5. Kebijakan normalisasi saluran lebih rasional untuk dilakukan guna mengatasi permasalahan banjir atau genangan yang terjadi di daerah perkotaan. Normalisasi saluran pada dasarnya bertujuan agar saluran dapat berfungsi kembali untuk menampung dan mengalirkan air.
5. Setelah dilakukan evaluasi saluran drainase dengan menggunakan debit banjir rancangan, maka perlu upaya perbaikan saluran drainase dengan memperdalam dimensi saluran. Sehingga kapasitas saluran sesuai dengan debit yang direncanakan. Merencanakan penanganan genangan yang terjadi dengan upaya normalisasi saluran drainase dengan pendimensian ulang untuk semua saluran

dengan dimensi persegi, dengan pertimbangan penyeragaman dimensi saluran, dan juga pemanfaatan lahan seminimal mungkin.

6. Diperlukan perbaikan pada beberapa saluran drainase di lingkungan Universitas Brawijaya contohnya:
 - a. Pembuatan saluran baru.
 - b. Pendimensian ulang saluran.
 - c. Penambahan jumlah dan pendimensian ulang inlet.
 - d. Perbaikan kontur jalan.
 - e. Penambahan jumlah saringan sampah terutama pada saluran mendapat masukan dari luar Universitas Brawijaya.
 - f. Perbaikan elevasi dan kontur jalan.
 - g. Pembuatan bak kontrol.
 - h. Pembuatan tempat pengambilan sedimen / lumpur.
 - i. Pengangkatan sedimen secara berkala.
 - j. Pengangkatan sampah secara berkala.

Untuk menormalisasi sistem drainase dapat dilakukan dengan cara:

- Perbaikan dimensi saluran (lebar atau tinggi saluran serta kemiringan talud)
- Perbaikan slope
- Pengerukan sedimen

Untuk saluran drainase dengan kemiringan landai perlu mendapat pemeliharaan khusus. Pada saluran tersebut kerap terjadi sedimentasi yang dapat mengurangi kapasitas saluran. Sedimentasi tersebut juga dapat mengakibatkan tumbuhnya vegetasi serta menghambat laju aliran air. Bangunan air seperti gorong-gorong dan terjunan dibutuhkan sebagai pelengkap guna menunjang sistem drainase.

DAFTAR PUSTAKA

- Anggrahini, 2005. Hidrolika Saluran Terbuka. Penerbit Srikandi, Surabaya.
- Faridah. 2009. Studi Evaluasi Saluran Drainase Pada Perumahan Gresik Kota Baru Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Tugas Akhir Program Sarjana Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Imam Subarkah, 1980. Hidrologi Untuk Perencanaan Bangunan Air, Idea Dharma, Bandung.
- Irawan, Rulli Deddi. 2009. Studi Evaluasi Saluran Drainase Pada Perumahan Pongangan Indah Kecamatan Manyar Kabupaten Gresik. Tugas Akhir Program Sarjana Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Mito, Purwo Raras. 2009. Evaluasi dan Perencanaan Saluran Drainase di Kota Bontang Kalimantan Timur. Tugas Akhir Program Sarjana Fakultas Teknik Jurusan Sipil Universitas Brawijaya Malang.
- Soewarno. 1995. Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data Jilid I, NOVA, Bandung.
- Suhardjono. 1984. Drainase, Jurusan pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya Malang.
- Suyono Sosrodarsono, 1999. Hidrologi Untuk Pengairan, PRADNYA PARAMITA, Jakarta.
- Ven Te Chow, 1989. Hidrolika saluran-terbuka ; alih bahasa E.V. Nensi Rosalia ; Editor Yani Sianipar, Penerbit Erlangga, Jakarta.



