

## EVALUASI JARINGAN SALURAN AIR BUANGAN PERUMAHAN GURU

Abner Doloksaribu<sup>1</sup>, Hairulla<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Musamus

Email : [1abner\\_doloksaribu@yahoo.com](mailto:1abner_doloksaribu@yahoo.com), [2hairulla@unmus.ac.id](mailto:2hairulla@unmus.ac.id)

### ABSTRAK

Sistem jaringan saluran air buangan perumahan guru jalan Pendidikan saat ini kurang begitu efektif. Peningkatan jumlah penduduk dan peningkatan pembangunan pemukiman, menjadi salah satu penyebab penyempitan lahan. Selain itu faktor penataan ruang yang masih kurang memadai, dapat menjadi penyebab terjadinya genangan air ( banjir ) pada musim penghujan. Daerah perumahan guru jalan pendidikan merupakan daerah berdataran rendah dan padat penduduk. Penggunaan air dalam volume yang tinggi serta tidak diimbangi dengan sistem pembuangan air buangan yang seimbang, dapat menyebabkan banjir pada lokasi tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengevaluasi saluran air buangan yang ada di perumahan guru jalan Pendidikan apakah dapat menanggulangi debit yang diakibatkan oleh curah hujan dan air buangan keluarga.

Perhitungan analisis debit banjir yang akan dilakukan dengan menggunakan metode pengamatan (observasi) yang didukung dengan langkah langkah penelitian dengan identifikasikasi masalah dan kriteria perencanaan, pengumpulan data, pengolahan data hidrologi, analisis debit banjir dan perhitungan kapasitas saluran. Sehingga penyebab banjir dapat diketahui dan diperoleh solusi dalam menangani masalah banjir di daerah perumahan guru jalan Pendidikan Merauke.

Hasil penelitian evaluasi jaringan air buangan perumahan guru jalan Pendidikan Kabupaten Merauke diperoleh bahwa saluran yang ada dapat menanggulangi Q banjir yang terjadi, dimana Q yang kapasitas sebesar 79.586.978,48 m<sup>3</sup>/detik dan Q banjir seberas 24.488.519,51 m<sup>3</sup>/detik, Sehingga tidak diperlukan renovasi perbesaran dimensi saluran drainase, namun diperlukan perawatan berkala secara baik, agar dapat membantu mengatasi masalah banjir di daerah tersebut.

**Kata kunci:** Debit air, Drainase Perumahan, Jaringan Saluran.

## PENDAHULUAN

Perumahan guru Kabupaten Merauke berada di kelurahan Mandala, distrik Merauke, Kabupaten Merauke, propinsi Papua. Tingkat pertumbuhan penduduk dalam kurun waktu yang singkat akan berdampak pada penataan kota, sertaketersediaan sarana dan prasarana. Beberapa sarana dan prasana pendukung kota antara lain adalah jalan, drainase, jembatan, gedung pemerintahan, rumah sakit, pelabuhan, serta bandar udara. Salah satu prasarana pendukung kota adalah drainase.

Peningkatan jumlah penduduk yang terus meningkat, serta peningkatan pembangunan pemukiman penduduk. Lahan yang semakin sempit, menimbulkan penataan ruang yang kurang memadai dimana hal ini terlihat dari terjadinya banjir atau genangan air pada saat musim penghujan. Berdasarkan pengamatan penulis bahwa hal ini terjadi sebagai dampak dari pertumbuhan penduduk dan pemukiman. Banyak kawasan-kawasan yang dulunya sebagai tempat penampung air hujan dan tempat tampungan air pasang laut yang masuk ke daratan berubah menjadi kawasan permukiman dan sentra pengembangan kegiatan ekonomi, jasa dan sosial kemasyarakatan. Dengan kata lain kawasan yang dulunya sebagai daerah tangkapan air berubah menjadi luapan/genangan air banjir.

Daerah perumahan guru jalan Pendidikan Kabupaten Merauke merupakan daerah dataran rendah dan padat penduduk, sehingga semakin meningkat debit air limbah yang masuk pada aliran. Penggunaan air dalam volume yang tinggi serta tidak diimbangi oleh sistem pembuangan air buangan yang kurang seimbang dapat menyebabkan banjir, terutama saat debit air melimpah. Selain itu permukaan limpasan sebelumnya sebagai daerah resapan (water shed) air hujan ke dalam tanah, juga sistem pembuangan air yang belum memadai. Debit air yang terjadi pada musim hujan mengakibatkan air meluap dari dalam saluran dan memenuhi permukaan jalan

sehingga menjadi salah satu masalah yang dihadapi oleh daerah-daerah yang mengalami rawan banjir. Salah satunya adalah pada daerah perumahan guru, Kabupaten Merauke.

Dari penjelasan yang ada, sehingga penulis berminat untuk menelitinyadengan judul yang diambil “Evaluasi Jaringan Saluran Air Buangan Daerah Perumahan Guru Jalan Pendidikan Merauke”. Penelitian ini memiliki tujuan guna evaluasi apakah saluran air buangan yang ada di perumahan guru jalan pendidikan dapat menanggulangi debit banjir yang diakibatkan oleh curah hujan dan air buangan keluarga.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Tinjauan pustaka

Seiring dengan laju perkembangan pembangunan yang semakin cepat terkadang perencanaan drainase pembuangan perumahan sering kali terabaikan oleh pengembang dan masyarakat, sehingga saluran drainase menjadi penyebab genangan di perumahan di kota Makasar. Perencanaan sistem drainase pembuangan perumahan Solthan Residence PT. Batara Sarana Mandiri dibuat dengan kombinasi saluran air hujan dan air buangan. Dalam analisa, debit air buangan lebih kecil dari pada debit air hujan, sehingga dalam perhitungan pendimensian saluran debit air buangan dianggap tidak akan berpengaruh terhadap perhitungan pendimensian saluran. Dimensi saluran yang ada pada daerah perumahan Solthan Residence PT. Batara Sarana Mandiri berdasakan hasil tinjauan dianggap cukup aman untuk saluran kuarter, akan tetapi tidak berlaku pada saluran tersier. Sehingga dianggap bahwa saluran dimensi tersebut masih perlu untuk ditingkatkan lagi dimensinya. Penelitian tersebut dilakukan pada tahun 2011 [1].

