

**STUDI REHABILITASI SISTEM DRAINASI LAPANGAN
TERBANG MUTIARA PALU-SULAWESI TENGAH**

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN PERSYARATAN
MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

**FICKAR ZARDI
NIM. 0410640015**

**DEPARTEMEN PENDIDIKAN NASIONAL
UNIVERSITAS BRAWIJAYA
FAKULTAS TEKNIK
JURUSAN PENGAIRAN
MALANG**

2009

**STUDI REHABILITASI SISTEM DRAINASI LAPANGAN
TERBANG MUTIARA PALU-SULAWESI TENGAH**

SKRIPSI

**DIAJUKAN UNTUK MEMENUHI SEBAGIAN PERSYARATAN
MEMPEROLEH GELAR SARJANA TEKNIK**

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Disusun Oleh :

**FICKAR ZARDI
NIM. 0410640015**

DOSEN PEMBIMBING :

**Ir. M. Janu Ismoyo, MT
NIP. 19580102 198601 1 001**

**Prima Hadi Wicaksono, ST. MT
NIP. 19750722 200012 1 001**

**STUDI EVALUASI DAN PERENCANAAN
SISTEM DRAINASE DI KECAMATAN KEPANJEN KABUPATEN
MALANG**

Disusun Oleh :

**FICKAR ZARDI
NIM. 0410640015**

Skripsi ini telah diuji dan dinyatakan lulus pada
tanggal 11 Agustus 2009

DOSEN PENGUJI

**Ir. M. Janu Ismoyo, MT.
NIP. 19580102 198601 1 001**

**Prima Hadi Wicaksono, ST. MT
NIP. 19750722 200012 1 001**

**Dr. Ir. Rispiningtati, M.Eng
NIP. 19500907 197603 2 001**

**Runi Asmaranto, ST. MT
NIP. 19710830 200012 1 001**

**Mengetahui
Ketua Jurusan Pengairan**

**Ir. Rini Wahyu Sayekti, MS.
NIP. 19600907 198603 2 002**

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI i

DAFTAR TABEL iii

DAFTAR GAMBAR iv

BAB I PENDAHULUAN 1

1.1. Latar Belakang 1

1.2. Identifikasi Masalah 2

1.3. Batasan Masalah 2

1.4. Rumusan Masalah 3

1.5. Tujuan dan Manfaat 3

BAB II LANDASAN TEORI 4

2.1. Umum 4

2.2. Analisis Frekuensi 4

2.3. Curah Hujan Rancangan 6

2.4. Uji Kesesuaian Distribusi 9

2.4.1. Uji Chi Square 9

2.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov 11

2.5. Debit Banjir Rancangan 13

2.5.1. Koefisien Limpasan 13

2.5.2. Intensitas Curah Hujan 15

2.5.3. Waktu Konsentrasi 15

2.5.4. Luas Daerah Pengaliran 16

2.6. Lapangan Terbang 16

2.6.1. Landasan Pacu (*Runway*) 16

2.6.2. Landasan Hubung (*Taxiway*) 16

2.6.3. Apron Tunggu (*Holding Apron*) 17

2.6.4. *Holding Bay* 18

2.7. Sistem Drainasi Lapangan Terbang 18

2.7.1. Ciri-ciri Drainasi Lapangan Terbang 19

2.7.2. Tujuan Drainasi Lapangan Terbang 20

2.7.3. Saluran Drainasi Permukaan 20

2.7.4. Saluran Drainasi Bawah Permukaan 21

 2.7.4.1. Metode Untuk Membuang Air di Bawah Permukaan 21

 2.7.4.2. Tipe-tipe Pipa 22

 2.7.4.3. Ukuran dan Kemiringan Pipa 22

 2.7.4.4. Bak Pengumpul (*Inlet*) dan Sumur Kontrol (*Manhole*) 22

 2.7.4.5. Gradasi dari Bahan Saringan 23

2.7.5. Kapasitas Saluran Drainasi 23

BAB III METODOLOGI 27

3.1. Lokasi Daerah Kajian 27

3.2. Pengumpulan Data 27

3.3. Tahapan Pengolahan Data 28

 3.3.1. Analisa Hidrologi 28

 3.3.2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan 28

 3.3.3. Perhitungan Dimensi Saluran Drainasi 29

BAB IV PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Curah Hujan 32

4.2. Pemilihan Distribusi Frekuensi 32

4.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan 34

4.4. Uji Kesesuaian Distribusi 36

 4.4.1. Uji Smirnov Kolmogorov 36

 4.4.2. Uji Chi Square 37

4.5. Layout Sistem Drainasi Lapangan Terbang 38

4.6. Perhitungan Debit Banjir Rancangan 40

 4.6.1. Panjang Saluran 40

 4.6.2. Luas Daerah Tangkapan 40

 4.6.3. Koefisien Pengaliran 41

 4.6.4. Waktu Konsentrasi 45

 4.6.5. Intensitas Hujan 46



4.6.6. Debit Banjir Rancangan	46
4.6.7. Dimensi Saluran Drainasi Tertutup Penampang Lingkaran	52
4.6.8. Dimensi Saluran Drainasi Penampang Trapesium	54
4.7. Analisa Kondisi Sistem Drainasi	57
4.7.1. Analisa Kapasitas Saluran Eksisting Terhadap Debit Rancangan	57
4.7.2. Analisa Kapasitas Sistem Drainasi Tertutup	58
4.7.3. Analisa Kecepatan Yang Diijinkan	59
4.8. Perbaikan Saluran Drainase	60
4.8.1. Perbaikan Kemiringan Saluran (Slope) Eksisting	60
4.8.2. Perencanaan Saluran Porus	62

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan	63
5.2. Saran	64

DAFTAR PUSTAKA

LAMPIRAN

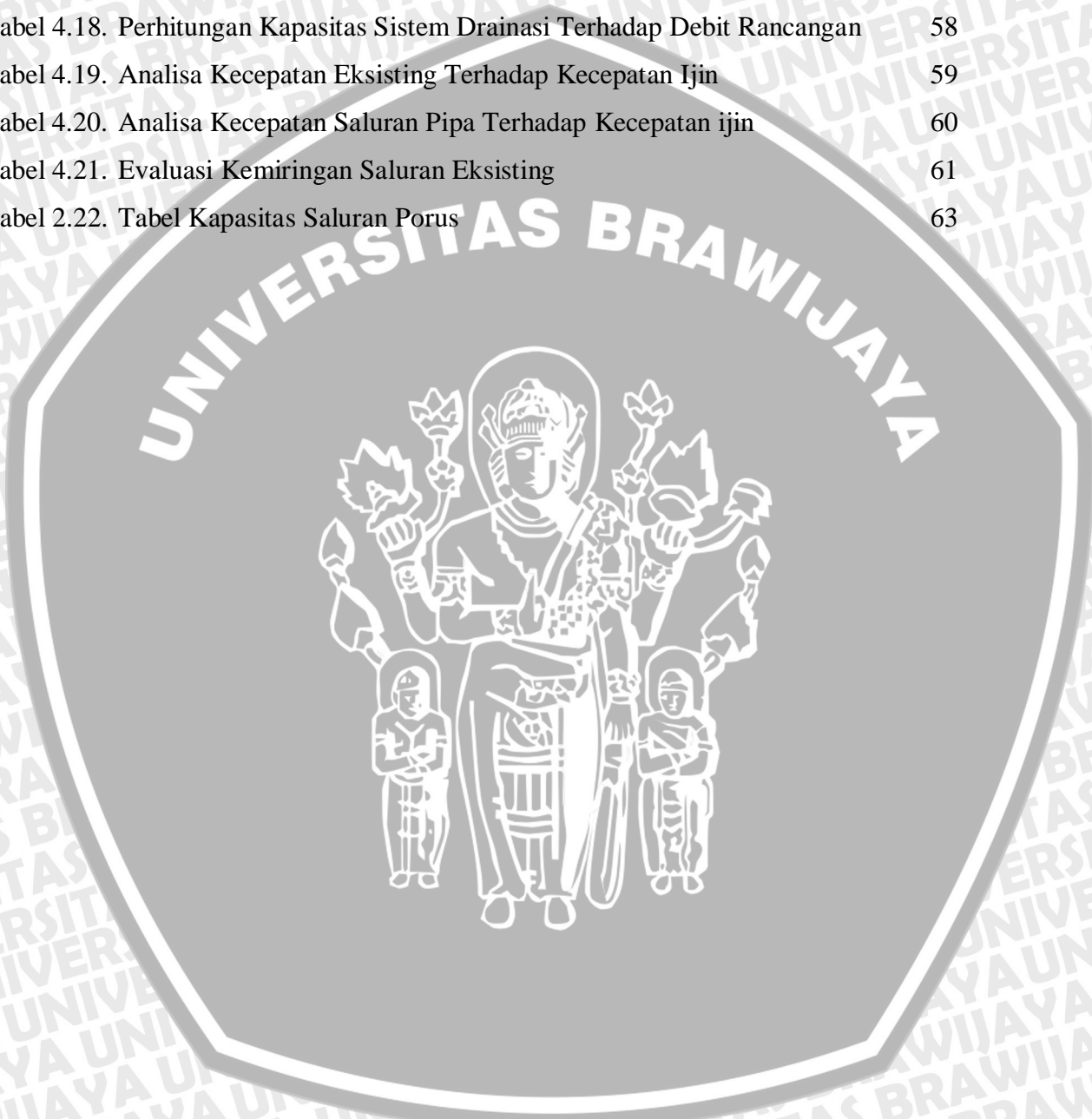


DAFTAR TABEL

Tabel 2.1.	Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III Untuk Cs Positif	7
Tabel 2.2.	Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III Untuk Cs Negatif	7
Tabel 2.3.	Nilai Kritis Untuk Distribusi Kai Kuadrat (χ^2)	10
Tabel 2.4.	Nilai Kritis (Δcr) Smirnov Kolmogorov	12
Tabel 2.5.	Koefisien Limpasan Untuk Berbagai Jenis Permukaan	14
Tabel 2.6.	Koefisien Limpasan Untuk Berbagai Jenis Permukaan dengan Kala Ulang Tertentu	14
Tabel 2.7.	Nilai Koefisien Kekasaran Manning	24
Tabel 2.8.	Rumus Hidrolika Saluran	24
Tabel 4.1	Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan	32
Tabel 4.2.	Perhitungan Parameter-parameter Distribusi Frekuensi	33
Tabel 4.3.	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Metode Log Pearson Tipe III	35
Tabel 4.4.	Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Kala Ulang Tertentu	36
Tabel 4.5.	Tabel Uji Smirnov Kolmogorov	37
Tabel 4.6.	Tabel Uji Kesesuaian Distribusi ChiSquare	38
Tabel 4.7.	Tata Guna Lahan Bandara Mutiara Palu	39
Tabel 4.8.	Panjang Saluran Eksisting	40
Tabel 4.9.	Luas Daerah Tangkapan per Blok	41
Tabel 4.10	Luas Tangkapan dan Koefisien Limpasan untuk Saluran Eksisting	42
Tabel 4.11.	Luas Darah Tangkapan dan Koefisien Limpasan Untuk Saluran Porus	43
Tabel 4.12.	Perhitungan Debit Pada Saluran Eksisting	44
Tabel 4.13a	Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 2 Tahun	48
Tabel 4.13b	Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 2 Tahun	49
Tabel 4.13c	Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 2 Tahun	50
Tabel 4.14.	Perhitungan Debit Limpasan Pada Saluran Porus Dengan	



Kala Ulang % Tahun	51
Tabel 4.15. Perhitungan Diameter Saluran Tertutup	53
Tabel 4.16. Perhitungan Dimensi Pada Saluran Rencana	56
Tabel 4.17. Analisa Debit Eksisting Terhadap Debit Rencana	57
Tabel 4.18. Perhitungan Kapasitas Sistem Drainasi Terhadap Debit Rancangan	58
Tabel 4.19. Analisa Kecepatan Eksisting Terhadap Kecepatan Ijin	59
Tabel 4.20. Analisa Kecepatan Saluran Pipa Terhadap Kecepatan ijin	60
Tabel 4.21. Evaluasi Kemiringan Saluran Eksisting	61
Tabel 2.22. Tabel Kapasitas Saluran Porus	63



DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1.	Konfigurasi Lapangan Terbang	18
Gambar 2.2.	Layout Sistem Lapangan Terbang	20
Gambar 2.3.	Drainasi Bawah Tanah	21
Gambar 2.4.	Unsur Geometrik Penampang Lingkaran	26
Gambar 3.1.	Peta Lokasi Studi	30
Gambar 3.2.	Diagram Alir Proses Pengerjaan Skripsi	31



RINGKASAN

Fickar Zardi, NIM. 0410640015. Jurusan Teknik Pengairan, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Malang. Juli 2009. **Studi Rehabilitasi Drainasi Lapangan Terbang Mutiara Palu-Sulawesi Tengah**. Dosen Pembimbing : Ir. M. Janu Ismojo, MT dan Prima Hadi W, ST. MT.

Lapangan Terbang Mutiara merupakan salah satu penunjang transportasi udara di Palu. Untuk menjaga keberhasilan dalam operasionalnya maka salah satu sarana yang harus dipenuhi adalah sistem drainasi yang baik. Oleh sebab itu studi rehabilitasi ini di tujukan untuk mengetahui keadaan dari saluran sistem drainasi pada lapangan terbang yang bersangkutan.

Metode yang digunakan dalam penulisan skripsi ini meliputi tiga tahap pengerjaan, yaitu : analisa hidrologi, analisa debit banjir rancangan, dan evaluasi saluran eksisting terhadap debit banjir rancangan, serta upaya perbaikan sistem drainasi.

Hasil yang diperoleh dari analisa data, yaitu curah hujan rancangan kala ulang lima tahun yang dihitung dengan menggunakan metode Log Person Tipe III sebesar 131,23805 mm. Berdasarkan curah hujan rancangan tersebut diperoleh debit banjir rancangan tergantung dari luas daerah tangkapan serta koefisien pengaliran. Dari hasil perhitungan kala ulang lima tahun dapat diketahui semua saluran aman, dan tidak terjadi kenaikan muka air.

Akan tetapi pada beberapa bagian terdapat genangan yang dapat mengganggu kegiatan operasional penerbangan, oleh karena itu perlu perbaikan dikarenakan genangan melebihi batas genangan yang diijinkan. Rehabilitasi dilakukan dengan pembuatan saluran porus di sisi landasan pacu untuk menghilangkan genangan.

Kata Kunci : Sistem Drainasi, *subsurface drainage*

KATA PENGANTAR

Assalaammualaikum Wr.Wb.

Puji syukur ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat, petunjuk dan hidayah-Nya kepada kita semua. Salawat serta salam pula dihaturkan kepada junjungan kita Nabi Muhammad SAW yang menjadi suri tauladan bagi seluruh umat manusia.

Skripsi ini berjudul “STUDI REHABILITASI SISTEM DRAINASI LAPANGAN TERBANG MUTIARA PALU-SULAWESI TENGAH”. Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan banyak terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam proses penyelesaian laporan ini, antara lain :

1. Mama, Papa, Fikky dan Uchy yang telah memberikan kasih sayang, doa dan dorongan semangat kepada penulis.
2. Bapak Ir. M. Janu Ismojo, MT. dan bapak Prima Hadi W, ST.MT. sebagai dosen pembimbing yang telah menyediakan waktunya kepada penulis untuk memberikan bimbingan dan berbagi ilmu.
3. Ibu Dr. Ir. Rispiningtati, M.Eng dan Bapak Runi Asmaranto, ST. MT. sebagai dosen penguji.
4. Staf recording, pengajaran dan perpustakaan Jurusan Pengairan yang telah membantu penyelesaian urusan administrasi dan syarat skripsi.
5. Indri VW, Barita, Teddy, Maman Ello, Novanto, mbak Nur, mbak Linda, mbak Ella, dan seluruh rekan-rekan Pengairan 2004 yang telah membantu, baik dukungan moril maupun materil serta semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan.

Dalam penyusunan laporan ini penulis sadar bahwa masih banyak kekurangan yang perlu diperbaiki sehingga saran dan kritik sangatlah diperlukan. Jika ada kelebihan dari laporan ini semata-mata datangnya dari Allah SWT dan jika ada kekurangan semata-mata datangnya dari penulis. Akhirnya, penulis ucapkan terima kasih dan semoga laporan ini bermanfaat, Amin.

Wassalaammualaikum Wr.Wb.

Malang, Juli 2009

Penulis

BAB I PENDAHULUAN

1.1.Latar Belakang

Pembangunan nasional di Indonesia pada dasarnya bertujuan untuk meningkatkan kesejahteraan masyarakat. Hal ini terkait dengan upaya pemerintah untuk meningkatkan sarana dan prasarana penunjang. Indonesia sebagai negara kepulauan sangat memerlukan prasarana transportasi yang mampu menghubungkan ribuan pulau tersebut. Salah satunya adalah transportasi udara, yang secara otomatis tersedianya prasarana transportasi udara sangat diperlukan.

Seperti kota lainnya di Indonesia, kota Palu berada dalam tahap pertumbuhan urbanisasi yang tinggi akibat laju pertumbuhan ekonomi yang pesat, sehingga kebutuhan penduduk untuk melakukan pergerakanpun menjadi semakin meningkat. Pesawat terbang sebagai salah satu sarana transportasi, sangat menguntungkan terutama dalam hal mobilisasi pergerakannya. Seiring dengan penambahan jumlah penduduk dan perkembangan kota di Propinsi Sulawesi Tengah, maka perlu adanya pengembangan bandar udara sehingga mampu untuk menampung jumlah pesawat yang mendarat maupun yang meninggalkan landasan.

Pembangunan bandar udara tentulah tidak terlepas dari perkembangan teknologi, ekonomi, dan sosial masyarakat. Dengan semakin meningkatnya kebutuhan akan transportasi udara, pengadaan fasilitas yang memadai sangat diperlukan, salah satunya adalah utilitas drainasi. Untuk menunjang pembangunan bandar udara diperlukan suatu sistem drainasi yang mampu menampung semua limpasan sehingga tidak terjadi genangan di permukaan tanah.

Suatu sistem lapangan terbang yang memadai, mempunyai suatu sistem saluran untuk membuang air pada permukaan (*surface drainage*) dan dibawah permukaan (*subsurface drainage*). Pada lapangan terbang tidak diperkenankan adanya selokan terbuka, kecuali selokan keliling lapangan terbang (*interception ditch*) yang menampung air yang akan memasuki lapangan terbang dari daerah disekelilingnya. Hal tersebut harus ada karena dari segi keamanan pesawat akan lebih terjamin dan dari segi usia perkerasan (*pavement*) dari landasan akan lebih lama (Prodjopangarso, 1987:36)

Sistem drainasi pada lapangan terbang memiliki problem khusus yang berkaitan dengan luasnya areal yang harus didrain serta kondisi tanahnya yang relatif datar. Selain itu lapangan terbang juga mempunyai keperluan kritis untuk pemindahan secepatnya air permukaan dan air bawah permukaan dengan dibuang atau dialirkan ke saluran drainasi.

Perencanaan sistem drainasi yang baik merupakan faktor yang sangat essential untuk keamanan dan efisiensi pengoperasian bandar udara. Fasilitas drainasi yang tidak memenuhi syarat tidak hanya akan menyebabkan kerugian akibat genangan, tetapi juga akan menimbulkan bahaya bagi pengoperasian lapangan terbang.

