

# **KAJIAN MORFOMETRI DAN POLA ALIRAN SUNGAI PADA DAS KRUENG SEUNAGAN**

Satu Tugas Akhir  
Untuk Memenuhi Sebagian Dari Syarat-Syarat  
Yang di Perlukan untuk Memperoleh  
Ijazah Sarjana Teknik

Disusun Oleh :

**MELIZA RAHMI PUTRI**

NIM : 1605903020002  
Bidang : Hidroteknik  
Jurusan : Teknik Sipil



**FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS TEUKU UMAR  
ALUE PEUNYARENG – ACEH BARAT  
2021**

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### KAJIAN MORFOMETRI DAN POLA ALIRAN SUNGAI PADA DAS KRUENG SEUNAGAN

Disusun Oleh

Nama Mahasiswa : Meliza Rahmi Putri  
Nomor Induk Mahasiswa : 1605903020002  
Bidang Studi : Hidroteknik  
Jurusan : Teknik Sipil

Alue Peunyareng, 04 Januari 2021

**Disetujui Oleh,**

Pembimbing

Co. Pembimbing

**Muhammad Ikhsan, S.T., M.T**  
NIDN. 0027118103

**Cut Suciatina Silvia, S.T., M.T**  
NIDN. 0005068210

**Diketahui/Disahkan Oleh**

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Teuku Umar

Ketua Jurusan  
Teknik Sipil FT-UTU

**Dr. Ir. M. Isya, M.T**  
NIP. 196204111989031002

**Lissa Opirina, S.T., M.T**  
NIDN. 0005107904

## LEMBAR PENGESAHAN TUGAS AKHIR

### KAJIAN MORFOMETRI DAN POLA ALIRAN SUNGAI PADA DAS KRUENG SEUNAGAN

Disusun Oleh

Nama Mahasiswa : Meliza Rahmi Putri  
Nomor Induk Mahasiswa : 1605903020002  
Bidang Studi : Hidroteknik  
Jurusan : Teknik Sipil

Alue Peunyareng, 04 Januari 2021

**Disetujui Oleh,**

Penguji I

Penguji II

**Meidia Refiyanni, S.T., M.T**  
NIDN.0107058102

**Meylis Safriani, S.T., M.T**  
NIP. 199005012018032001

**Diketahui/Disahkan Oleh**

Dekan Fakultas Teknik  
Universitas Teuku Umar

Ketua Jurusan  
Teknik Sipil FT-UTU

**Dr. Ir. M. Isya, M.T**  
NIP. 196204111989031002

**Lissa Opirina, S.T., M.T**  
NIDN. 0005107904

## **PRAKATAR**

Puji syukur kehadirat Allah SWT atas rahmat, nikmat dan karunia yang dilimpahkan kepada penulis sehingga skripsi yang berjudul “ Karakteristik Morfometri Dan Pola Aliran Sungai Pada DAS Krueng Seunagan” ini telah berhasil diselesaikan. Penulisan tugas akhir dilakukan sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana (S1) Jurusan Teknik Sipil , Fakultas Teknik, Universitas Teuku Umar. Penulis menyadari bahwa tanpa bantuan dari berbagai pihak maka penulis sangat sulit untuk menyelesaikan tugas akhir ini. Setiap bagian dari skripsi ini tidak terlepas dari inspirasi dan bantuan dari berbagai pihak. Sehubungan dengan hal ini, pada kesempatan ini penulis ingin mengucapkan Ucapan terima kasih yang amat tulus dan sabar dalam memberi arahan kepada penulis Bapak Muhammad Ikhsan, S.T., M.T sebagai Pembimbing dan Ibu Cut Suciatina Silvia, S.T., M.T sebagai Co Pembimbing.

Selanjutnya, pada kesempatan ini penulis juga menyampaikan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. M Isya, M.T sebagai dekan Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar;
2. Ibu Lissa Opirina, S.T., M.T sebagai ketua jurusan Teknik Sipil Universitas Teuku Umar, serta semua dosen pada Program Studi Teknik Sipil yang telah mendidik, mengajar dan memberi dorongan kepada penulis;
3. Ibu Meidia Refiyanni, S.T., M.T sebagai Penguji I yang telah memberikan arahan dan saran yang bersifat membangun bagi penulis;
4. Ibu Meylis Safriani, S.T., M.T sebagai Penguji II yang telah memberikan arahan dan saran yang bersifat membangun bagi penulis;
5. Bapak Bambang Tripoli, S.T., M.T sebagai Penasehat Akademik yang telah membimbing dalam perkuliahan penulis dari semester satu sampai sekarang;

6. Sumber inspirasi hidup sepanjang masa yaitu kedua orang tuaku yang telah memberikan doa, dukungan moril maupun materiil serta motivasi hidup, beserta abang dan adikku tercinta yang telah mendoakan penulis untuk menjadi yang lebih baik lagi;
7. Dosen Jurusan Teknik Sipil Universitas Teuku Umar yang telah memberikan pelajaran selama perkuliahan;
8. Kabag dan Staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Teuku Umar yang telah membantu penulis dalam melancarkan surat-menyurat;
9. Para sahabat-sahabat, teman-teman seangkatan 2016, Ikatan Keluarga Hidro (Ikadro), tim Alue Buloh dan yang tidak bisa penulis sebutkan semuanya satu persatu yang telah memberikan dukungan dan bantuannya selama ini;
10. Senior serta junior Teknik Sipil yang telah ikut adil memberikan semangat dan motivasinya serta memberikan masukan dan juga informasi yang sangat baik pada penulis, sehingga menambah pengetahuan bagi penulis.

Pada akhirnya penulis berserah diri, semoga apa yang dilakukan ini mendapat ridho-Nya, dan berharap semoga karya ini dapat bermanfaat khususnya bagi penulis pribadi, bagi pihak jurusan Teknik Sipil, bagi pihak Universitas Teuku Umar, dan umumnya bagi para pembaca

Penulis 04 Januari 2021

**Meliza Rahmi Putri**  
NIM. 1605903020002

# **KAJIAN MORFOMETRI DAN POLA ALIRAN SUNGAI PADA DAS KRUENG SEUNAGAN**

Oleh :

Meliza Rahmi Putri  
Nim. 1605903020002

Pembimbing  
Muhammad ikhsan, S.T., M.T  
Cut suciatina Silvia, S.T., M.T

## **ABSTRAK**

Daerah aliran sungai (DAS) dapat dipandang sebagai suatu sistem pengelolaan, DAS dapat memperoleh masukan (*input*) yang kemudian diproses untuk menghasilkan luaran (*Output*). Dengan demikian DAS merupakan proses dari setiap masukan yang berupa hujan dan intervensi masyarakat untuk menghasilkan luaran yang berupa produksi, limpasan, dan sedimen. Lokasi penelitian berada pada DAS Krueng Seunagan Kabupaten Nagan Raya. Potensi permasalahan DAS Krueng Seunagan saat ini lahan disepanjang DAS dimanfaatkan untuk membuka lahan baru kegiatan penambangan dibagian hulu DAS, sehingga menyebabkan terjadinya perubahan ekosistem, akibatnya terjadi kerusakan alam pada DAS Krueng seunagan. Kondisi morfometri DAS pada Krueng Seunagan berbentuk memanjang atau dendritik. Hasil analisa menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan menggunakan alat bantu Arc-Gis dapat disimpulkan panjang sungai utama dengan nilai 96, 437 km sangat tinggi, nilai rasio panjang sungai 0,039 dan kerapatan jaringan sungai 0,405 km/km<sup>2</sup> paling rendah, tingkat percabangan sungai 7,83 dan angka kemiringan tertinggi berada pada tingkat kelerengan 5 – 8 berbentuk landai dengan luas sebesar 78865,62 ha. Sedangkan untuk nilai kecepatan pola aliran sungai maksimal berada pada minggu pertama, pada pagi hari dengan nilai 16,00 m/dtk hari pertaman, 9,43 m/dtk hari kedua, 8,97 m/dtk hari ketiga dan pada sore hari dengan nilai 16, 39 m/dtk hari pertama, 9, 95 m/dtk hari kedua, 10, 05 m/dtk hari ketiga. Hubungan kecepatan dan kedalaman aliran maksimal berada pada minggu pertama, pada pagi hari dengan nilai kedalaman 3,90 m hari pertama, 3,17 m hari kedua, 3,90 m hari ketiga dan pada sore hari untuk nilai kedalaman 3,05 m hari pertaman, 3,90 m hari kedua dan 3.80 m hari ketiga. Dari hasil perhitungan selama 3 minggu dapat disimpulkan hubungan antara kecepatan dan kedalaman maksimal berapa pada minggu pertaman, artinya Krueng Seunagan mempunyai aliran super kritis atau sangat cepat >1 atau sebesar 2,588 m/dtk<sup>2</sup>.

**Kata Kunci : Morfometri DAS, Karakteristik Aliran, Pola Aliran.**

## DAFTAR ISI

COVER	
LEMBARAN PENGESAHAN .....	i
PRAKATA .....	iii
ABSTRAK .....	v
DAFTAR ISI .....	vi
DAFTAR GAMBAR .....	viii
DAFTAR TABEL .....	ix
DAFTAR LAMPIRAN A .....	x
DAFTAR LAMPIRAN B .....	xi
BAB I PENDAHULUAN .....	1
1.1 Latar belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	2
1.3 Tujuan Penelitian .....	2
1.4 Batasan Penelitian .....	3
1.5 Manfaat Penelitian .....	3
1.6 Hasil penelitian .....	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA .....	4
2.1 Sungai .....	4
2.2 Morfometri DAS .....	5
2.3 Aliran Sungai .....	11
2.3.1 Pengertian Aliran Sungai .....	11
2.3.2 Macam-Macam Pola Aliran Sungai .....	12
2.4 Distribusi Kecepatan Aliran .....	16
2.5 Percepatan Aliran Sungai .....	17
2.6 Penelitian Terdahulu .....	20
BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....	22
3.1 Lokasi, Waktu Dan Jenis Penelitian .....	22

3.2	Alat Ukur Kedalaman Dan Kecepatan .....	22
3.3	Metode Pengumpulan Data .....	22
3.4	Metode Pengolahan Data .....	24
3.4.1	Kondisi Morfometri DAS .....	25
3.4.2	Analisa Morfometri .....	27
3.5	Hubungan Kecepatan Dan Kedalaman Aliran .....	38
BAB IV PERENCANAAN DAN HASIL PEMBAHASAN .....		29
4.1	Daerah Penelitian .....	29
4.2	Morfometri DAS .....	30
4.2.1	Panjang Sungai Utama .....	30
4.2.2	Rasio Panjang Sungai .....	31
4.2.3	Kerapatan Jaringan Sungai .....	32
4.2.4	Tingkat Percabangan Sungai .....	33
4.2.5	Tingkat Kemiringan Sungai .....	35
4.3	Bentuk, Lebar Dan Luas Das .....	37
4.4	Pola Aliran Sungai Berdasarkan Morfometri .....	37
4.5	Hubungan Kecepatan Dan Kedalaman Aliran .....	38
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....		45
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	46
DAFTAR PUSTAKA .....		47

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Pola Aliran Sungai .....	13
Gambar 2.2 Pola Aliran Sungai .....	13
Gambar 2.3 Pola Aliran Sungai .....	14
Gambar 2.4 Pola Aliran Sungai .....	15
Gambar 2.5 Pola Aliran Sungai .....	16
Gambar 2.6 Distribusi Kecepatan Aliran .....	17
Gambar 2.7 Macam-Macam Pelampung Untuk Mengukur Kecepatan Aliran .....	18
Gambar 2.8 Metode 1 Titik .....	19
Gambar 2.9 Metode 2 Titik .....	19
Gambar 4.1 Peta DAS Daerah Penelitian .....	29
Gambar 4.2 Peta Panjang Sungai Utama .....	31
Gambar 4.3 Peta Rasio Panjang Sungai .....	32
Gambar 4.4 Peta Kerapatan Jaringan Sungai .....	33
Gambar 4.5 Peta Tingkat Percabangan Sungai .....	35
Gambar 4.6 Peta Kemiringan DAS .....	36
Gambar 4.7 Kecepatan aliran pada pagi dan sore hari .....	39
Gambar 4.8 kecepatan dan kedalaman aliran .....	40
Gambar 4.9 Kecepatan aliran pada pagi dan sore hari.....	41
Gambar 4.10 kecepatan dan kedalaman aliran.....	42
Gambar 4.11 Kecepatan aliran pada pagi dan sore hari.....	43
Gambar 4.12 kecepatan dan kedalaman aliran.....	44

## DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 indeks kerapatan jaringan sungai .....	8
Tabel 2.2 indeks bentuk DAS .....	10
Tabel 2.3 klasifikasi berdasarkan luas DAS .....	11
Tabel 2.4 rekap penelitian terdahulu (1/2) .....	20
Tabel 2.5 rekap penelitian terdahulu (2/2) .....	21
Tabel 4.1 kelompok morfometri DAS .....	30
Tabel 4.2 tingkat percabangan sungai .....	34
Tabel 4.3 kemiringan jaringan sungai .....	36
Tabel 4.4 kecepatan dan kedalaman minggu pertama .....	39
Tabel 4.5 kecepatan dan kedalaman minggu kedua .....	41
Tabel 4.6 kecepatan dan kedalaman minggu ketiga .....	43

## DAFTAR LAMPRAN A

Lampiran Gambar A.3.1 Bagan Alir Penelitian.....	49
Lampiran Gambar A.3.2 Peta Provinsi Aceh .....	50
Lampiran Gambar A.3.3 Peta Kabupaten Nagan Raya .....	51
Lampiran Gambar A.3.4 Peta lokasi Penelitian.....	52
Lampiran Gambar A.3.5 Peta DAS Krueng Seunagan .....	53
Lampiran Gambar A.3.6 Foto Pengukuran Kecepatan aliran .....	54
Lampiran Gambar A.3.7 Foto pengukuran kedalaman aliran .....	54

## DAFTAR LAMPRAN B

Lampiran Tabel B.4.1 Kedalaman Dan Kecepatan Minggu 1 (Satu) .....	55
Lampiran Tabel B.4.2 Kedalaman Dan Kecepatan Minggu 1 (Satu) .....	55
Lampiran Tabel B.4.3 Kedalaman Dan Kecepatan Minggu 2 (Dua).....	56
Lampiran Tabel B.4.4 Kedalaman Dan Kecepatan Minggu 2 (Dua).....	56
Lampiran Tabel B.4.5 Kedalaman Dan Kecepatan Minggu 3 (Tiga).....	57
Lampiran Tabel B.4.6 Kedalaman Dan Kecepatan Minggu 3 (Tiga).....	57

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Daerah Aliran Sungai (DAS), merupakan suatu wilayah daratan yang dipisahkan dari wilayah lain di sekitarnya, oleh pembatas topografis (punggung bukit) yang menerima air hujan, menampung, menyimpan, dan mengalirkan melalui sungai utama ke laut (Paimin, 2004). Sedangkan karakteristik DAS merupakan dasar dalam melakukan perencanaan dan pengelolaan DAS. Dengan demikian, karakteristik DAS merupakan bahan baku utama bagi pengelola untuk melakukan rangkaian pendekatan perencanaan, pelaksanaan maupun pemantauan, dan evaluasi pengelolaan DAS secara efektif dan efisien, disamping memberikan peringatan dini, terhadap kemungkinan terjadinya bencana alam pada setiap tingkatan pengelolaan DAS (Paimin, 2005).

Asdak (2002) menyebutkan bahwa DAS dapat dipandang sebagai suatu sistem pengelolaan, di mana DAS memperoleh masukan (*inputs*) yang kemudian diproses untuk menghasilkan luaran (*outputs*). Dengan demikian, DAS merupakan proses dari setiap masukan yang berupa hujan dan intervensi manusia untuk menghasilkan luaran yang berupa produksi, limpasan, dan sedimen. Selain itu, Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan daerah yang dibatasi oleh punggung-punggung dimana, air hujan yang jatuh pada daerah tersebut akan ditampung oleh punggung gunung tersebut, dan akan dialirkan melalui sungai-sungai kecil ke sungai utama. DAS merupakan suatu wilayah daratan, yang berpengaruh dengan satu kesatuan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke danau atau laut secara alami.

DAS dalam skala luasan kecil disebut *Catchment Area* yaitu suatu wilayah daratan yang dibatasi oleh punggung bukit atau batasan-batasan pemisah topografi, yang berfungsi menerima, menyimpan dan mengalirkan curah yang jatuh ke alur-alur sungai dan terus mengalir ke anak sungai dan sungai utama,

akhirnya bermuara ke danau/waduk atau laut. Sub DAS adalah bagian dari DAS yang menerima air hujan dan mengalirkannya melalui anak sungai kesungai utama.

Potensi permasalahan DAS juga terjadi pada sungai Krueng Seunagan, Kecamatan Seunagan, Kabupaten Nagan Raya. Ini diakibatkan karena kondisi DAS Krueng Seunagan telah banyak mengalami perubahan dari waktu ke waktu. Lahan disepanjang DAS saat ini dimanfaatkan untuk membuka lahan baru kegiatan penambangan dibagian hulu DAS yang tidak memperhatikan keberlanjutan kelestarian sehingga menyebabkan terjadinya perubahan ekosistem, akibatnya terjadi kerusakan alam pada DAS Krueng Seunagan.

Kerusakan ini ditandai dengan terjadinya banjir. Banjir yang terjadi menjadi ancaman bagi masyarakat diwilayah tersebut, seperti hilangnya lahan pertanian, erosi pada tebing dan sedimentasi. Dengan kondisi ini maka penelitian bertujuan untuk mengidentifikasi morfometri DAS Krueng Seunagan serta menganalisis pola aliran sungai berdasarkan kecepatan aliran.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah :

1. Bagaimana kondisi morfometri DAS Krueng Seunagan ?
2. Bagaimana pola aliran DAS Krueng Seunagan ?
3. Bagaimana hubungan antara kecepatan aliran dan kedalaman aliran pada DAS Krueng Seunagan ?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan uraian di atas maka tujuan penelitian adalah:

1. Untuk mengetahui bagaimana Morfometri DAS Krueng Seunagan.
2. Untuk mengetahui bagaimana pola aliran DAS Krueng Seunagan.