UNIVERSITAS BRAWIJAYA



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

**LAMPIRAN 1
DATA CURAH HUJAN
STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN**



**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2001**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1		1,5	18,75									26
2		10,5	28,5	0						60		6
3	5	4,5	6,5			6,5				25	10	
4		9	0			12				20	10,25	14
5	47,75	33,5				19,75						
6	25	11,5	2,1	10,3		0					7,5	
7	18,75	16,5	0						13,5	15		
8	55	15,2	43,25									
9	22,5	2,7		10,25		5,4				0,5		
10	20	4,5	1,5			0,6	8	0				
11	7	3	80			15						
12	0	0,7				6,5						
13				3,4		6,5						
14	6			5		31						
15		2,25	24,2	0		4,5	0,5	0		32,5	25	5,51
16		0,95	0	3,8							15	10
17		10		4							34	3
18	9	9	0						63		5	
19	10		9,5				31	0		42,5	0	1
20	3	34			10,5					16,5		
21	24,5	0,8	7,7							5		
22	59,3											2,5
23			19	7,2						33,5		
24			8,1	21			1	0				
25			39,55	1,5								
26		2,3	5,6							0,25		
27		2,75	6,5							3		
28					4,25							
29					0					31,5		
30	4,2		1						0,5			12,8
31	15		4		33,75							
JML	332	175,2	305,75	66,45	48,5	107,8	40,5	0	77	285,3	106,75	80,81
JHH	17	20	21	11	4	11	4	4	3	13	8	9
HR	19,53	8,758	14,56	6,041	12,13	9,795	10,13	0	25,67	21,94	13,344	8,979
HMx	59,3	34	80	21	33,75	31	31	0	63	60	34	26
80												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2002**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	7,75	4,5				1,5					14,75	
2	0			20,5							5,8	
3		53		1,6								
4	2,5	3,3		41,25	21,4						0,7	30,5
5	7	8	0,75									19
6		21,25	12,5								4,7	5,4
7			2,2	8,5							7,8	8,8
8		15,7	11,75					1,5				6,8
9	15	9,5	3,5	0,5	7							
10		12,5	18,25								9	
11			2,2									
12		11										
13	31,5	28,5	2,5	0,4								
14	17,25	5,3		2								
15	0	0,8	0									
16	4	12	29,5									41
17	91,75	10,5	46,5	64,5			34					41
18	0	14										
19	4	4	16	0,5							9,1	
20	91,75	116									11,1	
21	0			40,5							21,6	
22	7,1	6,5	11,4									
23	108	2		42							2,8	64
24	0,25		1,25	23								42,8
25	6,7											23
26	1		3,25								28	
27	0,2	58	49									
28										13,25	5,4	
29	81,5		1,75		1,25							18
30			2									4
31	4,9		38									
JML	482,2	396,4	252,3	245,3	29,65	1,5	34	1,5	0	13,25	120,75	304,3
JHH	22	20	19	12	3	1	1	1	0	1	12	12
HR	21,92	19,82	13,279	20,44	9,883	1,5	34	1,5	0	13,25	10,063	25,36
HMx	108	116	49	64,5	21,4	1,5	34	1,5	0	13,25	28	64
116												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2003**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	16,5	22,7							11			15,8
2	26	11,2	6,7		2,5						7	
3	11,3	0,3		0								38,6
4		4,75	31	1,5								27,4
5	0,5			1,5	3,5							32,25
6	3,8			14,5	0,6						8	20,75
7	5,2	7,4	21,5		1							5,25
8		3	12		7,75						6	4,75
9	17,3		5,6		30							40,75
10	25,5	0,6	31,5									5,25
11	9				37				0			6,25
12	6,5	0,2	1,3			1					1,5	0
13	0,8	2,3	67								12,5	6,5
14	5	4,8	0								0,5	
15	2,5	6,5	42,5								6,6	
16	0,5	41									2,1	
17		21									38	1,6
18		9,5	7,5									2,1
19		0							22,5		39	29,5
20	5,6	14,3	8			2			45,5		49	12,8
21	24	22									1	7
22	11,75	3,9		31,5							18,5	2,6
23	3,6										1,7	
24	90			1,3								1
25	19	0										1,5
26	6,7	23,5										
27	25	27,6										0,5
28	1,8	19								16,5		0
29	1									1		
30	11,4											16,5
31	8,5	6,9	6,9							4,4		
JML	338,8	252,5	241,5	50,3	82,35	3	0	0	79	21,9	191,4	278,7
JHH	26	23	13	6	7	2	0	0	4	3	14	23
HR	13,03	10,98	18,577	8,383	11,76	1,5	0	0	19,75	7,3	13,671	12,12
HMx	90	41	67	31,5	37	2	0	0	45,5	16,5	49	40,75
90												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2004**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1		0,75	10		7,5							
2			3,5	0	1						10	
3		53,8	47				2,5					
4	0,75	1,8	26	3,2								
5		10,8										
6	26,75		0								10,5	
7	27,5	2									35	
8		7,1	19,4	0		1						
9	27,5		7,2				7,5				31	
10			1,8			0					34	
11	2,4	4,5			0							
12	42,2	7,1	40,5			1						
13	22,6		42								1	
14	13,9	9,2	46				2					
15		2,8	33,5									
16				1,8	38,5							
17	8	11	30,5				0					
18	7	10,4	8,2									
19	62,5	45,7	1,2									
20	9	37,5	51,3									
21		34,4	15,5		10,5							
22	15		1,4								37,1	
23	0,4	34	7,5								2	
24	13,1	2,8		22	8						6	
25		71,45			8,5						46	
26	47,5	7,4								11	0,7	
27	20	16,2	0								56,7	
28	3	3,3	11,4								0	
29	7,1	4,5	25,6								62,3	
30	0,1		5,8								23,9	
31	3	0										
JML	359,3	378,5	435,3	27	74	2	12	0	0	11	356,2	0
JHH	21	23	23	5	7	3	4	0	0	1	15	0
HR	17,11	16,46	18,926	5,4	10,57	0,667	3	0	0	11	23,747	0
HMx	62,5	71,45	51,3	22	38,5	1	7,5	0	0	11	62,3	0
71,45												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2006**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	9	5	0,3							0		4,25
2	33,5	1,75	46,5		17,5					0,25	4	
3	48,5		0									
4	11	6,5	27	5,8								
5	0,9	92		0	3							
6				1,5	3,5						0	
7											8,6	
8	31,4			10,4							2,5	13
9	11,3	16,5		2,5	11							
10	29,5	0		71,1								3,4
11		59,6										5,5
12		21,4										
13						0						2
14	1		33,5			0						27,5
15	3,5	9,4	1,5							0,5	1,5	
16	14,75	4,6	12,75	69								2,5
17	52,25	17,5	11,5	12,2								
