

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN ALUR LAYAR KAPAL  
BERDASARKAN HASIL PEMODELAN *SOFTWARE* SMS  
PADA BELOKAN SUNGAI KAHAYAN  
LOKASI MUARA RUNGAN – HANTASAN KUDUNG  
KOTA PALANGKA RAYA  
PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

Oleh :

**AMELDA EVA ADELINA**  
NIM. DAB 115 063



**JURUSAN/PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL  
FAKULTAS TEKNIK  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
PALANGKA RAYA  
2021**

SKRIPSI

**STUDI PERENCANAAN ALUR LAYAR KAPAL  
BERDASARKAN HASIL PEMODELAN *SOFTWARE* SMS  
PADA BELOKAN SUNGAI KAHAYAN  
LOKASI MUARA RUNGAN – HANTASAN KUDUNG  
KOTA PALANGKA RAYA  
PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

oleh

AMELDA EVA ADELINA  
NIM. DAB 115 063

**Disetujui sesuai dengan revisi dalam Form Rekomendasi  
dan Berita Acara Ujian Skripsi**

Palangka Raya, Mei 2021

Ketua/Penguji I



NOMERITAE, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197911092003122002

Sekretaris/Penguji II



Ir. HENDRO SUYANTO, M.T.  
NIP. 195908311989031002

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya  
Ketua,



Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.  
NIP. 197806082005011003

**STUDI PERENCANAAN ALUR LAYAR KAPAL  
BERDASARKAN HASIL PEMODELAN *SOFTWARE* SMS  
PADA BELOKAN SUNGAI KAHAYAN  
LOKASI MUARA RUNGAN – HANTASAN KUDUNG  
KOTA PALANGKA RAYA  
PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**

**SKRIPSI**

Sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan  
Program Strata-I pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

oleh

AMELDA EVA ADELINA  
NIM. DAB 115 063

**Telah dipertahankan di depan Tim Penguji, pada:**

Hari/Tanggal : Selasa / 11 Mei 2021  
Waktu : 11.00 – 13.00 WIB  
Tempat : Ruang Sidang Jurusan Teknik Sipil

Tim Penguji:

1. NOMERITAE, S.T., M.Eng., Ph.D.  
NIP. 197911092003122002 ..... ( Ketua/Penguji I )
2. Ir. HENDRO SUYANTO, M.T.  
NIP. 195908311989031002 ..... ( Sekretaris/Penguji II )
3. Ir. ALLAN RESTU JAYA, M.T.  
NIP. 196312041992031001 ..... ( Penguji III )
4. HAIKI MART YUPI, S.T., M.T., Ph.D.  
NIP. 197403032000121001 ..... ( Penguji IV )

Mengetahui:

Jurusan/Program Studi Teknik Sipil  
Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya

Ketua

  
Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.  
NIP. 197806082005011003



Dr. WALUYO NUSWANTORO, M.T.  
NIP. 196511191993021001

## BIODATA MAHASISWA



### Data Pribadi

Nama : Amelda Eva Adelina  
NIM : DAB 115 063  
Tempat, Tanggal lahir : Kuala Kapuas, 07 Juli 1997  
Status : Belum Menikah  
Agama : Kristen Protestan  
Pekerjaan : Mahasiswa  
No. Telp Rumah : -  
Alamat : Jl. Hiu Putih IX A Blok D No. 10  
Email : kent.7.zhei@gmail.com  
No Hp : 082251543102  
No Wa : 0895700413941  
Facebook : -  
Instagram : amel\_arms  
Line : -  
Nama Ayah : Eko Raden (Alm.)  
Pekerjaan Ayah : -  
Alamat : -  
No. Hp : -  
Nama Ibu : Yuliwun  
Pekerjaan Ibu : PNS  
Alamat : Jl. Nansarunai Komplek SMAN 1 Tamiang Layang  
No. HP : 081348675917

### Riwayat Pendidikan\*)

TK : TKN Pembina Kuala Kapuas (2002-2003)  
SD : SDN 1 Tamiang Layang (2003-2009)  
SLTP : SMPN 1 Tamiang Layang (2009-2012)  
SLTA : SMAN 2 Kuala Kapuas (2012-2015)  
Mulai mengikuti perkuliahan Program Strata-1 pada Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya bulan Agustus 2015

Palangka Raya, 30 April 2021  
Yang membuat pernyataan

  
AMELDA EVA ADELINA  
NIM. DAB 115 063

## LEMBAR PERSEMBAHAN

*Puji Tuhan, saya mengucapkan syukur dan berterima kasih kepada Tuhan Yesus Kristus yang sudah membimbing dan memampukan saya dalam menyelesaikan pendidikan S-1 di Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya. Skripsi ini saya persembahkan kepada orang-orang yang terkasih bagi saya terutama mamah. Saya sangat berterima kasih dan bersyukur karena Tuhan sudah memilih mamah sebagai orang tua yang melahirkan saya. Beliau yang selalu berusaha berperan menjadi sosok ibu sekaligus ayah dalam mendidik dan menjaga anak-anaknya meskipun tanpa seorang suami yang kini sudah bersama bapak di surga. Jerih payah yang sudah beliau kerahkan, doa yang selalu beliau panjatkan, dan keluh kesah yang beliau rasakan dia pendam sendiri. Tiada lagi kata-kata yang dapat menggambarkan betapa besarnya kasih sayang beliau kepada anak-anaknya. Terima kasih karena mau bersabar dalam mendidik anak-anakmu yang terkadang sulit untuk mendengarkan nasehat darimu. Saya juga berterima kasih kepada papah, walau hanya sebentar hadir tapi saya bersyukur karena pernah merasakan kasih sayang seorang ayah yang akan selalu saya ingat. Begitu juga dengan saudara-saudara saya yang mengajarkan saya arti menjadi seorang kakak maupun seorang adik.*

*Saya juga berterima kasih kepada seluruh Bapak Ibu Dosen serta staf jurusan Teknik Sipil UPR terutama Dosen Pembimbing Skripsi saya. Begitu pula kepada Mega, Rose, Bella, Annisa, Yusy, Yunita, Tio, Dhani, Dody, Ifan dan seluruh teman-teman Teknik Sipil angkatan 2015 yang tidak hanya turut berperan dalam menyelesaikan skripsi saya, tetapi juga dalam menjalani perkuliahan di kampus ini. Terutama Mega dan Rose yang sudah menjadi teman sekamarnya sepiring seperjuangan sejak awal kuliah, yang selalu menjadi teman berbagi cerita dan menghabiskan waktu bersama.*

*Tidak lupa juga saya mengucapkan banyak terima kasih kepada teman-teman KKN saya terlebih untuk Koalisi Kuaci yang membuat kenangan semasa kuliah lebih berarti. Dan satu sahabat saya yaitu Silvia yang hingga kini menjadi teman berbagi dan saling membantu.*


*Terima kasih kepada semuanya karena sudah hadir di kehidupan saya sehingga saya mampu dalam menghadapi dan menyelesaikan skripsi ini.*

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa dalam Skripsi ini tidak terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan di suatu perguruan tinggi dan sepanjang pengetahuan saya, juga tidak terdapat pendapat ataupun karya yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis di dalam naskah ini dan disebutkan dalam daftar pustaka. Apabila terdapat plagiat ataupun pelanggaran Hak Cipta yang secara sengaja saya lakukan di dalam Skripsi/Naskah Ilmiah ini, saya siap menerima sanksi sesuai undang-undang yang berlaku dan siap dicabut gelar sarjana yang saya peroleh.

Palangka Raya, 04 Juni 2021



  
AMINDA EVA ADELINA  
NIM. DAB 115 063

## RINGKASAN

**STUDI PERENCANAAN ALUR LAYAR KAPAL BERDASARKAN HASIL PEMODELAN *SOFTWARE* SMS PADA BELOKAN SUNGAI KAHAYAN LOKASI MUARA RUNGAN – HANTASAN KUDUNG KOTA PALANGKA RAYA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**, Amelda Eva Adelina, DAB 115 063, Jurusan/Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik, Universitas Palangka Raya.

Area wisata air maupun pelabuhan di Kota Palangka Raya memiliki alur pelayarannya tersendiri yang merupakan daerah belokan sungai dimana ada berbagai aktivitas-aktivitas masyarakat setempat yang membuka wisata kuliner dan juga taman untuk bersantai menikmati kearifan lokal. Arus pada daerah belokan sungai biasanya lebih besar dan cenderung tidak stabil. Di bagian tertentu sungai akan terjadi gerusan dan sedimentasi.

*Surface Water Modelling System (SMS)* adalah *software* yang cukup lengkap untuk mensimulasikan pemodelan muka air. Pemodelan yang dibuat dengan bantuan *software* SMS memerlukan data primer dan data sekunder yang akan digunakan sebagai data masukan. Data primer tersebut adalah data kecepatan aliran, tinggi muka air, debit, dan data sedimen yang berupa konsentrasi sedimen. Sedangkan data sekunder adalah peta batimetri yang menjadi dasar untuk membuat batasan pemodelan sesuai lokasi penelitian. *Resources Management Associates-2 (RMA2)* adalah sebuah modul yang ada dalam *software* SMS untuk memodelkan hidrodinamika 1D/2D menggunakan metode elemen hingga. *Two-Dimensional Sediment Transport Numerical Model (SED2D)* adalah sebuah modul lanjutan setelah dilakukannya *running* RMA2 untuk memodelkan sebaran sedimen dan perubahan dasar sungai. Dalam modul RMA2 agar pemodelan mendekati dengan data lapangan, perlu dilakukan perbandingan *Root Mean Square Error (RMSE)*. Nilai RMSE terkecil akan digunakan sebagai pemodelan dengan data debit digunakan sebagai kondisi batas hulu dan data tinggi muka air sebagai kondisi batas hilir. Hasil pemodelan RMA2 dilanjutkan pada modul SED2D, dengan data konsentrasi sedimen yang ada di hulu dan hilir dijadikan kondisi batas.

Dari penyesuaian pemodelan, didapat nilai kecepatan aliran di antara 0,192 m/detik sampai dengan 0,608 m/detik yang arahnya semakin ke hilir pada sisi luar tiap belokan berpotensi terjadinya gerusan. Total volume sedimen yang dihasilkan oleh aliran sungai dari Muara Rungan hingga Hantasan Kudung dalam rentang waktu simulasi selama 31 hari (744 jam) adalah sebesar 82.742,173 m<sup>3</sup>. Sedangkan untuk mendapatkan alur pelayaran yang optimal perlu dilakukan pengerukan dengan volume sebesar 272.405,44 m<sup>3</sup> (STA 0+000 – STA 4+100) dengan estimasi anggaran biaya Rp. 6.709.412.678,41.

Kata kunci: Alur Pelayaran, Sungai, RMA2, SED2D, SMS, RMSE

## SUMMARY

**PLANNING STUDY OF AN SHIPPING CHANNEL BASED ON MODELLING RESULT OF SMS SOFTWARE IN THE BEND OF THE KAHAYAN RIVER LOCATION AT MUARA RUNGAN – HANTASAN KUDUNG KOTA PALANGKA RAYA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH**, Amelda Eva Adelina, DAB 115 063, Department of Civil Engineering, Faculty of Engineering, University of Palangka Raya.

*The water tourism area and the port in Palangka Raya City have their own shipping lane which is a river bend area where there are various local community activities that open culinary tours and parks to relax and enjoy local wisdom. Currents in river bends are usually larger and tend to be unstable. In certain parts of the river, scouring and sedimentation will occur.*

*Surface Water Modelling System (SMS) is a fairly complete software to simulate surface water model. Modeling created with the help of SMS software requires primary data and secondary data to be used as input data. The primary data are data of river flow velocity, surface water level, flowrate, and sediment data in the form of sediment concentration. Whereas secondary data are bathymetry maps which are the basis for making modeling boundaries according to the research location. Resources Management Associates-2 (RMA2) is a module in SMS software for 1D/2D hydrodynamic modeling using the finite element method. Two-Dimensional Sediment Transport Numerical Model (SED2D) is a advanced module after running RMA2 to modeling sediment distribution and bed changes. In the RMA2 module so that modeling approaches the field data, it is necessary to compare Root Mean Square Error (RMSE). The smallest RMSE value will be used as modeling with the flowrate data used as the upstream boundary conditions and surface water level data as the downstream boundary conditions. The results of the RMA2 modeling are continued on the SED2D module, with data on the concentration of sediments in the upstream and downstream being used as boundary conditions.*

*From the modeling adjustment, the value of flow velocity between 0,192 m/s and 0,608 m/s is obtained, if it's getting downstream on the outside of each turn has the potential for scouring. The total volume of sediment produced by the river flow from Muara Rungan to Hantasan Kudung within the simulation period of 31 days (744 hours) is 82,742,173 m<sup>3</sup>. Whereas to obtain an optimal shipping channel, dredging needs to be done with a volume of 272,405.44 m<sup>3</sup> (STA 0+000 - STA 4+100) with an estimated budget cost of Rp. 6,709,412,678.41.*

*Keywords: Shipping Channel, River, RMA2, SED2D, SMS, RMSE*

## KATA PENGANTAR

Puji dan syukur ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa dipanjatkan atas rahmat dan karunia-Nya sehingga saya dapat menyelesaikan Skripsi ini. Skripsi berjudul **“STUDI PERENCANAAN ALUR LAYAR KAPAL BERDASARKAN HASIL PEMODELAN *SOFTWARE* SMS PADA BELOKAN SUNGAI KAHAYAN LOKASI MUARA RUNGAN – HANTASAN KUDUNG KOTA PALANGKA RAYA PROVINSI KALIMANTAN TENGAH”** disusun sebagai salah satu syarat untuk menyelesaikan studi pada jenjang Strata-1 yang berlaku dalam kurikulum Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.