Untuk menciptakan pengoperasian lapangan terbang yang baik, maka perlu direncanakan terlebih dahulu sistem drainasi dengan teliti dan akurat. Selain itu kondisi sistem drainasi tersebut harus selalu dikontrol/dikaji ulang untuk mengetahui dan menjamin keamanan konstruksi lapangan terbang.

1.2. Identifikasi Masalah

Dalam kajian ini akan ditinjau tentang lapangan terbang yang memiliki sistem drainasi yang baik dan efektif untuk menunjang keberhasilan operasi pada bandar udara. Agar dapat berjalan dengan lancar, maka kondisi lapangan terbang khususnya pada daerah landasan pacu harus selalu bebas dari adanya genangan yang diizinkan sama dengan nol. Lapangan terbang yang kurang baik akibat adanya genangan pada daerah landasan pacu akan sangat mengganggu dalam kegiatan transportasi udara.

Bandar udara yang dikaji dalam skripsi ini adalah Bandar Udara Mutiara, kota Palu Sulawesi Tengah. Permasalahan yang terdapat pada daerah ini adalah terjadinya genangan di bandar udara, genangan yang terjadi bisa mencapai ± 3 cm pada saat hujan deras. Genangan terjadi karena air limpasan tidak dapat mengalir ke saluran eksisting dan tidak dapat meresap kedalam tanah. Hal ini disebabkan kemampuan tanah dalam menyerap air kurang baik atau dalam keadaan jenuh. Untuk mengatasi hal itu, maka diperlukan suatu kajian/ evaluasi terhadap sistem drainasi lapangan terbang yang dapat dengan cepat membuang kelebihan air pada daerah genangan, sehingga didapat rekomendasi terhadap upaya untuk menjaga keamanan operasional lapangan terbang tersebut.

1.3. Batasan Masalah

Dalam studi ini, permasalahan dibatasi :

1. Data curah hujan dan klimatologi dari stasiun pengamatan Badan Meteorologi dan Geofisika yang terletak di dalam Bandara Mutiara Palu.
2. Pendekatan analisis debit limpasan yang terjadi menggunakan metode rasional (*rational method*) sesuai dengan rekomendasi FAA (*Federal Aviation Administration*) untuk areal drainasi yang luasnya kurang dari 200 acres.
3. Perencanaan dimensi saluran drainasi menggunakan banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun sesuai dengan standar FAA (*Federal Aviation Administration*) untuk bandar udara komersial, hal ini penting untuk keamanan konstruksi bangunan di lapangan terbang dan keselamatan pesawat yang *take off* dan *landing*.
4. Sistem drainasi yang dimaksud adalah sistem drainasi permukaan dan sistem drainasi bawah permukaan.
5. Tidak memperhitungkan debit akibat limbah domestik dan pasang surut air laut.
6. Tidak membahas perencanaan teknis perkerasan *runway*, *taxiway*, dan *apron*.
7. Tidak membahas analisis biaya proyek dan dampak lingkungan.

1.4. Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian identifikasi masalah dan batasan masalah yang ada, maka dapat disimpulkan suatu pokok masalah yang diperlukan guna mempertajam masalah ini, antara lain :

1. Berapa debit yang melimpas berdasarkan perhitungan debit rancangan.
2. Bagaimana kemampuan saluran drainasi yang ada terhadap debit rancangan.
3. Bagaimana alternatif pemecahan masalah yang direkomendasikan untuk menanggulangi masalah genangan yang terjadi pada daerah studi.

1.5. Tujuan dan Manfaat

Studi rehabilitasi ini bertujuan untuk mengetahui sistem drainasi yang baik dan efektif untuk lapangan terbang yang terdapat di kota Palu Sulawesi Tengah sehingga diharapkan dapat memperoleh suatu sistem pengelolaan agar air hujan yang melimpas dan menggenang dapat dengan cepat mengalir ke saluran drainasi.

Sedangkan manfaat dari studi ini untuk memberi informasi kepada pihak pengelola bandar udara tentang kelayakan dari sistem drainasi yang sudah ada. Sehingga apabila dari hasil evaluasi diketahui ada beberapa bagian dari sistem drainasi tersebut yang kurang atau tidak layak digunakan, maka selanjutnya dapat diberikan suatu rekomendasi yang berupa upaya perbaikan.



BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Umum

Suatu sistem drainasi yang memadai untuk pembuangan air pada permukaan dan di bawah permukaan, merupakan faktor penting bagi keselamatan pesawat dan untuk umur landasan. Pada drainasi permukaan, air dari daerah tangkapan dikumpulkan kedalam saluran drainasi melalui lubang pemasukan (*inlets*). Jarak antar inlet ke arah memanjang berkisar antara 60 sampai 120 meter. FAA merekomendasikan letak inlet tidak lebih dari 75 ft (22,5m) dari tepi perkerasan.

Pada apron, inlet diletakkan pada perkerasan dan masing-masing penutup inlet diikatkan pada rangka yang kuat sehingga tidak bergetar dan lepas saat dilewati kendaraan di atasnya. Pipa drainasi harus ditanam pada kedalaman yang cukup sehingga mampu menahan beban di atasnya. Selain itu digunakan *interception ditch* yang dipasang di sekitar perkerasan yang berfungsi untuk menampung limpasan dan rembesan air yang berasal dari daerah sekitar bandara agar air tersebut tidak masuk ke areal landasan.

Sedangkan untuk drainasi bawah permukaan, digunakan drainasi *base course*, yaitu drainasi bawah permukaan yang dipasang dekat dan sejajar dengan tepi perkerasan. Pusat pipa drainasi harus ditempatkan minimum 1 *feet* (0,3m) dibawah *base course*. (gambar 2.3)

2.2 Analisis Frekuensi

Analisis frekuensi digunakan untuk peramalan (*forecasting*) dalam arti menentukan probabilitas terjadinya suatu peristiwa bagi tujuan perencanaan di masa mendatang, namun waktu atau saat terjadinya peristiwa yang sebenarnya tidak ditentukan. Probabilitas yang ditentukan adalah besarnya besaran hidrologi (*variate-variate*) yang kala ulangnya panjang.

Besaran terbesar yang didapatkan dari pengamatan hujan dan banjir biasanya tidak ada yang sebesar atau lebih besar dari besaran yang besarnya diperkirakan tadi. Sasaran utama analisa frekuensi adalah menentukan kala ulang peristiwa hidrologi yang

bernilai tertentu dan mencakup juga peristiwa yang diharapkan menyamai atau lebih besar dari reratanya (Imam Subarkah, 1980:109).

Kala ulang (*return period*) diartikan sebagai waktu hipotek dimana hujan atau debit dengan suatu besaran tertentu akan disamai atau dilampaui sekali dalam jangka waktu tersebut. Jadi, tidak ada pengertian bahwa kejadian tersebut akan berulang secara teratur setiap kala ulang tersebut.

Analisa ini dilakukan untuk memilih salah satu dari beberapa macam sebaran yang paling sesuai dengan sifat-sifat statistik data yang ada. Beberapa jenis sebaran yang paling banyak digunakan dalam memanfaatkan berbagai teknik analisa frekuensi pada pengolahan data hidrologi adalah distribusi *Normal*, *Log Normal*, *Log Pearson Tipe III*, dan *Log Gumbel*.

Adapun parameter statistik yang digunakan untuk menentukan macam sebaran yang sesuai adalah sebagai berikut :

1. C_k (*koefisien kurtosis*), yang merupakan ukuran kepuncakan distribusi.
2. C_s (*koefisien skewness*), yang merupakan ukuran dari penyimpangan suatu distribusi.
3. C_v (*koefisien variasi*)

Menurut Soemarto 1987 : 217), cara penyusunan dan penyajian data yang dikumpulkan dalam penelitian adalah sebagai berikut :

1. Harga Rerata Hitung (*mean*)

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

2. Simpangan Baku (*standard deviation*)

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

3. Koefisien Variasi (*coefficient of variation*)

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}} \quad (2-3)$$

4. Koefisien Kepencengan (*coefficient of skewness*)

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

5. Koefisien Kurtosis (*coefficient of kurtosis*)

$$C_k = \frac{n^2 \cdot \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4} \quad (2-5)$$

Keterangan : \bar{X} = rerata hitung

X_i = data curah hujan

n = jumlah data yang akan dianalisa

S = simpangan baku (simpangan deviasi)

C_v = koefisien variasi

C_s = koefisien kepepcengan

C_k = koefisien kurtosis

2.3 Curah Hujan Rancangan

Curah hujan rancangan adalah curah hujan terbesar tahunan yang mungkin terjadi di dalam suatu daerah dengan kala ulang tertentu, yang dipakai sebagai dasar perhitungan perencanaan suatu dimensi bangunan.

Pemilihannya ditentukan oleh pertimbangan hidroekonomis yang didasarkan terutama pada (Imam Subarkah, 1980:4):

- Besarnya kerugian yang akan diterima kalau bangunan-bangunan dirusak oleh hujan dan sering tidaknya kerusakan itu terjadi.
- Umur ekonomis bangunan.
- Biaya bangunan.

Dalam studi ini metode yang dipakai dalam menganalisa curah hujan rancangan adalah metode log pearson tipe III, dengan pertimbangan bahwa cara ini lebih flexible dan dapat dipakai untuk semua sebaran data.

Parameter-parameter statistik yang diperlukan oleh distribusi log pearson tipe III adalah nilai rerata, simpangan baku (Standard deviation), dan koefisien kepeccengan. Adapun tahapan untuk menghitung hujan rancangan maksimum dengan metode log pearson tipe II adalah sebagai berikut (Soemarto, 1987:243):

Tabel 2.1 Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III Untuk Cs Positif



Skew Coef. (Cs)	1,0101	1,0526	1,1111	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	Percent Change			4	2	1	0,5
					50	20	10				
3.0	-0,667	-0,665	-0,660	-0,636	-0,396	0,420	1,180	2,278	3,152	4,061	4,970
2.9	-0,690	-0,688	-0,681	-0,651	-0,390	0,440	1,196	2,277	3,134	4,013	4,909
2.8	-0,714	-0,711	-0,702	-0,666	-0,384	0,460	1,210	2,275	3,114	3,973	4,847
2.7	-0,740	-0,736	-0,724	-0,681	-0,376	0,479	1,224	2,272	3,097	3,932	4,783
2.6	-0,769	-0,762	-0,747	-0,695	-0,368	0,499	1,238	2,267	3,071	3,889	4,718
2.5	-0,799	-0,790	-0,771	-0,711	-0,360	0,518	1,250	2,262	3,048	3,845	4,652
2.4	-0,832	-0,819	-0,795	-0,725	-0,351	0,537	1,262	2,256	3,029	3,800	4,584
2.3	-0,867	-0,850	-0,819	-0,739	-0,341	0,555	1,274	2,248	2,997	3,753	4,515
2.2	-0,905	-0,882	-0,844	-0,752	-0,330	0,574	1,284	2,240	2,970	3,705	4,454
2.1	-0,946	-0,914	-0,869	-0,765	-0,319	0,592	1,294	2,230	2,942	3,656	4,372
2.0	-0,990	-0,949	-0,896	-0,777	-0,307	0,609	1,302	2,219	2,912	3,605	4,298
1.9	-1,037	-0,984	-0,920	-0,788	-0,294	0,627	1,310	2,207	2,881	3,553	4,223
1.8	-1,087	-1,020	-0,945	-0,799	-0,282	0,643	1,318	2,193	2,848	3,499	4,147
1.7	-1,140	-1,056	-0,970	-0,808	-0,268	0,660	1,324	2,179	2,815	3,444	4,069
1.6	-1,197	-1,093	-0,994	-0,817	-0,254	0,675	1,329	2,163	2,780	3,388	3,990
1.5	-1,256	-1,131	-1,018	-0,825	-0,240	0,690	1,333	2,146	2,745	3,330	3,910
1.4	-1,318	-1,163	-1,041	-0,832	-0,225	0,705	1,337	2,128	2,706	3,271	3,828
1.3	-1,388	-1,206	-1,064	-0,838	-0,210	0,719	1,339	2,108	2,666	3,211	3,745
1.2	-1,449	-1,243	-1,086	-0,844	-0,195	0,732	1,340	2,087	2,626	3,149	3,661
1.1	-1,518	-1,280	-1,107	-0,848	-0,180	0,745	1,341	2,066	2,585	3,087	3,575
1.0	-1,588	-1,317	-1,128	-0,852	-0,164	0,758	1,340	2,043	2,542	3,022	3,489
0.9	-1,660	-1,353	-1,147	-0,854	-0,148	0,769	1,339	2,018	2,498	2,967	3,401
0.8	-1,733	-1,388	-1,166	-0,856	-0,132	0,780	1,336	1,993	2,453	2,891	3,312
0.7	-1,806	-1,423	-1,183	-0,857	-0,116	0,790	1,333	1,967	2,407	2,824	3,223
0.6	-1,880	-1,458	-1,200	-0,857	-0,099	0,800	1,328	1,939	2,359	2,755	3,132
0.5	-1,965	-1,491	-1,216	-0,856	-0,083	0,808	1,323	1,910	2,311	2,686	3,041
0.4	-2,029	-1,524	-1,231	-0,855	-0,066	0,816	1,317	1,880	2,261	2,615	2,949
0.3	-2,104	-1,555	-1,245	-0,853	-0,050	0,824	1,309	1,849	2,211	2,544	2,856
0.2	-2,175	-1,586	-1,258	-0,850	-0,033	0,830	1,301	1,818	2,159	2,472	2,763
0.1	-2,225	-1,616	-1,270	-0,846	-0,017	0,836	1,292	1,785	2,107	2,400	2,670
0	-2,326	-1,645	-1,282	-0,842	-0,000	0,842	1,282	1,751	2,064	2,064	2,576

Sumber : Soemarto, 1987 : 245

Tabel 2.2 Faktor Sifat Distribusi Log Pearson Tipe III Untuk Cs Negatif

Skew Coef. (Cs)	1,0101	1,0526	1,1111	1,2500	2	5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	Percent Change			4	2	1	0,5
					50	20	10				
0	-2,336	-1,645	-1,282	-0,824	0,000	0,842	1,282	1,750	2,054	2,326	2,576
-1	-2,400	-1,673	-1,292	-0,836	0,017	0,846	1,270	1,716	2,000	2,252	2,482
-2	-2,472	-1,700	-1,301	-0,830	0,033	0,850	1,258	1,680	1,945	2,178	2,388
-3	-2,544	-1,762	-1,309	-0,824	0,050	0,853	1,245	1,643	1,890	2,104	2,294

Skew Coef. (Cs)	1.0101	1.0526	1.1111	1.2500	2	5	10	25	50	100	200
	99	95	90	80	Percent Change			4	2	1	0.5
					50	20	10				
-4	-2,615	-1,750	-1,317	-0,816	0,066	0,855	1,231	1,606	1,834	2,029	2,201
-5	-2,686	-1,774	-1,323	-0,808	0,083	0,856	1,216	1,567	1,777	1,955	2,108
-6	-2,755	-1,797	-1,328	-0,800	0,099	0,857	1,200	1,528	1,720	1,880	2,016
-7	-2,824	-1,819	-1,333	-0,790	0,116	0,857	1,183	1,488	1,633	1,800	1,936
-8	-2,891	-1,839	-1,336	-0,780	0,132	0,856	1,166	1,484	1,608	1,733	1,837
-9	-2,957	-1,858	-1,339	-0,769	0,148	0,854	1,147	1,407	1,549	1,660	1,749
-1.0	-3,022	-1,877	-1,340	-0,758	0,164	0,852	1,108	1,366	1,492	1,588	1,664
-1.1	-3,087	-1,894	-1,341	-0,745	0,180	0,848	1,107	1,324	1,435	1,518	1,581
-1.2	-3,149	-1,910	-1,340	-0,732	0,195	0,844	1,086	1,282	1,379	1,449	1,501
-1.3	-3,211	-1,925	-1,339	-0,719	0,210	0,838	1,064	1,240	1,324	1,383	1,424
-1.4	-3,271	-1,938	-1,337	-0,705	0,225	0,832	1,041	1,196	1,270	1,316	1,351
-1.5	-3,330	-1,961	-1,333	-0,690	0,240	0,825	1,018	1,157	1,217	1,256	1,282
-1.6	-3,388	-1,962	-1,329	-0,675	0,254	0,817	0,994	1,116	1,168	1,197	1,216
-1.7	-3,444	-1,972	-1,324	-0,660	0,268	0,808	0,970	1,075	1,116	1,140	1,155
-1.8	-3,499	-1,981	-1,318	-0,643	0,282	0,799	0,945	1,035	1,069	1,087	1,097
-1.9	-3,533	-1,989	-1,310	-0,627	0,294	0,788	0,920	0,996	1,023	1,037	1,044
-2.0	-3,605	-1,996	-1,302	-0,609	0,307	0,777	0,895	0,969	0,980	0,990	0,995
-2.1	-3,656	-2,001	-1,294	-0,592	0,319	0,765	0,869	0,923	0,939	0,346	0,949
-2.2	-3,705	-2,006	-1,284	-0,574	0,330	0,732	0,849	0,888	0,900	0,905	0,907
-2.3	-3,753	-2,009	-1,274	-0,555	0,341	0,739	0,819	0,855	0,864	0,867	0,869
-2.4	-3,800	-2,011	-1,262	-0,537	0,351	0,725	0,795	0,823	0,830	0,832	0,833
-2.5	-3,845	-2,012	-1,250	-0,518	0,360	0,711	0,771	0,793	0,796	0,799	0,800
-2.6	-3,889	-2,013	-1,238	-0,499	0,368	0,696	0,747	0,764	0,768	0,769	0,769
-2.7	-3,932	-2,011	-1,224	-0,479	0,376	0,681	0,724	0,738	0,740	0,740	0,741
-2.8	-3,973	-2,010	-1,210	-0,460	0,384	0,666	0,702	0,712	0,714	0,734	0,714
-2.9	-4,013	-2,007	-1,195	-0,440	0,330	0,651	0,681	0,683	0,689	0,690	0,690
-3.0	-4,051	-2,003	-1,180	-0,420	0,390	0,636	0,660	0,666	0,666	0,667	0,667

Sumber : Soemarto, 1987 : 246

1. Mengubah data curah hujan harian maksimum sebanyak n buah, yaitu X_1, X_2, \dots, X_n menjadi $\log X_1, \log X_2, \dots, \log X_n$.

2. Menghitung nilai rerata dengan rumus :

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

3. Menghitung harga simpangan baku dengan rumus :

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

4. Menghitung harga koefisien kepeccengan dengan rumus :

$$C_s = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log X_i - \overline{\log X})^3}{(n-1)(n-2)S^3} \quad (2-8)$$

5. Menghitung logaritma data curah hujan dengan kala ulang tertentu :

$$\text{Log } X_t = \overline{\log X} + G \cdot S \quad (2-9)$$

6. Mencari antilog dari log X untuk mendapatkan curah hujan dengan kala ulang tertentu.

2.4. Uji Kesesuaian Distribusi

Uji kesesuaian distribusi dimaksudkan untuk mengetahui kebenaran hipotesa, dalam hal ini hipotesa kesesuaian distribusi data curah hujan yaitu :

1. Kebenaran antara hasil pengamatan dengan model distribusi yang diharapkan atau yang diperoleh secara teoritis.
2. Kebenaran hipotesa (diterima atau ditolak). Hipotesa adalah rumusan sementara mengenai suatu hal yang dibuat untuk menjelaskan hal tersebut dan menuntun atau mengarahkan penelitian selanjutnya.