18			2	1,2	1,75							19,5
19		1,5	34,5	1,7	20,5							31,5
20		47	4,75		21							7,25
21		20	5,5	6,4	21,5							1,75
22	1,8	8,5	6	2,2	10,5							71,5
23	10		5,5	5	1,5							17,5
24	19,2	1,5	5,5		102,5						14	22
25		7										3
26	22,2	11	4,5									67,5
27	1,3		0,8		1,6							
28		0	23,2									
29	13,25	0	0	1,5							6	
30	25,8	56	0,5									10,3
31	21,7	0			2,6							
JML	361,9	386,8	225,8	190,5	218,5	0	0	0	0	0,75	36,6	310
JHH	20	22	20	14	13	2	0	0	0	3	7	17
HR	18,09	17,58	11,29	13,61	16,8	0	0	0	0	0,25	5,2286	18,23
HMx	52,25	92	46,5	71,1	102,5	0	0	0	0	0,5	14	71,5
102,5												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2007**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	24,4											19
2	4,4	32,5		13,5						0	22	13
3		18		2,5		2					0	33
4		15,5		0,75		0					12	0,5
5			1			1			21		5	48
6			27,5	0							18	0
7			1,7							25	15	6,5
8				5,2						4,5	56	
9				20	2						21	9,5
10					2						2	25
11				35							17	28
12		0,8	50,8	10,8	9						0	3,5
13					0						2	1,25
14		2		67							9	
15		50	55	5,4							20	
16		1	3								13	11
17		44		35,5								2
18	7	0	7,5	16,8								
19	5,5	2,5				0						48,5
20	1	33	28	71,5		0						70
21		15	43,4	0	38					20		7
22	66,6		15,5	6								
23			12,5	3,7								
24				13,7								5
25			2,6	4,5								0
26		9,7	7,5	2,4		9,5						0
27		4,5		18								0,5
28											15	5,5
29			23								15	2
30												3
31	22,5			0	2,5					0		29
JML	131,4	228,5	279	332,3	53,5	12,5	0	0	21	49,5	242	370,8
JHH	7	14	14	21	6	6	0	0	1	5	17	25
HR	18,77	16,32	19,929	15,82	8,917	2,083	0	0	21	9,9	14,235	14,83
HMx	66,6	50	55	71,5	38	9,5	0	0	21	25	56	70
71,5												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2008**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	1	0	2,5		5,7							
2	2	12	11		1							
3	2,2	11	2,5		6,5							
4	24,5	61,5	17,5	9,5	7							
5	0		3									
6	0	4,5	14,5	13	7							3,5
7	18,5	17	8,6	0						0		47
8		5,5	0	2					43	2		40
9		0	14,5			22						
10		6,5	2,5								10	19,5
11		18								0		23
12		1				18		2,5		1	16	70
13				43,5								22
14	4,6	3,5						9			2	5
15		1,7				0		2,5				
16		3,5	1,6	7							17	
17		6										
18	15			25						0	0,3	
19			2,9		4					0	3,5	
20	25		33,6	7							12,5	
21		6,5	73,45	0,6							5,5	
22		37,5	0,2	0						34	1	
23	1,5		15,4									
24										0	53	19,5
25		4		0,7						0	46	
26	4	20,5	12,8							52,5		
27	8	0	3,8									
28	7	67,5						4				
29	44		59									
30	33			4,3								12
31	1,5		2,7					0				
JML	191,8	287,7	282,05	112,6	31,2	40	0	18	43	89,5	166,8	261,5
JHH	17	21	20	12	6	3	0	5	1	10	11	10
HR	11,28	13,7	14,103	9,383	5,2	13,33	0	3,6	43	8,95	15,164	26,15
HMx	44	67,5	73,45	43,5	7	22	0	9	43	52,5	53	70
73,45												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2009**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	2,5	14,8		9								
2	2	32	15,5	1								
3		10,5		17			3					
4		6	12	0,4	9							1
5	4,5	3,5		0,7	28							15
6	4,7											
7	1,75				25							
8	7,7				1							
9					5,5	2						
10	11,4				7,5	3						
11	12,9					1		2				
12	15,5				0	2					2,5	5,5
13	19,5			3							6	
14	1,5				1				7,5			
15	1	27,2		38					1		34,5	
16	2,35	7,5			1						13	
17	0,5	1,5	2,6	2	10,5			4				
18	5,6	0			8							
19	13,5	0									27	3,5
20	0	10			7						1	
21	0	22,2	8	8,5	23				0,5		2	
22	13,5	22,1	28	36,5								31
23	11	59,5	6,2	6,5	0,5							0,5
24	13	7			67					12		2,3
25	31	25,8	11,3		17					14,5	41	33,5
26	20	12		22	22							4,5
27	3		2		12							44,7
28	23,5		0,5									3
29	47,1		12,7							7		13
30	14,6		0								36	17
31	14											83
JML	297,6	261,6	98,8	144,6	245	8	3	6	9	33,5	163	257,5
JHH	28	17	11	12	18	4	1	2	3	3	9	14
HR	10,63	15,39	8,9818	12,05	13,61	2	3	3	3	11,17	18,111	18,39
HMx	47,1	59,5	28	38	67	3	3	4	7,5	14,5	41	83
83												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2010**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	24		0	11			28		27,5	42	20	15,5
2	15		58,5		24		0				47	15,5
3	12,5	14,5	5,5	9,2	31			5,5		9	29	27,5
4	0	26	53	11	11		2	1		5		38,5
5	35	1		11	1,5	3,5	11,5		1	1,5	26,5	32
6	41	39		0,5		12,5			0		19,5	9
7	0	3	59		10						156,5	64
8	8	4	22	1,5	12	0			2,2	12	0	
9	25			1,4					1,5	16	0,5	1,5
10	3	6	2	26	7	6			2,1			3
11	24	6		45,5			11,3		50,9			17,3
12	1,5	9			2	4,5	3,5	6	86,5			3,7
13	20	2,5	1,5	9			9,5					
14	5,5	37	36	5		24,5						1
15	0,3	7	47,5	28	10			13		3,5		1
16	3,3	52,5	0,5	25					64	1		2
17	0,3	33	5	40,5						2		
18		14	34	12	4					64	14	1,5
19	7,5	1	0,5	3,7					17			3,5
20	32	2	32		6,5					10,5	3,5	5
21	15							30	0,5	15,7	10	
22		1,6	61	35	0			16		9,2	0	10
23	24,5	55,5		1	0			1,75		9,1		
24	61,5	5,75		29,5	14	0		22,5	18	6,9	5,5	
25	38	15			15		2	5	25		23	2,5
26	17		4	41				20,5	7	0	10,5	5
27	2		3,3	10,5	14		24,5			1	2	0
28			2		29		8				13,6	1
29	3		33						11,5	14	11,5	0
30	6,5		3,5			1	1	29			17,75	
31	8,5		1,5							25		11,5
JML	433,9	335,4	465,3	357,3	191	52	101,3	150,25	314,7	247,4	410,35	271,5
JHH	28	21	22	21	17	8	11	11	15	19	19	24
HR	15,5	15,97	21,15	17,01	11,24	6,5	9,209	13,659	20,98	13,02	21,597	11,31
HMx	61,5	55,5	61	45,5	31	24,5	28	30	86,5	64	156,5	64
156,5												

