

BABI

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Air adalah sumber daya alam yang penting bagi semua makhluk hidup. Sebagai kebutuhan utama dalam kehidupan sehari-hari, air berperan terutama untuk keperluan rumah tangga. Selain itu, dalam sektor industri, air dimanfaatkan baik sebagai bahan baku maupun sebagai media pendukung proses produksi.

Air juga memiliki peran penting dalam bidang pertanian dan perikanan, serta berbagai aspek kehidupan lainnya yang bergantung pada ketersediaan air. Namun, kenyataannya, tidak semua sumber air baku layak digunakan, terutama untuk kebutuhan sehari-hari. Hal ini disebabkan oleh banyaknya sumber air yang belum memenuhi standar fisik, kimia, atau biologi yang telah ditetapkan. Contohnya, air dengan kadar salinitas tinggi atau air asin. Kondisi ini umumnya terjadi pada sungai yang terhubung langsung dengan laut melalui muara atau estuari.

Muara sungai merupakan bagian hilir sungai yang terhubung dengan laut. Permasalahan di wilayah ini dapat dilihat pada area mulut sungai (river mouth) dan estuari. Mulut sungai adalah bagian paling ujung dari muara yang langsung berbatasan dengan laut, sedangkan estuari adalah bagian sungai yang dipengaruhi oleh pergerakan pasang surut air laut. Pasang surut yang terjadi di estuari dapat memengaruhi ketinggian muka air, baik saat pasang maupun surut. Sirkulasi air di wilayah ini dipengaruhi oleh pertemuan aliran air tawar dari sungai dan air asin yang berasal dari laut. Masuknya air laut ke dalam estuari dikenal sebagai intrusi air laut atau intrusi air asin. Fenomena ini dapat meningkatkan kadar salinitas pada air sungai, sehingga air menjadi asin. Memahami intrusi air asin sangat penting untuk menganalisis dinamika sedimen di estuari dan menentukan lokasi yang tepat untuk bangunan pengambilan air (*intake*). (Triatmodjo, 1999)

Debit sungai dan pergantian musim merupakan parameter penting yang memengaruhi sirkulasi di estuari. Debit sungai dipengaruhi oleh karakteristik hidrologi serta wilayah daerah aliran sungainya. Secara umum, debit sungai biasanya lebih kecil dibandingkan dengan debit akibat pengaruh pasang surut. Pengaruh debit aliran ini cenderung lebih dominan di bagian hulu estuari daripada di bagian hilirnya. (Triatmojo, 1999)

Gelombang pasang surut yang menjalar dari laut ke estuari bergerak berlawanan arah dengan aliran debit sungai yang mengalir menuju laut. Perbedaan densitas antara air asin dan air tawar menyebabkan terjadinya proses pencampuran di antara keduanya. Tingkat pencampuran ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, seperti geometri estuari, pasang surut, debit sungai, perbedaan densitas antara air tawar dan air asin, angin, serta efek Coriolis. Efek Coriolis sendiri terjadi akibat rotasi bumi. (Triatmodjo, 1999).

Perbedaan salinitas di wilayah estuari menyebabkan pergerakan massa air. Karena air asin memiliki massa jenis yang lebih besar dibandingkan air tawar, air asin di lapisan dasar muara mendorong air tawar ke arah laut. Interaksi pergerakan antara massa air asin dan air tawar ini menghasilkan stratifikasi, yang menjadi dasar pembentukan berbagai tipe estuari.

Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengkaji pengaruh pasang surut terhadap penempatan *intake* air baku di Sungai Maro kabupaten Merauke dan menganalisa laju intrusi asin yang mempengaruhi kualitas air dari *intake* tersebut.

Sungai Maro, yang berada di Kabupaten Merauke, Papua, Indonesia, memiliki panjang total sekitar 207 km dan lebar bervariasi antara 48 hingga 900,1 meter.

Dari uraian di atas, peneliti akan melakukan uji terhadap Sungai Maro dengan mengambil 5 titik uji, mulai dari hilir ke hulu yakni; yang pertama terletak di Pelabuhan Perikanan Distrik Merauke, yang kedua terletak di Kampung Semangga 2 Distrik Semangga, yang ke tiga terletak di Kampung Bersehati/Erom Distrik Tanah Miring dan yang keempat di Kampung Mimi Baru Distrik Jagebob.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, untuk memfokuskan pelaksanaan penelitian, rumusan masalah dapat disusun sebagai berikut.:

1. Bagaimana keseimbangan air antara ketersediaan dan kebutuhan air untuk irigasi dan air baku.
2. Seberapa besar pengaruh pasang surut dan laju intrusi air asin Sungai Maro di lokasi *intake*.
3. Apakah selama ini pengaruh pasang surut terhadap *intake* memberikan dampak kualitas air baku di kawasan tersebut.

1.3. Tujuan Penelitian

1. Menganalisis keseimbangan air antara ketersediaan dan kebutuhan air untuk irigasi dan air baku.
2. Menganalisis pengaruh pasang surut terhadap penempatan *intake*.
3. Menganalisis lokasi *intake* yang paling efektif terhadap ketersediaan dan kualitas air (salinitas).