Pada kesempatan ini, saya mengucapkan terima kasih dan penghargaan yang setinggi-tingginya kepada :

1. Bapak **Ir. WALUYO NUSWANTORO, M.T.** selaku Dekan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
2. Ibu **FRIEDA, S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Akademik Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
3. Bapak **Dr. SUTAN PARASIAN SILITONGA, S.T.P., S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Umum dan Keuangan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
4. Bapak **Dr. DEDDY NAN SETYA PUTRA TANGGARA, S.T., M.T.** selaku Wakil Dekan Bidang Kemahasiswaan Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
5. Bapak **Dr. RUDI WALUYO, S.T., M.T.** selaku Ketua Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
6. Ibu **VERONICA HAPPY PUSPASARI, S.T., M.T.** selaku Sekretaris Jurusan/Program Studi Teknik Sipil Universitas Palangka Raya.
7. Bapak **RADEN HARYO SAPUTRA, M.T.** selaku Dosen Pembimbing Akademik.
8. Ibu **NOMERITAE, S.T., M.Eng., Ph.D.** selaku Dosen Pembimbing Utama Skripsi.

9. Bapak **Ir. HENDRO SUYANTO, M.T.** selaku Dosen Pembimbing Pendamping Skripsi.
10. Bapak **Ir. ALLAN RESTU JAYA, M.T.** selaku Dosen Pembahas 1.
11. Bapak **HAIKI MART YUPI, S.T.,M.T.,Ph.D.** selaku Dosen Pembahas 2.
12. Bapak **Dr. Ir. I MADE KAMIANA, M.T.** selaku Dosen Moderator.
13. Seluruh Dosen Jurusan/Program Studi Teknik Sipil beserta staf Tata Usaha Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya.
14. Keluarga dan teman-teman mahasiswa Fakultas Teknik Universitas Palangka Raya khususnya kepada Angkatan 2015 Teknik Sipil dan kepada semua pihak yang membantu dalam penyelesaian Skripsi ini.

Akhir kata, dengan segala kerendahan hati dan menyadari bahwa penulisan Skripsi ini banyak terdapat kekurangan dan kelemahan, oleh karena itu diharapkan berbagai kritik dan saran yang membangun demi perbaikan dimasa mendatang. Terima kasih.

Palangka Raya, Februari 2021

**AMELDA EVA ADELINA**  
**DAB 115 063**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>RINGKASAN</b> .....	iii
<b>SUMMARY</b> .....	iv
<b>KATA PENGANTAR</b> .....	v
<b>DAFTAR ISI</b> .....	vii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
 <b>BAB I PENDAHULUAN</b>	
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	3
1.4. Batasan Masalah.....	3
1.5. Manfaat Penelitian.....	4
1.6. Lokasi Penelitian .....	5
 <b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1. Sungai.....	7
2.2. Zona Melintang .....	7
2.3. Zona Memanjang .....	8
2.4. Alur Sungai.....	8
2.4.1. Alur Sungai Lurus .....	9
2.4.2. Alur Sungai Bercabang-Cabang ( <i>Braided River and Furcation</i> ).....	10
2.4.3. Sungai Bermeander .....	10
2.5. Karakteristik Aliran di Belokan Sungai .....	11
2.5.1. Belokan Sungai dalam Konsep Eko-Hidrolika.....	13
2.5.2. Belokan Saluran Dengan Hambatan.....	14
2.6. Sedimentasi.....	14

2.6.1. Gerakan Sedimen.....	15
2.6.2. Angkutan Sedimen ( <i>Sediment Transport</i> ).....	16
2.7. Perhitungan Debit Sungai.....	17
2.8. Alur Pelayaran.....	18
2.9. <i>Surface Water Modelling System</i> (SMS).....	19
2.9.1. Pemodelan Arus (RMA2).....	19
2.9.2. Pemodelan Sedimentasi (SED2D).....	21
2.10. Penelitian Terdahulu.....	22

### **BAB III METODE PENELITIAN**

3.1. Umum.....	25
3.2. Pengumpulan Data.....	28
3.3. Metode Pengukuran Debit.....	29
3.4. Teknik Pengambilan Sampel.....	33
3.5. Teknik Pelaksanaan Pengujian Laboratorium.....	36
3.5.1. Pengujian Berat Jenis Sedimen (Gs).....	36
3.5.2. Pengujian Diameter Sedimen.....	37
3.6. Pemodelan Arus dan Sedimentasi.....	38
3.7. Perencanaan Normalisasi Sungai (Pengerukan).....	39
3.7.1. Volume Pengerukan.....	39
3.7.2. Rencana Anggaran Biaya (RAB).....	39

### **BAB IV ANALISIS DAN PEMBAHASAN**

4.1. Data Hasil Pengukuran.....	41
4.1.1. Tinggi Muka Air.....	42
4.1.2. Kecepatan Aliran.....	46
4.1.3. Data Sedimen.....	48
4.2. Analisis Data Debit.....	48
4.3. Proses Pemodelan pada SMS ( <i>Software Surface-water Modelling System</i> ).....	52
4.4. Analisis Pola Aliran dengan Modul RMA2.....	55
4.5. <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE).....	60
4.6. Analisis Pola Sebaran Sedimen dengan Modul SED2D.....	64

4.7. Pengerukan ( <i>Dredging</i> ) .....	69
4.7.1. Kedalaman dan Lebar Alur Pelayaran.....	71
4.7.2. Rencana Anggaran Biaya .....	77
<b>BAB V PENUTUP</b>	
5.1. Kesimpulan.....	78
5.2. Saran .....	79
<b>DAFTAR PUSTAKA</b> .....	80
<b>LAMPIRAN</b> .....	82
Lampiran 1 : Perhitungan <i>Root Mean Square Error</i> (RMSE) .....	82
Lampiran 2 : Nilai Konsentrasi Sedimen pada Titik Pengamatan Arah Memanjang Sungai .....	152
Lampiran 3 : Nilai Konsentrasi Sedimen pada Titik Pengamatan Arah Melintang Sungai .....	162
Lampiran 4 : Perhitungan Volume Pengerukan (STA 0+000 - STA 4+100) .	172
Lampiran 5 : Perhitungan Harga Satuan Pekerjaan dan Rekapitulasi Anggaran Biaya Perencanaan Normalisasi Sungai .....	175
Lampiran 6 : Gambar Rencana Sesudah Pengerukan .....	177
Lampiran 7 : Dokumentasi Penelitian .....	178

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu .....	23
Tabel 3.1 Pengukuran Kecepatan Aliran Metode 1 Titik, 2 Titik, 3 Titik .....	31
Tabel 3.2 Rekapitulasi Anggaran Biaya Pekerjaan Perencanaan Normalisasi (Pengerukan) Sungai Kahayan, Kota Palangka Raya.....	40
Tabel 4.1 Titik Koordinat Lokasi Penelitian .....	41
Tabel 4.2 Data Pengukuran Tinggi Muka Air Penampang I (Hulu) .....	43
Tabel 4.3 Data Pengukuran Tinggi Muka Air Penampang V (Hilir).....	45
Tabel 4.4 Tabel Perhitungan Kecepatan Rerata pada Penampang I (Rai II) ...	47
Tabel 4.5 Hasil Analisis TSS <i>Suspended Load</i> Sedimen.....	48
Tabel 4.6 Hasil Perhitungan Debit Penampang I.....	49
Tabel 4.7 Hasil Perhitungan Debit Penampang II.....	49
Tabel 4.8 Hasil Perhitungan Debit Penampang III .....	50
Tabel 4.9 Hasil Perhitungan Debit Penampang IV .....	51
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Debit Penampang V .....	51
Tabel 4.11 Parameter Nilai Viskositas Eddy dan Kekasaran <i>Manning</i> pada Pemodelan Modul RMA2 .....	60
Tabel 4.12 Nilai RMSE Plan A pada Kecepatan .....	61
Tabel 4.13 Nilai RMSE Plan A pada Tinggi Muka Air.....	61
Tabel 4.14 Nilai RMSE Plan B pada Kecepatan.....	61
Tabel 4.15 Nilai RMSE Plan B pada Tinggi Muka Air.....	62
Tabel 4.16 Nilai RMSE Plan C pada Kecepatan.....	62
Tabel 4.17 Nilai RMSE Plan C pada Tinggi Muka Air.....	63
Tabel 4.18 Nilai RMSE Plan D pada Kecepatan .....	63
Tabel 4.19 Nilai RMSE Plan D pada Tinggi Muka Air.....	63
Tabel 4.20 Perbandingan Nilai RMSE.....	64
Tabel 4.21 Perhitungan Volume Sedimen dalam Rentang Waktu 31 Hari .....	67
Tabel 4.22 Data Lebar dan Kedalaman Berdasarkan Titik Tinjauan.....	70
Tabel 4.23 Contoh Perhitungan Luas dan Volume Pengerukan .....	75

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1.1 Peta Wilayah Provinsi Kalimantan Tengah (Lokasi Penelitian) ..	5
Gambar 1.2 Peta Kota Palangka Raya (Lokasi Penelitian).....	6
Gambar 1.3 Batas Lokasi Pengukuran .....	6
Gambar 2.1 Tipe Alur Sungai Menurut Rosgen .....	9
Gambar 2.2 Klasifikasi Bentuk Meander Menurut Kellerhals .....	11
Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian .....	26
Gambar 3.2 Contoh Penampang Melintang Pengukuran Debit dengan Menggunakan Penampang Tengah ( <i>Mid-Section</i> ).....	29
Gambar 3.3 Contoh Penampang Melintang Pengukuran Debit dengan Menggunakan Penampang Rerata ( <i>Mean-Section</i> ).....	30
Gambar 3.4 Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Metode 1 Titik, 2 Titik, 3 Titik.....	32
Gambar 3.5 Pengukuran Kecepatan Menggunakan Pelampung .....	32
Gambar 3.6 Alat Pengambil Sampel Sedimen ( <i>depth integrating sampler</i> )....	34
Gambar 3.7 Alat Ukur Kecepatan Aliran ( <i>current meter</i> ) .....	35
Gambar 3.8 Skema Simulasi Secara Keseluruhan .....	38
Gambar 4.1 Sketsa Lokasi Penelitian .....	42
Gambar 4.2 Kondisi Lokasi Pengukuran .....	42
Gambar 4.3 Sketsa Pengukuran Penampang Sungai I-I Melintang (Hulu) .....	43
Gambar 4.4 Grafik Data Pengukuran Tinggi Muka Air Penampang I (Hulu).	44
Gambar 4.5 Sketsa Pengukuran Penampang Sungai V-V Melintang (Hilir)...	45
Gambar 4.6 Grafik Data Pengukuran Tinggi Muka Air Penampang V (Hilir)	46
Gambar 4.7 Penampang I Melintang .....	49
Gambar 4.8 Penampang II Melintang .....	50
Gambar 4.9 Penampang III Melintang.....	50
Gambar 4.10 Penampang IV Melintang .....	51
Gambar 4.11 Penampang V Melintang.....	52
Gambar 4.12 Peta Batimetri Sungai Kahayan.....	53

Gambar 4.13 Gambar Udara pada Lokasi Penelitian.....	53
Gambar 4.14 Hasil <i>Scatter</i> (Titik Merah) dan <i>Polygon</i> Tertutup (Garis Hitam).....	54
Gambar 4.15 Hasil <i>Meshing</i> pada Pemodelan Muara Rungan – Hantasan Kudung Sungai Kahayan.....	54
Gambar 4.16 Hasil <i>Running</i> Kecepatan Aliran Berdasarkan Warna pada Modul RMA2.....	56
Gambar 4.17 Hasil <i>Running</i> Kecepatan Aliran Berdasarkan Vector pada Modul RMA2.....	57
Gambar 4.18 Lokasi Kemungkinan Terjadinya Gerusan.....	58
Gambar 4.19 Hasil <i>Running</i> Kedalaman Air pada Modul RMA2.....	59
Gambar 4.20 Hasil <i>Running</i> Tinggi Muka Air pada Modul RMA2.....	59
Gambar 4.21 Hasil <i>Running</i> SED2D dan Titik Pengamatan Konsentrasi Sedimen Arah Memanjang.....	65
Gambar 4.22 Hasil <i>Running</i> SED2D dan Titik Pengamatan Konsentrasi Sedimen Arah Melintang.....	66
Gambar 4.23 Grafik Perbandingan Sebelum dan Sesudah Sebaran Sedimen .	69
Gambar 4.24 Layout Alur Pelayaran yang direncanakan (STA 0+000 - STA 4+100).....	71
Gambar 4.25 Kedalaman Alur Pelayaran.....	73
Gambar 4.26 Sketsa Luas Area Pengerukan.....	74

# BAB I

## PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Dalam mengembangkan perekonomian dan wisata air Sungai Kahayan di Kota Palangka Raya, Pemerintah Kota maupun Provinsi melakukan berbagai usaha memanfaatkan alur Sungai Kahayan menjadi alur pelayaran yang dapat dilalui kapal tongkang, kapal wisata, dan jenis kapal kecil lainnya demi meningkatkan arus barang dan menarik minat wisatawan lokal hingga mancanegara untuk berkunjung dan mengenal alam dan budaya Kalimantan Tengah. Ada berbagai variasi jenis dan ukuran kapal yang digunakan. Diantaranya adalah kapal kecil atau kapal wisata yang dapat dinaiki 5 orang hingga 20 orang, adapula jenis kapal barang yang biasanya berukuran lebih besar dan digunakan untuk mengangkut barang ataupun material dengan bobot sampai ribuan ton. Penyewaan kapal kecil dapat dilakukan langsung dengan pemiliknya atau ke Biro Perjalanan Wisata untuk kapal khusus yang biasanya dapat dinaiki 20 orang.