3. Untuk mengetahui bagaimana kecepatan dan kedalaman aliran pada DAS Krueng Seunagan.

#### **1.4 Batasan Penelitian**

Batasan dari penelitian tentang morfometri ini adalah

- 1 Lokasi penelitian dilakukan hanya pada sungai Krueng Seunagan.
- 2 Analisa pola aliran sungai menggunakan bilangan Froude.

#### **1.5 Manfaat Penelitian**

Adapun manfaat dari penelitian ini yaitu

1. Memberikan data atau informasi mengenai kajian morfometri dan pola aliran pada DAS Krueng Seunagan.
2. Sebagai sumber pemikiran dan bahan dari evaluasi kinerja bagi dinas/instalasi terkait.

#### **1.6 Hasil Penelitian**

Hasil analisa menggunakan metode deskriptif kuantitatif dan menggunakan alat bantu Arc-Gis. Panjang sungai utama dengan nilai 96, 437 km sangat tinggi, nilai rasio panjang sungai 3,996 dan kerapatan jaringan sungai 0,405 km<sup>2</sup> paling rendah, tingkat percabangan sungai 7,83 km dan angka kemiringan tertinggi berada pada tingkat kelerengan 5 – 8 berbentuk landai dengan luas sebesar 78865,62 ha. Hasil perhitungan antara nisbah memanjang dan nisbah membulat dapat disimpulkan bahwa nilai morfometri DAS Krueng Seunagan  $R_c < R_e$  artinya DAS ini berbentuk memanjang/dendritik.

## **BAB II**

### **TINJAUAN KEPUSTAKAAN**

#### **2.1 Sungai**

Sungai atau saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Saluran terbuka, misalnya sungai (saluran alam), variabel aliran sangat tidak teratur terhadap ruang dan waktu. Variabel tersebut adalah tampang lintang saluran, kekasaran saluran, kemiringan dasar sungai, belokan, debit aliran dan sebagainya (Triatmodjo, 2008).

Secara alami, sungai mengalir sambil melakukan aktivitas yang satu sama lain saling berhubungan. Aktivitas tersebut, antara lain erosi (pengikisan), pengangkutan (transportasi), dan pengendapan (sedimentasi). Ketiga aktivitas tersebut tergantung pada faktor kemiringan daerah aliran sungai, volume air sungai, dan kecepatan aliran. Sungai merupakan bagian dari permukaan bumi yang letaknya lebih rendah dari tanah yang disekitarnya dan menjadi tempat untuk mengalirnya air tawar menuju ke laut, danau, rawa atau ke sungai yang lain (Hamzah, 2009).

Menurut Sandy (1985) Suatu alur sungai dapat dikategorikan menjadi tiga bagian, yaitu bagian hulu, bagian tengah, dan bagian hilir.

##### **a. Bagian hulu**

Bagian hulu sungai merupakan daerah konservasi dan juga daerah sumber erosi. Alur di bagian hulu cenderung memiliki kemiringan lereng yang besar sehingga memiliki arus yang cukup deras dengan kecepatan aliran yang lebih besar dari pada pada bagian hilir. Arus aliran yang deras berdampak akan membuat erosi terutama pada bagian dasar sungai.

b. Bagian tengah

Bagian tengah merupakan daerah peralihan dari bagian hulu dan hilir. Kemiringan dasar sungai lebih landai sehingga arusnya tidak begitu deras dan kecepatan alirannya relatif lebih kecil dari bagian hulu. Bagian ini merupakan daerah keseimbangan antara proses erosi dan sedimentasi yang sangat bervariasi dari musim ke musim. Bagian tengah memiliki daya erosi yang lebih kecil dari hulu, arah erosinya cenderung ke bagian dasar dan samping sungai dengan bentuk dasar sungai U (*konkaf*), serta mulai terjadi pengendapan sedimentasi dan sering terjadi *meander* yaitu berupa kelokan sungai.

c. Bagian hilir

Alur sungai pada bagian hilir biasanya memiliki dataran dengan kemiringan dasar sungai yang relatif landai, sehingga kecepatan aliran menjadi lambat. Endapan yang terbentuk pada bagian hilir sungai biasanya berupa pasir halus, lumpur, serta endapan organik. Kadaan ini membuat beberapa tempat menjadi daerah genang banjir.

## 2.2 Morfometri DAS

Menurut Sosrodarsono dan Takeda (1999), pengaruh DAS terhadap aliran air adalah melalui bentuk dan ukuran (morfometri) DAS, topografi, geologi dan tataguna lahan. Morfometri DAS merupakan ukuran kuantitatif DAS yang terkait dengan aspek geomorfologi suatu daerah (Rahayu., 2009). Morfometri didefinisikan sebagai pengukuran bentuk (*measurement of the shape*). Parameter morfometri dibagi menjadi tiga bagian yaitu linier, *relief* dan *aerial*.

Morfometri linier mendiskripsikan hirarki lokasi sungai dalam sebuah jaringan DAS, ordo sungai, panjang segment dan panjang geometrik DAS. Morfometri *relief* menghasilkan informasi variasi perbedaan ketinggian pada tiap jaringan sungai dalam suatu DAS. Morfometri *aerial* menghasilkan data yang berguna untuk karakteristik sungai yang dipandang dalam suatu DAS, termasuk konsentrasi dari aliran permukaan, interaksi iklim dan geologi serta area yang penting untuk dipelihara.

## 1. Panjang Sungai (*Stream Length*)

Kementerian Kehutanan Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial (2013) mengemukakan bahwa panjang sungai utama (*stream length*) adalah jarak dari outlet ke batas DAS yang diukur sepanjang saluran aliran utama. Panjang sungai terpanjang dalam DAS diukur dari outlet kesumber asal air. Semakin panjang sungai utama, maka jarak antara tempat jatuhnya hujan dengan outlet semakin besar. Sehingga waktu yang diperlukan air hujan untuk mencapai outlet lebih lama.

Sama halnya dengan jumlah ruas dan panjang sungai, panjang rerata sungai juga dihitung untuk setiap ordenya. Nilai tersebut diperoleh dengan membagi total panjang sungai dengan jumlah ruas sungai pada setiap orde DAS.

$$L_{sm} = \frac{L_u}{N_u} \quad (2.2)$$

Dengan

$L_{sm}$  = Panjang rerata sungai (km)

$L_u$  = Total panjang sungai (km)

$N_u$  = Jumlah alur sungai untuk orde ke  $u$

## 2. *Stream Length Ratio*

*Stream length ratio* atau rasio panjang sungai adalah suatu nilai yang mengidentifikasi perbandingan panjang rata-rata sungai pada orde satu ke orde selanjutnya pada aliran sungai. Perubahan nilai rasio panjang sungai untuk suatu orde alur sungai menuju ke orde alur sungai yang lain menggambarkan perkembangan siklus geomorfologi (Rao, 2016). Semakin tinggi nilai rasio panjang sungai suatu DAS maka akan semakin tinggi nilai laju sedimentasi pada DAS tersebut (Utut, 2012).

$$RL = \frac{L_u}{L_u - 1} \quad (2.2)$$

dengan

$RL$  = Rasio panjang sungai

Lu = Panjang sungai utama (km)

Lu-1 = Panjang sungai utama setelah orde terkecil (km)

### 3. Orde Sungai (*Stream Orde*)

*Stream Order* (orde sungai) adalah metode menempatkan urutan numerik untuk hubungan dalam suatu aliran. *Ordering* ini untuk mengidentifikasi dan mengklarifikasi jenis aliran berdasarkan jumlah dari anak sungai. Kedudukan aliran sungai dapat diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan urutan daerah aliran sungai dapat dilihat pada Tabel 2.3 halaman 12. Setiap aliran sungai yang tidak bercabang disebut urutan atau orde pertama.

### 4. Kerapatan jaringan Sungai

Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu daerah pengaliran. Horton (1949), menyatakan bahwa kerapatan jaringan sungai berhubungan dengan sifat drainase DAS. Sungai dengan kerapatan kurang dari 0,73 umumnya berdrainase jelek atau sering mengalami penggenangan, sedangkan sungai dengan kerapatan antara 0,73 – 2,74 umumnya memiliki kondisi drainase yang baik atau jarang mengalami penggenangan. Sosrodarsono dan Takeda (2003) menyatakan bahwa biasanya indeks kerapatan sungai adalah 0,30 sampai 0,50 dan dianggap sebagai indeks yang menunjukkan keadaan topografi dan geologi dalam DAS. Indeks kerapatan sungai akan kecil pada kondisi geologi yang *permeable*, di pegunungan-pegunungan dan di lereng-lereng, tetapi besar untuk daerah yang banyak curah hujannya.

$$Dd = \frac{L}{A} \quad (2.3)$$

dengan

Dd = Kerapatan jaringan sungai (km/km<sup>2</sup>)

L = Total panjang sungai (km)

A = Luas DAS (ha)

Tabel 2.1 Indeks Kerapatan jaringan sungai

No	Indeks Kerapatan Sungai (km/km <sup>2</sup> )	kriteria
1	Kurang dari 0,25	Rendah
2	0,25 – 10	Sedang
3	10 – 25	Tinggi
4	Di atas 25	Sangat tinggi

### 5. Tingkat percabangan sungai

Kedudukan aliran sungai dapat diklasifikasikan secara sistematis berdasarkan urutan daerah aliran sungai. Ordo sungai merupakan posisi percabangan alur sungai dalam urutannya terhadap induk sungai suatu DAS. Sehingga semakin banyak ordo sungai maka luas DAS semakin besar dan panjang alur sungai secara keseluruhan akan lebih panjang. Berdasarkan Metode Strahler, alur sungai paling hulu yang tidak mempunyai cabang disebut dengan orde pertama (orde 1), pertemuan antara orde pertama disebut orde kedua (orde 2), demikian seterusnya sampai pada sungai utama ditandai dengan nomer orde yang paling besar.

Dalam Schumm (1956), indeks tingkat percabangan sungai (Rb) dapat dinyatakan dengan keadaan sebagai berikut:

- $Rb < 3$  : Alur sungai tersebut akan mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, sedangkan penurunannya berjalan lambat;
- $Rb > 5$  : Alur tersebut mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat, demikian pula penurunannya akan berjalan dengan cepat;
- $Rb 3 - 5$  : Alur sungai tersebut mempunyai kenaikan dan penurunan muka air banjir yang tidak terlalu cepat atau tidak terlalu lambat.

$$Rb = \frac{Nu}{Nu + 1} \quad (2.4)$$

dengan

Rb = Tingkat percabangan sungai

Nu = Jumlah alur sungai untuk orde ke u

Nu+1 = Jumlah alur sungai untuk orde ke u+1

## 6. Relief rasio

Relief Rasio menjadi parameter yang penting dalam suatu daerah aliran sungai. Peningkatan relief dan lereng yang curam mengakibatkan waktu yang diperlukan pada saat pengumpulan air menjadi lebih singkat. Selain berpengaruh terhadap banjir, Relief Rasio sungai juga berpengaruh terhadap proses erosi. Semakin tinggi relief rasionya, aliran permukaan (*Run off*) akan menjadi lebih besar dari kapasitas infiltrasinya. Akibatnya kemampuan untuk mengerosi akan semakin besar. Menurut Schumm (1956) dalam penelitiannya pada 35 subdas di Utah, Amerika Serikat, membuktikan bahwa semakin tinggi nilai relief rasio suatu DAS, akan semakin tinggi juga laju sedimentasi pada DAS tersebut. Untuk mendapatkan nilai relief rasio dari suatu DAS, Strahler merumuskannya dengan perhitungan antara beda tinggi hulu dan hilir suatu DAS terhadap panjang sungai utama.

## 7. Tekstur jaringan sungai

Tekstur Jaringan Sungai merupakan salah satu konsep penting dalam geomorfologi yang menggambarkan jarak relatif antar jaringan sungai. Tekstur jaringan sungai sangat dipengaruhi batuan dasar utama, kapasitas infiltrasi dan aspek relief dari kemiringan. Tekstur Jaringan merupakan jumlah total segmen sungai dari semua ordo dibagi dengan keliling dari subdas (Horton, 1945).

## 8. Gradient kemiringan DAS

Kemiringan DAS menjadi parameter yang penting dalam suatu daerah aliran sungai. Peningkatan relief dan lereng yang curam mengakibatkan waktu yang diperlukan pada saat pengumpulan air menjadi lebih singkat. Selain berpengaruh terhadap banjir, kemiringan DAS juga berpengaruh terhadap proses erosi. Semakin curam lereng suatu DAS, aliran permukaan (*Run off*) akan menjadi lebih besar dari kapasitas infiltrasinya. Akibatnya kemampuan untuk mengerosi akan semakin besar. Dalam hal ini ordo sungai pertama biasanya terletak pada lereng yang curam dan ordo selanjutnya pada lereng yang semakin datar. Tingkat kemiringan DAS yaitu perbandingan antara beda tinggi dengan panjang sungai utama.

$$Bh = H - h \quad (2.5)$$

dengan

- Bh = Kemiringan DAS
- H = Kemiringan DAS maksimum
- h = Kemiringan DAS minimum

#### 9. Bentuk DAS, lebar DAS dan luas DAS

Bentuk DAS sangat berpengaruh pada pola aliran dan ketinggian puncak banjir. Bentuk DAS sulit untuk dinyatakan dalam bentuk kuantitatif, selain dapat dilihat dari foto udara bentuk DAS dapat didekati dengan nisbah membulat dan nisbah memanjang.

Menurut Schum (1956), nisbah kepanjangan suatu DAS dapat dihitung sebagai berikut:

$$Re = 1,192 \times \frac{A^{\frac{1}{2}}}{Lb} \quad (2.6)$$

dengan

- Re = Nisbah memanjang
- A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)
- Lb = Panjang sungai utama (km)

Sedangkan menurut Miller (1953), nisbah kebulatan suatu DAS dapat dihitung sebagai berikut :

$$Rc = \frac{4\pi A}{p^2} \quad (2.7)$$

dengan

- Rc = Nisbah membulat
- A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)
- P = Perimeter/keliling DAS (km)

Tabel 2.2 Indeks Bentuk DAS

No	Indeks	Nilai
1	Rc > Re	Membulat
2	Rc < Re	Memanjang

Pada dasarnya lebar DAS tidak ditentukan dengan pengukuran langsung tetapi dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Seyhan, 1993) :

$$W = A/Lb \quad (2.8)$$

dengan

W = Lebar DAS (km)

A = Luas DAS (km<sup>2</sup>)

Lb = Panjang sungai utama (km)

Untuk mengetahui besarnya luas DAS dapat dilakukan dengan:

- a. Menggunakan kertas millimeter grafis dan luas DAS adalah jumlah kotak tercakup, dilakukan unit kotak, kemudian dilakukan skala peta.
- b. Menggunakan planimeter.
- c. Menggunakan system informasi geografis / *digitizer-computer*.

Tabel 2.3 Klasifikasi Berdasarkan Luas DAS

No	Luas DAS (ha)	Klasifikasi DAS
1	1.500.000 ke atas	DAS Sangat Besar
2	500.000 - <1.500.000	DAS Besar
3	100.000 - <500.000	DAS Sedang
4	10.000 - <100.000	DAS Kecil
5	<10.000	DAS Sangat Kecil

Sumber : Peraturan Kementerian Kehutanan Direktorat Jenderal Bina Pengelolaan DAS dan Perhutanan Sosial (2013)

## 2.3 Aliran Sungai

### 2.3.1 Pengertian aliran sungai

Aliran disebut seragam (*uniform flow*) apabila tidak ada perubahan besar dan arah dari kecepatan satu titik ke titik yang lain di sepanjang aliran. Sedangkan aliran tak seragam (*non uniform flow*) terjadi jika semua variabel aliran berubah dengan jarak. Aliran laminar terjadi apabila butir-butir air seolah-olah bergerak menurut lintasan tertentu yang teratur atau lurus. Sedangkan aliran turbulen terjadi bila butir-butir air bergerak menurut lintasan yang tak teratur maupun tidak tetap, walaupun butir-butir tersebut tetap menunjukkan gerak maju dalam aliran secara

keseluruhan.

Aliran sungai dapat juga digolongkan berdasarkan ukuran energi aliran. Untuk debit tertentu, energi aliran adalah fungsi dari kedalaman dan kecepatan alirannya. Bilangan Froude dapat digunakan untuk menentukan jenis aliran subkritis, kritis atau superkritis, berdasarkan rumus berikut ini :

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{g \cdot h}} \quad (2.6)$$

dengan

V= kecepatan aliran rata-rata (m/detik)

g = percepatan gravitasi bumi (9,8 m/s<sup>2</sup>)

h = kedalaman aliran rata-rata (m)

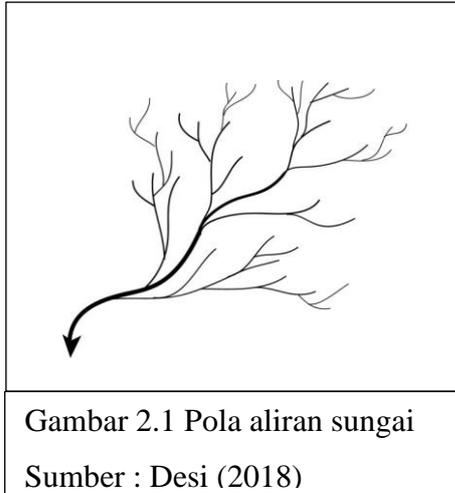
Apabila harga  $F < 1$ , maka aliran dikatakan sub kritis (lambat, tenang). Untuk harga  $F = 1$ , maka aliran dikatakan kritis. Apabila harga  $F > 1$ , maka alirannya disebut super kritis/cepat (Nasrul., 2014).