Sistem penyaluran air buangan merupakan salah satu sarana pendukung yang penting untuk membantu terciptanya kondisi sanitasi lingkungan yang baik. Tingginya peningkatan pertumbuhan

penduduk di Kecamatan Ujung Berug di kota Bandung, yang disertai dengan kesejahteraan masyarakat dan kepadatan penduduk, maka diperlukan saluran drainase air buangan. Salah satu hal yang menentukan dalam perancangan adalah ditentukan dasar-dasar perencanaan, sistem penyaluran yang digunakan, serta lokasi daerah air buangan yang dilayani. Solusi dari masalah yang ada yaitu melalui cara penentuan jaringan perpipaan. Dasar perencana yang diperlukan meliputi debit air buangan, periode perencanaan, persen layanan serta sistem yang akan digunakan. Untuk melakukan pemilihan yang tepat maka dilakukan 3 alternatif berbeda, yang berdasarkan topografi, persimpangan jalan dan aliran sungai. Serta beberapa faktor diantaranya adalah panjang pipa total, stasiun pompa, waktu alir dan jumlah perlintasan sungai. Kemudian dipilialternatif dalam sistem jaringan irigasi air buangan di daerah tersebut [2].

Tingkat kepadatan pemukiman dengan sanitasi drainase yang kurang sesuai dapat menimbulkan genangan di daerah perumahan, sehingga diperlukan penataan perencanaan drainase air buangan perumahan yang baik, perencanaan sistem penyaluran air buangan di kawasan perumahan alam sutra Serpong ini bertujuan agar didapatkan suatu sistem jaringan penyaluran air buangan yang paling optimal, efektif dan efisien dari beberapa alternatif jalur perpipaan air buangan yang akan disalurkan ke instalasi pengelolaan air buangan sampai dengan kawasan terisi penuh. Perencanaan tahapan pengembangan kawasan pemukiman sebaiknya tidak hanya mempertimbangkan aspek pemasaran saja, akan tetapi perlu mempertimbangkan aspek perencanaan infrastruktur SPAB yang sangat dipengaruhi topografi daerah. Sehingga rencana pentahapan pengembangan wilayah yang tepat dengan memasukkan pula topografi daerah sebagai pertimbangan dalam perencanaan akan memberikan investasi prasarana SPAB yang lebih efektif dan efisien [3].

Tujuan dari sistem drainase guna untuk menanggulangi genangan air hujan di daerah tersebut untuk mendapatkan besarnya debit aliran saluran drainase di daerah kajian yang mengakibatkan terjadinya genangan di daerah tersebut. Dimensi bangunan drainase yang besar akan lebih mempercepat proses pengaliran air ke drainase yang lebih besar. Akan tetapi dalam dimensi yang besar biasanya diperlukan biaya yang mahal. Maka dibutuhkan perhitungan perencanaan sesuai dengan kebutuhan. Sehingga bangunan yang akan dibangun sesuai dengan kebutuhan. Sedangkan berdasarkan pengukuran, pengolahan serta interpestasi bahwa disarankan kepada dinas terkait agar bisa segera mengatasi masalah yang terjadi [4].

Seiring dengan peningkatan jumlah penduduk dan perekonomian maka jumlah limbah yang dihasilkan pun akan mengalami peningkatan pula, untuk itu perlu dilakukan usaha jugadalam mengeliminasi pencemaran badan air salah satu diantaranya dengan sistem penyaluran air buangan. Dalamkeperluan air untuk individu akan mengakibatkan air buangan. Jika musim penghujan debit air akan meningkat yang membutuhkan jaringan drainase air buangan yang bak.

## 2.2 Landasan teori

Drainase adalah suatu bangunan pengairan yang digunakan untuk mengatur sistem pengaliran air pada suatu wilayah. Dimensi drainase didasarkan pada jenis dan ukuran kebutuhan di wilayah tertentu. Dalam mempertimbangkan ukuran drainase terdiri atas drainae primer, skunder dan tersier. Drainase primer menjadi tampungan dari drainase skunder dan tersier, mengatur aliran air sesuai kebutuhan. Drainase skunder merupakan drainase penghubung antara drainase primer dan tersier bermanfaat memperlancar pengaliran air dari saluran primer ke tersier, dan begitu pula sebaliknya. Sedangkan drainase tersier merupan drainase dengan dimensi terkecil yang berfungsi

mengalirkan air ke drainase skunder, serta menerima aliran air dari drainase skunder [5].

Dimensi saluran drainase air buangan daerah perumahan yang lebih besar akan lebih aman dalam mengalirkan debit tertentu, namun dimensi yang lebih besar akan berdampak pada biaya yang lebih mahal atau melampaui batas-batas ekonomis yang dapat dipertanggung jawabkan. Sebaliknya dimensi hidrolis bangunan air yang lebih kecil akan menjadi kurang aman dalam mengalirkan debit tertentu. Oleh karena itu, perhitungan debit rencana menjadi bagian yang sangat penting dalam tahap perencanaan teknis, agar dimensi bangunan sesuai dengan yang diharapkan.

#### a. Hidrologi

Hidrologi membahas tentang air yang ada di bumi, yaitu kejadian, sirkulasi dan penyebaran, sifat-sifat fisis dan kimiawi serta reaksinya terhadap lingkungan dengan kehidupan. Hidrologi teknik mencakup dari bidang tersebut yang berhubungan langsung dengan perencanaan, perancangan, dan pelaksanaan proyek-proyek teknik bagi pengaturan dan pemanfaatan air. hidrologi yaitu suatu ilmu yang menjelaskan tentang kehadiran dan gerakan air di alam, yang meliputi bentuk air, yang menyangkut perubahan-perubahannya antara keadaan cair, padat, dan gas dalam atmosfer, diatas dan dibawah permukaan tanah. Didalamnya pula tercakup air laut yang merupakan sumber dan penyimpanan air yang memberikan penghidupan di planet bumi ini [6].

Sebagian besar perencanaan bangunan sipil memerlukan analisis hidrologi. Analisis hidrologi tidak hanya diperlukan dalam perencanaan berbagai macam bangunan air seperti bendungan, bangunan pengendali banjir, dan bangunan irigasi, namun juga dalam bangunan jalan raya, demikian juga pada lapangan terbang, bangunan pelabuhan, atau bangunan perumahan.

#### b. Hujan dan limpasan

Hujan merupakan air yang turun berdasarkan musim, serta tidak diketahui secara pasti namun bisa diprediksi dengan data curah hujan sebelumnya. Data curah hujan yang makin banyak maka prediksi yang didapat makin mendekati kebenaran perkiraan curah hujan. Limpasan merupakan dampak hujan yang mengakibatkan debit air meningkat yang terjadi genangan pada permukaan.