Untuk area wisata air maupun pelabuhan memiliki alur pelayarannya tersendiri yang merupakan daerah belokan sungai dimana ada berbagai aktivitas-aktivitas masyarakat setempat yang membuka wisata kuliner dan juga taman untuk bersantai menikmati kearifan lokal Kota Palangka Raya. Arus pada daerah belokan sungai biasanya lebih besar dan cenderung tidak stabil. Di bagian tertentu sungai akan terjadi gerusan dan sedimentasi. Pada bagian sungai yang mengalami sedimentasi akan terjadi pendangkalan sehingga perlu dilakukan pengerukan.

Untuk meningkatkan alur pelayaran yang optimal, hal-hal yang harus ditinjau yaitu kemudahan kapal berlayar dan bermanuver masuk ke area belokan Sungai Kahayan dan menganalisis pola arus serta sedimentasi di sekitar area belokan sungai tersebut. Pola arus dan sedimentasi dapat dianalisis menggunakan bantuan *software*. Salah satu *software* yang dimaksud adalah *Surface Water Modelling System (SMS)*. *Software* tersebut yang akan memodelkan hidrodinamika berupa arus dan sedimentasi yang terjadi pada alur di sekitar belokan Sungai Kahayan, sehingga setelah dianalisis dapat diketahui alur pelayaran yang optimal untuk area belokan sungai tersebut.

Berdasarkan data sekunder awal yang diperoleh (data batimetri), penelitian ini dimulai dari batas hulu Muara Rungan sampai dengan batas hilir Hantasan Kudung yang kemudian akan dilanjutkan pada studi berikutnya dari batas hulu Hantasan Kudung sampai dengan batas hilir Jembatan Kahayan.

## 1.2 Rumusan Masalah

Untuk memudahkan penelitian ini, maka disusunlah rumusan masalah terkait penelitian yang dilakukan. Adapun rumusan masalah yang diteliti adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana kondisi arus dan sedimentasi di lokasi penelitian?
2. Berapa volume sedimen yang harus dikeruk untuk mendapatkan alur pelayaran yang optimal di lokasi penelitian?
3. Berapa biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pengerukan di area penelitian?

### 1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian yang dilakukan ini, adapun tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kondisi arus dan sedimentasi di lokasi penelitian.
2. Mengetahui volume sedimen yang harus dikeruk untuk mendapatkan alur pelayaran yang optimal di lokasi penelitian.
3. Mengetahui biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pengerukan di area penelitian.

### 1.4 Batasan Masalah

Pada penelitian ini, adapun batasan masalah yang perlu diketahui adalah sebagai berikut:

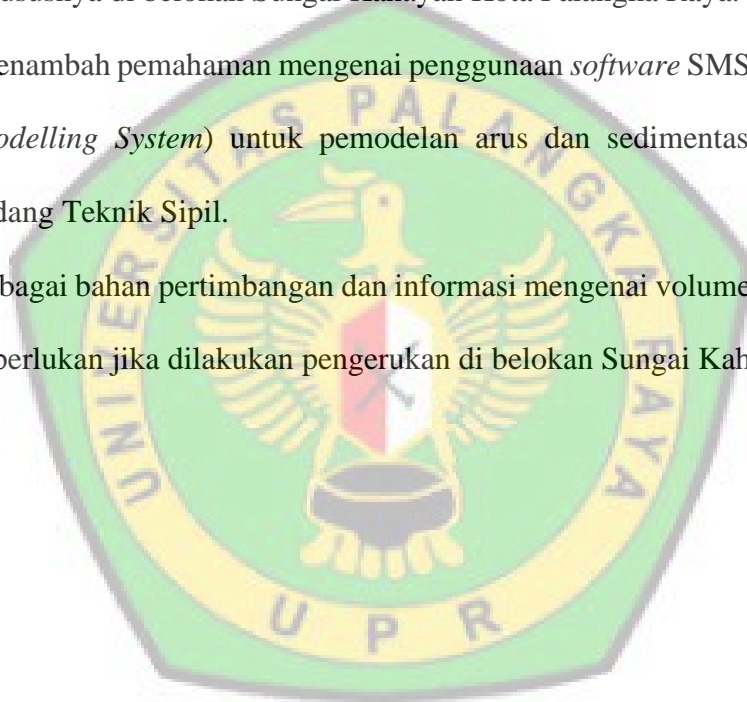
1. Data batimetri yang digunakan adalah data sekunder hasil *survey* dari penelitian sebelumnya (Prabowo, 2017).
2. Penelitian perencanaan alur pelayaran hanya dilakukan di alur Sungai Kahayan dengan batas mulai hulu Muara Rungan dan batas hilir Hantasan Kudung.
3. Analisa RAB (Rencana Anggaran Biaya) hanya menghitung biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pengerukan di area belokan Sungai Kahayan khususnya pada pekerjaan galian.
4. Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) didasari oleh Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016 dan Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Tahun 2019 Semester 2.
5. Tidak membahas kualitas air.

6. Tidak membahas proses terbentuknya sedimentasi.
7. Tidak membahas dampak gerusan pada belokan sungai.
8. Pemodelan hanya menampilkan kondisi selama penelitian berlangsung.

### 1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat yang diharapkan dari studi perencanaan ini adalah:

1. Memberikan informasi mengenai kondisi alur pelayaran Sungai Kahayan khususnya di belokan Sungai Kahayan Kota Palangka Raya.
2. Menambah pemahaman mengenai penggunaan *software* SMS (*Surface Water Modelling System*) untuk pemodelan arus dan sedimentasi khususnya di bidang Teknik Sipil.
3. Sebagai bahan pertimbangan dan informasi mengenai volume dan biaya yang diperlukan jika dilakukan pengerukan di belokan Sungai Kahayan.



## 1.6 Lokasi Penelitian

Penelitian dilakukan di belokan Sungai Kahayan Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Batas hulu lokasi penelitian adalah Muara Rungan dan batas hilir adalah Hantasan Kudung. Untuk lebih jelas dapat dilihat pada Gambar 1.1, Gambar 1.2. dan Gambar 1.3.



(Sumber: Google – Peta Rupabumi Indonesia, BIG; Permendagri Nomor 56 Tahun 2015)

**Gambar 1.1 Peta Wilayah Provinsi Kalimantan Tengah (Lokasi Penelitian)**



(Sumber: Google – Data Peta, 2019)

**Gambar 1.2 Peta Kota Palangka Raya (Lokasi Penelitian)**



**Gambar 1.3 Batas Lokasi Pengukuran**

## **BAB II**

### **TINJAUAN PUSTAKA**

#### **2.1 Sungai**

Sungai adalah air tawar yang mengalir dari sumbernya di daratan menuju dan akhirnya bermuara di laut, danau atau sungai yang lebih besar. Aliran sungai merupakan aliran yang bersumber dari limpasan yang berasal dari hujan, gletser, limpasan dari anak-anak sungai dan limpasan dari air tanah. Sungai termasuk salah satu wilayah keairan. Wilayah keairan dapat dibedakan menjadi beberapa kelompok berdasarkan sudut pandang yang berbeda-beda. Sudut pandang yang biasa digunakan dalam pengelompokan jenis wilayah keairan ini antara lain adalah morfologi, ekologi, dan antropogenik (campur tangan manusia pada wilayah keairan tersebut).

#### **2.2 Zona Memanjang**

Zona memanjang pada umumnya diawali dengan kali kecil dari mata air di daerah pegunungan, kemudian sungai menengah di daerah peralihan antara pegunungan dan dataran rendah, dan selanjutnya sungai besar pada dataran rendah sampai di daerah pantai. Menurut berbagai literatur dalam Maryono (2017), pada umumnya ditemukan tiga pembagian zona sungai memanjang yakni sungai bagian hulu "*upstream*", bagian tengah "*middle-stream*", dan bagian hilir "*downstream*". Dari hilir sampai ke hulu dapat ditelusuri perubahan-perubahan komponen sungai seperti kemiringan sungai, debit sungai, temperatur, kandungan oksigen, kecepatan aliran, dan kekuatan aliran terhadap erosi.

Faktor yang sangat berpengaruh dari perubahan-perubahan komponen tersebut adalah kemiringan sungai, di samping juga jenis material dasar dan tebing yang dilewati sungai. Perubahan kemiringan sungai menentukan perubahan dalam temperatur, kandungan oksigen, kecepatan air, dan lain-lain. Sedangkan perubahan kemiringan dikombinasikan dengan jenis sedimen dasar sungai dan iklim mikro akan menentukan jenis vegetasi sungai.

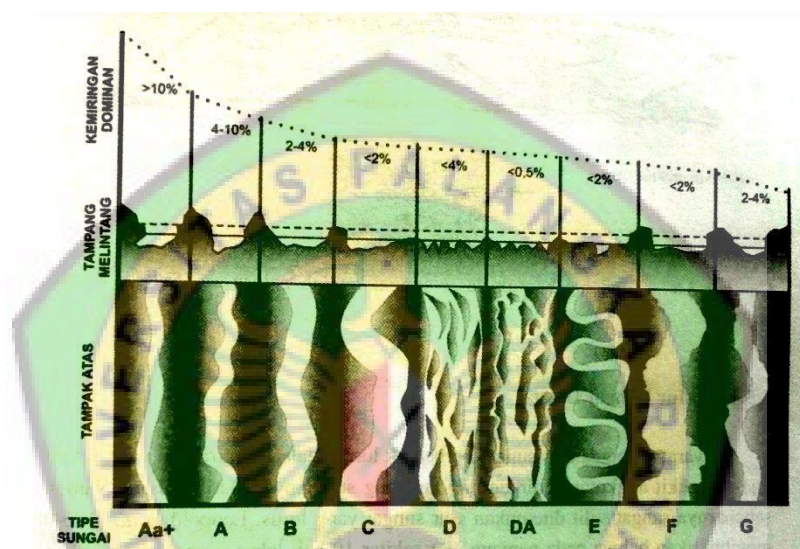
### **2.3 Zona Melintang**

Pada zonasi sungai secara melintang dapat dibedakan menjadi tiga zona, yakni zona akuatik (badan sungai), zona amphibi (daerah tebing sungai sampai pertengahan bantaran), dan zona teras sungai (daerah pertengahan bantaran yang sering tergenang air saat banjir sampai batas luar bantaran yang hanya terkadang kena banjir). Kondisi biotik dan abiotik di ketiga zona ini dipengaruhi oleh lama, ketinggian, dan frekuensi banjir yang ada. Banjir (tinggi genangan air) merupakan faktor dominan yang mempengaruhi perubahan kualitas dan kuantitas habitat serta morfologi sungai.

### **2.4 Alur Sungai**

Di dalam morfologi klasik, ke arah memanjang bentuk alur sungai dapat dibedakan menjadi lurus, bercabang-cabang, dan bermeander. Bentuk alur sungai ini sangat ditentukan oleh kemiringan dasar sungai dan jenis sedimen yang menyusun dasar sungai.

Menurut Rosgen (dalam Maryono, A., 2017), bentuk sungai memanjang dapat dibedakan menjadi 7 tipe, yakni A, B, C, D, E, F, dan G. Tipe-tipe tersebut terbentuk terutama dipengaruhi oleh kemiringan memanjang dan sedikit sedimen penyusun dasar sungainya. Sebagai contoh pada kemiringan 4-10% bentuk sungai relatif lurus, pada kemiringan 2-4% relatif bermeander, dan pada kemiringan <2% berupa *anastomosing* (bercabang-cabang). Gambar 2.1 menunjukkan tipe-tipe alur sungai.



(Sumber: Agus Maryono, 2017)

**Gambar 2.1 Tipe Alur Sungai Menurut Rosgen**

#### 2.4.1 Alur Sungai Lurus

Syarat sehingga alur sungai berbentuk lurus adalah kemiringan yang relatif tajam, sedikit angkutan sedimen dan tampang sungainya relatif sempit. Namun sebenarnya sangat sulit ditemukan alur sungai yang lurus. Leopold *et al.* (dalam Maryono, A., 2017) membuktikan bahwa pada panjang alur sekitar 10 kali lebar sungai, sungai akan mengalami perubahan arah (membelok).