**DATA HUJAN STASIUN LABORATORIUM HIDROLOGI
JURUSAN TEKNIK PENGAIRAN TAHUN 2011**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	1	29,5	2	49	63,7	5					13,5	
2	1,5	26,5	1		2						4	15
3	4,5	2		5,5	12							29
4				4	9,8						0,6	
5			34,5		9						58,4	
6	42		14	0,8	11,5						13	
7	8	0	12,7	8,7							55	1
8	7,5		3,8	5,5	28,5						27	
9			15,5	16,9						2	0	2
10	2,7	2	5,5	15,4							7	0
11		58,5	6	18,6	1						2	
12		9,5	6	0,5								0
13			1	0,4	16,5						11,5	0
14	2,5	4							11			23
15	8,5	1,5	0,5	8,2	11						13,5	8
16	1,5	1			2					51,5	43	22
17	21		0,5									
18			1,3	11	0,5						25,5	30
19		14,5		57,5	15,6						33,5	10,5
20	18	19,5	0	0,1	13						0	
21	3	2	39	34,5							3,75	2,3
22	6,5	6	36,5	33,5							4,5	0
23	14,5	1,5	29,5	31							52,5	24
24	16,5	1	92	93,5						7,5		11
25	2,5	6	33	30,5								10
26	12	0								0	4	1
27		33,5	15	15						0		3,5
28	0,5	10,5	17	16						3,5		1
29	1			10							15,5	
30			0,6	0,5						0		
31	11,5				4,9					2,5		0
JML	186,7	229	366,9	466,6	201	5	0	0	11	67	387,75	193,3
JHH	21	20	23	24	15	1	0	0	1	8	21	21
HR	8,89	11,45	15,952	19,44	13,4	5	0	0	11	8,375	18,464	9,205
HMx	42	58,5	92	93,5	63,7	5	0	0	11	51,5	58,4	30
93,5												