Sebelum melakukan perhitungan dan analisa, keandalan data perlu dipastikan terlebih dahulu. Pengujian dilakukan untuk memastikan ketepatannya agar hasil ujian perhitungan dapat dipergunakan untuk proses perhitungan selanjutnya.

Untuk mengetahui apakah data yang dipakai benar sesuai dengan jenis sebaran teoritis yang dipilih, maka setelah penggambaran pada kertas probabilitas perlu dilakukan pengujian kesesuaian distribusi atau sebaran. Pengujian ini dilakukan dengan pengujian

kecocokan (*testing of goodness of fit*). Pengujian ini dapat dilakukan dengan dua cara, yaitu Uji Smirnov Kolmogorov dan Uji Chi Square.

2.4.1. Uji Chi Square

Digunakan untuk mengetahui simpangan vertical antara sebaran empiris dan sebaran teoritis. Perhitungan pengujiannya menggunakan persamaan-persamaan sebagai berikut (Harto, 1993:180):

$$X^2 = \frac{n \sum (Ef - Of)^2}{Ef} \quad (2-10)$$

Dengan :

X^2 = harga Chi kuadrat

Ef = sebaran empiris

Of = sebaran teoritis

Menghitung jumlah kelas distribusi dengan rumus (Dajan, 1986 : 12):

$$K = 1 + 3,322 \log n \quad (2-11)$$

Dengan :

K = jumlah kelas distribusi

n = jumlah data

Derajat bebas (*number of degree of freedom*) dihitung dengan rumus (Shahin, 1976:186)

:

$$V = K - (p + 1) \quad (2-12)$$

Menghitung harga Ef :

$$Ef = \frac{n}{K} \quad (2-13)$$

Dengan :

p = jumlah parameter, untuk distribusi chi square $p = 2$

Ef = *expected frequency* (frekuensi yang diharapkan)

n = banyak tahun pengamatan

K = jumlah kelas

Of = *observed frequency* (frekuensi yang diamati)

Dari hasil perhitungan jika harga $X^2_{hit} < X^2_{cr}$ maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pemilihan distribusi (sebaran) data yang direncanakan dapat diterima. Nilai X^2_{cr} ditunjukkan pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Nilai Kritis untuk Distribusi Kai Kuadrat (χ^2)

χ^2_k	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
1	0,000039	0,00016	0,00098	0,00393	3,841	5,024	6,635	7,879
2	0,0100	0,0201	0,0506	0,103	5,991	7,378	9,210	10,597
3	0,0717	0,115	0,216	0,352	7,815	9,348	11,345	12,838
4	0,207	0,297	0,484	0,711	9,488	11,143	13,277	14,860
5	0,412	0,554	0,831	1,145	11,070	12,832	15,086	16,750
6	0,676	0,872	1,237	1,635	12,592	14,449	16,812	18,548
7	0,989	1,239	1,690	2,167	14,067	16,013	18,475	20,278
8	1,344	1,646	2,180	2,733	15,507	17,535	20,090	21,955



χ^k	α derajat kepercayaan							
	0,995	0,99	0,975	0,95	0,05	0,025	0,01	0,005
9	1,735	2,088	2,700	3,325	16,919	19,023	21,666	23,589
10	2,156	2,558	3,247	3,940	18,307	20,483	23,209	25,188
11	2,603	3,053	3,816	4,575	19,675	21,920	24,725	26,757
12	3,074	3,571	4,404	5,226	21,026	23,337	26,217	28,300
13	3,565	4,107	5,009	5,892	22,362	24,736	27,688	29,819
14	4,075	4,660	5,629	6,571	23,685	26,119	29,141	31,319
15	4,601	5,229	6,262	7,261	24,996	27,488	30,578	32,801
16	5,142	5,812	6,908	7,962	26,296	28,845	32,000	34,267
17	5,697	6,408	7,564	8,672	27,587	30,191	33,409	35,718
18	6,265	7,015	8,231	9,390	28,869	31,526	34,805	37,156
19	6,844	7,633	8,907	10,117	30,144	32,852	36,191	38,582
20	7,434	8,260	9,591	10,851	31,410	34,170	37,566	39,997
21	8,034	8,897	10,283	11,591	32,671	35,479	38,932	41,401
22	8,643	9,542	10,982	12,338	33,924	36,781	40,289	42,796
23	9,260	10,196	11,689	13,091	36,172	38,076	41,638	44,181
24	9,886	10,856	12,401	13,848	36,415	39,364	42,980	45,558
25	10,520	11,524	13,120	14,611	37,652	40,646	44,314	46,928
26	11,160	12,198	13,844	15,379	38,885	41,923	45,642	48,290
27	11,808	12,879	14,573	16,151	40,113	43,194	46,963	49,645
28	12,461	13,565	15,308	16,928	41,337	44,461	48,278	50,993
29	13,121	14,256	16,047	17,708	42,557	45,722	49,588	52,336
30	13,787	14,953	16,791	18,493	43,773	46,979	50,892	53,672

Sumber : Bonnier, 1980 (dalam Soewarno, 1995 : 223)

2.4.2. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan toritisnya. Prosedur perhitungan uji Smirnov Kolmogorov adalah sebagai berikut (Widandi Soetopo, 1977:25):

1. Data diurutkan dari kecil ke besar
2. Menghitung peluang empiris (S_n) dengan rumus Weibull :

$$S_n(x) = \frac{m}{n+1} \quad (2 - 14)$$

Dimana : $S_n(x)$ = posisi data X menurut data pengamatan

m = nomor urut data
 n = banyaknya data

3. Menghitung peluang teoritis (Pt) dengan rumus :

$$Pt = 1 - Pr \quad (2 - 15)$$

Dimana : Pr = Probabilitas terjadi

4. Menghitung simpangan maksimum (Δ) dengan rumus :

$$\Delta = \text{maks} | P_x(X) - S_n(X) | \quad (2 - 16)$$

5. Menentukan nilai Δ_{cr}

6. Menyimpulkan hasil perhitungan yaitu apabila $\Delta < \Delta_{cr}$, maka distribusi terpenuhi dan apabila $\Delta > \Delta_{cr}$, maka distribusi tak terpenuhi.

Tabel 2.4. Nilai Kritis (Δ_{cr}) Smirnov - Kolmogorov

Ukuran Sampel (n)	Level of Significance α (persen)				
	20	15	10	5	1
1	0,900	0,925	0,950	0,975	0,995
2	0,684	0,726	0,776	0,842	0,929
3	0,565	0,597	0,642	0,708	0,829
4	0,494	0,525	0,564	0,624	0,734
5	0,446	0,474	0,510	0,563	0,669
6	0,410	0,436	0,470	0,521	0,618
7	0,381	0,405	0,438	0,486	0,577
8	0,358	0,381	0,411	0,457	0,543
9	0,339	0,360	0,388	0,432	0,514
10	0,322	0,342	0,368	0,409	0,486
11	0,307	0,326	0,352	0,391	0,468
12	0,295	0,313	0,338	0,375	0,450
13	0,284	0,302	0,325	0,361	0,433
14	0,274	0,292	0,314	0,349	0,418
15	0,266	0,283	0,304	0,338	0,404
16	0,258	0,274	0,295	0,328	0,391
17	0,250	0,266	0,286	0,318	0,380
18	0,244	0,259	0,278	0,309	0,370
19	0,237	0,252	0,272	0,301	0,361
20	0,231	0,246	0,264	0,294	0,352
Rumus Asimtotik	$\frac{1,07}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,14}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,22}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,36}{\sqrt{n}}$	$\frac{1,63}{\sqrt{n}}$

Sumber : Widandi Soetopo, 1997 : 26

2.5. Debit Banjir Rancangan

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 tanah, seperti kemiringan tanah, jenis tanah, tanaman, dan tata guna lahan.

Metode yang biasa digunakan untuk menentukan debit limpasan pada perencanaan drainasi lapangan udara adalah metode rasional (*rational method*) untuk daerah pengaliran dengan luas kurang dari atau sama dengan $12,50 \text{ km}^2$ (1250 ha), dapat dipakai rumus (Soewarno, 2000:224) :

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2 - 17)$$

Dimana : Q = debit banjir rancangan (m^3/dtk)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rerata selama waktu banjir tiba (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km^2)

2.5.1. Koefisien Limpasan

Koefisien limpasan atau koefisien pengaliran adalah perbandingan antara jumlah air yang mengalir di permukaan akibat hujan (limpasan) pada suatu daerah dengan jumlah curah hujan yang turun di daerah tersebut.

Dalam setiap perencanaan harus diperhatikan faktor ini, terutama tanaman dan tata guna lahan yang berubah sepanjang tahun. Hal ini juga penting untuk memperkirakan efek yang mungkin timbul akibat perencanaan pengembangan bandara dimasa yang akan datang terhadap jumlah limpasan yang ada pada areal lapangan terbang.

Koefisien limpasan ini erat hubungannya dengan kondisi dan karakteristik dari daerah aliran, adapun kondisi dan karakteristik tersebut adalah :

1. Keadaan hujan

2. Luasa dan bentuk daerah aliran
3. Kemiringan daerah aliran
4. Daya infiltrasi dan perkolasi tanah
5. Kebasahan tanah
6. Suhu udara, angin, dan evaporasi
7. Tata guna lahan

Untuk areal aliran yang terdiri dari berbagai tipe permukaan dengan karakteristik penyerapan air yang berbeda, koefisien limpasan dapat dihitung berdasarkan persamaan berikut (Horonjeff, 1993:204) :

$$C = \frac{A_1C_1 + A_2C_2 + \dots + A_nC_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n} \quad (2 - 18)$$

Dengan :

- C = koefisien limpasan total
- C₁ ... C_n = koefisien limpasan tiap tipe permukaan
- A₁ ... A_n = luas tiap areal drainasi (km²)

Tabel 2.5. Koefisien limpasan untuk berbagai jenis permukaan

Tipe Permukaan	Harga C
Seluruh permukaan atap kedap air	0,75 – 0,95
Perkerasan landasan pacu dengan aspal	0,80 – 0,95
Perkerasan landasan pacu dengan beton	0,70 – 0,90
Perkerasan makadam	0,35 – 0,70
Tanah kedap air *	0,40 – 0,65
Tanah kedap air dengan rumput *	0,30 – 0,55
Tanah sedikit tembus air *	0,15 – 0,40
Tanah sedikit tembus air dengan rumput *	0,10 – 0,30
Tanah tembus air sedang	0,05 – 0,20
Tanah tembus air sedang dengan rumput *	0,00 – 0,10

* untuk kemiringan 1–2 %

Sumber : Robert Horonjeff, 1993:204

Tabel 2.6. Koefisien limpasan untuk berbagai jenis permukaan dengan kala ulang tertentu.

Jenis Permukaan	Kala Ulang (tahun)			
	2	5	10	25
Aspal	0,73	0,77	0,81	0,86
Beton	0,75	0,80	0,83	0,88
Lapangan rumput dengan permukaan rumput < 50 % luas (kondisi jelek)				
Daerah datar 0 - 2 %	0,32	0,34	0,37	0,40
Daerah sedang 2 - 7 %	0,37	0,40	0,43	0,46
Daerah curam >7 %	0,40	0,43	0,45	0,49
Lapangan rumput dengan permukaan rumput 50 - 75 % luas				
Daerah datar 0 - 2 %	0,25	0,28	0,30	0,34
Daerah sedang 2 - 7 %	0,33	0,36	0,38	0,42
Daerah curam >7 %	0,37	0,40	0,42	0,46
Lapangan rumput dengan permukaan rumput > 75 % luas (kondisi baik)				
Daerah datar 0 - 2 %	0,21	0,23	0,25	0,29
Daerah sedang 2 - 7 %	0,29	0,32	0,35	0,39
Daerah curam >7 %	0,34	0,37	0,40	0,44

Sumber : Ven Te Chow, 1988 : 498

2.5.2. Intensitas Curah Hujan

Intensitas curah hujan didefinisikan sebagai tinggi curah hujan persatuan waktu, misalnya mm/jam atau mm/menit untuk berbagai rentang waktu (*duration*) curah hujan tertentu. Perkiraan mengenai frekuensi hujan juga merupakan faktor penting untuk dipertimbangkan.

Untuk mendapatkan intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi berdasarkan data curah hujan harian digunakan rumus sebagai berikut (Sosrodarsono, 1993:145) :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{tc} \right)^{\frac{2}{3}} \quad (2 - 19)$$

Dimana :

I = intensitas curah hujan selama waktu konsentrasi (mm/jam)

R₂₄ = curah hujan maksimum harian dalam 24 jam (mm)

tc = waktu konsentrasi (jam)

2.5.3. Waktu Konsentrasi

Waktu konsentrasi didefinisikan sebagai waktu yang digunakan oleh air atau limpasan hujan untuk mencapai bak pengumpul dari tempat paling jauh dalam areal drainasi. Tempat yang paling jauh berhubungan dengan suatu tempat yang membutuhkan waktu aliran yang paling lama. Besarnya waktu konsentrasi dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Imam Subarkah, 1980:50) :

$$T_c = 0,0195 \left(\frac{L}{\sqrt{S}} \right)^{0,77} \text{ menit} \quad (2-20)$$

Dimana : T = waktu konsentrasi (menit)
L = panjang saluran (m)
S = kemiringan permukaan tanah rerata

2.5.4. Luas Daerah Pengaliran

Luas daerah pengaliran (*catchment area*) dimaksudkan sebagai daerah tempat curah hujan mengalir menuju saluran drainasi. Jika suatu areal aliran dilayani oleh beberapa saluran maka areal harus dibagi sesuai dengan arah aliran air menuju saluran yang bersangkutan. Pembagian luas areal juga didasarkan pada kemiringan permukaan tanah dari peta topografi.

Pada perencanaan drainasi lapangan terbang, areal drainasi meliputi perkerasan (*apron, taxiway, dan runway*) yang berupa beton dan aspal, *shoulder* dan *runway safety area* yang berupa lapangan rumput.

2.6. Lapangan Terbang

2.6.1. Landasan Pacu (*Runway*)

Secara umum landasan pacu harus diatur sedemikian rupa sehingga harus dapat berfungsi untuk (Robert Horonjeff, 1988 : 201) :

1. Memberikan pemisahan yang secukupnya dalam pola lalu lintas udara.
2. Meminimalkan gangguan dan keterlambatan dalam operasi pendaratan maupun lepas landasnya pesawat.
3. Memberi jarak landasan hubung yang sependek mungkin dari areal terminal menuju ujung landasan pacu untuk pesawat yang akan lepas landas dan yang mendarat.

Pada landasan terbang yang sibuk, harus diadakan apron tunggu dan daerah pemanasan mesin pesawat sebelum terbang yang berdekatan dengan ujung-ujung lepas landas dari landasan pacu. Apron tersebut harus dirancang untuk menampung tiga sampai empat pesawat dengan ukuran maksimum yang diantisipasi akan mendarat dengan ruangan yang cukup, sehingga satu pesawat dapat melewati pesawat yang lainnya.

2.6.2 Landasan Hubung (*Taxiway*)

Fungsi utama dari landasan hubung adalah sebagai berikut (Robert Horonjeff, 1988 : 201) :

1. Untuk memberikan jalan masuk dari landasan pacu ke areal terminal dan hangar pemeliharaan dan sebaliknya.
2. Harus diatur sedemikian rupa sehingga pesawat yang baru mendarat tidak mengganggu gerakan pesawat yang sedang bergerak perlahan untuk lepas landas.

Selama lalu lintas puncak, yaitu ketika pesawat-pesawat yang menggunakan landasan pacu berkesinambungan, kapasitas landasan pacu sangat bergantung pada seberapa cepat pesawat yang baru mendarat dapat dikeluarkan dari landasan pacu. Sebuah pesawat yang baru mendarat, akan menunda pendaratan pesawat berikutnya sampai pesawat tersebut keluar dari landasan pacu. Pada kebanyakan lapangan terbang, landasan hubung adalah tegak lurus dengan landasan pacu, sehingga pesawat harus Sangat memperlambat kecepatannya sebelum dapat membelok ke landasan hubung.

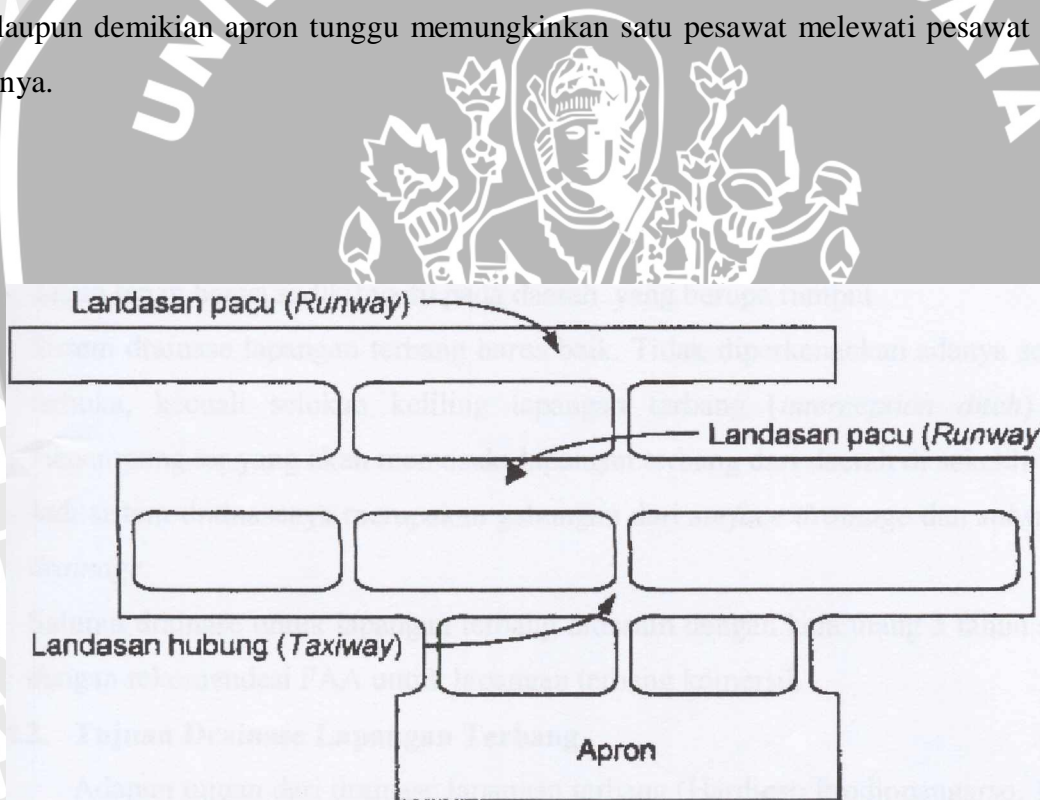
2.6.3. Apron Tunggu (*Holding Apron*)

Apron tunggu sering juga disebut sebagai apron anjang atau apron pemanasan (*run up* atau *warm up*) umumnya dirancang untuk menampung 2 sampai 3 pesawat dan luasnya tergantung pada ukuran dan kemampuan manuver pesawat yang ada di lapangan terbang tersebut. Bagian ini harus diadakan di tempat yang sangat dekat dengan ujung landasan pacu dengan maksud supaya dapat berfungsi (Robert Horonjeff, 1988 : 206) :

1. Sebagai fasilitas penunjang yang memudahkan pesawat yang akan lepas landas, sehingga dapat memasuki landasan pacu dengan sudut lebih kecil dari 90°.
2. Sebagai tempat pemeriksaan pesawat sebelum lepas landas.

