

# HIDROLOGI

## Khairil Anwar dan Mawardi

Rawa merupakan kawasan wadah air yang berada di daerah relatif datar atau cekungan, di dalam kawasan tersebut terdapat tanah mineral, salah satunya adalah tanah/lahan sulfat masam (PP Rawa, 2013). Lahan sulfat masam merupakan tanah mineral hasil endapan laut (marin), mengandung senyawa pirit ( $\text{FeS}_2$ ) pada kedalaman hingga 100 cm dari permukaan tanah, karena itu lahan tersebut umumnya berada di kawasan yang masih dipengaruhi pasang surut air laut (Anwar, 1995; Subagyo, 2006).

Perubahan tinggi muka air laut memengaruhi gerakan air sungai utama yang bermuara ke laut dan badan-badan air yang bermuara ke sungai utama. Karakter air pasang surut sangat memengaruhi karakteristik lahan, baik ditinjau dari segi aspek air maupun aspek tanah. Selain itu adanya dinamika tinggi muka air sungai/saluran mengikuti dinamika muka air di laut memengaruhi kuantitas dan kualitas air pada suatu titik pengukuran.

Hidrologi rawa pasang surut merupakan ilmu tentang air yang ada di kawasan tersebut, mencakup aspek kuantitas maupun kualitas air dari berbagai sumber air yang ada. Kondisi hidrologi sangat memengaruhi proses oksidasi-reduksi tanah, pencucian hara-hara/ion toksik, dan pengkayaan hara/ion toksik ke lahan serta pencemaran lingkungan (Anwar dan Nursyamsi, 2014; Anwar dan Mawardi, 2020). Dengan kata lain, aspek hidrologi sangat menentukan kondisi kimia fisik tanah dan air, yang akhirnya berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman di atasnya. Selain itu, kondisi hidrologi juga sangat menentukan potensi indeks pertanaman (IP) dan efektivitas aplikasi setiap komponen teknologi dalam budi daya tanaman, khususnya tanaman pangan, karena itu pengetahuan mengenai hidrologi menjadi sangat diperlukan dalam pengelolaan lahan untuk pengembangan pertanian.

Infrastruktur yang dibangun di daerah rawa seperti jaringan saluran, tanggul dan pintu air pada satuan daerah irigasi rawa (DIR), turut memengaruhi kualitas dan kuantitas air. Pembangunan infrastruktur untuk pengembangan pertanian, baik pada kawasan transmigrasi maupun kawasan penduduk lokal akan berdampak pada perubahan kondisi air dan tanah, terutama bertambahnya kemasaman tanah dan air saluran. Untuk mengatasi masalah tersebut diperlukan pengetahuan

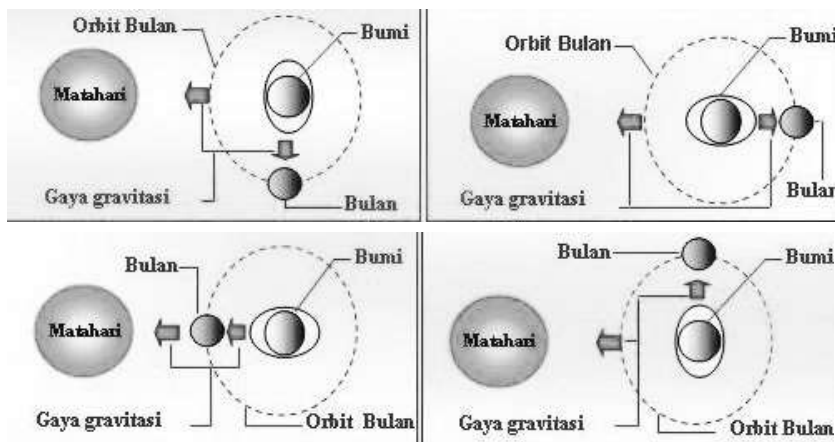
karakteristik tanah dan hidrologi suatu area yang bersifat spesifik, serta strategi mengatasi masalah air tersebut.

## A. Karakteristik Hidrologi

Bervariasinya kondisi hidrologi dalam satu kawasan lahan sulfat masam membutuhkan pemahaman tentang karakteristik hidrologi lahan tersebut. Ada dua aspek penting yang perlu dipahami terkait karakteristik hidrologi dalam kaitannya pengembangan pertanian, yaitu aspek dinamika tinggi muka air dan kualitas air.

### 1. Dinamika Pasang Surut Air Laut

Pasang surut air laut merupakan kondisi naik turunnya permukaan air laut. Perubahan tersebut disebabkan adanya gaya tarik bulan dan matahari terhadap bumi. Saat bulan purnama atau awal bulan, terjadi pasang tertinggi karena gaya tarik bulan/matahari terhadap bumi mencapai titik maksimum, sedangkan saat bulan sabit terjadi pasang kecil karena gaya tarik bulan mencapai titik terendah. Kondisi ini seperti yang diilustrasikan pada Gambar 5 oleh Anitashakila (2019), dan diungkapkan oleh Nancy (2021) dan Bakosurtanal (2009).

