

Editor:
Daud Rahmat Wiyono, Hanny Julianny Dani

ZAHIR
publishing

KEBERADAAN VEGETASI PULAU SUNGAI TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SALURAN TERBUKA



Robby Yussac Tallar

KEBERADAAN VEGETASI PULAU SUNGAI TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SALURAN TERBUKA

Robby Yussac Tallar



KEBERADAAN VEGETASI PULAU SUNGAI TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SALURAN TERBUKA

Penulis

Robby Yussac Tallar

Editor

Daud Rahmat Wiyono

Hanny Juliany Dani

Tata Letak

Anisa Hidayati

Desain Sampul

Marista Indy

14 x 20 cm, vi + 63 hlm.

Cetakan Pertama, Desember 2023

ISBN: 978-623-466-390-7

Diterbitkan oleh:

ZAHIR PUBLISHING

Kadisoka RT. 05 RW. 02, Purwomartani,

Kalasan, Sleman, Yogyakarta 55571

e-mail : zahirpublishing@gmail.com

Anggota IKAPI D.I. Yogyakarta

No. 132/DIY/2020

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

PRAKATA

Sungai secara alamiah memiliki struktur yang kompleks karena dipengaruhi oleh kecepatan alirannya. Sungai memiliki sistem kompleks yang saling mempengaruhi antar variabel-variabel pembentuknya. Pulau sungai merupakan bagian dari sungai yang sering ditemukan di suatu alur sungai disamping bantaran sungai. Keberadaan vegetasi di dalam badan air juga turut mempengaruhi karakteristik hidraulik sungai tersebut termasuk di dalamnya kecepatan aliran. Oleh karena itu, buku ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh dari keberadaan vegetasi pada pulau sungai terhadap pola kecepatan aliran terutama pada saluran terbuka.

Buku ini mencakup teori-teori penunjang yang terkait dengan vegetasi pada pulau sungai, teori dasar pulau sungai itu sendiri maupun karakteristik hidraulik yang terjadi pada saluran terbuka seperti kecepatan aliran. Hasil eksperimen juga ditampilkan pada buku ini. Eksperimen dilakukan di Laboratorium Hidraulika dan Mekanika Fluida pada Program Studi Teknik Sipil dengan menggunakan beberapa skenario dengan kondisi batas dan kondisi awal yang ditentukan sebelumnya.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih yang tak terhingga atas seluruh dukungan baik secara material maupun imaterial yang telah diberikan oleh berbagai pihak terutama Program Studi Teknik Sipil, Universitas Kristen

Maranatha. Terima kasih juga penulis sampaikan rekan mahasiswa maupun teknisi yang telah membantu penulis mulai dari proses perencanaan, pelaksanaan eksperimen sampai proses penyelesaian tahap akhir berupa laporan maupun luarannya.

Bandung, 10 Desember 2023

Penulis

DAFTAR ISI

PRAKATA.....	iii
DAFTAR ISI	v
BAB I REKAYASA TEKNIK SIPIL HIDROTEKNIK BERKELANJUTAN.....	1
A. Perkembangan Infrastruktur Keairan	3
B. Konsep Pembangunan Berkelanjutan.....	4
C. Penerapan Konsep Eko-Hidrolik pada Saluran Terbuka.....	5
D. Konsep Saluran Terbuka dan Potensi Sungai.....	5
BAB II EKOSISTEM SUNGAI	9
A. Definisi Sungai	9
B. Konsep Ekosistem Sungai.....	12
C. Aliran Saluran Terbuka.....	22
D. Jenis Aliran	22
E. Wilayah Sungai.....	23
F. Klasifikasi Sungai.....	24
G. Habitat Sungai	24
H. Arus Sungai	28
I. Substrat	30
J. Suhu atau Temperatur Sungai	31
K. Karakteristik Vegetasi pada Sungai	33

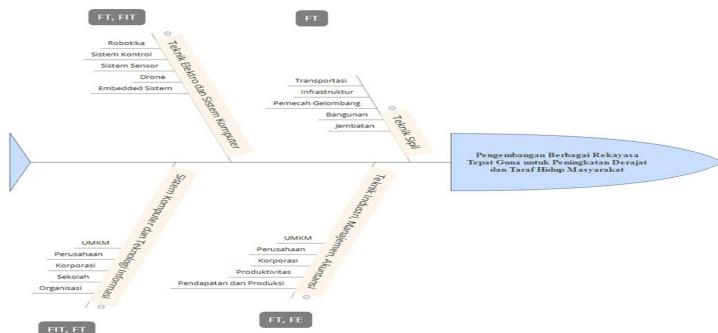
BAB III PROSES AWAL.....	37
A. Debit Aliran	37
B. Proses Pengujian Lengkung Debit dan Kecepatan Aliran	42
 BAB IV HUBUNGAN VARIABEL HIDRAULIS DENGAN KECEPATAN ALIRAN	 49
A. Sedimen Dasar.....	49
B. Lengkung Debit.....	52
C. Hubungan Formasi Vegetasi Pulau Sungai dan Kecepatan Aliran	54
D. Nilai Resistensi akibat Formasi Vegetasi.....	56
 BAB V PENUTUP	 59
 DAFTAR PUSTAKA	 60
DOKUMENTASI	61

BAB I

REKAYASA TEKNIK SIPIL

HIDROTEKNIK BERKELANJUTAN

Di era Industri 4.0, keterpaduan keilmuan termasuk di Teknik Sipil sangatlah penting untuk dilakukan. Di lingkup universitas terutama pada bidang teknik sendiri, berbagai keilmuan yang masih termasuk dalam rumpun keteknikan dapat mengelaborasi satu sama lain sehingga menghasilkan suatu pengembangan berbagai rekayasa tepat guna untuk peningkatan derajat dan taraf hidup masyarakat seperti pada Gambar 1. Sementara itu, Program Studi Teknik Sipil juga harus dapat menurunkan *road map* universitas tersebut ke dalam konsep teknik sipil berkelanjutan terutama pada bidang hidroteknik seperti manajemen sumberdaya air berkelanjutan (*integrated water resources management*) seperti pada Gambar 2.

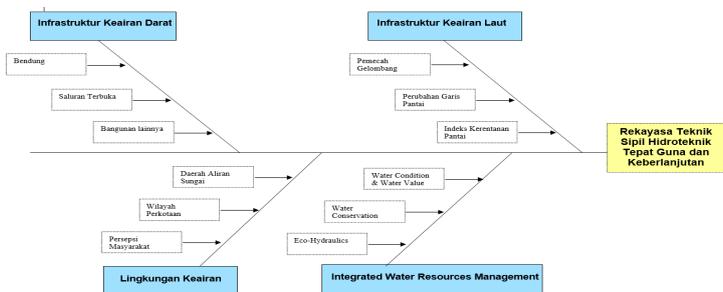


Gambar 1.1 Road map penelitian universitas



Gambar 2. Turunan road map penelitian universitas ke program studi

Rekayasa hidroteknik dalam ilmu Teknik Sipil dapat berupa infrastruktur keairan di darat seperti bendung, saluran terbuka dan bangunan air lainnya maupun infrastruktur keairan laut seperti bangunan pemecah gelombang dan sebagainya. Di sisi lain, lingkungan keairan seperti Daerah Aliran Sungai (DAS) dan wilayah badan air dapat mempengaruhi manajemen sumberdaya air berkelanjutan (*Integrated Water Resources Management*). Kesemuanya itu termasuk kedalam Rekayasa Teknik Sipil Hidroteknik Tepat Guna dan Berkelanjutan (Gambar 3).



Gambar 3. Turunan road map topik Rekayasa Teknik Sipil Hidroteknik Berkelanjutan

A. Perkembangan Infrastruktur Keairan

Perkembangan infrastruktur terutama di bidang keairan dewasa ini sudah terarah pada konsep pembangunan berkelanjutan (*sustainable development*) yang mengedepankan pembangunan dampak rendah sehingga kerusakan-kerusakan terhadap lingkungan dapat diminimalisir. Infrastruktur keairan sendiri tidak lagi berfokus kepada satu fungsi utama saja melainkan juga beberapa fungsi yang dapat dilakukan bersamaan dan terlebih lagi tergolong pembangunan yang ramah lingkungan. Sebagai contoh pengembangan infrastuktur keairan yang berkelanjutan adalah bendungan dengan desain ramah lingkungan.

Perkembangan infrastruktur keairan memiliki peran penting dalam pembangunan infrastruktur sekaligus pengelolaan sumber daya air karena konstruksinya berkaitan dengan upaya pemenuhan kebutuhan air bersih dan pengelolaan sumber daya air secara efisien. Bangunan infrastruktur keairan ini awalnya hanya bertujuan agar pasokan air yang aman, bersih, dan terkendali dapat selalu tersedia untuk berbagai kebutuhan yaitu konsumsi, irigasi pertanian, industri, dan produksi energi dalam pembangkit listrik tenaga air. Lebih lanjut, konstruksi infrastruktur keairan ini juga berfungsi untuk menjaga keberlanjutan lingkungan terutama dalam mengelola air misalnya dalam pencegahan banjir, pengaturan aliran air sungai, dan pemeliharaan kualitas air. Dengan melakukan proses konstruksi yang tepat maka bangunan infrastruktur keairan ini akan bermanfaat besar bagi masyarakat untuk

memenuhi kebutuhan air dan mendukung pertumbuhan ekonomi secara berkelanjutan. Disamping itu, untuk menjaga umur pakai bangunan maka setelah konstruksi selesai harus dilakukan pemeliharaan dan perawatan rutin agar kinerja bangunan prasarana sumber daya air dapat optimal. Selain itu, pemeriksaan berkala dibutuhkan agar keamanan dan kualitas bangunan selalu terjamin.

B. Konsep Pembangunan Berkelanjutan

Pembangunan berkelanjutan adalah pembangunan yang menitikberatkan pada keberlanjutan potensi pembangunan itu sendiri maupun lingkungannya. Paradigma lama dalam bidang keairan dimana fokus utama dari suatu infrastruktur keairan itu dibuat sebatas untuk memenuhi satu kepentingan sudah mulai berubah menjadi paradigma baru dalam berpikir yaitu bagaimana pembangunan terutama di bidang keairan tersebut dapat juga menjaga keberlangsungan lingkungan sekitarnya. Sebagai contoh, dalam perencanaan sungai yang dengan menggunakan paradigma lama selalu mengutamakan pemikiran bagaimana air dapat dialirkan secepat-cepatnya dari hulu ke hilir yang bermuara ke laut sehingga dalam konteks ini seringkali pola sungai yang berkelok-kelok atau bermeandering diubah menjadi lurus agar dapat mencapai tujuan tersebut. Namun dengan paradigma baru yang sekarang dalam perencanaan sungai lebih mengutamakan pemikiran pengembalian kondisi asal alam atau yang dikenal dengan renaturalisasi. Sungai-sungai yang sudah berubah penampang melintang maupun memanjangnya

dikembalikan lagi ke kondisi awal dimana kondisi tersebut dianggap lebih ramah lingkungan.