1.4. Batasan Masalah

Penelitian ini membahas beberapa batasan masalah guna memperoleh pemahaman yang lebih mendalam, di antaranya adalah:

1. Lokasi penelitian di sungai Maro, Kabupaten Merauke dengan 5 titik uji yaitu :
 - a. Pelabuhan Perikanan Distrik Merauke (WL 01)
 - b. Kampung Semangga 2 Distrik Semangga (CSM 01)
 - c. Kampung Sermayam Indah Distrik Tanah Miring (WL 02)

- d. Kampung Bersehati Distrik Tanah Miring (CSM 02)
 - e. Kampung Mimi Baru Distrik Jagebob (WL 03)
2. Pengambilan data berdasarkan pengamatan langsung di lapangan yaitu dengan melakukan pengukuran tinggi muka air di setiap titik pada saat terjadi pasang dan surut serta mengambil sample air untuk mengetahui tingkat salinitas di wilayah tersebut.
 3. Penelitian dilakukan pada titik 1 jarak 4.01 km dari muara, titik 2 jarak 37,23 km dari muara, titik 3 jarak 78,77 km dari muara, titik 4 jarak 117.07 km dari muara dan titik 5 jarak 142,54 km dari muara.
 4. Penelitian dilakukan pada saat puncak musim kemarau yaitu pada bulan September.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam:

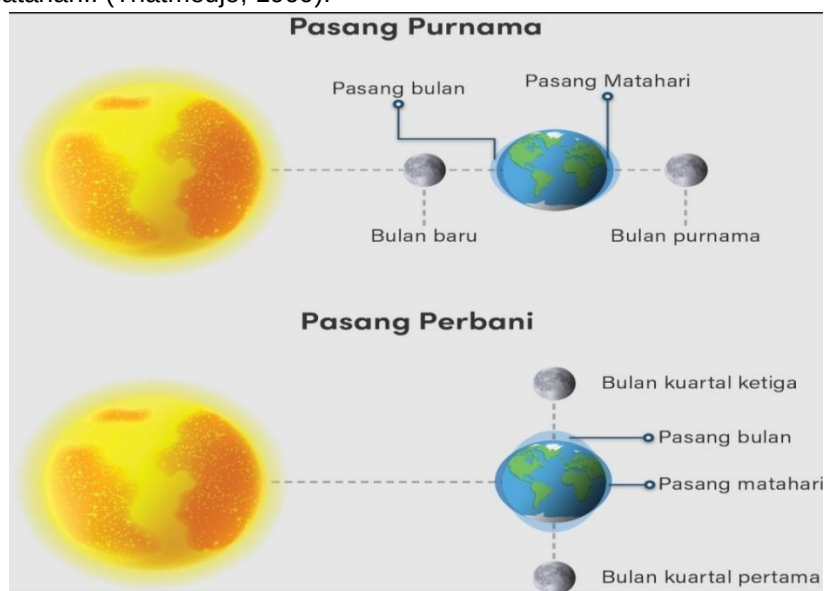
1. Memberikan masukan kepada pemerintah dan instansi terkait pengelolaan bangunan *intake* dengan lebih baik lagi
2. Sebagai bahan referensi untuk menambah wawasan khususnya dalam menentukan lokasi *intake* pada sungai yang dipengaruhi pasang surut.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

2.1. Pasang Surut

2.1.1. Pengertian pasang surut

Pasang surut merujuk pada perubahan ketinggian permukaan air laut yang dipengaruhi oleh gaya tarik benda-benda langit, terutama bulan dan matahari. Meskipun massa bulan lebih kecil dibandingkan dengan matahari, pengaruh gaya tarik bulan terhadap bumi lebih besar karena jaraknya yang lebih dekat. Gaya tarik bulan mempengaruhi pasang surut sekitar 2,2 kali lebih kuat daripada pengaruh gaya tarik matahari.. (Triatmodjo, 1999).



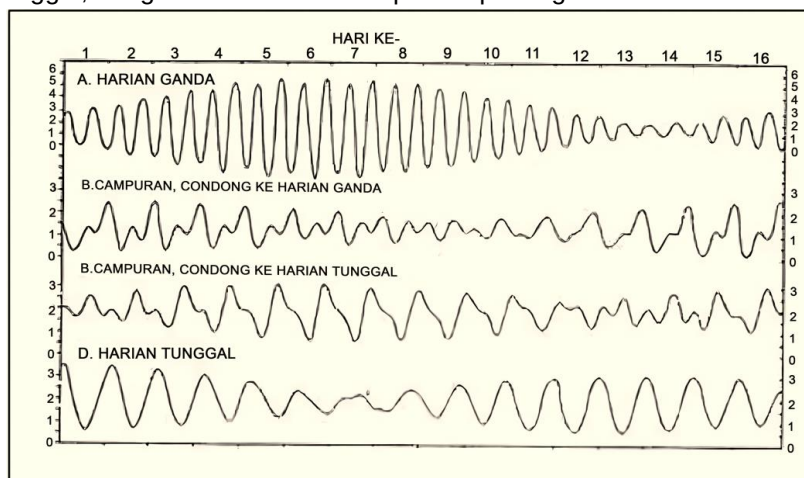
Gambar 1. Posisi Bumi – Bulan – Matahari saat terjadinya pasang purnama dan pasang perbani (sumber : kibrispdr.org)

2.1.2. Tipe pasang surut

Bentuk pasang surut di berbagai daerah dapat berbeda-beda. Di beberapa tempat, pasang surut bisa terjadi satu atau dua kali dalam sehari. Secara umum, pasang surut di berbagai wilayah dapat dikelompokkan menjadi empat tipe, yaitu: (Triatmodjo, 1999)

1. Pasang surut harian ganda (semi diurnal tide): Tipe pasang surut di mana terjadi dua pasang naik dan dua pasang surut dalam sehari dengan ketinggian yang hampir seragam.
2. Pasang surut harian tunggal (diurnal tide): Tipe pasang surut yang terjadi hanya satu kali pasang naik dan satu kali pasang surut dalam satu hari.

3. Pasang surut campuran condong ke harian ganda (mixed tide prevailing semidiurnal): Tipe pasang surut campuran yang lebih condong ke pola harian ganda, namun dengan variasi dalam ketinggian pasang dan surut.
4. Pasang surut campur condong ke harian tunggal (mixed tide prevailing diurnal): Tipe pasang surut campuran yang cenderung mengikuti pola harian tunggal, dengan variasi dalam amplitudo pasang dan surut.