3. Untuk menunggu ijin lepas landas dari petugas lalu lintas udara.
4. Bila cukup luas dapat juga dijadikan sebagai jalur penyalipan bagi pesawat lainnya bila sudah siap, apabila pesawat di depannya yang menuju landasan pacu belum atau tidak layak untuk lepas landas karena suatu hal (misalnya mesin rusak). Hal ini akan menyingkat waktu, karena bila apron tunggu ini tidak ada maka pesawat yang batal lepas landas tadi harus berjalan menuju ujung landasan pacu dan keluar melalui landasan hubung terdekat.

Pesawat yang menunggu harus ditempatkan diluir jalur penyalipan, sehingga hembusan dari pesawat itu tidak langsung mengarah ke jalur penyalipan. Pada kebanyakan lapangan terbang, volume lalu lintas puncak melebihi kapasitas apron tunggunya, sehingga menyebabkan antrian pesawat pada landasan menuju landasan pacu. Walaupun demikian apron tunggu memungkinkan satu pesawat melewati pesawat yang lainnya.



Gambar 2.1. Konfigurasi Lapangan Terbang

Sumber : Amir Fauzi, 2001 : 19

2.6.4. Holding Bay

Holding bay merupakan apron yang relatif kecil yang ditempatkan pada satu tempat yang mudah dicapai di lapangan terbang tersebut nantinya difungsikan sebagai tempat parkir sementara dari pesawat. Pada beberapa lapangan terbang, jumlah pintu

masuk (*gate*) mungkin tidak cukup untuk memenuhi permintaan pada jam-jam sibuk. Apabila terjadi hal seperti ini, pesawat diarahkan ke *holding bay* oleh pengendali lalu lintas udara dan ditempatkan disana sampai tersedia pintu masuk. *Holding bay* tidak diperlukan apabila kapasitas memenuhi permintaan (Robert Horonjeff, 1988:206).

2.7 Sistem Drainasi Lapangan Terbang

Lapangan terbang umumnya menggunakan kombinasi antara sistem drainasi bawah permukaan (*subsurface drainage*) dan sistem drainasi permukaan (*surface drainage*). Sistem drainasi lapangan terbang harus baik, tidak diperkenankan ada saluran terbuka, kecuali saluran keliling lapangan terbang (*interception ditch*) yang menampung air yang akan memasuki lapangan terbang dari daerah disekelilingnya. Sistem drainasi bawah permukaan ini meliputi saluran permukaan (*surface ditches*), lubang-lubang masukan (*inlets*), sumur control (*manholes*) dan saluran drainasi bawah tanah (*subsurface ditches*) yang berupa pipa-pipa beton.

Perencanaan sistem drainasi yang baik merupakan factor yang sangat esensial untuk keamanan dan efisiensi pengoperasian bandar udara. Fasilitas drainasi yang tidak memenuhi syarat tidak hanya akan menyebabkan kerugian akibat genangan, tetapi juga akan menimbulkan bahaya bagi pengoperasian lapangan terbang, bahkan untuk sementara waktu dapat mengakibatkan ditutupnya bandara.

Drainasi pencegat (*intercepting drainage*) sangat diperlukan di tempat dimana air limpasan permukaan (*run off*) dan dibawah air permukaan (infiltrasi) yang berasal dari daerah disekitarnya mengalir menuju perkerasan bandar udara. Drainasi pencegat dapat dibuat dengan memasang saluran terbuka di sekeliling areal lapangan terbang. Apabila hal ini tidak praktis, maka dapat digunakan saluran pembuang bawah tanah.

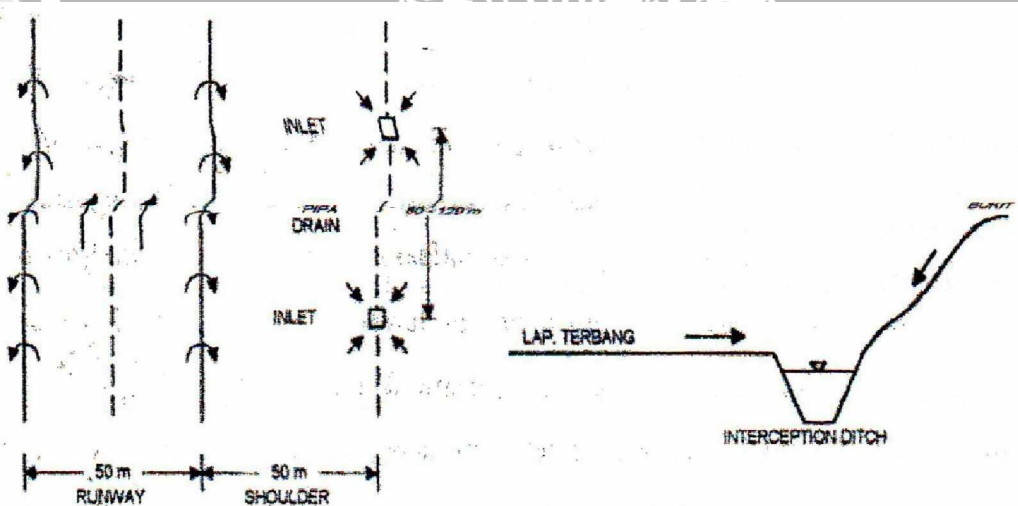
2.7.1. Ciri-ciri Drainasi Lapangan Terbang

Ciri-ciri drainasi lapangan terbang (Hardjoso Prodjopangarso, 1987:35) antara lain :

1. Permukaan daerah lapangan bermacam-macam, terdiri dari beton, aspal, rumput, dan lain-lain

2. Tanah dibawah taxiway dan apron harus cukup kuat daya dukungnya terhadap beban pesawat terbang yang melintas diatasnya.
3. Sebagian besar permukaan lapangan terbang terdiri dari beton dan aspal sehingga air akan melimpas (*run off*) di atas permukaan. Air yang meresap ke dalam tanah hanya sedikit yaitu pada daerah *shoulder* dan *runway safety area* yang berupa lapangan rumput.
4. Sistem drainasi lapangan terbang harus baik. Tidak diperkenankan adanya selokan terbuka, kecuali selokan keliling lapangan terbang (*interception ditch*) yang menampung air yang akan memasuki lapangan terbang dari daerah disekelilingnya. Jadi sistem drainasinya merupakan gabungan dari *surface drainage* dan *subsurface drainage*.
5. Kemiringan *runway* kecil sekali, yaitu
 - Arah memanjang maksimum 1%
 - Arah melintang maksimum 1,5 %

Kemiringan *shoulder* ke arah melintang maksimum 2,5 – 5 %. Genangan air akibat hujan dan tabal salju maksimum 10 cm di atas *runway* dan harus segera dikeringkan.



Gambar 2.2. Layout Sistem Drainasi Lapangan Terbang

Sumber : Prodjopangarso, 1987 : 36

2.7.2. Tujuan Drainase Lapangan Terbang

Adapun tujuan dari drainasi lapangan terbang adalah (Hardjoso Prodjopangarso, 1987:37) :

1. Mengurangi air yang masuk kedalam tanah sehingga daya dukung tanah mampu menahan beban pesawat yang sangat berat.
2. Mencegah terjadinya genangan air pada *runway* dan *taxiway* yang dapat mengganggu pesawat pada saat *take-off* dan *landing*.
3. Menjaga seluruh daerah lapangan terbang termasuk terminal building agar tidak tergenang air.

2.7.3. Saluran Drainasi Permukaan

Air dari areal drainasi dikumpulkan kedalam saluran pembuang melalui bak pengumpul. Struktur bak pengumpul terdiri dari bak beton, yang bagian atasnya ditutup dengan kisi terbuat dari baja Luang atau beton bertulang. Kisi itu harus mampu mendukung beban roda pesawat dan karenanya harus dirancang untuk memikul tekanan kontak untuk pesawat yang akan dilayani oleh bandar udara (Horonjeff, 1993:221)

Pada apron, bak pengumpul biasanya ditempatkan dalam perkerasan. Hanya dengan cara ini suatu apron yang luas dapat dilayani pembuangan airnya. Semua kisi harus terikat kuat dengan kerangkanya sehingga tidak akan terlepas akibat dilalui pesawat.

2.7.4. Saluran Drainasi Bawah Permukaan

Fungsi dari drainasi bawah permukaan pada lapangan terbang adalah sebagai berikut (Robert Horonjeff, 1993:222) :

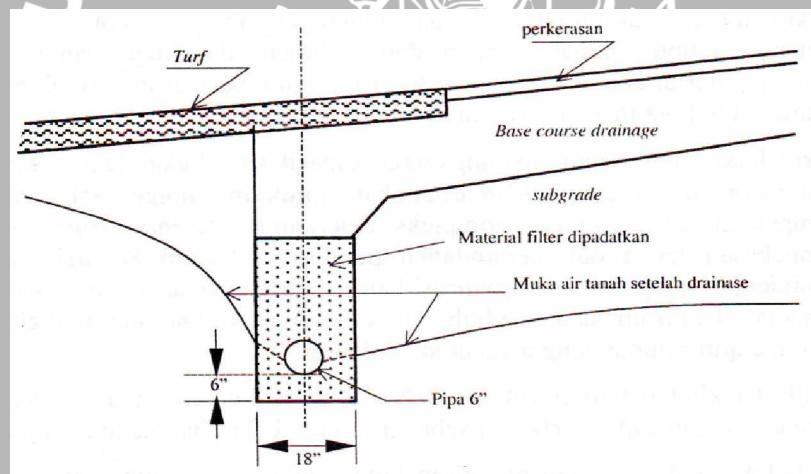
1. Mengalirkan air dari pondasi atas.
2. Mengalirkan air dari lapisan tanah dasar dibawah permukaan (*pavement*).
3. Mengumpulkan serta mengalirkan air yang berasal dari mata air atau lapisan tanah yang mudah tertembus air.

2.7.4.1. Metode Untuk Membuang Air di Bawah Permukaan

Air dalam lapisan pondasi atas biasanya dibuang dengan membuat saluran pembuangan dibawah permukaan tanah di dekat dan sejajar tepi perkerasan. Bahan yang tembus air harus diteruskan sampai dibawah lapis pondasi atas. Sumbu pipa pembuangan harus diletakkan minimum 1 kaki (0,3048 meter) dibawah lapis pondasi atas.

Tanah dasar dikeringkan dengan memasang pipa di sepanjang tepi perkerasan dan di beberapa tempat dimana air tanah sangat tinggi, di bawah perkerasan. Sumbu pipa di bawah permukaan harus diletakkan tidak kurang dari 1 kaki di bawah permukaan air tanah. Apabila saluran pembuangan tanah dasar dipasang di sepanjang tepi perkerasan, saluran itu dapat juga berfungsi sebagai saluran pembuang bagi lapisan pondasi atas.

Drainasi pencegat dapat dibuang dengan memasang saluran terbuka melintasi areal perkerasan. Apabila hal ini tidak praktis, maka dapat digunakan saluran pembuang bawah tanah.



Gambar 2.3. Drainasi Bawah Tanah

Sumber : Robert Horonjeff, 1993 : 226

2.7.4.2. Tipe-Tipe Pipa

Berbagai tipe-tipe pipa berikut ini digunakan pada drainasi bawah permukaan :

1. Pipa tanah liat, beton, atau logam berlubang-lubang. Sambungan yang ada ditutup rapat. Pada umumnya, lubang dibuat melebihi sepertiga keliling pipa. Bagian yang berlubang biasanya diletakkan didekat tanah.
2. Poros ujung pipa dan sok yang dipasang dengan sambungan terbuka. Tanah liat besi tuang dan beton tanpa tulangan biasanya digunakan dalam pabrik pembuatan pipa.

3. Pipa beton yang tembus air (*porous*) mengumpulkan air dengan mengalirkannya melalui dinding beton dari pipa. Tipe pipa ini diletakkan dengan sambungannya ditutup rapat.
4. *Skip pipe* yang terbuat dari tanah liat dan besi tuang.
5. Ubin petak (*farm tile*) dibuat dari tanah liat atau beton dengan ujung-ujungnya sedikit renggang untuk memungkinkan air masuk. Tipe pipa ini jarang digunakan pada proyek lapangan terbang.

2.7.4.3. Ukuran dan Kemiringan Pipa

Dari berbagai pengalaman, dapat disimpulkan bahwa pipa pembuangan yang berdiameter 6 inci adalah cukup, kecuali terdapat kondisi air tanah yang ekstrim. Kemiringan minimum yang dianjurkan untuk saluran pembuang bawah tanah adalah 0,15 kaki – 100 kaki. Harus terdapat bahan saringan di sekeliling pipa dengan tebal minimum 6 inci.

2.7.4.4. Bak Pengumpul (*Inlet*) dan Sumur Kontrol (*Manhole*)

Inlet merupakan bak pengumpul air yang akan dibuang dari areal drainasi lapangan terbang menuju sistem perpipaan bawah tanah. Letak bak pengumpul tergantung pada konfigurasi lapangan terbang dan rencana perataan tanah. Pada apron, *inlet* biasanya ditempatkan dalam perkerasan, dengan cara ini apron yang luas dapat dilayani pembuangan airnya.

Manhole dapat dilakukan sebagai saluran inspeksi dan pemeliharaan sistem drainasi. Biasanya *manhole* diletakkan pada bagian yang lupus atau disetiap perubahan arah aliran, ketinggian, usuran pipa dengan jarak kira-kira 90-150 meter.

2.7.4.5. Gradasi dari Bahan Saringan

Istilah bahan penyaring (*filter material*) digunakan terhadap bahan berbutir yang dipakai sebagai bahan urugan kedalam parit pembuang dimana terdapat pipa pembuangan bawah tanah. Supaya air bebas mengalir menuju saluran pembuangan, bahan saringan

harus lebih mudah ditembus air daripada tanah yang dikeringkan. Namur, bila bahan terlalu mudah ditembus air, partikel tanah yang dikeringkan akan terbawa kedalam bahan saringan dan akan terjadi penyumbatan.

2.7.5. Kapasitas Saluran Drainasi

Persamaan *Manning* sangat populer digunakan dalam menentukan karakteristik aliran seragam dalam pipa. FAA (*Federal Aviation Administration*) merekomendasikan penggunaan rumus *Manning* dalam perencanaan sistem drainasi pipa bawah tanah pada lapangan terbang yaitu (Ven Te Chow, 1922:90) :

$$v = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot S^{\frac{1}{2}} \quad (2-21)$$

Dimana : v = kecepatan aliran (m/detik)
 n = koefisien kekasaran Manning
 R = jari-jari hidrolis (m)
 S = slope/ kemiringan dasar saluran

Sedangkan besarnya kapasitas saluran dihitung dengan rumus :

$$Q = A \cdot v \quad (2-22)$$

Dimana : Q = debit saluran (m³/detik)
 A = luas penampang (m²)
 v = kecepatan aliran (m/detik)

Harga koefisien kekasaran *Manning* (n) dalam rumus *Manning* ditetapkan berdasarkan pada bahan yang membentuk tubuh saluran. Harga koefisien kekasaran *Manning* untuk berbagai bahan material saluran disajikan pada tabel berikut.

Tabel 2.7. Nilai Koefisien Kekasaran Manning

Tipe Saluran	n
1. Gorong-gorong tertutup terisi sebagian (dari beton)	
a. Gorong-gorong lurus dan bebas kikisan	0,010 – 0,013
b. Gorong-gorong dengan lengkungan, sambungan, dan sedikit kikisan	0,011 – 0,014
c. Dipoles	0,011 – 0,014
d. Saluran pembuang dengan bak kontrol, mulut pemasukan dan lain-lain	0,013 – 0,017
e. Tidak dipoles, seperti baja	0,012 – 0,014
f. Tidak dipoles, seperti kayu halus	0,012 – 0,016
g. Tidak dipoles, seperti kayu kasar	0,015 – 0,020
2. Saluran Terbuka	
a. Pasangan beton yang dipoles	0,015 – 0,020
b. Tanah galian, lurus, seragam, bersih, baru dibuat	0,016 – 0,020

Sumber : Ven Te Chow, 1997 : 99

Tabel 2.8. Rumus Hidrolika Saluran

Rumus	Penampang	
	Segiempat	Trapesium
Luas (A)	$b \cdot y$	$(b + zy) y$
Keliling Basah (P)	$b + 2 \cdot y$	$b + 2 y \sqrt{1+z^2}$
Jari-jari Hidrolis (R)	$\frac{b y}{b+2 y}$	$\frac{(b+z y) y}{b+2 y \sqrt{1+z^2}}$
Kedalaman Hidrolis (D)	y	$\frac{(b+z y) y}{b+2 z y}$
Lebar Puncak (T)	b	$b + 2zy$
Penampang Ekonomis	$b = 2 y$	$z = \frac{1}{\sqrt{3}}$ $P = 2 y \sqrt{3}$ $b = \frac{2}{3} y \sqrt{3}$ $A = y^2 \sqrt{3}$

Sumber : Ven Te Chow, 1997 : 19

Dalam menentukan dimensi penampang saluran drainasi lapangan terbang dihitung seperti halnya mendesain saluran terbuka, dimana alirannya menggunakan aliran gravitasi dengan pendekatan rumus aliran seragam.