C. Penerapan Konsep Eko-Hidrolik pada Saluran Terbuka

Pengembangan dari konsep pembangunan berkelanjutan dalam ilmu hidroteknik di Teknik Sipil dari waktu ke waktu semakin bertambah komperhensif sehingga turunan dari konsep tersebut berupa konsep lanjutan yaitu konsep eko-hidrolik. Konsep eko-hidrolik pada saluran terbuka seperti sungai adalah konsep yang menggunakan pendekatan pada manajemen sumberdaya air terutama sungai yang mengintegrasikan dua aspek utama yaitu aspek hidrolika dan ekologi dalam suatu ekosistem sungai dalam suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Dalam konsep eko-hidrolik, peristiwa atau fenomena keairan seperti banjir dipengaruhi tidak hanya dari faktor hidrolika semata, tetapi juga dari faktor ekologi yang menyertainya. Oleh karena itu, penanganan yang harus dilakukan secara teknis dan terintegrasi dengan memperhatikan aspek ekologi di dalamnya.

D. Konsep Saluran Terbuka dan Potensi Sungai

Saluran terbuka adalah suatu saluran yang memiliki fungsi utama untuk mengalirkan air dari wilayah hulu ke wilayah hilir dalam suatu badan air dengan permukaan bebas. Permukaan bebas yang dimaksud artinya adalah muka air pada saluran terbuka tersebut berhubungan

langsung dengan udara luar. Saluran terbuka pada dasarnya terbagi menjadi dua jenis yaitu saluran terbuka alamiah dan saluran terbuka buatan (*artificial*). Saluran alamiah yang seringkali ditemukan dalam kehidupan sehari-hari adalah sungai. Sungai secara alamiah terbentuk dari lekukan rupa bumi yang memiliki pola bermacam-macam dengan potongan melintang yang juga bervariasi tergantung kondisi geomorfologi wilayah tersebut. Kondisi sungai yang baik adalah kondisi sungai alamiah dengan kecepatan aliran tertentu yang stabil dengan ekosistem yang hidup di dalamnya.

Sungai merupakan sistem yang kompleks namun tergolong sistem yang teratur atau regular karena memiliki karakteristik yang teratur dari komponen penyusunnya. Konsep sungai harus komprehensif dalam kajiannya karena sungai terutama yang alamiah yang dinamis. Sungai pada dasarnya berfungsi untuk mengalirkan air dari wilayah *upstream* ke wilayah *downstream*, yang mencakup seluruh komponen biotik dan abiotik dalam suatu ekosistem dengan berbagai fungsi ekologis, hidrologis, dan sosial. Konsep sungai harus menggambarkan kondisi spesifik dari potensi sungai tertentu. Potensi sungai inilah yang menentukan kondisi hidraulik yang terjadi seperti kecepatan aliran. Kecepatan aliran pada suatu sungai sangatlah dinamis dan tergantung dari bentuk penampang sungai tersebut. Dari aspek ekologi, potensi sungai berasal dari habitat lingkungan biotik maupun abiotik. Habitat lingkungan biotik berupa flora dan fauna dalam suatu ekosistem sungai sementara habitat lingkungan abiotik

dapat berupa sedimen, cahaya, air yang mengalir, suhu, dan lain sebagainya.

BAB II

EKOSISTEM SUNGAI

A. Definisi Sungai

Sungai adalah salah satu jenis badan air permukaan yang berfungsi untuk mengalirkan air dari satu tempat ke tempat lainnya. Dalam berbagai perspektif, sungai memiliki berbagai jenis. Perspektif tersebut antara lain adalah lokasi sungai, morfologi sungai atau lebar sungai, proses pembentukannya, dan lain sebagainya. Sungai alamiah adalah salah satu jenis sungai dari bila ditinjau dari perspektif proses pembentukannya dan sangat terkait dengan ekosistem fluvial. Fluvial adalah semua proses yang mengakibatkan adanya perubahan bentuk permukaan bumi, yang dapat disebabkan oleh aksi air permukaan, baik yang merupakan aliran mengalir secara terpadu (sungai) maupun air yang tidak terkonsentrasi. Pada dasarnya, sungai di Indonesia hanya dibedakan terhadap satu jenis sungai tanpa ditinjau dari ukuran atau panjang dari suatu saluran sungai. Beberapa menggunakan istilah "sungai besar" untuk membedakan sungai Kapuas, Mambremamo, Mahakam, dan lain sebagainya.

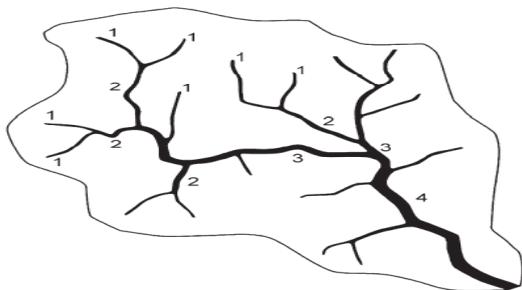
Secara umum pengertian/definisi sungai adalah suatu penampang tertentu yang memiliki fungsi utama untuk mengalirkan air dan berhubungan langsung dengan udara bebas atau biasa disebut aliran permukaan. Pemerintah

Indonesia sendiri pada tahun 2011 telah merevisi peraturan sebelumnya dan mengeluarkan kembali aturan tentang sungai termasuk definisi-definisi terkait yaitu Peraturan Pemerintah no 38 yang biasa disebut PP 38 Tahun 2011. PP 38 Tahun 2011 menjabarkan definisi sungai yaitu 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. Disamping itu, sungai juga memiliki Daerah Aliran Sungai (DAS) yang mendukung sungai-sungai atau badan air lainnya yang berada dalam suatu wilayah DAS tersebut.

DAS menurut PP 38 Tahun 2011 adalah suatu wilayah daratan yang merupakan satu kesatuan dengan sungai dan anak-anak sungainya, yang berfungsi menampung, menyimpan, dan mengalirkan air yang berasal dari curah hujan ke laut secara alami, yang batas di darat merupakan pemisah topografis dan batas di laut sampai dengan daerah perairan yang masih terpengaruh aktivitas daratan. Pada prinsipnya, suatu sungai dan DASnya memiliki interaksi atau hubungan baik secara geohidrobiologi dengan alam maupun secara sosial budaya dengan manusia (antropogenik) yang tinggal di wilayah DAS tersebut. Sementara itu, perlu diketahui juga definisi dari lingkup sungai yang lebih luas lagi dari DAS yaitu wilayah sungai. Berdasarkan PP 38 Tahun 2011, wilayah sungai adalah kesatuan wilayah pengelolaan sumber daya air dalam satu atau lebih daerah aliran sungai dan/atau pulau-pulau kecil yang luasnya kurang dari atau sama dengan 2.000

Km² (dua ribu kilo meter persegi). Definisi lainnya yang sering digunakan adalah bantaran sungai. Bantaran sungai adalah ruang antara tepi palung sungai dan kaki tanggul sebelah dalam yang terletak di kiri dan/atau kanan palung sungai menurut definisi dari PP 38 Tahun 2011.

Secara topografinya, posisi sungai berada paling rendah dalam elevasi permukaan bumi, sehingga secara alamiah DAS akan berkontribusi kepada proses pembentukan, pengaliran maupun kondisi sungai lainnya. Aliran air yang mengalir dari wilayah hulu ke wilayah hilir pada suatu sistem sungai, memiliki urutan atau biasa yang disebut orde sungai. Suatu sungai yang berukuran mikro atau relatif kecil dan berada di bagian hulu bisa disebut sebagai urutan pertama atau sungai orde ke-1. Pertemuan dari dua sungai orde ke-1 menjadi sungai urutan kedua atau sungai orde ke-2, pertemuan dari dua sungai orde ke-2 menjadi sungai urutan ketiga atau sungai orde ke-3, dan begitu seterusnya sampai ditampung oleh sungai utama pada bagian hilir. Visualisasi konsep orde sungai ini dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Konsep Orde Sungai

B. Konsep Ekosistem Sungai

Dari beberapa macam ekosistem yang ada di bumi terutama yang terkait dengan perairan atau badan air salah satunya adalah ekosistem sungai. Seperti namanya, ekosistem sungai ini mempunyai arti sebagai ekosistem yang berada di wilayah badan air berupa sungai dengan segala macam interaksi atau hubungan timbal balik dari makhluk hidup dan juga lingkungannya yang meliputi seluruh kawasan sungai tersebut. Sementara itu, aliran air yang mengalir di sungai seringkali berwarna coklat. Hal ini dikarenakan tingkat konsentrasi sedimen terlarut yang tinggi yang diakibatkan dari aliran sungai yang mengalir menuruni lereng curam melewati bebatuan besar, tanah berpasir, atau berkelok-kelok melalui lembah yang stabil menuju ke laut.

Ekosistem sungai mengintegrasikan biota dan interaksi biologis dengan semua yang berinteraksi langsung terhadap proses fisik maupun kimiawi yang menentukan bagaimana sistem suatu sungai berfungsi. Secara garis besar, proses-proses terjadi di sungai baik secara fisika maupun kimiawi adalah sebagai berikut:

- Proses erosi adalah gaya pelebaran air yang mengalir diatas permukaan air tanah yang menyebabkan terjadinya lembah-lembah.
- Proses transportasi adalah proses perpindahan atau pengangkutan material oleh suatu tubuh air yang dinamis yang diakibatkan oleh tenaga

kinetis yang ada pada sungai sebagai efek dari gaya gravitasi.

- Proses sedimentasi terjadi bila sungai tidak mampu lagi mengangkut material yang dibawanya. Apabila tenaga angkut berkurang, maka material yang berukuran kasar akan diendapkan terlebih dahulu diikuti dengan material yang lebih halus.

Hal-hal tertentu yang dapat dikenali menjadi ciri-ciri dari suatu ekosistem sungai adalah keseluruhan produksi dan proses metabolisme di dalam sungai tersebut seperti proses efisiensi nutrisi yang digunakan, keragaman cadangan energi, jumlah spesies, dan lain sebagainya. Semua ekosistem pada prinsipnya memiliki ambang batas kapasitasnya termasuk ekosistem fluvial sungai, namun bersifat sangat terbuka dan memiliki hubungan lateral maupun longitudinal yang erat.