Gambar 2. Jenis-Jenis Pasang Surut (sumber : Triatmodjo,1999)

2.2. Pengertian elevasi muka air

Karena elevasi muka air terus berubah sepanjang waktu, diperlukan suatu elevasi yang ditentukan berdasarkan data pasang surut sebagai acuan dalam perencanaan dan pembangunan struktur pantai. Berikut adalah beberapa jenis elevasi tersebut: (Triatmodjo, 1999)

1. Ketinggian air tertinggi yang terjadi pada saat pasang dalam satu siklus.
2. Ketinggian air terendah yang terjadi pada saat surut dalam satu siklus.
3. Nilai rata-rata ketinggian muka air tertinggi yang diukur selama periode 19 tahun.
4. Merupakan rata-rata ketinggian muka air terendah selama periode 19 tahun.
5. Rata-rata ketinggian antara muka air tinggi rata-rata dan muka air rendah rata-rata. Elevasi ini sering dijadikan acuan untuk penentuan ketinggian di daratan.
6. Merupakan ketinggian air maksimum yang terjadi saat pasang purnama atau bulan mati.
7. Merupakan ketinggian air minimum yang terjadi saat pasang purnama atau bulan mati.

2.2.1. Unit Air Baku

Unit air baku adalah fasilitas yang berfungsi untuk mengambil dan/atau menyediakan air mentah. Fasilitas ini mencakup struktur penampungan air, bangunan untuk pengambilan atau penyadapan air, peralatan untuk pengukuran dan pemantauan, sistem pemompaan, serta infrastruktur pengaliran air beserta

peralatannya. Kebutuhan air ditentukan berdasarkan faktor-faktor tertentu yang terkait dengan konsumsi dan pemanfaatannya:

- a. **Proyeksi jumlah penduduk**
- b. **Pemetaan jenis penggunaan air nondomestik**
- c. **Estimasi penggunaan air**
- d. **Estimasi kebutuhan air domestik dan nondomestik**
- e. **Tingkat kehilangan air fisik/teknis** sebagai berikut:
 - Kebocoran pada pipa transmisi dan pipa utama
 - Kebocoran atau limpasan air pada tangki reservoir
 - Kebocoran pada pipa layanan hingga meteran pelanggan

Sementara itu, kehilangan nonteknis dan konsumsi resmi yang tidak tercatat harus diminimalkan hingga hampir nol. Kebutuhan air baku rata-rata dihitung berdasarkan total kebutuhan air domestik, non-domestik, dan air yang tidak tercatat. Rencana alokasi air baku dihitung sebesar 130% dari kebutuhan air baku rata-rata untuk memastikan kecukupan pasokan.. Unit Air Baku dapat mencakup struktur penampungan air, bangunan untuk pengambilan atau penyadapan, perangkat pengukuran dan pemantauan, sistem penyediaan, dan/atau fasilitas pembawa beserta perlengkapannya. Unit ini berfungsi sebagai sarana untuk mengambil dan/atau menyediakan air baku.

2.2.2. Paramater Kualitas Air

Dalam proses pengolahan air baku, terdapat berbagai sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air. Agar air tersebut layak digunakan sebagai air minum, kualitasnya harus memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan. Jika hasil pemeriksaan menunjukkan bahwa air tersebut tidak memenuhi standar, maka unsur-unsur yang terkandung dalam air harus diolah terlebih dahulu sebelum digunakan sebagai air minum. Tanpa pengolahan yang tepat, air dapat membahayakan kesehatan manusia dan merusak peralatan distribusi air.

Unsur-unsur yang bersifat fisik, kimiawi, maupun bakteriologis tidak boleh melebihi batas yang ditetapkan berdasarkan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya. Standar-standar ini, yang ditetapkan oleh organisasi dan lembaga terkait kesehatan masyarakat, baik di tingkat internasional maupun nasional, disusun dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti daya tahan tubuh manusia, kondisi lingkungan, dan lain-lain. Beberapa standar yang dikenal luas di Indonesia adalah standar WHO dan Departemen Kesehatan RI. Pengolahan air bertujuan untuk memenuhi standar kualitas air minum sesuai dengan Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 2 Tahun 2023 tentang Persyaratan Kualitas Air Minum. Berikut adalah parameter-parameter kualitas air tersebut:

Tabel 1. Standar Parameter Air

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	Ket.
	Fisika			
1	Suhu	°C	Suhu air normal	
2	Zat padat terlarut	mg/L	1.000	
	Kimia			
	a. Kimia Anorganik			
1	Air Raksa	mg/L	0,001	
2	Amoniak bebas (NH ₃)	mg/L	0,5	
3	Arsen (As) Terlarut	mg/L	0,05	
4	Barium (Ba) Terlarut	mg/L	1,0	
5	Besi (Fe) Terlarut	mg/L	5,0	
6	Fluorida (F)	mg/L	1,5	
7	Kadmium (Cd)	mg/L	0,01	
8	Klorida (Cl)	mg/L	600	
9	Kromium	mg/L	0,05	
10	Mangan Terlarut (Mn)	mg/L	0,5	
11	Nitrat-NO ₃	mg/L	10	
12	Nitrit (sebagai N)	mg/L	1,0	
13	Oksigen Terlarut (DO)	mg/L	> 6	dianjurkan
14	Derajat Keasaman (pH)	-	5 - 9	
15	Selenium (Se) Terlarut	mg/L	0,01	
16	Seng (Zn) Terlarut	mg/L	5,0	
17	Sianida (CN)	mg/L	400	
18	Sulfat (SO ₄)	mg/L	0,1	
19	Belerang sebagai H ₂ S *)	mg/L	1,0	
20	Tembaga (Cu)	mg/L	0,1	
21	Timbal (Pb) Terlarut	mg/L	0,1	
	b. Kimia Organik			
1	Aldrin dan Dieldrin	mg/L	0,017	
2	Chlordane	mg/L	0,003	
3	DDt	mg/L	0,042	
4	Endrine	mg/L	0,001	
5	Fenol *)	mg/L	0,002	

Lanjutan Tabel 1.