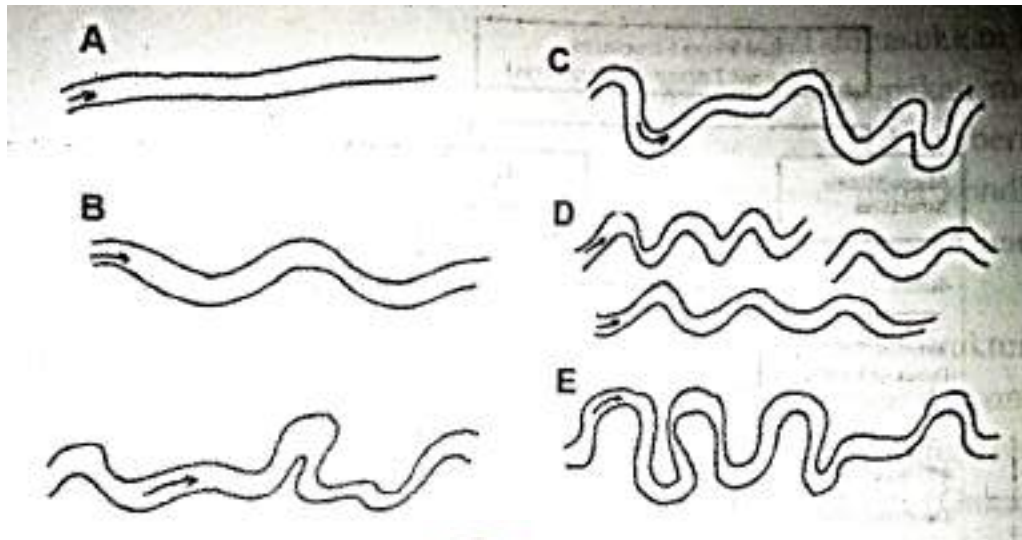
#### 2.4.2 Alur Sungai Bercabang-Cabang (*Braided River and Furcation*)

Pulau-pulau, *dune*, atau *bar* di tengah sungai adalah suatu medium timbal balik terjadinya alur sungai yang bercabang atau berbentuk *braided*. Dengan faktor tambahan besarnya angkutan sedimen pada alur tersebut maka sungai akan secara kontinyu dan periodik membentuk *island bar* atau *dune* sebagai proses sedimentasi dan erosi. Di samping itu terjadinya alur *braided river* juga disebabkan oleh kemiringan yang relatif rendah (<2%) dan material dasar sungai berupa pasir lepas dan tanah lepas.

Pada bentuk bercabang-cabang ini dapat dilihat secara jelas keterkaitan antara ekologi dan hidraulik pada suatu sistem sungai. Pulau dengan vegetasinya merupakan komponen resistensi hidraulik yang sangat vital yang berfungsi sebagai stabilisator alur sungai dengan bentuk alur *braided* dan *furcation* tersebut.

#### 2.4.3 Sungai Bermeander

Bentuk yang lazim dari sungai yang berkelok-kelok adalah meander. Pada umumnya sungai meander ini memiliki *slope* (kemiringan dasar sungai) yang rendah. Pada kondisi ini sungai membentuk dasar dan alurnya mengikuti prinsip energi minimum, di mana pada setiap aliran dasar sungai dan alur sungai berubah bentuknya ke arah tahanan minimumnya. Dengan demikian terjadi keseimbangan antara garis energi dan resisten aliran. Keseimbangan ini menghasilkan proses sedimentasi dan erosi pada tempat yang hampir sama (berdampingan). Sebagai contoh erosi di bagian luar suatu kurva meander dan sedimentasi di bagian dalam kurvanya.



(Sumber: Agus Maryono, 2017)

**Gambar 2.2 Klasifikasi Bentuk Meander Menurut Kellerhals.**

**A. Meander lurus; B. Meander berbentuk sinus;**

**C. Meander tidak teratur; D. Meander teratur;**

**E. Meander berkelok-kelok**

## 2.5 Karakteristik Aliran di Belokan Sungai

Secara alamiah alur sungai dari wilayah hulu ke hilir membentuk profil berbelok-belok akibat proses terjadinya morfodinamik sungai yang disebabkan oleh interaksi aliran, sedimen, dinding sungai dan gaya-gaya yang mempengaruhinya. Belokan-belokan sungai akan terevolusi secara terus menerus, sehingga tidak jarang dijumpai posisi-posisi belokan sungai yang tersusun seri dalam rangka mencapai keseimbangan. Belokan-belokan sungai secara seri pada suatu kurvatur sungai disebut meander, umumnya dinyatakan dengan indeks meander, yakni perbandingan antara panjang total alinyemen sungai dan panjang total kurvatur sungai.

Sungai lurus memiliki indeks meander sama dengan satu. Jika semakin tinggi angka indeks meander sungai maka sudut belokan dalam akan semakin kecil dan sebaliknya. Sungai meander digolongkan sebagai suatu sungai yang membentuk fungsi sinus yang dibedakan menjadi dua jenis yakni irregular meander dan regular meander. Irregular meander diistilahkan untuk sungai yang mempunyai kurva belokan yang tidak teratur antara satu belokan dan belokan yang mengikutinya dan regular meander untuk sungai yang mempunyai kurvatur seragam.

Gerakan air pada saluran terbuka yang membelok akan mengalami terjadinya gaya lemparan ke sisi luar belokan yang di sebut dengan gaya centrifugal. Pada saat kondisi ini aliran akan berusaha bergerak keluar, tetapi angkutan massa total pada arah transversal harus sama dengan nol. Fenomena seperti ini disebut fenomena aliran helikoidal yaitu suatu fenomena aliran utama searah aliran dipengaruhi oleh hadirnya aliran sekunder.

Karena adanya fenomena ini maka terjadi interaksi antara tegangan geser (akibat aliran helikoidal) dengan tegangan geser yang menahan (akibat sifat erodibilitas penampang basah saluran). Dampak utama dari fenomena aliran helikoidal adalah terjadinya serangan pada tebing saluran pada sisi luar belokan, serta pengendapan atau sedimentasi pada dasar saluran di dekat sisi dalam belokan. Fenomena gerusan lokal (*local scouring*) yang terjadi di sungai terutama di sekitar belokan sungai, umumnya sering terjadi akibat arus sekunder dan gaya sentrifugal yang bekerja pada aliran. Secara umum karakteristik aliran di sekitar belokan sungai, ditandai dengan tidak liniernya pola arus tetapi membentuk pusaran-pusaran (*eddies*). Akibat yang ditimbulkan oleh arus dan gaya tersebut adalah

terjadi perbedaan elevasi muka air pada sisi luar belokan dan sisi dalam belokan sungai.

Penelitian-penelitian laboratorium (Ishak, G., 1992) menunjukkan bahwa pada kasus belokan sungai terjadi perubahan pada profil muka air melintang saluran. Perubahan profil melintang diketahui dengan kenaikan muka air di belokan saluran yang dapat diidentifikasi dari bilangan Froude. Pada bilangan Froude yang kecil perbedaan ketinggian muka air kecil dan sebaliknya. Kenaikan permukaan air di belokan berbanding lurus terhadap kecepatan. Akibat yang ditimbulkan oleh akumulasi aliran dan kenaikan muka air di belokan sungai adalah gerusan tebing pada sisi luar belokan sungai.

### **2.5.1 Belokan Sungai dalam Konsep Eko-Hidraulik**

Konsep eko-hidraulik adalah konsep integral dalam pembangunan sungai yang memasukkan unsur pertimbangan hidraulika dan ekologis secara sinergis. Dalam konsep ini, sungai dilihat sebagai satu kesatuan ekosistem keairan yang sifatnya terbuka dari hulu ke hilir. Belokan-belokan sungai dalam konsep eko-hidraulik adalah salah satu elemen penting dalam pengelolaan sungai. Belokan-belokan sungai tidak dianggap sebagai faktor pemicu luapan banjir dan genangan tetapi justru merupakan wahana yang paling efektif untuk mereduksi akumulasi banjir di bagian hilir. Mempertahankan belokan sungai secara alamiah merupakan cara yang sangat dianjurkan untuk penanganan banjir. Banjir seringkali muncul akibat kesalahan konsep drainase, yang menyatakan bahwa air yang jatuh dipermukaan harus dibuang secepat-cepatnya ke sungai. Apabila dikaji lebih lanjut,

konsep drainase seperti ini akan memberi peluang akumulasi banjir yang lebih besar di bagian hilir.

Belokan-belokan yang ada disepanjang alur sungai semestinya dianggap sebagai faktor yang menguntungkan untuk pengelolaan sungai. Dalam konsep drainase, belokan-belokan sungai dapat memperlambat laju aliran di sungai, sehingga memberikan keuntungan dua hal, yaitu belokan sungai akan memberikan kesempatan air meresap ke dalam tanah sebelum terdrainasi ke hilir dan belokan sungai akan memperlambat dan mereduksi waktu dan debit puncak banjir di bagian hilir. Sepintas belokan sungai dapat juga dianggap sebagai kolam konservasi (retensi) di alur sungai.

### 2.5.2 Belokan Saluran Dengan Hambatan

Wiyono pada tahun 2006 dalam buku Ishak (2017) menggolongkan jenis gerusan yang terjadi pada sungai yaitu:

- a. Gerusan umum (*general scour*) adalah gerusan umum ini merupakan suatu proses alami yang terjadi pada sungai.
- b. Gerusan akibat penyempitan di alur sungai (*contraction scour*).
- c. Gerusan lokal (*local scour*) adalah gerusan lokal ini pada umumnya diakibatkan adanya bangunan air.

## 2.6 Sedimentasi

Sedimen adalah pecahan-pecahan material yang umumnya terdiri atas uraian batu-batuan secara fisis dan secara kimia. Partikel seperti ini mempunyai ukuran dari yang besar (*boulder*) sampai yang sangat halus (*koloid*), dan beragam bentuk

dari bulat, lonjong sampai persegi. Hasil sedimen biasanya diperoleh dari pengukuran sedimen terlarut dalam sungai (*suspended sediment*), dengan kata lain bahwa sedimen merupakan pecahan, mineral, atau material organik yang ditransformasikan dari berbagai sumber dan diendapkan oleh media udara, angin, es, atau oleh air dan juga termasuk di dalamnya material yang diendapkan dari material yang melayang dalam air atau dalam bentuk larutan kimia.

Sedimentasi merupakan suatu proses pengendapan material yang ditranspor oleh media air, angin, es, atau gletser di suatu cekungan. Delta yang terdapat di mulut-mulut sungai adalah hasil dan proses pengendapan material-material yang diangkut oleh air sungai dan bukit pasir (*sand dunes*) yang terdapat di gurun maupun di tepi pantai adalah pengendapan dari material-material yang telah diangkut oleh angin.

Proses terjadinya sedimentasi merupakan bagian dari suatu proses erosi tanah. Timbulnya bahan sedimen adalah sebagai akibat terjadinya erosi tanah. Kegiatan ini berlangsung baik oleh air maupun angin. Proses erosi dan sedimentasi di Indonesia yang lebih berperan adalah faktor air, sedangkan faktor angin relatif kecil.

### 2.6.1 Gerakan Sedimen

Terdapat dua macam gerakan sedimen, yaitu gerakan fluvial (*fluvial movement*) dan gerakan massa (*mass movement*).

#### 1. Gerakan fluvial

Gerakan Fluvial adalah Gaya-gaya yang menyebabkan bergerak butiran-butiran kerikil yang terdapat di atas permukaan dasar sungai terdiri dari

komponen gaya-gaya gravitasi yang sejajar dengan dasar sungai .dan gaya geser serta gaya angkat yang dihasilkan oleh kekuatan aliran air sungai.

## 2. Gerakan massa

Gerakan massa sedimen adalah gerakan air bercampur massa sedimen dengan konsentrasi yang sangat tinggi, di hulu sungai-sungai arus deras di daerah lereng-lereng pegunungan atau gunung berapi. Gerakan massa sedimen ini disebut sedimen luruh yang biasanya dapat terjadi di dalam alur sungai arus deras (*torrent*) yang kemiringannya lebih besar dari 15°.

### 2.6.2 Angkutan Sedimen (*Sediment Transport*)

Ada tiga macam angkutan sedimen yang terjadi di dalam alur sungai (Mulyanto, 2007) yaitu:

- a. “*Wash load*“ atau sedimen cuci terdiri dari partikel lanau dan debu yang terbawa masuk ke dalam sungai dan tetap tinggal melayang sampai mencapai laut, atau genangan air lainnya. Sedimen jenis ini hampir tidak mempengaruhi sifat-sifat sungai meskipun jumlahnya yang terbanyak dibanding jenis-jenis lainnya terutama pada saat-saat permulaan musim hujan datang. Sedimen ini berasal dari proses pelapukan Daerah Aliran Sungai yang terutama terjadi pada musim kemarau sebelumnya.
- b. “*Suspended load*” atau sedimen layang terutama terdiri dari pasir halus yang melayang di dalam aliran karena tersangga oleh turbulensi aliran air. Pengaruh sedimen ini terhadap sifat-sifat sungai tidak begitu besar. Tetapi bila terjadi perubahan kecepatan aliran, jenis ini dapat berubah menjadi angkutan jenis ketiga. Gaya gerak bagi angkutan jenis ini adalah turbulensi

aliran dan kecepatan aliran itu sendiri. Dalam hal ini dikenal kecepatan pungut atau “*pick up velocity*”. Untuk besar butiran tertentu bila kecepatan pungutnya dilampaui, maka material akan melayang. Sebaliknya, bila kecepatan aliran yang mengangkutnya mengecil di bawah kecepatan pungutnya, maka material akan tenggelam ke dasar aliran.