Ekosistem sungai bila ditinjau dari sisi proses pembentukannya, setidaknya memiliki komponen-komponen diantaranya:

1. Dataran Sungai

Dataran sungai adalah bagian dari wilayah sungai yang secara geomorfologi mengalami proses secara waktu dan disertai oleh faktor-faktor eksternal seperti curah hujan, angin, iklim, jenis bebatuan, kontur tanah atau topografi, temperatur dan lain sebagainya yang seluruh faktor tersebut turut andil dalam proses erosi, sedimentasi maupun pelapukan yang terjadi. Hasil proses secara alamiah ini akan didistribusikan oleh

fluida yaitu air menuju ke tempat yang lebih rendah atau hilir dengan mengikuti aliran sungai. Dataran sungai ini tentunya banyak ditemukan di wilayah-wilayah sungai bagian hilir atau yang berada pada daerah pesisir laut maupun wilayah lainnya dimana air tersebut bermuara.

2. Wilayah Bantaran Sungai

Wilayah bantaran sungai adalah wilayah yang berada di sebelah kiri dan kanan dari badan sungai utama. Fungsi utama dari wilayah bantaran banjir ini adalah untuk menampung volume air sungai saat banjir tiba. Pada saat musim kering, wilayah bantaran sungai ini dapat dimanfaatkan oleh masyarakat dengan berbagai aktivitas seperti perkebunan, olah raga ataupun aktivitas lainnya yang memerlukan wilayah cukup luas. Namun sayangnya dalam prakteknya seringkali wilayah bantaran sungai ini digunakan untuk pemukiman penduduk sehingga pada saat musim hujan tiba, wilayah bantaran sungai yang seharusnya dapat menampung air sungai menjadi sangat terbatas sehingga menimbulkan banjir di wilayah sekitar.

3. Tebing Sungai Alami (*Natural Levee*)

Tebing sungai berada pada bagian sisi sungai baik di sisi kiri maupun sisi kanan. Tebing sungai secara alami terbentuk dari kumpulan sedimen yang terbawa oleh aliran sungai maupun tanah atau batuan yang berada di sekitar wilayah tersebut. Proses pembentukan tebing sungai memerlukan waktu dan erat kaitannya

dengan proses geomorfologi sungai, pelapukan maupun pengerasan bebatuan ataupun sedimentasi sepanjang wilayah sungai tersebut.

4. Rawa (*Backswaps*)

Pada wilayah sungai, bagian terendah yang biasanya terisi air pada saat musim kering dan teretak di sekitar tebing sungai atau dibelakangnya biasa disebut dengan rawa. Rawa juga biasanya terjadi di wilayah dataran rendah dengan elevasi kontur tanah yang relatif datar. Ekosistem rawa sangatlah unik, namun keberadaan rawa diperlukan terutama untuk menampung air saat banjir tiba.

5. Kipas Aluvial

Bagian dari suatu sungai yang memiliki muatan sedimen yang relatif berukuran besar dan terdistribusi dari bagian hulu sungai atau dataran tinggi hingga akhirnya bertransportasi ke wilayah hilir atau yang memiliki elevasi tanah yang lebih rendah, maka akan terjadi perubahan gradien kecepatan secara dinamis dan cukup tinggi, sehingga terjadi pengendapan dari bebatuan yang terbawa dan terbentuk seperti kipas aluvial. Wilayah ini biasanya terdiri dari percampuran sedimen berupa pasir maupun lempung.

6. Pelataran Sungai

Pelataran sungai bagian sungai yang berproses secara morfologi dan sering terjadi di sungai seperti proses penyimpanan sedimen atau penumpukan sedimen, proses perpindahan sedimen, proses pergeseran posisi

sedimen dan lain sebagainya yang mempengaruhi pembentukan daerah sungai dan mempengaruhi pergerakan sedimen saat peristiwa banjir saat musim hujan tiba.

7. Sungai Teranyam (*Braided Stream*)

Peristiwa geomorfologi pada sungai sehingga bentuk sungai menjadi teranyam seringkali dinamakan sungai teranyam. Jenis sungai ini biasanya memiliki kemiringan sungai yang rendah dengan alur yang relatif dangkal dan luas. Sungai teranyam terbentuk melewati suatu proses erosi secara berkesinambungan dan termasuk di dalamnya peristiwa pelapukan dan pengendapan pada alur sungai sehingga menjadi teranyam. Beberapa bagian yang memiliki penumpukan sedimen dapat juga dikatakan pulau sungai. Pulau sungai inilah yang pada akhirnya memiliki suatu habitat tersendiri dan sangat berharga keberadaannya di badan sungai terutama yang terkait dengan unsur ekologi dalam suatu ekosistem sungai.

8. Sungai *Meander*

Sungai tipe berkelok adalah sungai yang terbentuk sebagai akibat dari pengikisan tebing atau dinding sungai dengan tingkat kelokan yang berbeda-beda atau beragam. Belokan pada sungai bisa terjadi sebagai akibat dari kecepatan aliran yang berbenturan langsung dengan tebing sungai sehingga akhirnya membuat suatu kelokan sungai.

9. Delta

Bagian akhir atau hilir dari suatu wilayah sungai biasanya terjadi penumpukan sedimen terutama pada daerah *base level* biasa disebut dengan delta. Pada wilayah delta ini kecepatan aliran biasanya akan menjadi lambat oleh karena itu terjadilah pengendapan sedimen yang terbawa oleh air sungai. Material yang biasanya terbawa ini adalah sedimen yang berjenis pasir, lumpur ataupun material lain yang halus dan terbawa oleh aliran sungai.

Ekosistem sungai tidak terlepas juga dari aktivitas manusia. Pada dasarnya, keberadaan sungai selalu menjadi magnet untuk pengembangan wilayah pemukiman manusia, menyediakan air untuk minum dan bercocok tanam, maupun jenis aktivitas yang terkait transportasi air, pembangkit listrik tenaga air, maupun terkait dengan sumberdaya lainnya. Pada kenyataannya, sejumlah besar badan air atau perairan yang ada saat ini menunjukkan beberapa bukti modifikasi atau perubahan kondisi ekosistem sungai sebagai akibat dari adanya aktivitas manusia. Ekosistem sungai juga menerangkan fungsi hubungan antara biota dengan interaksi biologis di dalam sungai yang dilakukan baik secara fisik maupun kimiawi.

Pada paparan sebelumnya dijabarkan konsep dasar suatu ekosistem fluvial sungai. Selanjutnya istilah ekosistem sungai seringkali disederhanakan menjadi ekosistem sungai. Ekosistem sungai terdapat beberapa ciri khas, dimana ciri khas pada ekosistem sungai adalah

adanya aliran air yang searah sehingga memungkinkan adanya perubahan fisik dan kimiawi di dalamnya yang berlangsung secara terus menerus. Beberapa ciri kasar karakteristik utama yang dimiliki oleh ekosistem sungai antara lain:

- Dihuni oleh berbagai jenis makhluk hidup yang telah beradaptasi dalam kondisi air pada masing-masing jenis sungai.
- Perubahan secara fisik maupun kimiawi yang telah berlangsung secara terus menerus.
- Variasi-variasi kondisi fisik dan kimiawi dalam macam-macam tingkat aliran air.
- Adanya aliran air yang terus mengalir dari hulu ke hilir.

Komponen-komponen pada aliran sungai dibagi menjadi 2 jenis, yaitu komponen biotik dan abiotik. Komponen biotik adalah komponen yang terdiri dari makhluk hidup, baik tumbuhan maupun binatang. Tumbuhan yang dimaksud pada ekosistem sungai, seperti ganggang, angkung liar, lumut, enceng gondok, dan sebagainya, sedangkan binatang yang dimaksud adalah siput, remis, kerrang, keong, ular, udang, serangga, fitoplankton, zooplankton, dan organisme lainnya. Komponen abiotik adalah komponen ekosistem yang non hidup yang memiliki bentuk berbeda-beda. Meskipun merupakan benda non hidup, tetapi keberadaannya sangat berpengaruh terhadap kelangsungan komponen biotik pada ekosistem sungai. Komponen abiotik yang dimaksud adalah batuan, suhu,

cahaya matahari, kelembaban udara, dan sebagainya. Penjelasan lengkap terkait kedua komponen ini dapat dilihat pada bab-bab kemudian.

Ekosistem sungai bila ditinjau dari lokasi geomorfologinya, maka dapat diklasifikasikan menjadi beberapa zona. Pembagian zona tersebut bertujuan sebagai pembeda dalam mengklasifikasi aliran pada sungai.

- Zona aliran tenang, adalah zona yang sedikit lebih tenang, lebih dalam, dan arus sungai tidak terlalu deras. Di zona ini, kita juga akan menemukan lumpur dan endapan pada dasar sungai yang telah mengendap selama waktu yang cukup lama. Dikarenakan terdapat banyaknya lumpur dan endapaan, maka dasar sungai menjadi terasa lunak dan tidak sesuai lagi dengan bentos. Bentos merupakan hewan dan tumbuhan yang hidup di atas atau di bawah dasar laut pada wilayah yang disebut dengan zona benthik (*benthic zone*). Zona aliran tenang lebih cocok atau sesuai bagi plankton atau nekton yang mempunyai kebiasaan menggali dasar sungai.
- Zona aliran deras, adalah suatu zona dimana sungainya cenderung dangkal, dengan aliran yang sangat deras atau tinggi. Biasanya zona aliran deras berada pada hulu saluran atau pada daerah pegunungan. Aliran yang deras menjadi penyebab dimana pada saluran ini jarang terdapat lumpur

ataupun endapan-endapan. Pada zona ini, kita dapat menemukan bentos yang mempunyai kemampuan untuk melekat atau berpegang pada material dasar sungai yang bersifat padat, atau ikan yang dapat berenang dengan kuat.

Semua ekosistem pada prinsipnya memiliki fungsinya masing-masing, demikian pula dengan ekosistem sungai. Ekosistem sungai sangat bermanfaat bagi kita semua. Beberapa manfaat ekosistem sungai, antara lain:

- Berperan sebagai *bottle neck* dalam siklus hidrologi yang ada di Bumi.
- Tempat yang mudah dan murah untuk membuang limbah yang bersifat tersier.
- Sebagai tempat budidaya tanaman tertentu.
- Sumber air tawar, mencakupi segala kebutuhan manusia, seperti minum, memasak, mencuci, hingga kebutuhan untuk industri.