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



**LAMPIRAN 2
DATA CURAH HUJAN
UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN**

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2001**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1		14	6	5	1							44
2	6	2	29		40	40				53		26
3	3	10	40		10					57		5
4	5	13	6			6				6	13	22
5	1					11					7	1
6	37	35				10						
7	47	21	4	17		2					22	
8	28	16	1						9	14	14	
9	45	15	44							1	1	
10	36	3		8		5				38	38	
11	53	5	1			1	5					
12	5	2	59			15						
13		1				5						
14		1		2		12						
15	5			4		55						
16		3	14			7					22	12
17		2		8							6	22
18		8		6							40	2
19	10	7	1								3	1
20	10		11		40		21				2	
21	3	29										3
22	20		10									
23	3									28	23	
24	31			3						4		1
25	58			21								5
26			57	4								
27		2	27								2	
28		1	9								1	
29			1								1	43
30					4				1			30
31	3		1									3
JML	409	190	321	78	95	169	26	0	10	201	195	220
JHH	20	20	18	10	5	12	2	0	2	8	15	15
HR	20,45	9,5	17,83	7,8	19	14,08	13	0	5	25,13	13	14,67
HMx	58	35	59	21	40	55	21	0	9	57	40	44
59												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2002**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	5	6	67									
2	19	6										
3	2			16								
4		53		4	30							
5	7	5		38	3							
6	3	14	3	7								3
7		20	14								14	15
8		1	3								7	9
9	23	20	13									11
10		12	3									34
11		17	18		7						19	10
12			5									2
13		16	0									10
14	38	30	8		1						1	
15	18	10		2								17
16	24	2	1								15	21
17		13	14	1			40				6	15
18	18	9	54	64							7	30
19	2	17		1								
20	3	3	17	1							9	
21	72	98									4	
22	1			42							12	
23	10	10	11									10
24	92	3									4	30
25	1	1	7	20								40
26	7			21								23
27	4		8								11	49
28	1	55	4							100	4	8
29			0								3	13
30	64		6								2	5
31	3		10									14
JML	417	421	266	217	41	0	40	0	0	100	118	369
JHH	22	23	21	12	4	0	1	0	0	1	15	21
HR	18,95	18,3	12,67	18,08	10,25	0	40	0	0	100	7,867	17,57
HMx	92	98	67	64	30	0	40	0	0	100	19	49
100												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2003**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	2	6	18	6					12	1	3	3
2	14	19	8									16
3	27	9	24							1	5	4
4	14	3	32	2						1		10
5			15									14
6				1	4							25
7				29							9	5
8			24									2
9	5	7	10	1							17	5
10	1		5	3	13					1		5
11			26									19
12					28							
13			1			1					5	6
14	1		70								6	
15					11						1	
16			42								3	
17	5	5	1								4	
18			8								30	3
19											1	2
20				36					32		6	32
21	6		11			2			57		15	18
22	31	20									2	2
23	7		13	29							30	4
24	6	4									3	
25	88			1								
26	20								1		6	4
27	1	32									7	
28	27	5									7	
29	1										2	
30	10									13	2	84
31	14									1		
JML	280	110	308	108	56	3	0	0	102	18	164	263
JHH	19	10	16	9	4	2	0	0	4	6	21	20
HR	14,74	11	19,25	12	14	1,5	0	0	25,5	3	7,81	13,15
HMx	88	32	70	36	28	2	0	0	57	13	30	84
88												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2004**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1		4	4									15
2			7									15
3		4	1		3						1	15
4		3	7		5							19
5		10	10									1
6	11											5
7	8	3			2							2
8	7	7	1								20	
9			20								2	
10	20		7								5	
11			2									4
12	3	5										7
13	25	10	8	2					10			3
14	13		15						2			1
15	20		72									
16		4	1						14			2
17	2	1	5		26							1
18	4	17	3									7
19	1	5	3									5
20	14	26	1							4		
21	39	21	5							2		5
22	1	16	1		3						9	4
23	18										5	13
24	17	30	3									3
25		17		6							11	2
26		11			2						9	3
27	9	12								7	4	3
28		16		1	5					20	7	9
29	12	4	4		3						8	3
30	7		4		10						16	
31	4				1							
JML	235	226	184	9	60	0	0	0	26	33	97	147
JHH	20	21	22	3	10	0	0	0	3	4	12	24
HR	11,75	10,76	8,364	3	6	0	0	0	8,667	8,25	8,083	6,125
HMx	39	30	72	6	26	0	0	0	14	20	20	19
72												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2005**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1			33	2			2					3
2			13		3							1
3		2	3	11				30				3
4		1	1	5								3
5	15		3	4	8							2
6	8		27	15			4					
7	5		21	1	1	18	2					
8	1		22	1								24
9		5	2	1								2
10		14		4								2
11					2							3
12		15		32			1					
13		20		3						24		
14	2	24	14	10								1
15		20	3	7								6
16												
17	8	15								4		12
18	8	5						1		4	23	36
19	21	1	6	5						3	3	18
20	16	1		3						25	27	2
21			3			45			3		71	38
22	3		7			3			1			28
23		4							2		3	39
24	1	2	20	1		5				3	3	10
25		2	7	1		2				1	3	51
26	4		18						3			17
27			3					27			24	8
28			27			1			3		22	4
29	5		3			3			1			19
30			1	5								1
31			2									1
JML	97	131	239	111	14	77	9	58	13	64	179	334
JHH	13	15	22	18	4	7	4	3	6	7	9	26
HR	7,462	8,733	10,86	6,167	3,5	11	2,25	19,33	2,167	9,143	19,89	12,85
HMx	21	24	33	32	8	45	4	30	3	25	71	51
71												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2006**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	27	18		20		1						9
2	4	7	1	1		14						3
3	27	2	50		18						1	10
4												15,5
5	10	28		5								
6	1	95	29	5								
7		1	2								4	
8											10	
9	23	1		7							2	14
10	24	14		2	14							3
11	20			42								
12		40										
13		61										5
14				4								3
15	2	6	3								4	6
16	1	1									3	
17	17	19	28	61								20
18	61		3	10								
19		2	2	1				3				12
20		49	45	1								24
21		20	5		19							11
22		3	5	7	38							11
23	3		7	1	9							85
24	12	12	7	9	2						22	15
25	44	3	2		25							17
26	1	14			40						40	2
27	19	8			8							47
28	9		2									
29			25		3							9
30	9											42
31	23		1									15
JML	337	404	217	176	176	15	0	3	0	0	86	378,5
JHH	20	21	17	15	10	2	0	1	0	0	8	22
HR	16,85	19,24	12,76	11,73	17,6	7,5	0	3	0	0	10,75	17,2
HMx	61	95	50	61	40	14	0	3	0	0	40	85
95												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2007**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	5	27		23		2					1	
2	7		16								2	11
3	5	22	1	16							15	12
4		18		5		2					42	23
5		5									12	17
6					4	2			18	18	8	31
7		4	22							27	24	
8			3								12	6
9			1	14							30	0
10		18	2								8	12
11		1			2						6	
12				42							10	8
13		1	33	5	11						5	3
14			1	21							8	2
15		5	60	20							6	
16		42	26	15	1		5				12	
17		21	2	0							5	3
18		32		34	2		2					3
19	6		7	17		1						
20	7	5	20	6								13
21		30	1	35								9
22	3	12	70	23	33					24		4
23	53	1	21	6								
24	1		10	5								
25				4						4		13
26		3	23	6								45
27		41	41	34		12						38
28				67								4
29						24					10	3
30		20	20			12					26	5
31												5
JML	87	308	380	398	53	55	7	0	18	73	242	270
JHH	8	19	20	21	6	7	2	0	1	4	19	23
HR	10,88	16,21	19	18,95	8,833	7,857	3,5	0	18	18,25	12,74	11,74
HMx	53	42	70	67	33	24	5	0	18	27	42	45
70												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2008**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	7	2	1	2	4						1	
2	4		3		2							
3	1	6	2		1						2	
4	2	3	2		2						5	
5	18	5	3	3	2						1	
6	2	1	3								2	
7	2	6	3	3							2	5
8	5	4	2									24
9	1	3		1					3	2	2	34
10			2	2		2				2		15
11		3								1	2	13
12		4	2					1		1		5
13						4		2			3	21
14		1		6				2				73
15	4	3									3	22
16		3				1						
17	1	1		3							3	
18		2	2		20							1
19	4	1	2	3							1	2
20		2	8							1	3	
21	3	6	3	2							2	
22		3	2	1							2	
23		5	1							2	2	
24			2									
25				2						2	66	1
26		3		2				2		1	49	
27	3	4	6							6		
28	1	1	3							4	1	1
29	3	6						2				2
30	7		4									2
31	8											14
JML	76	78	56	30	31	7	0	9	3	22	152	235
JHH	18	24	20	12	6	3	0	5	1	10	19	16
HR	4,222	3,25	2,8	2,5	5,167	2,333	0	1,8	3	2,2	8	14,69
HMx	18	6	8	6	20	4	0	2	3	6	66	73
73												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2009**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	12	25	4									
2	12	28	2	3								
3	3	13	10									
4	3	7	2	4								
5	2	3	4	1	8							
6	1	3	2		6							8
7	3											
8	3				6							
9	4				4							
10	1		1		3							6
11	1				7	3						
12	2	2				1		3				
13	3	2		4		1					1	4
14	4			3							2	
15	1			1					2		2	
16	2	7		5					2		2	
17	2	5		4	5				2		2	
18	1	3	3		3							
19	2				7						1	
20	23			2	4						1	2
21	1			5	8		1				4	
22		12	4		7						1	
23	5	13	5		2						2	12
24	6	36	5		5							
25	5	9	1		6						2	
26	9	6	2		8						4	22
27	5	8		7	4						5	9
28	4	7			3						3	16
29					2						4	8
30	7		12								2	4
31	8											3
JML	135	189	57	39	98	5	1	3	6	0	38	94
JHH	29	18	14	11	19	3	1	1	3	0	16	11
HR	4,655	10,5	4,071	3,545	5,158	1,667	1	3	2	0	2,375	8,545
HMx	23	36	12	7	8	3	1	3	2	0	5	22
36												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2010**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	9	9		2	3		4			36	34	5
2	14				16		6		44		18	3
3	11		48	12	14						8	16
4	6		9	6	2						28	9
5		3	33	8	12						26	7
6	8		4	7	8	4					6	16
7	3	5	5	13	12	2					31	38
8		7	60		31						68	58
9	6	3	31	9	19					16	2	8
10	22		2	17	8					9		6
11	8	15	1	23	6					4		8
12	12	9		21			4					9
13	3	6					5					7
14	3	8		26				4				
15		9	4	12		3				5		
16		6	43	26				3				
17		7	22	14					36		18	
18		6	6	23					2			
19		14	30	21					4	44	19	
20		2	22	5	8			2				2
21	8	3	7					6		36		6
22	7									9		3
23	3	4						4			7	7
24	5	18		8				3		3	3	
25	13	3		3				3		4		
26	8			9	8			2	7			
27	9				6			3	25		12	4
28	6			40			3				6	
29	2		15								5	
30	6		29				6		3	4	4	5
31	8		8					18		22		
JML	180	137	379	305	153	9	28	48	121	192	295	217
JHH	23	19	19	21	14	3	6	10	7	12	17	19
HR	7,826	7,211	19,95	14,52	10,93	3	4,667	4,8	17,29	16	17,35	11,42
HMx	22	18	60	40	31	4	6	18	44	44	68	58
68												

