

TUGAS AKHIR

**SIMULASI ALIRAN SEKITAR KRIB DI HULU
BENDUNG KLAMBU
(*FLOW SIMULATION AROUND GROYNES ON
KLAMBU WEIR UPSTREAM*)**

**Diajukan Kepada Universitas Islam Indonesia Yogyakarta Untuk Memenuhi
Persyaratan Memperoleh Derajat Sarjana Teknik Sipil**



**Aditya Rivandi Abusarif
17511174**

**PROGRAM STUDI TEKNIK SIPIL
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
2021**

TUGAS AKHIR

SIMULASI ALIRAN SEKITAR KRIB DI HULU BENDUNG KLAMBU (*FLOW SIMULATION AROUND GROYNES ON KLAMBU WEIR UPSTREAM*)

Disusun oleh

Aditya Rivandi Abusarif
17511174

Telah diterima sebagai salah satu persyaratan
untuk memperoleh derajat Sarjana Teknik Sipil

Diuji pada tanggal

Oleh Dewan Penguji:

Pembimbing



Pradipta Nandi W., S.T., M.Eng.
NIK: 135111102

Penguji I



D.A. Wahyu Wulan P., S.T., M.T.
NIK: 155111301

Penguji II



Dinia Anggraheni, S.T., M.Eng.
NIK: 165110105

Mengesahkan,

Program Studi Teknik Sipil



Dr. M. Sri Amini Yuni Astuti, M.T.
NIK: 88510101

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI

Saya menyatakan dengan sesungguhnya bahwa laporan Tugas Akhir yang saya susun sebagai syarat untuk penyelesaian program Sarjana di Program Studi Teknik Sipil, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan, Universitas Islam Indonesia merupakan hasil karya saya sendiri. Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan laporan Tugas Akhir yang saya kutip dari hasil karya orang lain telah dituliskan dalam sumbernya secara jelas sesuai dengan norma, kaidah, dan etika penulisan karya ilmiah. Apabila di kemudian hari ditemukan seluruh atau sebagian laporan Tugas Akhir ini bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiasi dalam bagian-bagian tertentu, saya bersedia menerima sanksi, termasuk pencabutan gelar akademik yang saya sandang sesuai dengan perundang-undangan yang berlaku.

Yogyakarta, 1 Juli 2021

Yang membuat pernyataan,



Aditya Rivandi Abusarif

(17511174)

HALAMAN DEDIKASI

Laporan Tugas Akhir ini penulis dedikasikan kepada kedua Orang Tua penulis yang telah membantu, membimbing, dan memberikan segalanya selama ini.

Terima kasih.

الجمهورية الإسلامية اندونيسية

KATA PENGANTAR

Assalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh.

Alhamdulillah rabbil 'alamin, penulis ucapkan syukur kepada Allah SWT karena berkat rezeki dan rahmat serta hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini yang ditulis dengan semangat dan keteguhan bersama dosen pembimbing hingga menjadi laporan yang baik seperti sekarang ini. Tidak lupa penulis haturkan shalawat dan salam kepada nabi Muhammad SAW, sebagai suri tauladan dan pembimbing dalam melakukan aktivitas kehidupan sehari-hari.

Penulis menyadari Laporan Tugas Akhir yang berjudul Simulasi Aliran Sekitar Krib Pada Hulu Bendung Klambu dapat terselesaikan dengan baik atas bantuan yang diberikan oleh berbagai pihak baik itu berupa materi maupun semangat kepada penulis. Oleh karena itu, penulis juga ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua penulis, Abba dan Mama tercinta yang selalu memberi semangat, dukungan, dan tak henti-hentinya memanjatkan doa sehingga penulis mampu menyelesaikan laporan Tugas Akhir ini.
2. Kedua kakak penulis, Rian dan Avi yang selalu memberi saran, masukan, dan dukungan kepada penulis.
3. Bapak Pradipta Nandi Wardhana, S.T., M.Eng selaku dosen pembimbing yang telah membantu, mengayomi, dan memberi masukan kepada penulis selama mengerjakan Tugas Akhir ini. Semoga ilmu yang diberikan selalu tersebar dan bermanfaat hingga hari kiamat.
4. Ibu D.A Wahyu Wulan P., S.T., M.T. selaku Dosen Penguji I Tugas Akhir, terima kasih atas ilmu, masukan, dan saran yang telah diberikan kepada penulis.
5. Ibu Dinia Anggraheni, S.T., M.T. selaku Dosen Penguji II Tugas Akhir, terima kasih atas ilmu, masukan, dan saran yang telah diberikan kepada penulis.
6. Teman-teman yang sudah lama menemani penulis - Oddy, Raden, Rafli, Joy, Nugi, Nathan, Agil, Suci, Mega, Alna, Orin, Nidya, Adne, dan Sarah.

7. Teman-teman penulis semasa SMA - Aufan, Rahul, Fariz, Alfri, Aji, Khoko, Angel, Lia, Anis, dan Danis yang sampai sekarang selalu memberi semangat dan bantuan.
8. Teman-teman semasa kuliah – Waya, Gigih, Ikmal, Ican, Anan, Radit, Fira, Niar, dan Tita yang selalu memberi bantuan dan motivasi.
9. Serta seluruh teman-teman seperjuangan Teknik Sipil 17 yang sudah membantu dalam penyusunan laporan Tugas Akhir, serta memberi semangat kepada penulis. Semoga kita semua bisa menjadi generasi yang baik akhlaknya sehingga dapat memajukan Islam dan memajukan Indonesia

Penulis menyadari bahwa dalam penelitian Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, dengan sepuh hati penulis menerima segala kritik dan saran yang membangun dari pembaca. Semoga Tugas Akhir ini dapat memberikan manfaat bagi penulis dan pada pembaca pada umumnya. Terima kasih.

Wassalamualaikum Warahmatullahi Wabarakatuh

Yogyakarta, 1 Juli 2021

Penulis

DAFTAR ISI

PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI	iii
HALAMAN DEDIKASI	iv
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR LAMPIRAN	xii
ABSTRAK	xiii
<i>ABSTRACT</i>	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	2
1.3 Tujuan Penelitian	2
1.4 Manfaat Penelitian	2
1.5 Batasan Penelitian	3
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	4
2.1 Distribusi Kecepatan pada Krib	4
2.2 Pola Aliran	6
2.3 Model Simulasi Krib	7
2.3.1 Simulasi Pada Telemac-Mascaret	9
2.4 Keaslian Penelitian	10
BAB III LANDASAN TEORI	11
3.1 Saluran Terbuka	11
3.2 Klasifikasi Aliran	12
3.3 Distribusi Kecepatan	14
3.4 Koefisien Kekasaran Manning	16
3.5 Perilaku Aliran Pada Tikungan Sungai	19
3.6 Krib	20
3.6.1 Definisi Krib	20

3.6.2	Fungsi Krib	21
3.6.3	Klasifikasi Krib	21
3.6.4	Mekanisme Kerja Krib	22
3.7	Telemac 2D	23
3.7.1	Persamaan Aliran	23
3.7.2	Debit Aliran	24
3.7.3	<i>Mesh</i>	24
3.7.4	Aplikasi Bantuan	25
BAB IV METODOLOGI PENELITIAN		26
4.1	Tinjauan Umum	26
4.2	Lokasi Penelitian	26
4.3	Data Penelitian	27
4.4	Tahapan Penelitian	27
4.5	Bagan Alir Penelitian	29
BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN		31
5.1	Pembuatan <i>Mesh</i> Sungai	31
5.2	Input Parameter	34
5.3	Simulasi Aliran Sungai	35
5.4	Analisis Hasil	36
5.4.1	Simulasi Tanpa Krib	36
5.4.2	Simulasi Dengan Krib 30 m	37
5.4.3	Simulasi Dengan Krib 40 m	41
5.4.4	Simulasi Dengan Krib 50 m	46
5.5	Pembahasan	50
BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN		52
6.1	Kesimpulan	52
6.2	Saran	53
DAFTAR PUSTAKA		54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Deposisi Sedimen Pada Hulu Bendung Klambu	1
Gambar 2.1 Distribusi Kecepatan pada Krib Batu dengan Ketinggian 40% (kiri) dan 20% (kanan) dari dasar laut.	4
Gambar 2.2 Distribusi Kecepatan pada Krib Kayu dengan Ketinggian 80% (kiri) dan 40% (kanan) dari dasar laut.	5
Gambar 2.3 Gambar Pola Aliran pada Belokan Sungai dengan $R=40$ m dan Krib pada $\frac{1}{4}$ Busur Lingkaran	6
Gambar 2.4 Pola Aliran	6
Gambar 2.5 Pola Aliran dan Vorteks Sekitar Krib	7
Gambar 2.6 Pola Aliran Sungai Kreung Aceh Sebelum Adanya Krib	8
Gambar 2.7 Pola Aliran Sungai Kreung Aceh menggunakan Krib 30 derajat Panjang 9 Meter (Atas) dan 7 Meter (Bawah)	9
Gambar 2.8 Tegangan Geser Dasar Sungai Pada Krib Tanpa Flanges	10
Gambar 2.9 Tegangan Geser Dasar Sungai Pada Krib Dengan Flanges	10
Gambar 3.1 Klasifikasi Aliran Pada Saluran Terbuka	12
Gambar 3.2 Aliran Seragam	13
Gambar 3.3 Tidak Seragam	13
Gambar 3.4 Aliran Permanen	14
Gambar 3.5 Aliran Tidak Permanen	14
Gambar 3.6 Distribusi Kecepatan Pada Saluran Terbuka	15
Gambar 3.7 Distribusi Kecepatan Pada Belokan Sungai	16
Gambar 3.8 Skema Aliran pada Tikungan Sungai (Graf & Altinakar, 1998)	19
Gambar 3.9 Pola Aliran Pada Tampak Melintang Belokan Sungai	20
Gambar 3.10 Krib	20
Gambar 3.11 Ilustrasi Aliran pada Krib	22
Gambar 4.1 Lokasi Penelitian	27
Gambar 4.2 Bagan Alir Penelitian	30
Gambar 5.1 Garis Batas Kanan dan Kiri Sungai	31
Gambar 5.2 Properti Mesh	32

Gambar 5.3 Mesh Klambu	32
Gambar 5.4 Mesh Setelah Interpolasi	33
Gambar 5.5 Pembuatan Kondisi Batas Sungai	34
Gambar 5.6 Proses Simulasi Aplikasi Telemac 2D	35
Gambar 5.7 Distribusi Kecepatan Sungai Tanpa Krib	36
Gambar 5.8 Pola Aliran Sungai Tanpa Krib	37
Gambar 5.9 Bentuk Mesh Sungai Dengan Krib 30 m Impermeabel (Atas) dan Permeabel (Bawah)	38
Gambar 5.10 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Permeabel 30 m	39
Gambar 5.11 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Permeabel 30 m	39
Gambar 5.12 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Impermeabel 30m	40
Gambar 5.13 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Impermeabel 30 m	41
Gambar 5.14 Bentuk Mesh Dengan Krib 40 m Impermeabel (Atas) dan Permeabel (Bawah)	42
Gambar 5.15 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Permeabel 40 m	43
Gambar 5.16 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Permeabel 40 m	43
Gambar 5.17 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Impermeabel 40 m	44
Gambar 5.18 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Impermeabel 40 m	45
Gambar 5.19 Bentuk Mesh Sungai Dengan Krib 50 m Impermeabel (Atas) dan Permeabel (Bawah)	46
Gambar 5.20 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Permeabel 50 m	47
Gambar 5.21 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Permeabel 50 m	48
Gambar 5.22 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Impermeabel 50 m	48
Gambar 5.23 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Impermeabel 50 m	49

DAFTAR TABEL

Tabel 3.1 Perkiraan Penentuan Nilai Koefisien Manning	17
Tabel 5.1 Rekapitulasi Hasil Distribusi Kecepatan	50



DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1 Prosedur Pembuatan Mesh Menggunakan Aplikasi BlueKenue 56



ABSTRAK

Bendung Klambu yang terletak di Grobogan, Jawa Tengah memiliki permasalahan pada penggal hulu bendung, terutama pada bagian belokan sungai karena terdapat deposisi sedimen di daerah dalam belokan. Deposisi sedimen terjadi karena terdapat perbedaan kecepatan pada daerah luar dan dalam belokan sungai. Pembuatan krib merupakan salah satu solusi dalam mengurangi deposisi sedimen pada dalam daerah sungai. Krib akan mengubah pola aliran dan distribusi kecepatan sehingga tren kecepatan pada daerah dalam belokan sungai akan meningkat.

Penelitian ini akan menganalisa pola aliran dan distribusi kecepatan aliran di belokan sungai sebelum dan setelah adanya krib dengan menggunakan aplikasi Telemac2D. Data yang diperlukan untuk melakukan penelitian yaitu peta topografi sungai, nilai debit aliran, serta kondisi batas sungai. Penelitian dilakukan menggunakan tiga varian panjang (30 m, 40 m, dan 50 m) serta dua jenis krib (permeabel dan impermeabel).

Kecepatan pada daerah dalam belokan sungai yaitu 0-0,185 m/s sedangkan pada daerah luar belokan sungai senilai 0,74-1,67 m/s. Distribusi kecepatan dalam belokan sungai menggunakan krib permeable dan impermeable 30 m yaitu 0-0,18 m/s, krib permeable 40 m yaitu 0,185-1,67 m/s, krib impermeable 40 m yaitu 0-1,67 m/s, dan krib permeabel atau impermeabel sepanjang 50 m yaitu 0,74-1,67 m/s. Pola aliran di daerah antar krib pada krib permeabel tidak teratur, sedangkan pada krib impermeabel terbentuk pusaran air. Pola aliran di dalam belokan sungai menggunakan krib 30 m dan 40 m pada kedua jenis krib menghasilkan pola aliran berbentuk pusaran air. Pusaran air pada daerah dalam belokan menjadi pola aliran yang searah dengan aliran sungai dengan menggunakan krib permeabel atau impermeabel sepanjang 50 m.

Kata Kunci : Pola Aliran, Distribusi Kecepatan, Krib, Telemac2D

ABSTRACT

The upstream reach of Klambu Weir which located on Grobogan, Jawa Tengah has an issue because of sediment deposition that occurs on the river bend. Therefore, it is required to find the solution to remove the sediment deposition. Sediment deposition happens because of velocity difference on the inside and outside part of river bend. Groyne is one of many solution that can remove the sediment deposition on river bend. Groyne change flow pattern and velocity distribution so the velocity on the inside part of river bend equal to the outside part of river bend.

This research will analyze the flow pattern and velocity distribution on river in normal condition and after the installation of groyne using an application called Telemac2D. For doing the simulation, some data is necessary including river topography, flow discharge, and river boundary condition. This simulation process will be done by using three length variation (30 m, 40 m, and 50 m), also two type of groyne (permeable and impermeable).

From the result of this simulation, the velocity inside the river bend is 0-0,185 m/s, meanwhile on the outside part of river bend is 0,74-1,67 m/s. Velocity distribution on the inside part of river bend using 30 m permeable and impermeable is 0-0,18 m/s, using 40 m permeable groyne is 0,185-1,67 m/s, using 40 m impermeable groyne is 0-1,67 m/s, and using 50 m permeable and impermeable groyne is 0,74-1,67 m/s. Flow pattern between permeable groyne shows that there is irregular flow, meanwhile on between impermeable groyne an eddys formed. Flow pattern on the inside part of river bend using 30 m and 40 m groyne shows that an eddys formed with area less than the original condition, meanwhile using 50 m groyne shows that the flow pattern have the same direction with the river flow.

Keywords : Flow Pattern, Velocity Distribution, Groyne, Telemac2D

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Bendung Klambu merupakan bendung yang mengairi daerah irigasi seluas 43.000 hektare yang terletak di Kecamatan Klambu, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah. Bendung tersebut dibangun beberapa puluh tahun lalu yang kemudian dilakukan revitalisasi pada tahun 2017-2018. Revitalisasi Bendung Klambu bertujuan untuk menanggulangi banjir di Kabupaten Grobogan dan mengaliri sawah serta kebutuhan air masyarakat. Revitalisasi di hulu Bendung Klambu dilakukan karena kurangnya perawatan yang memadai sehingga tingkat kebocoran bendung semakin tinggi (RadarKudus, 2019).

Kurangnya perawatan pada Bendung Klambu menyebabkan tingginya tingkat sedimentasi pada daerah hulu bendung. Deposisi sedimen paling tinggi terjadi pada daerah tikungan sungai di hulu bendung yang dapat dilihat pada Gambar 1.1.



Gambar 1.1 Deposisi Sedimen Pada Hulu Bendung Klambu

(Sumber : Google *Earth*)

Salah satu penyebab terjadinya deposisi sedimen pada belokan sungai yaitu terjadi kecepatan yang lebih tinggi pada daerah luar sungai daripada daerah dalam belokan sungai (Graf & Altinakar, 1998). Kecepatan dalam belokan sungai perlu ditingkatkan sehingga permasalahan deposisi sedimen dapat teratasi. Oleh karena itu, solusi diperlukan untuk mengubah tren kecepatan pada belokan sungai, salah satunya adalah dengan pembuatan krib.

Krib akan mengubah arah pola aliran dan distribusi kecepatan pada daerah dalam dan luar belokan sungai. Analisis terhadap krib dalam mengubah pola aliran dan distribusi kecepatan perlu dilakukan dengan menggunakan beberapa jenis dan variasi krib untuk mengetahui variasi dan jenis krib paling terbaik. Oleh karena itu, dibutuhkan simulasi aliran menggunakan beberapa jenis dan variasi krib untuk mengetahui pola aliran dan distribusi kecepatan pada sungai.

1.2 Rumusan Masalah

Berikut rumusan masalah dalam penulisan Tugas Akhir.

1. Bagaimana distribusi kecepatan pada sungai di ruas hulu Bendung Klambu sebelum dan setelah dibangunnya krib?
2. Bagaimana arah pola aliran pada sungai di ruas hulu Bendung Klambu sebelum dan setelah dibangunnya krib?

1.3 Tujuan Penelitian

Berikut tujuan penelitian dalam penulisan Tugas Akhir.

1. Mengetahui distribusi kecepatan pada sungai di ruas hulu Bendung Klambu sebelum dan setelah dibangunnya krib.
2. Mengetahui arah pola aliran yang terjadi di ruas hulu Bendung Klambu sebelum dan setelah dibangunnya krib.

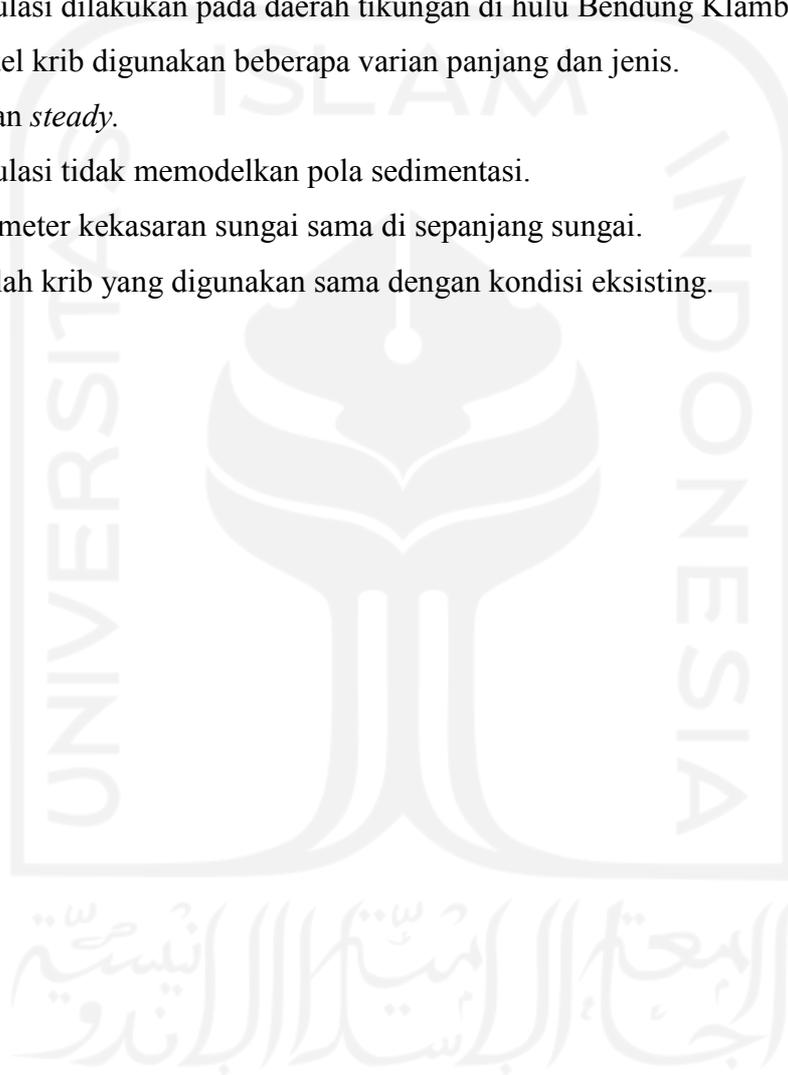
1.4 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat bermanfaat sebagai studi dalam perencanaan krib serta penelitian-penelitian selanjutnya.

1.5 Batasan Penelitian

Untuk dapat mempermudah penelitian maka harus adanya batasan penelitian. Batasan penelitian pada penelitian ini sebagai berikut:

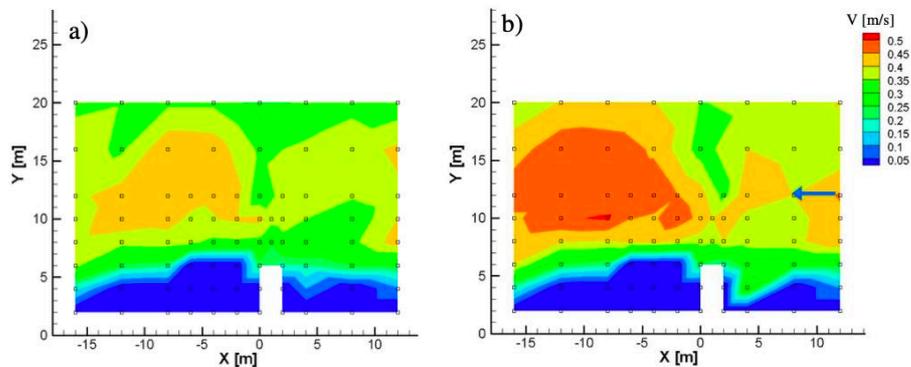
1. Penelitian ini dilakukan pada lokasi Bendung Klambu, Kabupaten Grobogan, Jawa Tengah.
2. Simulasi dilakukan pada daerah tikungan di hulu Bendung Klambu.
3. Model krib digunakan beberapa varian panjang dan jenis.
4. Aliran *steady*.
5. Simulasi tidak memodelkan pola sedimentasi.
6. Parameter kekasaran sungai sama di sepanjang sungai.
7. Jumlah krib yang digunakan sama dengan kondisi eksisting.



BAB II TINJAUAN PUSTAKA

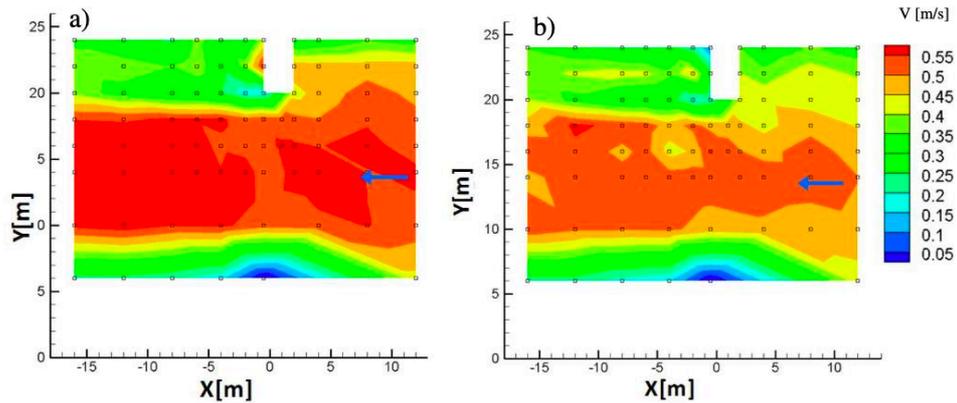
2.1 Distribusi Kecepatan pada Krib

Zaid (2018) melakukan penelitian untuk mengetahui distribusi kecepatan pada sungai dengan adanya krib. Simulasi dilakukan menggunakan model fisik lalu dibuat dalam bentuk grafik distribusi kecepatan. Penelitian dilakukan menggunakan dua material yaitu batu dan kayu. Bagian sungai yang diteliti memiliki rata-rata lebar sungai 24 m dengan kedalaman 0,8 m. Pengukuran kecepatan aliran menggunakan alat SEBA Hydrometrie GmbH yang di pasang di tiang besi. Untuk penelitian pada material batu digunakan dua sampel batu dengan ketinggian 20% dan 40% dari kedalaman air, sementara material kayu menggunakan sampel dengan ketinggian 40% dan 80% dari kedalaman air. Hasil distribusi kecepatan dari penggunaan krib pada penelitian dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Distribusi Kecepatan pada Krib Batu dengan Ketinggian 40% (kiri) dan 20% (kanan) dari dasar laut.