Ekosistem sungai juga terkait didalamnya adalah sistem siklus hidrologi, keanekaragaman dan tipe habitat, zat terlarut dan sedimen yang terbawa, dan biota. Terkait dengan siklus hidrologi, habitat maupun biota akan dipaparkan pada bab selanjutnya. Terkait dengan rantai makanan yang terjadi pada suatu ekosistem sungai, semua energi dalam bentuk bahan makanan yang tersedia untuk konsumen tidak selamanya berasal dari tanaman akuatik. Bahan makanan berbentuk organik seperti daun yang rontok dan sisa tumbuhan dan hewan lainnya dapat memasuki sungai lalu terbawa aliran sungai. Hal tersebut

merupakan sumber energi yang paling penting pada suatu aliran sungai. Sementara itu, bakteri dan jamur adalah konsumen langsung substrat organik dan dengan demikian membuat pasokan makanan menjadi kaya akan mikroba dan bergizi, termasuk biofilm baik anorganik maupun organik. Sungai biasanya menerima bahan makanan organik dari wilayah hulu sungai namun tetap tergantung dari karakteristik vegetasi dan hubungannya dengan badan sungai termasuk dataran banjir di dalam suatu wilayah Daerah Aliran Sungai (DAS).

Sementara itu, komponen rantai makanan lainnya yaitu vertebrata dari suatu ekosistem fluvial sungai, memiliki keberanekaragaman atau diversifikasi yang cukup besar dalam peran memberi makanan. Berbagai kategori vertebrata seperti algivora, detritivora, omnivora, invertivora, dan piscivora yang dapat ditemukan dan dibedakan berdasarkan lokasi pemberian makanan. Algivora adalah hewan pemakan alga, detritivora adalah organisme heterotrof yang memperoleh energi dengan cara memakan sisa-sisa makhluk hidup atau pemakan bangkai seperti cacing, bakteri pembusuk, dan jamur. Omnivora adalah hewan pemakan tumbuhan dan hewan sebagai sumber makanan. Invertivora adalah hewan pemakan jenis invertebrate, sementara piscivora adalah jenis hewan air pemakan ikan seperti misalnya udang dan sejenisnya. Pada dasarnya di suatu ekosistem fluvial sungai, berbagai jenis ikan mengkonsumsi berbagai sumber makanan yang berbeda-beda tergantung wilayahnya sebagai contoh alga adalah makanan utama sejumlah

spesies ikan yang hidup di daerah tropis. Sementara jenis ikan lainnya yang memiliki bentuk perut yang memanjang mampu mencerna detritus ataupun materi-materi daun yang terbawa aliran sungai.

C. Aliran Saluran Terbuka

Aliran yang baik pada saluran terbuka harus memiliki kecepatan yang dapat membawa fluida dari bagian hulu ke bagian hilir pada suatu Daerah Aliran Sungai (DAS). Saluran terbuka biasanya berupa sungai yang mengalir dari mata air di pegunungan sampai akhirnya ke laut pada daerah hilir DAS. Aliran pada saluran terbuka memiliki kecepatan air yang dipengaruhi oleh bentuk geomorfologi dimensi saluran yang berubah-ubah dari setiap segmennya.

D. Jenis Aliran

Berdasarkan perubahan kedalaman aliran sesuai dengan waktu dan ruang, aliran saluran terbuka dibedakan menjadi:

1. Aliran Tunak (*Steady Flow*)

Aliran dalam saluran terbuka dapat digolongkan sebagai aliran tunak apabila kedalaman aliran tidak berubah atau dapat dianggap konstan selama beberapa selang waktu.

2. Aliran Taktunak (*Unsteady Flow*)

Aliran dalam saluran terbuka dapat digolongkan sebagai aliran taktunak apabila kedalaman air dapat berubah-ubah selama selang waktu.

Aliran tunak dan taktunak ini ditinjau berdasarkan waktu yang menjadi kriterianya. Tetapi apabila ditinjau dari segi ruang aliran air dibedakan menjadi:

1. Aliran Seragam (*Uniform Flow*)

Aliran dalam saluran terbuka dikatakan seragam apabila kedalaman aliran sama pada setiap penampang saluran. Suatu aliran seragam dapat bersifat tunak atau taktunak tergantung apakah kedalamannya berubah sesuai dengan perubahan waktu atau tidak.

2. Aliran Berubah (*Varied Flow*)

Aliran dalam saluran terbuka dikatakan berubah apabila kedalaman aliran berubah di sepanjang saluran. Aliran berubah dibagi menjadi dua macam, yaitu berubah tiba-tiba (*rapidly varied*) dan berubah lambat laun (*gradually varied*). Aliran dikatakan berubah tiba-tiba bila kedalamannya mendadak berubah pada rentang waktu yang cukup singkat, sebaliknya aliran dikatakan berubah lambat laun bila kedalamannya berubah pada rentang waktu yang cukup panjang (Kodoatie,2001).

E. Wilayah Sungai

Suatu area yang memiliki satu kesatuan sistem hidrologi dan memiliki sungai sebagai saluran pembuang alaminya dapat disebut juga wilayah sungai. Wilayah sungai merupakan bagian dari Daerah Aliran Sungai (DAS) dimana makhluk hidup melakukan aktivitas di dalamnya. Wilayah sungai ini harus dijaga kondisinya agar dapat meunjang keberlanjutan dari sungai-sungai yang berada

dalam wilayah sungai tersebut. Berbagai jenis aktivitas manusia yang mempengaruhi tersebut dapat digolongkan kedalam tata guna lahan (*land-use*). Berbagai macam tata guna lahan dalam suatu wilayah sungai inilah yang harus dikendalikan agar tidak merusak kondisi sungai atau badan air lainnya.

F. Klasifikasi Sungai

Sungai pada dasarnya memiliki banyak klasifikasi tergantung dari faktor yang dijadikan penentu klasifikasi tersebut. Secara umum, sungai dapat diklasifikasikan menjadi tiga kelompok yaitu sungai besar, sungai menengah, dan sungai kecil. Klasifikasi sungai sangat membantu menentukan kondisi suatu sungai. Kondisi sungai yang baik tentunya mendukung konsep keberlanjutan sungai yang tercermin lewat variabel-variabel yang ditinjau terutama dari aspek hidraulis dan ekologis yang mempengaruhi suatu kondisi sungai.

G. Habitat Sungai

Ekosistem sungai terbentuk dan berkaitan erat dengan habitat sungai alamiahnya. Habitat sungai alamiah bila ditinjau dari berbagai sudut pandang tentunya sangatlah beragam baik dari aspek fisik, kimia maupun biologi dalam suatu sistem ekosistem sungai secara ruang dan waktunya. Dalam sungai alamiah, aliran air didominasi oleh pengaruh komunitas biologi yang terstruktur dan terbentuk dari waktu ke waktu. Dalam kondisi fluvial,

organisme yang tumbuh berkembang dalam suatu habitat sungai alamiah mengalami perubahan secara heterogen dan bersifat sementara. Selanjutnya, pengaruh organisme pada suatu segmen sungai bila ditinjau dari waktu tertentu, sebagian besar didominasi oleh pengaruh morfologi sungai dan kondisi hidraulis yang ada. Oleh karena itu, setiap spesies makhluk hidup dalam habitat sungai memiliki hubungan yang unik dan spesifik terkait dengan perbedaan karakteristik fisik habitat sungai dan hubungannya dengan kebutuhan biologisnya dalam hal bertahan hidup, seperti mencari tempat tinggal, mencari makanan, dan bereproduksi atau berkembang biak. Semakin tinggi kompleksitas struktur fisik habitat pada suatu sungai, semakin tinggi pula potensi hubungan variabel-variabel antara spesies dan habitat tersebut. Maka dari itu, suatu hal yang penting untuk dimengerti oleh para ahli keairan paradigma sungai secara utuh yang mempertimbangkan tidak hanya konsep sudut pandang geomorfologi dan proses hidraulisnya saja namun juga keberagaman dan kompleksitas struktur fisik dan ekologi habitat sungai yang berkelanjutan. Sungai alamiah biasanya terdiri dari beberapa bagian yaitu aliran dengan kedalaman membentuk kolam (*pool*) dalam suatu segmen sungai, aliran dengan kedalaman rendah dengan kecepatan tinggi (*run*), aliran dengan kedalaman rendah dan mengalir diantara bebatuan dengan sedimen (*riffle*) dan aliran dengan kedalaman rendah dan mengalir diantara bebatuan yang relatif besar (*glide*). Lebih jelasnya

akan bagian sungai alamiah ini dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2 Deskripsi habitat sungai di lapangan

(Sumber: <https://www.ausableriver.org/blog/stream-features-riffle-glide>)

Seiring dengan berjalannya waktu, kondisi habitat sungai semakin menurun dengan berbagai penyebabnya terutama faktor manusia seperti perubahan tata guna lahan di suatu DAS maupun perubahan fisik sungai yang sengaja dilakukan yang turut menyebabkan terjadinya perubahan habitat sungai. Sebagai contoh kasus yang dapat terjadi bila terdapat perubahan pada kondisi fisik suatu sungai adalah kecepatan aliran, perpindahan/transpor sedimen, penerimaan dan akumulasi unsur hara (*nutrient*) dan lain sebagainya terutama yang terkait dengan kebutuhan biologi suatu organisme. Perubahan fisik sungai ini biasanya berupa pelurusan sungai, normalisasi sungai, pelebaran sungai dan lainnya yang mengakibatkan perubahan bentuk, dimensi dan penampang sungai sebelumnya. Penjelasan terkait permasalahan perubahan tata guna lahan dan juga

urbanisasi ini misalnya pembangunan wilayah yang tadinya berupa hutan, pertanian, perkebunan atau jenis lahan terbuka lainnya berubah atau bergeser menjadi lahan kedap air seperti perumahan, gedung-gedung bertingkat, perkantoran, dan lain sebagainya yang secara otomatis mempengaruhi siklus hidrologi dengan akibat terjadinya peningkatan debit banjir puncak dan volume air larian atau runoff. Hal tersebut tentunya dapat berdampak negatif pada penurunan kondisi struktur fisik habitat sungai karena adanya peningkatan angkutan rata-rata sedimen sungai maupun faktor lainnya yang terjadi. Adanya gangguan dari aktivitas manusia ke perubahan morfologi sungai ini juga berakibat pada penurunan keragaman komunitas biologi dalam kompleksitas struktur fisik habitat pada sungai, dimana terjadi ketiadaan pemenuhan sumber makanan atau kebutuhan biologi lainnya dari beberapa spesies. Oleh karena itu, diperlukan banyak penelitian ataupun kajian terkait permasalahan lingkungan perairan secara umum seperti sungai dan hubungannya dengan faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tersebut terutama yang berujung pada penurunan dan kehilangan kompleksitas dan keragaman habitat sungai.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, kondisi sungai harus bisa direstorasi atau dikembalikan ke kondisi alamiah awalnya atau yang biasa dikenal dengan istilah naturalisasi atau restorasi sungai (*stream restoration*). Konsep pendekatan ini terdiri dari beberapa tahapan yaitu tahapan awal berupa identifikasi awal atau penilaian kondisi awal habitat sungai terkait. Tahapan berikutnya

adalah pemilihan, penentuan dan pembentukan kriteria perencanaan dalam suatu proyek restorasi sungai. Adapun hasil dari tahapan tersebut adalah klasifikasi habitat sungai sesuai dengan penilaian dari aktivitas identifikasi awal kondisi habitat sungai baik secara fisik maupun biologi termasuk morfologi fisik sungai seperti palung (*pools*), jeram (*riffles*), area perpindahan dari palung ke jeram (*glides*), area perpindahan dari jeram ke palung (*run*), dan bantaran sungai. Klasifikasi habitat sungai ini setidaknya memberikan informasi data yang diperlukan untuk menyusun kriteria perencanaan yang mempertimbangkan faktor biologi serta hubungan sebab-akibat yang terjadi dari adanya gangguan aktivitas manusia. Hubungan ekologi di dalam habitat sungai juga harus diperhatikan sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam penyusunan kriteria perencanaan dalam suatu proyek restorasi sungai melibatkan banyak aspek kriteria terutama geomorfologi, hidraulis, dan ekologi.