Untuk menghitung dimensi pipa drainasi digunakan rumus (Ven Te Chow, 1997:19) :

$$A = \frac{1}{8} \cdot (\theta - \sin \theta) \cdot d_o^2 \quad (2 - 23)$$

$$P = \frac{1}{2} \theta \cdot d_o \quad (2-24)$$

$$R = \frac{1}{4} \left(1 - \frac{\sin \theta}{d_o} \right) d_o \quad (2-25)$$

Untuk kondisi aliran penuh ($y = d_o$ dan $\theta = 2\pi$), maka persamaan (2-22) sampai persamaan (2-24) menjadi :

$$A = \frac{1}{4} \pi \cdot d_o^2 \quad (2-26)$$

$$P = \pi \cdot d_o \quad (2-27)$$

$$R = \frac{A}{P} = \frac{1}{4} \cdot d_o \quad (2-28)$$

Maka dalam menentukan diameter saluran drainasi dapat digunakan rumus-rumus berikut ini :

$$Q = A \cdot V \quad (2-29)$$

$$Q = \frac{1}{n} \cdot R^{2/3} \cdot S^{1/2} \cdot A \quad (2-30)$$

$$Q = \frac{1}{4} \cdot S^{1/2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot d_o}{4} \right) \left(\frac{d_o}{4} \right)^{2/3} \quad (2-31)$$

$$Q = \frac{0,331}{n} \cdot S^{1/2} \cdot d_o^{8/3} \quad (2-32)$$

$$d_o = \left(\frac{3,028 \cdot Q \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/8} \quad (2-33)$$

Dengan : Q = debit saluran (m³/detik)

A = luas penampang saluran (m²)

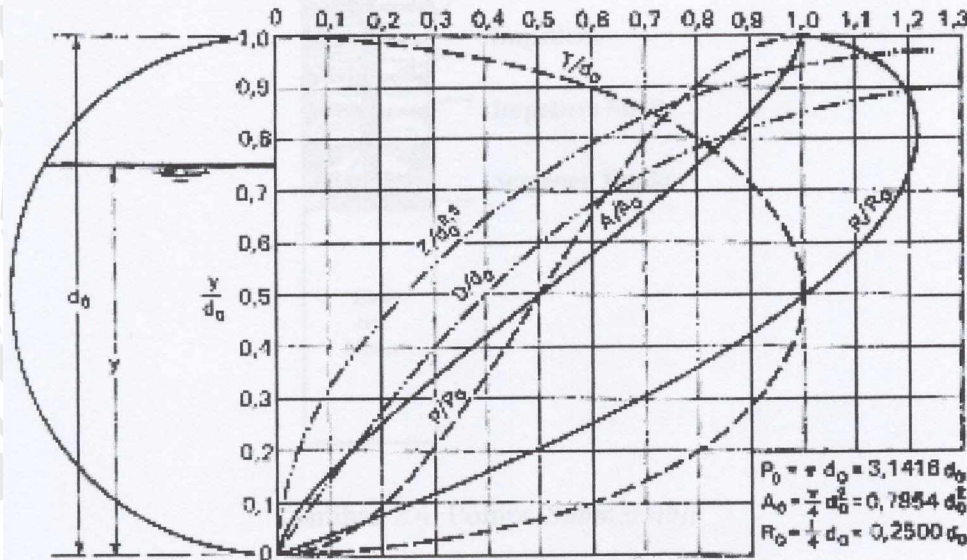
P = perimeter basah (m)

R = jari-jari hidrolis (m)

d_o = diameter pipa (m)

n = koefisien kekasaran Manning

S = kemiringan saluran



Gambar 2.3. Unsur Geometrik Penampang Lingkaran

Sumber : Ven Te Chow, 1997 : 21

Dari pengamatan yang dilakukan oleh FAA, menunjukkan bahwa dengan kecepatan rata-rata sebesar 0,762 m/detik (2,5 ft/sec) dapat mencegah terjadinya pengendapan material suspensi dalam pipa. Apabila digunakan kecepatan yang lebih rendah, maka pemeliharaan khusus harus dilakukan pada konstruksi sistem drainasi. Kemiringan dan sistem perpipaan harus didesain sesuai dengan kondisi topografi yang diijinkan, sehingga kecepatan aliran akan makin bertambah atau kecepatannya harus dipertahankan dari *inlet* sampai ke *outlet*. Hal yang penting untuk mempertahankan kecepatan secukupnya dalam upaya mencegah terjadinya pengendapan dan akumulasi material suspensi di dalam pipa.

2.7.6. Evaluasi Kapasitas Saluran Terhadap Debit Rancangan

Evaluasi kapasitas saluran bertujuan untuk mengetahui seberapa besar kemampuan saluran tersebut terhadap debit rancangan yang telah dihitung. Dengan cara membandingkan hasil yang didapat, maka diketahui kesimpulan evaluasi yang akan dipakai sebagai pedoman perencanaan selanjutnya. Perbandingan yang dilakukan adalah membandingkan debit rancangan dengan kapasitas saluran eksisting, sehingga dapat diketahui apakah kapasitas saluran eksisting mampu atau tidak dalam menampung debit

yang mengalir. Untuk mengetahui kemampuan kapasitas saluran eksisting terhadap debit rancangan maka digunakan rumus :

$$Q = Q_{\text{eksist}} - Q_{\text{ranc}} \quad (2 - 34)$$

Dengan :

Q_{eksist} = debit saluran (m^3/det)

Q_{ranc} = debit air hujan dan debit air kotor (m^3/dt)

Apabila $Q_{\text{eksist}} > Q_{\text{ranc}}$ maka kapasitas saluran memenuhi sehingga tidak diperlukan adanya perbaikan, demikian juga sebaliknya apabila $Q_{\text{eksist}} < Q_{\text{ranc}}$ maka kapasitas saluran tidak memenuhi, sehingga diperlukan perbaikan agar kapasitas Q_{ranc} memenuhi.

2.7.7. Saluran Porus

Saluran porus merupakan suatu konstruksi yang berfungsi menampung serta meresapkan air ke dalam tanah, sehingga dapat mengurangi adanya genangan. Konsep perhitungan resapan pada saluran porus adalah selain air yang masuk tertampung di saluran sekaligus terjadi resapan ke dalam tanah. Sedangkan air yang meresap ke dalam tanah ini adalah fungsi faktor geometrik, koefisien permeabilitas tanah serta ketinggian air.

Untuk perhitungannya dapat digunakan rumus sebagai berikut (Sunjoto (Kursus Singkat Hidrologi Perkotaan 1),1991:22) :

$$B = \frac{Q}{f \times K \times H} \left\{ 1 - \exp \left(- \frac{f \times K \times T}{b} \right) \right\} \quad (2 - 35)$$

Dengan :

B : panjang saluran (m)

H : kedalaman efektif saluran (m)

- F : faktor geometrik saluran per satuan panjang (m/m) = 5,5 R
- Q : debit air masuk (m³/dt)
- T : waktu pengaliran (dtk)
- K : koefisien permeabilitas tanah (m/dtk)
- R : jari-jari sumur (m)

Tabel 2.9 Nilai Faktor Geometrik (F) Sumur Resapan berdasarkan Beberapa Referensi

Sumber : Sunjoto,1991:18

Angka koefisien permeabilitas tanah akan mempengaruhi kecepatan peresapan. Tanah yang mempunyai angka koefisien permeabilitas tinggi akan mempunyai kapasitas peresapan yang besar, sehingga waktu yang diperlukan untuk mengosongkan sumur resapan menjadi pendek.

Tabel 2.10 Nilai Koefisien Permeabilitas Tanah

Jenis Tanah	k (cm/dt)
Lempung	3×10^{-6}
Lanau	4.5×10^{-4}
Pasir sangat halus	3.5×10^{-3}
Pasir halus	1.5×10^{-2}
Pasir sedang	8.5×10^{-2}
Pasir kasar	3.5×10^{-1}
kerikil kecil	3

Sumber : Suyono Sosrodarsono-Kazuto N,1994.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

BAB III METODOLOGI

3.1. Lokasi Daerah Kajian

Lapangan terbang Mutiara merupakan bandar udara yang ada di kota Palu ibukota Propinsi Sulawesi Tengah, terletak ± 5 km sebelah timur dari pusat kota Palu dan terletak pada koordinat $0^{\circ}55'00''$ lintang selatan dan $119^{\circ}54'00''$ bujur timur. Bandar udara Mutiara terletak pada ketinggian ± 87 meter diatas permukaan laut (MSL) dengan luas Bandar udara Mutiara ± 125 ha.

Batas –batas wilayah Bandar udara Mutiara adalah :

1. Utara : kelurahan Lasoani
2. Selatan : kelurahan Petobo
3. Timur : kelurahan Kawatuna
4. Barat : kelurahan Birobuli Utara

3.2. Pengumpulan Data

Data adalah sesuatu yang penting di dalam pekerjaan teknik. Dalam beberapa hal, data dapat dipeoleh dengan mudah, namun ada kalanya dapat diperoleh dengan cukup sulit. Data dapat berupa peta, grafik, table, dan lain sebagainya. Cara memperoleh data

biasanya melalui *collecting* data, interview, pemeriksaan di laboratorium, serta melalui survey dan lain-lain.

Ketersediaan data dalam jumlah cukup lengkap akan sangat membantu dalam proses analisa dan perhitungan teknis. Sedangkan ketidaklengkapan data adalah kendala yang terkadang sering dialami. Oleh karena itu, kejelian dan pengalaman akan sangat membantu upaya-upaya mengatasi hal tersebut.

Data yang diperoleh dari pengukuran dan survey harus terjamin kualitasnya. Dari hasil, *collecting* atau interview perlu diperiksa dan diteliti juga harus cukup meyakinkan dari sumber-sumber yang dapat dipercaya dan dapat dipertanggungjawabkan. Data hasil pengukuran atau survey tentunya akan mengikuti metode-metode pengukuran yang diisyaratkan sehingga akurasi data akan terjamin dari kualitas pengukuran yang kurang baik.

Ketersediaan data dalam jumlah yang cukup lengkap serta ditunjang dengan kualitas data yang baik diharapkan mampu memberikan produk yang baik dan terjamin keandalannya.

Untuk menyelesaikan studi rehabilitasi saluran drainasi lapangan terbang Mutiara Palu, diperlukan beberapa data penunjang yaitu:

1. Peta lokasi studi, untuk mengetahui lokasi studi.
2. Data curah hujan dari stasiun pengamatan Badan Meteorologi dan Geofisika Bandar udara Mutiara Palu untuk analisis hidrologi.
3. Data denah Bandar udara yang memperlihatkan daerah perletakan *runway* dan *taxiway* serta instalasi Bandar udara.
4. Data tata guna lahan bandar udara Mutiara untuk menghitung *catchment area*.

3.3. Tahapan Pengolahan Data

Untuk menyelesaikan studi ini, langkah-langkah pengolahan data terbagi dalam tiga tahap pengerjaan, yaitu : analisa hidrologi, perhitungan debit banjir rancangan, dan perhitungan dimensi saluran drainasi.

3.3.1. Analisa Hidrologi

Tahapan analisa hidrologi adalah sebagai berikut :

1. Dari data curah hujan maksimum tahunan hasil pengamatan stasiun Badan Meteorologi dan Geofisika dilakukan uji homogenitas data hujan.
2. Dilanjutkan dengan perhitungan curah hujan rancangan dengan distribusi Log Pearson Tipe III.
3. Kemudian diikuti dengan uji kesesuaian distribusi *Chi-Square* dan *Smirnov-Kolmogorov* dengan maksud untuk mengetahui kebenaran suatu hipotesa. Apabila pada kedua uji ini distribusi frekuensi diterima, maka besarnya curah hujan rancangan dengan distribusi log pearson tipe III dapat diterima.

3.3.2. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Tahapan perhitungan debit banjir rancangan adalah sebagai berikut :

1. Penggambaran denah sistem drainasi.
2. Menghitung waktu konsentrasi.
3. menghitung intensitas hujan areal drainasi.
4. Menentukan luas daerah tangkapan.
5. Menentukan koefisien limpasan berdasarkan tata guna lahan.
6. Menghitung debit banjir rancangan dengan kala ulang 5 tahun menggunakan metode rasional (*rational method*).

3.3.3. Perhitungan Dimensi Saluran Drainasi

Setelah saluran drainasi, pipa-pipa, *inlets*, dan *manholes* diatur letaknya pada areal drainasi, maka selanjutnya adalah menentukan ukuran pipa pembuangan dan kemiringannya. Saluran pipa bawah tanah dirancang untuk dioperasikan sebagai aliran terbuka, dan karena pipa pada sistem drainasi lapangan terbang sangat panjang, maka aliran dalam pipa pada system drainasi lapangan terbang dapat diasumsikan sebagai aliran seragam (*uniform flow*).



Gambar 3.1. Peta Lokasi Studi

BAB IV
PENGOLAHAN DATA DAN PEMBAHASAN

4.1. Data Curah Hujan

Data hujan yang digunakan pada studi ini adalah data hujan harian maksimum selama 10 tahun terakhir yaitu tahun 1998 – 2007 pada stasiun pengamatan Badan Meteorologi dan Geofisika Mutiara. Data tersebut disajikan pada tabel berikut :

Tabel 4.1. Data Curah Hujan Harian Maksimum Tahunan

No	Tahun	Curah Hujan
1	1998	72,0
2	1999	71,0
3	2000	89,0
4	2001	51,0
5	2002	77,0
6	2003	67,0
7	2004	94,0

8	2005	78,0
9	2006	72,0
10	2007	91,0

Sumber: BMG Mutiara

4.2. Pemilihan Distribusi Frekuensi

Untuk mendapatkan suatu distribusi frekuensi dengan data yang tersedia untuk perhitungan curah hujan rancangan, maka perlu dikaji terlebih dahulu persyaratannya. Adapun persyaratannya adalah (Harto, 1993 : 179):

1. Menghitung parameter statistik Cs (koefisien Skewness), Ck(koefisien kurtosis, dan Cv (koefisien variansi) untuk menentukan macam analisis frekuensi yang dipakai.
2. Perhitungan koefisien kepencengan dengan persamaan

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)S^3}$$

3. Perhitungan koefisien kepuncakan dengan persamaan

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum_{i=1}^n (Xi - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)S^4}$$

4. Perhitungan koefisien variansi dengan persamaan

$$Cv = \frac{S}{\bar{X}}$$

Tabel 4.2. Perhitungan Parameter-parameter Distribusi Frekuensi

No.	Tahun	Xi	(Xi-X)	(Xi-X) ²	(Xi-X) ³	(Xi-X) ⁴
1	2004	94.0	17.8	316.84	5639.752	100387.5856
2	2007	91.0	14.8	219.04	3241.792	47978.5216

3	2000	89.0	12.8	163.84	2097.152	26843.5456
4	2005	78.0	1.8	3.24	5.832	10.4976
5	2002	77.0	0.8	0.64	0.512	0.4096
6	1998	72.0	-4.2	17.64	-74.088	311.1696
7	2006	72.0	-4.2	17.64	-74.088	311.1696
8	1999	71.0	-5.2	27.04	-140.608	731.1616
9	2003	67.0	-9.2	84.64	-778.688	7163.9296
10	2001	51.0	-25.2	635.04	-16003.008	403275.8016
Total		762.0	0.0	1485.60	-6085.440	587013.7920
Rata-rata		76.2				
Jumlah Data		10				
Standar Deviasi		12.848				

Sum ber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel 4.2. dan persamaan-persamaan diatas, maka besarnya nilai parameter-parameter statistik adalah :

$$C_s = 0,474$$

$$C_k = 3,953$$

$$C_v = 0,301$$

Dari hasil perhitungan nilai C_s , C_k , dan C_v diatas, maka dapat disimpulkan bahwa distribusi frekuensi yang cocok untuk digunakan dalam perhitungan curah hujan rancangan adalah distribusi Log Pearson Tipe III.

4.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan

Dalam studi ini, analisis curah hujan rancangan menggunakan metode distribusi Log Pearson tipe III, dengan alasan bahwa cara ini dapat dipakai untuk semua macam sebaran data, atau dengan kata lain tidak ada ketentuan mengenai besarnya harga parameter-parameter statistik yaitu, koefisien kepengcangan (C_s) dan koefisien kepuncakan (C_k).

Disebut dengan Log Pearson Tipe III karena distribusi ini memperhitungkan tiga parameter, yaitu :

1. Simpangan baku (*standard deviation*)
2. Rerata (*mean*)
3. Kefisien kepengcangan ($C_s = \text{Coefficient Skewness}$)

Tahapan untuk menghitung curah hujan rancangan maksimum dengan metode Log Pearson Tipe II adalah sebagai berikut :

1. Data curah hujan harian maksimum tahunan sebanyak n tahun diubah dalam bentuk logaritma (Tabel 4.3)
2. Perhitungan harga logaritma rata-rata dengan rumus :

$$\overline{\log X} = \frac{\sum_{i=1}^n \log Xi}{n} = 1,7597$$

3. Perhitungan harga simpangan baku dengan rumus :

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \overline{X})^2}{n - 1}} = 0,078$$

4. Perhitungan harga koefisien kepengcengan dengan rumus :

$$Cs = \frac{n \cdot \sum_{i=1}^n (\log Xi - \log \overline{X})^3}{(n - 1)(n - 2)S^3} = -0,889$$

5. Perhitungan logaritma curah hujan rancangan dengan kala ulang tertentu dengan rumus :

$$\text{Log } X_t = \overline{\log X} + G \cdot S_i$$

Maka dari hasil perhitungan diatas persamaan menjadi :

6. Perhitungan antilog X untuk mendapatkan curah hujan rancangan dengan periode ulang yang dikehendaki X_t, perhitungan ditabelkan dalam tabel 4.4.

Tabel 4.3. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Metode Log Pearson Tipe III

No.	Tahun	Xi	log Xi	log Xi - log X	(log Xi - log X) ²	(log Xi - log X) ³
1	2004	94	1.9731	0.09716	0.00944	0.0009171
2	2007	91	1.9590	0.08307	0.00690	0.0005732

3	2000	89	1.9494	0.07342	0.00539	0.0003957
4	2005	78	1.8921	0.01612	0.00026	0.0000042
5	2002	77	1.8865	0.01052	0.00011	0.0000012
6	1998	72	1.8573	-0.01864	0.00035	-0.0000065
7	2006	72	1.8573	-0.01864	0.00035	-0.0000065
8	1999	71	1.8513	-0.02471	0.00061	-0.0000151
9	2003	67	1.8261	-0.04990	0.00249	-0.0001242
10	2001	51	1.7076	-0.16840	0.02836	-0.0047757
Total			18.7597	0.00000	0.05426	-0.00304
Rata-rata			1.8760			
Cs			-0.889			
Standar Deviasi			0.078			

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.4. Perhitungan Curah Hujan Rancangan Dengan Kala Ulang Tertentu

No	Tr	Pr (%)	P (%)	Cs	G	Log Xi	Xi
1	2	50	50	-0.889	-1.70676	2.08657	122.05982
2	5	20	80	-0.889	-1.30308	2.11806	131.23805
3	10	10	90	-0.889	-0.82844	2.15508	142.91627
4	20	5	95	-0.889	0.03742	2.22262	166.96243
5	50	2	98	-0.889	0.13716	2.23040	169.980256
6	100	1	99	-0.889	0.19482	2.23490	171.749689

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan:

Tr = Kala Ulang

Pr = 100/Tr

P = 100 – Pr

Cs = -0.226 dari hasil perhitungan

G = interpolasi dari tabel log pearson tipe III

$\log Xi = 2,2197 + 0,133 * G$

$Xi = 10^{(\log Xi)}$

4.4. Uji Kesesuaian Distribusi

4.4.1. Uji Smirnov Kolmogorov

Uji Smirnov Kolmogorov digunakan untuk membandingkan peluang yang paling maksimum antara distribusi empiris dan teoritisnya. Prosedur perhitungan uji Smirnov

Kolmogorov adalah sebagai berikut :

7. Data diurutkan dari kecil ke besar

8. Menghitung peluang empiris (Sn) dengan rumus Weibull :

$$S_n(x) = \frac{m}{n+1}$$

Dimana : $S_n(x)$ = posisi data X menurut data pengamatan

m = nomor urut data

n = banyaknya data

9. Menghitung peluang teoritis (P_t) dengan rumus :

$$P_t = 1 - P_r$$

Dimana : P_r = Probabilitas terjadi

10. Menghitung simpangan maksimum (Δ) dengan rumus :

$$\Delta = \max |P_x(X) - S_n(X)|$$

11. Menentukan nilai Δ_{cr}

12. Menyimpulkan hasil perhitungan yaitu apabila $\Delta < \Delta_{cr}$, maka distribusi terpenuhi dan apabila $\Delta > \Delta_{cr}$, maka distribusi tak terpenuhi.