### 2.3.2 Macam-macam pola aliran sungai

Sungai yang merupakan kenampakan permukaan Bumi yang berupa perairan yang mengalir, ternyata memiliki berbagai macam pola aliran sungai. Macam- macam pola aliran sungai ini nantinya akan terlihat dari arus sungai tersebut atau ke arah manakah air sungai mengalir yang akhirnya akan bermuara ke laut (Ilmugeografi.com). Adapun beberapa macam pola aliran sungai antara lain sebagai berikut:

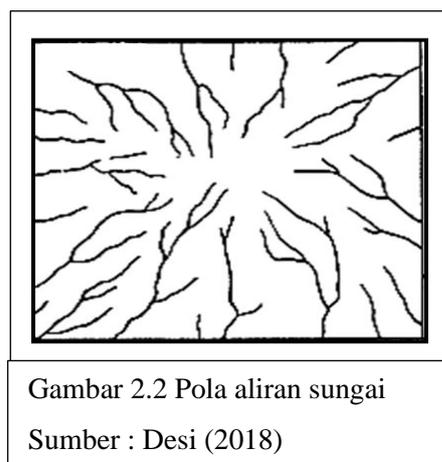
#### 1. Pola aliran sungai *dendritic*

Pola aliran sungai yang pertama adalah pola aliran sungai *dendritic*. Apabila kita melihat penampang daun dengan urat- uratnya, maka kita akan melihat pola aliran sungai ini. Pola aliran sungai *dendritic* ini menyerupai penampang pada daun. Sehingga kita akan melihat bahwa sungai induk ini memiliki percabangan yang menuju ke segala arah. Secara umum, pola aliran sungai yang seperti ini dikontrol oleh litologi yang bersifat homogen. Pola aliran sungai ini memiliki tekstur sungai yang dikontrol oleh jenis-jenis batuan.



Tekstur sungai ini diartikan sebagai panjang sungai persatuan luas wilayah. Misalnya adalah sungai yang mengalir di atas batuan yang kurang resisten terhadap erosi akan membentuk tekstur sungai yang rapat, sementara pada batuan yang resisten terhadap erosi akan membentuk tekstur sungai yang renggang. Resistensi batuan terhadap erosi ini akan sangat mempengaruhi proses pembentukan alur- alur sungai, yakni batuan yang tidak resisten cenderung lebih mudah tererosi membentuk alur-alur sungai.

## 2. Pola Aliran Sungai Radial

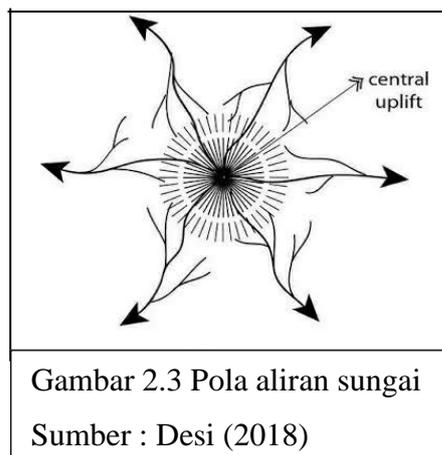


Jenis pola aliran sungai yang selanjutnya adalah pola aliran sungai radial. Seperti halnya namanya, pola aliran sungai radial merupakan pola aliran sungai

yang sifatnya menyebar ke segala arah. Sehingga sungai yang memiliki pola aliran ini memiliki satu pusat yang akan menyebarkan alirannya ke segala arah. Sebagai contoh adalah mata air di gunung yang menyebarkan airnya ke segala arah.

### 3. Pola Aliran Sungai Radial Sentripetal

Pola aliran sungai selanjutnya adalah pola aliran sungai radial sentripetal. Pola aliran sungai ini sama-sama bernama radial, hanya saja ada tambahan sentripetal. Meskipun namanya sama, namun pola aliran sungai ini justru merupakan kebalikan dari pola aliran sungai radial. Jika di aliran sungai radial, mata air justru berupa cembung yang mengalir ke segala arah, nah di radial sentripetal ini justru mata air akan menuju ke satu arah.

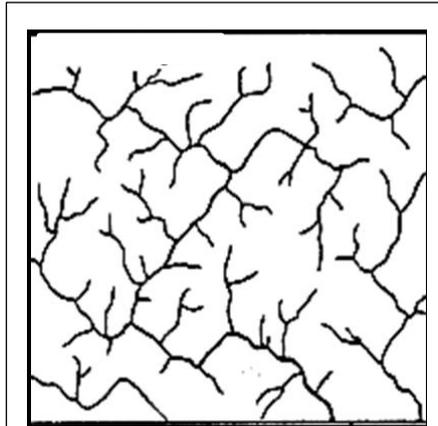


Jadi bisa dikatakan bahwa pola aliran sungai radial sentripetal ini aliran sungai menuju ke satu titik, seperti menuju ke sebuah cekungan besar atau depresi. Daerah yang banyak dijumpai aliran sungai seperti ini biasanya adalah di bagian barat serta barat laut Amerika Serikat. Secara berproses, pola aliran sungai ini dapat berkembang membentuk pola annular. Pola annular sendiri merupakan pola yang pada awalnya adalah aliran radial setripetal namun selanjutnya muncul sungai obsekuen, sungai subsekuen yang sejajar serta sungai resekuen.

### 4. Pola Aliran Sungai Rektangular

Secara umum, sungai yang memiliki pola aliran rektangular inialirannya dikontrol oleh struktur geologi, seperti struktur rekahan dan juga patahan. Sungai

yang memiliki pola aliran rektanguler ini biasanya terjadi pada struktur batuan beku. Sungai dengan pola aliran rektanguler ini biasanya bentuknya lurus mengikuti arah patahan. Ciri- ciri sungai dengan pola aliran ini adalah bentuk sungainya tegak lurus dan merupakan kumpulan dari saluran- saluran air yang mengikuti pola dari struktur geologi tersebut.

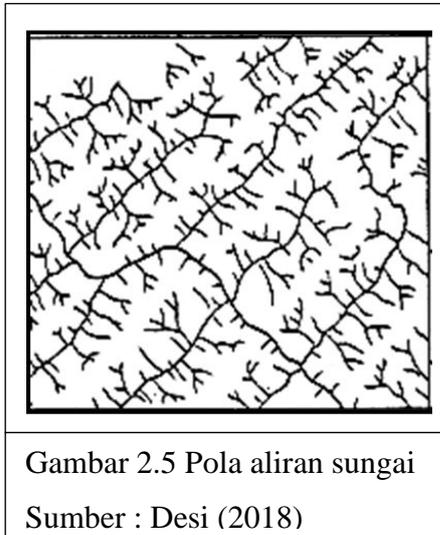


Gambar 2.4 Pola aliran sungai  
Sumber : Desi (2018)

Pola aliran sungai rectanguler ini pada umumnya berkembang pada batuan yang resisten terhadap erosi yang tipenya mendekati seragam namun dikontrol oleh rekahan dua arah yang memiliki sudut yang saling tegak lurus. Cabang-cabang dari sungai dengan aliran ini pada umumnya membentuk sudut tumpul dengan sungai utamanya atau sungai induknya.

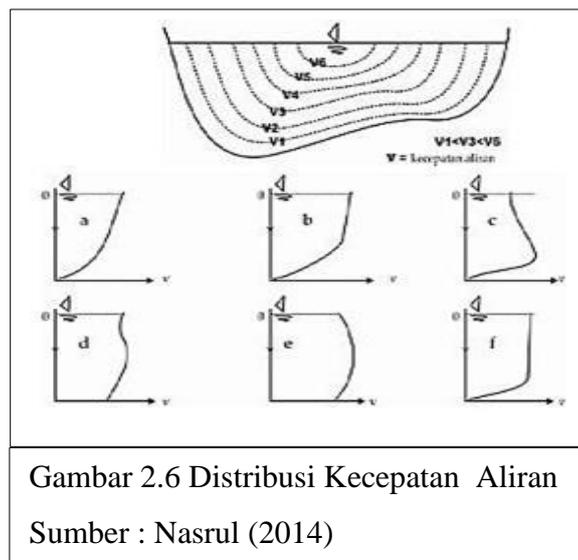
#### 5. Pola Aliran Sungai Trellis

Trellis biasanya kita kenal dengan pagar. Memang benar, seperti namanya, pola aliran sungai trellis ini adalah sungai yang alirannya menyerupai pagar yang dikontrol oleh struktur geologi berupa lipatan sinklin dan antiklin. Sungai dengan pola aliran trellis ini memiliki ciri- ciri oleh kumpulan saluran- saluran air yang membentuk pola sejajar yang mengalir mengikuti arah kemiringan lereng serta tegak lurus terhadap saluran utamanya. Saluran utama pada sungai ini biasanya searah dengan sumbu lipatan.



Pola aliran trellis ini mengandung perpaduan antara sungai konsekuen dan subsekuen. Pola aliran trellis ini juga dapat terbentuk di sepanjang lembah yang paralel pada sabuk pegunungan lipatan. Di wilayah ini sungai akan banyak yang melewati lembah untuk bergabung dengan saluran utamanya yang pada akhirnya akan menuju muara sungai.

#### 2.4 Distribusi Kecepatan Aliran



Distribusi kecepatan aliran sungai, bergantung pada bentuk saluran, kekasaran dinding saluran dan debit air. Dalam arah vertikal kecepatan maksimum

mendekati permukaan air dan semakin mendekati dasar saluran kecepatan aliran mendekati nol. Sedangkan, arah horizontal kecepatan maksimum mendekati tengah penampang sungai dan semakin mendekati dinding saluran maka kecepatan aliran semakin mengecil karena adanya pengaruh gaya gesek dinding saluran.

Keterangan :

a = Teoritis

b = Dasar saluran kasar dan banyak tumbuhan

c = Gangguan permukaan (sampah)

d = Aliran cepat, aliran turbulen pada dasar

e = Aliran lambat, dasar saluran halus

f = Dasar saluran kasar/berbatu

Dalam penentuan profil distribusi kecepatan aliran sungai, sangat berhubungan dengan debit aliran sungai, dikarenakan debit aliran berbanding lurus dengan kecepatan aliran sungai. Distribusi kecepatan aliran di dalam sungai tidak sama arah horizontal maupun arah vertikal. Dengan kata lain, kecepatan aliran pada tepi sungai tidak sama dengan tengah sungai, dan kecepatan aliran dekat permukaan sungai tidak sama dengan kecepatan pada dasar sungai.

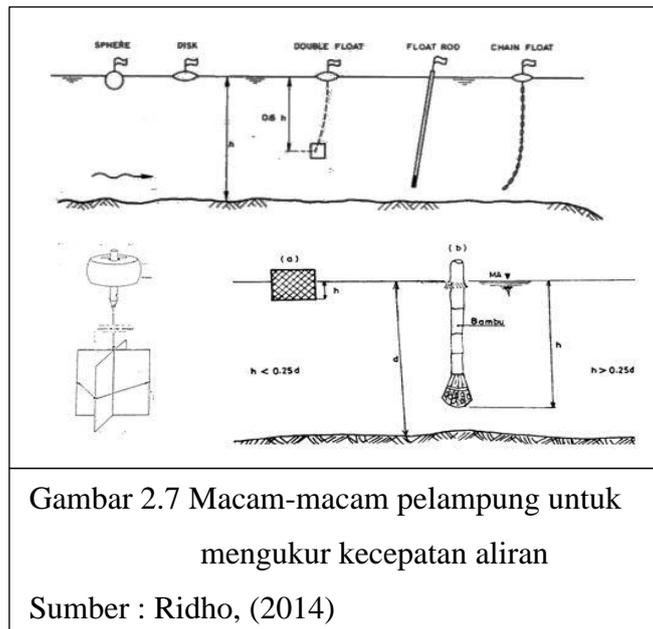
## **2.5 Percepatan Aliran Sungai**

Pengukuran kecepatan aliran sungai dapat menggunakan metode-metode di bawah ini :

a) Metode pelampung (*floating method*).

Pelampung merupakan alat ukur kecepatan arus yang paling sederhana. Pelampung bergerak terbawa oleh arus dan kecepatan arus didapat dari jarak tempuh pelampung dibagi dengan waktu tempuh. Pelampung dapat berupa pelampung permukaan, pelampung ganda, pelampung tongkat dan lain-lain. Cara ini dapat dengan mudah digunakan meskipun permukaan air sungai itu tinggi. Cara ini sering digunakan karena tidak dipengaruhi oleh kotoran atau kayu-

kayuan yang hanyut dan mudah dilaksanakan.



Gambar 2.7 Macam-macam pelampung untuk mengukur kecepatan aliran

Sumber : Ridho, (2014)

Tempat yang harus dipilih adalah bagian sungai yang lurus dengan perubahan lebar sungai, dalamnya air dan gradien yang kecil. Seperti terlihat dalam gambar, tiang-tiang untuk observasi dipancangkan pada 2 buah titik dengan jarak dari 50 sampai 100 m. Waktu mengalirnya pelampung diukur dengan *stopwatch*. Setelah kecepatan aliran dihitung, maka diadakan perhitungan debit yakni kecepatan kali luas penampang melintangnya.

#### 1. Pelampung permukaan:

Pengukuran kecepatan aliran dengan pelampung permukaan digunakan dalam keadaan banjir atau jika diperlukan segera harga perkiraan kasar dari debit, karena cara ini adalah sangat sederhana dan dapat menggunakan bahan tanpa suatu pilihan.

#### 2. Pelampung tangkai:

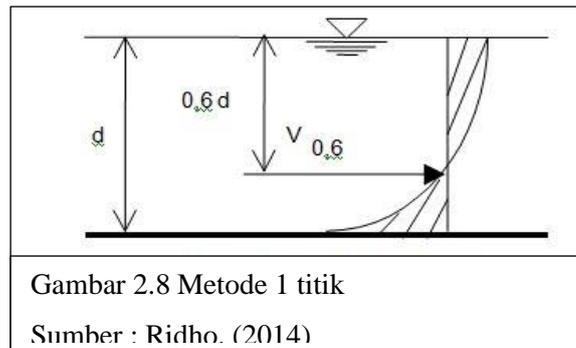
Pelampung tangkai dibuat dari sepotong/setangkai kayu atau bambu yang diberi pemberat pada ujung bawahnya. Pemberat itu dibuat dari kerikil yang dibungkus dengan jaring atau kain di ujung bawah tangkai. Beberapa saat sesudah pelepasan, pelampung itu tidak stabil. Jadi pelampung harus dilepaskan kira-kira 20-50 m di sebelah hulu garis observasi pertama, sehingga pada waktu observasi,

pelampung itu telah mengalir dalam keadaan yang stabil. Hal ini akan dipermudah jika di sebelah hulu titik pelepasan terdapat jembatan. Mengingat posisi pelepasan itu sulit ditentukan, maka sebelumnya harus disiapkan tanda yang menunjuk posisi tersebut dengan jelas.

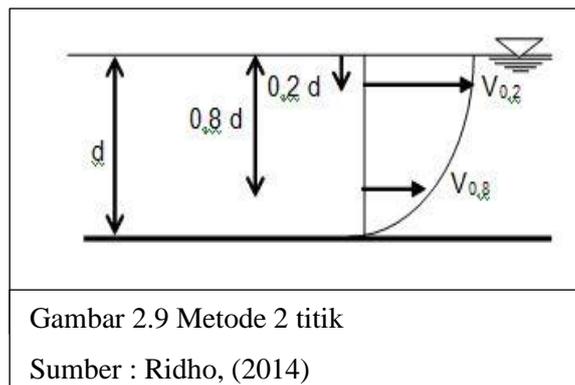
b) Pengukuran menggunakan alat ukur arus (*current meter*).

Metode pengukuran kecepatan aliran di sungai:

1. Metode satu titik; Metode ini digunakan untuk sungai yang dangkal dengan mengukur pada kedalaman 0,6 h. Kecepatan dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:



2. Metode dua titik



Pengukuran dilakukan pada kedalaman 0,2 h dan 0,8 h. Kecepatan rata-rata dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$V = \frac{V_{0.2} + V_{0.8}}{2} \quad (2.3)$$

3. Metode tiga titik

$$V = \frac{V_{0.2} + V_{0.6} + V_{0.8}}{3} \text{ or } V = \frac{\left[\frac{(V_{0.2} + V_{0.8})}{2}\right] + V_{0.6}}{2} \quad (2.4)$$

4. Metode lima titik

$$V = \frac{V_s + 3V_{0.2} + 2V_{0.4} + 3V_{0.8} + V_b}{10} \quad (2.5)$$

## 2.6 Penelitian Terdahulu

Penelitian terdahulu dapat dijadikan acuan sebagai originalitas penulisan. Penjelasan tabel berupa perbedaan judul penelitian, metode yang digunakan, alat yang digunakan serta hasil penelitian. Lebih jelasnya rekap penelitian terdahulu terkait dengan originalitas penelitian dapat dilihat di bawah ini

Tabel 2.4 Rekap Penelitian Terdahulu (1/2)

No	Peneliti	Judul	Metode	Alat Yang Digunakan	Hasil
1	Nasrul, (2014)	Studi Penentuan Aliran Sungai Pute Kawasan Karst Rammang – Rammang Kabupaten Maros	Survey dan analisa data	GPS ( <i>Global Positioning System</i> )	Hasil pengukuran kecepatan aliran rata-rata sungai dilakukan pada dua tempat yang berbeda pada sungai Pute yaitu pada dermaga 1 dan dermaga 2. Kecepatan aliran rata-rata sungai Pute diperlihatkan dalam arah horizontal yaitu berdasarkan pembagian segmen maupun arah vertikal yaitu berdasarkan variasi kedalaman.
2	Ronald, (2016)	Analisis Karakteristik Debit Pada Das Tunuo, Kecamatan Tobelo Barat Kabupaten Halmahera Utara	Survey dan analisa data	<i>Current Meter</i>	Berdasarkan hasil pengukuran penampang melintang DAS Tunuo pada 2 titik yang berbeda, menunjukkan bahwa terjadi perubahan bentuk penampang sungai, yang akan mempengaruhi debit aliran pada DAS Tunuo.
3	Bambang, (2007)	Karakteristik Fisik Sub Daerah Aliran Sungai Batang Gadis, Mandailing Natal, Sumatra Utara	Survey dan analisa data	<i>Global Positioning System Receiver</i> (GPS reiver), altimeter, kamera, program	Hasil analisa menunjukkan tingkat ketererangan >40 % meliputi 93,07 % dengan penutupan lahan dominan pertanian dan tegalan sebesar 30,63 %, sedangkan wilayah dengan ketererangan 0-8 % meliputi 2,08 %.