No	Parameter	Satuan	Kadar Maksimum	keterangan
6	Heptachlor dan Heptachlore Epoxide	mg/L	0,018	
7	Karbon kloroform ekstrak	mg/L	0,5	
8	Lindane	mg/L	0,056	
9	Methoxychlor	mg/L	0,035	
10	Minyak dan Lemak *)	mg/L	Nihil	
11	Organofosfat dan carbamete	mg/L	0,5	
12	PCB	mg/L	Nihil	
13	Senyawa aktif biru metilen (surfaktan)	mg/L	0,5	
14	Toxafen	mg/L	0,005	
	Mikrobiologi			
1	Koliform tinja	Jumlah / 100ml	2000	
2	Total Coliform	Jumlah / 100ml	10000	
	Radioaktifas			
1	Aktivitas Alpha (Gross Alpha Activity)	Bg/L	0,1	
2	Aktivitas Beta (Gross Beta Activity)	Bg/L	1,0	

2.2.3. Klarifikasi estuary menurut struktur salinitasnya

Ketika air pasang, salinitas di mulut sungai hampir setara dengan salinitas air laut. Namun, salinitas ini menurun seiring bertambahnya jarak dari muara. Saat air surut, salinitas terdorong lebih jauh ke arah laut. Selain variasi sepanjang estuari, salinitas juga mengalami perubahan secara vertikal, dengan konsentrasi yang menurun dari dasar menuju permukaan air. Berikut ini adalah penjelasan mengenai klasifikasi estuari berdasarkan struktur salinitasnya, yang terbagi menjadi empat tipe, yaitu: (Triatmodjo, 1999)

a. Estuari berbentuk baji garam

Jika debit air tawar lebih besar daripada debit akibat pasang surut, air tawar dan air asin akan terpisah. Air tawar akan mengalir ke arah laut di lapisan atas, sementara air asin bergerak di bawahnya, membentuk kemiringan tertentu.

Salinitas pada lapisan bawah serupa dengan salinitas air laut, sedangkan lapisan atas terdiri dari air tawar.

b. Estuari yang tercampur sebagian

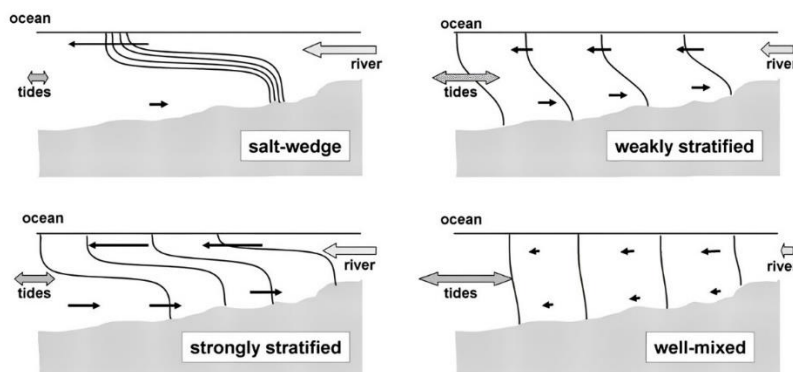
Jika pasang surut lebih besar, maka pencampuran antara air asin dan air tawar akan lebih intensif. Tingkat pencampuran ini dipengaruhi oleh energi yang dihasilkan oleh pasang surut. Salinitas bervariasi baik secara horizontal maupun vertikal. Secara horizontal, salinitas cenderung berkurang dari mulut sungai ke arah hulu, sementara secara vertikal, salinitas berkurang dari dasar hingga permukaan air.

c. Estuari dengan stratifikasi lateral

Pada estuari yang sangat besar (lebar), gaya Coriolis dapat menciptakan gradien lateral salinitas. Salinitas akan berubah baik dalam arah memanjang maupun lateral. Distribusi salinitas secara vertikal bisa bervariasi atau tetap, tergantung pada kedalaman estuari tersebut. Gaya Coriolis ini menyebabkan perbedaan salinitas yang lebih jelas pada estuari besar, dengan salinitas yang mungkin berbeda di permukaan dan dasar air, serta pada berbagai titik sepanjang estuari.

d. Estuari yang tercampur secara sempurna

Jika pasang surut besar dan debit sungai kecil, pencampuran air asin dan air tawar akan terjadi dengan lebih baik, sehingga tidak ada lagi batas yang jelas antara kedua jenis air tersebut. Dalam kondisi ini, distribusi salinitas akan seragam secara vertikal, tanpa adanya perbedaan antara lapisan permukaan dan dasar. Variasi salinitas hanya akan terlihat sepanjang estuari, tanpa adanya stratifikasi baik secara vertikal maupun lateral.



Gambar 3. Tipe Estuari menurut struktur salinitas
(sumber : 123dok.com)

2.3. Bangunan intake

Bangunan intake adalah struktur yang dirancang untuk mengambil atau menangkap air baku dari sumbernya, seperti sungai, danau, situ, atau kolam, yang disesuaikan dengan kebutuhan debit untuk proses pengolahan air. Desain bangunan

intake harus mempertimbangkan jenis konstruksi bangunan air, dan umumnya menggunakan beton bertulang (reinforced concrete) untuk memberikan kekuatan dan daya tahan tinggi terhadap potensi kerusakan yang disebabkan oleh arus sungai.. Kapasitas intake dirancang berdasarkan debit air yang dibutuhkan untuk pengolahan.