Tabel 4.5. Tabel Uji Smirnov-Kolmogorov

m	Xi	log Xi	G	Pr (%)	$S_n(x)$	$P_x(x)$	$P_x(X)-S_n(X)$
1	51	1.7076	-2.15899	87.63249	0.09091	0.1236751	0.03277
2	67	1.8261	-0.63970	73.34919	0.18182	0.2665081	0.08469
3	71	1.8513	-0.31683	62.74532	0.27273	0.3725468	0.09982
4	72	1.8573	-0.23896	54.64314	0.36364	0.4535686	0.08993
5	72	1.8573	-0.23896	49.64288	0.45455	0.5035712	0.04903
6	77	1.8865	0.13486	46.03329	0.54545	0.5396671	0.00579
7	78	1.8921	0.20671	45.45765	0.63636	0.5454235	0.09094
8	89	1.9494	0.94127	38.25301	0.72727	0.617470	0.10980
9	91	1.9590	1.06500	25.31094	0.81818	0.7468906	0.07129
10	94	1.9731	1.24560	16.93210	0.90909	0.830679	0.07841
Log Xi rerata		1.8760					
S		0.078					
Cs		-0.889					

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari perhitungan diperoleh nilai $\Delta_{max} = 0,10980$

Dari tabel Untuk $\alpha = 5\%$ $\Delta_{cr} = 0,409$

Untuk $\alpha = 1\%$ $\Delta_{cr} = 0,486$

Kesimpulan : karena $\Delta_{max} < \Delta_{cr}$, maka distribusi memenuhi.

4.4.2. Uji Chi Square

Digunakan untuk mengetahui simpangan vertical antara sebaran empiris dan sebaran teoritis. Perhitungan pengujiannya menggunakan persamaan berikut ini :

1. Penentuan jumlah kelas distribusi

$$K = 1 + 3,322 \log n$$

$$K = 1 + 3,322 \log 10 = 4,322 \approx 4$$

2. Penentuan derajat bebas (*number of degree of freedom*)

$$\nu = K - (P+1)$$

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

3. Penentuan harga frekuensi yang diharapkan ($Ef = \text{expected frequency}$)

$$Ef = n/K$$

$$Ef = 10/4 = 2,5$$

Batas kelas dengan sebaran masing-masing :

$(100\%/K) = 25,00\%$, $Cs = -0,226$ dan persamaan $\log X_t = 2,1297 + 0,133 G$, adalah :

1. Untuk sebaran peluang 75 % didapat $G = -0,64038$ sehingga $\log X_t = 2,0445$
2. Untuk sebaran peluang 50 % didapat $G = 0,03724$ sehingga $\log X_t = 2,1347$
3. Untuk sebaran peluang 25 % didapat $G = 0,71522$ sehingga $\log X_t = 2,2248$

Tabel 4.6. Uji Kesesuaian Distribusi Chi Square

Kelas	Batas Kelas	Ef	Of	(Ef - Of)	(Ef - Of) ²
1	$0 < X_t < 2.0445$	2.5	2	0.5	0.25
2	$2.0445 < 2.1347$	2.5	3	-0.5	0.25
3	$2.1347 < 2.2248$	2.5	3	-0.5	0.25
4	$2.2248 < \sim$	2.5	2	0.5	0.25
Total		10	10	0	1.0

Penentuan nilai X^2 hitung dengan humus :

$$X^2 = \frac{\sum (Ef - Of)^2}{Ef} = \frac{1}{2,5} = 0,4$$

Dengan level of significance $\alpha = 0,05$ dan derajat bebas $\nu = 1$, dari tabel 2.3. didapatkan harga $X^2_{cr} = 3,841$ dan dari hasil perhitungan didapat nilai $X^2_{hit} = 0,4$.

Sehingga $X^2_{hit} < X^2_{cr}$ maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pemilihan distribusi (sebaran) data yang direncanakan dapat diterima.

4.5. Layout Sistem Drainasi Lapangan Terbang

Tahap pertama dalam merencanakan sistem drainasi lapangan terbang adalah menyiapkan denah dari rancangan sistem drainasi yang menunjukkan daerah/lokasi perletakan *runway-taxiway* dan instalasi bandar udara lainnya. Setiap sub-area drainasi harus digambar dalam rencana ini, selain itu letak pipa bawah tanah dan panjang aliran harus terlihat pada gambar ini. Gambar denah tersebut juga mengidentifikasi bangunan-bangunan drainasi dan penomoran jaringan pipa yang berguna untuk memudahkan perhitungan. Gambar denah juga berguna untuk mempermudah memilih lokasi yang tepat untuk menempatkan saluran drainasi, *inlets*, dan *manhole*.

Bak pengumpul (*inlets*) ditempatkan sesuai dengan kebutuhan pada titik terendah dengan interval jarak antara 200-250 m. Letak bak pengumpul tergantung pada konfigurasi bandar udara dan rencana perataan tanah. *Inlets* ini terletak secara lateral pada *shoulder* dan berjarak sekitar 50 - 75 m dari pinggir landasan. Penempatan *inlets* yang terlalu dekat dengan landasan dapat menyebabkan penggenangan atau lapisan bawah menjadi jenuh air.

Pada apron, *inlet* diletakkan dalam perkerasan, dengan cara ini suatu apron yang luas dapat dilayani pembuangan airnya. Semua kivi harus terikat kuat dengan kerangkanya sehingga mampu menahan beban pesawat di atasnya. Pipa saluran drainasi harus ditutup dengan ketebalan yang cukup sehingga dapat mendukung beban pesawat.

Untuk mengetahui pembagian bandar udara Mutiara Palu dalam operasionalnya, harus dilihat data tata guna lahan yang ada. Rincian tata guna lahan pada lokasi studi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.7. Tata Guna Lahan Bandara Mutiara Palu

No.	Penggunaan Lahan	Luas (m ²)	Presentase (%)
-----	------------------	------------------------	----------------

1.	Landasan pacu (<i>runway</i>) berupa <i>aspalt concrete</i> .	62.010	17,060
2.	Landasan hubung (<i>taxiway</i>) berupa <i>aspalt concrete</i> .	4.508	1,240
3.	<i>Apron base</i> berupa <i>aspalt concrete</i> .	25.194	6,931
4.	<i>Shoulder safety area</i> berupa tanah padat berumput.	262.440	72,200
5.	Lain-lain berupa <i>aspalt kolakan</i>	9.337,5	2,569
	Jumlah Total	636.489,5	100,000

Sumber : Bandara Mutiara Palu

Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa kondisi permukaan tanah lapangan terbang Mutiara sebagian besar terdiri dari tanah padat berumput yaitu 262.440 m² (72,2%) dan sebagian lainnya berupa perkerasan (*aspalt*) yaitu 101049,5 m² (27,8%).

4.6. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

Metode yang biasa dipakai dalam perhitungan debit banjir rancangan atau debit banjir limpasan air hujan pada perencanaan drainasi lapangan udara adalah Metode Rasional (*Rational Method*). Besarnya debit limpasan permukaan dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu koefisien limpasan, intensitas curah hujan dan luas areal yang akan didrainasi. Metode rasional dirumuskan (persamaan 2 – 17):

$$Q = 0,278. C. I. A$$

Dengan :

Q = debit banjir rancangan (m³/dtk)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan rerata selama waktu banjir tiba (mm/jam)

A = luas daerah tangkapan (km²)

Adapun uraian mengenai hasil perhitungan debit banjir rancangan di atas adalah sebagai berikut :

4.6.1. Panjang Saluran

Setelah dihitung dengan software AutoCad 2004, maka panjang saluran pada setiap blok dapat diketahui, sebagaimana ditampilkan pada tabel di bawah ini :

Tabel 4.8 Panjang Saluran Eksisting

Saluran	Panjang (m)
1	2327
2	431
3	1189
4	446
5	955
6	88
7	1561
8	1551

4.6.2. Luas Daerah Tangkapan

Daerah tangkapan (catchment area) dimaksudkan sebagai daerah tempat air mengalir menuju saluran. Jika suatu areal aliran dilayani oleh beberapa saluran, maka areal harus dibagi sesuai dengan arah aliran air menuju saluran yang bersangkutan. Sedangkan untuk luas daerah tangkapan, ditunjukkan pada tabel sebagai berikut :

Tabel 4.9 Luas Daerah Tangkapan per Blok

Saluran	Luas Daerah (m ²)		
	Perkerasan	Rerumputan	Total
1	6138.00	99798.70	105936.70
2	924.70	21273.20	22197.90
3	6269.80	40987.10	47256.90
4	2790.30	9089.50	11879.80
5	4243.60	18755.80	22999.40
6	1506.50	9199.40	10705.90
7	5718.30	22106.20	27824.50
8	5680.30	10839.50	16519.80

Sumber : Hasil Perhitungan

4.6.3. Koefisien Pengaliran

Untuk koefisien pengaliran, apabila dalam suatu daerah tangkapan terdiri dari beberapa tata guna lahan, maka besarnya koefisien pengaliran dapat dihitung dengan :

$$C = \frac{A_1C_1 + A_2C_2 + \dots + A_nC_n}{A_1 + A_2 + \dots + A_n}$$

Contoh Perhitungan :

Pada Blok 1, diketahui

- Panjang Saluran = 2327 m
- Luas daerah tangkapan berupa perkerasan = 6138 m²
- Luas daerah tangkapan berupa tanah berumput = 99798.70 m²
- Total luas daerah tangkapan = 6138 + 99798.70
= 105936.70 m²

Koefisien pengaliran daerah perkerasan = 0,9

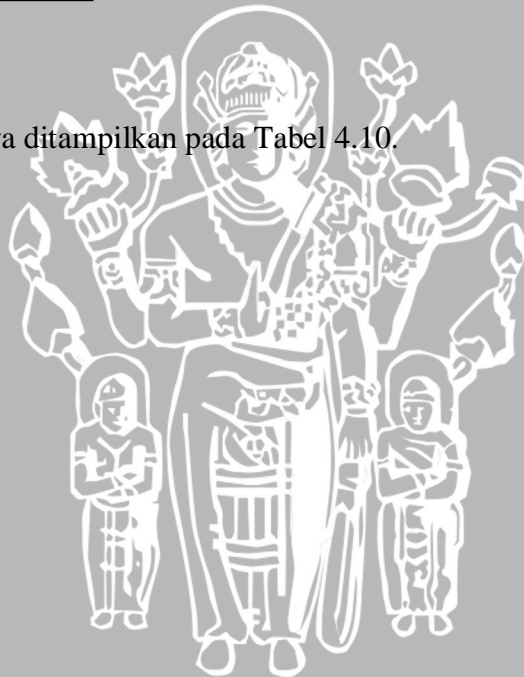
Koefisien pengaliran daerah tanah berumput = 0,5

Maka Koefisien daerah rerata :

$$C = \frac{(6138,00 \times 0,9) + (99798,70 \times 0,5)}{105936,70}$$

$$C = 0,5232$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditampilkan pada Tabel 4.10.



Tabel 4.10. Luas Tangkapan dan Koefisien Limpasan untuk Saluran Eksisting

Saluran	Panjang	Luas Daerah Tangkapan (A)			Koefisien Limpasan (c)		
		Perkerasan	Rerumputan	Total	Perkerasan	Rerumputan	Rerata
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	2327	6138.00	99798.70	105936.70	0.900	0.500	0.523
2	431	924.70	21273.20	22197.90	0.900	0.500	0.517
3	1189	6269.80	40987.10	47256.90	0.900	0.500	0.553
4	446	2790.30	9089.50	11879.80	0.900	0.500	0.594
5	955	4243.60	18755.80	22999.40	0.900	0.500	0.574
6	88	1506.50	9199.40	10705.90	0.900	0.500	0.556
7	1561	5718.30	22106.20	27824.50	0.900	0.500	0.582
8	1551	5680.30	10839.50	16519.80	0.900	0.500	0.638

Sumber : Hasil Pehitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
 (2) = Panjang saluran (m)
 (3) = Luas daerah tangkapan perkerasan (m²)
 (4) = Luas daerah tangkapan tanah berumput (m²)
 (5) = Jumlah (5) = (3) + (4) (m²)
 (6) = Koefisien limpasan untuk perkerasan, Tabel 2.5.
 (7) = Koefisien limpasan untuk tanah berumput, Tabel 2.5.
 (8) = Koefisien rata –rata, (8) = $\frac{((3) * (6)) + ((4) * (7))}{((3) + (4))}$

Tabel 4.11. Luas Daerah Tangkapan dan Koefisien Limpasan untuk Saluran Porus

No	Segmen	Luas Daerah Tangkapan (A)	Koefisien Limpasan (c)
		Perkerasan (ha)	Perkerasan
(1)	(2)	(3)	(4)
1	1 - a	0.0005023	0.900
2	2 - b	0.0005023	0.900
3	3 - c	0.0005023	0.900
4	4 - d	0.0005023	0.900
5	5 - e	0.0005023	0.900
6	6 - f	0.0005023	0.900
7	7 - g	0.0005023	0.900
8	8 - h	0.0005023	0.900
9	9 - i	0.0005023	0.900
10	10 - j	0.0005023	0.900
11	11 - k	0.0005023	0.900
12	12 - l	0.0005023	0.900
13	13 - m	0.0005023	0.900
14	14 - n	0.0005023	0.900
15	15 - o	0.0005023	0.900
16	16 - p	0.0005023	0.900
17	17 - q	0.0005023	0.900
18	18 - r	0.0001325	0.900
19	19 - s	0.0005023	0.900
20	20 - t	0.0005023	0.900
21	21 - u	0.0001325	0.900
22	22 - v	0.0005023	0.900
23	23 - w	0.0005023	0.900
24	24 - x	0.0005023	0.900

Tabel 4.12. Perhitungan Debit Pada Saluran Eksisting

Kode Saluran	Panjang (L) (m)	Koefisien Manning	z	b (m)	y (m)	A (m ²)	P (m)	R (m)	R ^{2/3}	Slope (S)	S ^{1/2}	V (m/dtk)	Q kapasitas Saluran (m ³ /dt)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	2327	0.025	1	0.40	0.80	0.96	2.66	0.36	0.51	0.00121	0.03479	0.70	0.677
2	431	0.025	1	0.40	0.80	0.96	2.66	0.36	0.51	0.00122	0.03493	0.71	0.679
3	1189	0.025	1	0.40	0.80	0.96	2.66	0.36	0.51	0.00119	0.03450	0.70	0.671
4	446	0.025	1	0.40	0.80	0.96	2.66	0.36	0.51	0.00124	0.03521	0.71	0.685
5	955	0.025	1	0.40	0.90	1.17	2.95	0.40	0.54	0.00147	0.03834	0.83	0.970
6	88	0.025	1	0.40	0.90	1.17	2.95	0.40	0.54	0.00122	0.03493	0.75	0.883
7	1561	0.025	1	0.40	0.60	0.60	2.10	0.29	0.43	0.00139	0.03728	0.65	0.389
8	1551	0.025	1	0.40	0.60	0.60	2.10	0.29	0.43	0.00144	0.03795	0.66	0.395

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
- (2) = Panjang saluran (m) (eksisting)
- (3) = Koefisien kekasaran Manning
- (4) = Kemiringan talud saluran (eksisting)
- (5) = Lebar dasar saluran (eksisting)
- (6) = Kedalaman aliran (eksisting)
- (7) = Luas basah penampang saluran (m²)
- (8) = Perimeter basah (m)
- (9) = Jari – jari hidrolis (m)
- (10) = $(10)^{2/3}$
- (11) = Kemiringan dasar saluran (eksisting).
- (12) = $(12)^{1/2}$
- (13) = Kecepatan aliran (m/det)
- (14) = Debit eksisting (m³/det)

4.6.4. Waktu Konsentrasi

Dalam perhitungannya, waktu konsentrasi dengan rumus sebagai berikut :

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

Contoh perhitungan :

Pada Blok 1 diketahui :

- Panjang saluran = 2327 m
- Slope = 0,0017
- Maka besarnya waktu konsentrasi :

$$T_c = 0,0195 \times \left(\frac{2327}{\sqrt{0,0017}} \right)^{0,77}$$

$$= 88,8679 \text{ menit}$$

$$= 1,4811 \text{ jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.13.

Pada Inlet 1 diketahui :

- Panjang saluran = 37 m
- C = 0,9 (tipe perkerasan permukaan asfalt)
- Slope = 0.01
- Maka besarnya waktu konsentrasi :

$$T_i = \frac{3,26 \cdot (1,1 - C) \cdot L^{\frac{1}{2}}}{S^{\frac{1}{3}}}$$

$$T_i = \frac{3,26 \cdot (1,1 - 0,9) \cdot 37^{\frac{1}{2}}}{0,01^{\frac{1}{3}}} = 18,408 \text{ menit}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.13.

Contoh perhitungan waktu aliran untuk inlet 1 sebagai berikut :

- Panjang saluran = 37 m
- V = 0,289 m/det

$$T_f = \frac{L}{V} = \frac{37}{60 \cdot 0,289} = 2,134 \text{ menit}$$

Untuk Perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.13.



4.6.5. Intensitas Hujan

Untuk menentukan nilai intensitas hujan, digunakan rumus Mononobe :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left[\frac{24}{t_c} \right]^{\frac{2}{3}}$$

Contoh perhitungan :

- Curah hujan maksimum harian dalam 24 jam $R_{24} = 98,33337$ mm
- Waktu konsentrasi $T_c = 1,4811$ jam
- Maka besarnya intensitas hujan :

$$I = \frac{98,33337}{24} \times \left[\frac{24}{1,4811} \right]^{\frac{2}{3}}$$

$$= 26,2362 \text{ mm/jam}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.13.

4.6.6. Debit Banjir Rancangan

Debit banjir rancangan dihitung dengan humus rasional, sesuai dengan rekomendasi FAA, yaitu sebagai berikut :

$$Q = 0,00278 C I A$$

Contoh Perhitungan :

Pada blok 1 diketahui :

- Koefisien pengaliran rerata $C = 0,523$
- Intensitas hujan $I = 26,2366$ mm/jam
- Luas daerah tangkapan $A = 105936.70 \text{ m}^2$
 $= 10,59367$ ha

- Maka besarnya debit banjir rancangan :

$$Q = 0,00278 \times 0,523 \times 26,2366 \times 10,59367$$

$$Q = 0,404 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.13.

Pada saluran pengumpul terdapat penambahan debit dari saluran-saluran sebelumnya. Maka debit saluran tersebut sebesar debit dari saluran sebelumnya ditambah dengan debit melalui saluran tersebut. Contohnya pada saluran 4 yang merupakan saluran pengumpul dari saluran 1 dan saluran 2, sehingga besarnya debit yang melewati saluran blok 2 adalah sebesar :

$$\begin{aligned} Q_{\text{sal 4}} &= Q_{\text{sal 3}} + Q_{\text{sal 4}} \\ &= 0.261 + 0.116 \\ &= 0.377 \text{ m}^3/\text{detik} \end{aligned}$$

Untuk perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.13.