H. Arus Sungai

Dalam sistem sungai, arus sungai seringkali disamakan dengan aliran sungai. Kedua hal ini tentunya memiliki perbedaan walaupun sedikit saja terutama dalam hal materi dengan garis alirannya. Aliran sungai lebih bersifat umum dan sangat mempengaruhi struktur fisik sungai dan aspek hidrolis yang beroperasi pada suatu level sungai. Sementara arus sungai lebih menekankan pada materi dengan besaran kecepatan tertentu yang membentuk garis aliran. Arus sungai dapat mempengaruhi

mikrohabitat yang ada dan ditempati oleh sebagian biota sungai. Hal ini tentunya sangat penting untuk interaksi ekologi, kecepatan transfer energi, dan siklus materi tersebut. Arus sungai dapat menjadi dominan dan dapat menentukan karakterisasi variabel lainnya juga dapat mempengaruhi keberagaman ekosistem sungai. Sebagai contoh arus sungai yang memiliki kecepatan dan bergerak dalam garis aliran dapat mempengaruhi organisme bentik pada sungai adalah organisme bentik yang biasanya menempel pada suatu substrat dapat terpisah atau terkikis karena adanya perubahan arus sungai yang semakin tinggi sehingga kemampuan organisme bentik untuk mempertahankan posisinya semakin berkurang. Hal ini tentunya dapat mempengaruhi secara tidak langsung pada proses rantai makanan termasuk nutrisi dan gas terlarut di dalamnya sehingga metabolisme dan pertumbuhan organisme bentik menjadi terganggu.

Kecepatan pada arus sungai sangat bervariasi dan terjadi tidak hanya di sepanjang sungai dengan variasi hidrograf yang terjadi, tetapi juga dari satu tempat ke tempat lain dalam suatu segmen sungai pada skala habitat mikro karena gesekan lapisan, topografi, dan kekasaran lapisan karena partikel substrat yang relatif besar. Profil kecepatan aliran vertikal sangat penting untuk pertimbangan dari efek arus pada organisme karena kondisi aliran yang berada di dekat sisi aliran sungai dapat sangat berbeda dari tengah aliran sungai.

I. Substrat

Substrat adalah variabel kompleks dari suatu sistem lingkungan. Seringkali kita memikirkan substrat yang dalam persyaratan material aliran, termasuk jalan berbatu dan batu besar di aliran gunung, lumpur, dan pasir yang lebih khas pada sungai dataran rendah. Selain itu, masih ada berbagai macam substrat organik dalam jalannya suatu aliran, dari fragmen organik kecil hingga seukuran pohon tumbang, bersama dengan tanaman yang berakar, ganggang berserabut, bahkan hewan lainnya.

Pada intinya, substrat mencakup segala sesuatu yang ada di sungai, tidak mengecualikan variasi artefak dan puing-puing manusia, dan tempat organisme tinggal. Ada contoh di mana substrat relatif seragam, seperti pada dasar sungai berpasir dengan kemiringan rendah tetapi biasa itu sangat heterogen. Pengukuran terhadap partikel anorganik sangat mudah dilakukan dan disimpulkan menjadi suatu ukuran tertentu tetapi untuk pengamatan dalam mengambil nilai rata-ratanya akan sangat sulit dilakukan, misalnya pengamatan pada lumut, bebatuan, dan kayu yang terendam. Sebagai suatu perhitungan, substrat biasanya terdiri dari banyak jenis. Bahkan ketika dalam penentuan jumlah substrat tidaklah mudah, seperti memperkirakan ukuran partikel atau volume pada kayu, dan sebagainya. Penjumlahan substrat masih menjadi suatu masalah dalam pengukurannya dikarenakan baik secara vertical maupun horizontal akan selalu berubah dari waktu ke waktu sebagai suatu respon terhadap fluktuasi aliran.

J. Suhu atau Temperatur Sungai

Suhu atau temperatur sungai adalah salah satu variabel dalam lingkungan sungai yang dapat menentukan tingkat metabolisme organisme, distribusinya, dan sangat menentukan keberhasilannya dalam berinteraksi dengan spesies lainnya. Aliran suhu biasanya bervariasi pada musim dan skala waktu harian dan di antara lokasi karena iklim, luasnya vegetasi tepi sungai, dan kepentingan relatif dari input air tanah.

Untuk alasan ini, termal sangat beragam dan dapat bervariasi pada semua skala spasial dari skala mikro bercak ke gradien membujur dari hulu ke muara sungai. Aktivitas manusia bisa mengubah suhu alami dalam banyak hal, termasuk penghilangan vegetasi peningkat naungan, perubahan jalur aliran seperti peningkatan permukaan kedap air, konstruksi bendungan, dan tentu saja dengan mempengaruhi iklim.

Suhu pada aliran air biasanya sangat bervariasi. Suhu aliran bisa menjadi cukup konstan dimanapun input air tanah terjadi. Sungai yang berukuran sedang yang dialiri akuifer air tanah yang besar akan menunjukkan pemanasan musiman yang jauh lebih sedikit dan lebih dingin daripada sungai di iklim yang sama.

Suhu pada sungai yang sangat konstan juga ditemukan pada daerah tropis yang lokasinya terus menerus terpapar sinar matahari. Sungai Amazon di Brazil merupakan salah satu sungai dengan suhu termal stabil di dunia. Di sebagian besar sungai yang beriklim sedang, kisaran suhu tahunan

antara 0°C sampai dengan 25°C, tetapi pada sungai daerah gurun bisa mencapai hampir 40°C.

Perubahan suhu pada sungai mengikuti perubahan musim pada wilayahnya, terutama pada musim dingin, dimana suhu air turun sampai ke titik beku dan sungai menghangat lebih lambat di musim semi. Meskipun sering digunakan hubungan antara suhu udara dan air, radiasi matahari, bukan pemanasan konvektif air oleh udara, dikarenakan pemasukan panas utama aliran akan juga mempengaruhi suhu pada aliran dan sekitarnya.

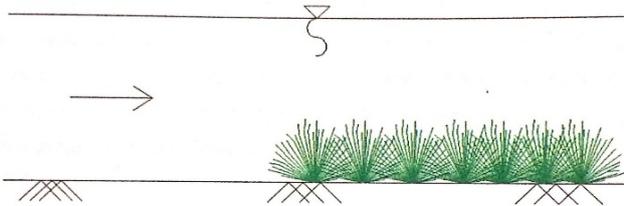
Suhu pada sungai besar tidak banyak dipengaruhi oleh bayangan, dikarenakan ukurannya yang besar dan termal inersia yang cukup besar dan hampir bisa dipastikan bahwa sungai tersebut akan sangat terpapar matahari. Pada sungai yang kecil pada daerah perhutanan, dengan terjadi penghalangan sinar matahari masuk ke perairan juga mempengaruhi suhu pada aliran tersebut.

Sebuah literatur mendokumentasikan pengaruh ada atau tidak adanya bayangan terhadap suhu pada aliran, terutama dalam konteks praktik pada aliran sungai yang dihuni oleh ikan salmonid. Suhu rata-rata pada sungai yang terletak di hutan di dunia berkisar hanya 13°C, dan pada keseharian suhu dapat meningkat sebesar 7-8°C. Pada suatu sungai pada hutan yang telah ditebang akan sangat mempengaruhi perubahannya tetapi seiring berjalannya waktu, suhu akan kembali normal dalam kurun waktu 5-10 tahun.

K. Karakteristik Vegetasi pada Sungai

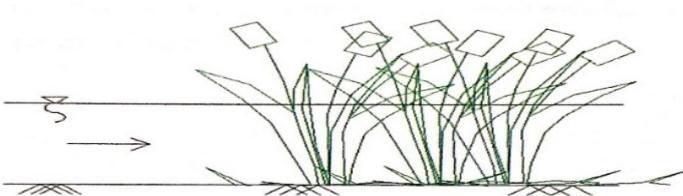
Vegetasi yang hidup atau tumbuh pada wilayah sungai dapat dibedakan menjadi 3 macam struktur, yaitu:

Vegetasi pendek, contohnya adalah rerumputan. Kondisi vegetasi pendek pada wilayah sungai dapat dilihat pada Gambar 2.3.