Dalam memilih lokasi intake pada sumber air sungai, perlu memperhatikan beberapa faktor berikut: (Ricky Alamsyah, 2016)

1. Kemungkinan terjadi perubahan terhadap kualitas dan kuantitas air
2. Memiliki akses yang mudah untuk pemeliharaan dan perbaikan.
3. Menyediakan ruang untuk kendaraan dan memungkinkan pengembangan fasilitas di masa depan.
4. Memperhatikan dampak terhadap kehidupan akuatik yang ada.
5. Memiliki kondisi geologis yang mendukung.
6. Kualitas air yang tersedia harus memenuhi standar yang baik.
7. Terletak di lokasi yang bebas dari arus atau aliran kuat yang dapat merusak intake.
8. Selama banjir, air tidak boleh mengalir masuk ke dalam intake.
9. Idealnya, lokasi intake harus dekat dengan stasiun pemompaan.
10. Sumber tenaga harus tersedia dan dapat digunakan.
11. Angin yang dapat menyebabkan sedimentasi harus dihindari.
12. Lokasi harus mudah diakses dan dekat dengan tempat pengolahan untuk mengurangi biaya perpipaan.
13. Sebaiknya lokasi tertutup untuk menghindari sinar matahari yang dapat merangsang pertumbuhan lumut atau ganggang di dalam air, serta mencegah kontaminasi dari luar.
14. Tanah tempat pembangunan intake harus memiliki kestabilan yang baik.
15. Bangunan intake harus tahan terhadap air.
16. Pipa inlet sebaiknya dipasang di bawah permukaan sungai atau danau untuk memperoleh air yang lebih dingin dan menghindari masuknya benda-benda yang mengapung.
17. Sebaiknya ditempatkan cukup jauh dari tepi sungai untuk menghindari potensi pencemaran.
18. Idealnya, lokasi intake berada di bagian hulu kota.

2.4. Kriteria untuk pengukuran debit

2.4.1. Pemilihan tempat untuk mengukur debit

Pemilihan lokasi pengukuran debit dilakukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor berikut:

1. Lokasi pengukuran harus berada tepat pada pos pengukuran muka air atau di sekitarnya, selama tidak ada perubahan bentuk penampang yang signifikan serta perubahan besar pada debit yang masuk atau keluar.
2. Alur sungai harus lurus dengan panjang minimal tiga kali lebar sungai pada saat muka air tertinggi (MATT).

3. Garis aliran diperkirakan terdistribusi secara merata tanpa adanya aliran yang berputar.
4. Aliran harus bebas dari gangguan tumbuhan air atau sampah.
5. Lokasi pengukuran tidak boleh dipengaruhi oleh kenaikan muka air akibat pasang surut air laut, pertemuan sungai, atau adanya bangunan hidraulik.
6. Lokasi pengukuran harus bebas dari pengaruh aliran lahar.
7. Penampang melintang untuk pengukuran harus diusahakan agar tegak lurus terhadap alur sungai.
8. Kedalaman pengukuran harus setidaknya 3 hingga 5 kali diameter baling-baling dari alat ukur arus yang digunakan. Hal ini bertujuan untuk memastikan pengukuran yang akurat, menghindari gangguan dari kedalaman air yang terlalu dangkal, dan memastikan alat dapat berfungsi secara optimal.
9. Jika pengukuran debit dilakukan di lokasi bendung, pengukuran harus dilakukan di hulu atau hilir bendung agar tidak terpengaruh oleh perubahan level air yang disebabkan oleh pengempangan. Pengukuran di dekat bendung biasanya dilakukan untuk keperluan kalibrasi, dengan mengubah bukaan pintu bendung untuk memantau dan menyesuaikan aliran air yang melewati struktur tersebut.

2.4.2. Sistem pengaliran

Kondisi hidraulik yang perlu diperhatikan di lokasi pengukuran debit adalah sebagai berikut:

1. Memiliki pola aliran yang seragam dan mendekati kondisi aliran subkritis.
2. Tidak terpengaruh oleh arus balik (pengempangan) dan aliran lahar.

2.4.3. Media filter dan distribusi media

Durasi pengukuran debit bergantung pada perubahan kondisi aliran saat pengukuran dilakukan:

1. Pada saat kondisi aliran rendah, pengukuran debit dilakukan dua kali dalam satu periode waktu pengukuran.
2. Pada saat banjir, pengukuran debit dilakukan hanya sekali dalam satu periode waktu pengukuran.

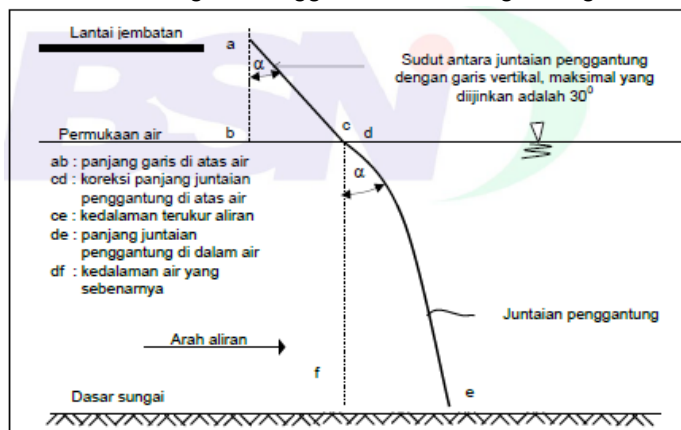
Periode pengukuran tergantung pada musim:

1. Pada musim kemarau, pengukuran debit dilakukan cukup sekali dalam sebulan.
2. Pada musim penghujan, pengukuran dilakukan beberapa kali, setidaknya 3 kali dalam sebulan.
3. Pada musim peralihan, pengukuran dilakukan minimal 2 kali dalam sebulan.