				<i>Arcview GIS</i> 3.3	
--	--	--	--	---------------------------	--

Tabel 2.5 Rekap Penelitian Terdahulu (2/2)

No	Peneliti	Judul	Metode	Alat Yang Digunakan	Hasil
4	Utut, (2012)	Morfometri DAS dibagian jawa barat	Survey dan analisa data	<i>Digital Elevation Model (DEM)</i>	Dari hasil deliniasi terhadap seluruh DAS yang dijadikan wilayah penelitian, didapatkan 167 DAS yang dijadikan daerah penelitian. Pemilihan DAS didasarkan pada sungai yang memiliki anak sungai pada tingkat tiga atau lebih. Hasil deliniasi DAS tersebut kemudian dihitung luasan serta beberapa variabel yang kemudian digunakan untuk menghitung morfometri tiap DAS tersebut.
5	Khairun, (2017)	Karakteristik Morfometri Menentukan Kondisi ( Hidrologi dan Roraya)	Survey dan analisa data	Arc. GIS	Hasil analisa tentang tingkat percabangan sungai di DAS roraya terdapat 5 tingkat ordo sungai dengan jumlah sungai keseluruhan dari masing-masing ordo adalah 158 sungai, sehingga didapatkan nilai tertinggi Rbw. Pada wilayah kajian menunjukkan bahwa di DAS roraya mempunyai nilai Rwb sebesar 4.48
6	Bobby, (2018)	Analisa Karakteristik Fisik, Morfometri, dan Hidrologi DAS UPT PSDA Malang	Survey dan analisa data	<i>Personal Computer (PC), Software River Analysis Package (RAP), Software ArcGIS, Ms. Excel, Software</i>	Hasil analisis menunjukkan keenam DAS di wilayah UPT PSDA Malang memiliki karakteristik morfometri dan hidrologi yang spesifik. Hal ini dapat dilihat dari nilai morfometri ada yang identik dan berbeda. Secara keseluruhan pada enam DAS menunjukkan adanya kemiripan karakteristik morfometri DAS.

## **BAB III**

### **METODOLOGI PENELITIAN**

Bab ini akan menguraikan mengenai lokasi penelitian, metode pengumpulan data, penyajiannya serta analisis data. Tahap penelitian dapat dilihat pada bagan alir penelitian pada lampiran A Gambar A.3.1 Halaman 49.

#### **3.1 Lokasi, Waktu dan Jenis Penelitian**

Lokasi penelitian dilakukan pada perbatasan antara Desa Alue Buloh dan Desa Latong yang terletak di Kecamatan Seunagan, Kabupaten Nagan Raya. Waktu penelitian dilakukan selama 3 (tiga) bulan mulai dari bulan Juli-September 2020 dan jenis penelitian bersifat kuantitatif dan kualitatif. Untuk lebih jelasnya peta lokasi penelitian dapat dilihat pada Lampiran A Gambar A.3.4 Halaman 52.

#### **3.2 Alat Ukur Kedalaman dan Kecepatan**

- Bak Ukur, berfungsi untuk mengukur kedalaman pada dasar sungai;
- Stopwatch, berfungsi untuk mengukur waktu laju kecepatan;
- Batu, sebagai alat pemberat untuk mengukur kedalaman pada dasar sungai;
- Aqua, berfungsi sebagai alat pelampung;
- Tali, berfungsi sebagai alat pengikat batu;
- Meteran, berfungsi sebagai alat pengukur jarak perpias dan segmen.

#### **3.3 Metode Pengumpulan Data**

Data yang akan digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer adalah data kecepatan aliran, kedalaman aliran dan karakteristik aliran sungai. Langkah- langkah pengumpulan data yang akan dilakukan pada penelitian ini mengikuti bagan alir penelitian, yaitu:

1. Pengumpulan data kecepatan aliran, kedalaman aliran, data karakteristik aliran sungai, serta hubungan antara kecepatan dan kedalaman aliran. Berikut langkah dan tahapannya :
  - Lebar sungai Krueng Seunagan  $\pm$  180 m
  - Untuk memperoleh data kecepatan dan kedalaman sungai dibagi 5 pias, dengan jarak 100 m memanjang sungai.
  - Pengukuran kecepatan dan kedalaman sungai dilakukan dengan membagi pias menjadi 6 segmen dengan jarak masing masing segmen 30 m.
  - Pengukuran kecepatan aliran pada sungai menggunakan pelampung permukaan
    - a. Menetapkan satu titik pada salah satu sisi sungai, ditetapkan dengan ditandai patok kayu atau pohon dan satu titik lainnya di seberang sungai, dan ketika dihubungkan dua titik tersebut akan berupa garis lurus arah aliran;
    - b. Ditentukan ( $L$ ) sepanjang 20 meter tegak lurus aliran;
    - c. Pelampung dihanyutkan dengan panjang 20 meter dimana sebelumnya sudah diikat menggunakan tali. Pada tempat dihulu garis pertama, pada saat melewati garis pertama tekan tombol stopwatch dan diikuti dengan pelampung tersebut;
    - d. Pada saat pelampung melewati garis kedua stopwatch ditekan kembali sehingga didapat waktu aliran pelampung yang diperlukan  $T$ ;
    - e. Kecepatan arus dapat dihitung dengan panjang jarak dibagi dengan waktu tempuh atau  $L/T$  (m/det);
    - f. Perlu diketahui bahwa cara ini akan mendapatkan kecepatan arus pada permukaan, sehingga untuk memperoleh kecepatan rerata pada penampang sungai hasil hitungan dikoreksi dengan koefisien antara 0,85 - 0.95.
  - Pengamatan kecepatan dilakukan 2 x pengamatan pagi dan sore selama 3 minggu untuk 3 x pengamatan tiap minggu.
  - Pengukuran kedalaman aliran

- a. Menggunakan kayu kemudian dimasukkan kedalam aliran pinggir sungai;
  - b. Menggunakan batu yang diikat tali kemudian dilempar kealiran, selanjutnya diangkat kembali untuk diukur menggunakan meter;
  - c. Pengukuran dengan cara ini harus dilakukan beberapa kali mengingat distribusi aliran permukaan yang terjadi tidak merata. Dianjurkan paling tidak pengukuran dilakukan 3 kali, kemudian hasilnya direratakan.
2. Tahap pengumpulan data morfometri DAS yang meliputi :
- Data luas DAS;
  - Panjang dan lebar sungai;
  - Kemiringan sungai;
  - Tingkat percabangan sungai;
  - Kerapatan jaringan sungai.

Sedangkan data sekunder yang diperlukan yaitu peta topografi serta yang ditinjau secara langsung di lokasi penelitian. Peta topografi menggambarkan dimensi lereng secara visual sehingga didapatkan tinggi dari kemiringan lereng, sedangkan peninjauan langsung di lapangan yaitu untuk mengamati situasi lokasi penelitian dan pengambilan foto-foto lokasi peneliti. Data sekunder yang digunakan :

1. Peta Provinsi Aceh Gambar A3.2 Halaman 50;
2. Peta Topografi Gambar A.3.3 Halaman 51;
3. Peta Lokasi Penelitian Gambar A.3.4 Halaman 52;
4. Peta DAS Gambar A.3.5 Halaman 53.

### **3.4 Metode Pengolahan Data**

Langkah-langkah pengolahan data yang dilakukan pada penelitian ini, meliputi data primer dan sekunder :

1. Pengolahan data kecepatan dan kedalaman aliran pada DAS Krueng Seunagan :
  - Data kecepatan aliran sungai dihitung dengan menggabungkan nilai jarak dengan waktu tempuh.
  - Data kedalaman aliran diperoleh dari hasil lapangan.
  - Menentukan karakteristik aliran berdasarkan persamaan bilangan Froude (2.6) halaman 12.
  - Grafik hubungan antara kecepatan dan kedalaman aliran.
2. Tahapan pengolahan data DAS ini bertujuan untuk mendapatkan kondisi morfometri DAS Krueng Seunagan, dimana data yang dikumpulkan berupa peta, kemudian peta tersebut dianalisa yang meliputi :
  - Panjang sungai menggunakan persamaan (2.1) halaman 6;
  - Rasio panjang sungai menggunakan persamaan (2.2) halaman 6;
  - Kerapatan jaringan sungai menggunakan persamaan (2.3) halaman 7;
  - Tingkat percabangan sungai menggunakan persamaan (2.4) halaman 8;
  - Kemiringan DAS menggunakan persamaan (2.5) halaman 10.

#### **3.4.1 Kondisi Morfometri DAS**

Pengolahan data kondisi morfometri DAS terdiri dari beberapa variabel, yaitu :

##### **a. Bentuk DAS, lebar DAS dan luas DAS**

Bentuk DAS berdasarkan nisbah memanjang dan nisbah membulat. Bentuk DAS berdasarkan pola aliran sungai dan faktor bentuk. Pada dasarnya, lebar DAS tidak ditentukan dengan pengukuran langsung tetapi dapat dihitung dengan menggunakan rumus 2.8 halaman 11. Untuk lebar DAS diukur menggunakan system informasi geografis / digitizer-computer.

##### **b. Panjang sungai (*Stream Length*)**

Panjang sungai utama (*stream length*) adalah jarak dari outlet ke batas DAS yang diukur sepanjang saluran aliran utama. Panjang sungai dalam DAS diukur dari outlet ke sumber asal air. Panjang sungai utama didapat dari peta daerah kemudian dipotong menggunakan aplikasi arcgis dan dihitung dengan

rumus panjang sungai (2.1) halaman 6.

**c. Rasio panjang sungai**

*Stream length ratio* atau rasio panjang sungai adalah suatu nilai yang mengidentifikasi perbandingan panjang rata-rata sungai pada orde satu ke orde selanjutnya pada aliran sungai. Rasio panjang sungai ini diambil dari peta wilayah yang kemudian dipotong menggunakan aplikasi arcgis, selanjutnya hasil yang didapat dihitung menggunakan rumus rasio panjang sungai (2.2) halaman 6.

**d. Kerapatan jaringan sungai**

Kerapatan sungai adalah suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu daerah pengaliran. Biasanya indeks kerapatan sungai adalah 0,73 sampai 0,73 – 2,74 dan dianggap sebagai indeks yang menunjukkan keadaan topografi dan geologi dalam DAS. Indeks kerapatan sungai akan kecil pada kondisi geologi yang *permeable*, di pegunungan-pegunungan dan di lereng-lereng, tetapi besar untuk daerah yang banyak curah hujannya. Kerapatan jaringan sungai ini didapat dari peta daerah yang kemudian dipotong menggunakan aplikasi arcgis dan dihitung dengan rumus kerapatan jaringan sungai (2.3) halaman 7.

**e. Tingkat percabangan sungai**

Tingkat percabangan sungai (*bufercation ration*) adalah angka atau indeks yang ditentukan berdasarkan jumlah alur sungai untuk suatu orde. Tingkat percabangan sungai ini didapat dari peta wilayah yang kemudian dipotong menggunakan aplikasi arcgis dan dihitung dengan rumus tingkat percabangan sungai (2.4) halaman 8. Sungai utama ditentukan dengan menelusuri peta panjang sungai dari titik paling hulu DAS ke arah hilir dengan memperhatikan pertemuan antara sungai.

Analisa orde sungai pada suatu DAS adalah salah satu karakteristik yang sangat penting untuk di pelajari tentang jaringan maupun susunan sungainya. Jaringan sungai ini dapat diklarifikasikan secara kuantitatif dengan perbedaan orde pada sungai maupun cabang-cabang sungai secara sistematis. Klarifikasi orde sungai pada studi ini menggunakan Metode Stahler (1952) dimana tahapan

yang dilakukan untuk mengklarifikasi orde sungai diantaranya: mengidentifikasi jaringan sungai yang ada didalam DAS.

Pemberian nomor pada orde sungai sesuai dengan ketentuan pada Metode Stahler, dimulai dari sungai bagian hulu. Setelah teridentifikasi orde pada masing-masing sungai, selanjutnya diberi tanda pada orde sungai dengan memberi nomor sebagai kode untuk masing-masing alur sungai. Mengidentifikasi pada masing-masing orde sungai dimana diukur panjang alur sungainya, kemudian dijumlahkan untuk memperoleh panjang keseluruhan jaringan sungai pada DAS yang diteliti.

#### **f. Gradient kemiringan DAS**

Kemiringan DAS menunjukkan nilai rata-rata penurunan dalam suatu jarak tertentu. Setiap sungai pada jarak tertentu mempunyai kecuraman yang berbeda. Kadang tajam dan sebaliknya mendatar, kecuraman biasanya dianggap sebagai petunjuk kasar tingkat kesulitan dan kecepatan aliran sungai. Kemiringan sungai ini didapat dari peta wilayah yang kemudian dipotong dengan menggunakan aplikasi arcgis dan dihitung dengan rumus kemiringan DAS (2.5) halaman 10.

### **3.4.2 Analisa Morfometri**

Analisa morfometri ini dibagi menjadi tiga, diantaranya :

#### **1. Analisis Spasial Karakteristik Tiap Variabel Morfometri**

Pada Tahap ini dilakukan analisis spasial pada tiap variabel morfometri untuk mengetahui bagaimana karakteristik morfometri tersebut. Karakteristik morfometri didasarkan pada faktor ketinggian dan topografi wilayah.

#### **2. Analisis Hubungan antar Tiap Variabel Morfometri**

Pada tahap ini dilakukan analisis korelasi dengan menggunakan metode *Person Product Moment* untuk mengetahui bagaimana korelasi atau hubungan antara satu variabel morfometri dengan variabel morfometri lainnya.

#### **3. Analisis Kluster dan Hubungannya dengan Geologi**

Pada tahap ini dilakukan analisis uji variat antara masing-masing variabel morfometri dengan lithologi batuan pada daerah penelitian. Analisis menggunakan uji nilai rata-rata dan nilai asosiasi. Data yang digunakan adalah

nilai masing-masing variabel morfometri terhadap luasan geologi dari masing-masing nilai tersebut.

### **3.5 Hubungan Kecepatan dan Kedalaman aliran**

Karakteristik aliran pada sungai dianalisa menggunakan persamaan bilangan Froude (2.6) halaman 12. Bilangan Froude dapat digunakan untuk menentukan jenis aliran pada sungai dengan kondisi subkritis, kritis atau superkritis.

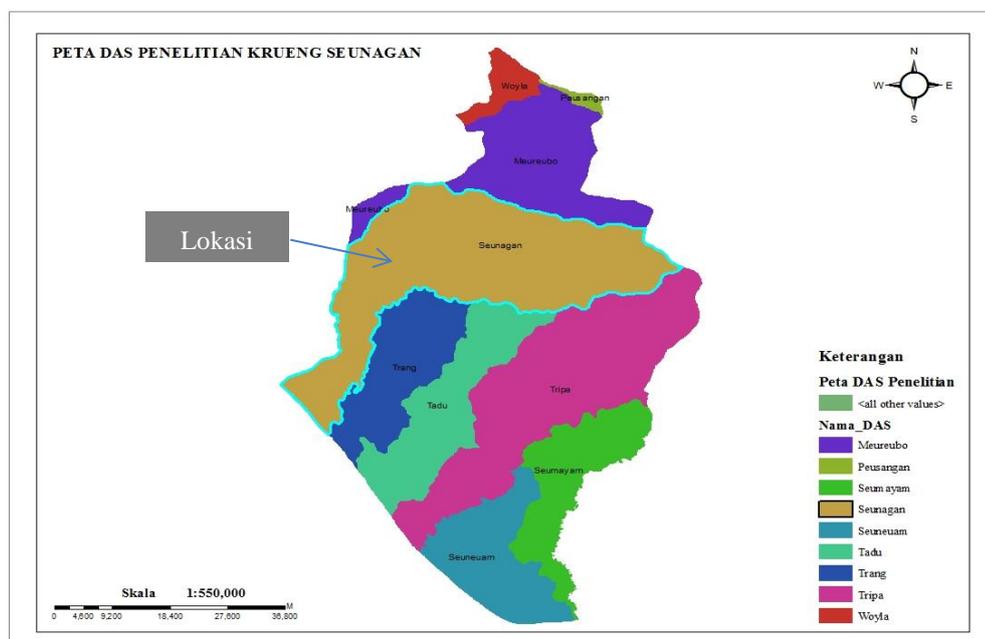
Hubungan kecepatan aliran dan kedalaman aliran menggunakan grafik nilai kecepatan aliran dan kedalaman aliran yang diperoleh, selanjutnya dibuat grafik hubungan keduanya. Penentuan kondisi kedalaman aliran dan kecepatan aliran dilakukan dalam 3x pemantauan untuk mempermudah proses pengolahan data dengan bantuan *microsoft excel*, memperoleh karakteristik aliran dari sungai dengan menggunakan rumus Froude.

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini menyajikan hasil analisis dan pembahasan lebih lanjut mengenai dari penelitian yang dilakukan. Pemilihan DAS didasarkan pada anak sungai yang memiliki anak sungai pada tingkat tiga atau lebih. Hasil analisa DAS kemudian dihitung luasan serta beberapa variabel yang kemudian digunakan untuk menganalisa kondisi morfometri tiap DAS.

### 4.1 Daerah Penelitian

Daerah penelitian ini dilakukan di DAS Krueng Seunagan yang berada di Kabupaten Nagan Raya. DAS ini memiliki anak sungai pada tingkat lebih dari tiga. Selengkapnya peta DAS daerah penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1 berikut :



Gambar 4.1 Peta DAS Daerah Penelitian

Peta DAS penelitian ini didapat dari peta wilayah dimana peta ini dibagi dengan beberapa DAS. Terlihat bahwa DAS Krueng Seunagan ini lebih besar dari pada DAS-DAS yang lain.

## 4.2 Morfometri DAS

Terdapat 5 (lima) kelompok yang termasuk ke dalam morfometri DAS yaitu panjang sungai utama, rasio panjang sungai, kerapatan jaringan, tingkat percabangan sungai, dan kemiringan DAS.