(Sumber: Zaid, 2018)

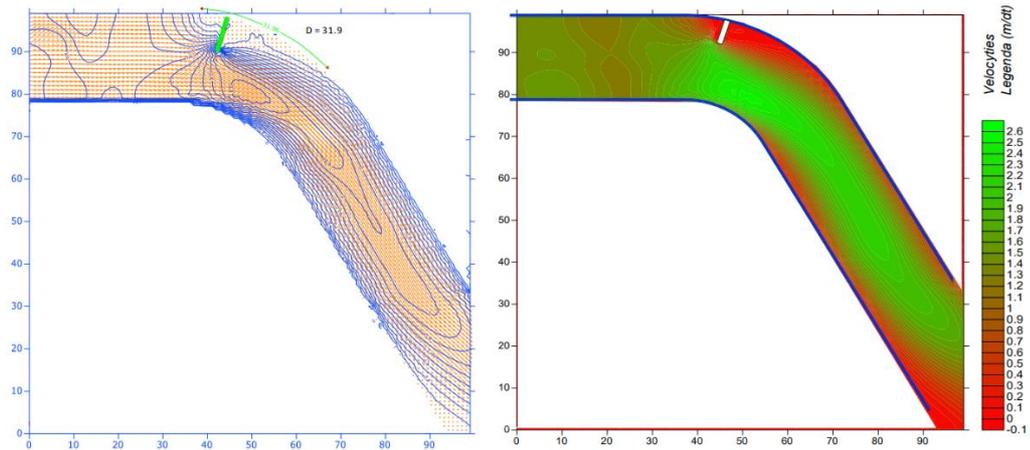


Gambar 2.2 Distribusi Kecepatan pada Krib Kayu dengan Ketinggian 80% (kiri) dan 40% (kanan) dari dasar laut.

(Sumber: Zaid, 2018)

Penelitian tersebut menyatakan bahwa krib dari batu yang kedap air membuat daerah air yang diam. Untuk krib kayu terdapat pengurangan kecepatan tapi tidak ada daerah air yang diam. Hal tersebut dapat disebabkan karena adanya aliran air yang melewati daerah bawah krib kayu. Gerusan tanah dasar paling tinggi terjadi di ujung krib dengan bahan batu, dimana area endapan terbanyak terdapat pada hulu dan hilir struktur krib.

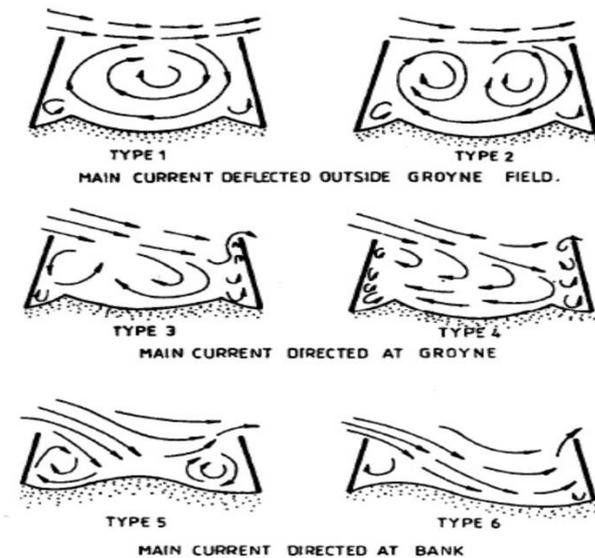
Pemodelan krib juga dilakukan Suharjo (2012) untuk menentukan penempatan krib terbaik pada tikungan sungai dengan dua variasi radius ($R=40$ m dan $R=30$ m), tiga variasi peletakan krib (hilir sungai, tengah tikungan sungai, dan $\frac{1}{4}$ busur lingkaran dari hilir sungai), dan tiga variasi panjang krib. Simulasi tersebut mendapatkan hasil bahwa pada sungai dengan $R=40$ m, krib yang diletakkan pada $\frac{1}{4}$ busur lingkaran dari hilir memberikan efek paling bagus dalam mengontrol aliran sungai. Sedangkan sungai dengan $R=30$ m, peletakan krib pada hulu tepat sebelum tikungan memberikan efek paling bagus dalam mengontrol aliran sungai.



Gambar 2.3 Gambar Pola Aliran pada Belokan Sungai dengan $R=40$ m dan Krib pada $\frac{1}{4}$ Busur Lingkaran
(Sumber: Suharjoko, 2012)

2.2 Pola Aliran

Copeland (1983) membuat pemodelan dengan menempatkan krib pada tikungan sungai untuk mengetahui pola aliran pada krib. Pola aliran yang didapatkan pada pemodelan dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Pola Aliran

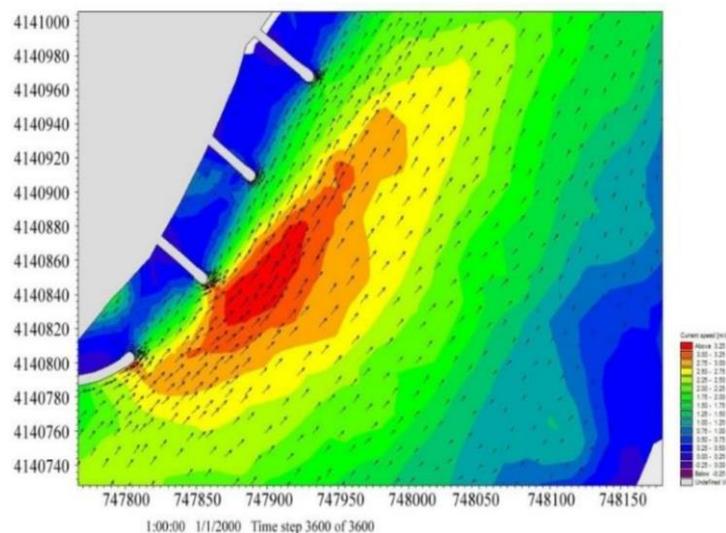
(Sumber: Przedwojski, 1995)

Pada gambar pertama, pusaran air terbentuk di antara krib sehingga membuat pola dari luar teralihkan dan menahan aliran tidak masuk dalam area antar krib. Pada tipe kedua, pusaran air juga terjadi tetapi aliran utama dari luar krib dapat masuk diantar krib. Semakin bertambahnya jarak antar krib membuat aliran semakin berubah. Yang terakhir pada tipe keenam, krib sudah kehilangan fungsinya yang membuat aliran utama masuk dan menggerus pinggiran sungai.

2.3 Model Simulasi Krib

Mojtahedi dan Basmenji A B (2017) melakukan penelitian tentang pengaruh krib dan tanggul pada sungai Ghezel-Ozan. Penelitian tersebut menggunakan aplikasi MIKE 21 dengan pendekatan model numerik 2D. Aplikasi tersebut terdapat *flexible mesh flow* untuk mensimulasikan aliran hidrodinamik yang tidak tetap dalam 2D (rata-rata kedalaman).

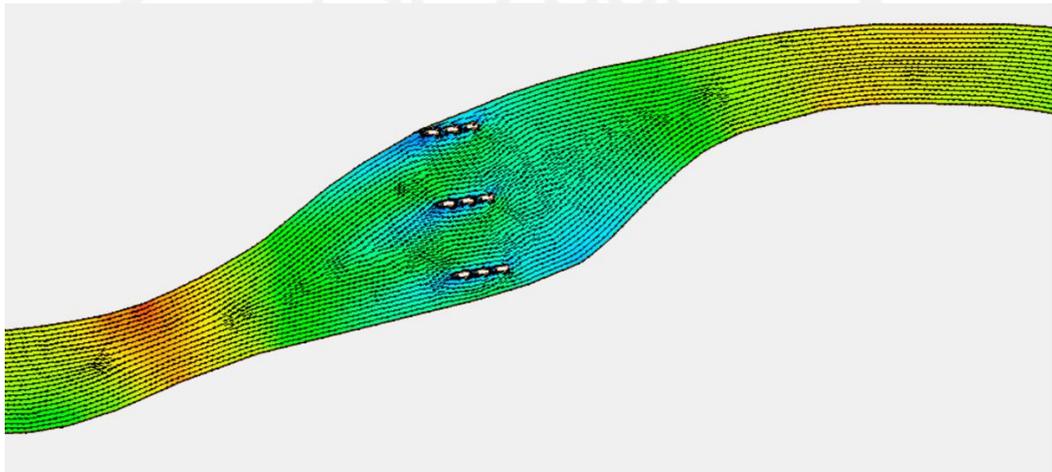
Penelitian yang dilakukan menghasilkan kesimpulan yaitu bahwa krib mempunyai efektivitas yang tinggi dalam melindungi tanggul dalam terjadinya erosi, hal ini dapat dilihat dari kecepatan aliran yang berkurang pada daerah dekat tanggul dan lebih banyak pada tengah sungai. Setelah adanya krib, dalam rentang interval tertentu, saluran utama sungai semakin dalam sementara sedimentasi terjadi di antara krib dan membuat tanggul lebih stabil.



Gambar 2.5 Pola Aliran dan Vorteks Sekitar Krib

(Sumber: Mojtahedi dan Basmenji A B, 2017)

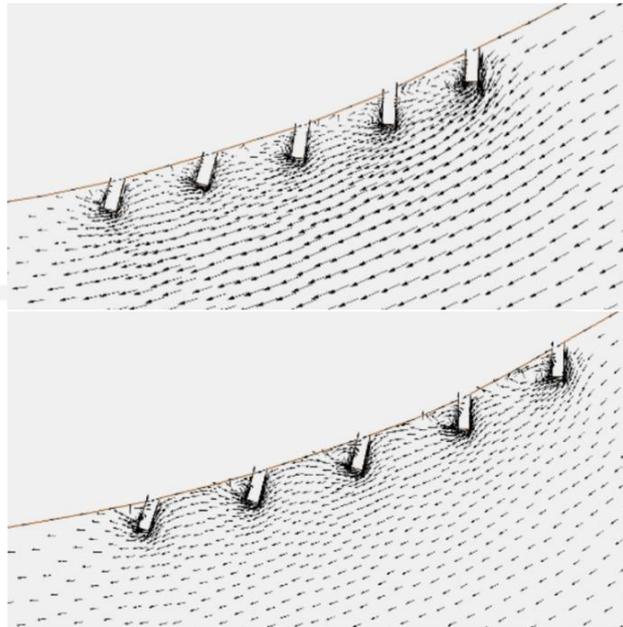
Fatimah dan Fauzi (2020) dalam penelitiannya membandingkan penggunaan krib dengan jenis yang berbeda pada aliran sungai. Pada penelitian tersebut menggunakan aplikasi *Surface Water Modelling System (SMS 11.2)* Secara teori, pinggiran sungai pada tikungan memiliki kecepatan yang lebih tinggi dibanding tengah sungai. Pola aliran pada penelitian tersebut sebelum dibangunnya krib dapat dilihat pada Gambar 2.6.



Gambar 2.6 Pola Aliran Sungai Kreung Aceh Sebelum Adanya Krib

(Sumber: Fatimah dan Fauzi, 2020)

Sungai tersebut dilakukan simulasi untuk pemasangan krib dengan berbagai jenis dan dimensi krib. Pada simulasi tersebut didapatkan hasil bahwa krib dengan kemiringan 30 derajat dengan panjang 9 meter lebih baik dalam mengurangi pusaran arus daripada panjang 7 meter.



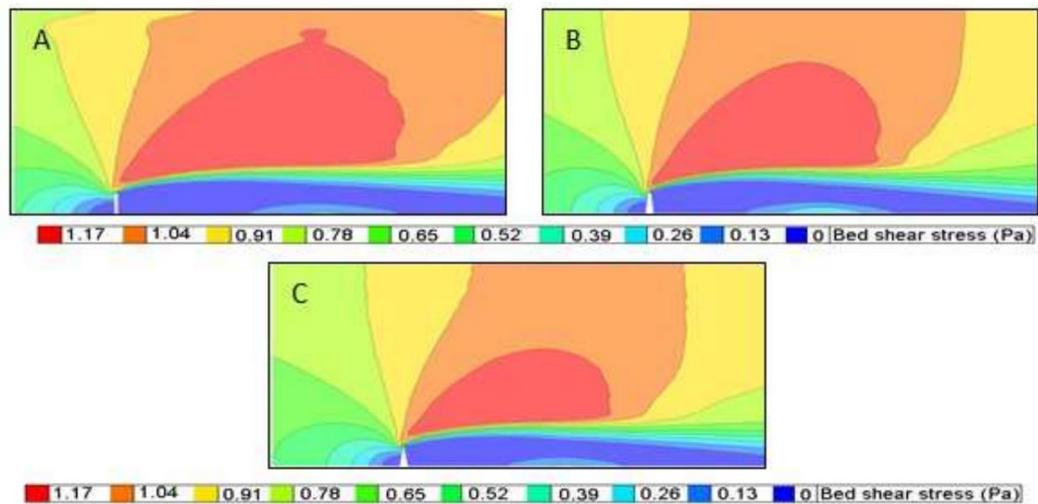
Gambar 2.7 Pola Aliran Sungai Kreung Aceh menggunakan Krib 30 derajat Panjang 9 Meter (Atas) dan 7 Meter (Bawah)

(Sumber: Fatimah dan Fauzi, 2020)

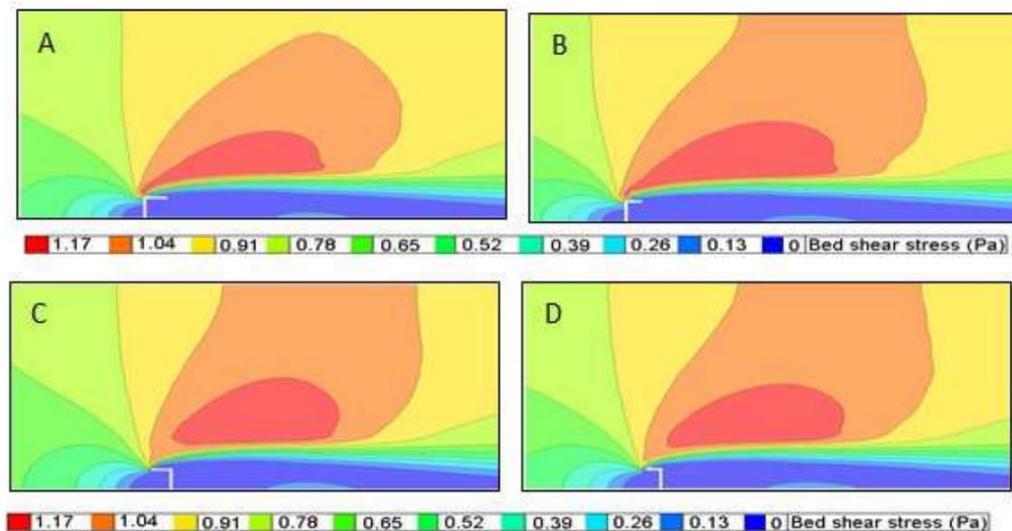
2.3.1 Simulasi Pada Telemac-Mascaret

Saberi dan Galoie (2017) melakukan penelitian menggunakan aplikasi Telemac 3D dengan memodelkan beberapa bentuk krib yang berbeda. Penelitian yang dilakukan untuk mengetahui pengaruh penggunaan krib serta perbedaan pada tiap bentuk krib. Pemodelan menggunakan *mesh* dengan ukuran antara 0,04-0,05 m untuk tiap sisi. *Time step* digunakan 0,1 detik dengan debit dan tinggi yang konstan. Koefisien Manning yaitu 0,02 untuk dasar sungai dan dinding halus tanpa friksi pada daerah dinding sungai.

Penelitian tersebut mendapatkan hasil bahwa pada krib tanpa *flanges* terjadi tegangan geser pada dasar sungai paling tinggi daripada krib dengan *flanges*. Pengikisan tertinggi terjadi pada daerah sekitar krib dan pada daerah hulu krib. Adanya *flanges* pada krib mempengaruhi tegangan geser pada dasar sungai. Semakin tinggi panjang *flanges* akan menyebabkan kecepatan pada daerah belakang *flanges* berkurang.



Gambar 2.8 Tegangan Geser Dasar Sungai Pada Krib Tanpa *Flanges*
(Sumber : Saberi dan Galoie, 2017)



Gambar 2.9 Tegangan Geser Dasar Sungai Pada Krib Dengan *Flanges*
(Sumber : Saberi dan Galoie, 2017)

2.4 Keaslian Penelitian

Berdasarkan tinjauan dari penelitian terdahulu, pada penelitian kali ini untuk simulasi aliran pada krib digunakan aplikasi Telemac 2D serta desain krib yang di gunakan yaitu beberapa variasi panjang dan jenis.

BAB III

LANDASAN TEORI

3.1 Saluran Terbuka

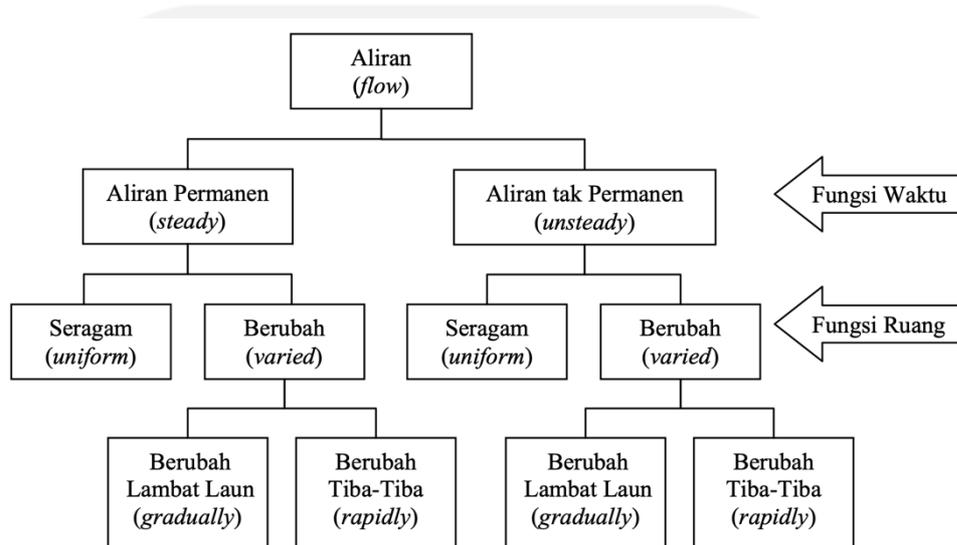
Saluran terbagi menjadi dua jenis yaitu saluran tertutup dan saluran terbuka. Bambang Triatmodjo (2003) menjelaskan bahwa saluran terbuka adalah saluran dimana air mengalir dengan muka air bebas. Tekanan di permukaan air pada semua titik di sepanjang saluran terbuka adalah sama. Saluran terbuka berbeda dengan saluran tertutup karena terdapat banyak variabel aliran yang sangat tidak teratur seperti tampang lintang saluran, kekasaran, kemiringan dasar, belokan, debit aliran dan sebagainya.

Saluran terbuka terbagi dua jenis yaitu saluran buatan dan saluran alam. Saluran buatan seperti irigasi, drainase, saluran untuk keperluan industri dan berbagai jenis saluran buatan lainnya memiliki karakteristik aliran yang seragam di sepanjang saluran. Oleh karena itu, untuk menganalisis aliran pada saluran alam lebih kompleks daripada saluran buatan. Salah satu jenis saluran terbuka alam adalah sungai.

Sungai adalah alur atau wadah air alami dan/atau buatan berupa jaringan pengaliran air beserta air di dalamnya, mulai dari hulu sampai muara, dengan dibatasi kanan dan kiri oleh garis sempadan (PP No. 38 tahun 2011). Sungai adalah sebuah sistem alur alam yang secara menerus menyesuaikan dirinya terhadap perubahan lingkungan sekitarnya dalam bentuk aksi dan reaksi. Penyesuaian sungai terhadap lingkungan dapat berjalan pelan dan tak terlihat tetapi juga dapat berjalan cepat dan mendadak. Aliran air pada sungai yang memiliki tampang melintang tidak beraturan akan terjadi perubahan kecepatan dan kedalaman yang menyesuaikan bentuk dari geometri sungai.

3.2 Klasifikasi Aliran

Pengklasifikasian aliran dibagi menjadi berbagai tipe tergantung kriteria yang digunakan. Klasifikasi aliran berdasarkan karakteristik ruang terdapat aliran seragam (*uniform flow*) dan aliran tidak seragam (*non uniform flow*). Klasifikasi aliran berdasarkan karakteristik waktu terdapat aliran tetap (*steady flow*) dan aliran tidak tetap (*unsteady flow*).