- c. “*Bed load*” merupakan angkutan dasar di mana material dengan besar butiran yang lebih besar akan bergerak menggelincir atau *translate*, menggelinding atau *rotate* satu di atas lainnya pada dasar sungai; gerakannya mencapai kedalaman tertentu dari lapisan sungai. Tenaga penggerak dari angkutan dasar ini adalah gaya seret *drag force* dari lapisan dasar sungai.

## 2.7 Perhitungan Debit Sungai

Debit adalah satuan besaran air yang keluar dari suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Debit aliran adalah laju aliran air (dalam bentuk satuan volume air) yang melewati suatu penampang melintang sungai per satuan waktu (Asdak, 2002).

Debit adalah suatu koefisien yang menyatakan banyaknya air yang mengalir dari sumber persatuan waktu, biasanya diukur dalam satuan liter per/detik, untuk memenuhi kebutuhan air pengairan, debit air harus lebih cukup untuk disalurkan ke saluran yang sudah disiapkan.

Pengukuran debit dapat dilakukan dengan berbagai macam cara yaitu:

- a. Pengukuran volume air sungai.
- b. Pengukuran debit dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas suatu penampang melintang sungai.

- c. Pengukuran dengan cara menggunakan bahan kimia yang dialirkan dalam sungai.
- d. Pengukuran debit dengan cara membuat bangunan pengukur debit.

Adapun metode pengukuran debit yang digunakan yaitu dengan cara mengukur kecepatan aliran dan menentukan luas penampang melintang dari sungai tersebut. Selanjutnya, dari hasil pengambilan data di lapangan, dilakukan pengolahan data untuk mengetahui besarnya debit air yang melalui *downstream* sungai tersebut.

Untuk mendapatkan nilai debit pada suatu periode tertentu, maka dilakukan metode dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$Q_w = V \times A \quad (2-1)$$

Keterangan:

$Q_w$  : Debit Aliran ( $m^3/detik$ )  
 $V$  : Kecepatan aliran ( $m/detik$ )  
 $A$  : Luas penampang sungai ( $m^2$ )

## 2.8 Alur Pelayaran

Menurut Peraturan Menteri Perhubungan Nomor 129 Tahun 2016, alur pelayaran adalah perairan yang dari segi kedalaman, lebar dan bebas hambatan pelayaran lainnya dianggap aman dan selamat untuk dilayari kapal angkutan laut. Alur pelayaran menjadi objek vital dari sebuah pelabuhan yang pembangunan maupun pengelolaannya harus dilakukan atas pertimbangan aspek pelayaran khususnya dalam menjamin keselamatan dan keamanan pelayaran. Penyelenggaraan alur pelayaran di Indonesia menjadi tanggung jawab pemerintah yang pelaksanaannya harus dilakukan sebaik mungkin dalam rangka menjamin kelancaran dan efektifitas operasional pelabuhan secara menyeluruh. Pemerintah

sesuai peraturan perundang-undangan yang berlaku harus membangun dan memelihara alur pelayaran yang dalam pelaksanaannya dilakukan oleh penyelenggara pelabuhan. Pembangunan dan pemeliharaan alur pelayaran dilakukan melalui kegiatan pengerukan yang pelaksanaannya menjadi tanggung jawab pemerintah dan implementasinya dilakukan oleh perusahaan tertentu yang memiliki kualifikasi sesuai ketentuan peraturan perundang-undangan.

## **2.9 Surface Water Modelling System (SMS)**

*Surface Water Modelling System (SMS)* adalah *software* program yang cukup lengkap untuk membuat dan mensimulasikan *surface water model*. Program ini didesain untuk perhitungan secara model numerik untuk sungai, pantai, teluk, dan danau.

SMS memiliki kemampuan sebagai pemroses awal dan akhir (*pre-process* dan *post-process*) untuk pemodelan muka air. Yang dimaksud proses awal (*pre-process*) pemodelan adalah kegiatan melakukan diskritisasi terhadap sebuah fungsi atau persamaan. Diskritisasi tersebut dilakukan dengan membangun *mesh* pada daerah yang akan dimodelkan. Proses akhir (*post-process*) pemodelan adalah kegiatan menyajikan data hasil pemodelan.

### **2.9.1 Pemodelan Arus (RMA2)**

Model matematik yang akan digunakan untuk kajian model arus pada belokan Sungai Kahayan, Kota Palangka Raya adalah RMA2 (*Resource Management Associates*) dari *Waterways Experiment Station*. RMA2 adalah

sebuah modul yang ada dalam aplikasi *software* SMS untuk memodelkan hidrodinamika 1D/2D menggunakan metode elemen hingga.

RMA2 bertujuan untuk mensimulasikan elevasi muka air laut dan komponen arus horizontal subkritis, aliran permukaan dalam dua dimensi aliran bidang. Persamaan kontinuitas untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman (*averaged continuity equation*) dapat dituliskan sebagai berikut:

$$\frac{\partial h}{\partial t} + h \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} \right) + u \frac{\partial h}{\partial x} + v \frac{\partial h}{\partial y} = 0 \quad (2-2)$$

Persamaan momentum pada arah sumbu x dan y untuk aliran dua dimensi rata-rata kedalaman dapat dituliskan sebagai berikut:

Untuk aliran arah sumbu x,

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial x} + \frac{\partial a_0}{\partial x} \right) - \frac{\varepsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{xy}}{\rho} \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \\ \frac{gu}{c^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \end{aligned} \quad (2-3)$$

Untuk aliran arah sumbu y,

$$\begin{aligned} \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} + g \left( \frac{\partial h}{\partial y} + \frac{\partial a_0}{\partial y} \right) - \frac{\varepsilon_{xx}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \frac{\varepsilon_{yx}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} - \\ \frac{\varepsilon_{yy}}{\rho} \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} + \frac{gv}{c^2 h} \sqrt{u^2 + v^2} = 0 \end{aligned} \quad (2-4)$$

Keterangan:

- $u$  : Kecepatan horizontal aliran arah x (m/detik)
- $v$  : Kecepatan horizontal aliran arah y (m/detik)
- $t$  : Fungsi waktu (detik)
- $g$  : Percepatan gravitasi (m/detik<sup>2</sup>)
- $h$  : Kedalaman air (m)
- $a_0$  : Elevasi dari dasar tampang (m)
- $\rho$  : Massa jenis (kg/m<sup>3</sup>)
- $\varepsilon_{xx}$  : Koefisien pertukaran turbulensi normal arah x
- $\varepsilon_{yx}$  : Koefisien pertukaran turbulensi tangensial arah x
- $\varepsilon_{yy}$  : Koefisien pertukaran turbulensi normal arah y

$C$  : Koefisien kekasaran Chezy (atau koefisien Manning,  $n = 1/C h^{1/6}$ )

Data yang digunakan untuk pemodelan aliran sungai dengan RMA2 adalah sebagai berikut:

- a. Data layout geometri saluran,
- b. Kontur elevasi dasar saluran atau data tampang saluran,
- c. Material dasar saluran digunakan untuk menentukan angka koefisien manning,
- d. Data debit sungai, untuk keperluan perencanaan kapasitas saluran diperlukan data debit eksisting,
- e. Syarat batas (*boundary condition*) model, meliputi data debit sungai yang diperoleh dari pengolahan analisis data lapangan (syarat batas hulu), elevasi muka air dari hasil pengukuran lapangan (syarat batas hilir).

### 2.9.2 Pemodelan Sedimentasi (SED2D)

Modul SED2D merupakan aplikasi pada angkutan sedimen dengan material dasar lempung atau pasir. SED2D ini hanya dapat bekerja untuk satu ukuran butiran saja (gradasi butiran dasar seragam). Modul SED2D didasarkan pada persamaan *konveksi-difusi* sedimen suspensi yaitu:

$$\frac{\partial c}{\partial t} + \bar{U} \frac{\partial c}{\partial x} + \bar{V} \frac{\partial c}{\partial y} = \frac{\partial}{\partial x} \left( Dx \frac{\partial c}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left( Dy \frac{\partial c}{\partial y} \right) + \alpha_1 c + \alpha_2 \quad (2-5)$$

Keterangan:

$c$  : Konsentrasi ( $\text{kg/m}^3$ )

$t$  : Waktu (detik)

$\bar{U}$  : Kecepatan rata-rata aliran arah x (m/detik)

$\bar{V}$  : Kecepatan rata-rata aliran arah y (m/detik)

$Dx$  : Koefisien difusi efektif arah x ( $\text{m}^2/\text{detik}$ )

$Dy$  : Koefisien difusi efektif arah y ( $\text{m}^2/\text{detik}$ )

$\alpha_1, \alpha_2$  : Koefisien *source term*

Pada persamaan sebelumnya, koefisien difusi turbulen searah dengan arah aliran padat dirumuskan sebagai berikut:

$$D_x = 5,93 H U^* \quad (2-6)$$

Sedangkan koefisien difusi turbulen arah tegak lurus dengan arah aliran dirumuskan sebagai berikut:

$$D_y = 0,23 H U^* \quad (2-7)$$

Dengan kecepatan geser dihitung dengan rumus:

$$U^* = \frac{\sqrt{g \bar{U} n}}{H^{1/6}} \quad (2-8)$$

Keterangan:

$H$  : Kedalaman aliran (m)  
 $U^*$  : Kecepatan geser

Konsentrasi sedimen dihitung dengan rumus:

$$c = \frac{W_s}{W_{total}} \quad (2-9)$$

Keterangan:

$c$  : Konsentrasi sedimen  
 $W_s$  : Berat kadar lumpur (gram)  
 $W_{total}$  : Air + berat kadar lumpur (gram)

## 2.10 Penelitian Terdahulu

Penelitian ini dilakukan tidak terlepas dari hasil penelitian-penelitian terdahulu yang pernah dilakukan sebagai bahan perbandingan dan kajian. Beberapa penelitian terdahulu yang mendasari penelitian ini antara lain:

Tabel 2.1 Penelitian Terdahulu

Nama Peneliti	Judul Penelitian	Hasil Penelitian
Aldila Putri Syamsudin, Yati Muliati, Fachrul M. (2017)	Studi Perencanaan Alur Pelayaran Optimal Berdasarkan Hasil Pemodelan <i>Software</i> SMS-8.1 di Kolong Bandoeng, Belitung Timur	Dari hasil running SMS-8.1 menggunakan modul RMA 2 arus berasal dari laut dan kecepatan arus pada alur yang lurus (0,075 m/s) lebih besar dibanding dengan alur membelok (0,068 m/s). Alur optimal yang dipilih yaitu alur membelok sepanjang 1.800 m. Volume pengerukan pada alur membelok sebesar 159,019 m <sup>3</sup> .
Perbedaan: Penelitian oleh Aldila Putri Syamsudin, Yati Muliati, Fachrul M. (2017) menggunakan <i>software</i> SMS-8.1 di Kolong Bandoeng, Belitung Timur yang berbeda dengan penulis yang menggunakan <i>software</i> SMS-10.0 dengan lokasi penelitian pada belokan Sungai Kahayan, Kota Palangka Raya di Kalimantan Tengah.		
Suyuti (2006)	Analisa Pola Arus dan Sedimentasi di Pantai Losari Makassar dengan Menggunakan Metode <i>Surface Water Modelling System</i> (SMS) dan <i>Overlay Citra Landsat 7-ETM</i> pada Metode Sistem Informasi Geografis (SIG)	Berdasarkan hasil pemodelan sedimen pada SMS menggambarkan bahwa terdapat kesesuaian arah penyebaran sedimen terdapat hasil pada overlay citra Landsat 7-ETM tahun 1996 dan 2002. Terjadinya erosi sepanjang Pantai Losari Makassar disebabkan karena tidak adanya suplai sedimen dari Sungai Jeneberang sebagai sumber utama sedimen pada pembentukan spit Tanjung Bunga dan Delta Geneberang.
Perbedaan: Penelitian oleh Suyuti (2006) meneliti khusus mengenai pola arus dan sedimentasi menggunakan 2 (dua) metode SMS dan SIG yang waktu dan lokasi penelitian berbeda dengan penulis yang membahas mengenai alur pelayaran optimal menggunakan metode SMS.		
Andik Suhariyadi (2016)	Analisa Kelayakan Alur Pelayaran (Studi Kasus Pelabuhan Nagan)	Dari hasil analisa didapatkan Lebar alur keluar-masuk kapal ke kolam pelabuhan untuk dua kapal 1000 DWT dan 5000 DWT direncanakan

		205 m. Kedalaman alur laut direncanakan sedalam 11 meter.
Perbedaan: Penelitian oleh Andik Suhariyadi (2016) membahas mengenai kelayakan alur pelayaran di Pelabuhan Nagan yang berbeda dengan penulis yang membahas mengenai perencanaan alur pelayaran menggunakan <i>software</i> SMS serta perencanaan pengerukan di sekitar lokasi penelitian.		
Sunarso Sugeng (2009)	Pemeliharaan Alur Pelayaran di Sungai Barito	Berdasarkan dari hasil analisa terdapat perubahan dimensi alur pelayaran pada ambang luar Sungai Barito yaitu untuk kedalaman alur terjadi penambahan yang semula - 5 m LWS menjadi - 5,4 m LWS, sedangkan untuk lebar alur terjadi pengurangan yang semula 100 meter menjadi 96 meter.
Perbedaan: Penelitian oleh Sunarso Sugeng (2009) memiliki karakteristik sungai dan lokasi yang berbeda dengan penelitian penulis. Selain itu, penelitian Sugeng (2009) berfokus pada penambahan kedalaman alur tanpa melakukan pemodelan arus dan sedimentasi.		
Kurnia Oktavia Usman (2014)	Analisis Sedimentasi pada Muara Sungai Komering Kota Palembang	Jumlah angkutan sedimen total di muara Sungai Komering dengan menggunakan metode <i>Bagnold</i> dari hasil perhitungan didapatkan 122,77 lb/s. Yang terdiri dari 3 titik yaitu titik 1 = 41,07. Titik 2 = 36,54 dan titik 3 = 45,16.
Perbedaan: Penelitian oleh Kurnia Oktavia Usman (2014) berfokus pada perbandingan berbagai metode untuk perhitungan sedimentasi sedangkan pada penelitian ini membahas mengenai perencanaan alur pelayaran optimal menggunakan pemodelan <i>software</i> SMS serta perencanaan pengerukan yang diperlukan.		