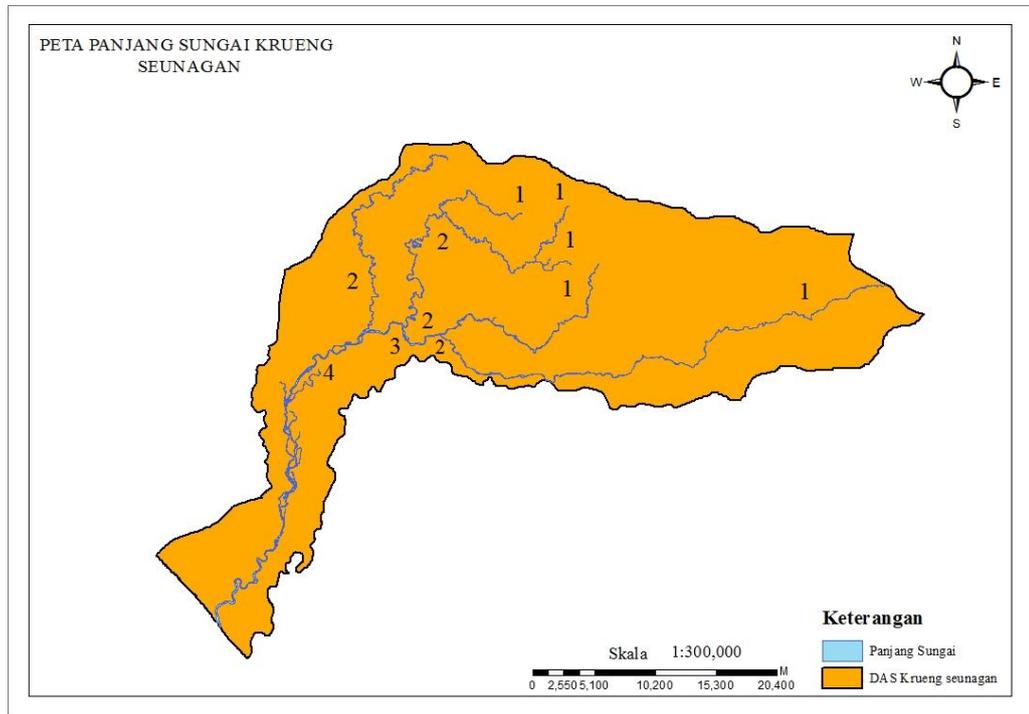
Tabel 4.1 Kelompok Morfometri DAS

No	Morfometri	Nama DAS
1	Panjang Sungai Utama	DAS Krueng Seunagan
2	Rasio Panjang Sungai	DAS Krueng Seunagan
3	Kerapatan Jaringan	DAS Krueng Seunagan
4	Tingkat Percabangan Sungai	DAS Krueng Seunagan
5	Kemiringan DAS	DAS Krueng Seunagan

### 4.2.1 Panjang sungai utama

Panjang sungai utama merupakan panjang sungai induk yang dihitung mulai dari hulu hingga hilir DAS. Nilai panjang sungai ini dihitung dengan persamaan panjang rerata sungai (2.2) halaman 6. Total panjang sungai utama (Lu) 385,75 km dibagi jumlah alur sungai untuk orde ke u (L) 4 maka didapat hasil (Lsm) 96,437 km. Nilai tersebut memperlihatkan bahwa panjang sungai utama DAS Krueng Seunagan 96,437 km.

Panjang sungai utama mempengaruhi waktu yang dibutuhkan oleh air dari hulu untuk mencapai hilir. Semakin panjang sungai utama, maka jarak antara tempat jatuhnya hujan dengan outlet semakin besar. Sehingga waktu yang diperlukan air hujan untuk mencapai outlet lebih lama. Peta panjang sungai utama dapat dilihat pada Gambar 4.2.

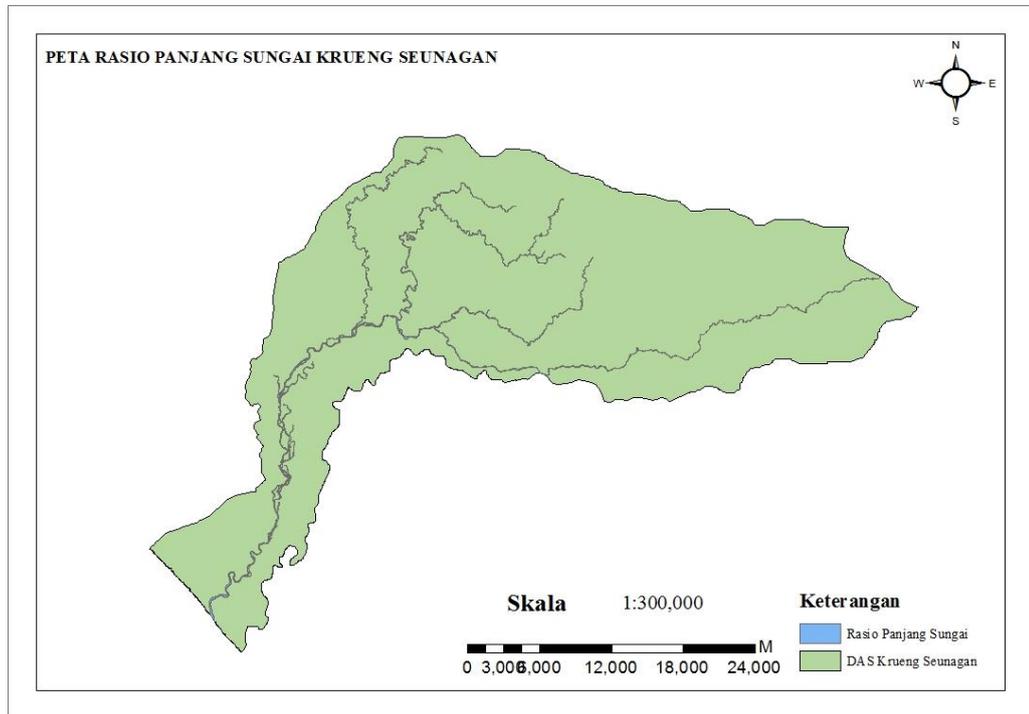


Gambar 4.2 Peta Panjang Sungai Utama

#### 4.2.2 Rasio Panjang Sungai

Rasio panjang sungai adalah suatu nilai yang membandingkan panjang rata-rata sungai dari satu orde ke orde lain pada aliran sungai. Perubahan panjang sungai untuk satu orde alur sungai menuju alur sungai yang lain, dapat menggambarkan perkembangan siklus geomorfologi. Nilai rasio panjang sungai dihitung dengan persamaan rasio panjang sungai (2.2) halaman 7. Panjang sungai utama (Lu) 385,75 Km dibagi panjang sungai utama setelah orde terkecil (Lu-1) 96, 51 km maka didapat hasil (RL) 3,996.

Berdasarkan referensi semakin tinggi nilai rasio panjang sungai suatu DAS, maka akan semakin tinggi juga nilai laju sedimentasi pada DAS tersebut. Peta rasio panjang sungai dapat dilihat pada Gambar 4.3.

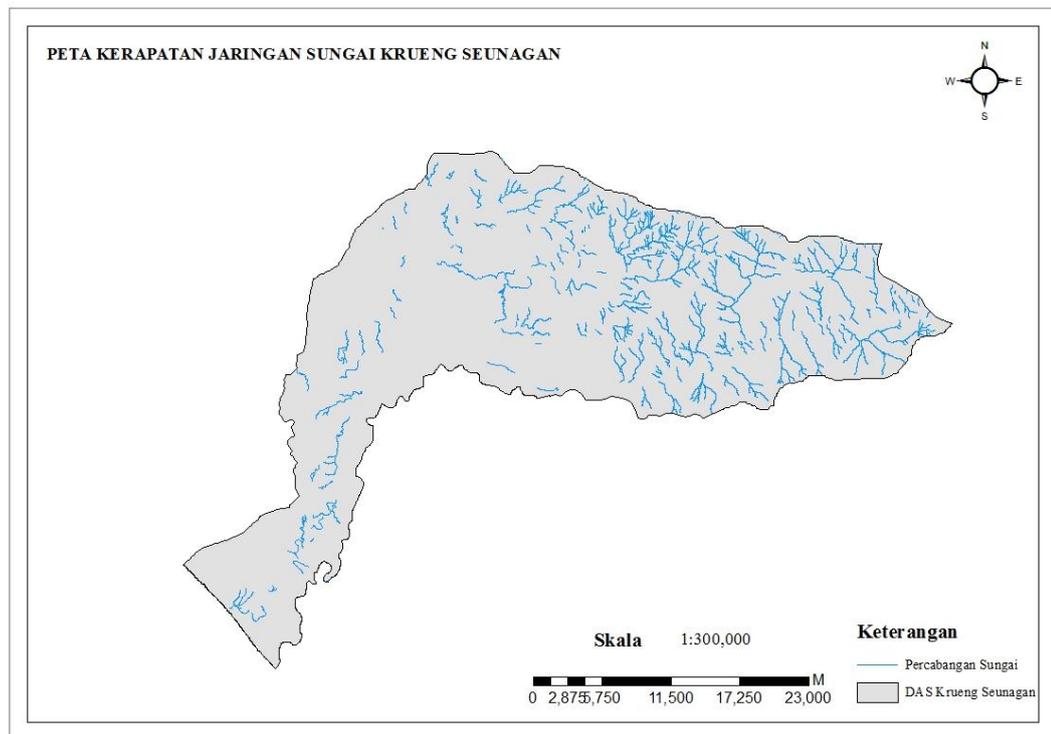


Gambar 4.3 Peta Rasio Panjang Sungai

#### 4.2.3 Kerapatan jaringan sungai

Kerapatan jaringan sungai merupakan hasil bagi antara panjang sungai total terhadap luas DAS dalam satuan kilometer. Kerapatan jaringan sungai juga merupakan suatu indeks yang menunjukkan banyaknya anak sungai dalam suatu pengaliran. Berdasarkan data panjang sungai total pada DAS Krueng Seunagan sebesar (L) 385,75 km dengan luas DAS (A) 950,34 km maka didapat hasil kerapatan jaringan sungai (Dd) 0,405 km.

Dari hasil perhitungan diatas dapat kita simpulkan bahwa sungai dengan kerapatan 0,25 – 10 dianggap sebagai indek kerapatan jaringan sungai sedang. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 2.1 halaman 8. Peta kerapatan jaringan sungai dapat dilihat pada Gambar 4.4.



Gabar 4.4 Peta Kerapatan Jaringan Sungai

Pada peta kerapatan jaringan sungai terlihat bahwa kerapatan jaringan dengan nilai  $< 1$  terdapat pada daerah penelitian. Kerapatan jaringan sungai mengidentifikasi permeabilitas batuan suatu DAS.

Semakin tinggi nilai kerapatan jaringan sungai maka akan semakin rendah permeabilitas batuan DAS tersebut. Pada peta kerapatan jaringan, nilai kerapatan jaringan yang lebih rendah banyak terdapat pada bagian barat daerah penelitian. Hal ini berarti pada bagian barat daerah penelitian memiliki batuan dengan permeabilitas yang tinggi. Berbeda dengan DAS nilai kerapatan jenis batuan jaringan yang tinggi, jenis batuan pada daerah yang tinggi memiliki permeabilitas yang rendah.

#### 4.2.4 Tingkat percabangan sungai

Tingkat percabangan sungai merupakan indeks yang menunjukkan banyaknya anak-anak sungai yang ditampung oleh sungai induknya. Semakin banyak anak sungai dalam suatu DAS, maka semakin tinggi nilai tingkat

percabangan sungainya. Seperti yang dijelaskan pada tingkat percabangan sungai (2.4) halaman 8, tingkat percabangan sungai didapatkan dari hasil bagi antara jumlah alur sungai pada setiap orde.

$$Rb \text{ pada orde 1} = \frac{351}{57} = 6.157$$

$$Rb \text{ pada orde 2} = \frac{57}{4} = 14.25$$

$$Rb \text{ pada orde 3} = \frac{4}{40} = 0.1$$

Selanjutnya untuk indeks percabangan rerata tertimbang dihitung sebagai berikut :

$$\begin{aligned} WRb \text{ pada orde 1} &= (6.157) \times (351+57)/351 \\ &= 7.156 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} WRb \text{ pada orde 2} &= (14.25) \times (57.4)/57 \\ &= 15.25 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} WRb \text{ pada orde 3} &= (0.1) \times (4+40)/4 \\ &= 1.1 \end{aligned}$$

Jadi indeks percabangan rerata tertimbang (WRb) di dapat dari :

$$\begin{aligned} WRb \text{ rerata} &= (WRb 1) + (WRb 2) + (WRb 3)/3 \\ &= (7.156 + 15.25 + 1.1 )/3 \\ &= 7.83 \end{aligned}$$

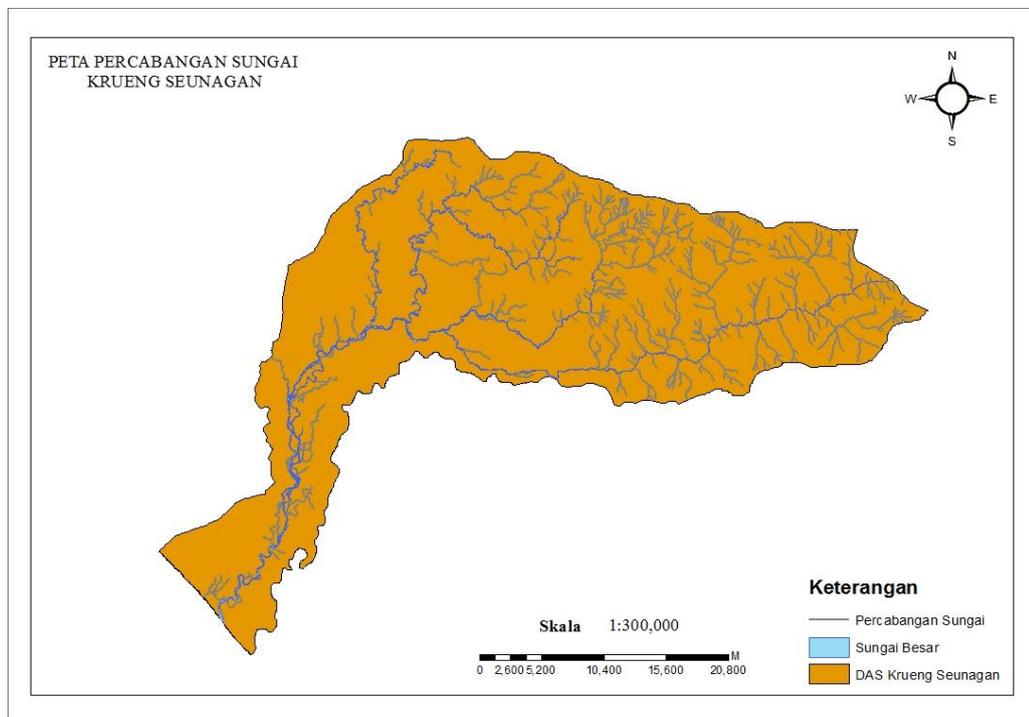
Hasil ini merupakan tingkat percabangan sungai antara orde satu dengan orde satu tingkat di bawahnya. Nilai perhitungan untuk tingkat percabangan sungai dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4.2 Tingkat percabangan sungai

Orde Sungai	Panjang Sungai (Km)	Jumlah
1	96.51	351
2	72.80	57
3	134.31	4
4	82.12	40
Total		452

Hasil di atas memperlihatkan bahwa DAS Krueng Seunagan memiliki nilai tingkat percabangan sungai > 5 . Jika tingkat percabangan sungai > 5 berarti alur sungai tersebut akan mempunyai kenaikan muka air banjir dengan cepat,

demikian pula penurunannya akan berjalan dengan cepat. Peta percabangan sungai dapat dilihat pada gambar 4.5.

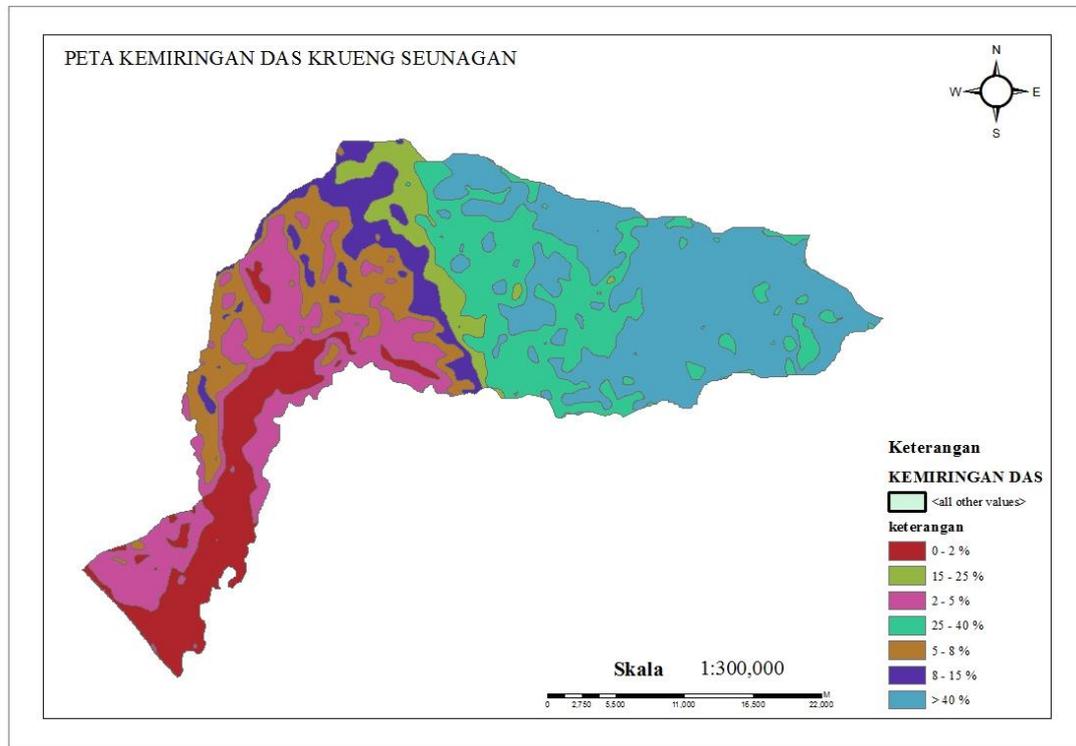


Gambar 4.5 Peta Tingkat Percabangan Sungai

#### 4.2.5 Tingkat kemiringan DAS

Kemiringan DAS mempengaruhi peningkatan relief dan lereng yang curam mengakibatkan waktu yang diperlukan pada saat pengumpulan air menjadi lebih singkat. Selain berpengaruh terhadap banjir, kemiringan DAS juga berpengaruh terhadap proses erosi. Semakin curam lereng suatu DAS aliran permukaan atau (*Run Off*) akan menjadi lebih besar dari kapasitas infiltrasinya.