**DATA HUJAN STASIUN UPT KLIMATOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN TAHUN 2011**

TGL	JAN	FEB	MAR	APR	MEI	JUN	JUL	AGT	SEP	OKT	NOV	DES
1	8	8	14	8	23						4	
2	2	16	8	11	31						15	
3	4	14		14	11						9	
4		12		12							8	
5		6	5		18						4	
6		7	28		11						6	4
7			21		8						17	3
8			24	32	3						19	
9			21	12	16						18	
10			14	24							12	
11		6	8	28						3	7	
12			12	12							6	
13		4	14	11							8	7
14	3		21	8	12						5	
15	4			5					4		3	14
16											4	5
17	2										12	7
18	4									6	4	3
19	3			6							21	6
20	2			7	8						8	8
21	6	9			2		2				7	17
22	8	6	16								18	8
23	14	4	15								7	
24	22		12							3	23	
25	18		34							4		4
26	16	6	8	3								8
27	4	13	4							2		9
28	6	21	16									3
29			14								2	6
30				26								8
31			28		4							6
JML	126	132	337	219	147	0	2	0	4	18	247	126
JHH	17	14	21	16	12	0	1	0	1	5	25	18
HR	7,412	9,429	16,05	13,69	12,25	0	2	0	4	3,6	9,88	7
HMx	22	21	34	32	31	0	2	0	4	6	23	17
34												

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

LAMPIRAN LAIN-LAIN



JUMLAH MAHASISWA UB TAHUN 2001 - 2011

NO	Jenjang Strata	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
1	S-0	4.309	4.841	4.262	3.251	2.892	2.492	1.978	1.030	589	767	837
2	S-1	22.450	25.608	26.219	22.859	23.388	23.383	23.807	25.324	27.843	32.193	39.410
3	Sp-1	-	-	-	160	160	225	225	263	320	371	457
4	S-2	-	-	1	1.347	1.085	1.396	995	609	1.875	2.119	2.043
5	S-3	-	-	1	377	632	756	692	253	1.042	1.198	1.094
Jumlah Mahasiswa Total		26.759	30.449	30.483	27.994	28.157	28.252	27.697	27.479	31.669	36.648	43.841

**REKAPITULASI PERKEMBANGAN JUMLAH TENAGA DOSEN
BERDASARKAN MASING-MASING UNIT KERJA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

NO	UNIT KERJA	TAHUN											
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Fakultas Hukum				87	97	99	97	95	96	96	96	90
2	Fakultas Ekonomi dan Bisnis				141	148	145	144	144	149	147	147	148
3	Fakultas Ilmu Administrasi				128	128	129	126	125	124	118	118	117
4	Fakultas Pertanian				132	146	149	148	146	147	142	142	136
5	Fakultas Perternakan				92	97	95	90	89	89	85	85	81
6	Fakultas Teknik				231	234	244	242	243	257	248	247	239
7	Fakultas Kedokteran				155	174	178	179	171	192	194	196	193
8	Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan				87	98	100	96	94	96	95	95	98
9	Fakultas MIPA				157	172	178	178	178	179	181	181	176
10	Fakultas Teknologi Pertanian				61	71	71	71	73	76	75	76	74
11	Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik				0	8	16	16	23	34	39	39	43
12	Fakultas Ilmu Budaya				0	25	32	32	34	40	48	48	52
13	Kantor Pusat				0	0	0	0	0	0	0	0	0
14	Politeknik												
15	Program Kedokteran Hewan										5	2	13
16	Program Pendidikan Vokasi												
17	Program Teknologi Informatika dan												
	Ilmu Komputer												
JUMLAH		0	0	0	1271	1398	1436	1419	1415	1479	1473	1472	1460