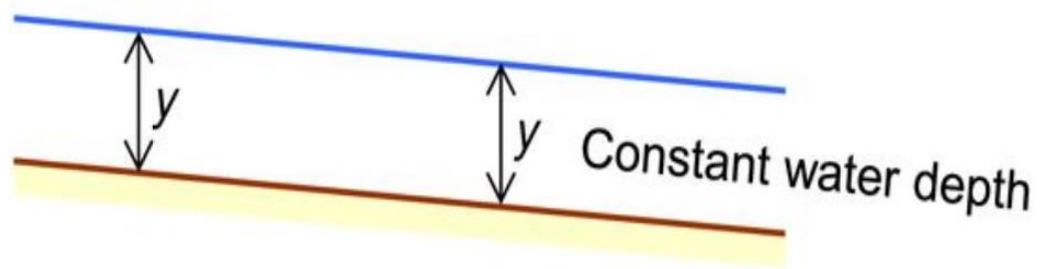
Gambar 3.1 Klasifikasi Aliran Pada Saluran Terbuka

1. Berdasarkan fungsi ruang

a. Aliran Seragam (*uniform flow*)

Aliran disebut seragam jika variabel pada aliran sepanjang saluran yang ditinjau seperti kedalaman, tampang basah, kecepatan dan debit adalah konstan.

$$\frac{dh}{dx} = 0, \quad \frac{dA}{dx} = 0, \quad \frac{dQ}{dx} = 0 \quad (3.1)$$

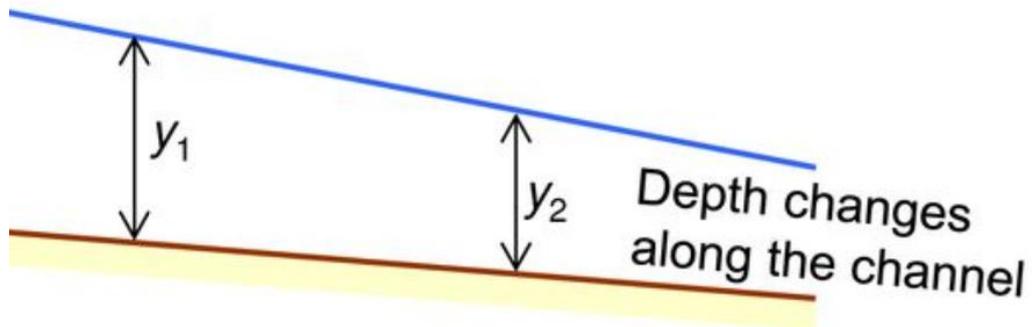


Gambar 3.2 Aliran Seragam

b. Aliran tidak seragam (*varied flow*)

Aliran disebut tidak seragam jika terjadi variabel tidak konstan sepanjang aliran yang ditinjau. Variabel yang dimaksud yaitu kedalaman, tampang basah dan kecepatan aliran.

$$\frac{dh}{dx} \neq 0, \quad \frac{dA}{dx} \neq 0, \quad \frac{dQ}{dx} \neq 0 \quad (3.2)$$



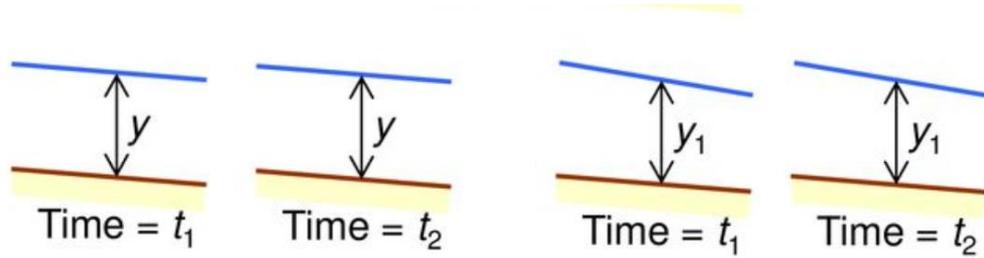
Gambar 3.3 Tidak Seragam

2. Berdasarkan fungsi waktu

a. Aliran permanen (*steady flow*)

Aliran permanen merupakan aliran yang memiliki variabel aliran yang tetap pada setiap tampang di sepanjang saluran dan tidak berubah terhadap waktu. Variabel aliran yang dimaksud yaitu seperti kedalaman, kecepatan dan debit.

$$\frac{dh}{dt} = 0 \quad , \quad \frac{dA}{dt} = 0 \quad , \quad \frac{dQ}{dt} = 0 \quad (3.3)$$



Gambar 3.4 Aliran Permanen

b. Aliran tidak permanen (*unsteady flow*)

Aliran disebut tidak permanen jika variabel aliran seperti kedalaman, kecepatan dan debit pada setiap tampang di sepanjang saluran berubah terhadap waktu.

$$\frac{dh}{dt} \neq 0 \quad , \quad \frac{dA}{dt} \neq 0 \quad , \quad \frac{dQ}{dt} \neq 0 \quad (3.4)$$

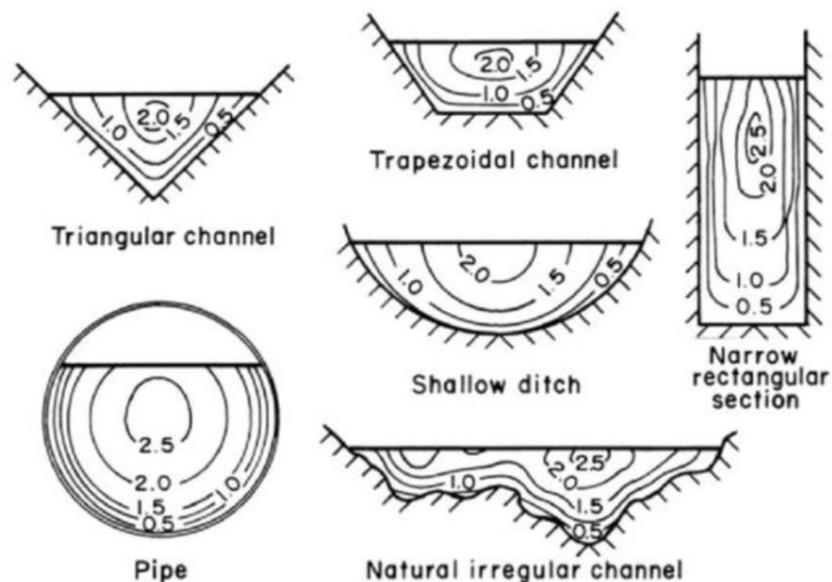


Gambar 3.5 Aliran Tidak Permanen

3.3 Distribusi Kecepatan

Kecepatan tiap titik pada saluran terbuka sangat bervariasi. Hal ini tergantung dari banyak faktor seperti bentuk saluran, kekasaran dinding, dan juga debit aliran. Dengan menggunakan koordinat kartesius, aliran mempunyai tiga komponen arah, tetapi komponen arah vertikal dan lateral memiliki nilai yang kecil sehingga dapat diabaikan. Oleh karena itu, komponen arah yang diperhitungkan hanya kecepatan aliran yang searah.

Variasi dari komponen kecepatan tergantung pada kedalaman air dari permukaan. Permukaan bebas dan gesekan di sepanjang dinding saluran terbuka mengakibatkan pembagian kecepatan pada saluran terbuka tidak merata pada penampang saluran (Chow, 1985). Beberapa contoh tipikal variasi kecepatan terhadap kedalaman air dapat dilihat pada Gambar 3.6.



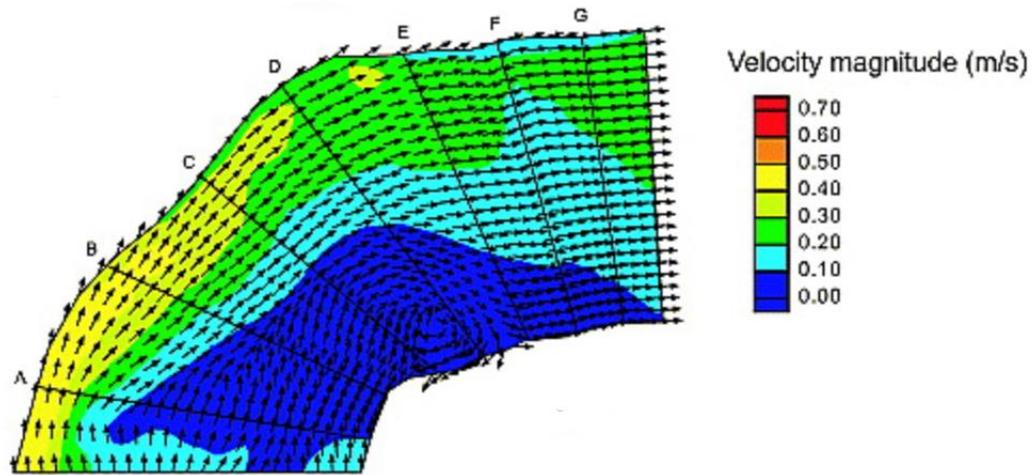
Gambar 3.6 Distribusi Kecepatan Pada Saluran Terbuka

(Sumber : Triatdmojo, 1993)

Gambar di atas menunjukkan bahwa kecepatan minimum terjadi pada daerah sekitar dinding batas yaitu pada dasar dan tebing. Kecepatan semakin bertambah besar jika semakin dekat ke permukaan. Sementara itu, kecepatan maksimum terjadi pada daerah tengah lebar saluran dan di dekat bawah permukaan. Hal tersebut terjadi karena terjadi gesekan antara zat cair dengan tebing saluran, serta gesekan antara zat cair dengan dara pada permukaan.

Distribusi kecepatan pada tikungan sungai yaitu aliran mengalami percepatan dan perlambatan (Purnama, 2016). Kecepatan aliran pada dalam belokan mengalami peningkatan saat memasuki awal belokan dan menurun saat melewati akhir belokan. Sementara pada luar belokan, kecepatan mengalami penurunan saat memasuki awal belokan dan mengalami peningkatan saat melewati akhir belokan.

Hal tersebut menyebabkan sedimen memiliki kecenderungan untuk meningkatkan terjadinya deposisi sedimen pada dalam belokan dan erosi pada dasar saluran di luar belokan.



Gambar 3.7 Distribusi Kecepatan Pada Belokan Sungai

(Sumber : Ferguson dan Parsons, 2003)

3.4 Koefisien Kekasaran Manning

Nilai koefisien kekasaran Manning ditentukan berdasarkan pada beberapa faktor sehingga memiliki nilai yang sangat bervariasi (Brunner, 2010). Beberapa faktor dalam menentukan nilai koefisien kekasaran Manning sebagai berikut:

1. Kekasaran permukaan.
2. Vegetasi.
3. Ketidakteraturan saluran.
4. Alinyemen saluran.
5. Penggerusan dan deposisi.
6. Struktur penghambat.
7. Ukuran dan bentuk dari saluran.
8. Tinggi muka air dan debit.
9. Perubahan musim.
10. Temperature.

Chow (1959) dalam Brunner (2010) memberikan acuan untuk menentukan nilai dari koefisien kekasaran Manning yang dibagi berdasarkan nilai minimum, normal, dan maksimum seperti yang ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Perkiraan Penentuan Nilai Koefisien Manning

No	Saluran Alam	Minimum	Normal	Maksimum
1	Sungai Utama			
	a. Bersih, lurus, tidak ada celah/palung sungai.	0,025	0,03	0,033
	b. Sama seperti (1.a) ditambah dengan batu dan gulma	0,03	0,035	0,04
	c. Bersih, berliku-liku, ada beberapa kolam dan dangkalan	0,033	0,04	0,045
	d. Sama seperti (1.c) ditambah dengan beberapa batu dan gulma	0,035	0,045	0,05
	e. Sama seperti (1.d) lebih dangkal, ada beberapa kemiringan saluran dan tampang yang tidak efektif	0,04	0,048	0,055
	f. Sama seperti (1.d) ditambah dengan batu	0,035	0,05	0,06
	g. Penggal sungai yang lambat, bergulma, dan berpalung.	0,05	0,07	0,08
	h. Penggal sungai dengan banyak gulma, palung, alur banjir dengan banyak pohon berbatang keras dan semak-semak.	0,07	0,1	0,15
2	Dataran Banjir			
	a. Padang rumput tanpa semak.			
	1) Rumput pendek	0,025	0,03	0,035
	2) Rumput tinggi	0,03	0,035	0,05
	b. Area pertanian/budidaya			
	1) Tidak ada tanaman	0,02	0,03	0,04
	2) Tanaman dewasa satu baris	0,025	0,035	0,045
	3) Tanaman dewasa satu bidang	0,03	0,04	0,05
	c. Semak-semak			
	1) Semak-semak tersebar dan banyak gulma	0,035	0,05	0,07

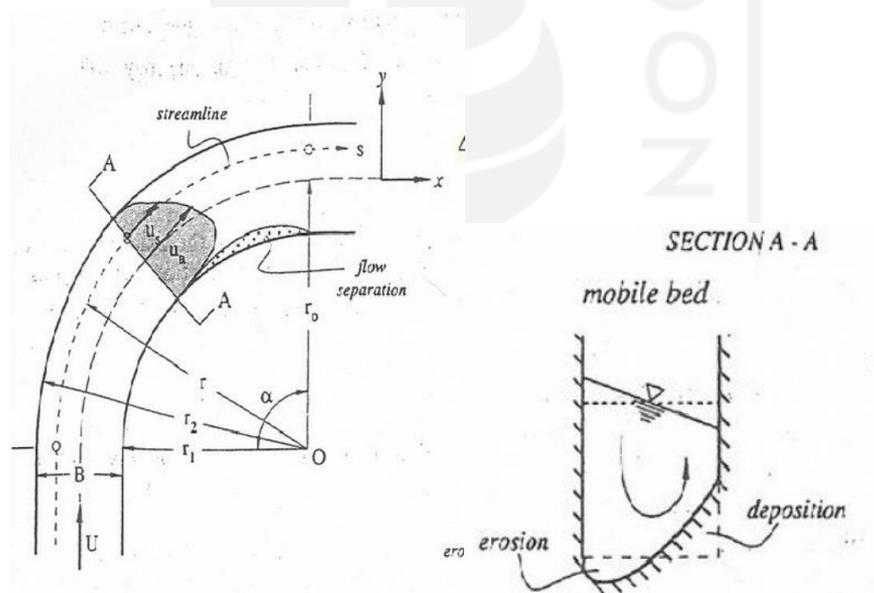
Lanjutan Tabel 3.2 Perkiraan Penentuan Nilai Koefisien Manning

No	Saluran Alam	Minimum	Normal	Maksimum
	2) Semak-semak ringan dan pepohonan kecil pada musim dingin	0,035	0,05	0,06
	3) Semak-semak ringan dan pepohonan kecil pada musim panas	0,04	0,06	0,08
	4) Semak-semak medium-rimbun pada musim dingin	0,045	0,07	0,11
	5) Semak-semak medium-rimbun pada musim panas	0,07	0,1	0,16
	d. Pepohonan			
	1) Lahan yang dibuka dengan tanggul pohon, dan tidak ada tunas yang tumbuh	0,03	0,04	0,05
	2) Sama dengan {(2.d.1)} tetapi dengan banyak tunas yang tumbuh	0,05	0,06	0,08
	3) banyak pohon berbatang keras, sedikit pohon muda, elevasi aliran masih di bawah cabang ranting pohon	0,08	0,1	0,12
	4) Sama dengan {(2.d.3)} tetapi elevasi aliran sampai dengan cabang-ranting pohon	0,1	0,12	0,16
	5) banyak pohon Willow pada musim panas	0,11	0,15	0,2
3	Saluran di pegunungan tidak ada vegetasi pada saluran, kemiringan dasar curam, dengan pepohonan dan semak-semak yang terendam di tampungan			
	a. Dasar: <i>gravels, cobbles</i> , dan sedikit boulders	0,03	0,04	0,05
	b. Dasar: <i>gravels, cobbles</i> , dan banyak boulders	0,04	0,05	0,07

Sumber : Brunner (2010)

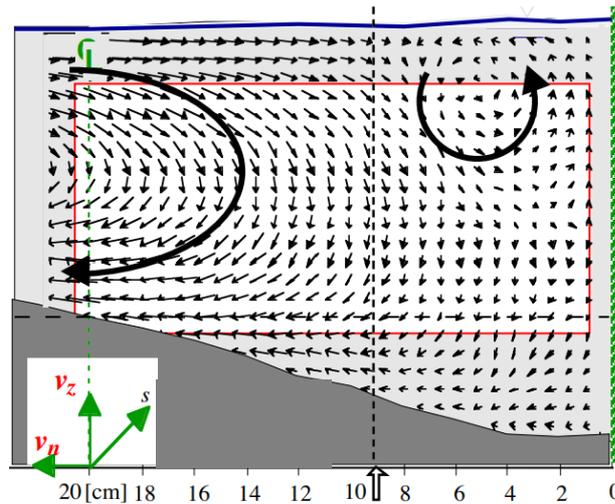
3.5 Perilaku Aliran Pada Tikungan Sungai

Aliran pada tikungan sungai terdapat gaya sentrifugal yang akan menyebabkan munculnya arus melintang sungai. Arus melintang sungai beserta aliran utama sungai akan menyebabkan pembentukan aliran *helicoïdal*. Arus melintang memiliki kecepatan dengan berkisar antara 10% - 15% dari kecepatan arah utama aliran (Kinori, 1984 dan Legono, 1986). Perilaku aliran pada tikungan sungai dapat menyebabkan terjadinya erosi terutama pada sungai yang berkelok-kelok. Erosi akan terjadi pada daerah sisi luar belokan dan sedimentasi terjadi pada daerah dalam belokan. Pengikisan tanah paling banyak terjadi pada daerah luar tikungan, sedangkan sedimentasi paling banyak terjadi pada daerah dalam tikungan. Superelevasi pada tikungan mempengaruhi tingkat pengikisan pada sungai. (Darwizal, M. Subhi, 2006) .



Gambar 3.8 Skema Aliran pada Tikungan Sungai (Graf & Altinakar, 1998)

(Sumber : Purnama, 2016)



Gambar 3.9 Pola Aliran Pada Tampak Melintang Belokan Sungai

(Sumber : Blanckaert, 2002)

3.6 Krib

3.6.1 Definisi Krib

Krib merupakan salah satu jenis bangunan pengatur sungai. Bangunan pengatur sungai adalah bangunan yang dibangun untuk mengarahkan dan mengatur aliran sungai, serta mengatur dasar sungai atau menambah kedalaman sungai dengan maksud untuk stabilisasi alur sepanjang jalan (*alignment*) ruas sungai tertentu. Sedangkan pengertian dari krib sendiri adalah bangunan yang dibuat mulai dari tebing sungai ke arah tengah guna mengatur arus sungai (BPSDM, 2017).



Gambar 3.10 Krib

(Sumber : Rijkswaterstaat)

3.6.2 Fungsi Krib

Sebagai bangunan pengatur sungai, krib memiliki fungsi yang bermacam-macam. Qiu-cai (2009) menjelaskan bahwa fungsi dari krib yaitu untuk memotong aliran air sehingga menjauh dari pinggiran pantai atau sungai untuk melindungi daerah hilir.

Bangunan krib memiliki berbagai fungsi. Beberapa fungsi dari krib dapat dilihat sebagai berikut:

1. Untuk melindungi tebing secara tidak langsung, khususnya untuk tebing yang terletak pada daerah potensial seperti pelindung tebing sungai, jembatan, bangunan fasilitas umum, tanggul, dan jalan raya.
2. Untuk pengarah aliran sungai seperti membelokkan dan mengubah arah aliran dengan tujuan sebagai berikut:
 - a. Krib untuk mengatur debit agar masuk ke percabangan sebagai suplesi, agar aliran masuk ke bangunan pengambilan.
 - b. Krib untuk memperbaiki arah arus apabila di bangunan pengambilan (bendung, pompa air, pintu air) terjadi perubahan arah arus.
 - c. Krib untuk memperbaiki pola dan arah aliran pada alur sungai tidak menentu misalnya pada sungai di dataran rendah.
3. Untuk pengarah sehingga dapat memperbaiki alinyemen sungai dengan keperluan tertentu, seperti:
 - a. Mempertahankan lebar dan kedalaman sungai yang dipakai keperluan navigasi maka krib dipasang pada tebing kiri dan kanan sungai.
 - b. Memperbaiki alinyemen karena terjadinya longsoran tebing karena arus maka krib dipasang secara serial guna memacu terjadinya endapan pada bagian tebing tersebut.

3.6.3 Klasifikasi Krib

Krib diklasifikasikan berdasarkan tipe konstruksi sebagai berikut:

1. Krib Permeabel

Krib permeable atau krib tembus air merupakan tipe krib yang aliran air sungai dapat mengalir melalui krib. Bangunan ini akan melindungi tebing terhadap

gerusan arus sungai dengan cara meredam energi yang terkandung dalam aliran sepanjang tebing sungai.

2. Krib Impermeabel

Krib impermeabel atau krib tahan air juga disebut krib padat karena air sungai tidak dapat mengalir melalui tubuh krib. Bangunan ini digunakan untuk membelokan arah arus sungai, hal tersebut menyebabkan sering terjadi gerusan yang cukup dalam di depan ujung krib atau bagian sungai di sebelah hilirnya.

3.6.4 Mekanisme Kerja Krib

Mekanisme aliran pada sekitar krib dan deformasi pada pinggiran sungai dapat dilihat pada Gambar 3.10.

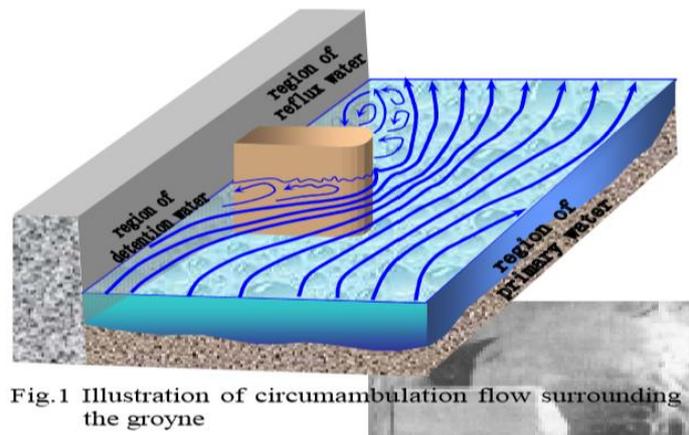


Fig.1 Illustration of circumambulation flow surrounding the groyne

Gambar 3. 11 Ilustrasi Aliran pada Krib

(Sumber : Qiu-cai, 2009)

Aliran pada daerah krib terdapat tiga bagian termasuk daerah air refluks, aliran detensi/penahanan dan aliran utama sungai. Aliran utama terdapat pada ujung krib hingga pinggiran sungai yang tidak terdapat krib, aliran ini merupakan aliran linear. Aliran refluks terdapat pada hilir krib dimana tekanan dan kecepatan aliran air berkurang yang kemudian membuat aliran berbentuk rotasi (*helical*). Aliran detensi terletak pada hulu krib dimana aliran air terhalang oleh krib dan terjadi refleksi yang membentuk aliran rotasi.

3.7 Telemac 2D

Program Telemac 2D merupakan model numerik dua dimensi yang menyelesaikan permasalahan hidrodinamika dengan asumsi rata-rata kedalaman pada aliran permukaan bebas. Aplikasi tersebut dapat memecahkan persamaan hidrodinamika dengan menggunakan metode elemen hingga. Hasil dari komputasi program tersebut berupa kedalaman air dan dua komponen kecepatan yang dihitung pada tiap titik jaringan segitiga/*mesh*. Program Telemac 2D memiliki banyak fungsi seperti mencari distribusi kecepatan dan pola aliran sungai.

3.7.1 Persamaan Aliran

Telemac kemudian memproses rumus hidrodinamika yaitu persamaan kontinuitas dan persamaan momentum pada sumbu x dan y yang diintegrasikan terhadap rerata kedalaman (*depth-averaged*). Persamaan tersebut dapat dilihat sebagai berikut: (*User Guide for Telemac 2D*).

$$\frac{\partial h}{\partial t} + u \cdot \nabla(h) + h \operatorname{div}(u) = S_h \quad \text{persamaan kontinuitas} \quad (3.1)$$

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \cdot \nabla(u) = -g \frac{\partial Z}{\partial x} + S_x + \frac{1}{h} \operatorname{div}(h v_t \nabla u) \quad \text{momentum sepanjang x} \quad (3.2)$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \cdot \nabla(v) = -g \frac{\partial Z}{\partial y} + S_y + \frac{1}{h} \operatorname{div}(h v_t \nabla v) \quad \text{momentum sepanjang y} \quad (3.3)$$

Dengan:

- h (m) = kedalaman air
- u,v (m/s) = kecepatan
- g (m/s²) = percepatan gravitasi
- v_t (m²/s) = koefisien momentum
- Z (m) = elevasi permukaan
- t (s) = waktu
- x,y (m) = koordinat horizontal
- S_h (m/s) = aliran potensial pada fluida

S_x, S_y (m/s^2) = *source or sink* pada persamaan dinamika

Persamaan menggunakan koordinat *Cartesian* dan dapat juga diproses dengan menggunakan koordinat *spherical*.

3.7.2 Debit Aliran

Telemac 2D memproses rumus debit aliran. Pada bangunan seperti bendung dan krib dianggap sebagai aliran linear. Rumus yang digunakan dibedakan menjadi dua yaitu pada bangunan yang terendam dan tidak terendam air. Bangunan dikatakan tidak terendam air jika:

$$\text{upstream level} < \frac{\text{threshold level} + 2 \times \text{upstream level}}{3} \quad (3.4)$$

Adapun rumus dalam menghitung aliran pada tiap titik sebagai berikut:

1. Bangunan yang terendam air

$$Q = \mu \sqrt{2g} (\text{upstream} - \text{threshold})^{\frac{2}{3}} \quad (3.5)$$

2. Bangunan tidak terendam air

$$Q = \left(\frac{2}{3}\right) \left(\frac{1}{3}\right)^{-1} \times \mu \sqrt{2g} (\text{downstream} - \text{threshold})^1 \sqrt{(\text{upstream} - \text{threshold})} \quad (3.6)$$

Nilai dari μ tergantung pada bentuk dan kekasaran bendungan dengan rentang nilai antar 0,4-0,5.

3.7.3 Mesh

Program Telemac2D menggunakan file geometri berupa bentuk *mesh* untuk mensimulasikan aliran. Penggunaan *mesh* bertujuan untuk memecah bentuk geometri sungai sehingga dapat mendefinisikan bentuk fisik objek sungai sebagaimana mestinya.

Bagian *mesh* terdiri dari *vertex*, *edge*, dan *face*. *Vertex* merupakan titik yang terletak pada koordinat kartesius. Gabungan dari dua *vertex* akan membentuk garis yang disebut *edge*. Gabungan dari tiga *vertex* dan *edge* yang terbentuk dalam bidang

permukaan berupa kurva tutup akan membentuk *face*. Kumpulan dari *vertex*, *edge*, dan *face* akan menjadi sebuah objek utuh yang disebut *mesh*. *Mesh* yang digunakan pada simulasi menggunakan Telemac2D merupakan *mesh* berbentuk segitiga.