#### c. Intensitas curah hujan

Besarnya hujan yang dihitung disebut sebagai intensitas curah hujan. Dalam analisa frekuensi data hujan atau debit untukmendapatkan nilai hujan rencana atau debit rencana, dikenal beberapa distribusi probabilitas kontinu yang sering digunakan yaitu : Gumbel, Normal, Log Normal, dan Log person Tipe III [7].

Berikut adalah beberapa bagian yang berkaitan dengan hujan :

- Intensitas  $i$ , yaitu kecepatan hujan dimana banyaknya hujan persatuan waktu, dengan satuan mm/menit, mm/jam, mm/hari.
- Lama waktu (durasi)  $t$ , lamanya hujan yang turun dengan satuan menit/jam.
- Tinggi hujan  $d$ , adalah jumlah atau keadaan hujan yang terjadi selama durasi hujan dan dinyatakan dalam ketebalan air diatas permukaan datar dalam satuan mm.
- Frekuensi adalah Frekuensi kejadian dan biasanya dinyatakan dengan kala ulang (return period,  $T$ ) misalnya dalam sekali dalam 2 tahun.
- Luas yaitu luas wilayah yang terjadi hujan

Intensitas hujan merupakan suatu fungsi dari lama waktu konsentrisasi yaitu waktu yang diperlukan oleh air terjatuh untuk mengalir menuju ke tempat air buangan. Semakin besar waktu yang diperlukan ( $t_c$ ) maka semakin kecil intensitas hujannya. Dalam kajian sistem drainase ini untuk memperoleh nilai intensitas dengan perhitungan rasional oleh Dr. Mononobe yaitu :

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left( \frac{24^{2/3}}{tc} \right) \dots\dots\dots (1)$$

Sedang waktu konsentersasi (tc) dihitung dengan menggunakan rumus kirpich :

$$tc = \frac{0,0195}{60} \times \left( \frac{L^{2/3}}{s} \right) 0,7 \dots\dots\dots (2)$$

Dimana :

- I = Intensitas curah hujan
- R = Curah hujan rata-rata
- Ct = Waktu konsentersasi

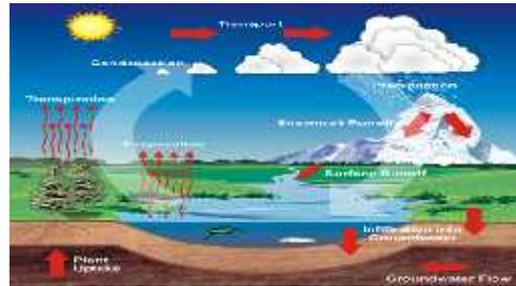
d. Debit banjir

Laju aliran puncak (debit banjir) pada suatu daerah dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya adalah koefisien aliran permukaan, intensitas hujan dalam mm/jam, dan luas daerah aliran. Terdapat beberapa cara untuk menghitung debit banjir [5].

Perhitungan memperkirakan debit banjir dapat dihitung menggunakan rumus dan ditentukan dari perhitungan teknis. Sebagian besar cara yang digunakan yaitu dengan cara hidrograf banjir, di daerah perumahan guru jalan pendidikan kabupaten merauke, telah memiliki sistem jaringan drainase, namun belum memenuhi kebutuhan. Karena pada musim hujan di daerah tersebut masih terjadi genangan-genangan air, sehingga diperlukan saluran drainase yang sesuai. Agar terhindar dari genangan air, terutama pada saat musim hujan. Air menjadi bagian penting dalam kehidupan, air memiliki siklus dalam proses pengalirannya. Dimana siklus yaitu perputaran yang mengulang sehingga tidak memiliki awal dan akhir. Dalam hal ini daerah perumahan guru jalan pendidikan merauke, merupakan daerah yang padat penduduk, sehingga ada beberapa faktor yang dapat menghambat siklus air, sehingga siklus air tidak berjalan dengan baik. Beberapa faktor tersebut diantaranya adalah semakin sedikitnya daerah resapan air, padatnya pemukiman penduduk, dan drainase yang kurang memadai.

Gambar 1. berikut menunjukkan siklus air yang ada di bumi, mulai dari proses

penguapan air yang ada di bumi, hingga turun lagi kebumi (hujan).



Gambar 1. Siklus Hidrologi

Konsep siklus hidrologi dimulai dengan penguapan air (evaporasi) dari laut maupun sungai dan danau, melalui proses sehingga kembali lagi jatuh ke bumi dan menyebar dengan arah yang berbeda-beda dalam beberapa cara.

e. Koefisien pengaliran

Koefisien yaitu perbandingan antara hujan yang terjadi dengan wilayah hujan yang mengakibatkan limpasan secara langsung. Besarnya disebabkan oleh daerah pengaliran, intensitas curah hujan, tata guna lahan, jenis dan kondisi tanah [8].

- Luas wilayah pengaliran
- Semakin luas wilayah pengaliran akan semakin lama limpasan air hujan yang mencapai tempat titik pengukuran.
- Intensitas curah hujan
- Pengaruh curah hujan pada limpasan permukaan tergantung dari kapasitas infiltrasi.
- Tata guna lahan
- Penggunaan lahan dapat menyebabkan kapasitas infiltrasi makin berkurang karena pemanfaatan permukaan tanah yang dapat menyebabkan limpasan permukaan besar.
- Jenis tanah
- Jenis tanah menjadi faktor penentu dalam kapasitas infiltrasi, seperti butiran tanah, warna dan cara pengendapannya.
- Kondisi tanah

- Corak, elevasi dan arah mempengaruhi terhadap daerah pengaliran tersebut.

### 2.3. Debit Banjir Rancangan

Dalam Studi Pola Konsumsi Air Domestik Kota Merauke, kebutuhan air domestik per kapita per hari penduduk kota Merauke pada musim kemarau sebesar 110,58 lt/kapita/hari sedangkan hasil analisis peta polygon air tawar kota Merauke, menunjukkan bahwa areal yang memiliki kondisi air tanah tawar hanya 18,287 % dari total areal kota Merauke.

Sebagian besar masyarakat Indonesia aktifitas dilakukan dalam pemanfaatan air di pagi dan sore hari dengan penggunaan air lebih banyak dari jam-jam yang lainnya. Di malam hari, aktifitas penggunaan air relatif kecil dengan pemakaian sedikit.

#### a. Kebutuhan air rata-rata harian (Q<sub>rh</sub>)

Yaitu banyaknya air yang digunakan selama satu tahun dibagi banyaknya hari dalam waktu yang sama sebesar 365 hari.

$$Q_{rh} = \frac{\sum Q_n}{365} \dots\dots\dots (3)$$

dimana :

Q<sub>rh</sub> = Kebutuhan air rata-rata harian (l/dtk)

Q<sub>n</sub> = Total penggunaan air yang digunakan selama 1 Tahun.