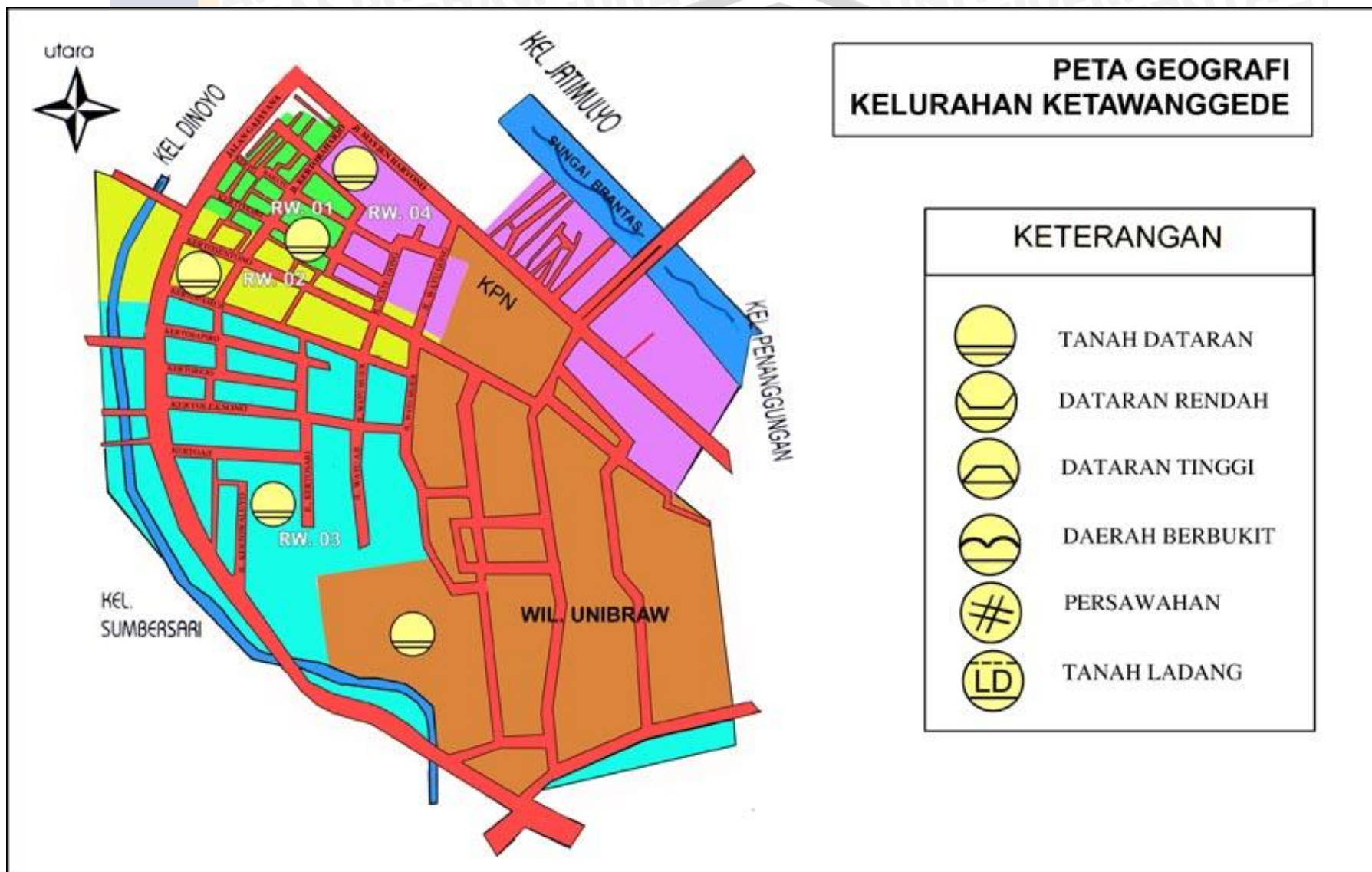
**REKAPITULASI PERKEMBANGAN JUMLAH TENAGA ADMINISTRASI
BERDASARKAN MASING-MASING UNIT KERJA
UNIVERSITAS BRAWIJAYA**