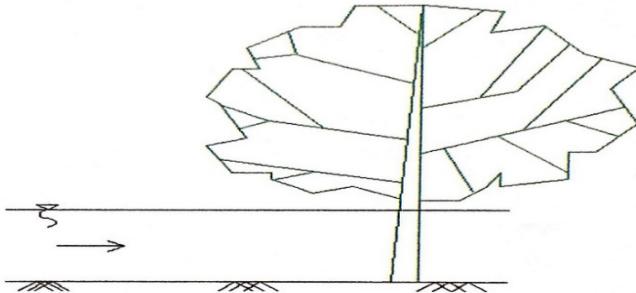
Gambar 2.3 Struktur Vegetasi Pendek di Wilayah Sungai

1. Vegetasi sedang, contohnya adalah gelagah dan ilalang. Kondisi vegetasi sedang pada wilayah sungai dapat dilihat pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4 Struktur Vegetasi Sedang di Wilayah Sungai

2. Vegetasi tinggi, contohnya adalah pepohonan. Kondisi vegetasi sedang pada wilayah sungai dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Struktur Vegetasi Tinggi di Wilayah Sungai

Untuk vegetasi pendek (rerumputan), dalam perhitungan hambatan dapat menggunakan nilai koefisien kekasaran ekuivalen (K_s) untuk menghitung besar hambatan tersebut. Untuk vegetasi yang mempunyai tinggi yang lebih dari pada tinggi muka air sungai tersebut dapat menggunakan rumus tersendiri. Besaran hambatan dengan jenis vegetasi tinggi dapat dihitung menggunakan Persamaan 2.1.

$$\lambda_p = \frac{4 \times A_p}{a_x \times a_y} C_w$$

Dengan:

$$A_p = T \times L \times N$$

Keterangan:

λ_p = Hambatan vegetasi

A_p = Luas tampang vegetasi tegak lurus aliran (m^2)

- T = Tinggi permukaan air dari puncak pulau (m)
- L = Lebar vegetasi (m)
- N = Jumlah vegetasi tegak lurus aliran
- a_x = Jarak antar elemen vegetasi searah aliran (m)
- a_y = Jarak antar elemen vegetasi tegak lurus aliran (m)
- C_w = Koefisien hambatan dari sekelompok elemen vegetasi

Besarnya nilai C_w untuk sekelompok vegetasi biasanya di antara 0,6 sampai 2,4, dan untuk pendekatan dapat diambil nilai $C_w = 1,5$ (Maryono, 2008).

BAB III PROSES AWAL

A. Debit Aliran

Debit aliran pada suatu saluran terbuka atau sungai dapat diartikan sebagai banyaknya fluida yang melewati suatu segmen sungai dengan menganalisa satuan volume per waktunya seperti m^3 per detik. Pengukuran pada suatu debit aliran saluran terbuka diterapkan untuk mengidentifikasi seberapa besar debit nyata yang mengalir pada suatu badan air atau sungai dalam konteks perencanaan manajemen sumberdaya air. Pengukuran debit aliran ini bisa dilaksanakan minimal dengan dua metode pengukuran yaitu metode pengukuran tidak langsung (*non-direct method*) dan metode pengukuran langsung (*direct method*). Metode pengukuran secara langsung biasanya membutuhkan alat bantu pengukuran seperti alat ukur kecepatan aliran (*current meter*), pelampung, zat warna, dan lain sebagainya. Dengan menggunakan metode langsung ini, debit aliran dapat langsung diketahui nilainya untuk digunakan pada perhitungan analisa lanjutan. Sementara itu, metode pengukuran debit aliran tidak langsung seringkali menggunakan rumus-rumus empiris hidraulis. Penggunaan rumus-rumus empiris hidraulis ini membutuhkan nilai dari beberapa parameter hidraulis yang diketahui atau didapat pada saluran terbuka

ataupun sungai yang ditinjau. Besarnya debit aliran secara luas biasanya ditentukan oleh luas penampang air dan kecepatan aliran, yang dapat dinyatakan pada persamaan sebagai berikut:

$$Q = A \times U \quad (3.1)$$

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/s)

A = luas penampang saluran (m^2)

U = kecepatan rata-rata aliran (m/s)

Metode Pengukuran Debit Aliran Secara Langsung

Jumlah fluida atau volume air yang lewat dalam bentuk aliran tiap waktunya atau yang biasa disebut dengan nama debit aliran, sangat bergantung pada variabel kecepatan aliran itu sendiri dan luas penampang aliran yang ditinjau dari potongan melintang suatu segmen sungai. Metode pengukuran pada kecepatan aliran maupun dan penampang melintang saluran terbuka sering dipakai sebagai metode pendekatan dalam mencari nilai debit aliran suatu saluran terbuka. Metode pendekatan ini merupakan salah satu metode umum yang sering digunakan dalam mencari nilai debit aliran.

Pengukuran luas penampang aliran dapat dilakukan dengan mengukur tinggi dan lebar dasar saluran. Dalam mendapatkan hasil yang lebih baik, pengukuran dapat dilakukan menjadi beberapa titik sepanjang aliran. Adapun

beberapa pengukuran yang dapat dilakukan secara langsung seperti berikut.

1. *Floating method* (metode apung)

Pengukuran ini dilakukan pada bagian sungai atau saluran yang lurus dengan perubahan lebar sungai yang kecil. Pada metode ini biasanya digunakan 3 pelampung. Pelampung-pelampung tersebut akan dihubungkan dengan sebuah garis. Cara kerja metode ini adalah dengan menempatkan benda yang mengapung dari jarak tertentu. Ketika benda tersebut bergerak dari titik ke titik lainnya maka kecepatan rata-rata dapat diperoleh. Kecepatan dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$Q = s/t \quad (3.2)$$

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/s)

s = jarak

t = waktu

2. *Current meter*

Current meter merupakan alat untuk mengukur kecepatan aliran pada suatu saluran terbuka atau sungai. Alat ini terhubung dengan mesin pencatat (alat yang mencatat jumlah putaran pada *propeller*). Baling-baling (*propeller*) akan berputar saat aliran melewatinya. Jumlah putaran pada *propeller* akan menentukan kecepatan aliran. Adapun jenis-jenis baling-baling (*propeller*) sebagai berikut:

- a. *Propeller 1-147068* dengan diameter 50 mm dan *pitch* 0,05.
- b. *Propeller 2-141579* dengan diameter 50 mm dan *pitch* 0,10.
- c. *Propeller 6-144981* dengan diameter 30 mm dan *pitch* 0,10.

Hasil penelitian yang diberikan pada buku ini akan menggunakan *Propeller 1-147068*. Kecepatan aliran pada alat ini dapat dihitung dengan rumus-rumus sebagai berikut:

$$n \leq 3,06 \quad v = 0,0607 * n + 0,020 \quad (3.3)$$

$$3,06 \leq n \leq 9,60 \quad v = 0,0558 * n + 0,035 \quad (3.4)$$

$$9,60 \leq n \leq 17,65 \quad v = 0,0533 * n + 0,059 \quad (3.5)$$

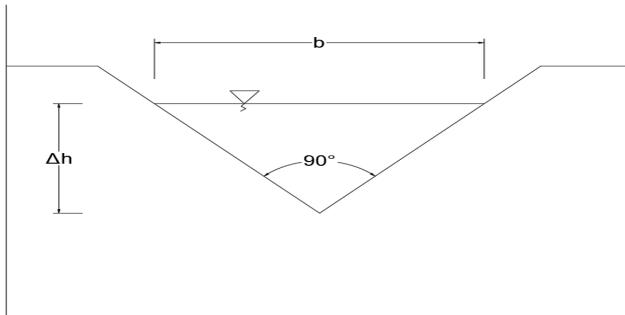
Dimana:

n = jumlah putaran/durasi pengukuran

3. Bangunan pengukur debit aliran

Pada saluran terbuka umumnya pengukuran debit dilakukan dengan bantuan bangunan ukur. Bangunan ini berfungsi untuk mengukur volume air persatuan waktu. Adapun jenis bangunan yang sering digunakan dalam pengukuran debit seperti bangunan ukur tipe Cipoletti, Romijn, Crump de Gruyter, pintu tonjol, pintu sorong dan lain sebagainya. Dalam penelitian ini digunakan bangunan ukur ambang tajam yaitu Thompson. Alat ukur ini berbentuk segitiga terbalik dengan sudut 90°, seperti terlihat pada Gambar 3.1.

Alat ukur Thompson dapat digunakan pada debit aliran yang relatif kecil. Perhitungan debit dengan alat ini dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan 3.6.



Gambar 3.1. Alat Ukur Thompson

$$Q = 1,39 \Delta h^{5/2} \quad (3.6)$$

Dimana:

Q = debit aliran (m^3/s)

Δh = perbedaan tinggi muka air (m)

Metode Pengukuran Debit Aliran Secara Tidak Langsung

Metode pengukuran debit aliran secara tidak langsung pada suatu segmen sungai maupun saluran terbuka dapat dilakukan dengan beberapa cara seperti mengukur luas penampang saluran atau sungai sedangkan kecepatan aliran dihitung secara analitis. Adapun cara lain seperti

menghitung debit menggunakan bantuan bangunan air, curah hujan, dan menggunakan rumus-rumus empiris.

Pengukuran tidak langsung umumnya dipakai saat jika pengukuran secara langsung tidak dimungkinkan. Pengukuran ini memerlukan beberapa data yang didapat dari hasil pengamatan. Penentuan debit sungai yang dihitung secara analitis, dan dapat dilakukan dengan beberapa metode analisis hidrologi seperti metode empiris, rasional, dan matematik.

Data-data yang akan dikumpulkan adalah data primer yang dihasilkan dari hasil percobaan dengan menjalankan beberapa skenario. Disamping itu, akan dilakukan juga beberapa pengujian awal untuk menghasilkan data pendukung yang diperlukan. Skenario simulasi yang direncanakan pada penelitian ini, yaitu penempatan posisi vegetasi dengan formasi tertentu menggunakan debit maksimum.

B. Proses Pengujian Lengkung Debit dan Kecepatan Aliran

Pengujian Lengkung Debit

Pengujian yang pertama dilakukan adalah pengujian lengkung debit. Pengujian dilakukan pada saluran terbuka. Tujuan pengujian lengkung debit ini untuk mendapatkan debit maksimum dari saluran terbuka tersebut, debit maksimum tersebut selanjutnya digunakan untuk mendapatkan debit rencana yang akan digunakan untuk proses simulasi berikutnya. Langkah-langkah untuk

melakukan pengujian lengkung debit dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Langkah awal dalam melakukan pengujian lengkung debit adalah menyiapkan alat tulis dan kertas untuk mencatat setiap pembacaan meteran taraf dimulai dari debit maksimum sampai debit yang terkecil.
2. Nyalakan air dan buka pintu ukur dengan bukaan penuh, hal ini untuk mengetahui tinggi muka air pada pintu Thomson dengan membaca meteran taraf yang selanjutnya digunakan untuk perhitungan debit maksimum.
3. Apabila air sudah dalam kondisi konstan maka dapat dilakukan pembacaan meteran taraf. Lalu catat bacaan dari meteran taraf tersebut pada kertas yang sudah disiapkan sebelumnya.
4. Setelah itu lakukan pemutaran setelan pintu ke bukaan pintu ukur yang lebih kecil, lakukan secara bertahap bukaan pintu ukur tersebut.
5. Lakukan langkah 3 dan 4 hingga bukaan pintu ukur sampai ke bukaan terkecil. Bukaan pintu ukur dilakukan bertahap hingga ke bukaan pintu ukur yang lebih kecil secara bertahap agar didapatkan kurva lengkung debit yang baik. Hal yang perlu diperhatikan yaitu pembacaan meteran taraf dilakukan pada saat kondisi air sudah konstan.