N = 365 hari (digunakan selama satu tahun)

#### b. Kebutuhan hari maksimum (Q<sub>hm</sub>)

$$Q_{hm} = f_{hm} \cdot Q_{rh} \dots\dots\dots (4)$$

dengan :

f<sub>hm</sub> = faktor hari maksimum dengan, f<sub>hm</sub> > 1

Q<sub>hm</sub> = Kebutuhan hari maksimum (l/dtk)

Q<sub>rh</sub> = Kebutuhan air rata-rata harian (l/dtk)

#### c. Kebutuhan air jam puncak (Q<sub>jm</sub>)

Yaitu banyaknya air yang dibutuhkan pada pemakaian jam puncak (maksimum) dalam satu hari.

$$Q_{jm} = f_{jm} \cdot Q_{hm} \dots\dots\dots (5)$$

dengan :

f<sub>jm</sub> = faktor jam maksimum dimana f<sub>jm</sub> untuk Indonesia

1,35 – 3,5

Q<sub>hm</sub> = kebutuhan hari maksimum dimana pemakaian pada

Hari maksimum (1,10 – 1,25)

Pemakaian jam puncak adalah pemakaian air terbanyak pada jam-jam tertentu dalam satu hari, hal ini bersamaan dalam waktu yang sama. Umumnya terjadi pada jam-jam 06.00-08.00 WIT.

Dalam suatu perancangan suatu bangunan pengairan, penentuan debit banjir rencana merupakan faktor yang sangat penting. Karena itulah pengamatan debit banjir sangat diperlukan. Meski demikian, walaupun tidak tersedia data debit, perkiraan data debit bisa diprediksi memakai data curah hujan. Sehingga perhitungan banjir dapat dihitung dengan menggunakan data sintetis.

Pemilihan metode perhitungan debit banjir secara umumbertanggung pada ketersediaan data. Data yang dimaksud antara lain data hujan, karakteristik daerah aliran, dan data debit. Debit rencana dapat dicari menggunakan metode rasional dengan rumus :

$$Q_t = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \dots\dots\dots (6)$$

Q<sub>t</sub> : Debit total (m<sup>3</sup>/det)

C : Karakteristik daerah aliran

I : Intensitas curah hujan (mm/jam)

A : Luas daerah pengaliran (Km<sup>2</sup>)

Tabel 1. berikut menunjukkan hubungan antara koefisien pengaliran dengan deskripsi lahan (karakter permukaan) untuk rumus rasional.

Tabel berikut menunjukkan persentase kemiringan dasar saluran dan hungannya dengan kecepatan rata-rata [9] .

Tabel 1. Koefisien pengaliran (C) untuk rumus rasional.

Deskripsi lahan/ karakter permukaan	Koefisien pengaliran (C)
<b>Bussines</b>	
a. Perkotaan	0,70 – 0,95
b. Pinggiran	0,50 – 0,70
<b>Perumahan</b>	
a. Rumah tinggal	0,30 – 0,50
b. Multiunit, terpisah	0,40 – 0,60
c. Multiunit, tergabung	0,60 – 0,75
d. Perkampungan	0,25 – 0,40
e. Apartemen	0,50 – 0,70
<b>Perkerasan</b>	
a. Aspal dan beton	0,70 – 0,95
b. Batu bata, paving	0,50 – 0,70
<b>Halaman berpasir</b>	
a. Datar (2%)	0,05 – 0,10
b. Curam (7%)	0,15 – 0,20
<b>Halaman tanah</b>	
a. Datar (2%)	0,13 – 0,17
b. Curam (7%)	0,18 – 0,22
<b>Hutan</b>	
a. Datar 0 – 5%	0,10 – 0,40
b. Bergelombang 5 – 10%	0,25 – 0,50
c. Berbukit 10 – 30%	0,30 – 0,60

d. Kecepatan minimum yang diijinkan

Kecepatan minimum yang diijinkan yaitu kecepatan aliran terkecil yang tidak menimbulkan pengendapan dan merangsang tumbuhnya tanaman aquitik dan lumut. Untuk air yang tidak mengandung kadar lumpur, faktor minimum yang diijinkan tidak mempunyai arti penting kecuali pengaruhnya terhadap tumbuhnya tanaman.

Biasanya kecepatan datar sebesar 0,6 sampai 0,9 m/detik dapat dipakai dengan aman apabila presentasetergolong rendah. Berikut adalah tabel aliran dimana berisi ketentuan kecepatan rata-rata berdasarkan kemiringan rata-rata saluran.

Tabel 2. kecepatan aliran :

No	Kemiringan rata-rata dasar saluran (%)	Kecepatan rata- rata(m/detik)
1	< 1	0,40
2	1 – 2	0,60
3	2 – 4	0,90
4	4 – 6	1,20
5	6 – 10	1,50
6	10 – 15	2,40

e. Debit air kotor

Air kotor yaitu air yang berasal dari suatu wilayah yang telah dimanfaatkan untuk kepentingan selanjutnya dikumpul lalu dialirkan ke drainase pembuangan untuk menjaga kebersihan dan kesehatan yang baik, yang termasuk air yang tidak digunakan dan harus dibuang diantaranya yaitu :

- Air kotor rumah tangga, merupakan air limbah individu dan sisa pemanfaatan dalam kebutuhan keluarga.
- Air kotor industri perumahan, merupakan limbah air dari sisa pemanfaatan dalam industri perumahan.

Metode-metode pengolahan air limbah terdiri atas tiga jenis yaitu pengolahan fisik, penolahan biologis dan pengolahan dengan cara kimia.

- Metode pengolahan secara fisik yaitu dengan cara penyaringan, pengecilan ukuran, pembuangan serpih, pengendapan dan filtrasi.
- Metode pengolahan kimiawi meliputi penggabungan dari proses-proses kimiawi (biasanya pengendapan) dan operasi fisik untuk mencapai pengolahan yang sempurna. Proses satuan kimiawi yang digunakan untuk pengolahan air limbah adalah pengendapan kimiawi dan klorinasi.