UNIVERSITAS BRAWIJAYA



Tabel 4.13.a Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 2 Tahun ($R_{24} = 122.0598 \text{ mm}$)

Kode Saluran	Panjang (m)	Luas Daerah Tangkapan		Slope	Tc		I (mm/jam)	c	Q Rancangan (m^3/dt)		Keterangan
		(m^2)	(ha)		(menit)	(jam)			Q	Q Kum	
[1]	[2]	[3]		[4]	[5]		[6]	[7]	[8]		[9]
1	2327	105936.70	10.593670	0.0012	88.8679	1.4811	32.5667	0.523	0.502	0.502	tetap
2	431	22197.90	2.219790	0.0012	24.2582	0.4043	77.3922	0.517	0.247	0.247	tetap
3	1189	47256.90	4.725690	0.0012	55.6070	0.9268	44.5161	0.553	0.323	0.323	tetap
4	446	11879.80	1.187980	0.0012	26.1353	0.4356	73.6407	0.594	0.144	0.468	(3 + 4)
5	955	22999.40	2.299940	0.0012	42.0475	0.7008	53.6343	0.574	0.197	0.665	(3 + 4 + 5)
6	88	10705.90	1.070590	0.0012	7.1378	0.1190	174.9418	0.556	0.290	0.290	tetap
7	1561	27824.50	2.782450	0.0014	61.3844	1.0231	41.6771	0.582	0.188	0.188	tetap
8	1551	16519.80	1.651980	0.0014	61.0814	1.0180	41.8148	0.638	0.122	0.310	(7 + 8)

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
- (2) = Panjang saluran (m) (eksisting)
- (3) = Luas daerah tangkapan dalam satuan m^2
Luas daerah tangkapan dalam satuan hektar (eksisting)
- (4) = Kemiringan dasar saluran (eksisting).
- (5) = Waktu konsentrasi dalam satuan menit
Waktu konsentrasi dalam satuan jam
- (6) = Intensitas hujan dalam satuan mm per jam
- (7) = Koefisien limpasan merata
- (8) = Debit rencana dalam satuan m^3 per detik
Kumulatif debit rencana
- (9) = Keterangan dari Q kumulatif

Tabel 4.13.b Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 5 Tahun ($R_{24} = 131.23805 \text{ mm}$)

Kode Saluran	Panjang (m)	Luas Daerah Tangkapan		Slope	Tc		I (mm/jam)	c	Q Rancangan (m^3/dt)		Keterangan
		(m^2)	(ha)		(menit)	(jam)			Q	Q Kum	
[1]	[2]	[3]		[4]	[5]		[6]	[7]	[8]		[9]
1	2327	105936.70	10.593670	0.0012	88.8679	1.4811	35.0155	0.523	0.540	0.540	tetap
2	431	22197.90	2.219790	0.0012	24.2582	0.4043	83.2117	0.517	0.265	0.265	tetap
3	1189	47256.90	4.725690	0.0012	55.6070	0.9268	47.8634	0.553	0.348	0.348	tetap
4	446	11879.80	1.187980	0.0012	26.1353	0.4356	79.1781	0.594	0.155	0.503	(3 + 4)
5	955	22999.40	2.299940	0.0012	42.0475	0.7008	57.6674	0.574	0.212	0.715	(3 + 4 + 5)
6	88	10705.90	1.070590	0.0012	7.1378	0.1190	188.0965	0.556	0.311	0.311	tetap
7	1561	27824.50	2.782450	0.0014	61.3844	1.0231	44.8110	0.582	0.202	0.202	tetap
8	1551	16519.80	1.651980	0.0014	61.0814	1.0180	44.9591	0.638	0.132	0.333	(7 + 8)

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
- (2) = Panjang saluran (m) (eksisting)
- (3) = Luas daerah tangkapan dalam satuan m^2
Luas daerah tangkapan dalam satuan hektar (eksisting)
- (4) = Kemiringan dasar saluran (eksisting)
- (5) = Waktu konsentrasi dalam satuan menit
Waktu konsentrasi dalam satuan jam
- (6) = Intensitas hujan dalam satuan mm per jam
- (7) = Koefisien limpasan rerata
- (8) = Debit rencana dalam satuan m^3 per detik
- (9) = Kumulatif debit rencana
Keterangan dari Q kumulatif

Tabel 4.13.c Perhitungan Debit Banjir Rancangan Kala Ulang 10 Tahun ($R_{24} = 142.9163 \text{ mm}$)

Kode Saluran	Panjang (m)	Luas Daerah Tangkapan		Slope	Tc		I (mm/jam)	c	Q Rancangan (m^3/dt)		Keterangan
		(m^2)	(ha)		(menit)	(jam)			Q	Q Kum	
[1]	[2]	[3]		[4]	[5]		[6]	[7]	[8]		[9]
1	2327	105936.70	10.593670	0.0012	88.8679	1.4811	38.1314	0.523	0.588	0.588	tetap
2	431	22197.90	2.219790	0.0012	24.2582	0.4043	90.6163	0.517	0.289	0.289	tetap
3	1189	47256.90	4.725690	0.0012	55.6070	0.9268	52.1226	0.553	0.379	0.379	tetap
4	446	11879.80	1.187980	0.0012	26.1353	0.4356	86.2238	0.594	0.169	0.548	(3 + 4)
5	955	22999.40	2.299940	0.0012	42.0475	0.7008	62.7989	0.574	0.230	0.778	(3 + 4 + 5)
6	88	10705.90	1.070590	0.0012	7.1378	0.1190	204.8343	0.556	0.339	0.339	tetap
7	1561	27824.50	2.782450	0.0014	61.3844	1.0231	48.7985	0.582	0.220	0.220	tetap
8	1551	16519.80	1.651980	0.0014	61.0814	1.0180	48.9598	0.638	0.143	0.363	(7 + 8)

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
- (2) = Panjang saluran (m) (eksisting)
- (3) = Luas daerah tangkapan dalam satuan m^2
Luas daerah tangkapan dalam satuan hektar (eksisting)
- (4) = Kemiringan dasar saluran (eksisting)
- (5) = Waktu konsentrasi dalam satuan menit
Waktu konsentrasi dalam satuan jam
- (6) = Intensitas hujan dalam satuan mm per jam
- (7) = Koefisien limpasan rerata
- (8) = Debit rencana dalam satuan m^3 per detik
Kumulatif debit rencana
- (9) = Keterangan dari Q kumulatif

Tabel 4.14 Perhitungan Debit Limpasan Pada Saluran Porus Dengan Kala Ulang 5 Tahun ($R_{24} = 131.23805 \text{ mm}$).

no	segmen	slope	L (m)	Waktu masuk (Menit)	Tc (jam)	c	I (mm/jam)	A (m ²)	Q (m ³ /det)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)
1	1 - a	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
2	2 - b	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
3	3 - c	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
4	4 - d	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
5	5 - e	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
6	6 - f	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
7	7 - g	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
8	8 - h	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
9	9 - i	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
10	10 - j	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
11	11 - k	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
12	12 - l	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
13	13 - m	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
14	14 - n	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
15	15 - o	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
16	16 - p	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
17	17 - q	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
18	18 - r	0.0010	53.0	11.721	0.100	0.900	211.182	0.0001325	0.00007
19	19 - s	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
20	20 - t	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
21	21 - u	0.0010	53.0	11.721	0.100	0.900	211.182	0.0001325	0.00007
22	22 - v	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
23	23 - w	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014
24	24 - x	0.0010	200.0	11.721	0.275	0.900	107.589	0.0005023	0.00014

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Nomor
- (2) = Segmen jalur
- (3) = Slope
- (4) = Panjang Saluran (m)
- (5) = Waktu Masuk (menit)
- (6) = Waktu Konsentrasi (jam)
- (7) = koefisien pengaliran
- (8) = Intensitas curah hujan (mm/jam)
- (9) = Luas area (m²)
- (10) = Debit limpasan (m³/det)

4.6.7. Dimensi Saluran Drainasi Tertutup Penampang Lingkaran

Setelah saluran drainasi, pipa-pipa, inlets diatur letaknya pada areal drainasi, maka selanjutnya menentukan ukuran pipa dan kemiringannya. Saluran pipa bawah permukaan dirancang dan dioperasikan sebagai aliran terbuka, dan karena pipa pada sistem drainasi lapangan terbang sangat panjang, maka aliran dalam pipa pada sistem drainasi lapangan terbang dapat diasumsikan sebagai aliran seragam.

Persamaan *manning* sangat populer digunakan dalam menentukan karakteristik aliran seragam dalam pipa. FAA (*Federal Aviation Administration*) merekomendasikan penggunaan rumus *manning* dalam perancangan sistem drainasi pipa bawah tanah pada lapangan terbang, yaitu :

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

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. Diameter pipa dapat dihitung dengan persamaan berikut:

$$Q = A.V \quad \text{dan} \quad V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2}$$

$$\text{Didapat : } d_o = \left(\frac{3,208.Q.n}{S^{1/2}} \right)^{3/8}$$

Perhitungan dimensi sistem drainasi bawah permukaan lapangan terbang Mutiara Palu dapat dilihat pada tabel 4.15. Koefisien kekasaran *manning* yang digunakan adalah 0,0015 (nilai n normal). Kemiringan pipa direncanakan untuk menghindari terjadinya penggerusan dan pengendapan pada pipa.

Tabel 4.15. Perhitungan Diameter (D) Saluran Tertutup

Segmen Jalur	Debit Rancangan Q (m ³ /det)	Koefisien Manning	Slope Pipa	Diameter Pipa D (m)	Diameter Pipa Yang Digunakan D (cm)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1 - a	0.0011	0.015	0.0015	0.083	10.0
2 - b	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
3 - c	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
4 - d	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
5 - e	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
6 - f	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
7 - g	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
8 - h	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
9 - i	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
10 - j	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
11 - k	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
12 - l	0.0012	0.015	0.0015	0.086	10.0
13 - m	0.0016	0.015	0.0015	0.097	10.0
14 - n	0.0011	0.015	0.0015	0.084	10.0
15 - o	0.0011	0.015	0.0015	0.084	10.0
16 - p	0.0011	0.015	0.0015	0.084	10.0
17 - q	0.0022	0.015	0.0015	0.109	10.0
18 - r	0.0008	0.015	0.0015	0.076	10.0
19 - s	0.0009	0.015	0.0015	0.078	10.0
20 - t	0.0008	0.015	0.0015	0.076	10.0
21 - u	0.0008	0.015	0.0015	0.073	10.0
22 - v	0.0011	0.015	0.0015	0.084	10.0
23 - w	0.0011	0.015	0.0015	0.084	10.0
24 - x	0.0011	0.015	0.0015	0.083	10.0

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Segmen jalur saluran tertutup
- (2) = Debit rancangan (tabel 4.14).
- (3) = Koefisien Manning. (Tabel 2.7)
- (4) = Kemiringan dasar saluran.
- (5) = $((3,208*(2)*(3))/((4)^(1/2))^(3/8)$
- (6) = Diameter yang digunakan

4.6.8. Dimensi Saluran Drainasi Penampang Trapesium

Pemilihan saluran drainasi penampang trapesium yang ekonomis adalah agar mampu menampung debit banjir rancangan, talud yang tidak mudah tererosi serta efisiensi lahan. Perhitungan dimensi saluran tersebut meliputi kemiringan talud dan lebar dasar saluran untuk menghasilkan penampang ekonomis, kedalaman aliran, serta control terhadap air yang mengalir.

Contoh Perhitungan :

Pada Saluran 1 diketahui :

- Debit banjir rancangan $Q \text{ rencana} = 0,70 \text{ m}^3/\text{det}$
- Koefisien Manning $n = 0,0025$
- Slope Saluran $s = 0,0012$
- Untuk mendapatkan saluran dengan penampang ekonomis adalah :

$$z = \frac{1}{\sqrt{3}}$$

$$b = \frac{2}{3} \cdot y \cdot \sqrt{3} \rightarrow y = \frac{1}{2} \cdot b \cdot \sqrt{3}$$

$$A = y^2 \cdot \sqrt{3} \rightarrow A = \left(\frac{1}{2} \cdot b \cdot \sqrt{3} \right)^2 \cdot \sqrt{3}$$

$$A = \frac{3}{4} \cdot b^2 \cdot \sqrt{3}$$

$$P = 2 \cdot y \cdot \sqrt{3} \rightarrow P = \left(\frac{1}{2} \cdot b \cdot \sqrt{3} \right) \cdot \sqrt{3}$$

$$P = 3 \cdot b$$

$$R = \frac{A}{P} \rightarrow R = \frac{\frac{3}{4} \cdot b^2 \cdot \sqrt{3}}{3 \cdot b}$$

$$R = \frac{1}{4} \cdot b \cdot \sqrt{3}$$

$$Q = A \cdot v$$

$$Q = \frac{3}{4} \cdot b^2 \cdot \sqrt{3} \cdot \frac{1}{n} \cdot \left(\frac{1}{4} \cdot b \cdot \sqrt{3} \right)^{2/3} \cdot S^{1/2} = \frac{0,744 \cdot b^{8/3} \cdot S^{1/2}}{n}$$



Sehingga :

$$b = \left(\frac{Q.n}{0.774.S^{1/2}} \right)^{3/8} = \left(\frac{0,702 \cdot 0,025}{0.744 \cdot 0,0012^{1/2}} \right)^{3/8} \quad b = 0,866 \text{ m}$$

$$y = \frac{1}{2} \cdot b \cdot \sqrt{3} = \frac{1}{2} \cdot 0,866 \cdot \sqrt{3} = 0,749 \text{ m}$$

Luas penampang basah saluran :

$$A = (b + z \cdot y)y = (0,866 + 1 \cdot 0,749) \cdot 0,749 = 1,209 \text{ m}^2$$

Kecepatan aliran :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{0,702}{1,209} = 0,58 \text{ m/det}$$

Jari-jari hidrolis

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

$$R = \left(\frac{v \cdot n}{S^{1/2}} \right)^{3/2} = \left(\frac{0,58 \cdot 0,025}{0,0012^{1/2}} \right)^{3/2} = 0,27 \text{ m}$$

Kedalaman hidrolis

$$D = \frac{(b + z \cdot y)y}{b + 2 \cdot z \cdot y} = \frac{(0,866 + 1 \cdot 0,749) \cdot 0,749}{0,866 + 2 \cdot 1 \cdot 0,749} = 0,51 \text{ m}$$

Kontrol aliran dengan bilangan *Froude* :

$$F = \frac{v}{\sqrt{g \cdot D}} = \frac{0,58}{\sqrt{9,81 \cdot 0,51}} = 0,256$$

Berdasarkan perhitungan diatas, nilai $F = 0,259 < 1$, berarti aliran pada saluran drainase dengan penampang trapesium tersebut adalah aliran sub kritis. Untuk perhitungan selanjutnya ditampilkan pada tabel 4.16.

Tabel 4.16. Perhitungan Dimensi Pada Saluran Rencana

Kode Saluran	Panjang (L) (m)	Slope (S)	Koefisien Manning	Q Ranc (m ³ /dtk)	z	b (m)	y (m)	A (m ²)	V (m/dtk)	R (m)	D (m)	Kontrol Aliran	
												F	Ket
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)	(14)
1	2327	0.0012	0.025	0.702	1	0.866	0.75	1.21	0.58	0.27	0.51	0.259	subkritis
2	431	0.0012	0.025	0.345	1	0.664	0.57	0.71	0.49	0.21	0.39	0.247	subkritis
3	1189	0.0012	0.025	0.453	1	0.734	0.64	0.87	0.52	0.23	0.43	0.252	subkritis
4	446	0.0012	0.025	0.655	1	0.844	0.73	1.15	0.57	0.26	0.50	0.257	subkritis
5	955	0.0012	0.025	0.930	1	0.962	0.83	1.50	0.62	0.30	0.57	0.263	subkritis
6	88	0.0012	0.025	0.405	1	0.705	0.61	0.80	0.51	0.22	0.42	0.250	subkritis
7	1561	0.0014	0.025	0.263	1	0.582	0.50	0.55	0.48	0.18	0.34	0.261	subkritis
8	1551	0.0014	0.025	0.434	1	0.702	0.61	0.80	0.54	0.22	0.42	0.270	subkritis

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- | | |
|---|--|
| (1) = Kode saluran | (10) = Kecepatan aliran (m/det) |
| (2) = Panjang saluran (m) | (11) = Jari-jari hidrolis (m) |
| (3) = Kemiringan dasar saluran (eksisting). | (12) = Kedalaman hidrolis |
| (4) = Koefisien kekasaran Manning | (13) = Kontrol aliran dengan bilangan Froude |
| (5) = Debit rencana komulatif (m ³ /det), Tabel 4.12e. | (14) = Jenis aliran dari bilangan Froude |
| (6) = Kemiringan talud (eksisting). | F < 1, aliran sub kritis |
| (7) = Lebar dasar saluran (m) | F = 1, aliran kritis |
| (8) = Kedalaman aliran (m) | F > 1, aliran super kritis |
| (9) = Luas basah penampang saluran (m ²) | |

4.7. Analisa Kondisi Sistem Drainasi

4.7.1. Analisa Kapasitas Saluran Eksisting Terhadap Debit Rancangan

Setelah data-data yang ada diperoleh, kemudian dilakukan perhitungan, maka hasil dari perhitungan tersebut dilakukan perbandingan, yaitu antara besarnya kapasitas sistem drainase eksisting dengan debit rencana.

Sesuai dengan rekomendasi FAA, analisa juga dilakukan pada debit kala ulang 10, 20, 50 dan 100 tahun, dengan tujuan untuk mengetahui keamanan saluran terhadap banjir rancangan dengan kala ulang lebih besar dari debit rencana, yaitu kala ulang 5 tahun. Untuk lebih jelasnya, perbandingan tersebut di tampilkan pada tabel 4.17.

Tabel 4.17. Analisa Debit Eksisting Terhadap Debit Rencana

Kode Saluran	Q Eks	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀	Keterangan
	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	(m ³ /dt)	
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0.674	0.404	0.457	0.457	Aman
2	0.674	0.199	0.225	0.225	Aman
3	0.674	0.261	0.295	0.295	Aman
4	0.674	0.377	0.427	0.721	Aman
5	0.876	0.535	0.606	1.327	Aman
6	0.876	0.233	0.264	0.264	Aman
7	0.390	0.151	0.171	0.171	Aman
8	0.390	0.250	0.283	0.454	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
- (2) = Kapasitas saluran eksisting, Tabel 4.12. (m³/det)
- (3) = Debit rencana dengan kala ulang 2 tahun. Tabel 4.13a. (m³/det).
- (4) = Debit rencana dengan kala ulang 5 tahun. Tabel 4.13b. (m³/det).
- (5) = Debit rencana dengan kala ulang 10 tahun. Tabel 4.13c. (m³/det).
- (6) = Keterangan

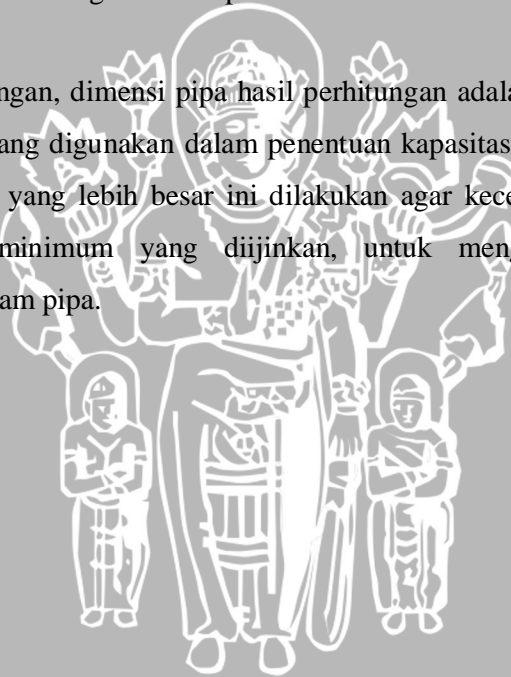
Dari analisa debit eksisting terhadap debit rencana diketahui bahwa kapasitas saluran eksisting masih memenuhi hingga debit dengan kala ulang 10 tahun. Oleh karena itu, direncanakan sistem drainasi baru yang akan digunakan untuk menghilangkan genangan yang ada di sekitar landasan pacu.