(Sumber: Hasil kajian penulis, 2019)

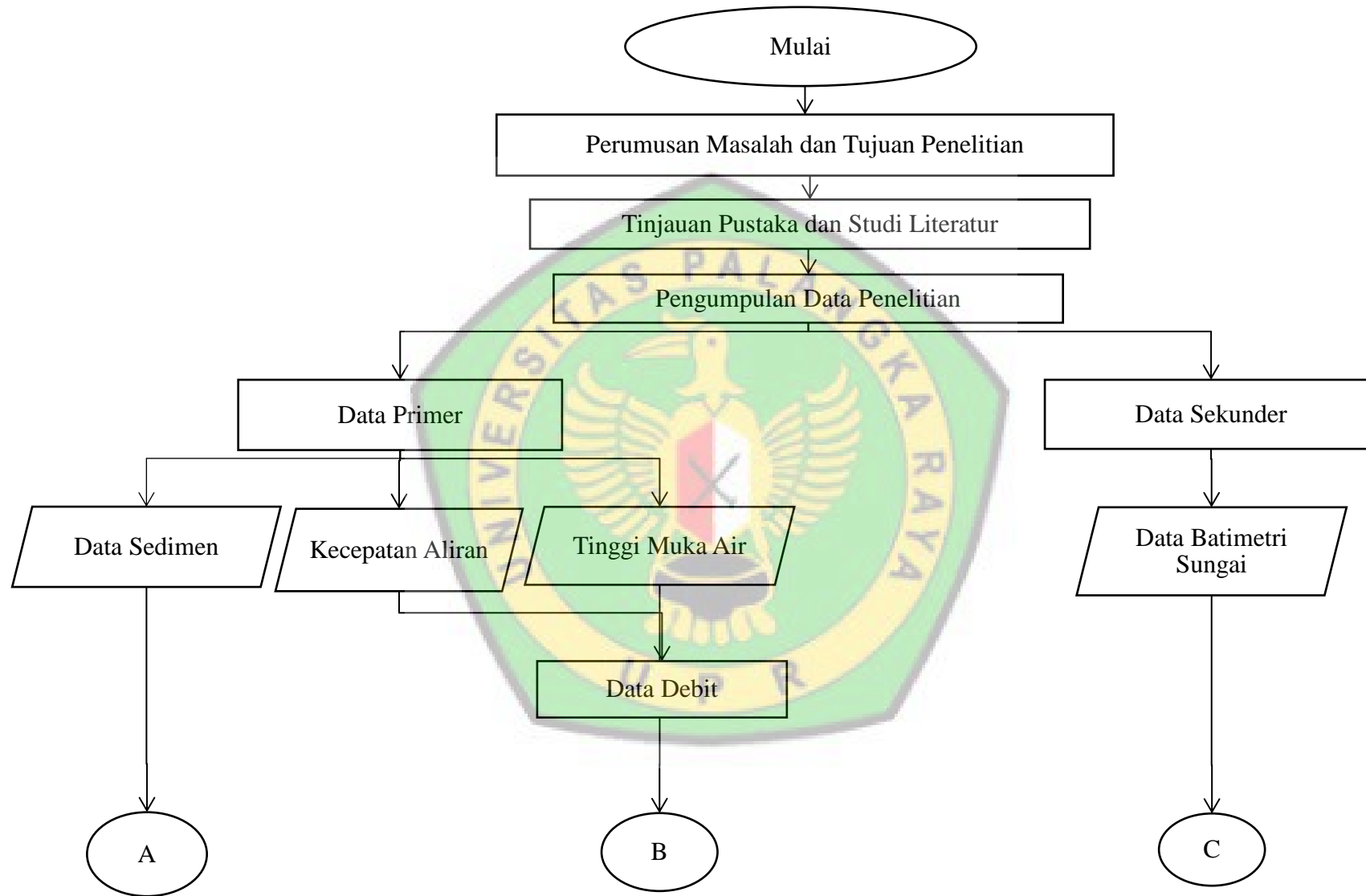
## BAB III

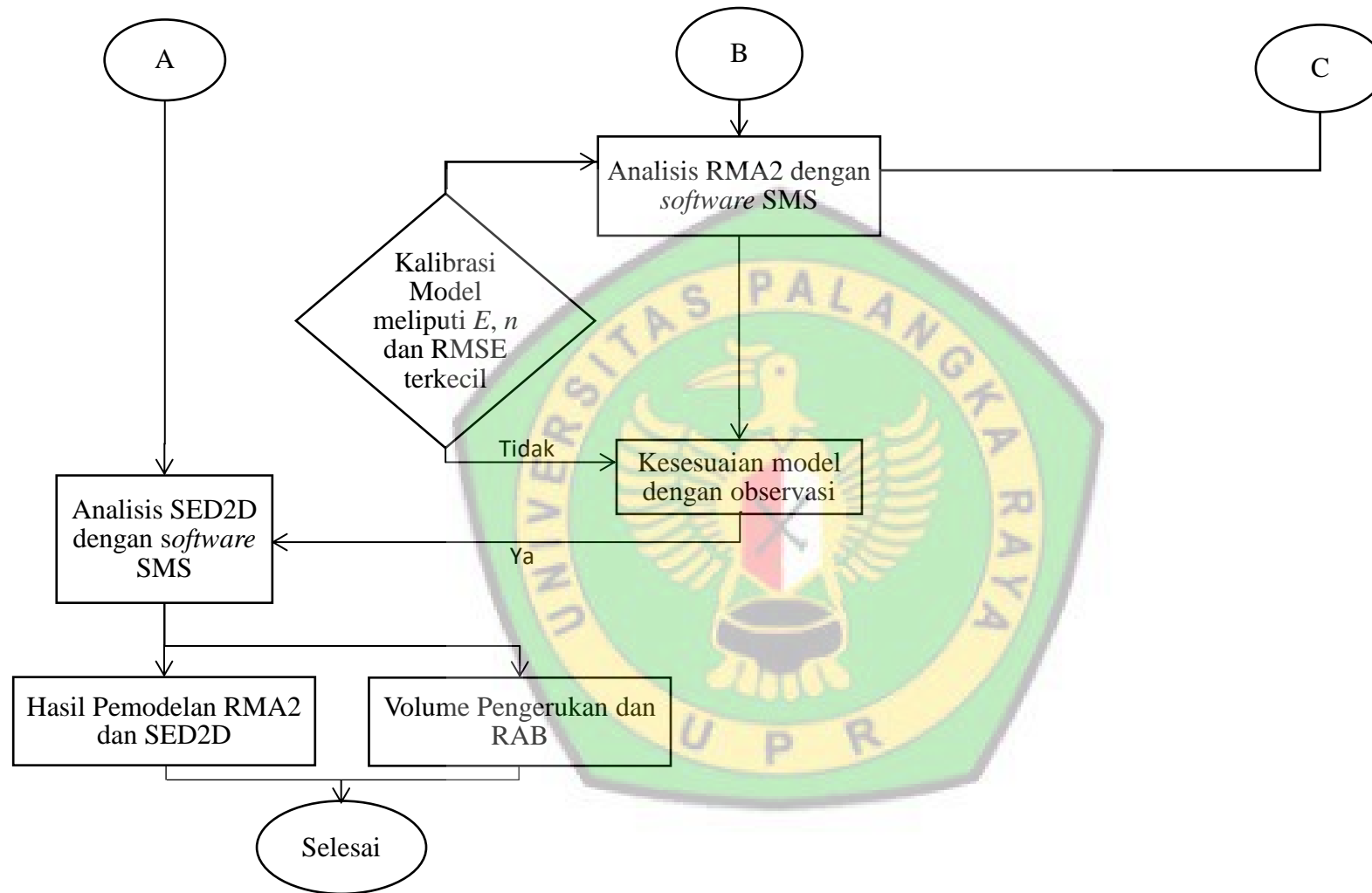
### METODE PENELITIAN

#### 3.1 Umum

Penelitian yang dilakukan adalah penelitian untuk mengetahui kondisi arus dan sedimentasi pada belokan Sungai Kahayan, Kota Palangka Raya melalui pemodelan *software* SMS. Penelitian ini juga dilakukan perkiraan perhitungan volume pengerukan serta rencana anggaran biaya yang diperlukan.

Langkah-langkah penelitian dimulai dari penentuan lokasi penelitian untuk pengambilan sampel. Lalu dilanjutkan pengambilan data kecepatan dengan metode pelampung dan kedalaman air menggunakan *depth sounder* serta pengambilan sampel sedimen di lokasi penelitian yang dilakukan secara manual. Sampel sedimen kemudian diuji di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Palangka Raya. Hasil uji sedimen tersebut dijadikan sebagai salah satu data input untuk permodelan arus dan sedimentasi dengan menggunakan *software* SMS. Setelah selesai membuat pemodelan arus dan sedimentasi, penelitian dilanjutkan dengan perhitungan volume pengerukan serta rencana anggaran biayanya. Guna mempermudah pemahaman mengenai proses alur penelitian, dapat dilihat pada Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian.





Gambar 3.1 Bagan Alir Penelitian

### 3.2 Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, pengumpulan data didapat dari beberapa sumber, yaitu data primer dan data sekunder. Penelitian dilakukan dengan cara survei dan literatur. Data primer adalah data yang diambil dari pengamatan secara langsung di lapangan atau obyek penelitian. Sedangkan data sekunder adalah data yang diperoleh dari penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, atau data lainnya yang diperlukan dan berkaitan untuk mendukung terlaksananya penelitian ini.

Seperti pada Gambar 3.1, data primer yang diperoleh adalah data sedimen dan data kecepatan dan kedalaman air. Sedangkan data sekunder yang diperoleh adalah peta batimetri yang bersumber dari penelitian sebelumnya dan *basic price* Kota Palangka Raya yang bersumber dari instansi pemerintah setempat. Setelah pengumpulan data yang diperlukan sudah terpenuhi, maka penelitian dilanjutkan dengan bantuan *software Surface Water Modelling System (SMS)*. Adapun data sedimen dan data arus yang dimaksudkan meliputi :

a. Data Sedimen

Data sedimen merupakan data yang nantinya menjadi sampel pada pengujian laboratorium untuk mengetahui konsentrasi sedimen. Dimana sampel sedimen ini diambil langsung pada tiap titik pengambilan sampel yang sudah ditentukan di lokasi penelitian.

b. Data Debit Aliran

Data ini berupa data dari hasil pengukuran kecepatan aliran yang diperoleh dari pengukuran langsung di lokasi penelitian yang selanjutnya dibuat hubungan dengan luas penampang sungai hingga diperoleh nilai debit air. Adapun yang

termasuk kedalam data tersebut berupa data lebar dan kedalaman sungai yang nantinya digunakan untuk memperoleh profil dan luas dari penampang sungai.