Data Lengkung Debit

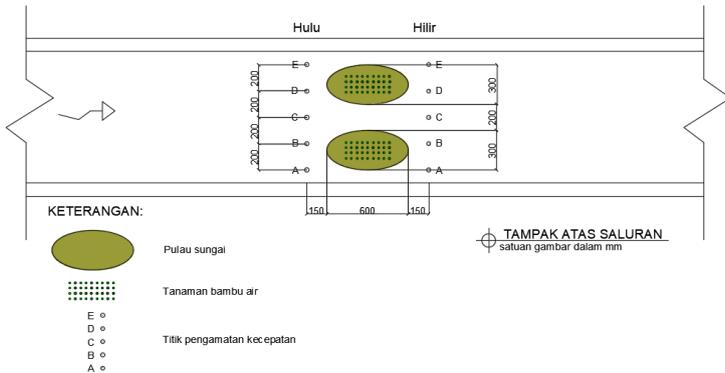
Data hasil pengamatan debit aliran dapat dilihat pada Tabel 3.1.

Tabel 3.1 Data Hasil Bacaan Alat Ukur Thompson

No.	Elevasi Bacaan Meteran Taraf Pintu Thompson	Δh
1	32,27	21,54
2	31,65	20,92
3	31,27	20,54
4	29,85	19,12
5	29,29	18,56
6	28,41	17,68
7	27,69	16,96
8	26,64	15,91
9	26,05	15,32
10	25,15	14,42
11	23,81	13,08
12	22,65	11,92
13	21,72	10,99

Pengukuran Kecepatan

Dalam melaksanakan penelitian ini, pengukuran kecepatan dilakukan di 5 titik melintang saluran. Titik pengukuran kecepatan dapat dilihat pada gambar berikut.



Gambar 3.1 Lokasi Pengukuran Kecepatan Aliran

Untuk posisi di depan dan di belakang vegetasi diukur pada 1 titik kedalaman yaitu pada kedalaman 0,6h di mana h adalah tinggi muka air dari dasar saluran. Jarak antara posisi terluar pulau sungai dan alat pengukur kecepatan (*current meter*) yaitu sejarak 15cm. Tujuan dari pengukuran ini adalah untuk menganalisis kecepatan aliran pada saat di depan vegetasi dan di belakang vegetasi.

Langkah-langkah untuk melakukan pengujian kecepatan aliran, dapat dilakukan sebagai berikut:

1. Ratakan permukaan tanah dasar sepanjang saluran.
2. Masukkan sedimen yang dipakai dan bentuk pulau sungai dengan dimensi panjang 60cm, lebar 30cm, dan tinggi 8cm dengan bentuk lonjong.
3. Apabila pulau sungai sudah terbentuk, masukkan/tanam vegetasi bambu air pada pulau sungai sesuai dengan pola tanam formasi yang direncanakan.

4. Setelah penempatan vegetasi selesai, nyalakan air dengan debit yang telah direncanakan. Debit yang digunakan pada penelitian ini menggunakan debit maksimum.
5. Lakukan pengukuran kedalaman air di depan vegetasi dan di belakang vegetasi pada pulau sungai.
6. Lakukan pengukuran kecepatan menggunakan alat *current meter* dan dalam penelitian ini baling-baling *propeller* yang digunakan adalah nomor 1-147068. Pengukuran kecepatan dilakukan di titik A,B,C,D, dan E di depan dan belakang vegetasi.
7. Catat banyaknya putaran yang terjadi selama 30 detik pada masing-masing titik pengamatan, dengan membaca pada alat yang berbentuk kotak berwarna merah.
8. Tahapan terakhir adalah membaca meteran taraf *Thompson* di hulu sungai setelah masing-masing skenario selesai dilakukan.

Data Putaran Baling-baling Propeller

Data hasil pengamatan putaran baling-baling *propeller* untuk pola tanam formasi 1 dapat dilihat pada Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Banyaknya Putaran Baling-baling Propeller untuk Formasi 1

Titik	Posisi			
	Hulu		Hilir	
A	88	85	130	131
B	73	77	3	5
C	84	85	131	128
D	79	78	34	29
E	75	76	122	122

Data hasil pengamatan putaran baling-baling *propeller* untuk pola tanam formasi 2 dapat dilihat pada Tabel 3.3.

Tabel 3.3 Data Banyaknya Putaran Baling-baling Propeller untuk Formasi 2

Titik	Posisi			
	Hulu		Hilir	
A	82	81	112	112
B	72	72	6	11
C	81	82	113	114
D	75	70	48	45
E	71	73	109	111

BAB IV

HUBUNGAN VARIABEL HIDRAULIS DENGAN KECEPATAN ALIRAN

A. Sedimen Dasar

Analisis saringan pada sedimen dasar bertujuan untuk menentukan distribusi atau gradasi dari sedimen dasar yang dipakai. Analisa saringan yang dilakukan menggunakan saringan No.4, 8, 16, 50, 100, 200. Berat agregat yang digunakan pada analisa saringan ini adalah 1000 gram. Setelah dilakukan analisa saringan maka perlu dilihat selisih antara sedimen sebelum dan sesudah proses saringan. Menurut *ASTM C136* perbedaan selisih tidak boleh lebih besar dari 5%. Dari hasil analisis saringan didapatkan selisih sebesar 0.32%. Adapun hasil analisis saringan seperti pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Analisis Saringan Sedimen Dasar

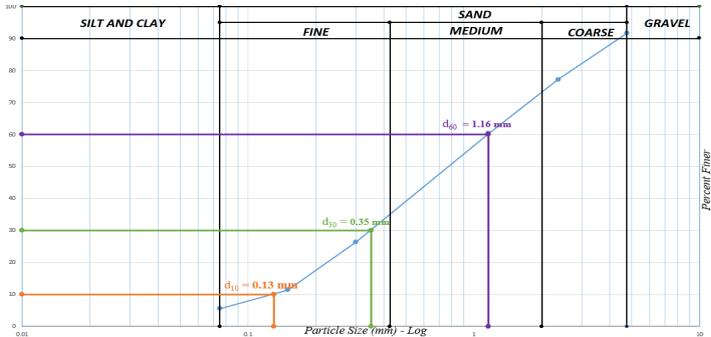
No. Saringan	Berat	Jumlah Berat	% Tertahan	% Tertahan	% Lolos
	Tertahan	Tertahan		Kumulatif	
No. 4	83	455	8	8	91.63
No. 8	144	498	14	23	77.15
No. 16	168	538.5	17	40	60.28
No. 50	349	724.9	35	75	25.25

No. Saringan	Berat	Jumlah Berat	% Tertahan	% Tertahan	% Lolos
	Tertahan	Tertahan		Kumulatif	
No. 100	169	524.7	17	92	8.31
No. 200	37	383.9	4	95	4.55
Pan	45	181.6	5	100	0.00
\sum Berat Tertahan	996.80				

Contoh perhitungan analisis agregat:

1. Berat tertahan = Berat saringan dan benda uji – Berat saringan
= 455 – 372 = 83 gram
2. Jumlah berat tertahan = $\sum_i^i \text{Berat Tertahan}$
= 455 gram
3. %Tertahan kumulatif = $\frac{\text{Jumlah berat tertahan}}{\text{Total berat benda uji}}$
= 8 %
4. %Lolos kumulatif = 100% - %Tertahan kumulatif
= 100 – 8 = 91.63 %

Dari hasil pengujian tersebut dapat digambarkan grafik semilog hubungan antara ukuran butir dan persen lolos yang dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4.1 Distribusi Sedimen Dasar

Pada Gambar 4.1 didapatkan nilai d_{10} sebesar 0.13 mm, d_{30} sebesar 0.35 mm, d_{50} sebesar 0.75 mm, dan d_{60} sebesar 1.16 mm. Selanjutnya dihitung nilai Cu dan Cc dengan menggunakan persamaan sebagai berikut.

$$Cu = d_{60}/d_{10} = 1.16/0.13 = 8.9$$

$$Cc = d_{30}^2/(d_{10} * d_{60}) = 0.35^2/(0.13 \times 1.16) = 0.81$$

Didapatkan nilai Cu sebesar 8.9, dan Cc sebesar 0.81. Selanjutnya dilakukan pengklasifikasian tanah dengan menggunakan metode *USCS* yang terdapat pada Gambar 2.15. Pengklasifikasian dimulai dari melihat jumlah pasir yang lolos saringan 200. Pada hasil penelitian didapat jumlah pasir yang lolos saringan 200 adalah 4.55% sehingga termasuk dalam *clean sands*. Selanjutnya bandingkan Cu dan Cc dengan persyaratan yang ada sehingga didapat tanah termasuk *SP*. Tanah mengandung batu sebanyak 8% sehingga tanah diklasifikasikan sebagai *poorly graded sand* atau pasir bergradasi buruk.

B. Lengkung Debit

Dalam pengujian lengkung debit pada saluran terbuka, dimulai dari bukaan keran air maksimum di mana bukaan keran maksimum didapatkan debit air maksimum yang dapat dialirkan pada saluran terbuka tersebut. Selanjutnya dilakukan pembacaan meteran taraf pada pintu *Thompson* untuk mengetahui besaran debit yang mengalir pada saluran terbuka. Setelah itu dilakukan bukaan keran ke bukaan yang lebih kecil, bertujuan untuk mendapatkan kurva lengkung debit yang baik. Data hasil pengujian lengkung debit dapat dilihat pada Tabel 4.1. Contoh perhitungan dapat dilihat sebagai berikut:

1. Perhitungan beda elevasi (Δh)

Diketahui: Elevasi dasar pintu *Thompson* = 10,73cm

$$\Delta h = \text{Elevasi Bacaan Meteran Taraf Pintu } Thompson - \text{Elevasi dasar pintu } Thompson$$

$$= 32,27 - 10,73$$

$$= 21,54 \text{ cm}$$

2. Perhitungan Debit [Q]

Diketahui: Sudut ambang tajam = 90°

$$\text{Beda Elevasi} = 21,54 \text{ cm}$$

$$= 0,2154 \text{ m}$$

$$Q = 1,39 \tan\left(\frac{1}{2}\alpha\right)(\Delta h)^{\frac{5}{2}}$$

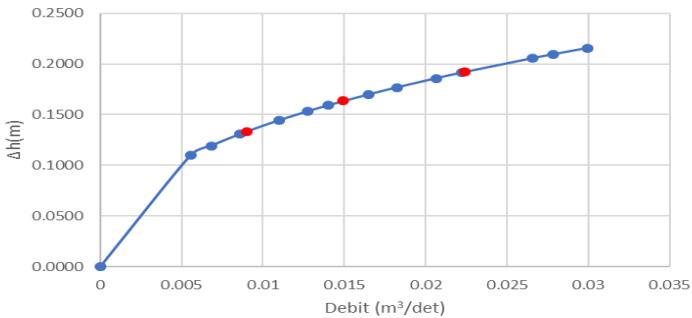
$$Q = 1,39 \tan\left(\frac{1}{2}90^\circ\right)(0,2154)^{\frac{5}{2}}$$

$$Q = 0,0299 \approx 0,030 \text{ m}^3/\text{detik}$$

Tabel 4.2 Data Hasil Pengujian Lengkung Debit

No	Elevasi Bacaan Meteran Tarah Pintu <i>Thompson</i> (cm)	Δh (cm)	Debit [Q] (m ³ /det)
1	32,26	21,53	0,030
2	31,64	20,91	0,028
3	31,28	20,55	0,027
4	29,84	19,11	0,022
5	29,28	18,55	0,021
6	28,42	17,69	0,018
7	27,67	16,95	0,016
8	26,63	15,92	0,014
9	26,06	15,31	0,013
10	25,13	14,41	0,011
11	23,82	13,07	0,009
12	22,64	11,91	0,007
13	21,73	10,98	0,006

Setelah dilakukan perhitungan untuk semua dat kemudian dibuat kurva lengkung debit, dengan sumbu x merupakan nilai beda elevasi (Δh) dan sumbu y merupakan nilai debit (Q). Lalu ditarik garis ke samping untuk mendapatkan nilai beda elevasi (Δh) yang selanjutnya digunakan untuk menentukan bukaan pintu ukur pada saluran. Kurva lengkung debit dapat dilihat pada Gambar 4.2.



Gambar 4.2 Kurva Lengkung Debit

C. Hubungan Formasi Vegetasi Pulau Sungai dan Kecepatan Aliran

Pada penelitian ini membahas pengaruh yang diberikan dari formasi vegetasi terhadap kecepatan aliran pada saluran terbuka. Pengukuran/pengamatan kecepatan dilakukan di 2 titik, yaitu sebanyak 1 titik di depan vegetasi dan 1 titik di belakang vegetasi dengan kedalaman 0,6h. Lalu setelah dilakukan pengamatan kecepatan pada masing-masing titik, dilakukan perata-rataan sehingga didapat banyaknya putaran per detik pada masing-masing titik dan masing-masing debit. Data hasil perata-rataan putaran baling-baling *propeller* dapat dilihat pada Tabel 4.3 sampai Tabel 4.4.

Tabel 4.3 Banyaknya Putaran Baling-baling Propeller per Detik pada Debit maksimum untuk Formasi 1

Titik	Posisi	
	Hulu	Hilir
A	2,88	4,35
B	2,50	0,13
C	2,82	4,32
D	2,62	1,05
E	2,52	4,07

Tabel 4.4 Banyaknya Putaran Baling-baling Propeller per Detik pada Debit maksimum untuk Formasi 2

Titik	Posisi	
	Hulu	Hilir
A	2,75	3,77
B	2,43	0,28
C	2,72	3,78
D	2,45	1,57
E	2,37	3,63

Setelah mendapatkan data banyaknya putaran per waktu rata-rata, langkah selanjutnya adalah membuat perhitungan kecepatan pada masing-masing titik. Karena menggunakan jenis baling-baling *propeller* 1-147068 dengan nilai N kurang dari 3,06 maka rumus kecepatan yang digunakan adalah Persamaan 3.3. Hasil perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.5 dan Tabel 4.6.

Tabel 4.5 Kecepatan Pada Masing-masing Titik Pada Formasi 1 dengan Debit Maksimum

Kecepatan (m/detik)		
Posisi		
Titik	Hulu	Hilir
A	0,195	0,284
B	0.172	0.028
C	0.191	0.282
D	0.179	0.084
E	0.173	0.267

Tabel 4.6 Kecepatan Pada Masing-masing Titik Pada Formasi 2 Dengan Debit Maksimum

Kecepatan (m/detik)		
Posisi		
Titik	Hulu	Hilir
A	0,187	0,249
B	0,168	0,037
C	0,185	0,250
D	0,169	0,115
E	0,164	0,241

D. Nilai Resistensi akibat Formasi Vegetasi

Besar resistensi/hambatan yang diberikan vegetasi terhadap kecepatan aliran pada saluran terbuka dapat dihitung dengan menggunakan rumus pada Bab 2. Contoh perhitungan sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui: } T &= 4 \text{ cm} \\
 L &= 0,6 \text{ cm} \\
 N &= 8 \\
 a_x &= 4 \text{ cm} \\
 a_y &= 4 \text{ cm} \\
 C_w &= 1,5 \\
 \text{Luas tampang vegetasi } (A_p) &= T \times L \times N \\
 &= (4 \times 0,6) \times 8 \\
 &= 19,2 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai resistensi pada vegetasi } (\lambda_p) &= \frac{4 \times A_p}{a_x \times a_y} \times C_w \\
 &= \frac{4 \times 19,2}{4 \times 4} \times 1,5 \\
 &= 7,20
 \end{aligned}$$

Contoh perhitungan untuk formasi 2:

$$\begin{aligned}
 \text{Diketahui: } T &= 4 \text{ cm} \\
 L &= 0,6 \text{ cm} \\
 N &= 4 \\
 a_x &= 4 \text{ cm} \\
 a_y &= 12 \text{ cm} \\
 C_w &= 1,5
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Luas tampang vegetasi } (A_p) &= T \times L \times N \\
 &= (4 \times 0,6) \times 4 \\
 &= 9,6 \text{ cm}^2
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Nilai resistensi pada vegetasi } (\lambda_p) &= \frac{4 \times A_p}{a_x \times a_y} \times C_w \\
 &= \frac{4 \times 9,6}{4 \times 12} \times 1,5 \\
 &= 1,20
 \end{aligned}$$

Berdasarkan analisis nilai resistensi vegetasi (λ_p) pada formasi 1 yang lebih tinggi yaitu sebesar 7,20, sedangkan pada formasi 2 menghasilkan nilai resistensi sebesar 1,20. Pada formasi 1 menghasilkan nilai (λ_p) yang lebih besar dipengaruhi jumlah vegetasi tegak lurus aliran (n) dan jarak antar vegetasi (a_y) yang lebih besar. Pada formasi 1 jumlah vegetasi yang tegak lurus dengan aliran air berjumlah 8 dan pada formasi 2 nilai (n) berjumlah 4, lalu jarak antar elemen (a_y) vegetasi tegak lurus aliran pada formasi 1 sejarak 4cm dan pada formasi 2 sejarak 12cm. Meskipun nilai (n) untuk formasi 1 dua kali lebih besar dibandingkan dengan formasi 2, namun nilai besaran hambatan vegetasi (λ_p) pada formasi 1 justru lebih dari dua kali lipat lebih besar dibandingkan dengan formasi 2.

BAB V PENUTUP

Secara umum beberapa kesimpulan dari buku ini adalah sebagai berikut:

1. Pulau sungai adalah salah satu dari elemen dalam sungai yang mempengaruhi fungsi hidraulis dan ekologis suatu sungai.
2. Pulau sungai dalam suatu sungai atau saluran terbuka yang bersifat alamiah masih sangat dipengaruhi oleh nilai kekasaran aliran atau resistensi yang terjadi sebagai akibat dari variabel jenis vegetasi yang mempengaruhinya.
3. Besarnya nilai resistensi aliran pada suatu segmen sungai yang memiliki pulau sungai dipengaruhi oleh kecepatan aliran yang mengalir pada pulau sungai tersebut.
4. Semakin tinggi nilai kerapatan vegetasi pada suatu pulau sungai maka semakin tinggi pula nilai resistensi aliran yang terjadi pada segmen sungai tersebut dengan kondisi debit aliran yang mengalir bersifat konstan atau menerus.
5. Keberadaan vegetasi pada pulau sungai menjadi penting dengan distribusi atau formasi yang dapat direncanakan agar dapat meningkatkan nilai resistensi aliran yang terjadi.

DAFTAR PUSTAKA

- Asdak, C. 2014. Hidrologi dan Pengolahan Daerah Aliran Sungai. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Chow V.T., 1992. Hidrolika Saluran Terbuka (Open Channel Hydraulics) Terjemahan, Erlangga : Jakarta.
- Kodoatie, R.J., 2001, *Hidrolika Terapan Aliran Pada Saluran Terbuka dan Pipa*, ANDI Yogyakarta, Semarang.
- Maryono, A., 2008, *Eko-Hidrolika Pengelolaan Sungai Ramah Lingkungan*, Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Triatmodjo, B., 2003, *Hidrolika II*, Beta Offset, Yogyakarta.

DOKUMENTASI



Gambar L.1.1 Proses Penanaman Vegetasi pada Pulau Sungai



Gambar L.1.2 Kondisi Vegetasi Formasi 1 Setelah Tertanam pada Pulau Sungai



Gambar L.1.3 Tampak Belakang Setelah Vegetasi Tertanam pada Pulau Sungai



Gambar L.1.4 Mengukur Diameter Vegetasi



Gambar L.1.5 Mengukur dan Memastikan Jarak Antar Vegetasi Sudah Sesuai dengan Rencana



Gambar L.1.6 Keadaan Saat Air Dialirkan



Gambar L.1.7 Tampak Atas Pola Formasi Tanam 2



Gambar L.1.8 Tampak Depan Pola Formasi Tanam 2

KEBERADAAN VEGETASI PULAU SUNGAI TERHADAP KECEPATAN ALIRAN PADA SALURAN TERBUKA

Vegetasi pulau sungai, seperti semak belukar, rumput, dan tanaman lainnya yang tumbuh di sepanjang tepi sungai atau di pulau-pulau pasir di tengah aliran sungai, dapat mempengaruhi kecepatan aliran pada saluran terbuka. Buku ini sangat bermanfaat untuk memahami dampak vegetasi pulau sungai terhadap kecepatan aliran pada saat merencanakan manajemen sungai, konservasi habitat sungai, dan mitigasi banjir. Studi hidraulis vegetasi pulau sungai dapat membantu dalam merancang sistem manajemen sungai yang berkelanjutan dan mempertimbangkan peran penting vegetasi dalam ekosistem sungai.



✉ zahirpublishing@gmail.com

🌐 www.zahirpublishing.net

ISBN 978-623-466-390-7



9 786234 663907