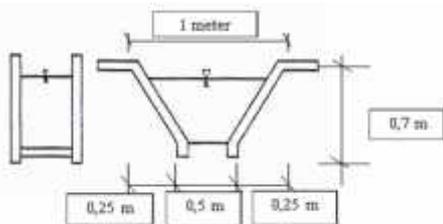
- Metode pengolahan biologis meliputi konversi bahan organik terlarut dan kloidial dalam air limbah menjadi serat-serat sel biologis dan menjadi produk akhir. Pembuangan selanjutnya dari serat-serat sel, biasanya dengan cara pengendapan gravitasi.

f. Dimensi saluran drainase

Saluran jaringan irigasi menjadi tempat penampungan air sebagai penanggulangan banjir baik pada daerah perumahan, pertokoan, kantor pemerintah, kantor swasta, yang dilengkapi dengan fasilitas lainnya seperti tempat parir dan masih banyak yang lain. Kriteria drainase perumahan memiliki kekhususan terutama karena keterkaitan tata guna lahan, master plan drainase dan masalah sosial budaya (kurangnya kesadaran masyarakat dalam memelihara fungsi drainase. Karena itu beberapa hal yang perlu diperhatikan yaitu mengenai tata letak saluran, bahan-bahan lapisan dan dimensi penampang drainase.

Sistem yang dibuat dengan maksud tertentu dan merupakan hasil rekayasa berdasarkan hasil perhitungan yang dilakukan untuk upaya penyempurnaan atau melengkapi kekurangan sistem drainase alamiah. Pada sistem drainase buatan memerlukan biaya-biaya baik pada perencanaannya maupun pada pembuatannya. Serta biasanya telah direncanakan secara sistematis dan matematis.

Gambar 2. berikut menunjukkan penampang melintang drainase air buangan di Perumahan Guru Jalan Pendidikan Merauke.



Gambar 2. Penampang melintang drainase

g. Perhitungan kekasaran dinding saluran

Perhitungan kekasaran dinding saluran berdasarkan jenis permukaan dinding yang ada. Dalam perhitungannya dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa cara, yaitu :

• Rumus manning

Seorang ahli dari Islandia, Robert Manning mengusulkan rumus berikut ini:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{2/3} \times I^{1/2} \dots\dots\dots(7)$$

Dengan :

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran (mm/jam)

V = kecepatan aliran (m/det)

n = koefisien kekasaran Manning

Koefisien kekasaran (n) dari rumus Manning merupakan fungsi dari bahan dinding saluran. Koefisien-koefisien kekasaran untuk perencanaan saluran dengan rumus Manning dapat dilihat pada tabel berikut :

Tabel 3 berikut menunjukkan hubungan koefisien kekasaran permukaan saluran (Manning) dengan bahan yang digunakan [10]

Tabel 3 koefisien kekasaran permukaan saluran (n Manning)

Bahan	Koefisien kekasaran manning
Besi tuang dilapis	0,014
Kaca	0,010
Pasangan batu sendimen	0,015
Saluran tanah bersih	0,025
Saluran tanah	0,022
Saluran dengan dasar batu dan tebing rumput	0,030
Saluran batu padas	0,040

Rumus Strickler yang banyak digunakan pada pengaliran terbuka juga

berlaku untuk pengaliran di pipa, rumus tersebut mempunyai bentuk :

$$V = R^{2/3} \times k \times I^{1/2}$$

Dengan :

- R = Jari-jari hidrolis (m)
- I = Kemiringan dasar saluran (mm/jam)
- V = kecepatan aliran (m/det)
- n = koefisien kekasaran Manning
- K = koefisien kekasaran strickler

Tabel 4. berikut menunjukkan hubungan koefisien kekasaran saluran tanah dengan debit rencana [11].

Tabel 4. Koefisien kekasaran saluran tanah (Ks strickler)

Debit Rencana (m <sup>3</sup> /detik)	Koefisien kekasaran strickler
Q > 10	45,00
5 < Q < 10	42,50
1 < Q < 5	40,00
Q < 1	35,00

Penentuan kekasaran saluran dapat dilihat dengan memperhatikan harga koefisien kekasaran Stricklerr (ks) dengan satuan (m<sup>1/3</sup>/dt) yang dianjurkan pemakaiannya adalah:

- Pasangan batu; 60
- Pasangan beton; 70
- Pasangan tanah; 35-45

Berdasarkan data curah hujan di atas dapat dilakukan perhitungan hujan rencana sebagai berikut :

Menghitung Curah hujan rata-rata (X):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n} \dots\dots\dots(7)$$

Menghitung Standar Deviasi (Sd) :

$$Sd = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X})^2}{n-1}} \dots\dots\dots(8)$$

Yn = reduced mean yang tergantung jumlah sampel/data n (tabel)

Sn = reduced standart deviation juga tergantung jumlah sampel data/mean

Yt = Perkiraan nilai yang diharapkan terjadi dengan periode ulang T tahun.

K = Faktor frekuensi merupakan fungsi dari peluang atau periode ulang.

Sehingga nilai K dapat dihitung dengan cara :

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n} \dots\dots\dots(9)$$

## METODE PENELITIAN

### 3.1 Jenis penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan cara mencari data dilapangan, berupa pengumpulan dan analisis data. Pengolahan data, sehingga dapat diketahui permasalahan yang terjadi. Dengan tahapan-tahapan perencanaan maka didapatkan hasil perencanaan sesuai yang diharapkan. Langkah awal dalam penelitian yaitu harus mengetahui kondisi lapangan secara baik dan lengkap. Metodologi dalam menyusun skripsi yang akan dilakukan iniyaitu :

- Identifikasi masalah dan kriteria perencanaan;
- Pengumpulan data primer dan sekunder;
- Pengolahan data hidrologi;
- Analisis debit banjir;
- Perhitungan kapasitas saluran.

### 3.2 Lokasi dan waktu penelitian

Gambar 3. dibawah ini menunjukkan peta lokasi penelitian yang dilakukan. Tepatnya dijalan pendidikan kabupaten Merauke.



Gambar 3. Gambar peta lokasi penelitian

Daerah Perumahan Guru, jalan Pendidikan Kabupaten Merauke terletak kelurahan Mandala, Distrik Merauke, Kabupaten Merauke dengan luas daerah sekitar 23.460 m<sup>2</sup>. Secara geografis Kelurahan Mandala, Distrik Merauke, Kabupaten Merauke terletak pada posisi 140023'30" Bujur Timur (BT) sampai 140024'30" Bujur Timur (BT) dan 8029'30" Lintang Selatan (LS) sampai 8030'30" Lintang Selatan (LS). Daerah tinjauan merupakan daerah yang posisinya berada di tengah kelurahan mandala yang secara geografis terletak pada posisi 1400 24' 00" Bujur Timur (BT) sampai dengan 1400 24' 30" Bujur Timur (BT) dan 08030'00" Lintang Selatan (LS) sampai dengan 08030'30", dengan batas-batas wilayah:

- Utara : Jalan Missi
- Selatan : Jalan Biak
- Barat : Jalan Parako
- Timur : Jalan Missi

Penelitian ini dilaksanakan selama bulan September – Desember 2018 serta bertempat di Perumahan guru Kabupaten Merauke.