3.7.4 Aplikasi Bantuan

Simulasi menggunakan Telemac2D membutuhkan bantuan beberapa aplikasi untuk membuat bentuk sungai, membuat file parameter, dan memvisualisasikan hasil simulasi. Adapun beberapa aplikasi yang digunakan sebagai berikut:

1. BlueKenue

BlueKenue adalah aplikasi untuk membuat geometri sungai berupa bentuk *mesh* dan memvisualisasikan hasil simulasi dari Telemac2D.

2. FudaaPrepro

FudaaPrepro adalah aplikasi untuk memasukkan data parameter yang akan digunakan pada *running* simulasi Telemac2D.

BAB IV METODOLOGI PENELITIAN

4.1 Tinjauan Umum

Penelitian yang dilakukan bersifat kuantitatif yaitu penelitian yang berdasarkan pada data-data sebagai acuan dalam menganalisis. Kemudian dilanjutkan dengan melakukan kajian penelitian tentang hasil dari analisis yang digunakan. Penelitian ini dibuat sistematis mulai dari persiapan penelitian, penyusunan model simulasi, pelaksanaan beberapa jenis pemodelan menggunakan program Telemac 2D, dan pembacaan hasil simulasi. Krib eksisting pada belokan di hulu Bendung Klambu yaitu berjumlah empat buah dengan jenis permeabel sepanjang 32 m.

Jumlah krib yang digunakan sesuai dengan jumlah krib eksisting pada hulu Bendung Klambu sejumlah empat buah. Panjang krib eksisting pada hulu Bendung Klambu yaitu 32 m sehingga pemilihan panjang pertama digunakan krib dengan panjang 30 m. Untuk membandingkan krib eksisting digunakan dua variasi panjang dengan kelipatan 10 m sehingga variasi panjang yang akan disimulasikan yaitu 30 m, 40 m, dan 50 m. Pemodelan krib juga dilakukan untuk dua jenis krib yaitu permeabel dan impermeabel. Kedua jenis tersebut digunakan untuk membandingkan jenis krib terbaik dalam meningkatkan kecepatan di dalam belokan sungai.

4.2 Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilakukan pada bangunan krib di Bendung Klambu. Kabupaten Grobogan, Kecamatan Klambu, Jawa Tengah. Denah dari objek penelitian dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Lokasi Penelitian

(Sumber : *Google Earth*)

4.3 Data Penelitian

Dalam melakukan simulasi pemodelan membutuhkan data yang sesuai dengan yang ada di lapangan. Pada penelitian ini dilakukan dengan menggunakan data sekunder dan studi literatur. Analisis pada program Telemac 2D membutuhkan beberapa data. Data-data yang dibutuhkan sebagai berikut:

1. Peta topografi sungai sekitar Bendung Klambu.
2. Data debit.
3. Kondisi batas sungai.

4.4 Tahapan Penelitian

Adapun tahapan penelitian yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut:

1. Tahapan Pengumpulan Data
Tahapan ini merupakan pengumpulan data berupa topografi sungai, data debit dan kondisi batas sungai.
2. Tahapan Pengolahan Data
Analisis yang dilakukan menggunakan aplikasi Telemac 2D dengan tahapan pengolahan data sebagai berikut:

a. Input Data

Input data yaitu memasukkan data topografi sungai dan pembuatan *boundary* sungai melalui aplikasi BlueKenue.

b. Processing

Proses pemodelan pembuatan *mesh* dan interpolasi *mesh* pada aplikasi BlueKenue dan input parameter pada aplikasi Fudaa Prepro. *Mesh* dibuat dengan tiga varian panjang (30 m, 40 m, dan 50 m), serta dua jenis krib (permeabel dan impermeabel). Parameter yang dimasukkan yaitu *Initial Elevation*, *Law of Bottom Friction*, *Friction Coefficient*, dan *Prescribed Charges*. Setelah itu, dilakukan *running* simulasi menggunakan aplikasi Telemac 2D.

c. Output

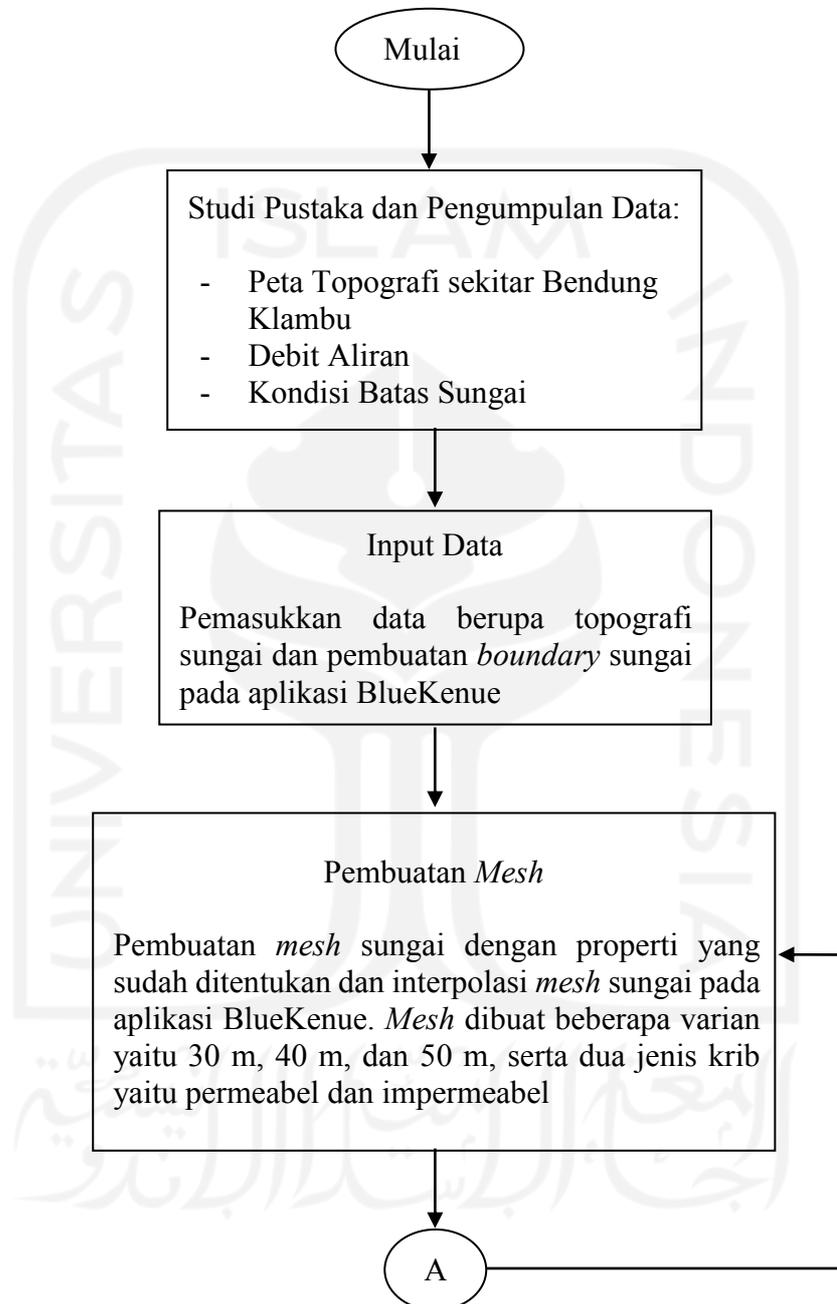
Tahapan ini berupa pembacaan hasil perhitungan pada aplikasi. Hasil dari perhitungan tersebut berupa gambar distribusi kecepatan dan gambar pola aliran sungai sebelum dan setelah adanya krib.

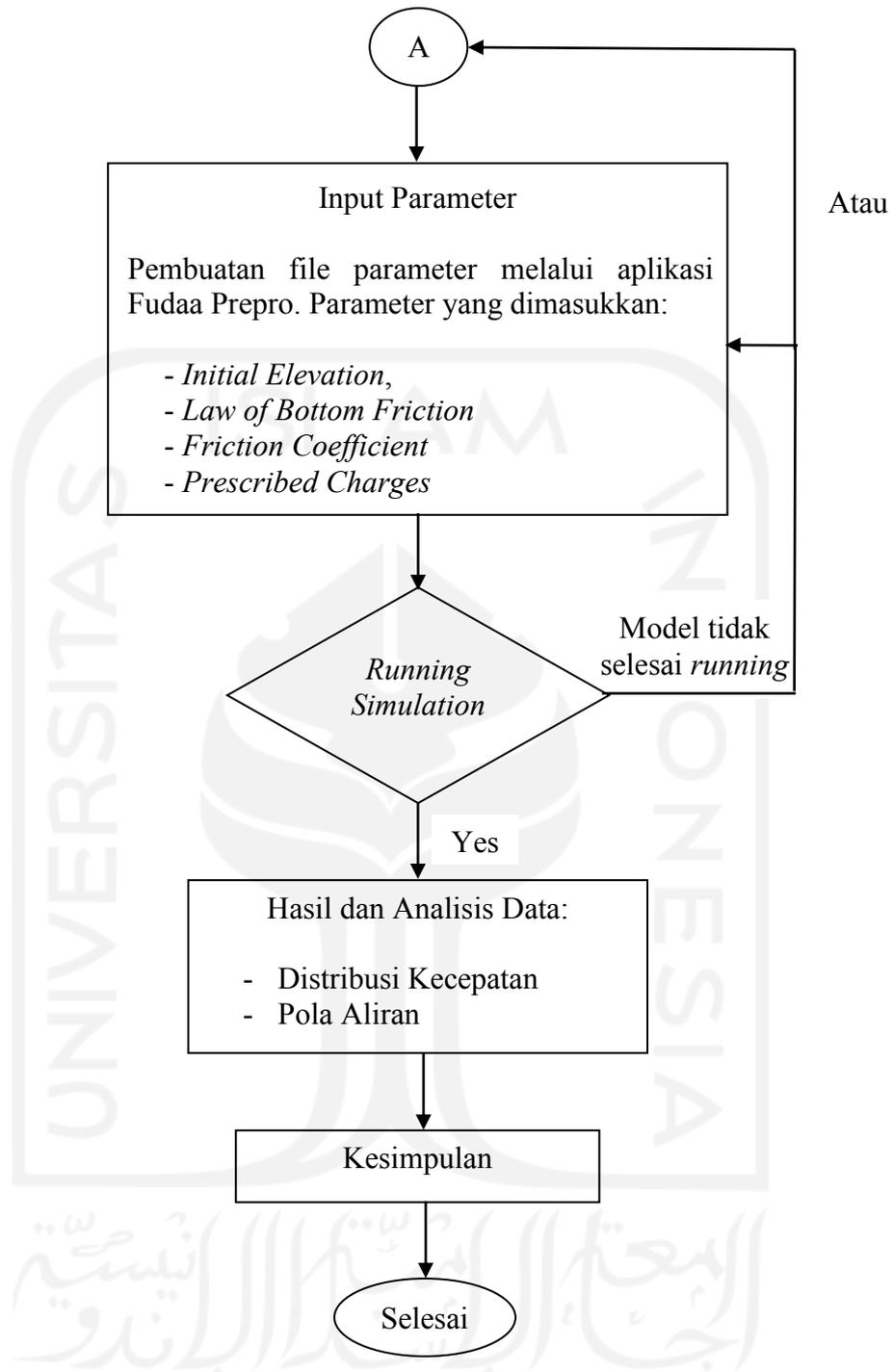
3. Tahapan Pembahasan dan Pelaporan

Tahapan ini berisi penyusunan pembahasan dan pelaporan yang berisi jawaban dari hasil hipotesa secara sistematis dan lengkap. Pada tahapan ini juga di tarik kesimpulan dari hasil pembahasan yang menjawab tujuan dari penelitian ini.

4.5 Bagan Alir Penelitian

Adapun bagan alir dari penelitian yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 4.2.



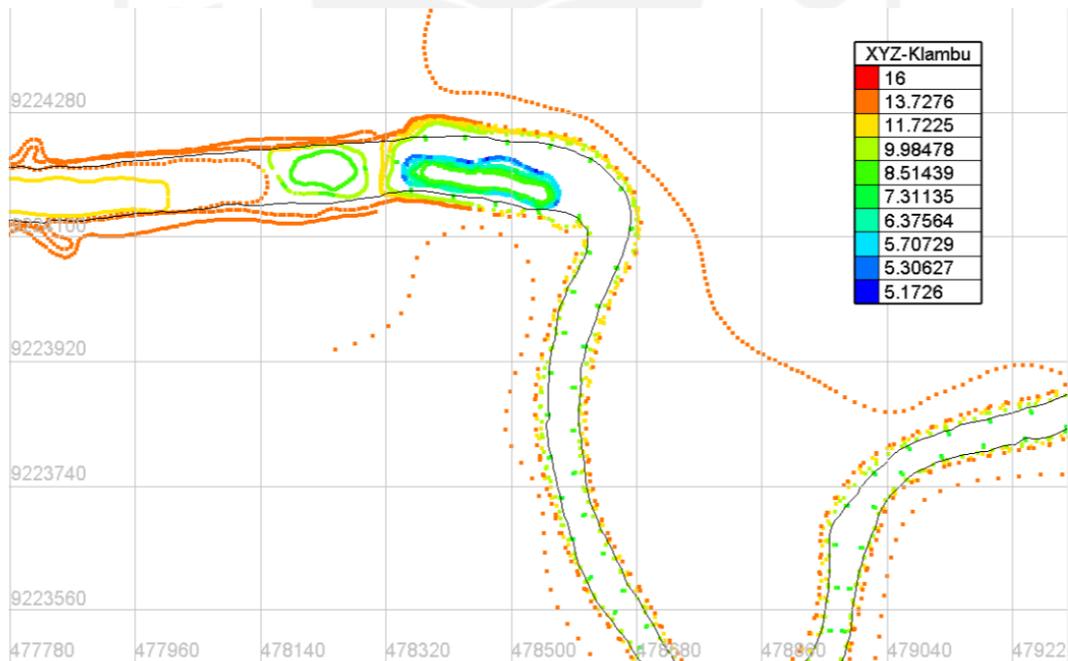


Gambar 4. 2 Bagan Alir Penelitian

BAB V ANALISIS DAN PEMBAHASAN

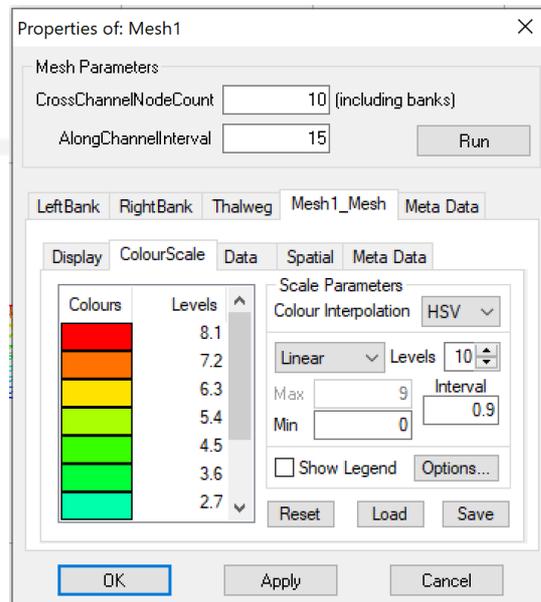
5.1 Pembuatan *Mesh* Sungai

Pembuatan *mesh* sungai merupakan tahapan awal untuk melakukan simulasi aliran menggunakan Telemac2D. *Mesh* merupakan beberapa jaring segitiga yang membentuk suatu sungai. Aplikasi yang digunakan pada proses ini yaitu BlueKenue yang dapat berfungsi untuk menampilkan kondisi sungai. Pembuatan *mesh* selengkapnya dapat dilihat pada Lampiran 1. Proses yang dilakukan dalam pembuatan *mesh* sungai antara lain membuat batas kanan dan kiri tepi sungai, membuat outline, membuat *mesh* saluran sungai, interpolasi batimetri sungai, dan membuat batas hulu dan hilir sungai. Bentuk garis batas kanan dan kiri sungai dapat dilihat pada Gambar 5.1.

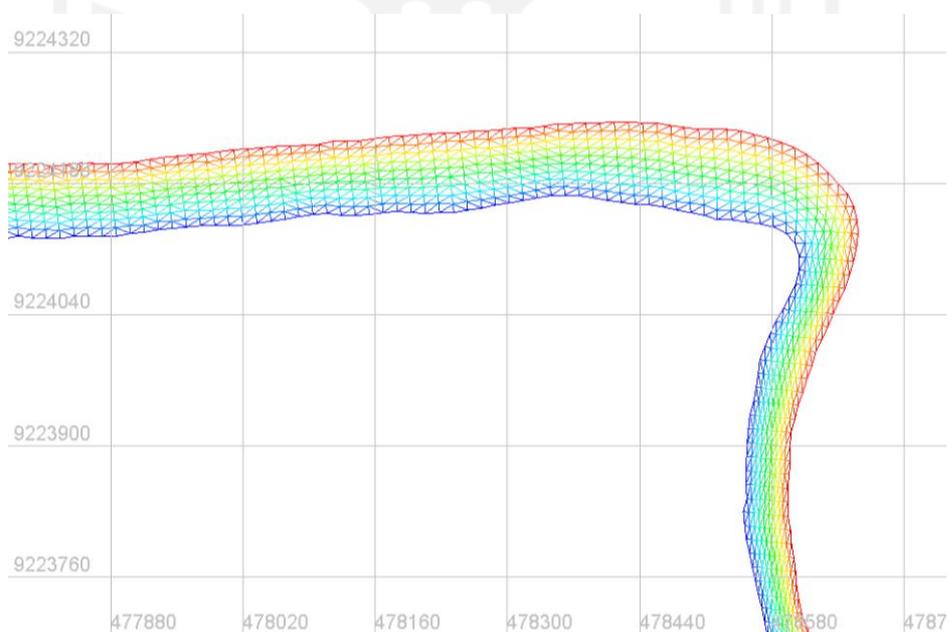


Gambar 5.1 Garis Batas Kanan dan Kiri Sungai

Mesh sungai dibuat dengan jarak 15 meter antar titik sepanjang sungai dan total 10 meter antar titik pada melintang sungai sesuai Gambar 5.2. Hasil dari pembuatan *mesh* dapat dilihat pada Gambar 5.3.

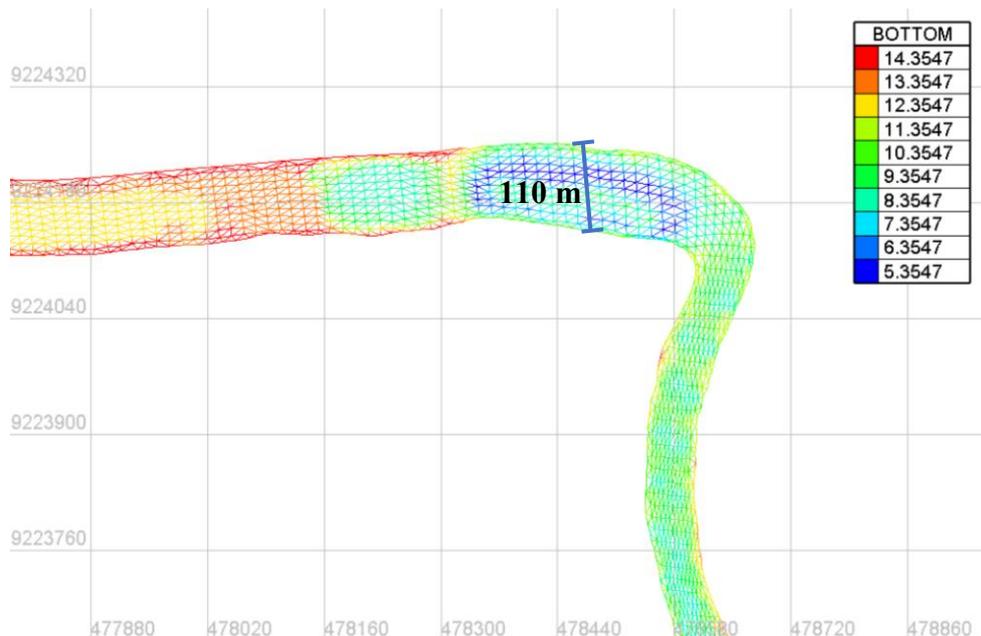


Gambar 5.2 Properti *Mesh*



Gambar 5.3 *Mesh* Klambu

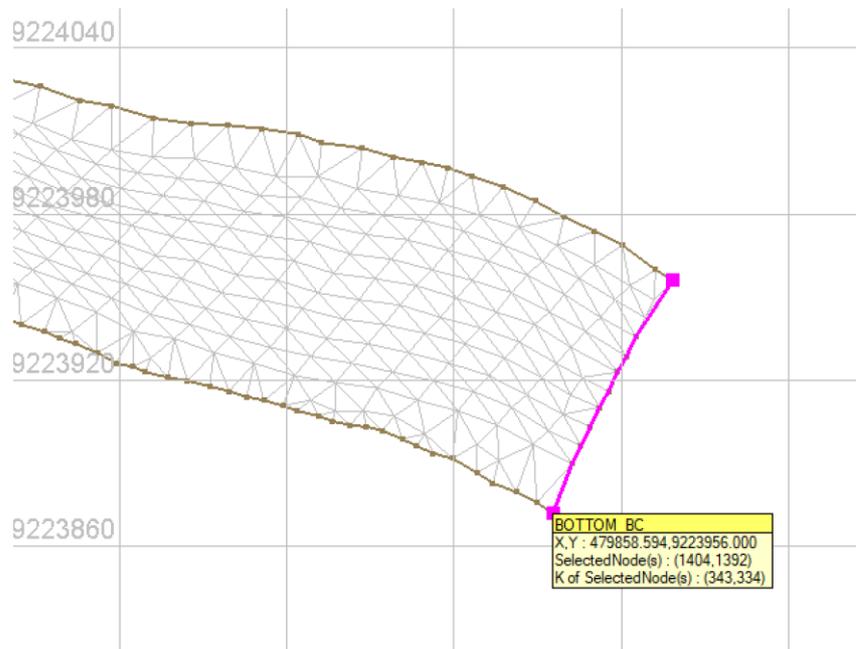
Hasil dari pembuatan *mesh* hanya berupa bentuk jaring segitiga sehingga perlu dilakukan interpolasi agar kedalaman sungai sesuai dengan kondisi sebenarnya. Interpolasi dilakukan dengan menggunakan salah satu fitur aplikasi BlueKenue yaitu T3 Channel Mesher dan Map Object. Hasil interpolasi *mesh* sungai pada Bendung Klambu dapat dilihat pada Gambar 5.4.



Gambar 5.4 Mesh Setelah Interpolasi

Pemodelan krib pada Telemac2D yaitu dengan cara menghapus *face* dari *mesh* sehingga terbentuk *island*. Pemodelan krib impermeable yaitu dengan cara menghapus seluruh *face* sesuai dengan panjang rencana, sementara pemodelan krib permeabel yaitu penghapusan *face* secara selang seling dengan panjang sesuai rencana.

Mesh setelah hasil interpolasi perlu ditentukan kondisi batas agar dapat *running* pada Telemac2D. Kondisi batas dibuat pada inlet sungai dengan nama “Boundary 1” dan outlet sungai dengan nama “Boundary 2”. Pembuatan kondisi batas dapat dilihat pada Gambar 5.5.



Gambar 5. 5 Pembuatan Kondisi Batas Sungai

5.2 Input Parameter

Parameter untuk simulasi aliran ditentukan berdasarkan kondisi aliran sungai. Simulasi yang akan dilakukan menggunakan kondisi aliran *steady*. Aplikasi yang digunakan untuk membantu proses input parameter yaitu Fudaa Prepro. Beberapa hal yang ditetapkan yaitu sebagai berikut:

1. *Initial Elevation*

Initial elevation yaitu elevasi awal sungai di hulu sungai. Elevasi yang dimasukkan sesuai dengan data simulasi 1D yaitu 17,33 m yang didapatkan melalui penelitian langsung dilapangan oleh Pradipta (2018).

2. *Law of Bottom Friction*

Law of bottom friction yaitu parameter kekasaran sungai. Parameter kekasaran sungai yang digunakan yaitu Manning.