Sistem drainasi yang dibuat berupa saluran porus di sepanjang landasan pacu yang di sambung dengan saluran pembuang berupa saluran pipa menuju ke saluran eksisting.

4.7.2. Analisa Kapasitas Sistem Drainasi Tertutup

Setelah dimensi saluran drainasi diketahui, dan kapasitas sistem drainasi dapat dihitung, selanjutnya adalah menganalisa kapasitas sistem drainasi terhadap debit banjir rancangan 5 tahunan.

Dari hasil perhitungan, dimensi pipa hasil perhitungan adalah 8,5 cm – 8,7 cm, sedangkan ukuran pipa yang digunakan dalam penentuan kapasitas pipa adalah 10 cm. Penggunaan ukuran pipa yang lebih besar ini dilakukan agar kecepatan saluran lebih besar dari kecepatan minimum yang diijinkan, untuk menghindari terjadinya pengendapan material dalam pipa.



Tabel 4.18. Perhitungan Kapasitas Sistem Drainasi Terhadap Debit Rancangan

Segmen Jalur	Panjang Pipa (m)	Diameter Pipa D (m)	Luas Penampang A (m ²)	Perimeter Basah P (m)	Jari-Jari Hidrolis R (m)	Kecepatan Aliran V (m/det)	Kapasitas Pipa (m ³ /det)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1 - a	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
2 - b	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
3 - c	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
4 - d	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
5 - e	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
6 - f	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
7 - g	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
8 - h	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
9 - i	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
10 - j	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
11 - k	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
12 - l	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
13 - m	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
14 - n	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
15 - o	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
16 - p	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
17 - q	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
18 - r	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
19 - s	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
20 - t	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
21 - u	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
22 - v	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
23 - w	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054
24 - x	37.0	0.100	0.071	0.942	0.075	0.765	0.054

Sumber : Hasil Perhitungan

4.7.3. Analisa Kecepatan Yang Diijinkan

Tidak hanya kapasitas sistem drainasi eksisting dengan debit rencana saja yang dianalisa dalam studi ini, akan tetapi kecepatan aliran pada saluran eksisting juga dilakukan analisa terhadap kecepatan ijin yang berlaku. Dengan kecepatan aliran minimal adalah 0,762 m/det, dan kecepatan aliran maksimal adalah 2,5 m/det. Hal ini dimaksudkan untuk menjaga agar saluran terbebas dari masalah erosi dan pengendapan.

Analisa kecepatan aliran ditampilkan pada tabel 4.19.

Tabel 4.19. Analisa Kecepatan Eksisting Terhadap Kecepatan Ijin

Kode Saluran	V ijin min (m/dtk)	V Eks (m/dtk)	V ijin maks (m/dtk)	Keterangan (m/dtk)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	0.762	0.702	2.50	Pengendapan
2	0.762	0.710	2.50	Pengendapan
3	0.762	0.702	2.50	Pengendapan
4	0.762	0.702	2.50	Pengendapan
5	0.762	0.749	2.50	Pengendapan
6	0.762	0.749	2.50	Pengendapan
7	0.762	0.650	2.50	Pengendapan
8	0.762	0.650	2.50	Pengendapan

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- (1) = Kode saluran
- (2) = Kecepatan aliran ijin minimal (m/det)
- (3) = Kecepatan aliran pada saluran eksisting, Tabel 4.12. ((m/det)
- (4) = Kecepatan aliran ijin maksimal (m/det)
- (5) = Evaluasi kecepatan aliran eksisting terhadap kecepatan ijin.

Tabel 4.20. Analisa Kecepatan Saluran Pipa Terhadap Kecepatan Ijin

Segmen Jalur	Kecepatan Aliran V (m/det)	Kecepatan Ijin Min (m/det)	Keterangan (m/det)
(1)	(2)	(3)	(4)
1 - a	0.769	0.762	Aman
2 - b	0.769	0.762	Aman
3 - c	0.769	0.762	Aman
4 - d	0.769	0.762	Aman
5 - e	0.769	0.762	Aman
6 - f	0.769	0.762	Aman
7 - g	0.769	0.762	Aman
8 - h	0.769	0.762	Aman
9 - i	0.769	0.762	Aman
10 - j	0.769	0.762	Aman
11 - k	0.769	0.762	Aman
12 - l	0.769	0.762	Aman
13 - m	0.769	0.762	Aman
14 - n	0.769	0.762	Aman
15 - o	0.769	0.762	Aman
16 - p	0.769	0.762	Aman
17 - q	0.769	0.762	Aman
18 - r	0.769	0.762	Aman
19 - s	0.769	0.762	Aman
20 - t	0.769	0.762	Aman
21 - u	0.769	0.762	Aman
22 - v	0.769	0.762	Aman
23 - w	0.769	0.762	Aman
24 - x	0.769	0.762	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

4.8. Perbaikan Saluran Drainase

4.8.1. Perbaikan Kemiringan Saluran (Slope) Eksisting

Dari analisa kecepatan aliran dan kapasitas saluran, maka dapat diketahui kondisi aktual saluran. Dengan kondisi tersebut telah dijelaskan bagaimana hasil evaluasi kecepatan aliran dan debit setiap saluran. Permasalahan yang dapat ditampilkan disini adalah adanya kecepatan aliran dibawah kecepatan minimum yang diijinkan, yaitu

0,762 m/det pada semua saluran. Sedangkan untuk masalah kapasitas saluran maiz relatif dalam kondisi aman.

Untuk mengatasi hal tersebut, maka perlu diadakannya perbaikan dan pemeliharaan pada sistem drainasi yang ada. Pemeliharaan disini dapat berupa pengawasan dan pembersihan pada tiap-tiap saluran yang terdapat endapan ataupun tanaman pengganggu yang dapat menghambat operasional sistem saluran drainasi. Sedangkan untuk perbaikan, pada studi ini, alternatif pemecahan yang dilakukan adalah perubahan slope saluran. Pemilihan perubahan slope saluran dipilih karena pertimbangan ekonomis dan efisiensi lahan, seperti ditunjukkan pada tabel 4.21.

Dari alternatif ini diusahakan agar masalah yang terjadi dapat segera teratasi, sehingga dengan kondisi saluran yang baik, maka kegiatan operasional lapangan terbang akan menjadi lancar.

Tabel 4.21. Evaluasi Kemiringan Saluran Eksisting

Kode Saluran	Slope Eksisting	Slope Evaluasi	V ijin min (m/dtk)	V Eks (m/dtk)	V Evaluasi (m/dtk)	V ijin maks (m/dtk)	Keterangan (m/dtk)
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
1	0.0012	0.0015	0.762	0.702	0.78	2.50	Aman
2	0.0012	0.0015	0.762	0.702	0.78	2.50	Aman
3	0.0012	0.0015	0.762	0.702	0.78	2.50	Aman
4	0.0012	0.0015	0.762	0.702	0.78	2.50	Aman
5	0.0012	0.0015	0.762	0.749	0.84	2.50	Aman
6	0.0012	0.0015	0.762	0.749	0.84	2.50	Aman
7	0.0014	0.0020	0.762	0.650	0.78	2.50	Aman
8	0.0014	0.0020	0.762	0.650	0.78	2.50	Aman

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- | | |
|--|---------------------------------|
| (1) = Kode saluran | (8) = Evaluasi kecepatan aliran |
| (2) = Kemiringan saluran eksisting | setelah perubahan kemiringan |
| (3) = Kemiringan saluran evaluasi | saluran terhadap kecepatan |
| (4) = Kecepatan aliran ijin minimal (m/det) | ijin. |
| (5) = Kecepatan aliran eksisting (m/det) | |
| (6) = Kecepatan aliran evaluasi (m/det) | |
| (7) = Kecepatan aliran ijin maksimal (m/det) | |

4.8.2. Perencanaan Saluran Porus.

Pada studi ini perbaikan saluran drainase dilakukan dengan mengganti dasar saluran porus yang merupakan suatu konstruksi yang berfungsi menampung serta meresapkan air kedalam tanah, sehingga dapat mengurangi adanya genangan dan air yang mengalir melalui saluran akan dapat langsung meresap kedalam tanah. Dengan perlakuan tersebut, diharapkan debit yang melimpas dapat berkurang atau bahkan sampai tidak terjadi limpasan. Konsep perhitungan resapan pada saluran porus adalah selain air yang masuk tertampung disaluran sekaligus terjadi resapan kedalam tanah. Adapun untuk contoh perhitungannya adalah :

$$B = 200 \text{ m}$$

$$b = 0.5 \text{ m}$$

$$h = 0.5 \text{ m}$$

$$R = 0.25$$

$$F = 5.5 R$$

$$= 5,5 \times 0,25$$

$$= 1,375$$

$$T = 7200 \text{ detik}$$

$$K = 0,0035 \text{ m/det}$$

$$B = \frac{Q}{f \times K \times H} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{f \times K \times T}{b}\right) \right\}$$

$$Q = \frac{f \times K \times H \times B}{\left\{ 1 - \exp\left(-\frac{f \times K \times T}{b}\right) \right\}}$$

$$Q = \frac{1,375 \times 0,0035 \times 0,5 \times 200}{\left\{ 1 - \exp\left(-\frac{1,375 \times 0,0035 \times 7200}{0,5}\right) \right\}}$$

$$Q = 0,48125 \text{ m}^3/\text{det}$$

Jika $Q_{\text{limpasan}} < Q_{\text{saluran porus}}$, maka kapasitas saluran terpenuhi. Untuk perhitungan selanjutnya dapat ditampilkan dalam tabel 4.22.



Tabel 4.22. Tabel Kapasitas Saluran Porus

no	segmen	Q limpasan (m ³ /det)	Q saluran porus (m ³ /det)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)
1	1 - a	0.00014	0.48125	Memenuhi
2	2 - b	0.00014	0.48125	Memenuhi
3	3 - c	0.00014	0.48125	Memenuhi
4	4 - d	0.00014	0.48125	Memenuhi
5	5 - e	0.00014	0.48125	Memenuhi
6	6 - f	0.00014	0.48125	Memenuhi
7	7 - g	0.00014	0.48125	Memenuhi
8	8 - h	0.00014	0.48125	Memenuhi
9	9 - i	0.00014	0.48125	Memenuhi
10	10 - j	0.00014	0.48125	Memenuhi
11	11 - k	0.00014	0.48125	Memenuhi
12	12 - l	0.00014	0.48125	Memenuhi
13	13 - m	0.00014	0.48125	Memenuhi
14	14 - n	0.00014	0.48125	Memenuhi
15	15 - o	0.00014	0.48125	Memenuhi
16	16 - p	0.00014	0.48125	Memenuhi
17	17 - q	0.00014	0.48125	Memenuhi
18	18 - r	0.00007	0.48125	Memenuhi
19	19 - s	0.00014	0.48125	Memenuhi
20	20 - t	0.00014	0.48125	Memenuhi
21	21 - u	0.00007	0.48125	Memenuhi
22	22 - v	0.00014	0.48125	Memenuhi
23	23 - w	0.00014	0.48125	Memenuhi
24	24 - x	0.00014	0.48125	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- 1 = Nomor
- 2 = Segmen Saluran
- 3 = Debit limpasan (m³/det)
- 4 = Debit saluran porus (m³/det)
- 5 = Keterangan

Tabel 4.23. Tabel Kemampuan kapasitas pipa terhadap debit limpasan

nomor	segmen	Debit limpasan (m ³ /det)	Kapasitas Pipa (m ³ /det)	Keterangan
(1)	(2)	(10)	(8)	(5)
1	1 - a	0.00014	0.054	Memenuhi
2	2 - b	0.00014	0.054	Memenuhi
3	3 - c	0.00014	0.054	Memenuhi
4	4 - d	0.00014	0.054	Memenuhi
5	5 - e	0.00014	0.054	Memenuhi
6	6 - f	0.00014	0.054	Memenuhi
7	7 - g	0.00014	0.054	Memenuhi
8	8 - h	0.00014	0.054	Memenuhi
9	9 - i	0.00014	0.054	Memenuhi
10	10 - j	0.00014	0.054	Memenuhi
11	11 - k	0.00014	0.054	Memenuhi
12	12 - l	0.00014	0.054	Memenuhi
13	13 - m	0.00014	0.054	Memenuhi
14	14 - n	0.00014	0.054	Memenuhi
15	15 - o	0.00014	0.054	Memenuhi
16	16 - p	0.00014	0.054	Memenuhi
17	17 - q	0.00014	0.054	Memenuhi
18	18 - r	0.00007	0.054	Memenuhi
19	19 - s	0.00014	0.054	Memenuhi
20	20 - t	0.00014	0.054	Memenuhi
21	21 - u	0.00007	0.054	Memenuhi
22	22 - v	0.00014	0.054	Memenuhi
23	23 - w	0.00014	0.054	Memenuhi
24	24 - x	0.00014	0.054	Memenuhi

Sumber : Hasil Perhitungan

Keterangan :

- 1 = Nomor
- 2 = Segmen Saluran
- 3 = Debit limpasan (m³/det)
- 4 = Kapasitas saluran pipa (m³/det)
- 5 = Keterangan

BAB V PENUTUP

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya maka dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Bahwa kondisi sistem drainasi Bandar udara Mutiara Palu masih bisa menampung debit yang direncanakan. Hasil analisa kapasitas saluran eksisting terhadap debit yang direncanakan. Hasil analisa kapasitas saluran eksisting terhadap debit rencana di tampilkan pada tabel berikut:

Kode Saluran	Q Eks (m ³ /dt)	Q ₂ (m ³ /dt)	Q ₅ (m ³ /dt)	Q ₁₀ (m ³ /dt)	Keterangan
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)
1	0.674	0.502	0.540	0.588	Aman
2	0.674	0.247	0.265	0.289	Aman
3	0.674	0.323	0.348	0.379	Aman
4	0.674	0.468	0.503	0.548	Aman
5	0.876	0.665	0.715	0.778	Aman
6	0.876	0.290	0.311	0.339	Aman
7	0.390	0.188	0.202	0.220	Aman
8	0.390	0.310	0.333	0.363	Aman

2. Dengan memperhatikan system drainasi yang ada sekarang, masih terdapat genangan di sekitar landasan pacu yang disebabkan oleh air limpasan yang tidak sampai di saluran. Oleh karena itu, direncanakan jaringan system drainasi baru yaitu dengan membuat saluran porus di sepanjang landasan pacu yang bisa menyebabkan genangan. Air limpasan kemudian dialirkan melalui pipa menuju ke saluran eksisting.

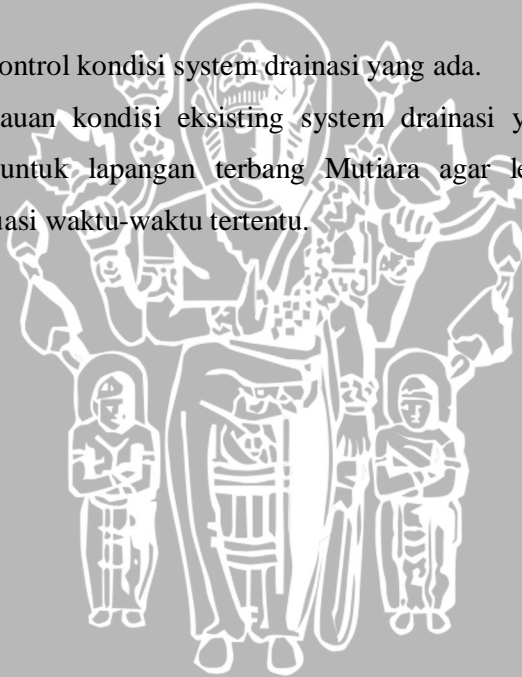
- Dimensi pipa adalah 10 cm
- Kemiringan (slope) pipa direncanakan 0,0015
- Kecepatan aliran 0,765 m³/det
- Kapasitas pipa 0,054 m³/det

3. Saluran rencana yang dibuat adalah saluran porus agar air limpasan dapat meresap dengan lebih cepat kedalam tanah. Saluran porus direncanakan dengan kedalaman 0,5 meter dan lebar 0,5 meter dengan kapasitas saluran adalah $0,48125 \text{ m}^3/\text{det}$.

5.2. Saran

Berdasarkan hasil dari studi ini, maka beberapa saran dan masukan dapat disampaikan kepada dinas perhubungan udara Palu yang terkait dengan perencanaan dan pemeliharaan saluran drainasi adalah sebagai berikut:

1. Perbaiki system saluran drainasi karena terdapat genangan di sepanjang landasan pacu. Hal ini dapat mengganggu penerbangan pada saat *landing* dan *take off*.
2. Pentingnya mengontrol kondisi system drainasi yang ada.
3. Perlunya pemantauan kondisi eksisting system drainasi yang sesuai dengan kondisi terbaru untuk lapangan terbang Mutiara agar lebih mudah dalam penanganan evaluasi waktu-waktu tertentu.



DAFTAR PUSTAKA

- Chow, Ven Te. 1997. *Hidrolika Saluran Terbuka*, Jakarta : Erlangga
- Fauzi, Amir. 2001. “ Studi Perencanaan Sistem Drainasi Landasan Pacu pada Lapangan Terbang Sultan Iskandar Muda Aceh”. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Pengairan FT Unibraw, 2001
- Harto, Sri. 1993. *Analisa Hidrologi*, Jakarta : Gramedia Pustaka Tama
- Horonjeff, Robert dan Francois X. McKelvey. 1993. *Perencanaan dan perancangan Bandar Udara Jilid 1*, Jakarta : Erlangga
- Horonjeff, Robert dan Francois X. McKelvey. 1993. *Perencanaan dan perancangan Bandar Udara Jilid 2*, Jakarta : Erlangga
- Prodjopangarso, Hardjoso. 1987. *Drainasi*, Yogyakarta : UGM
- Rahmawati, Awalia. 2005. “ Kajian Sistem Drainasi Pada Daerah Pengembangan Lapangan Terbang Juanda Jawa Timur”. Skripsi tidak diterbitkan. Malang : Jurusan Pengairan FT Unibraw, 2005
- Soemarto, CD. 1987. *Hidrologi Teknik*, Surabaya : Usaha Nasional
- Soetopo, Widandi. 1997. *Diktat Bahan Kuliah Statistika Terapan*, Malang
- Soewarno. 1995. *Hidrologi Aplikasi Metode Statistik untuk Analisa Data*, Bandung : Nova
- Sosrodarsono, Suyono. 2003. *Hidrologi untuk Pengairan*, Jakarta : Pradnya Paramitha
- Subarkan, Imam. 1980. *Hidrologi untuk Perencanaan Bangunan Air*, Bandung : Idea Dharma
- Suripin. 2004. *Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan*, Yogyakarta : Andi