2.5. Pengukuran kecepatan aliran

Pengukuran kecepatan aliran secara langsung menggunakan alat ukur arus dapat dilakukan dengan metode pengamatan yang dibantu oleh wahana apung, seperti perahu, jembatan, atau kereta gantung. Masing-masing metode ini memiliki perbedaan dalam cara pelaksanaan, tergantung pada lokasi pengukuran dan alat yang digunakan. Pengamatan melalui perahu, misalnya, memungkinkan pengukuran kecepatan di lokasi yang lebih sulit dijangkau, sementara penggunaan jembatan atau kereta gantung dapat memberikan akses yang lebih stabil dan memungkinkan pengukuran di titik tertentu secara lebih akurat:

1. Merawas
Pengukuran debit dengan cara merawas dilakukan tanpa menggunakan wahana (seperti perahu, kereta gantung, winch cable way, dll).
2. Menggunakan Perahu
Pengukuran debit dengan menggunakan wahana apung seperti perahu.
3. Menggunakan Jembatan
Pengukuran debit dilakukan dari atas jembatan.
4. Menggunakan Kereta Gantung
Pengukuran debit dengan menggunakan kereta gantung.



Gambar 4. Koreksi panjang tali yang menggantung di atas dan di dalam aliran

Tabel 2. serta koreksi panjang tali penggantung yang berada di atas dan di dalam air

Sudut Juntaian Penggantung (α°)	Koreksi Juntaian di Atas Air (%)	Koreksi Juntaian di Dalam Air (%)
10	1,54	0,50
12	2,23	0,72
14	3,06	0,98
16	4,03	1,28

Lanjutan Tabel 2.

Sudut Juntaian Penggantung (α°)	Koreksi Junlaian di Atas Air (%)	Koreksi Juntaian di Dalam Air (%)
18	5,15	1,64
20	6,42	2,04
22	7,85	2,48
24	9,46	2,96
26	11,26	3,5
28	13,28	4,08
30	15,47	4,72

2.5.1. Kecepatan aliran rata-rata

Kecepatan aliran rata-rata di bagian penampang dihitung berdasarkan hasil pengukuran kecepatan rata-rata dari titik-titik kedalamannya. Kecepatan aliran rata-rata pada saat vertikal diperoleh dari pengukuran kecepatan aliran di 1, 2, atau 3 titik.

2.6. Ketersediaan air dan Kebutuhan

Ketersediaan air atau debit air sungai dihitung dari analisa data hujan dan diprediksikan besaran aliran permukaan (run off) menjai debit, dengan memperhitungkan evapotranspirasi di tutupan lahan, pada suatu daerah aliran suangai. Kebutuhan air diperhitungkan terhadap penggunaan air untuk irigasi dan air baku.

Kebutuhan air untuk irigasi diperuntukkan bagi pengelolaan lahan dan pertumbuhan tanaman padi serta komoditas lainnya. Sedangkan kebutuhan air baku dihitung berdasarkan penggunaan domestik, seperti untuk rumah tangga dan fasilitas umum.

2.6.1. Debit andalan

Debit Andalan (dependable discharge) adalah debit yang direncanakan dan diperkirakan akan tersedia sepanjang tahun. Pendekatan dan metodologi yang digunakan untuk menentukan debit andalan sangat bergantung pada ketersediaan data. Data yang diperlukan untuk analisis ketersediaan air meliputi data debit tahunan, bulanan, atau harian dengan periode pencatatan yang cukup lama, yaitu lebih dari 10 tahun. Untuk mendapatkan hasil yang lebih akurat, disarankan untuk menggunakan data observasi harian dengan periode lebih dari 30 tahun. Data tersebut harus berasal dari pos pengukuran air yang terletak di dekat lokasi bangunan atau di area hulu maupun hilirnya.

2.6.2. Debit Andalan Metode FJ. Mock

Metode yang digunakan untuk menghitung besarnya debit andalan adalah Metode FJ. Mock, yang dikembangkan khusus untuk perhitungan debit sungai-sungai di Indonesia. Pendekatan dasar yang digunakan dalam metode ini antara lain adalah:

- Curah hujan
- Evapotranspirasi
- Keseimbangan air di permukaan tanah
- Kandungan air tanah.

Perhitungan debit andalan (dependable flow discharge) dilakukan dengan pendekatan menggunakan Metode FJ. Mock. Metode ini berasumsi bahwa hujan yang turun di Daerah Aliran Sungai (DAS) akan terdistribusi, di mana sebagian akan hilang melalui evapotranspirasi, sebagian akan mengalir langsung sebagai limpasan permukaan (direct runoff), dan sebagian lainnya akan meresap ke dalam tanah (infiltrasi).

Rumus untuk menghitung aliran permukaan terdiri dari :

a. Hujan netto $R_{net} = (R - E_t)$(2.1)

b. Neraca air di atas permukaan:

$$WS = R_{net} - SS \text{(2.2)}$$

c. Neraca air di bawah permukaan

$$dV_t = V_t - V_{t-1} \text{(2.3)}$$

$$V_t = \frac{1}{2} (1+k).I + k. V_{t-1} \text{(2.4)}$$

d. Aliran permukaan $RO = BF + DRO$

Dalam satuan debit

$$Q = 0,0116 \cdot RO \cdot A/H \text{(2.5)}$$

1. Evapotranspirasi Terbatas

- Curah hujan bulanan (P) dalam mm dan jumlah hari hujan (n) yang terjadi selama bulan tersebut.
- Evapotranspirasi terbatas adalah evapotranspirasi aktual yang memperhitungkan kondisi vegetasi, permukaan tanah, serta frekuensi curah hujan..

$$ET_0 = E_p \cdot (d/30) \cdot m \text{(2.6)}$$

Berdasarkan frekuensi curah hujan di Indonesia serta sifat infiltrasi dan penguapan pada permukaan tanah.