3. *Friction Coefficient*

Friction coefficient yaitu nilai dari koefisien kekasaran sungai. Berdasarkan topografi sungai dimana pada bagian sungai yang akan ditinjau terdapat kolam dan kecepatan yang rendah serta beberapa tanaman sehingga nilai koefisien

yang akan digunakan mengacu pada Tabel 3.2 poin 1.g. yang berkisar antara 0,05-0,08. Nilai koefisien Manning yang digunakan yaitu 0,06.

4. *Prescribed Flowrates*

Prescribed flowrates yaitu debit sungai yang masuk ke *inlet* sungai. Data debit sungai yang digunakan yaitu 1150 m³/s yang didapatkan melalui penelitian langsung dilapangan oleh Pradipta (2018).

Beberapa hal lain terkait dengan output dan proses simulasi seperti *time step* dan jumlah iterasi.

5.3 Simulasi Aliran Sungai

Simulasi aliran menggunakan aplikasi Telemac2D membutuhkan beberapa data yaitu file *mesh* dan parameter. Telemac2D melakukan perhitungan sebanyak jumlah iterasi. Iterasi dilakukan untuk mencapai akurasi dalam menyelesaikan persamaan hidrodinamika. Salah satu contoh hasil iterasi pada solver Telemac2D dapat dilihat pada Gambar 5.5.

Tahapan iterasi diawali dengan perhitungan volume air pada sungai, debit aliran yang masuk pada inlet sungai (Flux Boundary 1), dan debit aliran yang keluar pada outlet sungai (Flux Boundary 2). Setelah itu, proses perhitungan menggunakan persamaan hidrodinamika.

```

=====
ITERATION      0    TIME:  0.0000 S
PRERES: MAXIMUM COURANT NUMBER:  0.000000
USING STREAMLINE VERSION 7.0 FOR CHARACTERISTICS
EQUONOR (BIEF) : EXCEEDING MAXIMUM ITERATIONS:  1000 RELATIVE PRECISION:  0.2020625E-03
=====
ITERATION      100   TIME:  8 MN 20.0000 S ( 500.0000 S)
-----
                        ADVECTION STEP
-----
                        DIFFUSION-PROPAGATION STEP
-----
                        K-EPSILON MODEL
GRACJG (BIEF) :      6 ITERATIONS, RELATIVE PRECISION:  0.1880533E-09
GRACJG (BIEF) :      5 ITERATIONS, RELATIVE PRECISION:  0.9627535E-10
-----
                        BALANCE OF WATER VOLUME
VOLUME IN THE DOMAIN :  1746253.    M3
FLUX BOUNDARY  1:    1150.000    M3/S ( >0 : ENTERING <0 : EXITING )
FLUX BOUNDARY  2:   -849.6894    M3/S ( >0 : ENTERING <0 : EXITING )
RELATIVE ERROR IN VOLUME AT T =  500.0    S :  0.4457713E-08

```

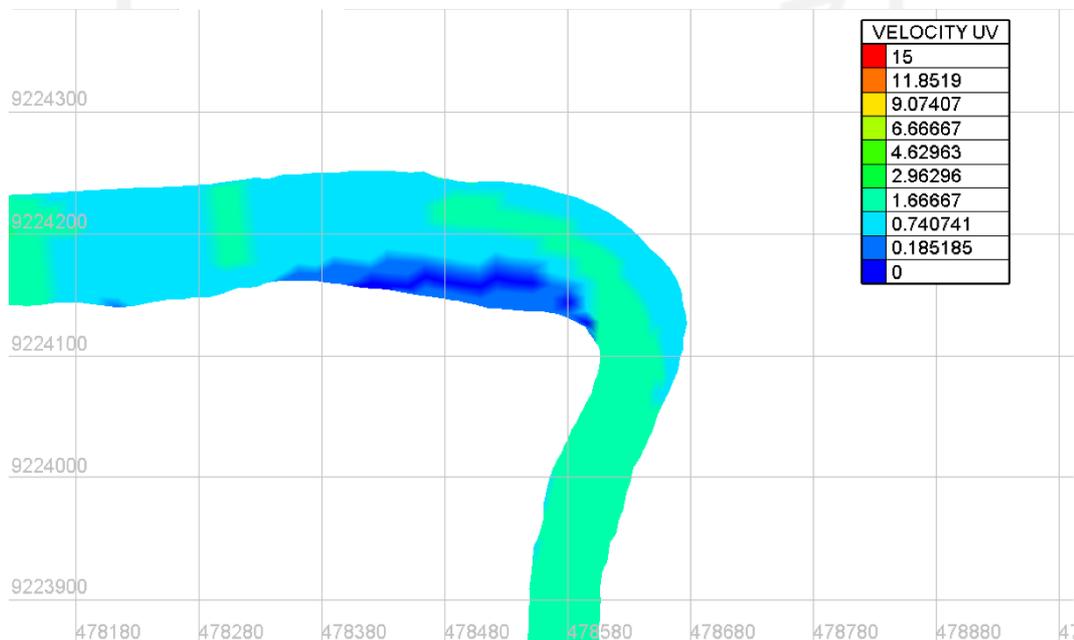
Gambar 5.6 Proses Simulasi Aplikasi Telemac 2D

5.4 Analisis Hasil

Simulasi dilakukan dengan menggunakan beberapa macam tipe krib dengan panjang dan jenis krib yang berbeda. Hasil yang didapatkan berupa pola aliran dan distribusi kecepatan pada sungai. Berikut hasil simulasi beserta analisis yang dilakukan.

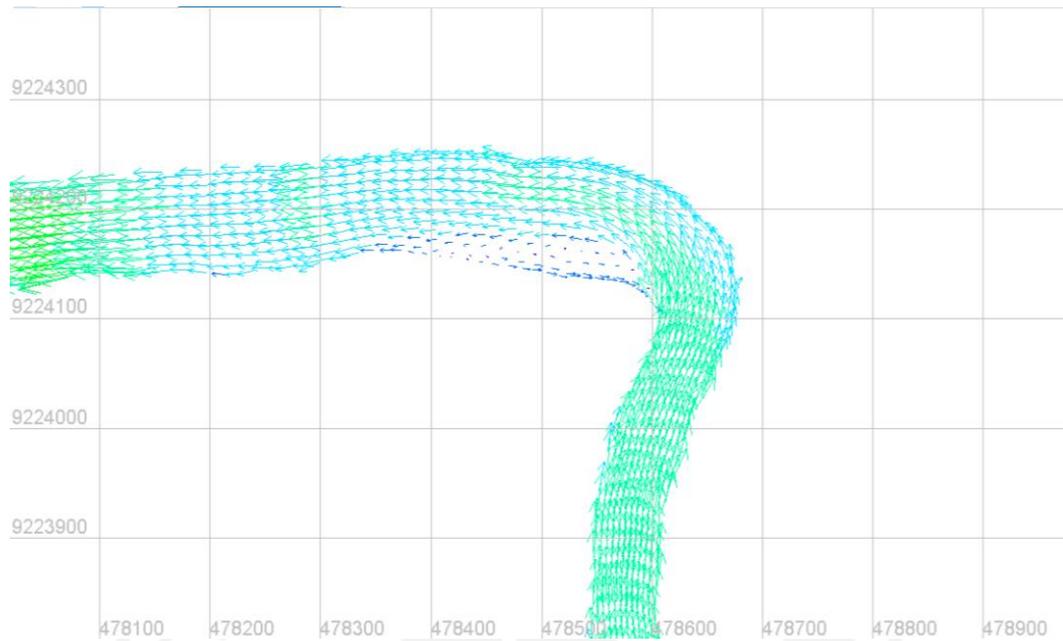
5.4.1 Simulasi Tanpa Krib

Simulasi awal yang dilakukan yaitu simulasi aliran sungai sebelum adanya krib. Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada sungai tanpa krib dapat dilihat pada Gambar 5.7.



Gambar 5.7 Distribusi Kecepatan Sungai Tanpa Krib

Gambar di atas memperlihatkan bahwa terdapat aliran yang rendah di daerah dalam belokan sungai sehingga memungkinkan terjadinya sedimentasi di daerah tersebut. Kecepatan aliran sebelum memasuki belokan sekitar 1,67 m/s. Setelah memasuki belokan, kecepatan aliran dalam belokan berkisar 0-0,185 m/s dan kecepatan aliran luar belokan berkisar 0,74-1,67 m/s.



Gambar 5.8 Pola Aliran Sungai Tanpa Krib

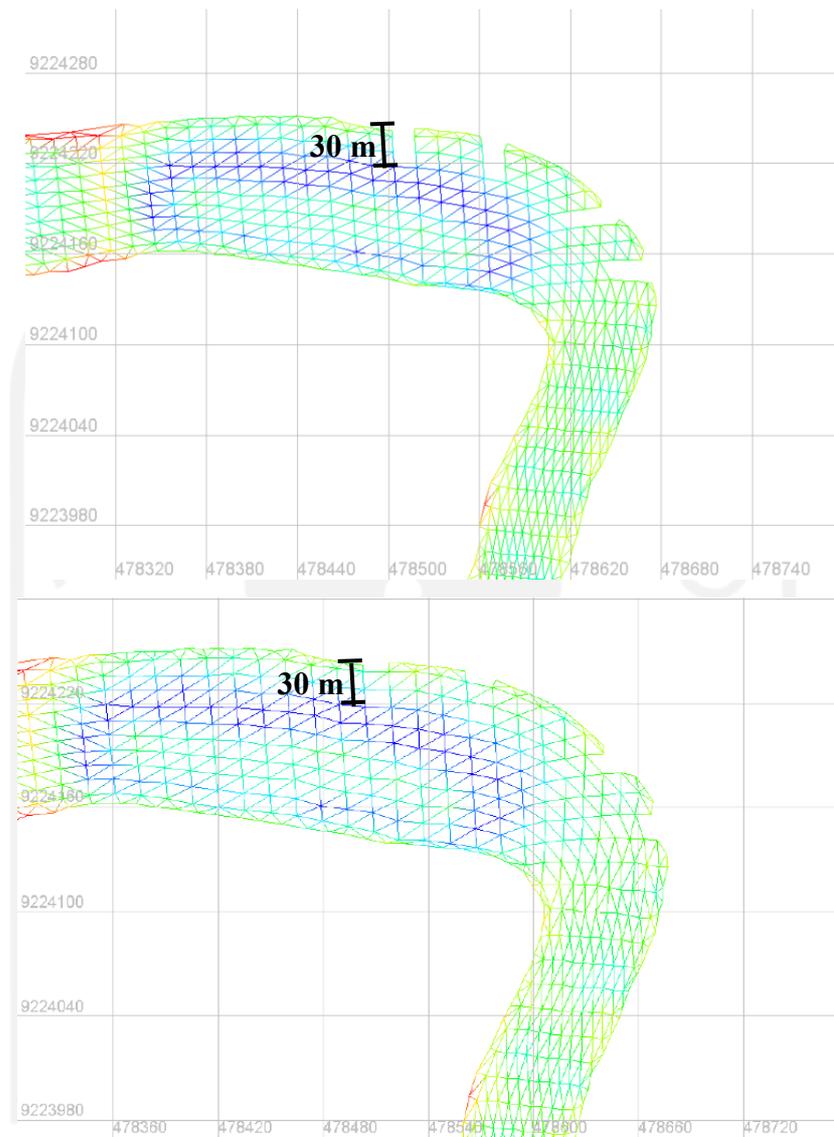
Pola aliran sungai tanpa krib dapat dilihat pada Gambar 5.8. Daerah dalam belokan sungai terjadi pusaran air yang dapat dilihat pada hasil simulasi pola aliran di atas. Pusaran air tersebut memungkinkan terjadinya penumpukan sedimen di daerah dalam sungai.

5.4.2 Simulasi Dengan Krib 30 m

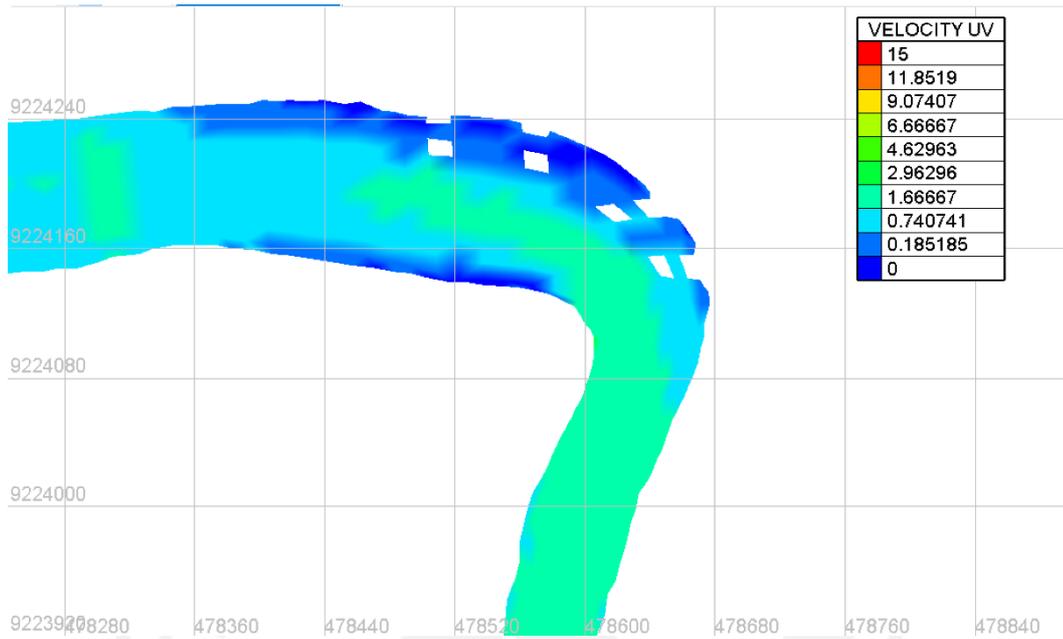
Simulasi dilakukan menggunakan krib dengan panjang 30 m sejumlah empat buah. Krib yang digunakan yaitu jenis krib permeabel dan impermeabel. Bentuk *mesh* yang akan dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.9.

1. Permeabel

Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada krib permeabel dapat dilihat pada Gambar 5.10. Krib dengan tipe permeabel mendapatkan hasil distribusi kecepatan di dalam belokan sungai berkisar antara 0-0,74 m/s. Kecepatan aliran sebelum adanya krib di daerah dalam belokan sungai berkisar antara 0-0,18 m/s sehingga dengan adanya krib permeabel 30 m terjadi peningkatan kecepatan. Sementara pada daerah antar krib kecepatan berkisar antara 0-0,74 m/s.

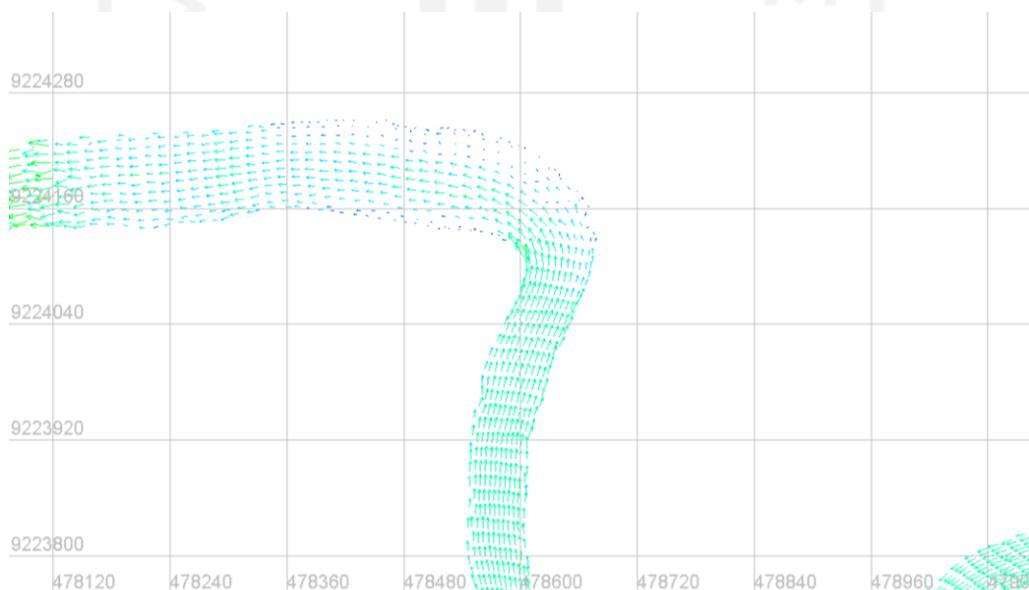


Gambar 5.9 Bentuk *Mesh* Sungai Dengan Krib 30 m Impermeabel (Atas) dan Permeabel (Bawah)



Gambar 5.10 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Permeabel 30 m

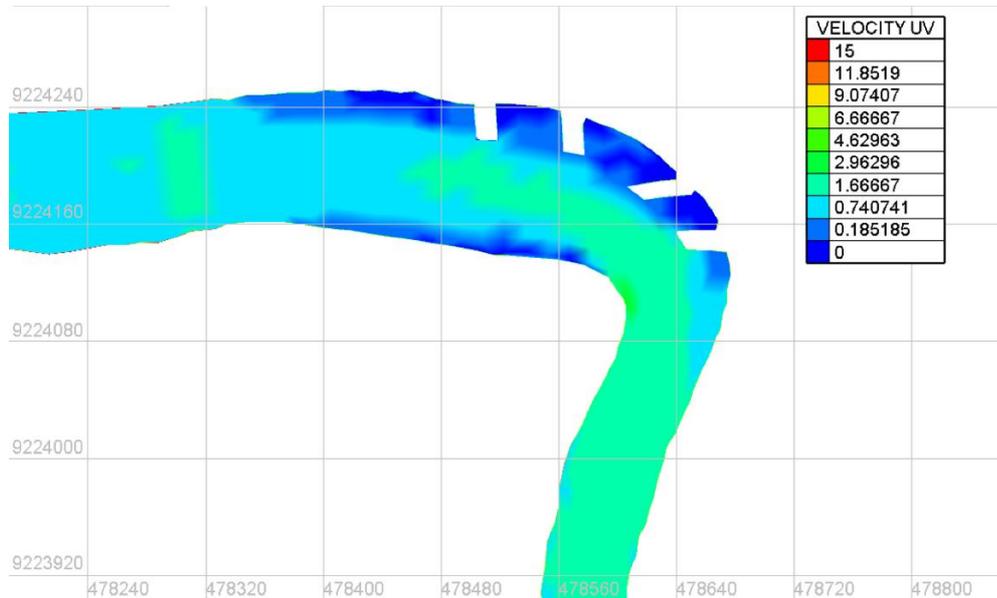
Pola aliran sungai dengan krib permeabel 30 m dapat dilihat pada Gambar 5.11. Pola aliran pada daerah dalam belokan sungai yaitu terbentuknya pusaran air. Daerah antar krib memiliki pola aliran yang tidak beraturan.



Gambar 5.11 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Permeabel 30 m

2. Impermeabel

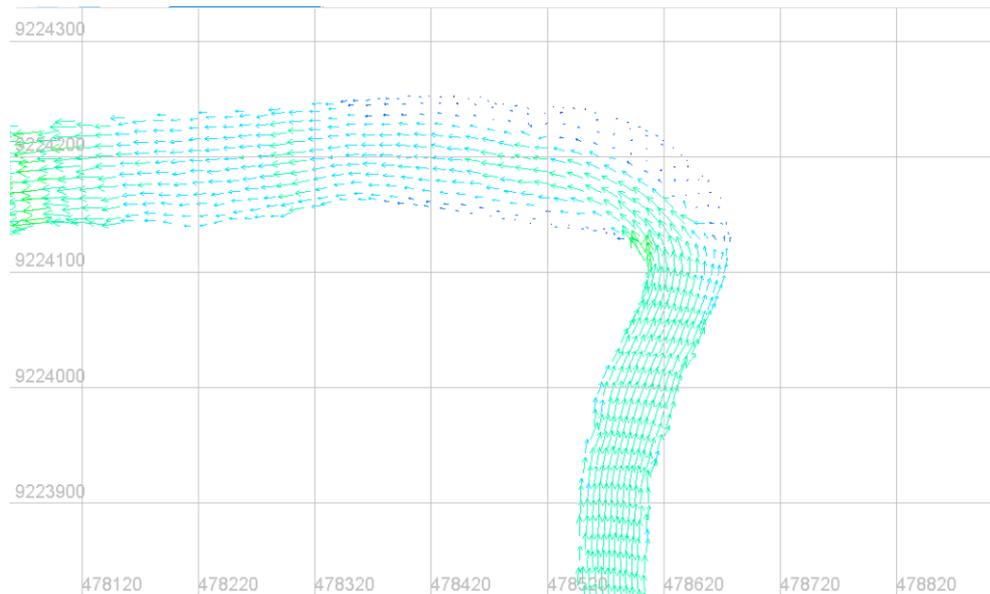
Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada krib impermeabel dapat dilihat pada Gambar 5.12.



Gambar 5.12 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Impermeabel 30m

Penggunaan krib sepanjang 30 m sepanjang 4 buah membuat kecepatan aliran pada dalam belokan sungai menjadi sekitar 0-0,74 m/s. Kecepatan aliran sebelum adanya krib pada daerah dalam belokan sungai berkisar antara 0-0,18 m/s sehingga dengan adanya krib impermeabel 30 m terjadi peningkatan peningkatan kecepatan. Distribusi kecepatan pada daerah antar krib berkisar antara 0-0,18 m/s.

Pola aliran sungai dengan krib impermeabel 30 m dapat dilihat pada Gambar 5.13. Daerah dalam belokan sungai masih terjadi pusaran air dengan luas daerah yang lebih kecil daripada sebelum adanya krib. Pusaran air juga terbentuk di daerah antar krib dengan arah melingkar.



Gambar 5.13 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Impermeabel 30 m

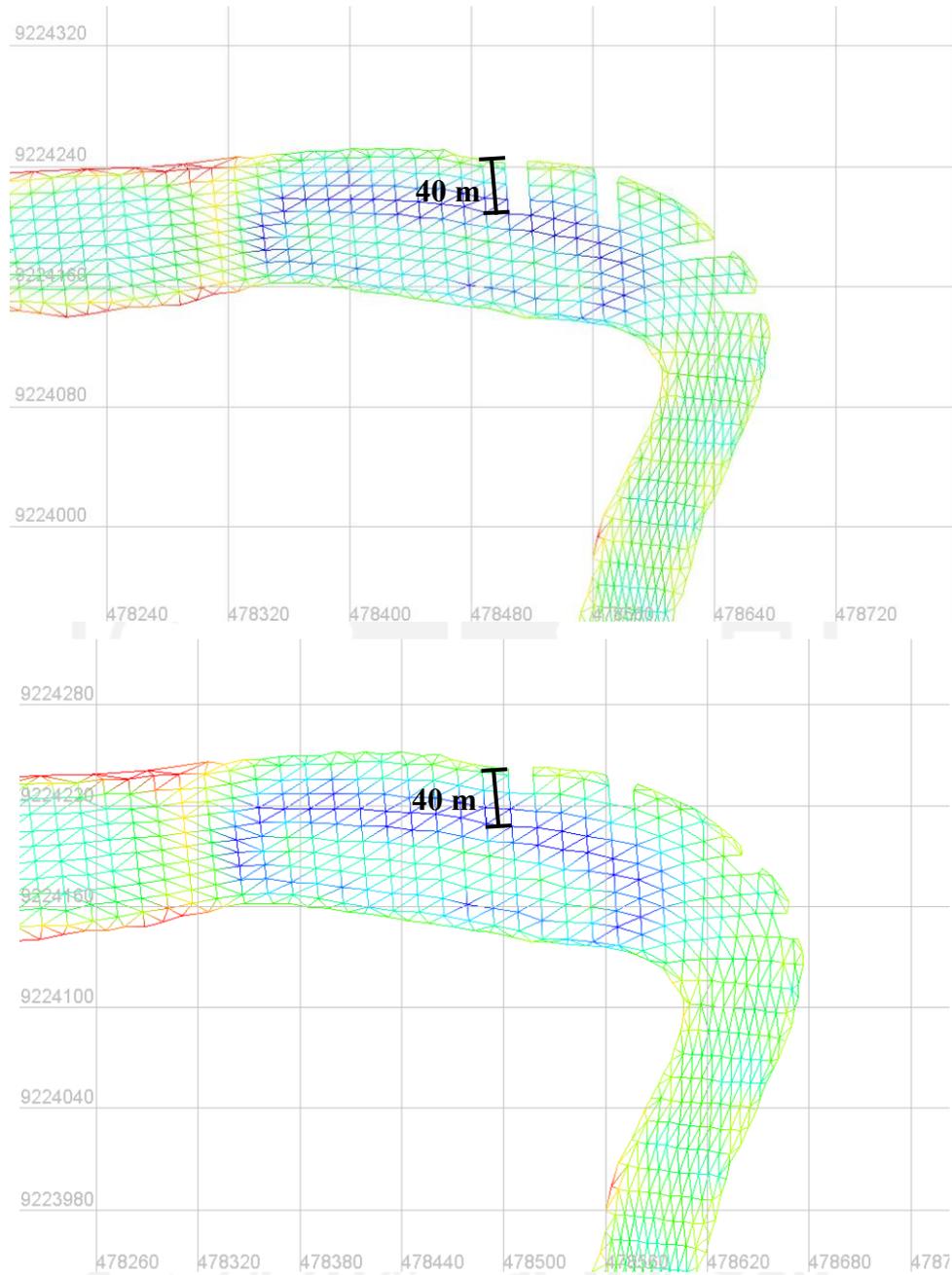
3. Perbandingan

Daerah dalam belokan sungai pada krib permeabel dengan panjang 30 m memiliki distribusi kecepatan yang hampir sama dengan krib impermeabel. Distribusi kecepatan berkisar antara 0-0,74 m/s. Distribusi kecepatan pada daerah antar krib pada krib permeabel berkisar antara 0-0,74 m/s, sedangkan pada krib impermeabel cenderung bernilai 0 m/s.