### 3.3 Metode Pengukuran Debit

Pengukuran debit pada penelitian ini menggunakan metode tampang rerata. Dengan distribusinya dengan ruang dan waktu, debit sungai merupakan informasi penting yang diperlukan dalam penelitian ini. Mengingat bahwa debit aliran sangat bervariasi dari waktu ke waktu maka diperlukan data pengamatan debit dalam waktu yang panjang. Adapun rumus pengukuran debit aliran sungai metode *Mid-Section* dan *Mean-Section* sebagai berikut:

a. Metode *Mid-Section*



(Sumber: SNI 8066; 2015)

**Gambar 3.2 Contoh Penampang Melintang Pengukuran Debit dengan Menggunakan Penampang Tengah (*Mid-Section*)**

$$Q_i = (d_i) \left( \frac{1}{2} a + \frac{1}{2} b \right) (\bar{v}_i) \quad (3-1)$$

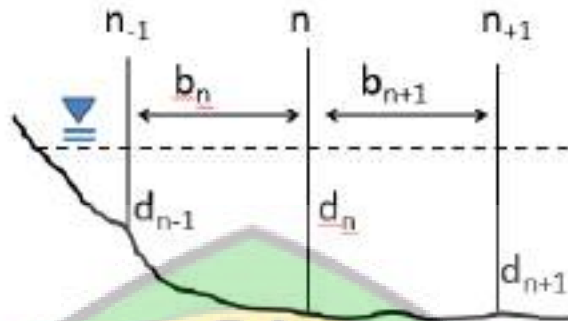
$$Q_{total} = \sum_{i=1}^N Q_i \quad (3-2)$$

Keterangan:

$Q_i$  : Debit aliran pada titik i ( $m^3/detik$ )  
 $Q_{total}$  : Debit total ( $m^3/detik$ )

- $d_i$  : Kedalaman pada titik i (m)  
 $a$  dan  $b$  : Jarak titik tengah antar rai (m)  
 $\bar{v}_i$  : Kecepatan aliran air rata-rata pada titik i (m/detik)

b. Metode *Mean-Section*



(Sumber: <http://slideplayer.info/amp/3753024>)

**Gambar 3.3 Contoh Penampang Melintang Pengukuran Debit dengan Menggunakan Penampang Rerata (*Mean-Section*)**

$$a_n = \frac{d_n + d_{n+1}}{2} \times b_n \quad (3-3)$$

Keterangan:

- $n$  : Titik uji  
 $a_n$  : Luas *section A* (m<sup>2</sup>)  
 $d_n$  : Kedalaman sungai titik n (m)  
 $d_{n+1}$  : Kedalaman sungai titik n+1 (m)  
 $b_n$  : Lebar *section* (m)

$$\bar{v}_n = \frac{v_n + v_{n+1}}{2} \quad (3-4)$$

Keterangan:

- $\bar{v}_n$  : Kecepatan aliran air rata-rata pada *section* ke-n (m/detik)  
 $v_n$  : Kecepatan aliran air di titik n (m/detik)  
 $v_{n+1}$  : Kecepatan aliran air di titik n+1 (m/detik)

$$Q_n = a_n \times \bar{v}_n \quad (3-5)$$

$$Q_{total} = \sum_{i=1}^N Q_i \quad (3-6)$$

Keterangan:

$Q_n$  : Debit aliran pada titik n ( $m^3/detik$ )

$Q_{total}$  : Debit total penampang ( $m^3/detik$ )

$a_n$  : Luas *section* A ( $m^2$ )

$\bar{v}_n$  : Kecepatan aliran air rata-rata pada *section* ke-n ( $m/detik$ )

Untuk menentukan kecepatan menggunakan *current meter*:

$$v = n \cdot a + b \quad (3-7)$$

Keterangan:

$v$  : Kecepatan aliran ( $m/detik$ )

$n$  : Jumlah putaran dalam satuan waktu ( $putaran/detik$ )

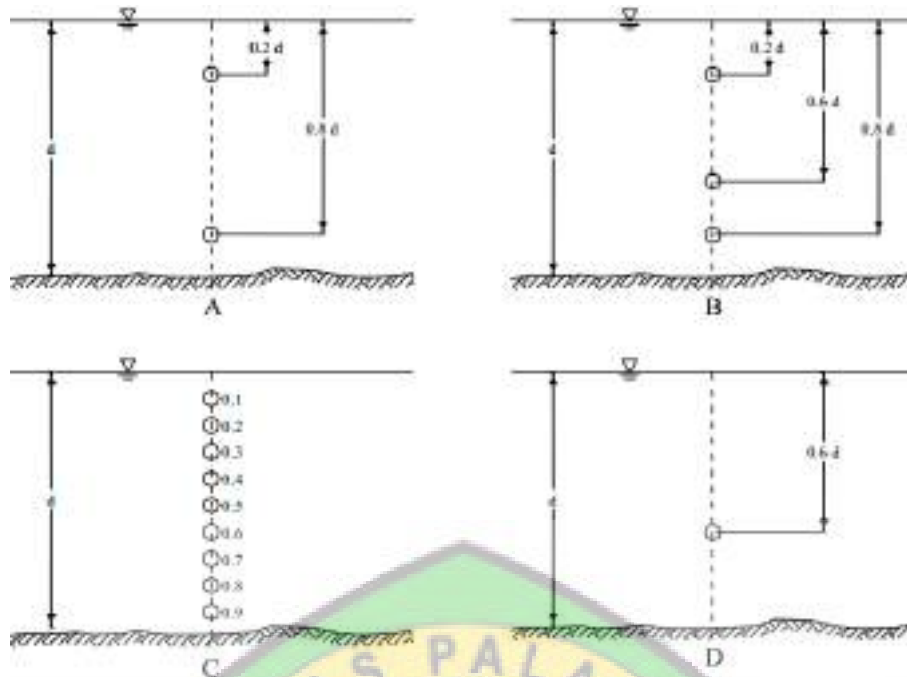
$a$  dan  $b$  : Konstanta yang diperoleh dari kalibrasi alat

Untuk pengukuran kecepatan dan kecepatan rata-rata dapat dilihat pada tabel di bawah ini:

**Tabel 3.1 Pengukuran Kecepatan Aliran Metode 1 Titik, 2 Titik, 3 Titik**

Metode	Kedalaman Sungai (m)	Titik Pengamatan	Kecepatan Rata-Rata
1 Titik	0,3-0,6	0,6d	$\bar{v} = v_{0,6d}$
2 Titik	0,61-3,0	0,2d; 0,8d	$\bar{v} = \frac{1}{2}(v_{0,2d} + v_{0,8d})$
3 Titik	3,1-6,0	0,2d; 0,6d; 0,8d	$\bar{v} = \frac{1}{2}[v_{0,6d} + (\frac{v_{0,2d} + v_{0,8d}}{2})]$

(Sumber: SNI 8066:2015)



(Sumber: SNI 8066; 2015)

**Gambar 3.4 Pengukuran Kecepatan Aliran dengan Metode 1 Titik, 2 Titik, 3 Titik**

Sedangkan pengukuran kecepatan untuk pelampung:



(Sumber: SNI 8066; 2015)

**Gambar 3.5 Pengukuran Kecepatan Menggunakan Pelampung**

Pada metode ini perlu dilakukannya kalibrasi dengan menggunakan faktor koreksi dan minimal 3 (tiga) kali percobaan pengukuran pada tiap titik yang sudah ditentukan karena data awal yang diperoleh merupakan kecepatan yang hanya ada di permukaan air,

kecepatan rata-rata kedalaman pada suatu titik diperoleh setelah didapat jumlah kecepatan terkoreksi dari tiap percobaan yang dibagi menyesuaikan jumlah percobaan. Adapun rumus yang digunakan berdasarkan SNI 8066:2015 sebagai berikut:

Rumus:

$$v_{ukur} = L/t \quad (3-8)$$

$$v_{koreksi} = \alpha \cdot v_{ukur} = \alpha \cdot L/t \quad (3-9)$$

$$v_{pakai} = \frac{(v_{koreksi\ n} + v_{koreksi\ n+1})}{n} \quad (3-10)$$

Keterangan:

- $v_{ukur}$  : Kecepatan aliran pengukuran (m/detik)  
 $v_{koreksi}$ : Kecepatan pelampung yang terkoreksi (m/detik)  
 $\bar{v}_{pakai}$  : Kecepatan rata-rata pelampung yang terkoreksi (m/detik)  
 $L$  : Jarak tempuh (m)  
 $t$  : Waktu tempuh (detik)  
 $\alpha$  : Faktor koreksi (0,50-0,98)

$$Q = A \times k \times \bar{v}_{pakai} \quad (3-11)$$

Keterangan:

- $Q$  : Debit aliran sungai (m<sup>3</sup>/detik)  
 $A$  : Luas penampang basah (m<sup>2</sup>)  
 $k$  : Koefisien pelampung

### 3.4 Teknik Pengambilan Sampel

Teknik pengambilan sampel adalah pengambilan sampel secara langsung pada lokasi penelitian. Yang meliputi:

- a. Pengambilan Sampel Sedimen.

Metode yang dilakukan pada pengambilan sampel sedimen yaitu dengan menggunakan alat *depth integrating sampler*.



(Sumber: <http://envcoglobal.com/catalog/water/sediments-and-sludge-samplers/sediment-samplers/integrating-sediment-sampler>)

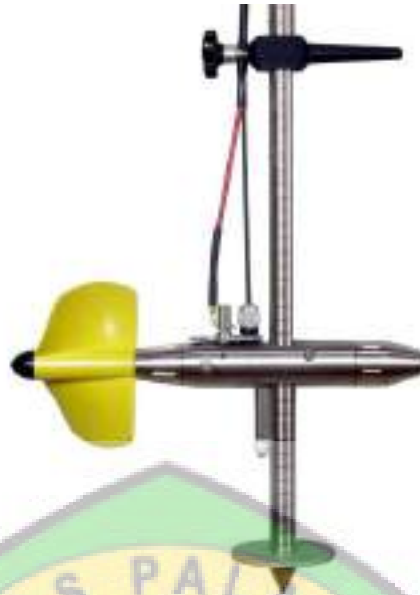
**Gambar 3.6** Alat Pengambil Sampel Sedimen (*depth integrating sampler*)

Pada titik yang telah ditentukan, pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman tertentu. Sedimen yang di ambil di lokasi adalah sedimen asli yang mengendap di sepanjang alur sungai. Namun, karena keterbatasan alat saat penelitian ini berlangsung maka pengambilan sampel sedimen dilakukan dengan cara manual atau alternatif lain yaitu menggunakan botol 600 ml pada tiap titik pengukuran.

b. Pengukuran Kecepatan Aliran

Pengukuran kecepatan aliran pada sungai menggunakan alat *current meter*, dengan metode pelaksanaan sebagai berikut:

1. Menyiapkan alat ukur kecepatan aliran (*current meter*)



(Sumber: <http://directindustry.com/prod/seba-hydrometrie-gmbh-co-kg/product-63216-640768.html>)

**Gambar 3.7** Alat Ukur Kecepatan Aliran (*current meter*)

2. Selanjutnya alat *current meter* diturunkan ke dalam air, usahakan posisi badan tidak menghalangi arus dibelakang *current meter*.
3. Selanjutnya nyalakan alat *current meter* dan baca nilai kecepatan aliran pada dial alat *current meter*. Pengukuran kecepatan pada 0,2d (0,2 dari kedalaman titik), 0,6d (0,6 dari kedalaman titik), 0,8d (0,8 dari kedalaman titik).
4. Mencatat hasil pengukuran *current meter* pada tiap titik pengukuran.

Dalam penelitian ini untuk mendapatkan nilai kecepatan aliran, metode yang digunakan adalah metode pelampung. Pada metode pelampung ini dilakukan kalibrasi dengan menggunakan faktor koreksi dan minimal 3 (tiga) kali percobaan pengukuran pada tiap titik yang sudah ditentukan.

### 3.5 Teknik Pelaksanaan Pengujian Laboratorium

Dalam pengujian laboratorium yang akan diuji adalah nilai konsentrasi sedimen. Untuk data ukuran butiran pasir yang digunakan pada pemodelan ini menggunakan data bawaan dari modul SED2D berdasarkan standar *US Army Corps of Engineers - Waterways Experiment Station Hydraulic Laboratory (2007)*. Pengujian sampel dilaksanakan di UPT Laboratorium Terpadu Universitas Palangka Raya.

#### 3.5.1 Pengujian Berat Jenis Sedimen (Gs)

Berat jenis adalah perbandingan antara berat butir-butir dengan berat air destilasi di udara dengan volume yang sama pada saat temperatur tertentu. Berat jenis sedimen ini dapat ditentukan secara akurat di laboratorium. Adapun langkah-langkah pengujian berat jenis sedimen yaitu :

1. Siapkan benda uji yang lolos saringan No. 40, masukkan kedalam oven selama 24 jam.
2. Setelah 24 jam, dikeluarkan dari dalam oven lalu dinginkan.
3. Cuci piknometer kemudian biarkan mengering dalam udara terbuka.
4. Timbang piknometer yang telah kering dalam keadaan kosong.
5. Isi piknometer dengan air sampai batas kalibrasi lalu timbang.
6. Ambil sampel sedimen sekitar 25 gram, masukkan ke dalam piknometer. Pada saat dimasukkan usahakan tidak ada tanah yang tersisa atau tumpah, lalu tambahkan air secukupnya.
7. Keluarkan gelembung-gelembung udara yang terperangkap dalam sampel dengan cara memanaskan piknometer tersebut diatas hot plate.

8. Dinginkan, lalu tambahkan air suling sampai batas kalibrasi. Ulangi berkali-kali sampai tidak terjadi penurunan air pada batas kalibrasi piknometer tersebut.
9. Catat suhunya lalu timbang.

Adapun rumus yang digunakan untuk menghitung nilai berat jenis yaitu :

$$G_s = \frac{\alpha \cdot W_s}{(W_2 + W_s - W_3)} \quad (3-12)$$

Keterangan:

- $\alpha$  : Faktor Koreksi berdasarkan suhu
- $W_s$  : Berat Sedimen (gram)
- $W_2$  : Berat piknometer + Air (gram)
- $W_3$  : Berat piknometer + Air + Sedimen (gram)

### 3.5.2 Pengujian Diameter Sedimen

Untuk pengujian sampel sedimen yang disiapkan adalah pengujian analisa saringan. Dimana pengujian ini dimaksudkan untuk mengetahui ukuran butir dan susunan butir (gradasi) sedimen yang tertahan saringan no. 200.