Dengan demikian, dari kedua persamaan diperoleh hasil sebagai berikut :

$$E/E_p = (m/20)(18-n) \text{(2.7)}$$

- *Initial storage* adalah volume air pada awal periode. Volume ini diperkirakan berdasarkan kondisi musim, di mana pada musim hujan dapat mencapai kapasitas kelembaban tanah, sementara pada musim kemarau lebih kecil dari itu.

2.6.3. Keseimbangan Air Di Permukaan Tanah

Curah hujan permukaan:

$$ds = P - Et$$

Harga positif bila $P > Et$, air masuk kedalam tanah

Harga negatif bila $P < Et$, sebagian air tanah akan keluar, terjadi defisit.

Perubahan kandungan air tanah, atau *soil storage (ds)*, adalah selisih antara kapasitas kelembaban tanah pada bulan ini dengan bulan sebelumnya. Kapasitas kelembaban tanah ini diperkirakan berdasarkan kondisi porositas lapisan tanah atas di daerah aliran sungai. Umumnya, kapasitas ini diperkirakan antara 60 hingga 250 mm, yang menunjukkan jumlah air yang dapat disimpan dalam tanah per meter persegi.

2.6.4. Debit dan Storage Air Tanah

Koefisien infiltrasi (I) diperkirakan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah aliran. Pada lahan yang porous, infiltrasi akan lebih besar, sementara pada lahan yang terjal, di mana air tidak sempat meresap ke dalam tanah, koefisien infiltrasi akan lebih kecil. Nilai koefisien infiltrasi biasanya lebih kecil dari 1..

- Rumus-rumus storage air tanah

$$V_n = k V_{n-1} + 1/2 (1 + k) I_n \dots\dots\dots(2.8)$$
- Aliran sungai
 Aliran dasar = infiltrasi dikurangi perubahan volume aliran air dalam tanah

Berikut akan kami sajikan contoh perhitungan FJ. Mock tahun 2003, hasil rekapitulasi debit bulanan dan juga hasil analisa keandalan 80%.

2.7. Kebutuhan air

2.7.1. Proyeksi penduduk

Proyeksi penduduk merupakan perkiraan atau estimasi jumlah penduduk di masa depan berdasarkan data dan tren yang ada, seperti angka kelahiran, kematian, dan migrasi. Proyeksi ini digunakan untuk membantu pemerintah, peneliti, dan organisasi lainnya merencanakan kebutuhan di berbagai sektor, seperti pendidikan, kesehatan, infrastruktur, dan ketenagakerjaan

Proyeksi penduduk biasanya disajikan dalam rentang 5, 10, atau bahkan 50 tahun ke depan, dan bisa berbeda dalam beberapa scenario misalnya, proyeksi optimis (dengan pertumbuhan cepat) atau proyeksi pesimis (dengan pertumbuhan rendah).

2.7.2. Tingkat kebutuhan air

Tingkat konsumsi air per orang dapat sangat bervariasi antara satu daerah dengan daerah lainnya, yang pada akhirnya menyebabkan perbedaan dalam penggunaan air pada suatu sistem penyediaan air minum secara keseluruhan. Variasi ini dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk iklim, standar hidup, kegiatan masyarakat, status sosial dan ekonomi, pola serta kebiasaan masyarakat, dan juga hari libur. Terkait dengan fluktuasi pemakaian air ini, terdapat tiga pengertian yang perlu dipahami, yaitu:

- a. Kebutuhan rata-rata
- b. Kebutuhan maksimum (Q_{max})
- c. Kebutuhan Puncak (Q_{peak})
- d. Kebutuhan Domestik

Tabel 3. Tingkat Konsumsi/Pemakaian Air Rumah Tangga Sesuai Kategori Kota

No.	Kategori Kota	Jumlah Penduduk (Jiwa)	Sistem	Tingkat Pemakaian Air (Lt/Orang/Hari)
1,	Kota Metropolitan	>1.000.000	Non Standar	190
2,	Kota Besar	500.000 - 1.000.000	Non Standar	170
3,	Kota Sedang	100.000-500.000	Non Standar	150
4,	Kota Kecil	20.000- 100.000	Standar BNA	130
5,	Kota kecamatan	<20.000	Standar IKK	100
6,	Kota Pusat Pertumbuhan	<3.000	Standar OPP	60

Sumber : SK-SNI Air Minum 2001

2.8. Kebutuhan air irigasi

1. Curah hujan efektif

Perhitungan kebutuhan air tanaman yang digunakan dalam perencanaan sistem irigasi dipengaruhi oleh curah hujan yang jatuh pada areal irigasi. Curah hujan yang jatuh pada areal irigasi diperoleh berdasarkan perhitungan curah hujan efektif.

Curah Hujan efektif untuk tanaman padi diperoleh berdasarkan persamaan berikut:

$$R_{eff} = 0.7 \times \frac{R_{80}}{15} \dots\dots\dots(2.9)$$

Sementara itu, curah hujan efektif harian untuk tanaman palawija, menurut kriteria KP-01, dihitung berdasarkan curah hujan bulanan, kebutuhan air tanaman bulanan, dan evapotranspirasi bulanan.