Pola aliran pada dalam belokan di kedua jenis krib memiliki arah yang sama dengan luas pusaran air yang hampir sama. Pola aliran di daerah antar krib pada jenis krib permeabel lebih tidak beraturan daripada krib impermeabel.

5.4.3 Simulasi Dengan Krib 40 m

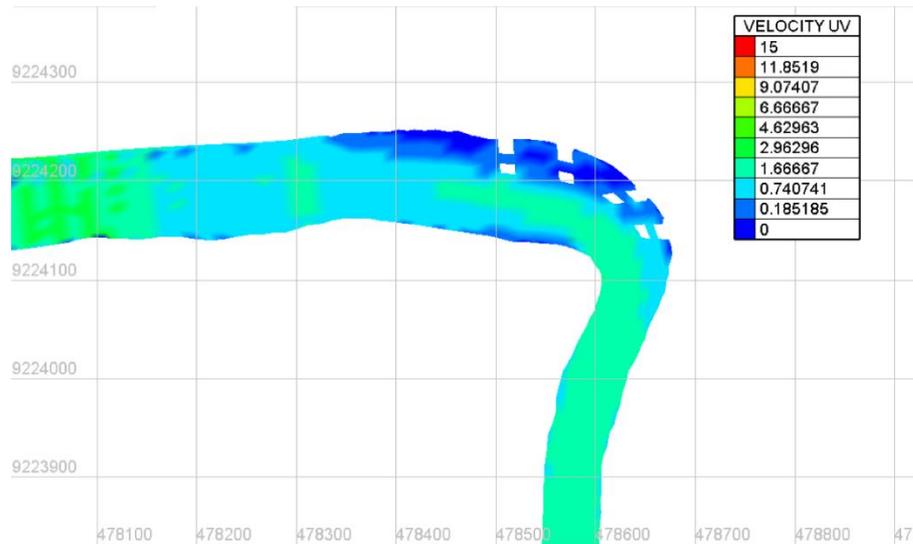
Simulasi dilakukan menggunakan krib dengan panjang 40 m sejumlah empat buah. Krib yang digunakan yaitu jenis krib permeabel dan impermeabel. Bentuk *mesh* yang akan dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.14.



Gambar 5. 14 Bentuk Mesh Dengan Krib 40 m Impermeabel (Atas) dan Permeabel (Bawah)

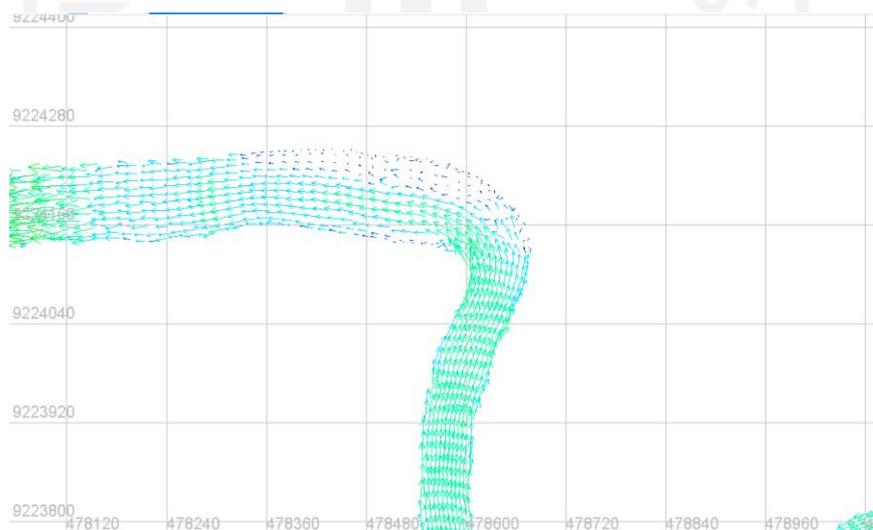
1. Permeabel

Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada krib permeabel dapat dilihat pada Gambar 5.15.



Gambar 5. 15 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Permeabel 40 m

Kecepatan aliran sungai pada dalam belokan sungai memiliki perubahan yang cukup signifikan. Distribusi kecepatan aliran pada daerah dalam belokan berkisar antara 0,185-1,67 m/s. Daerah dalam aliran tidak memiliki kecepatan pada nilai 0 m/s. Distribusi kecepatan pada daerah antar krib berkisar antara 0-0,74 m/s.

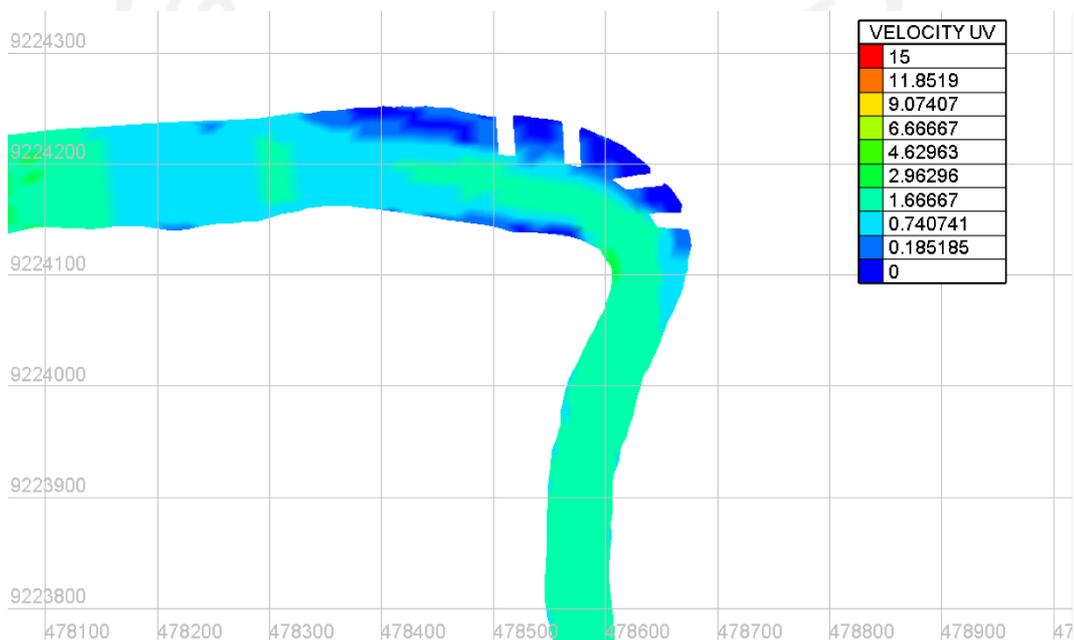


Gambar 5.16 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Permeabel 40 m

Pola aliran sungai dengan krib permeabel 40 m dapat dilihat pada Gambar 5.16. Daerah dalam belokan aliran membentuk pusaran air dengan bagian yang lebih kecil daripada krib 30 m. Pola aliran pada daerah antar krib menjadi lebih tidak beraturan.

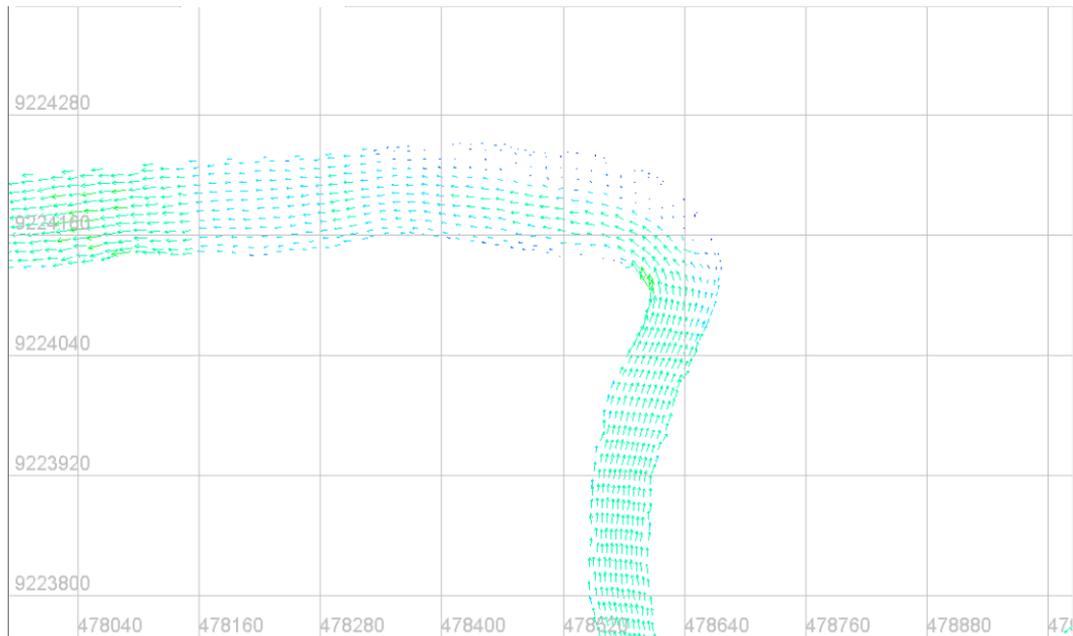
2. Impermeabel

Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada krib impermeabel dapat dilihat pada Gambar 5.17.



Gambar 5. 17 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Impermeabel 40 m

Daerah dalam belokan sungai memiliki kecepatan berkisar antara 0-1,67 m/s. Daerah dalam belokan sungai masih memiliki aliran dengan kecepatan senilai 0 m/s tetapi dengan bagian yang lebih kecil daripada krib 30 m. Distribusi kecepatan pada daerah antar krib yaitu 0 m/s.



Gambar 5. 18 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Impermeabel 40 m

Pola aliran sungai dengan krib impermeabel 40 m dapat dilihat pada Gambar 5.18. Pusaran air yang terjadi di dalam belokan sungai hanya terdapat pada awal masuk belokan sungai sedangkan pada daerah setelahnya pola aliran kembali normal searah aliran sungai. Pola aliran di daerah antar krib terjadi peningkatan pusaran air.

3. Perbandingan

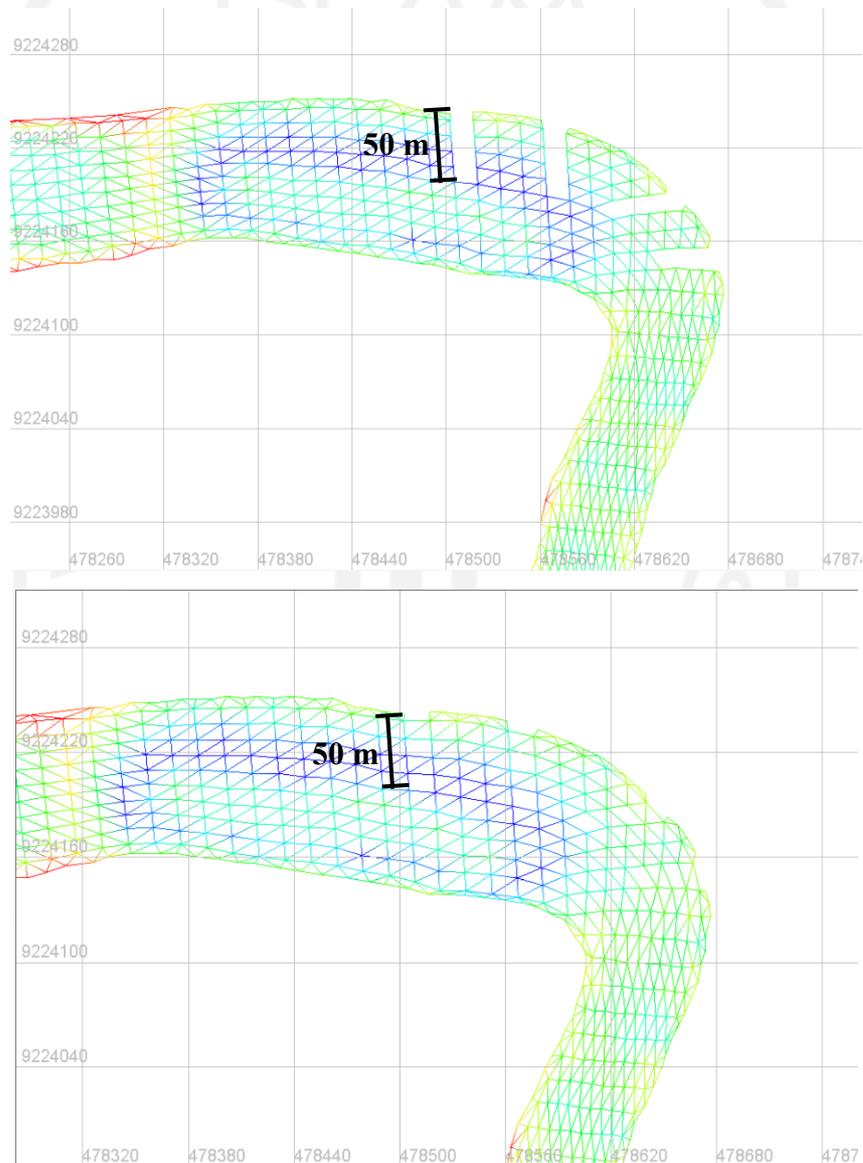
Distribusi kecepatan di daerah dalam belokan sungai pada krib permeabel 40 m memiliki nilai berkisar antara 0,185-1,67 m/s sedangkan pada krib impermeabel memiliki nilai berkisar antara 0-1,67 m/s. Krib 40 m dengan jenis permeabel memiliki nilai distribusi kecepatan yang lebih tinggi daripada jenis impermeabel. Daerah antar krib pada krib permeabel memiliki nilai distribusi kecepatan yang lebih tinggi daripada krib impermeabel.

Pola aliran yang dihasilkan pada krib permeabel 40 m memiliki perbedaan dengan krib impermeabel. Perubahan dapat dilihat pada luas pusaran air

pada dalam belokan sungai, krib permeabel memiliki luasan lebih kecil dibandingkan krib impermeabel. Pola aliran di daerah antar krib pada krib jenis permeabel lebih tidak teratur daripada jenis impermeabel.

5.4.4 Simulasi Dengan Krib 50 m

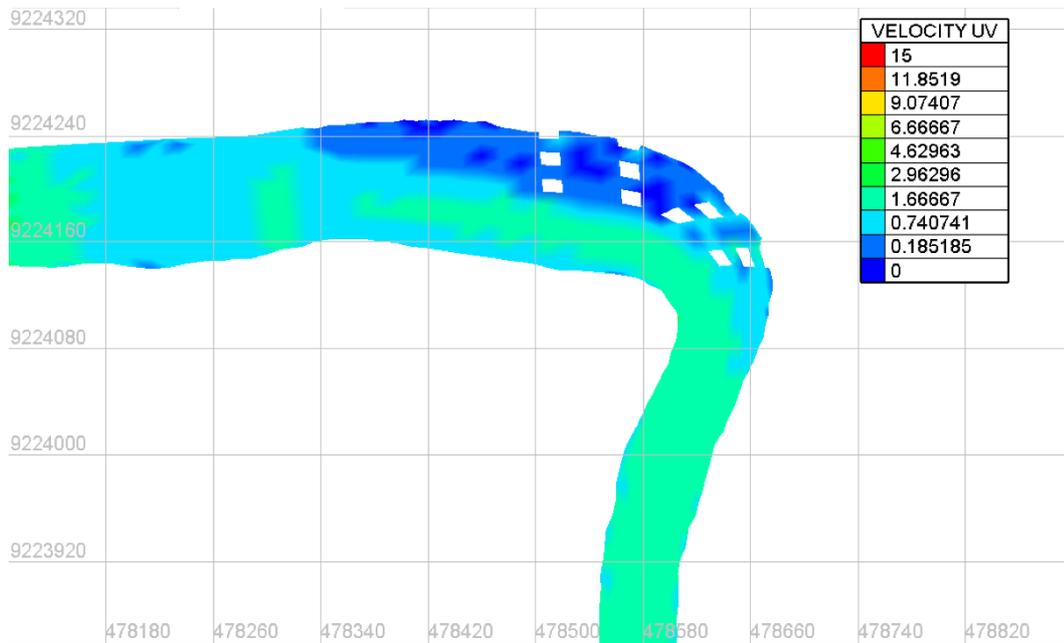
Simulasi dilakukan menggunakan krib dengan panjang 50 m sejumlah empat buah. Krib yang digunakan yaitu jenis krib permeabel dan impermeabel. Bentuk *mesh* yang akan dilakukan simulasi dapat dilihat pada Gambar 5.19.



Gambar 5.19 Bentuk *Mesh* Sungai Dengan Krib 50 m Impermeabel (Atas) dan Permeabel (Bawah)

1. Permeabel

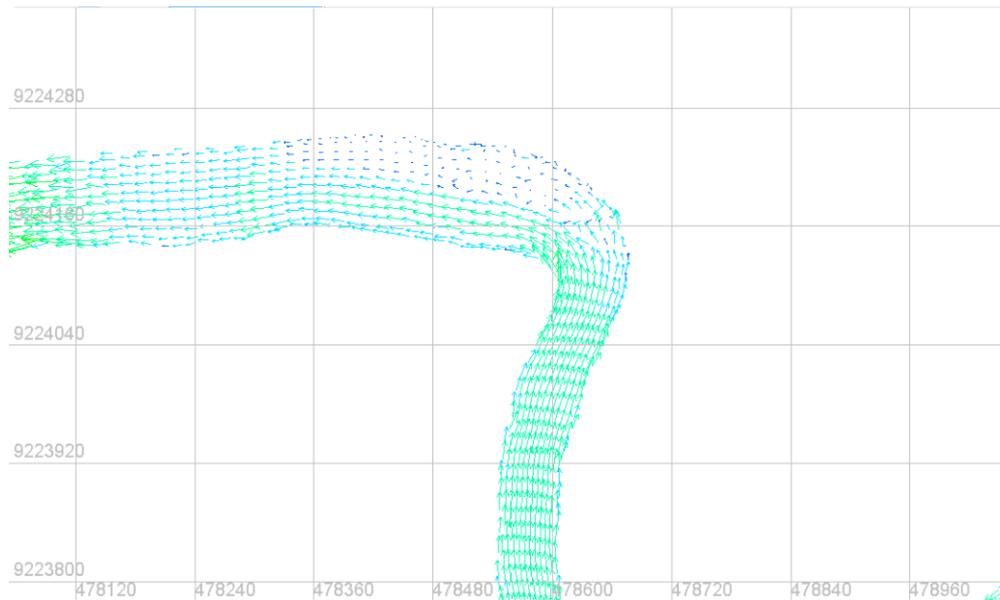
Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada krib permeabel dapat dilihat dapat dilihat pada Gambar 5.20.



Gambar 5.20 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Permeabel 50 m

Kecepatan aliran di daerah dalam belokan sungai memiliki nilai pada rentang 0,74-1,67 m/s. Daerah antar krib memiliki distribusi kecepatan berkisar antara 0-0,74 m/s. Kecepatan pada daerah antar krib pertama dan kedua dari hulu cenderung bernilai 0,74 m/s.

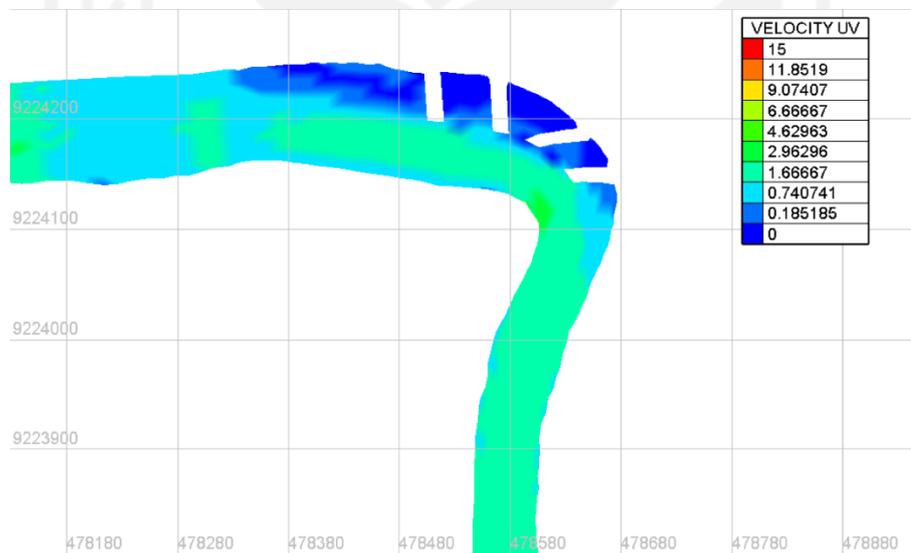
Pola aliran sungai dengan krib permeabel 50 m dapat dilihat pada Gambar 5.21. Pola aliran pada daerah dalam belokan sungai sudah tidak terjadi pusaran air dan mengarah mengikuti pola aliran sungai. Daerah antar krib memiliki pola aliran yang tidak beraturan terutama pada daerah hulu krib.



Gambar 5.21 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Permeabel 50 m

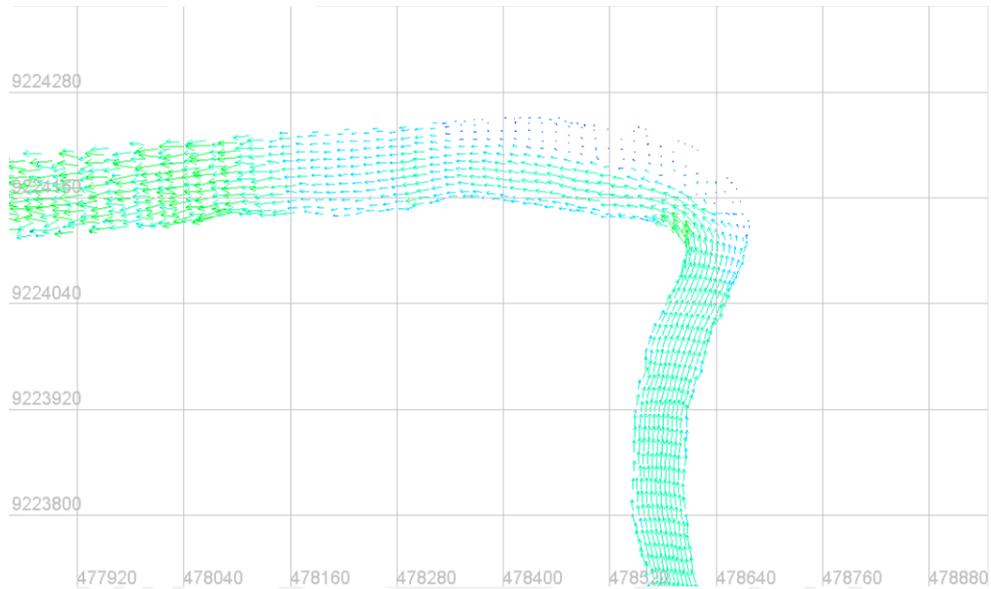
2. Impermeabel

Hasil simulasi berupa distribusi kecepatan pada krib impermeabel dapat dilihat pada Gambar 5.22.