### 3.3 Tahap persiapan

Merupakan awal dari sebuah penelitian, harus sesuai dengan perencanaan.

Diantaranya adalah :

- Studi pustaka mengenai masalah yang berhubungan tentang drainase air buangan daerah perumahan serta permasalahan drainase perumahan.
- Menentukan kebutuhan data.

- Mendata instansi-instansi yang akan dijadikan narasumber.
- Survey ke lokasi penelitian guna mendapatkan gambaran umum kondisi di lapangan serta data yang akan digunakan dalam penelitian.

### 3.4 Pengumpulan data

Tahapan pengumpulan data dilakukan untuk menghimpun data yang diperlukan. Pengumpulan data dilakukan sesuai kebutuhan penelitian, dimana data yang digunakan yaitu data utamadan pendukung.

- Data primer  
Menjadi data utama untuk melakukan penelitian. Adapun yang berupa data primer adalah survey kondisi kontur tanah jaringan drainase yang terdiri sebagai berikut :  
Pengukuran penampang saluran yaitu pengukuran yang meliputi tinggi saluran (H), tinggi muka air (h), lebar dasar saluran (b), kemiringan dasar saluran (I) serta panjang saluran daerah perumahan (L).
- Data sekunder  
Data yang digunakan untuk data pendukung penelitian skripsi dikatakan sebagai data sekunder. Pengumpulan data sekunder dari berbagai sumber seperti (data curah hujan, di kantor BMKG Kabupaten Merauke, peta lokasi dan data jumlah penduduk di kantor kelurahan Mandala, distrik kurik Kabupaten Merauke).
- Metode pengumpulan data.  
Metode literatur, merupakan metode dimana dalam memperoleh data dengan cara mengumpulkan, mengidentifikasi, mengolah data tertulis dengan metode kerja yang dilakukan. Metode observasi, yaitu dengan melakukan pengamatan langsung ke lokasi untuk mengetahui kondisi sebenarnya di lapangan.

### 3.5 Analisis dan pengolahan data

Pada tahapan ini dilakukan proses pengolahan dan analisis data meliputi;

- Analisis data hujan  
 Analisis data hujan digunakan untuk menentukan curah hujan rencana yang akan dipakai sebagai dasar dalam menentukan dan menganalisis debit banjir yang terjadi.
- Analisis debit  
 Debit banjir pada saluran drainase didapat dengan menghitung debit banjir yang berkaitan pendimensionan saluran lebar efektif, kedalaman efektif dan perencanaan pola aliran yang akan terjadi. Debit banjir juga dibutuhkan mengetahui kemampuan dimensi saluran dalam mengatasi peluapan air akibat curah hujan yang tinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### 4.1 Analisis data curah hujan

Berikut adalah tabel analisis data curah hujan (metode gumbel) selama 10 tahun (2006 – 2015). Berdasarkan sumber dari kantor Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG) kabupaten Merauke.

Dimana  $X_i$  = Curah hujan tertinggi dan  $\sum X_i$  = Jumlah curah hujan tertinggi.

Tabel 5. Analisis data curah hujan

No	Tahun	$X_i$	$(X_i - \bar{X})$	$(X_i - \bar{X})^2$
1	2006	662,7	136,01	18.498,7
2	2007	416,4	-110,29	12.163,9
3	2008	403,8	-122,89	15.102
4	2009	631,5	104,81	10.985,1
5	2010	610	83,31	6.940,56
6	2011	530,3	3,61	13.0381
7	2012	525,9	-0,79	0,6241
8	2013	575,5	48,91	2.392,19
9	2014	482,7	-43,99	1.935,12
10	2015	327	-199,69	39.876,1
		5.165,9		107.907

Berikut perhitungan rata-rata curah hujan dan standar deviasi

• Menghitung curah hujan rata-rata ( $\bar{X}$ ):

$$\bar{X} = \frac{\sum_{i=1}^n X_i}{n}$$

$$= \frac{5.165,9}{10}$$

$$= 516,59 \text{ mm}$$

- Menghitung standar deviasi (Sd):

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

$$= \sqrt{\frac{107.907}{9}}$$

$$= \sqrt{11.989,7}$$

$$= 109,497 \text{ mm}$$

- Menghitung Faktor frekuensi periode 2 tahun.

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{0,3668 - 0,5033}{0,9833}$$

$$= -0,1378$$

- Menghitung Faktor frekuensi periode 5 tahun.

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{1,5004 - 0,5128}{1,0206}$$

$$= 0,9677$$

- Menghitung Faktor frekuensi periode 10 tahun.

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$= \frac{2,2510 - 0,5236}{1,0628}$$

$$= 1,6253$$

- Menghitung  $R_t$  ( 2 tahun ).

$$R_2 = \bar{X} + K \times Sd$$

$$= 516,59 + (0,1378 \times 109,497)$$

$$= 531,6787$$

- Menghitung  $R_t$  ( 5 tahun )

$$R_5 = \bar{X} + K \times Sd$$

$$= 516,59 + (0,9677 \times 109,497)$$

$$= 622,5502$$

- Menghitung Rt ( 10 tahun )

$$R_{10} = \bar{R} + K \times S_d$$

$$= 516,59 + (1,6253 \times 109,497)$$

$$= 694,5555$$

Berikut adalah tabel perkiraan curah hujan periode ulang (tahun) tertentu.

Tabel 6 Analisis perkiraan curah hujan.'

#### 4.2 Intensitas curah hujan

Perhitungan intensitas curah hujan menggunakan metode Mononobe dengan rumus sebagai berikut:

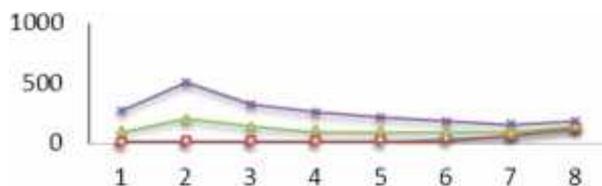
$$I = \frac{R}{24} \left[ \frac{24}{t} \right]^{2/3} = \frac{694}{24} \left[ \frac{24}{5/60} \right]^{2/3} = 938,706$$

mm/jam

Tabel 7. Perhitungan intensitas curah hujan

It	Rt	t (menit)						
		5	10	15	20	30	60	120
mm/ jam	mm/24 jam							
12	531,68	984,53	618,79	471,59	388,91	296,91	186,29	117,394
15	622,55	1.152,81	724,55	552,19	455,38	347,05	218,13	137,093
110	694,56	1.286,14	808,35	616,05	508,05	387,19	234,35	152,949

Grafik berikut menunjukkan hasil perhitungan intensitas curah hujan dalam periode waktu 10 tahun.