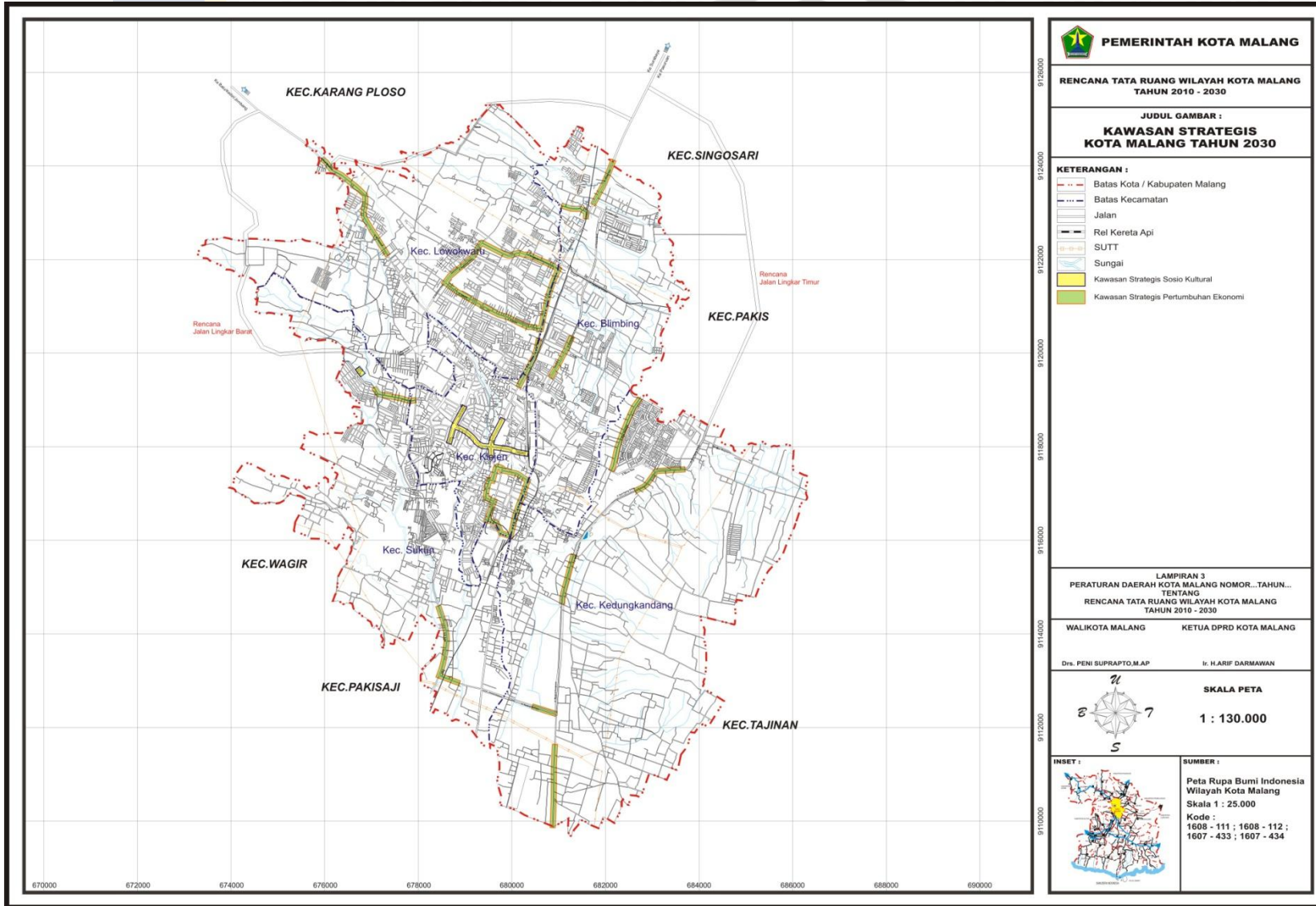
NO	UNIT KERJA	TAHUN											
		2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
1	Fakultas Hukum	35	35	33	32	33	33	34	35	35	40	39	34
2	Fakultas Ekonomi dan Bisnis	32	31	30	30	35	34	44	67	67	77	76	71
3	Fakultas Ilmu Administrasi	34	33	31	33	33	34	34	40	40	57	55	53
4	Fakultas Pertanian	47	51	51	45	44	43	45	69	69	80	77	76
5	Fakultas Perternakan	31	35	36	36	36	36	37	42	42	42	42	40
6	Fakultas Teknik	80	80	79	80	77	76	75	79	79	94	90	81
7	Fakultas Kedokteran	70	69	67	68	65	63	60	63	63	93	86	77
8	Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan	34	34	35	34	37	38	40	46	46	52	49	45
9	Fakultas MIPA	46	48	46	47	50	51	51	70	70	78	77	75
10	Fakultas Teknologi Pertanian	31	36	37	37	38	40	39	38	38	49	47	43
11	Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik				0	0	5	5	9	9	17	17	15
12	Fakultas Ilmu Budaya				2	2	2	2	7	7	15	15	15
13	Kantor Pusat	278	281	280	279	277	273	270	354	354	362	353	345
14	Politeknik	161	163										
15	Program Kedokteran Hewan										1	1	5
16	Program Pendidikan Vokasi												4
17	Program Teknologi Informatika dan												5
	Ilmu Komputer												
JUMLAH		879	896	725	723	727	728	736	919	919	1057	1024	984



PETA WILAYAH KELURAHAN KETAWANGGEDE

KETERANGAN	
	JALAN
	RW. 01
	RW. 02
	RW. 03
	RW. 04
	UNIBRAW
	RT 1 3/4 34
	KELURAHAN
	SUNGAI





PEMERINTAH KOTA MALANG

RENCANA TATA RUANG WILAYAH KOTA MALANG TAHUN 2010 - 2030

JUDUL GAMBAR : KAWASAN STRATEGIS KOTA MALANG TAHUN 2030

KETERANGAN :

- Batas Kota / Kabupaten Malang
- Batas Kecamatan
- Jalan
- Rel Kereta Api
- SUTT
- Sungai
- Kawasan Strategis Sosio Kultural
- Kawasan Strategis Pertumbuhan Ekonomi

LAMPIRAN 3
PERATURAN DAERAH KOTA MALANG NOMOR...TAHUN...
TENTANG
RENCANA TATA RUANG WILAYAH KOTA MALANG
TAHUN 2010 - 2030

WALIKOTA MALANG KETUA DPRD KOTA MALANG

Drs. PENI SUPRAPTO, M.AP Ir. HARIF DARMAWAN

SKALA PETA
1 : 130.000

INSET :

SUMBER :
Peta Rupa Bumi Indonesia Wilayah Kota Malang
Skala 1 : 25.000
Kode : 1608 - 111 ; 1608 - 112 ; 1607 - 433 ; 1607 - 434