Akibatnya kemampuan untuk mengerosi akan semakin besar. Dalam hal ini orde sungai pertama biasanya terletak pada lereng yang curam dan orde selanjutnya pada lereng yang semakin datar. Gradient kemiringan sungai merupakan perbandingan antara beda tinggi DAS terhadap panjang DAS tersebut dalam satuan persen. Peta tingkat kemiringan DAS dapat dilihat pada Gambar 4.6 berikut ini.



Gambar 4.6 Peta Kemiringan DAS

Perhitungan tinggi DAS menggunakan data Arcgis yang diambil dari Bappeda Nagan Raya. Dari perhitungan tersebut dapat kita simpulkan bahwa nilai kemiringan DAS bervariasi, mulai dari 0 – 2%, 15 – 25%, 2 – 5%, 25 – 40%, 5 – 8%, 8 – 15% sampai >40%. Terlihat angka kemiringan yang tertinggi berada pada tingkat kelerengan 5 – 8% berbentuk landai dengan luas sebesar 78865,62 ha. Untuk lebih jelasnya bias dilihat pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Kemiringan Jaringan Sungai

No	Tingkat kelerengan (%)	Klarifikasi	Luas (ha)
1	0 – 20	Datar	66810.76
2	5 – 8	Landai	78865.62
3	8 – 15	Landai atau berbelok	21795.02
4	15 – 25	Bergelombang	75597.41
5	25 – 40	Miring agak berbukit	26479.68
6	>40	Agak curam	19753.19
Total			289301.19

### 4.3 Bentuk, Lebar Dan Luas DAS

Bentuk DAS sulit dinyatakan dalam bentuk kuantitatif, selain dapat dilihat dari foto udara, bentuk DAS dapat dihitung dengan nisbah membulat dan nisbah memanjang. Selengkapnya bisa dilihat pada halaman 11.

Nisbah memanjang dihitung dengan persamaan (2.6) halaman 10.

$$Re = 1.192 \times \frac{A^{\frac{1}{2}}}{Lb} = 1.192 \times \frac{950.34^{\frac{1}{2}}}{96.51} = 0.380$$

Untuk nisbah membulat dihitung dengan persamaan (2.7) halaman 10

$$Rc = \frac{4\pi A}{P^2} = \frac{4 \times (3.14) \times 950.34}{(212.312)^2} = 0.264$$

Dari hasil perhitungan antara nisbah memanjang dan nisbah membulat dapat kita simpulkan bahwa  $Rc < Re$  artinya DAS Krueng Seunagan ini berbentuk memanjang/dendritik. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada tabel 2.2 indeks bentuk DAS halaman 11. Untuk perhitungan lebar DAS tidak ditentukan dengan pengukuran langsung di lapangan tapi dengan menggunakan rumus, diantaranya :

$$W = \frac{A}{b} = \frac{950.34}{96.51} = 9847$$

Sedangkan untuk mengetahui luas DAS bisa dilihat pada tabel 2.3 klasifikasi berdasarkan luas DAS halaman 12. Dari hasil perhitungan lebar DAS dapat kita lihat bahwa perhitungannya luas DAS  $< 10.000$  artinya DAS Krueng Seunagan ini tergolong dalam DAS yang sangat kecil.

### 4.4 Pola Aliran Sungai Berdasarkan Morfometri

Pola aliran sungai pada DAS Krueng Seunagan kabupaten Nagan Raya berpola dendritik, dimana dapat melihat penampang daun dengan urat-uratnya maka kita akan melihat pola aliran sungai ini. Pola aliran sungai dendritik ini menyerupai penampang pada daun. Sehingga kita akan melihat bahwa sungai induk ini memiliki percabangan yang menuju kesegala arah. Secara umum pola aliran sungai yang seperti ini dikontrol oleh litologi yang bersifat homogen. Pola

aliran sungai ini memiliki tekstur sungai yang dikontrol oleh jenis-jenis batuan. Untuk lebih jelasnya bisa dilihat pada gambar (2.1) halaman 13.

Berdasarkan kondisi topografi yang ada daerah tangkapan terbentuk oleh anak-anak sungai yang berasal dari punggung pergunungan yang menuju sungai utamanya searah dengan arah lereng. Bentuk daerah pengaliran sungai berbentuk memanjang. Bentuk daerah pengaliran yang memanjang menunjukkan bahwa debit banjirnya akan relatif kecil karna perjalanan banjir dari anak sungai berbeda beda waktunya. Hasil pemantauan langsung dilapangan terhadap kondisi aliran dibulan juli 2020, menunjukkan bahwa hanya pada sungai-sungai dengan daerah tangkapan air yang besar saja terdapat aliran.

#### **4.5 Hubungan Kecepatan dan Kedalaman aliran**

Pengukuran kecepatan aliran rata-rata sungai dilakukan pada DAS Krueng Seunagan, Kecamatan Seunagan kabupaten Nagan Raya. Kecepatan aliran rata-rata DAS diperlihatkan dalam arah horizontal yaitu berdasarkan pembagian hari maupun arah vertikal yaitu berdasarkan variasi kedalaman.

Seperti yang dijelaskan pada pengertian aliran sungai dengan persamaan bilangan Froude (2.6) halaman 12. Bilangan Froude dapat digunakan untuk menentukan jenis aliran seperti sub kritis, kritis, atau super kritis. Berikut kita akan menghitung jenis aliran selama 3 (tiga) hari dalam seminggu dengan waktu yang berbeda, untuk mengetahui jenis aliran apa yang terdapat di DAS Krueng Seunagan kabupaten Nagan Raya.

- Hari pertama

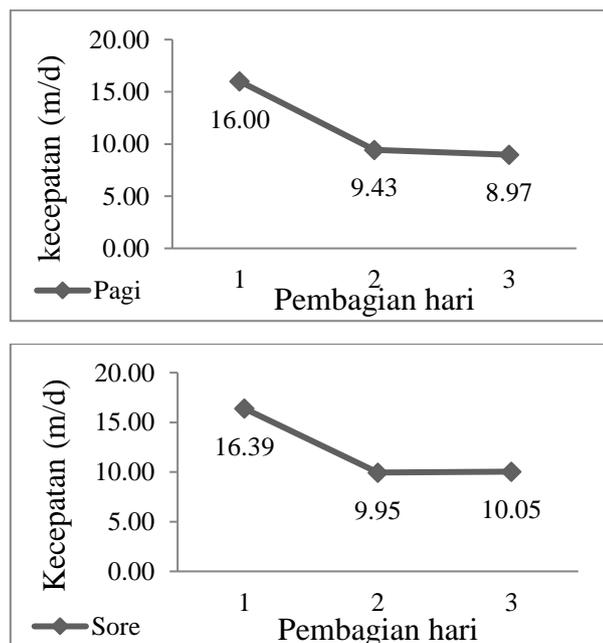
Diketahui kecepatan rata-rata ( $V$ ) 16,00 m/dtk dengan percepatan gravitasi bumi ( $g$ ) 9,8 m/dtk<sup>2</sup> dan kedalaman aliran rata-rata ( $h$ ) 3,90 m, maka didapat hasil ( $Fr$ ) 2,588.

- Hari kedua  
Diketahui kecepatan rata-rata (V) 9,43 m/dtk dengan percepatan gravitasi bumi (g) 9,8 m/s<sup>2</sup> dan kedalaman aliran rata-rata (h) 3,17 m, maka didapat hasil (Fr) 1,691.
- Hari ketiga  
Diketahui kecepatan rata-rata (V) 8,97 m/dtk dengan percepatan gravitasi bumi (g) 9,8 m/s<sup>2</sup> dan kedalaman aliran rata-rata (h) 3,90 m, maka didapat hasil (Fr) 1,450.

Apabila harga  $F > 1$ , maka alirannya disebut super kritis (sangat cepat). Dari hasil perhitungan selama 3 tiga hari dapat kita simpulkan bahwa DAS Krueng Seunagan kabupaten Nagan Raya mempunyai aliran super kritis atau sangat cepat. Lebih jelasnya bisa dilihat pada tabel 4.4 untuk minggu pertama, tabel 4.5 minggu kedua dan tabel 4.6 minggu ketiga.

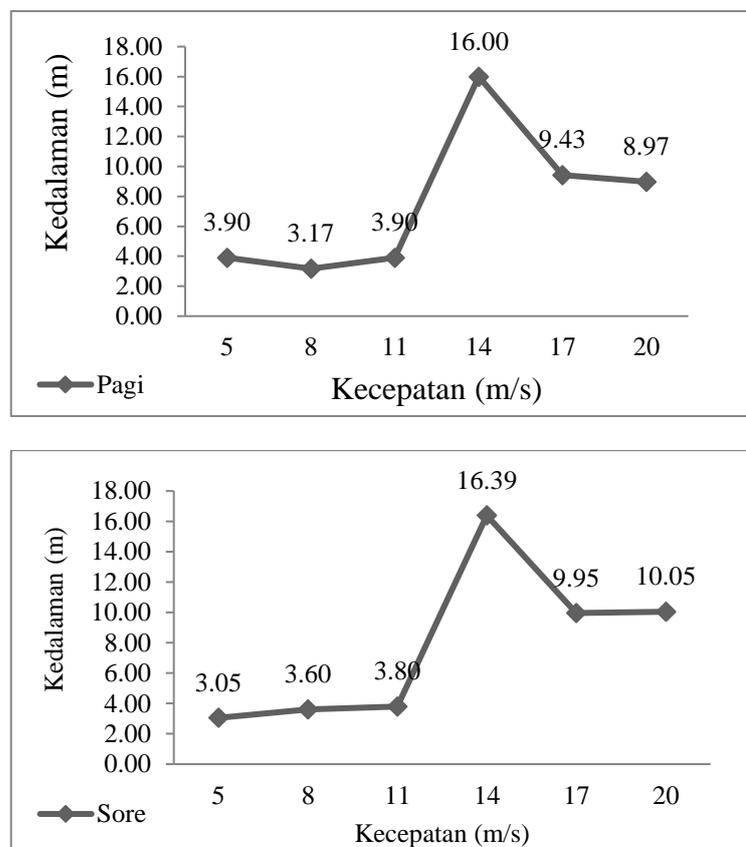
Tabel 4.4 Kecepatan dan kedalaman Minggu Pertama

Ket	12 Juli 2020		15 Juli 2020		18 Juli 2020	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
Kecepatan	16.00	16.39	9.43	9.95	8.97	10.05
Kedalaman	3.90	3.05	3.17	3.60	3.90	3.80



Gambar 4.7 Kecepatan Aliran pada pagi dan sore hari

Gambar 4.7 pada pagi hari memperlihatkan bahwa Kecepatan maksimal terjadi pada permukaan sungai disusul pada tengah sungai dan minimum terjadi pada dasar sungai. Gambar pada sore hari memperlihatkan bahwa kecepatan hari pertama berada di permukaan, hari kedua dan ketiga disusul dengan kecepatan yang sama. Sedangkan untuk grafik perbandingan kedalaman dan kecepatan minggu pertama bisa dilihat pada Gambar 4.8 berikut ini.



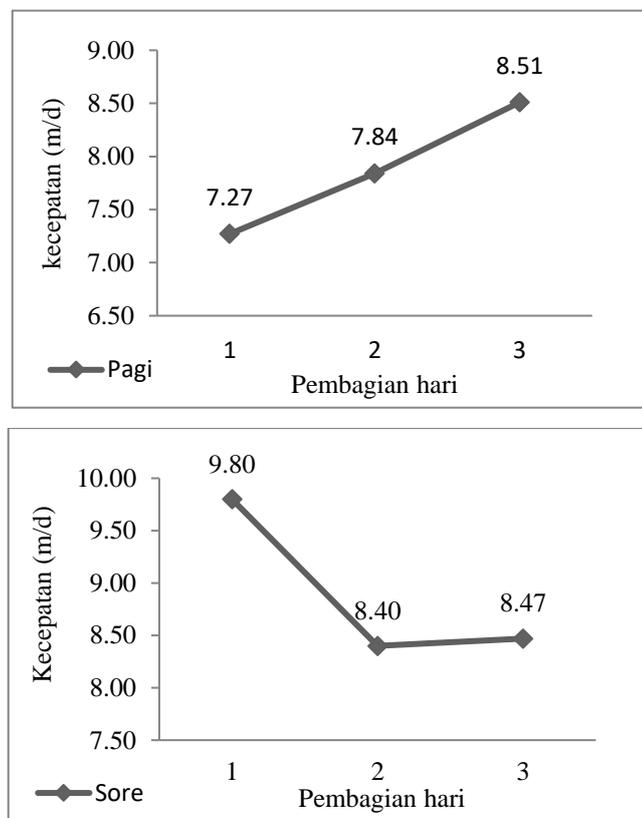
Gambar 4.8 Kecepatan Dan Kedalaman Aliran

Pada Gambar 4.8 untuk kecepatan dan kedalaman aliran dipagi hari memperlihatkan bahwa nilai perhitungan rata-rata kedalaman tergolong tidak seragam (*unsteady*) dan untuk kecepatan aliran tergolong seragam (*steady*). Sedangkan data kecepatan dan kedalaman pada sore hari tergolong *steady*. Menurut perhitungan kedalaman pada tiap harinya aliran sungai naik dari hari

pertama kedua dan ketiga, sedangkan untuk kecepatan aliran air sungai pertama berada di permukaan, hari kedua dan ketiga disusul dengan kedalaman yang sama.

Tabel 4.5 Kecepatan dan kedalaman Minggu Kedua

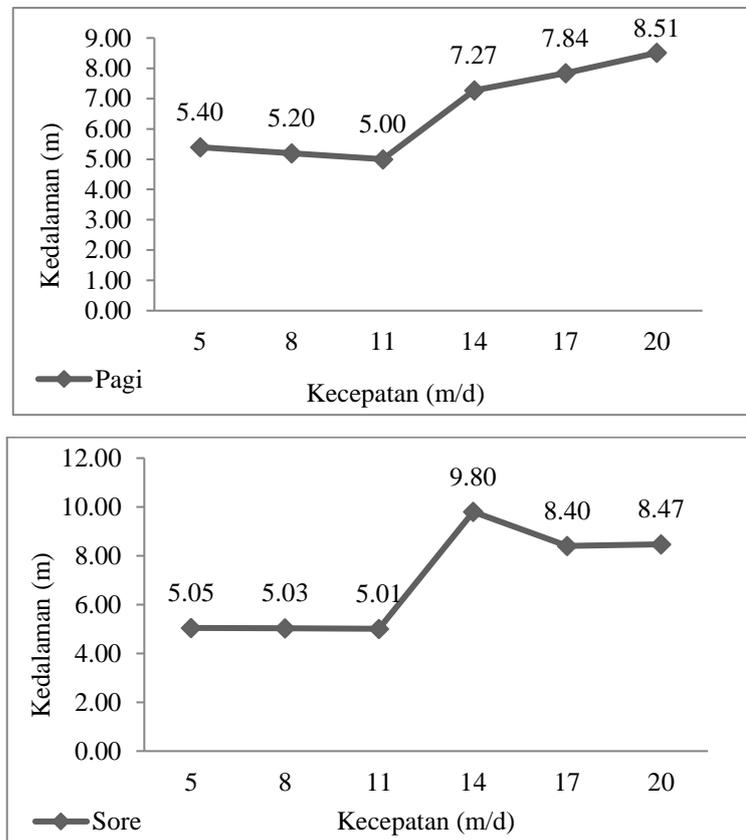
Ket	23 Juli 2020		25 Juli 2020		26 Juli 2020	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
Kecepatan	7.27	9.80	7.84	8.40	8.51	8.47
Kedalaman	5.40	5.05	5.20	5.03	5.00	5.01



Gambar 4.9 Kecepatan Aliran pada pagi dan sore hari

Gambar di atas menyatakan bahwa pada pagi hari memperlihatkan kecepatan rata-rata aliran sungai minimal terjadi pada permukaan sungai disusul pada tengah sungai dan maksimal terjadi pada dasar sungai. Gambar pada sore hari memperlihatkan bahwa kecepatan aliran rata-rata sungai hari pertama berada di permukaan, hari kedua dan ketiga disusul dengan kecepatan yang sama.

Sedangkan untuk grafik perbandingan kedalaman dan kecepatan minggu pertama bisa dilihat pada gambar 4.10 berikut ini.

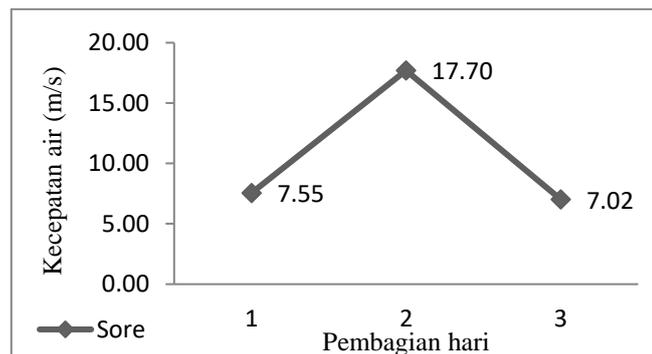
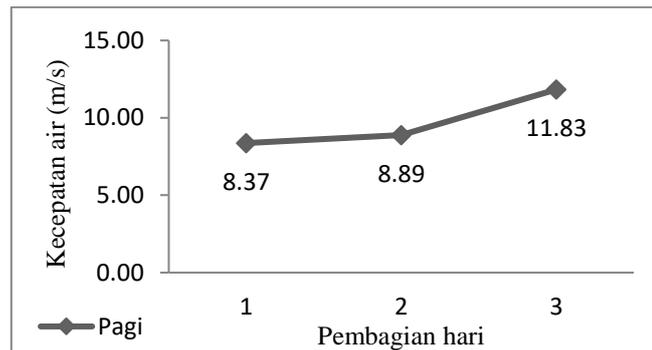


Gambar 4.10 Kecepatan Dan Kedalaman Aliran

Gambar di atas menyatakan bahwa pada pagi dan sore hari memperlihatkan kecepatan rata-rata aliran sungai tergolong seragam (*steady*). Kecepatan maksimal terjadi pada permukaan sungai disusul pada tengah sungai dan minimal terjadi pada dasar sungai.