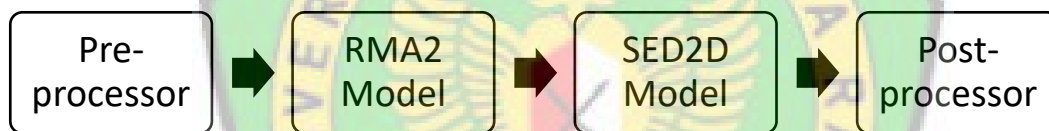
Adapun langkah-langkah pengujian analisa saringan yaitu :

1. Sampel kering oven sebanyak 500 gram, yang lolos saringan No. 4.
2. Bersihkan masing-masing saringan #4, #10, #18, #40, #60, #100, #200, dan pan yang digunakan, lalu timbang masing-masing saringan tersebut dan susun sesuai standard yang dipakai.
3. Masukkan sampel kedalam susunan saringan tersebut.
4. Lalu guncangkan saringan selama  $\pm 15$  menit,
5. Setelah dilakukan pengguncangan, biarkan selama 5 menit untuk memberi kesempatan agar debu-debu mengendap.
6. Timbang berat masing-masing saringan beserta benda uji yang tertahan didalamnya, demikian pula halnya dengan pan.

### 3.6 Pemodelan Arus dan Sedimentasi

Simulasi hidrodinamika aliran dan sedimen menggunakan modul yang terdapat pada perangkat lunak SMS, yaitu RMA2 dan SED2D. Model hidrodinamika tersebut merupakan model dengan metode elemen hingga dua dimensi horizontal dengan rerata kedalaman. Dengan model numeris ini dapat diprediksi pola aliran, elevasi muka air dan komponen kecepatan horizontal, baik pada kondisi aliran permanen (*steady flow*) maupun aliran tak permanen (*unsteady flow*) serta sedimentasi.

Untuk melakukan simulasi sedimen maka diperlukan simulasi hidrodinamik arus terlebih dahulu. Hasil simulasi arus digunakan sebagai input untuk simulasi sedimen. Skema simulasi dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.8 Skema Simulasi Secara Keseluruhan

Dalam penggunaan *software* SMS ini, setelah input data sudah dilakukan semua, maka langkah selanjutnya adalah eksekusi model. Dalam pekerjaan ini dilakukan dua jenis eksekusi model yaitu *running model* RMA2 dan SED2D. Kedua jenis *running* ini berkaitan, yaitu *running* simulasi SED2D hanya bisa dilakukan setelah ada data hidrodinamika hasil simulasi RMA2. Jadi eksekusi model SED2D dilakukan setelah RMA2.

### 3.7 Perencanaan Normalisasi Sungai (Pengerukan)

Dalam penelitian ini, perencanaan normalisasi sungai adalah pengerukan pada penampang sungai khususnya pada belokan sungai yang menjadi lokasi penelitian. Pengerukan ini merupakan pekerjaan penggalian endapan di bawah permukaan air dan dilaksanakan baik dengan tenaga manusia maupun dengan alat berat. Pengerukan untuk normalisasi sungai biasanya dilakukan dengan menggunakan kapal keruk.

#### 3.7.1 Volume Pengerukan

Volume material yang akan dikeruk dapat diperkirakan melalui data kedalaman yang diperoleh pada daerah pengerukan, serta kedalaman yang direncanakan. Untuk memudahkan perkiraan volume material yang akan dikeruk, alur pelayaran dibagi menjadi beberapa segmen dengan jarak antar segmen ditentukan. Perhitungan volume pengerukan dapat dihitung melalui persamaan berikut:

$$V = \frac{((A_i) + (A_{i+1}))}{2} \times l \quad (3-13)$$

Keterangan:

- $i$  : Segmen
- $V$  : Perkiraan volume pengerukan ( $m^3$ )
- $A$  : Luas penampang melintang alur ( $m^2$ )
- $l$  : Jarak antar segmen (m)

#### 3.7.2 Rencana Anggaran Biaya (RAB)

Sebelum melaksanakan suatu proyek atau pekerjaan, rencana anggaran biaya termasuk salah satu tahap penting dalam perencanaan awal dan acuan sehingga diketahui perkiraan pengeluaran suatu proyek atau pekerjaan tersebut. Dalam penelitian ini, perhitungan rekapitulasi anggaran biaya hanya berfokus pada pekerjaan galian dan rekapitulasi anggaran biaya untuk pekerjaan perencanaan normalisasi (pengerukan) di Sungai Kahayan, Kota Palangka Raya seperti pada Tabel 3.2.

**Tabel 3.2 Rekapitulasi Anggaran Biaya Pekerjaan Perencanaan Normalisasi (Pengerukan) Sungai Kahayan, Kota Palangka Raya**

No	Uraian	Satuan	Volume	Harga Satuan (Rupiah)	Jumlah Harga (Rupiah)
1	2	3	4	5	6 = (4 × 5)
<b>1</b>	<b>PEKERJAAN PERSIAPAN</b>				
1.1	Mobilisasi & Demobilisasi	Ls			
1.2	Pekerjaan Papan Nama Proyek	M <sup>2</sup>			
1.3	Pekerjaan Pembersihan Lokasi	M <sup>2</sup>			
<b>Jumlah Harga Pekerjaan No. 1</b>					
<b>2</b>	<b>PEKERJAAN TANAH</b>				
2.1	Galian Tanah	M <sup>3</sup>			
<b>Jumlah Harga Pekerjaan No. 2</b>					
<b>Total</b>					

Perhitungan Analisis Harga Satuan Pekerjaan (AHSP) didasari oleh Permen PUPR No. 28/PRT/M/2016 dan Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Tahun 2019 Semester 2.

## BAB V

### PENUTUP

#### 5.1 Kesimpulan

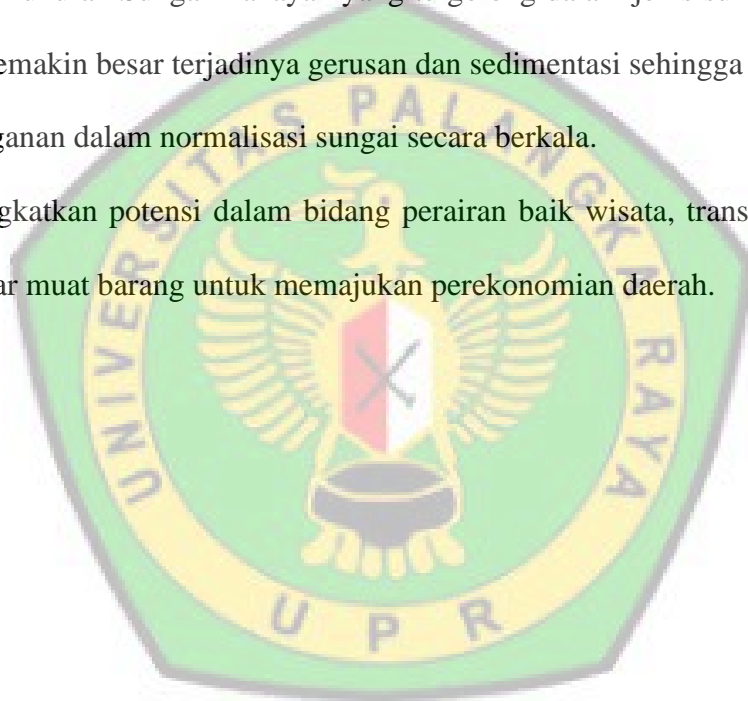
Berdasarkan dari hasil penelitian ini, maka dapat disimpulkan:

1. Dengan *model control* menggunakan nilai Viskositas Eddy ( $E$ ) 2500 Pascal-Sec dan kekasaran *Manning* ( $n$ ) 0,033, maka didapat nilai RMSE terkecil yang lebih mendekati dengan data observasi. Dari penyesuaian pemodelan tersebut didapat nilai kecepatan aliran di antara 0,192 m/detik sampai dengan 0,608 m/detik yang arahnya semakin ke hilir pada sisi luar tiap belokan berpotensi terjadinya gerusan. Berdasarkan hasil pemodelan dalam rentang waktu selama 31 hari (744 jam) diperkirakan volume sedimentasi sebesar 82.742,173 m<sup>3</sup>.
2. Kapal barang yang direncanakan berkapasitas 3.000 DWT agar dapat beroperasi di Sungai Kahayan lokasi Muara Rungan sampai Hantasan Kudung perlu dilakukan pengerukan pada alur pelayaran dengan volume pengerukan sebesar 272.405,44 m<sup>3</sup>.
3. Estimasi anggaran biaya yang diperlukan untuk pekerjaan pengerukan normalisasi sungai untuk mendapatkan alur pelayaran yang optimal sepanjang lokasi Muara Rungan sampai Hantasan Kudung sebesar Rp.6.709.412.678,41.

## 5.2 Saran

Setelah dilakukannya penelitian ini, adapun saran yang dapat diberikan, yaitu:

1. Dalam pengumpulan data di lapangan akan lebih baik menggunakan alat yang lebih memadai agar meningkatkan keakuratan data dan mengurangi tingkat kesalahan (*error*) dari alat maupun petugas lapangan.
2. Perlu adanya pengamatan dan pengukuran yang berkelanjutan untuk mengetahui keakuratan data dari waktu ke waktu.
3. Dengan ukuran Sungai Kahayan yang tergolong dalam jenis sungai besar, maka akan semakin besar terjadinya gerusan dan sedimentasi sehingga perlu dilakukan penanganan dalam normalisasi sungai secara berkala.
4. Meningkatkan potensi dalam bidang perairan baik wisata, transportasi maupun bongkar muat barang untuk memajukan perekonomian daerah.



## DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 2001. *Peraturan Pemerintah Nomor 69 Tahun 2001 tentang Kepelabuhan*.
- Anonim. 2015. *Peraturan Daerah Provinsi Kalimantan Tengah Nomor 8 Tahun 2015 tentang Lalu Lintas dan Angkutan Sungai yang Melintasi Jembatan Bentang Panjang*.
- Anonim. 2015. *Standar Nasional Indonesia Nomor 8066 Tahun 2015 Tentang Tata Cara Pengukuran Debit Aliran Sungai dan Saluran Terbuka Menggunakan Alat Ukur Arus dan Pelampung*.
- Anonim. 2016. *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia Nomor 28 Tahun 2016 Tentang Pedoman Analisis Harga Satuan Pekerjaan Bidang Pekerjaan Umum*.
- Anonim. 2016. *Peraturan Menteri Perhubungan Republik Indonesia Nomor 129 Tahun 2016 Tentang Alur Pelayaran di Laut dan Bangunan dan/atau Instalasi di Perairan*.
- Anonim. 2019. *Harga Satuan Dasar Tenaga Kerja, Bahan dan Peralatan Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, Tahun 2019 Semester 2*.
- Asdak, Chay. 2002. *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Direct Industry. 2012. Universal Current Meter. [online]. (<http://directindustry.com/prod/seba-hydrometrie-gmbh-co-kg/product-63216-640768.html>). Diakses tanggal 26 Juli 2019).
- Envco. 2004. Integrating Sediment Sampler. [online]. (<http://envcoglobal.com/catalog/water/sediments-and-sludge-samplers/sediment-samplers/integrating-sediment-sampler>). Diakses tanggal 26 Juli 2019).
- Heaven, Aida. 2014. Pengukuran dan perhitungan debit sungai/saluran air. [online]. (<http://slideplayer.info/amp/3753024>). Diakses tanggal 02 Agustus 2019).
- Ishak, G. 1992. *Superelevasi pada Tikungan Saluran*. Tesis-ITB. Bandung.
- Ishak, G. 2017. *Aliran Pada Belokan Saluran*. Palu: Untad Press.

- Kristianti, Indah Puji. 2008. *Studi Pola Transpor Sedimen Tersuspensi di Perairan Teluk Namosain Kupang (Studi Kasus Saat Monsun Timur)*. Skripsi-UNDIP. Semarang.
- Maryono, A. 2017. *Eko-Hidrolik Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Mulyanto, H. R. 2007. *Sungai: Fungsi & Sifat-Sifatnya*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Prabowo, C. A. A. 2017. *Analisis Sedimentasi Sungai Kahayan Segmen Dermaga Tugu Sampai Muara Rungan Berdasarkan Pengukuran Batimetri di Kota Palangka Raya Provinsi Kalimantan Tengah*. Tugas Akhir-UPR. Palangka Raya.
- Sugeng, S. 2009. *Pemeliharaan Alur Pelayaran di Sungai Barito*, Vol. 6 (2), p. 5-6.
- Suhariyadi, A. 2016. *Analisa Kelayakan Alur Pelayaran (Studi Kasus Pelabuhan Nagan)*, Vol. 1 (1), p. 14-15.
- Suyuti. 2006. *Analisa Pola Arus dan Sedimentasi di Pantai Losari Makassar dengan Menggunakan Metode Surface Water Modelling System (SMS) dan Overlay Citra Landsat 7-ETM pada Metode Sistem Informasi Geografis (SIG)*. Tesis-ITS. Surabaya.
- Syamsudin, A. P., dkk. 2017. *Studi Perencanaan Alur Pelayaran Optimal Berdasarkan Hasil Pemodelan Software SMS-8.1 di Kolong Bandoeng, Belitung Timur*, Vol. 3 (1), p. 9-10.
- Triatmodjo, Bambang. 2009. *Perencanaan Pelabuhan*. Yogyakarta: Beta Offset.
- Usman, K. O. 2014. *Analisis Sedimentasi pada Muara Sungai Komering Kota Palembang*, Vol. 2 (2), p. 213-214.