Gambar 5.22 Distribusi Kecepatan Sungai Dengan Krib Impermeabel 50 m

Peningkatan kecepatan terjadi pada daerah dalam belokan sungai. Kecepatan aliran pada dalam belokan sungai berkisar antara 0,74-1,67 m/s. Distribusi kecepatan pada daerah antar krib yaitu 0 m/s.



Gambar 5.23 Pola Aliran Sungai Dengan Krib Impermeabel 50 m

Pola aliran sungai dengan krib impermeabel 50 m dapat dilihat pada Gambar 5.23. Pola aliran pada daerah dalam belokan sungai sudah tidak terjadi pusaran air dan mengarah mengikuti pola aliran sungai.

3. Perbandingan

Distribusi kecepatan pada krib 50 m permeabel di arah keluar belokan aliran memiliki distribusi kecepatan yang cenderung mengarah ke nilai 0,74 m/s sedangkan pada tipe impermeabel cenderung mengarah ke nilai 1,67 m/s. Distribusi kecepatan di daerah antar krib pada krib permeabel lebih tinggi daripada krib impermeabel.

Pola aliran di daerah dalam belokan sungai pada jenis krib permeabel dan impermeabel adalah sama. Daerah antar krib pada krib permeabel memiliki pola aliran yang lebih tidak beraturan daripada krib impermeabel.

5.5 Pembahasan

Adapun hasil rekapitulasi distribusi kecepatan pada belokan sungai melalui simulasi menggunakan aplikasi Telemac2D dapat dilihat pada Tabel 5.1.

Tabel 5. 1 Rekapitulasi Hasil Distribusi Kecepatan

Krib	Jenis			
	Dalam Belokan		Luar Belokan/Antar Krib	
	Permeabel	Impermeabel	Permeabel	Impermeabel
Tanpa Krib	0-0,185 m/s		0,74-1,67 m/s	
Krib 30 m	0-0,185 m/s	0-0,185 m/s	0-0,74 m/s	0-0,18 m/s
Krib 40 m	0,185-1,67 m/s	0-1,67 m/s	0-0,74 m/s	0 m/s
Krib 50 m	0,74-1,67 m/s	0,74-1,67 m/s	0-0,74 m/s	0 m/s

Hasil simulasi menunjukkan bahwa peningkatan kecepatan di dalam belokan sungai terjadi pada semua jenis dan panjang krib tetapi masih ada bagian yang memiliki kecepatan 0 m/s pada krib permeabel dan impermeabel 30, serta krib impermeabel 40 m. Peningkatan kecepatan tertinggi yaitu pada krib permeabel dan impermeabel 50 m dari yang sebelumnya memiliki distribusi kecepatan 0-0,185 m/s menjadi 0,74-1,67 m/s. Sementara itu, pola aliran berbentuk pusaran air yang terbentuk sebelum adanya krib menjadi semakin kecil dengan adanya krib. Pola aliran sepenuhnya mengikuti arah aliran sungai utama dengan menggunakan krib 50 m dengan jenis permeabel atau impermeabel.

Distribusi kecepatan antar krib permeabel pada semua variasi panjang krib memiliki nilai 0-0,74 m/s dan pola aliran yang acak. Krib impermeabel memiliki distribusi kecepatan berkisar antara 0-0,18 m/s dengan pola aliran berbentuk pusaran air. Pusaran air tersebut memungkinkan terjadinya gerusan pada pinggir sungai (Przedwojski, 1995).

Berdasarkan hasil simulasi yang dilakukan, krib pada belokan di hulu Bendung Klambu dapat dioptimalkan dengan menggunakan krib 50 m sehingga sudah tidak ada kecepatan aliran dengan nilai 0 m/s. Jenis krib impermeabel

memungkinkan terjadinya gerusan sungai karena terbentuknya pusaran air di antara krib sehingga jenis krib yang dipilih yaitu krib permeabel.



BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari hasil analisis simulasi aliran pada sekitar krib di hulu Bendung Klambu sebagai berikut:

1. Distribusi kecepatan di dalam belokan pada sungai tanpa krib yaitu 0-0,185 m/s, sedangkan di luar belokan yaitu 0,74-1,67 m/s.
2. Distribusi kecepatan dalam belokan sungai menggunakan krib permeable dan impermeable 30 m yaitu 0-0,18 m/s, sedangkan di daerah antar krib permeable 30 m bernilai 0-0,74 m/s dan krib impermeable 30 m bernilai 0-0,18 m/s.
3. Distribusi kecepatan dalam belokan sungai menggunakan krib permeable 40 m yaitu 0,185-1,67 m/s, krib impermeable 40 m yaitu 0-1,67 m/s, sedangkan di daerah antar krib permeable 40 m bernilai 0-0,74 m/s dan krib impermeable 40 m bernilai 0 m/s.
4. Distribusi kecepatan dalam belokan sungai menggunakan krib permeable 50 m yaitu 0,74-1,67 m/s, krib impermeable 50 m yaitu 0,74-1,67 m/s, sedangkan di daerah antar krib permeable 50 m bernilai 0-0,74 m/s dan krib impermeable 50 m bernilai 0 m/s.
5. Distribusi kecepatan di daerah dalam belokan sungai mengalami peningkatan pada semua jenis dan variasi krib yang disimulasikan. Peningkatan kecepatan tertinggi dengan menggunakan krib 50 m.
6. Pola aliran pada daerah antar krib impermeabel membentuk pusaran air sedangkan daerah antar krib permeabel memiliki pola yang acak.
7. Pola aliran di dalam belokan sungai menggunakan krib 30 m dan 40 m pada kedua jenis krib menghasilkan pola aliran berbentuk pusaran air.
8. Pusaran air pada daerah dalam belokan menjadi pola aliran yang searah dengan aliran sungai dengan menggunakan krib permeabel atau impermeabel sepanjang 50 m.

6.2 Saran

Adapun saran yang dapat disampaikan setelah melakukan penelitian simulasi aliran pada sekitar krib di hulu Bendung Klambu sebagai berikut:

1. Untuk penelitian selanjutnya, simulasi aliran dapat dilakukan dengan menggunakan jenis, variasi, dan perletakkan krib yang berbeda.
2. Hasil simulasi Telemac2D akan menghasilkan nilai dan bentuk yang lebih presisi dengan menggunakan *mesh* yang lebih rapat.



DAFTAR PUSTAKA

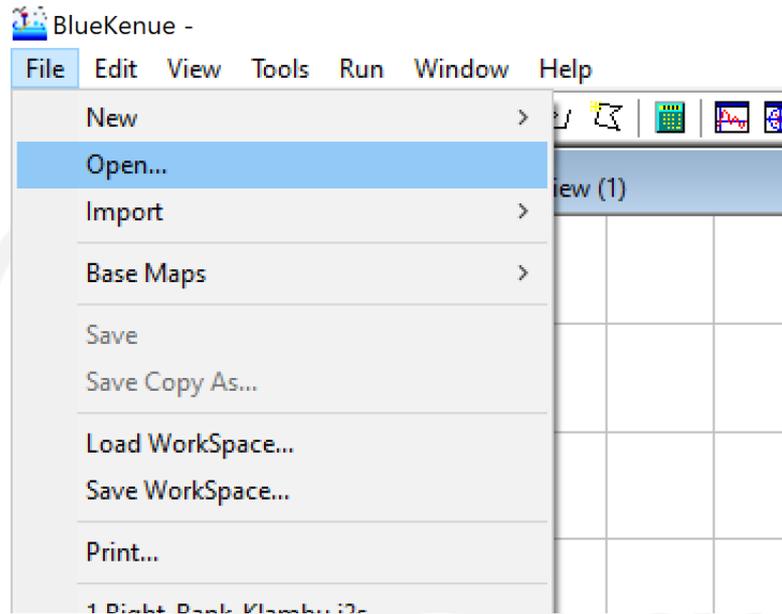
- Blanckaert, K. dan Walter H. Graf. 2002. Flow Around Bends in Rivers. *2nd International Conference New Trends in Water and Environmental Engineering for Safety and Life: Eco-compatible Solutions for Aquatic Environments*.
- Brunner, G.W. 2010. *HEC-RAS River Analysis System Hydraulic Reference Manual*. US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center.
- Fatimah, E. dan A. Fauzi. 2020. Numerical Simulation of Groyne Placement in Minimising Krueng Aceh River Bank Erosion. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. Vol. 993.
- Ferguson, Robert I. dan Dan R. Parsons. 2003. Flow in Meander Bends with Recirculation at the Inner Bank. *Water Resources Research*. Vol. 39 No. 11.
- Graf, Walter H. dan Altinakar M.S.. *Fluvial Hydraulics: Flow and Transport Processes in Channels of Simple Geometry*. 1998. Lausanne.
- Lang, Pierre. 2014. *TELEMAC 2D User Manual version 7.0*. Canadian Hydraulics Centre. Canada.
- Mojtahedi, Alireza dan Aida Bagheri-Basmenji. 2017. Numerical and Field Investigation of the Impacts of the Bank Protection Projects on the Fluvial Hydrodynamics (Case Study: Ghezel Ozan River). *International Journal of Engineering and Technology*. Vol. 9 No. 6.
- Przedwojski, B., R. Blazejewski, dan K.W. Pilarczyk. 1995. *River Training Techniques: Fundamentals, Design, and Applications*. A.A. Balkema Publishers. Belanda.
- Purnama, Ady dan Eni Nuraini. 2017. Karakteristik Aliran Pada Belokan Sungai. Program Studi Teknik Sipil Fakultas Teknik Universitas Samawa Sumbawa Besar. Sumbawa.
- Pusat Pendidikan dan Pelatihan Sumber Daya Air dan Konstruksi. 2017. *Modul 8 Dasar-dasar Perencanaan Alur dan Bangunan Sungai*. Bandung.

- Qui-cai, Zhen dkk. 2009. Analysis for Reliability of Groyne Safety During Random Erosion Process. *2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering*. China.
- Saberi, Omid dan Majid Galoie. 2017. Numerical Modeling of Flow Around Groynes with Different Shapes Using TELEMAC-3D Software. *American Journal of Water Science and Engineering*. Vol. 2 No. 6. Iran.
- Sidharta. dkk. 1997. *Irigasi dan Bangunan Air*. Universitas Gunadharma. Jakarta.
- Suharjoko. 2015. An Analysis Of The Groyne Placement At The River Bend Based On Current Flow Be Occurred. *International Journal of Civil and Environmental Engineering*. Vol. 12 No. 6.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika I*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Triatmodjo, Bambang. 1993. *Hidraulika II*. Beta Offset. Yogyakarta.
- Zaid, Bahaelden. 2018. Morphodynamic Effects of Stone and Wooden Groynes in a Restored River Reach. *E3S Web Conferences*. Vol. 4.

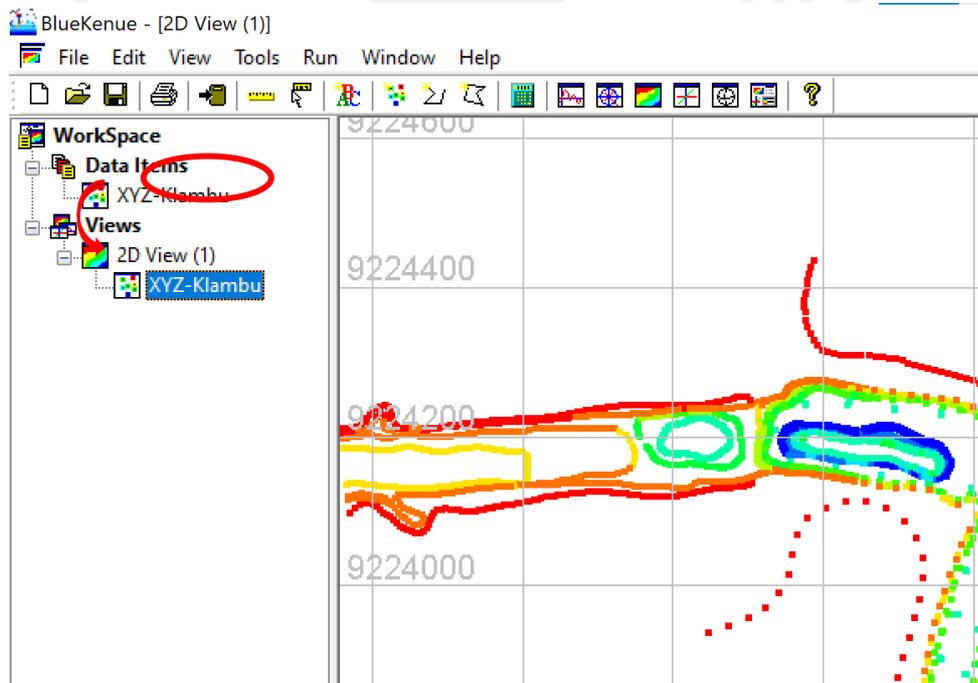


Lampiran 1 Prosedur Pembuatan *Mesh* Menggunakan Aplikasi BlueKenue

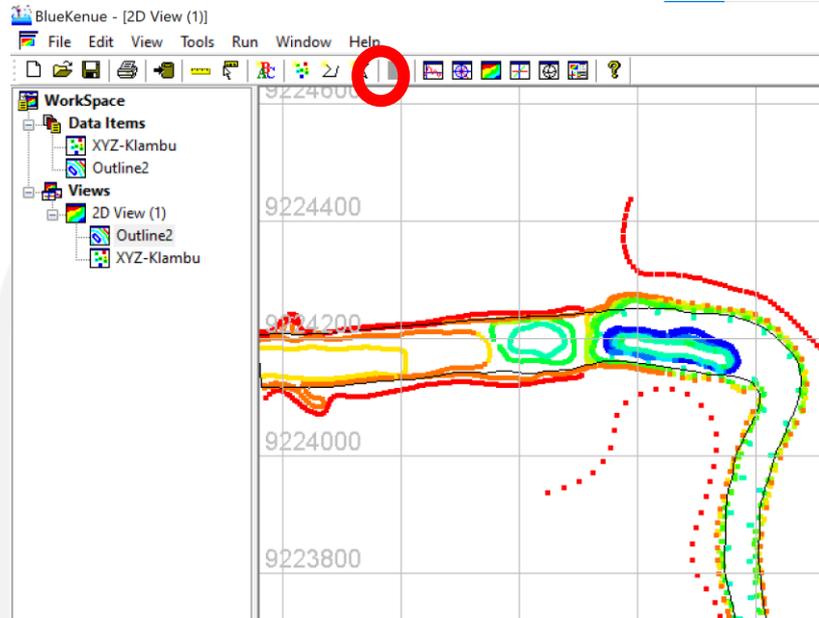
Buka aplikasi lalu masukan file topografi sungai melalui *File -> Open*



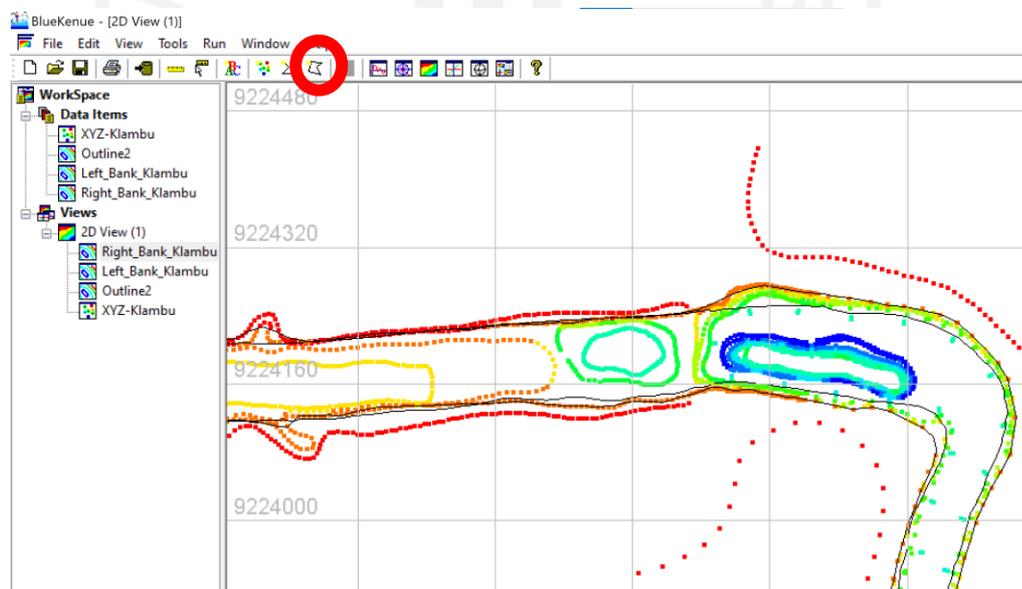
Pindahkan file topografi sungai ke *2D view* dengan cara menarik file ke tab *2D View*



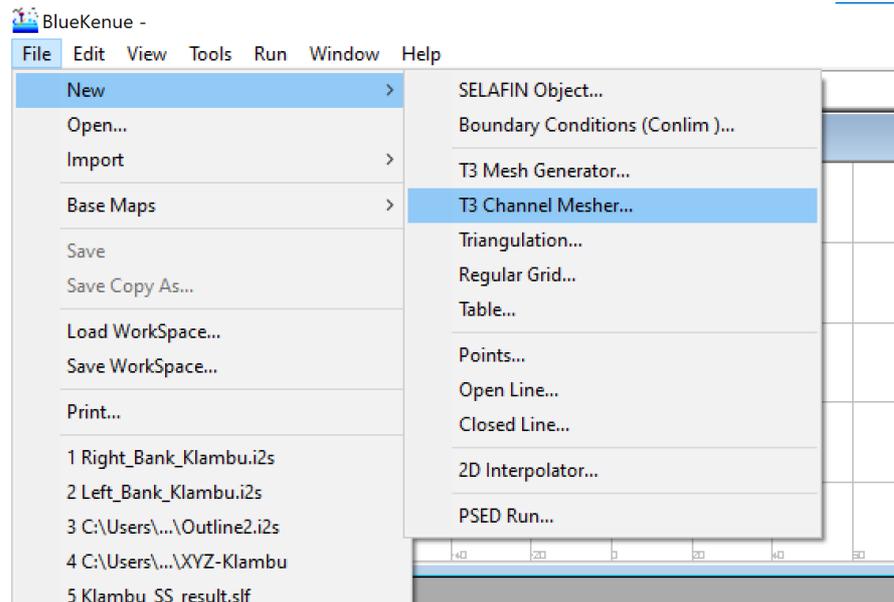
Buat outline sungai menggunakan fitur *Closed Line* yang dapat diakses melalui tombol pada gambar di bawah. Gambar outline sesuai dengan batas sungai.



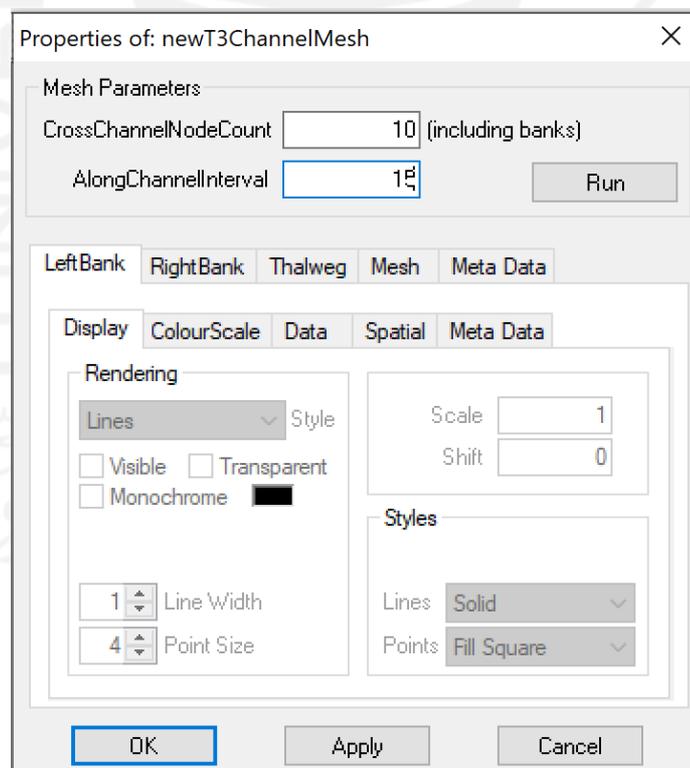
Buat batas kanan dan kiri sungai menggunakan fitur *Open Lines* yang dapat diakses melalui tombol pada gambar di bawah ini.



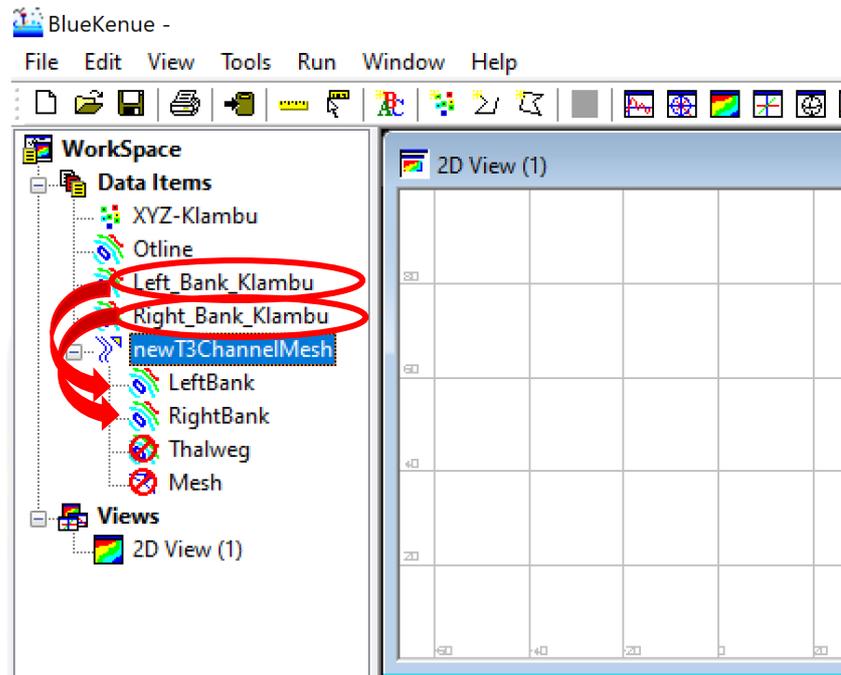
Buka fitur *Channel Mesher* pada *File -> New -> T3 Channel Mesher*.