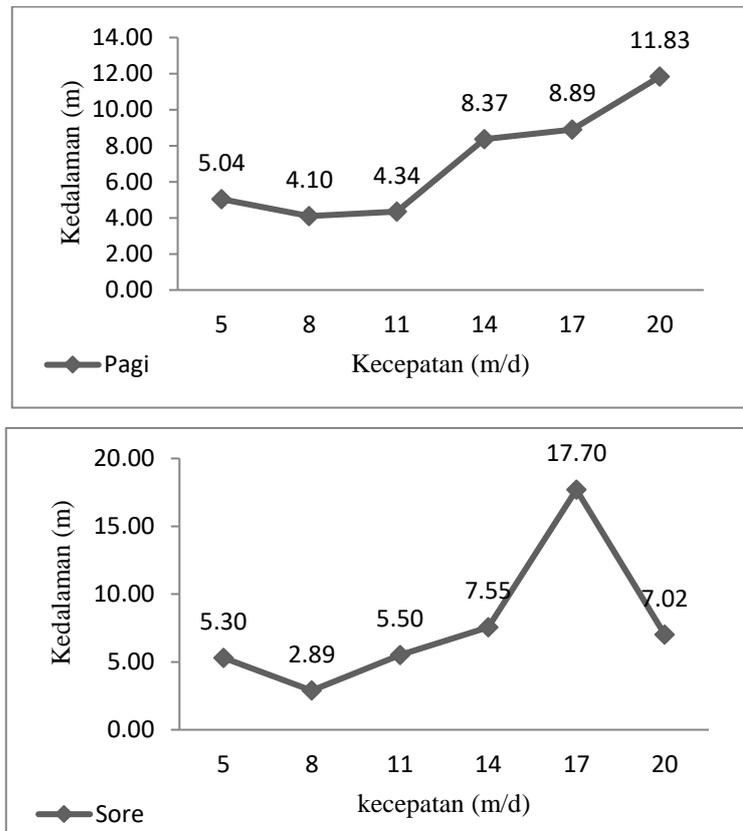
Tabel 4.6 Kecepatan dan kedalaman Minggu Ketiga

Ket	05 Sep 2020		06 Sep 2020		13 Sep 2020	
	Pagi	Sore	Pagi	Sore	Pagi	Sore
Kecepatan	8.37	7.55	8.89	17.70	11.83	7.02
Kedalaman	5.04	5.30	4.10	2.89	4.34	5.50



Gambar 4.11 Kecepatan aliran pada pagi dan sore hari

Gambar di atas menyatakan pada pagi hari memperlihatkan kecepatan rata-rata aliran sungai minimal terjadi pada permukaan sungai, disusul pada tengah sungai dan maksimal terjadi pada dasar sungai. Gambar pada sore hari memperlihatkan bahwa kecepatan aliran air sungai tidak seragam (*non steady*). Adanya perbedaan pengukuran pada pagi hari, dimana kecepatan sungai maksimum justru terjadi pada hari kedua ditengah sungai, dan minimum di hari pertama dan ketiga. Selain itu terlihat bahwa kecepatan aliran pada hari kedua jauh berbeda dari hari sebelumnya atau sesudahnya.



Gambar 4.12 Kecepatan Dan Kedalaman Aliran

Dari gambar 4.12 dapat disimpulkan bahwa kecepatan dan kedalaman pada pagi dan sore hari aliran air sungai tidak seragam (*unsteady*). Adanya perbedaan pengukuran pada pagi hari dimana kecepatan sungai maksimum terjadi pada hari pertama kemudian terjadi penurunan hari kedua dan meningkat lagi pada hari ketiga. Berikutnya pengukuran aliran kecepatan dan kedalaman pada sore hari tergolong *unsteady*, pada hari pertama kedalaman aliran berada di permukaan disusul pada hari kedua kedalaman aliran menyusut, dan dihari ketiga terjadi kenaikan aliran air sungai, begitu juga dengan kecepatan aliran.

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan dan saran berisikan kesimpulan dari rangkaian penelitian dan saran-saran terkait pengembangan hasil penelitian. Akhir dari penelitian ini dapat diambil kesimpulan dan saran yang nantinya diharapkan dapat menjadi masukan bagi semua kalangan yang akan atau sudah berkecimpung dalam bidang teknik sipil.

#### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan uraian hasil analisis dan pembahasan dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Terdapat 5 (lima) kelompok yang termasuk ke dalam morfometri DAS yaitu panjang sungai utama, rasio panjang sungai, kerapatan jaringan, tingkat percabangan sungai, dan kemiringan DAS.
2. panjang sungai utama dengan nilai 96, 437 km sangat tinggi, rasio panjang sungai 3,996 dan kerapatan jaringan sungai 0,405 km paling rendah, tingkat percabangan sungai 7,83 dan Terlihat angka kemiringan yang tertinggi berada pada tingkat kelerengan 5 – 8 berbentuk landai dengan luas sebesar 78865,62 ha
3. Hasil perhitungan antara nisbah memanjang dan nisbah membulat dapat disimpulkan nilai morfometri DAS Krueng Seunagan  $R_c < R_e$  artinya DAS ini berbentuk memanjang/dendritik.
4. Pola aliran minggu pertama pada pagi dan sore hari *steady*, untuk pola aliran pada minggu kedua efektif *unsteady* dan *steady*, pada minggu terakhir *steady* dan *unsteady*.
5. Hubungan kecepatan dan kedalaman aliran pada minggu pertama dipagi hari naik turun tidak seragam (*unsteady*), untuk sore hari seragam (*steady*).

Pada minggu kedua pagi dan sore hari tergolong *steady* dan minggu ketiga pagi dan sore hari efektif *unsteady*.

## **5.2 Saran**

Untuk mengembangkan hasil penelitian ini, berikut adalah beberapa saran yang dapat dilakukan untuk penelitian ke depannya:

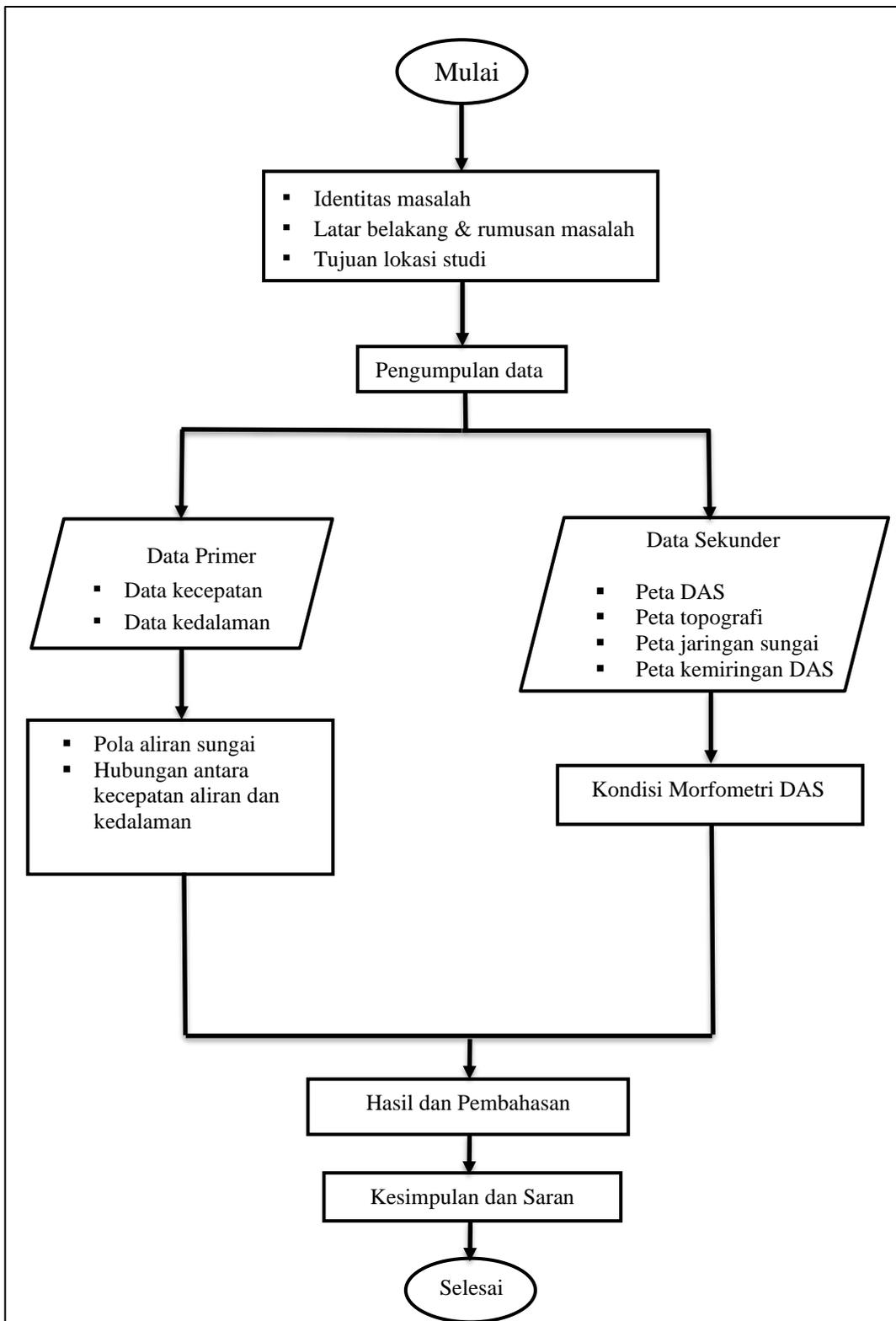
1. Perlu dilakukan penelitian ulang terhadap sungai DAS Krueng Seunagan tentang pola aliran yang berubah tidak beraturan.
2. Perlu adanya kajian terhadap bangunan penambangan dibagian hulu DAS agar tidak menyebabkan terjadinya bencana alam.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Asdak, 2002, *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Air Sungai*. Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
2. Bobby, T., 2018, *Analisa Karakteristik Fisik, Morfometri, dan Hidrologi DAS UPT PSDA Malang*, *Skripsi*, Jurusan Teknik Pertanian Fakultas Teknologi Pertanian Universitas Jember.
3. Desi, F., 2018, *Macam Pola Aliran Sungai dan Penjelasanannya*, from *ilmugeografi*: <https://ilmugeografi.com/ilmu-bumi/sungai/macam-pola-aliran-sungai>.
4. Edy, S., 2014, *Analisis Distribusi Kecepatan Aliran Sungai Musi (Runang Sungai : Pulau Kemaro Sampai Dengan Muara Sungai Komerling)*, *Jurnal*, Mahasiswa Jurusan Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Sriwijaya.
5. Horton, 1945, *Erosional Development of Streams and Their Drainage Basin: Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*, Geol. Soc. Am. Bull.
6. Hamzah., 2009, *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air*. Yogyakarta.
7. Kairun, L, U., 2017, *Karakteristik Morfometri Menentukan Kondisi ( Hidrologi dan Roraya)*, *Jurnal*, Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Ilmu Lingkungan.
8. Kementerian kehutanan direktur jenderal bina pengelolaan DAS dan perhutanan sosial., 2013, *Petunjuk Teknis Penyusunan Data Spasial Lahan Kritis*. Jakarta.
9. Miller, (1953) *Dasar Dasar Hidrologi*. Yokyakarta: Gadjahmada University Press.
10. Nasrul, I., 2014, *Studi Penentuan Aliran Sungai Pute Kawasan Karst Rammang-Rammang Kabupaten Maros*, *KBK Fisika Bumi*, *Jurnal*, Fakultas Matematika Dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negri Makasar.
11. Paimin, 2004, *Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air I*. Yogyakarta

12. Paimin, 2005, Pelestarian Sumber Daya Tanah dan Air II. Yogyakarta
13. Rahayu., 2009, Morfometri DAS Merupakan Ukuran Kuantitatif DAS Yang Terkait Dengan Aspek Geomorfologi Suatu Daerah. *Jurnal*, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung.
14. Rao., 2016, Perkembangan Siklus Geomorfologi. . Beta Offset, Yogyakarta.
15. Ridho, R, A., 2014, Rancang Bangun Alat Ukur Portable 9 Titik Kecepatan Aliran Sungai (Open Chanel) Nirkabel Berbasis PC, *Jurnal*, Jurusan Teknik Elektro Universitas Lampung, Bandar Lampung.
16. Sosrodarsono., 1999, Hidrologi Untuk Pengairan. Jakarta: Pradnya Pramita.
17. Seyhan., 1993, Dasar Dasar Hidrologi. Yokyakarta: Gadjahmada University Press.
18. Schumm, (1956), Evolution of drainage systems and slopes in badlands at Perth Amboy. New Jersey. Geol.Soc.Am.Bull
19. Sandy., 1985, DAS-Ekosistem Penggunaan Tanah, Publikasi Direktorat Taguna Tanah Departemen Dalam Negeri, Publikasi 437.
20. Sosrodarsono., 2003, Hidrologi Untuk Pengairan. Yogyakarta: Gadjahmada University Press.
21. Triatmodjo, B., 2008, Hidraulika II. Beta Offset, Yogyakarta.
22. Utut, R., 2012, Morfometri DAS Dibagian Jawa Barat, *Skripsi*, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Departemen Geografi Depok.

## Lampiran A



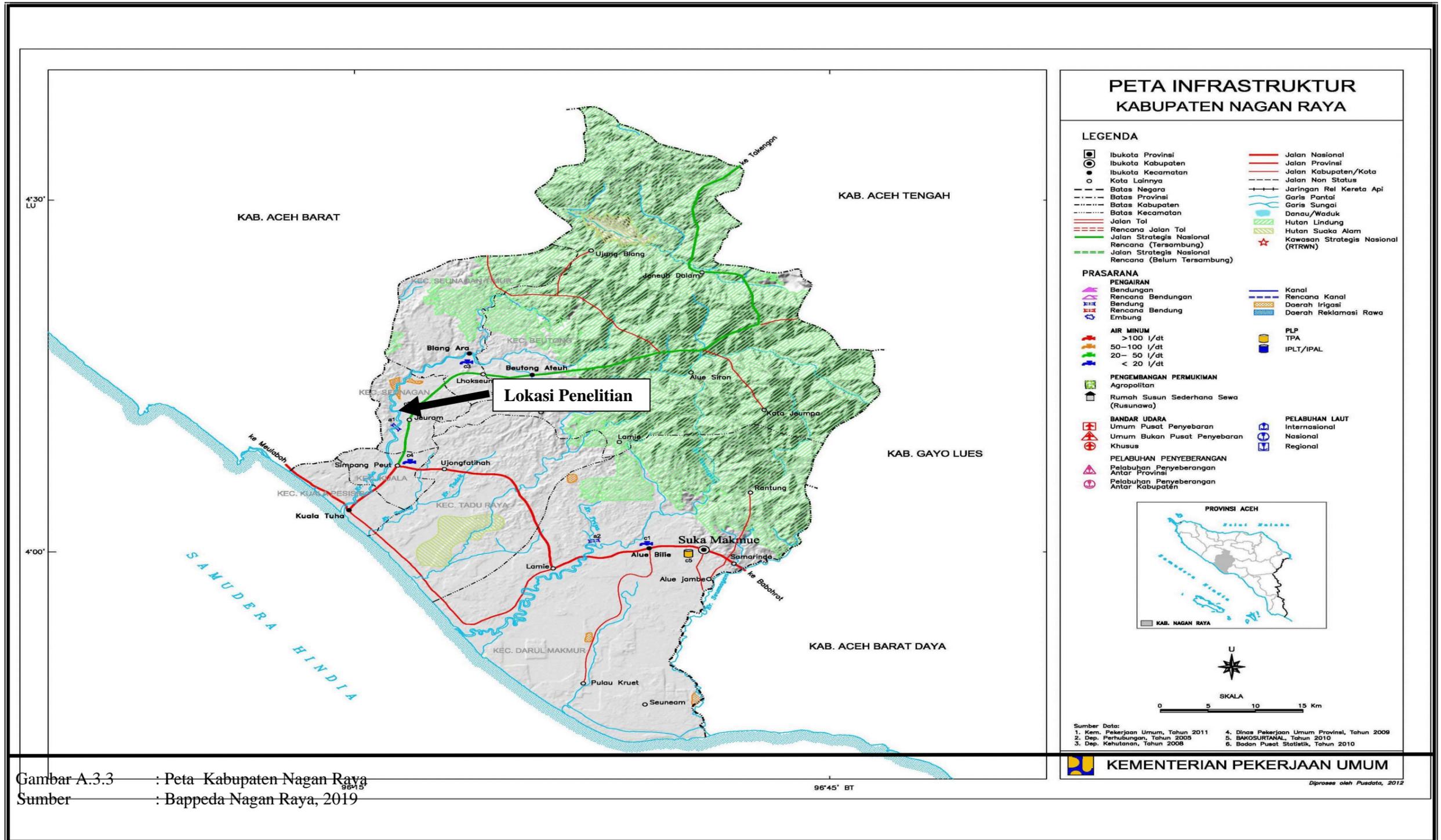
Gambar A.3.1. Diagram Alir Penelitian

LAMPIRAN A



Gambar A.3.2 : Peta Provinsi Aceh  
Sumber : [www.peta-kota-blogspot.co.id](http://www.peta-kota-blogspot.co.id), 2019