2. Kebutuhan Air Irigasi

Kebutuhan air tanaman adalah jumlah air yang diperlukan untuk menggantikan air yang hilang akibat penguapan. Besar kebutuhan air tanaman (consumptive use) dihitung menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$ET_c = K_c \times E_{to} \dots \dots \dots (2.10)$$

Harga koefisien tanaman padi dan tanaman non padi dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4. Harga Koefisien Padi & Non Padi

Periode 15 hari ke	Nedeco / Prosida		FAO	
	Varitas Biasa	Varitas Unggul	Varitas Biasa	Varitas Unggul
1	1,20	1,20	1,10	1,10
2	1,20	1,27	1,10	1,10
3	1,32	1,33	1,10	1,05
4	1,40	1,30	1,10	1,05
5	1,35	1,30	1,10	1,05
6	1,25	0	1,05	0,95
7	1,12	-	0,95	0
8	0	-	0	-

Sumber : KP -01 – Perencanaan Jaringan Irigasi

3. Perkolasi

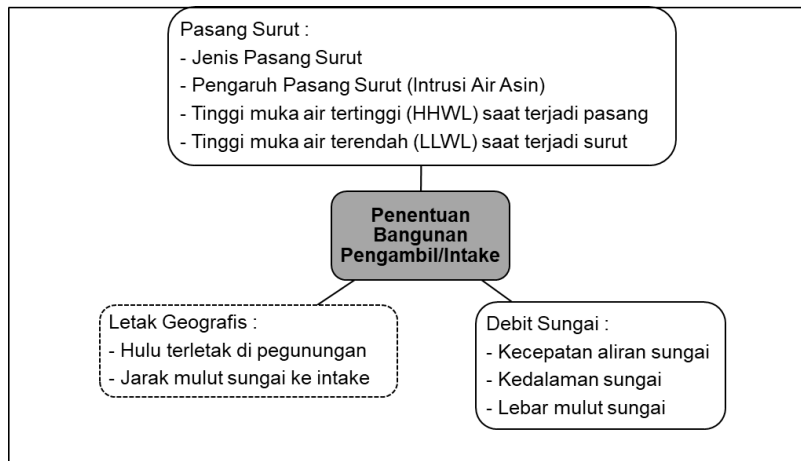
Perkolasi adalah pergerakan air dari area yang tidak jenuh ke area yang jenuh. Laju perkolasi pada lahan dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain:

- Tekstur Tanah
- Permeabilitas Tanah
- Tebal Lapisan Tanah Bagian Atas

2.9. Kerangka konseptual

Kerangka konseptual merupakan hubungan antara teori atau konsep dasar yang mendasari penelitian, yang berfungsi sebagai panduan dalam menyusun struktur atau sistematika penelitian. Kerangka ini membantu dalam mengarahkan alur penelitian dan menjelaskan bagaimana variabel-variabel yang diteliti saling berhubungan. Kerangka konseptual berfungsi sebagai acuan bagi peneliti untuk

menjelaskan teori yang diterapkan dalam penelitian secara terstruktur. Lebih jelasnya akan dituangkan dalam gambar berikut ini.



Gambar 5. Kerangka Konseptual

Keterangan :



: Diteliti



: Tidak diteliti



: Berhubungan

Dalam gambar kerangka konsep diatas dapat dikatakan bahwa dalam penentuan lokasi bangunan pengambil/*intake* harus memperhatikan faktor dari pasang surut dan debit sungai yang memenuhi standar penentuan penempatan bangunan pengambil/*intake*, hal ini akan dijadikan peneliti sebagai variabel bebas yang akan diteliti dan variabel *confonding* adalah letak geografis, dan variabel terikat adalah penentuan *intake*.

2.10. Definisi operasional

Menurut Yunanto, definisi operasional adalah definisi yang disusun berdasarkan sifat-sifat atau hal-hal yang dapat diamati. Definisi ini menggunakan istilah-istilah yang bersifat operasional, sehingga variabel yang dimaksud dapat diukur.

Sesuai dengan judul penelitian ini yaitu "Pengaruh Pasang Surut Terhadap Penempatan *Intake* Sungai Maro, Kabupaten Merauke", maka definisi operasional akan dijelaskan pada tabel berikut ini.

Tabel 5. Konsep Operasional

Konsep dan Definisi Konsep	Indikator	Pengukuran	Teknik Pengumpulan Data	Sumber
Pengaruh Pasang Surut Pengaruh pasang surut dalam hal ini merupakan suatu proses kejadian naik dan turunnya permukaan air di sungai akibat pengaruh pasang surut air laut.	Tinggi muka air pada saat pasang	Dilakukan $\pm$ selama 15 hari pada lima titik pengamatan	Pengamatan Langsung	Sungai Maro
	Tinggi muka air pada saat surut	Dilakukan $\pm$ selama 15 hari pada empat titik pengamatan	Pengamatan Langsung	Sungai Maro
	Kecepatan aliran air	Titik CSM1 (Maro3)	Pengukuran Lansung	Sungai Maro
	Luas penampang basah (lebar sungai)	Titik CSM1 (Maro3)	Data AWLR	Sungai Maro
	Kedalaman sungai	Titik CSM1 (Maro3)	Pengamatan Langsung	Sungai Maro
	Debit sungai	Titik CSM1 (Maro3)	Pengamatan Langsung	Sungai Maro
	Salinitas	Megukumpulkan sample uji pada kedalaman 0,2d, 0,6d, dan 0,8d dari permukaan air kemudian dilakukan pengujian salinitas dengan alat tes.	Pengamatan Langsung dan Pengujian	Sungai Maro

2.11. Penelitian Terdahulu

Banyak penelitian telah dilakukan mengenai pengolahan salinitas dan pengaruh pasang surut, yang menghasilkan metode pengolahan yang efektif. Beberapa penelitian yang terkait dengan topik ini antara lain:

Aswin Armin (2017) menganalisis salinitas air di bagian hilir dan tengah Sungai Pampang Makassar. Sebaran salinitas di daerah hilir pada saat pasang bervariasi antara 25%–30%, dan pada saat surut antara 1%–4%. Di daerah hilir, terjadi intrusi air laut yang tinggi. Sementara itu, sebaran salinitas di daerah tengah sungai pada saat pasang adalah sekitar 0%, dan tidak terjadi intrusi air laut ke dalam sungai di

wilayah tersebut. Di daerah hilir, terdapat hubungan yang erat antara kandungan salinitas dan suhu pada saat pasang, dengan nilai R^2 sebesar 0,5687. Sementara itu, di daerah tengah sungai, hubungan antara kandungan salinitas dan suhu tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan, baik pada kondisi pasang maupun surut.