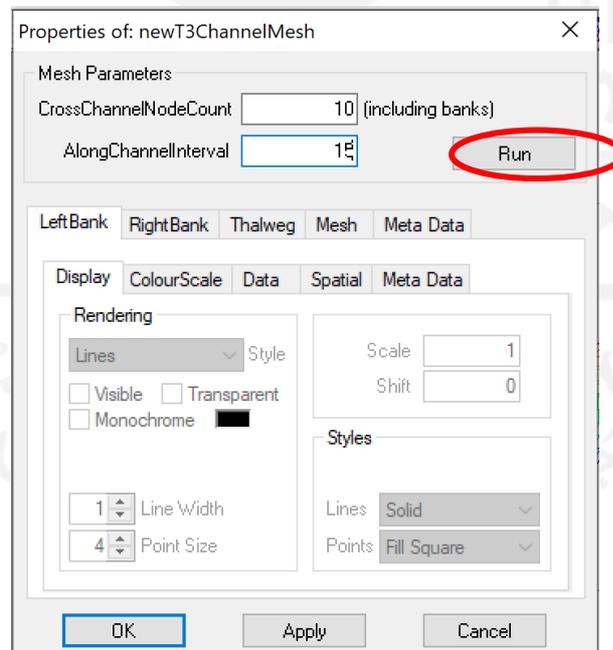
Tuliskan jumlah *cross-channel nodes* dan panjang *mesh* sepanjang sungai, lalu klik OK



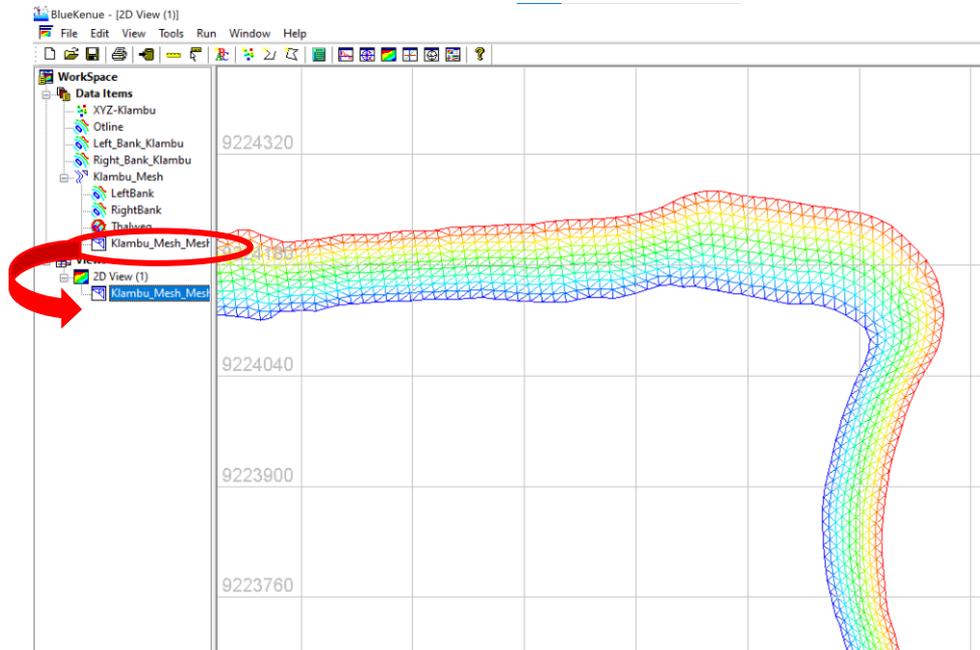
Tarik *open line* kanan sungai ke sub-tab *RightBank* dan *open line* kiri sungai ke sub-tab *LeftBank*.



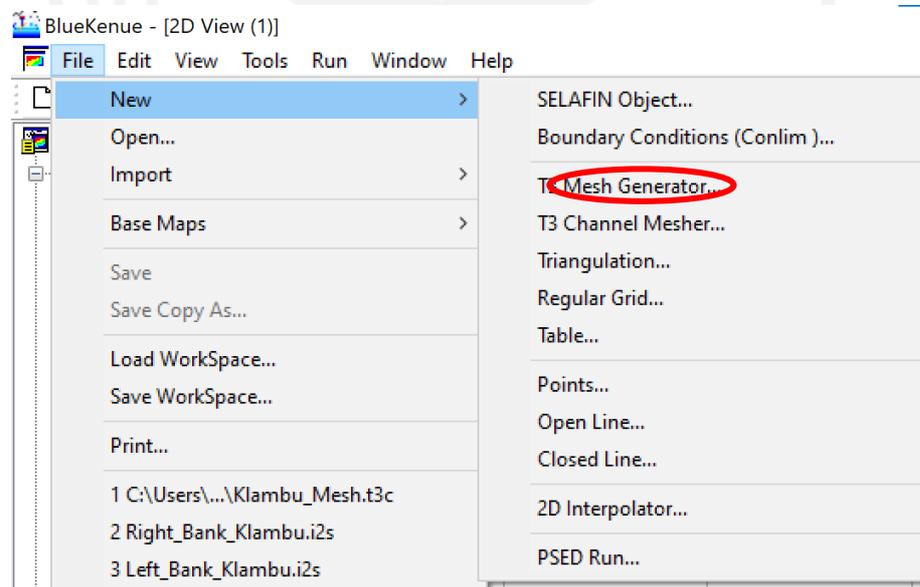
Klik dua kali file *T3 Channel Mesher* dan pilih *Run*



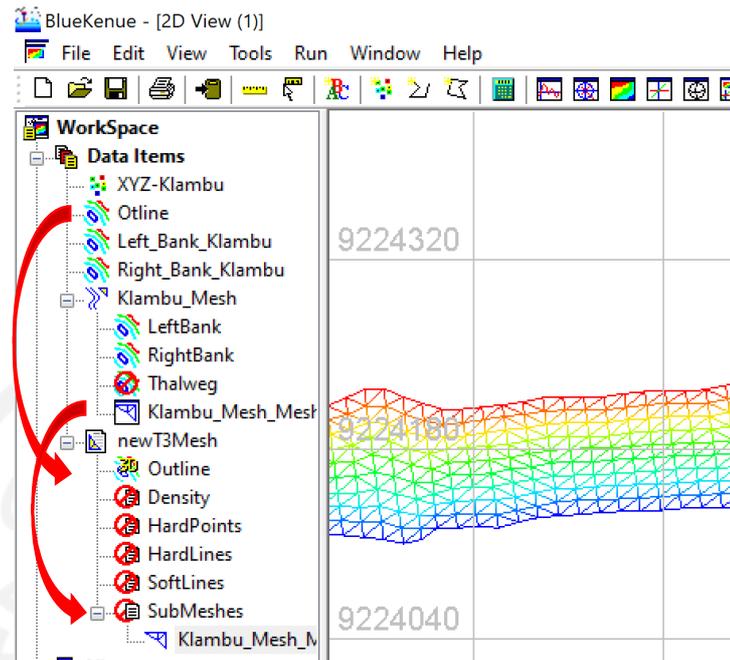
Setelah di *run*, *mesh* akan berbentuk seperti gambar berikut. Untuk melihat tarik file *mesh* ke *2D View*



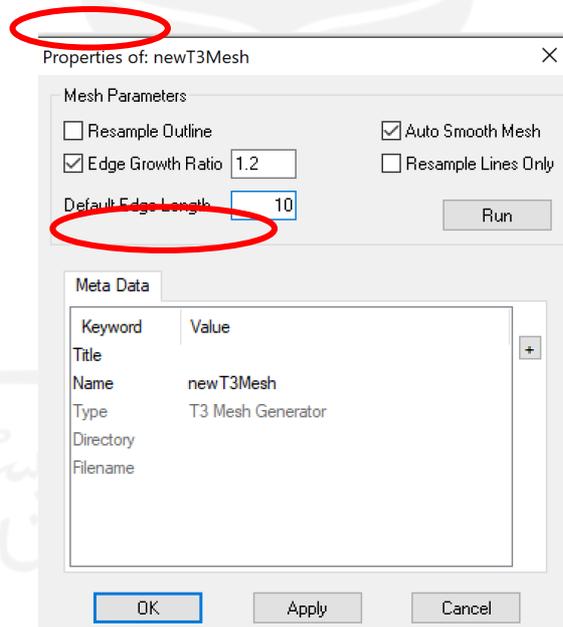
Buka *T3 Mesh Generator* melalui *File -> New -> T3 Mesh Generator*



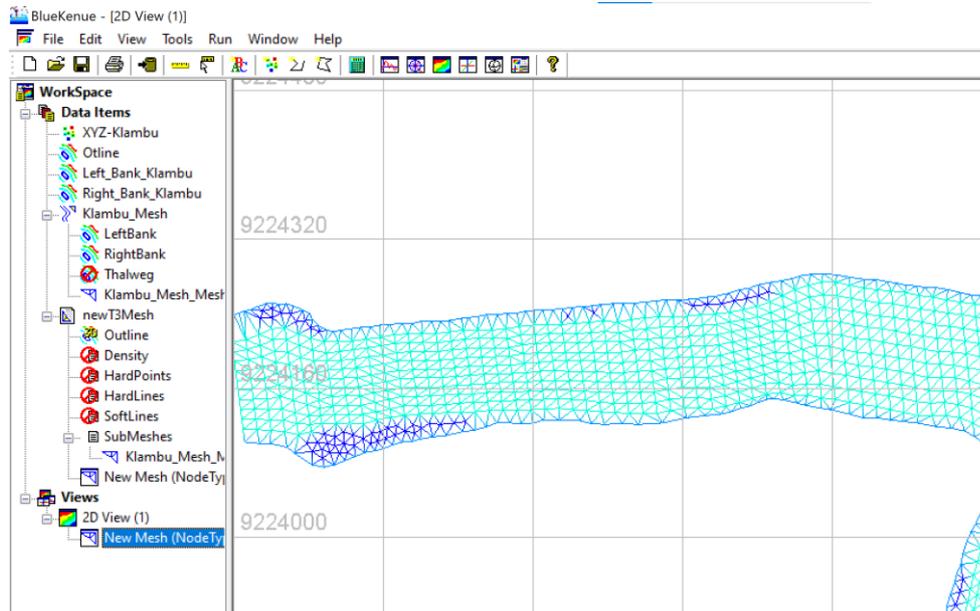
Tarik outline yang telah dibuat ke sub-tab *Outline* dan *mesh* sungai ke sub-tab *SubMesh*



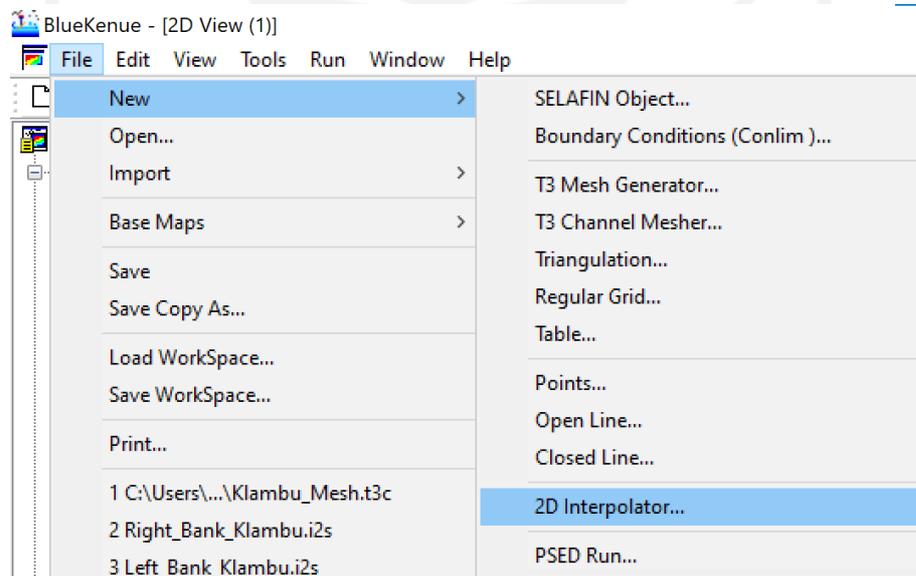
Klik dua kali *T3 Mesh Generator* dan tentukan *Default Edge Length* and *Edge Growth Ratio*. Hapus centang pada *Resample Outline* lalu pilih OK.



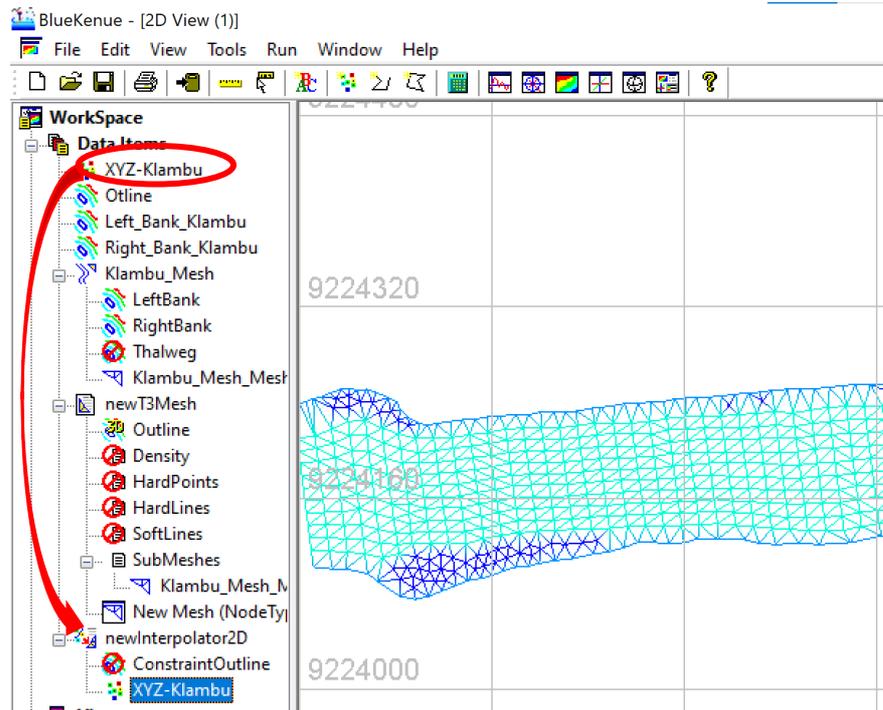
Tarik *New Mesh (NodeType)* ke *2D View* untuk melihat hasil *mesh*.



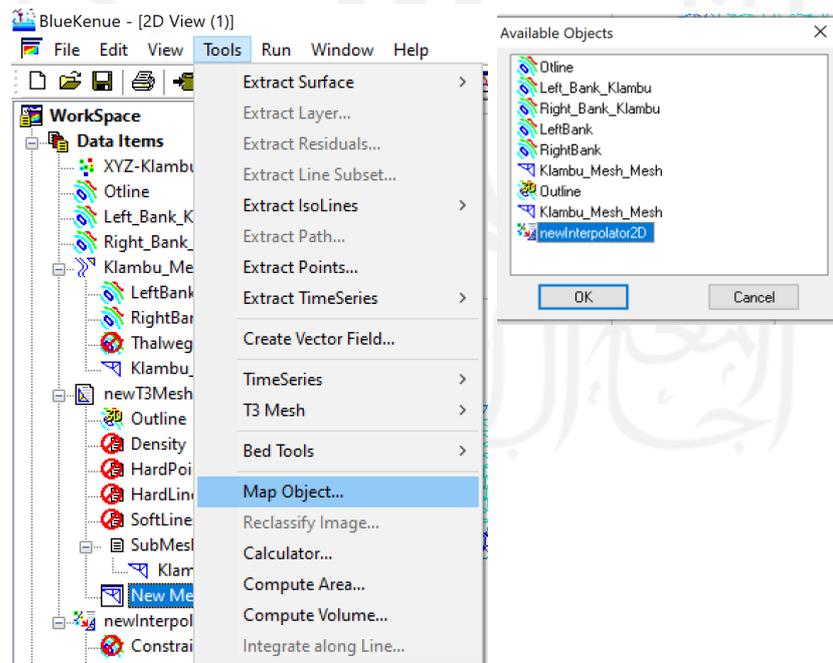
Lakukan interpolasi menggunakan *2D Interpolator* melalui *File -> New -> 2D Interpolator*.



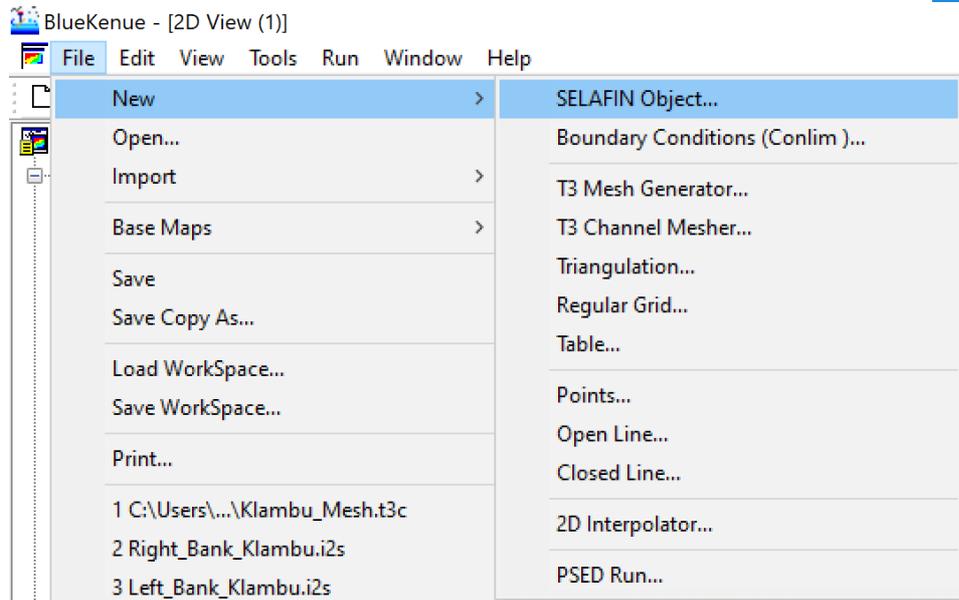
Tarik file topografi ke tab *newInterpolator2D*.



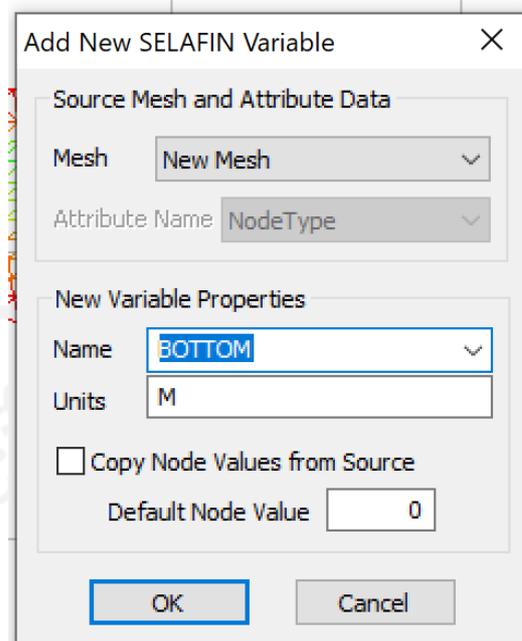
Klik pada *mesh* yang akan digunakan lalu Buka *Tools* -> *Map Object*, lalu klik *newInterpolator2D*.



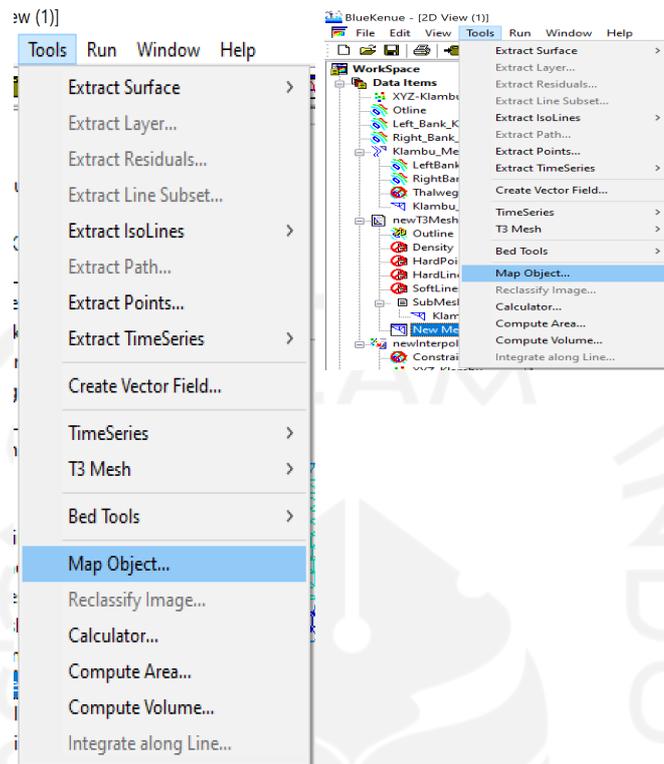
Buat file selafin melalui *File -> New -> SELAFIN Object*



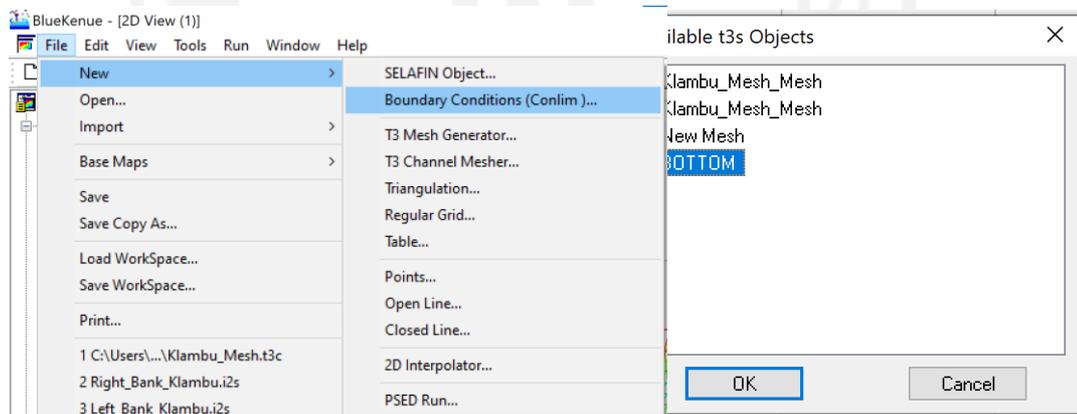
Klik kanan file selafin lalu klik *Add New Variable*. Pilih *mesh* yang akan digunakan lalu pada menu *Name*, ganti pilihan dengan *BOTTOM*. Klik OK.



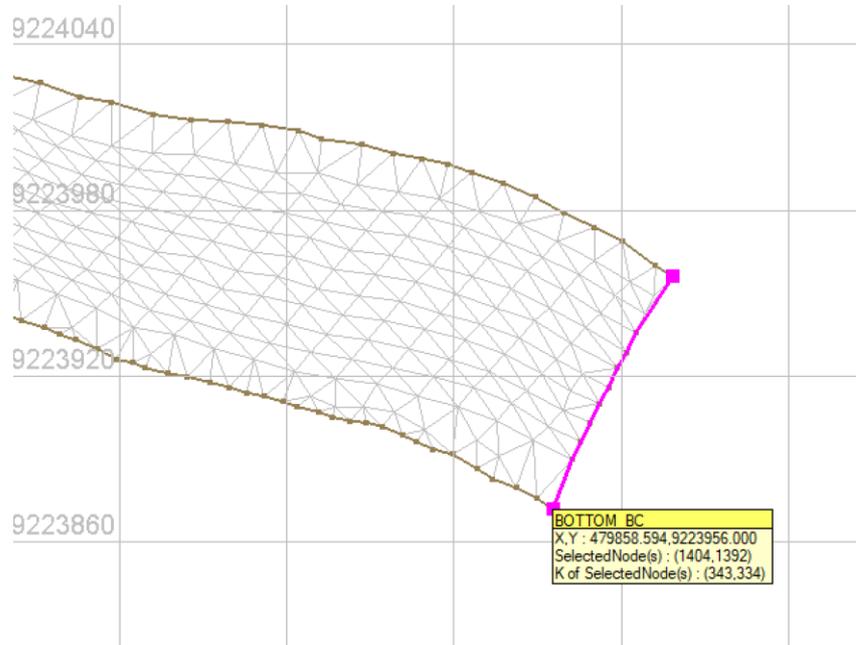
Klik file *BOTTOM* lalu pilih *Tools -> Map Object -> newInterpolator2D -> OK*



Buat kondisi batas melalui *File -> New -> Boundary Conditions -> BOTTOM -> OK*



Tarik file *BOTTOM_BC* ke *2D View* untuk membuat batas sungai. Batas sungai dibuat pada hulu dan hilir. Klik dua kali titik ujung kanan hulu sungai. Tekan *Shift* lalu klik dua kali titik ujung kiri hulu sungai.



Klik kanan garis yang telah dibuat lalu *Add Boundary Segment*. Ganti *Open Boundary Code* menjadi *Open boundary with prescribed Q*.

CONLIM Boundary Segment Editor

Boundary Name: newBoundary (1392 - 1404)

Boundary Code: Open boundary with prescribed Q (455)

Tracer Code: Closed boundary (wall) (2)

HBOR	UBOR	VBOR	AUBOR	TBOR	ATBOR	BTBOR	NBOR
0	0	0	0	0	0	0	1392
0	0	0	0	0	0	0	1395
0	0	0	0	0	0	0	1609
0	0	0	0	0	0	0	1815
0	0	0	0	0	0	0	2022
0	0	0	0	0	0	0	2230
0	0	0	0	0	0	0	2438
0	0	0	0	0	0	0	2647
0	0	0	0	0	0	0	1400
0	0	0	0	0	0	0	1404

OK Cancel

Lakukan hal yang sama pada daerah hilir sungai tetapi untuk *Open Boundary Code* diganti menjadi *Open boundary with prescribed H*.

Save file selafin, *boundary conditions*, dan *tabel boundary*