- X — Periode hujan 15 tahun
- Δ — Periode hujan 10 tahun
- □ — Periode hujan 5 tahun

Gambar 4. Grafik intensitas curah hujan

#### 4.3 Perhitungan debit banjir akibat curah hujan dan air buangan rumah tangga

- Keperluan air harian (Qrh)

Yaitu besarnya penggunaan air dalam waktu setahun dibagi banyak hari selama setahun, yaitu sebesar 365 hari.

$$Q_{rh} = \frac{\sum Q_{di}}{365}$$

dengan :

Qrh = Keperluan air harian

$\bar{R}$	Yn	Sn	Sd	Yt	K	RT
516,59	0,5035	0,9833	109,497	0,36651	0,1378	531,678
516,59	0,5128	1,0206	109,497	1,5004	0,9677	622,550
516,59	0,5236	1,0628	109,497	2,2510	1,6253	694,555

(l/dtk)

Qn = Total penggunaan air yang digunakan selama 1 tahun  
n = 365 hari (digunakan selama satu tahun)

Jika diketahui :

Kebutuhan air per kapita = 144 liter/kapita/hari

Jumlah penduduk = 752 jiwa

Maka kebutuhan total air yang digunakan (Qn) selama satu tahun setiap orang adalah :

$$Q_n = 144 \times 365$$

$$= 52.560 \text{ liter/jiwa/tahun}$$

Jadi kebutuhan air rata-rata harian (Qrh) adalah :

$$Q_{rh} = \frac{\sum Q_{di}}{365} \times \text{jumlah penduduk}$$

$$= \frac{52.560}{365} \times 752$$

$$= 108.288 \text{ liter/tahun} = 0,0034 \text{ liter/detik}$$

- Kebutuhan hari maksimum (Qhm)

$$Q_{hm} = f_{hm} \cdot Q_{rh}$$

dengan :

f<sub>hm</sub> = faktor hari maksimum dengan, f<sub>hm</sub> > 1

Qhm= Kebutuhan hari maksimum (l/dtk)  
 Qrh= Kebutuhan air rata-rata harian (l/dtk)

Berdasarkan beberapa percobaan, diperoleh fhm 26.

$$\begin{aligned} \text{Maka, } Q_{hm} &= f_{hm} \times Q_{rh} \\ &= 26 \times 108.288 \\ &= 2.815.288 \text{ liter/tahun} \\ &= 0,0089 \text{ liter/detik} \end{aligned}$$

- Kebutuhan air jam puncak (Qjm)

Yaitu banyaknya air yang dibutuhkan pada pemakaian jam puncak (maksimum) dalam satu hari.

$$Q_{jm} = f_{jm} \cdot Q_{hm}$$

dengan :

fjm = faktor jam maksimum dimana fjm untuk Indonesia 1,35 - 3,5

Qhm = kebutuhan hari maksimum dimana pemakaian pada hari maksimum (1,10 – 1,25)

Jika diketahui Qhm 0,0089 liter/detik dan fjm digunakan standar maksimum 3,5 maka Qjm dapat hitung :

$$Q_{jm} = f_{jm} \cdot Q_{hm}$$

$$Q_{jm} = 3,5 \cdot 0,0089 = 0,0312 \text{ liter/detik}$$

Pemakaian jam puncak adalah pemakaian air terbanyak pada jam-jam tertentu dalam satu hari, hal ini bersamaan dalam waktu yang sama. Umumnya terjadi pada jam-jam 06.00-08.00 WIT.

Besarnya kebutuhan air pada jam puncak yaitu  $Q_p = (1,75 - 2,00) \cdot Q_{tot}$  dimana :

$Q_{tot}$  = Kebutuhan air total

$Q_p$  = Pemakaian jam puncak

Jika kebutuhan air total adalah jumlah  $Q_{rh} + Q_{hm} + Q_{jm}$  yaitu  $0,0034 + 0,0089 + 0,0312 = 0,0435 \text{ m}^3/\text{detik}$ . Dan standar digunakan terbesar yaitu 2. Maka  $Q_p$  dapat dihitung sebagai berikut.

$$\text{Jadi, } Q_p = 2 \cdot 0,0435$$

$$Q_p = 0,087 \text{ liter/detik}$$

Jadi  $Q$  akibat air buangan adalah :

$$\begin{aligned} &= Q_{total} + Q \text{ pada jam puncak} \\ &= 0,0435 + 0,087 \\ &= 0,1305 \text{ m}^3/\text{detik} \dots\dots(Q \text{ kapasitas air buangan}) \end{aligned}$$

Pemilihan metode perhitungan debit banjir secara umum bergantung terhadap data yang ada. Debit rencana dapat dicari menggunakan metode rasional dengan rumus :

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

$Q_t$  : Debit rencana ( $\text{m}^3/\text{det}$ )

$C$  : Karakteristik daerah aliran

$I$  : Intensitas curah hujan ( $\text{mm}/\text{jam}$ )

$A$  : Luas daerah pengaliran ( $\text{Km}^2$ )

Perhitungan debit rencana :

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

Jika data diketahui :

$$\begin{aligned} \text{Panjang saluran (L)} &= \\ 11.540 \text{ m} & \end{aligned}$$

$$\text{Luas Cathment area (A)} = 234.600 \text{ m}^2$$

$$\text{Koefesien pengaliran (C)} = 0,4 \text{ (untuk daerah rumah tinggal)}$$

$$\text{Kemiringan Dasar Saluran (S)} = 0,74$$

$$\begin{aligned} Q \text{ air buangan} &= \\ 0,1305 \text{ m}^3/\text{dtk} & \end{aligned}$$

Sebelum memulai perhitungan debit maka yang harus disesuaikan terlebih dahulu adalah waktu konsentrasi ( $t_c$ ) untuk memperoleh intensitas curah hujan yakni dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$t_c = \left[ \frac{0,87 \times L^2}{1000 \times S} \right]^{0,385}$$

$$= \left[ \frac{0,87 \times 1,154^2}{1000 \times 0,74} \right]^{0,385}$$

$$= 0,0832 \text{ jam}$$

Atas dasar data-data di atas diperoleh debit banjir yang dihitung menggunakan Metode Rasional sebagai berikut:

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

$$= 0,278 \times 0,4 \times 938,7063 \times 234.600$$

$$= 24.488.519,38 \text{ m}^3/\text{dtk} \text{ (Q curah hujan)}$$

Sehingga diperkirakan debit banjir yang akan melewati saluran pada daerah penelitian adalah sebesar :

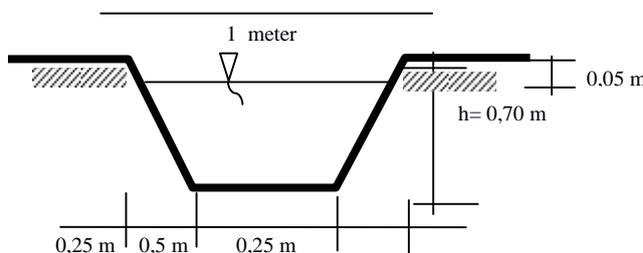
$$= Q \text{ Air buangan} + Q \text{ Curah hujan}$$

$$= 0,1305 + 24.488.519,38$$

$$= 24.488.519,51 \text{ m}^3/\text{dtk.} \dots\dots\dots \text{ (Q banjir)}$$

#### 4.3 Perhitungan kapasitas saluran dan dimensi saluran.

Gambar 5. berikut menunjukkan penampang melintang saluran air buangan yang akan dihitung, dengan kemiringan saluran 0,74 m.



Gambar 5. penampang melintang saluran

Dengan koefisien  $n = 0,013$  maka rumus kecepatan aliran menjadi :

dengan:

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times I^{\frac{1}{2}} \quad = \text{Jari-jari hidrolis (m)}$$

I = Kemiringan dasar saluran (mm/jam)

V = kecepatan aliran (m/det)

n = koefisien kekasaran

Manning

Diketahui  $h = 0,70\text{m}$

$B = 0,50\text{m}$

$$a = 1,00 \text{ m}$$

$$m = 0,74 \text{ m}$$

- Luas penampang saluran

$$A = \frac{1}{2} ((a+b) \times h)$$

$$= \frac{1}{2} ((1,00+0,50) \times 0,70)$$

$$= 11.540 \times 0,525 \text{ m}^2$$

$$= 6.058,5 \text{ m}^2$$

- Keliling basah

$$P = b + (2h \times \sqrt{1 + m^2})$$

$$= 0,5 + ((2 \times 0,70) \times \sqrt{1 + 0,74^2})$$

$$= 2,166 \text{ m}$$

- Jari-jari hidroulis

$$R = \frac{A}{P}$$

$$= \frac{6058,56}{2,166}$$

$$= 2.797,091 \text{ m}$$

- Kecepatan aliran

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

$$= \frac{1}{0,013} \times 2797,091^{\frac{2}{3}} \times 0,74^{\frac{1}{2}}$$

$$= 13.136,4164 \text{ m/det}$$

- Perhitungan debit

$$Q = A \times V$$

$$= 6.058,5 \times 13.136,4164$$

$$=$$

$$79.586.978,48 \text{ m}^3/\text{det} \dots\dots\dots \text{ (Q Kapasitas)}$$

Berdasarkan hasil perhitungan debit diperoleh  $Q_k = 79.586.978,48 \text{ m}^3/\text{det}$ . Besarnya Q banjir  $Q_b = 24.488.519,51 \text{ m}^3/\text{det}$  Tingginya debit yang didapatkan dapat menyebabkan banjir pada daerah perumahan guru jalan pendidikan Merauke. Sehingga diperlukan peningkatan dimensi saluran yang ada agar dapat menanggulangi banjir pada saat musim hujan. Berdasarkan kontrol  $Q_k > Q_b$  maka dapat dikatakan aman karena dari hasil perhitungan  $Q_k > Q_b$

(79.586.978,48  
m<sup>3</sup>/det>24.488.519,51m<sup>3</sup>/det )....(OK)

## KESIMPULAN

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian ini yaitu sesuai evaluasi yang telah dilakukan terhadap jaringan saluran air buangan daerah perumahan guru jalan pendidikan Merauke yang sering terjadi banjir pada saat musim hujan, setelah dilakukan evaluasi diperoleh Q kapasitas saluran air buangan sebesar 79.586.978,48 m<sup>3</sup>/det, sementara Q banjir sebesar 24.488.519,51 m<sup>3</sup>/ detik. Berdasarkan hasil evaluasi seharusnya tidak terjadi banjir, jadi faktor penyebab terjadinya banjir yaitu karena terjadinya pendangkalan saluran, sehingga perlu ditingkatkan perawatan berkala agar banjir musiman tidak terjadi.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. Fatna, "Tinjauan Perencanaan Drainase pembuangan Perumahan Solthan residence PT Batara Sarana Mandiri Kel Barombong Kec Tomalate Kota Makasar," 2011.
- [2] M. S. N. Rahmani, "Pemilihan Jalur Alternatif Penyaluran air Buangan Kecamatan Ujung Berung di kota Bandung," 2010.
- [3] Rahmani S. N, "Pemilihan jalur Alternatif Penyaluran Air Buangan Kecamatan Ujung Berung – Kota Bandung, Jurnal Teknik Sipil, ITB, Bandung," 2008.
- [4] Kustamar, "Kajian Sistem Jaringan Drainase Guna Menanggulangi Genangan Air Hujan Daerah Gading Kasri-Bareng, Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknik Nasional Malang," 2008.

- [5] Suripin, "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Andi, Yogyakarta," 2003.
- [6] Jurnal Teknik Sipil, Institut Teknik Nasional Malang," 2008.
- [7] Suripin, "Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan, Andi, Yogyakarta," 2003.
- [8] Sutopo Adi, "Pengaruh Hujan Terhadap Debit Rembesan Terukur pada Alat Ukur Debit Rembesan Bendungan, Tugas Akhir, Universitas Gajah Mada, Yogyakarta.,," 1999.
- [9] Ginanjar Yoggie dan Kardena Edwan, "Alternatif Sistem Penyaluran Air Buangan Domestik Kecamatan Garut dengan Sistem Pipa Rol Kecil, Artikel," 2007.
- [10] K. K. Dedi, "Teknik Drainase Bawah permukaan, Graha Ilmu, Yogyakarta," 2010.
- [11] Lorens Rinto Kambuaya, "Lorens Kambuaya blogspot.com," 2012.
- [12] D. Bambang Triatmojo CES, "Hidrolika II," 1993.
- [13] Kementerian PU, "KP – 02 Standar Perencanaan Irigasi," 1986.