LAMPIRAN A



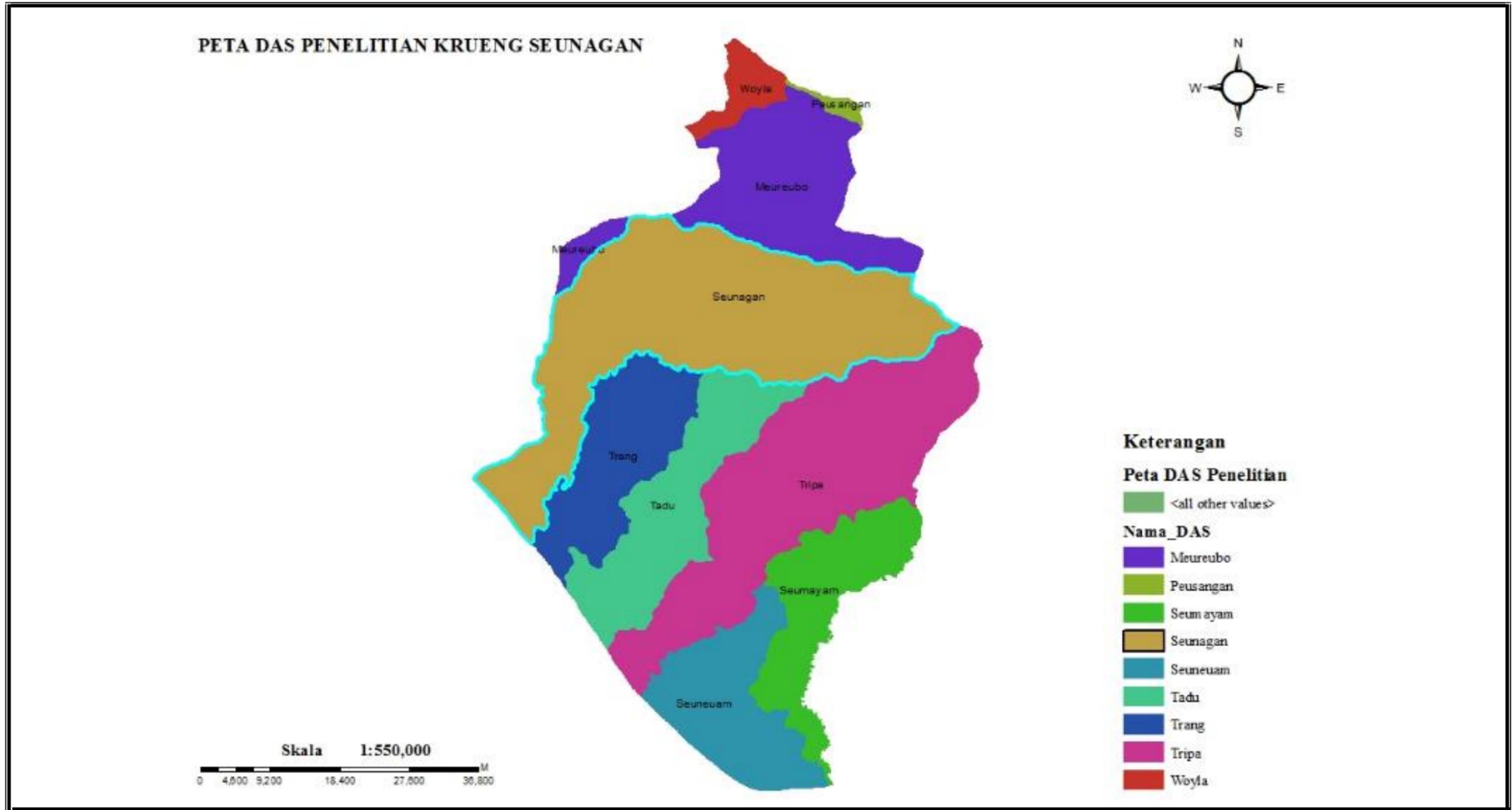
Gambar A.3.3 : Peta Kabupaten Nagan Raya  
 Sumber : Bappeda Nagan Raya, 2019



Gambar A.3.4 : Peta Lokasi Penelitian

Sumber : Google Earth, 2019

LAMPIRAN A



Gambar A.3.5 : Peta DAS Krueng Seunagan  
Sumber : Bappeda Nagan Raya, 2020

LAMPIRAN A



Gambar A.3.6 : Foto Pengukuran Kecepatan Aliran



Gambar A.3.7 : Foto Pengukuran Kedalaman Aliran

LAMPIRAN B

Tabel B.4.1 kedalaman dan kecepatan minggu ke 1 (satu)

No	Pias	Jam	Hari	Tggl	Kedalaman						Kecepatan					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
					Pagi						Pagi					
1	P1	9.00	Minggu	12/Jul/20	3.90	3.50	1.00	0.00	1.30	1.33	0.91	1.03	0.00	0.00	5.88	5.88
2	P2				2.48	2.22	2.30	0.00	2.22	1.30	1.29	1.24	0.00	0.00	5.71	5.70
3	P3				2.48	2.23	1.48	0.00	1.20	1.38	0.94	0.95	0.00	0.00	5.73	5.73
4	P4				1.00	3.10	1.45	0.00	1.20	1.28	16.00	9.76	0.00	0.00	5.88	5.88
5	P5				1.00	3.20	1.45	1.20	1.15	1.20	0.40	1.05	0.00	0.00	1.42	1.41
1	P1	10.00	Rabu	15/Jul/20	3.01	2.15	1.00	0.00	1.20	1.25	0.80	0.97	0.00	0.00	4.88	4.88
2	P2				2.12	3.07	2.33	0.00	1.17	1.23	0.99	1.17	0.00	0.00	6.06	6.19
3	P3				2.07	2.10	1.53	0.00	1.15	1.23	0.93	0.94	0.00	0.00	6.35	6.47
4	P4				1.00	3.01	1.20	0.00	1.12	1.30	9.43	9.43	0.00	0.00	4.89	5.01
5	P5				1.00	3.17	1.42	1.20	1.00	1.15	0.40	0.98	0.00	0.00	1.41	1.52
1	P1	9.30	Sabtu	18/Jul/20	3.90	3.80	1.15	0.00	1.15	1.45	0.87	0.95	0.00	0.00	5.71	5.71
2	P2				2.38	2.25	1.45	0.00	1.25	1.25	1.17	1.05	0.00	0.00	5.83	6.04
3	P3				2.28	2.32	1.57	0.00	1.30	1.28	0.95	0.90	0.00	0.00	6.41	6.35
4	P4				1.10	3.15	1.50	0.00	1.23	1.18	8.79	9.17	0.00	0.00	6.29	5.71
5	P5				1.02	3.25	1.45	1.15	1.20	1.12	1.66	0.95	0.00	0.00	1.48	1.43

Tabel B.4.2 kedalaman dan kecepatan minggu ke 1 (satu)

No	Pias	Jam	Hari	Tggl	Kedalaman						Kecepatan					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
					Sore						Sore					
1	P1	2.00	Minggu	12/Jul/20	3.05	3.01	1.00	0.00	1.15	1.23	0.95	1.11	0.00	0.00	6.47	6.41
2	P2				2.20	2.07	2.10	0.00	1.12	1.15	1.37	1.32	0.00	0.00	6.41	6.25
3	P3				2.15	2.10	1.27	0.00	1.09	1.27	1.00	0.95	0.00	0.00	6.56	6.51
4	P4				1.00	2.99	1.33	0.00	1.09	1.18	16.39	10.05	0.00	0.00	6.47	6.41
5	P5				1.00	3.05	1.12	1.02	1.00	1.12	0.41	1.05	0.00	0.00	1.42	1.42
1	P1	3.00	Rabu	15/Jul/20	3.60	3.10	1.00	0.00	1.27	1.23	0.91	0.95	0.00	0.00	8.23	4.76
2	P2				2.45	2.20	2.22	0.00	1.19	1.20	1.22	1.10	0.00	0.00	7.78	4.82
3	P3				2.44	2.15	1.15	0.00	1.15	1.28	1.04	0.86	0.00	0.00	9.30	5.01
4	P4				1.00	3.12	1.18	0.00	1.14	1.18	9.95	8.70	0.00	0.00	8.70	5.60
5	P5				1.00	3.15	1.12	1.00	1.12	1.12	0.42	1.24	0.00	0.00	1.32	1.25
1	P1	4.00	Sabtu	18/Jul/20	3.80	3.50	1.20	0.00	1.20	1.23	0.95	0.95	0.00	0.00	6.29	5.75
2	P2				2.38	2.12	2.13	0.00	1.12	1.30	1.24	1.10	0.00	0.00	5.80	5.92
3	P3				2.37	2.18	1.38	0.00	1.02	1.28	1.10	0.95	0.00	0.00	6.35	6.13
4	P4				1.01	3.18	1.35	0.00	1.03	1.18	10.05	9.17	0.00	0.00	6.10	5.59
5	P5				1.06	3.12	1.36	1.12	1.05	1.20	1.66	0.95	0.00	0.00	1.49	1.52

Tabel B.4.3 kedalaman dan kecepatan minggu ke 2 (dua)

No	Pias	Jam	Hari	Tangga l	Kedalaman						Kecepatan					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
					Pagi						Pagi					
1	P1	11.00	Kamis	23/Jul/20	5.40	5.00	2.50	0.00	2.80	2.83	0.85	0.95	0.00	0.00	4.89	4.89
2	P2				3.98	3.72	3.80	0.00	2.72	2.72	1.18	1.14	0.00	0.00	4.00	3.99
3	P3				3.98	3.73	2.98	0.00	2.70	2.88	0.90	0.89	0.00	0.00	4.01	4.01
4	P4				2.50	4.06	2.95	0.00	2.70	2.78	7.27	5.63	0.00	0.00	4.89	4.89
5	P5				2.50	4.07	2.95	2.70	2.65	2.70	0.39	0.97	0.00	0.00	1.33	1.28
1	P1	9.30	Sabtu	25/Jul/20	5.20	4.80	2.30	0.00	2.60	2.63	0.86	0.96	0.00	0.00	4.26	4.26
2	P2				3.78	3.52	3.60	0.00	2.52	2.60	1.19	1.15	0.00	0.00	4.17	4.16
3	P3				3.78	3.62	2.78	0.00	2.50	2.68	0.92	0.90	0.00	0.00	4.18	4.18
4	P4				2.30	4.40	2.75	0.00	2.50	2.58	7.84	5.97	0.00	0.00	4.26	4.26
5	P5				2.30	4.50	2.75	2.50	2.45	2.50	0.39	0.99	0.00	0.00	1.30	1.29
1	P1	10.00	Minggu	26/Jul/20	5.00	4.60	2.10	0.00	2.40	2.43	0.87	0.97	0.00	0.00	4.44	4.44
2	P2				3.58	3.32	3.40	0.00	2.32	2.40	1.20	1.16	0.00	0.00	4.35	4.34
3	P3				3.57	3.33	2.38	0.00	2.30	2.48	0.92	0.90	0.00	0.00	4.36	4.36
4	P4				2.10	4.20	2.55	0.00	2.30	2.38	8.51	6.35	0.00	0.00	4.44	4.44
5	P5				2.10	4.30	2.55	2.30	2.25	2.30	0.39	0.99	0.00	0.00	1.32	1.31

Tabel B.4.4 kedalaman dan kecepatan minggu ke 2 (dua)

No	Pias	Jam	Hari	Tangga l	Kedalaman						Kecepatan					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
					Sore						Sore					
1	P1	2.30	Kamis	23/Jul/20	5.05	4.65	2.15	0.00	2.45	2.48	0.86	0.97	0.00	0.00	4.40	4.40
2	P2				3.63	3.37	3.45	0.00	2.37	2.45	1.20	1.16	0.00	0.00	4.32	4.31
3	P3				3.64	3.38	2.63	0.00	2.35	2.53	0.91	0.90	0.00	0.00	4.33	4.33
4	P4				2.15	4.25	2.60	0.00	2.35	2.43	9.80	6.29	0.00	0.00	4.40	4.42
5	P5				2.14	4.27	2.20	2.35	2.30	2.35	0.38	0.99	0.00	0.00	1.31	1.31
1	P1	3.00	Sabtu	25/Jul/20	5.03	4.63	2.13	0.00	2.43	2.46	0.86	0.97	0.00	0.00	4.42	4.42
2	P2				3.61	3.35	3.43	0.00	2.35	2.43	1.20	1.16	0.00	0.00	4.32	4.31
3	P3				3.61	3.36	2.61	0.00	2.33	2.51	0.91	0.90	0.00	0.00	4.33	4.33
4	P4				2.13	4.23	2.58	0.00	2.33	2.41	8.40	6.29	0.00	0.00	4.42	4.42
5	P5				2.14	4.33	2.58	2.33	2.28	2.33	0.38	0.99	0.00	0.00	1.31	1.31
1	P1	3.00	Minggu	26/Jul/20	5.01	4.61	2.11	0.00	2.41	2.44	0.86	0.97	0.00	0.00	4.43	4.43
2	P2				3.59	3.33	3.41	0.00	2.33	2.41	1.21	1.13	0.00	0.00	4.34	4.33
3	P3				3.58	3.34	2.59	0.00	2.31	2.49	0.91	0.90	0.00	0.00	4.35	4.35
4	P4				2.11	4.21	2.56	0.00	3.31	2.39	5.95	6.33	0.00	0.00	4.43	4.43
5	P5				2.11	4.31	2.56	2.31	2.26	2.31	0.39	0.99	0.00	0.00	1.31	1.31

Tabel B.4.5 kedalaman dan kecepatan minggu ke 3 (tiga)

No	Pias	Jam	Hari	Tanggal	Kedalaman						Kecepatan					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
					Pagi						Pagi					
1	P1	11.00	Kamis	5/Sep/20	5.04	4.64	2.14	0.00	2.44	2.47	0.86	0.97	0.00	0.00	4.41	4.41
2	P2				3.62	3.36	3.44	0.00	2.36	2.40	1.20	1.16	0.00	0.00	4.31	4.31
3	P3				3.61	3.37	2.62	0.00	2.34	2.48	0.91	0.90	0.00	0.00	4.32	4.31
4	P4				2.14	4.24	2.59	0.00	2.34	2.38	8.37	6.27	0.00	0.00	4.41	4.41
5	P5				2.14	4.34	2.59	2.34	2.29	2.30	0.39	0.99	0.00	0.00	1.31	1.31
1	P1	10.30	Sabtu	6/Sep/20	4.10	3.70	1.20	0.00	1.50	1.53	0.86	1.02	0.00	0.00	5.56	5.56
2	P2				2.64	2.42	2.50	0.00	1.42	1.50	1.20	1.23	0.00	0.00	4.26	5.39
3	P3				2.64	2.43	1.68	0.00	1.40	1.58	0.91	0.94	0.00	0.00	5.42	5.42
4	P4				1.20	3.30	1.65	0.00	1.40	1.48	8.16	8.89	0.00	0.00	5.56	5.56
5	P5				1.20	3.40	1.65	1.20	1.35	1.40	0.39	1.04	0.00	0.00	1.40	1.39
1	P1	10.00	Minggu	13/Sep/20	4.34	3.44	1.44	0.00	1.74	1.77	0.89	1.00	0.00	0.00	5.21	5.21
2	P2				2.92	2.66	2.74	0.00	1.66	1.74	1.26	1.21	0.00	0.00	5.08	5.06
3	P3				2.92	2.67	1.92	0.00	1.64	1.82	0.94	0.93	0.00	0.00	5.09	5.09
4	P4				1.44	3.54	1.89	0.00	1.63	1.72	11.8 3	8.03	0.00	0.00	5.21	5.21
5	P5				1.44	3.64	1.89	1.64	1.09	1.64	0.40	1.03	0.00	0.00	1.38	1.37

Tabel B.4.6 kedalaman dan kecepatan minggu ke 3 (tiga)

No	Pias	Jam	Hari	Tanggal	Kedalaman						Kecepatan					
					S1	S2	S3	S4	S5	S6	S1	S2	S3	S4	S5	S6
					Sore						Sore					
1	P1	3.00	Kamis	5/Sep/20	5.30	4.90	2.40	0.00	2.70	2.73	0.85	0.96	0.00	0.00	4.17	4.17
2	P2				3.88	3.62	3.70	0.00	2.62	2.70	1.19	1.14	0.00	0.00	3.39	4.07
3	P3				3.88	3.63	2.88	0.00	2.60	2.78	0.90	0.89	0.00	0.00	4.09	4.11
4	P4				2.40	4.50	2.85	0.00	2.60	2.68	7.55	5.80	0.00	0.00	4.17	4.17
5	P5				2.40	4.60	2.85	2.40	2.55	2.60	0.39	0.98	0.00	0.00	1.29	1.29
1	P1	3.30	Sabtu	6/Sep/20	2.89	2.58	1.12	0.00	1.35	1.32	0.90	1.08	0.00	0.00	8.06	8.06
2	P2				1.56	1.30	1.38	0.00	1.22	1.29	1.29	1.32	0.00	0.00	5.59	7.72
3	P3				1.56	1.31	1.38	0.00	1.20	1.35	0.96	1.00	0.00	0.00	7.78	7.78
4	P4				1.12	2.18	1.35	0.00	1.23	1.15	15.0 4	17.7 0	0.00	0.00	8.06	8.06
5	P5				1.12	2.28	1.15	1.12	1.15	1.12	0.40	1.10	0.00	0.00	1.52	1.51
1	P1	4.00	Minggu	13/Sep/20	5.50	4.60	2.60	0.00	2.90	2.93	0.85	0.95	0.00	0.00	4.00	4.00
2	P2				4.08	3.82	3.90	0.00	2.82	2.90	1.17	1.13	0.00	0.00	3.92	3.91
3	P3				4.08	3.83	3.08	0.00	2.80	2.98	0.90	0.88	0.00	0.00	3.93	3.93
4	P4				2.60	4.70	3.05	0.00	2.80	2.88	7.02	5.48	0.00	0.00	4.00	4.00
5	P5				2.60	4.80	3.05	2.80	2.25	2.80	0.39	0.97	0.00	0.00	1.27	1.27