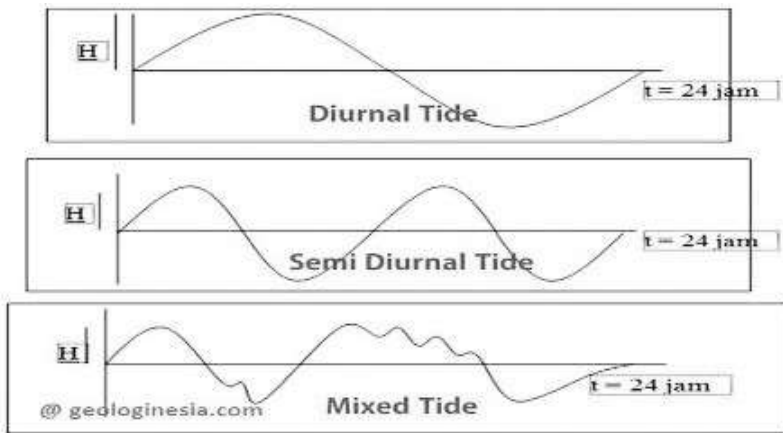


**Gambar 5.** Variasi Kedudukan Bumi, Bulan dan Matahari Penyebab Terjadinya Pasang Surut. Posisi Saat Pasang Besar dan Posisi Saat Pasang Kecil

Sumber: Anitashakila (2019)

Gerakan pasang surut laut mengikuti posisi bulan terhadap bumi.

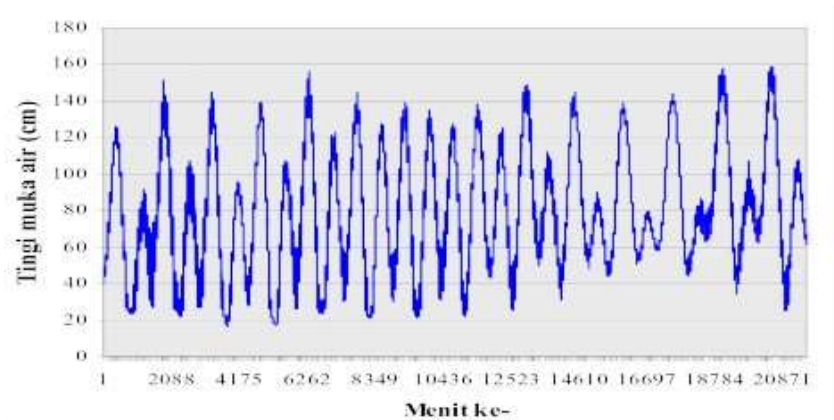
Ada 3 jenis pasang air laut, yaitu: (1) pasang ganda, merupakan pasang dan surut yang terjadi dua kali dalam sehari, dalam istilah lain disebut juga sebagai pasang pin dua, pasang ganda, pasang perbani, dan pasang semi diurnal; (2) pasang tunggal, merupakan pasang dan surut yang terjadi sekali dalam sehari disebut sebagai pasang besar, pasang purnama, pasang diurnal; dan (3) pasang campuran, dalam sehari terjadi dua kali pasang dan dua kali surut, tetapi bentuk gelombang pasang tidak sama dengan pasang ganda, seperti yang diungkapkan Geologinesia (2018) dan Bakosurtanal (2009). Ilustrasi dinamika tinggi muka air selama 24 jam pada ketiga tipe pasang tersebut disajikan pada Gambar 6.



**Gambar 6.** Ilustrasi Dinamika Tinggi Muka Air Selama 24 Jam pada Ketiga Tipe Pasang Laut

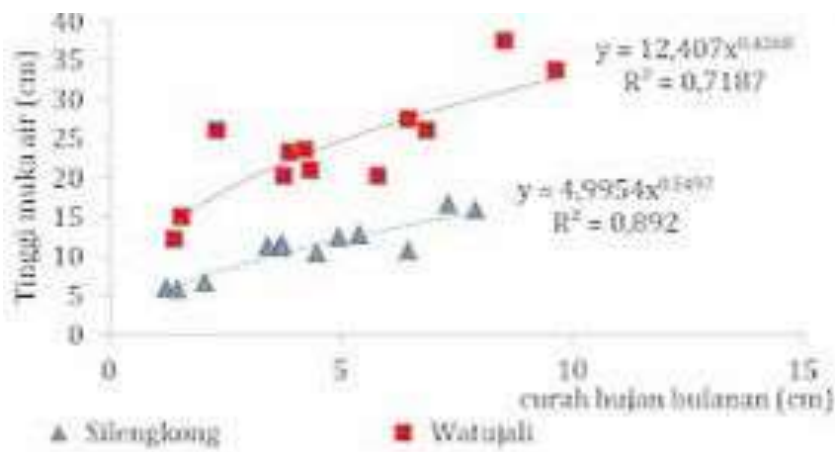
Sumber: Geologinesia (2018)

Dinamika tinggi muka air laut banyak direkam datanya pada pelabuhan-pelabuhan laut dan lokasi-lokasi lainnya di Indonesia. Data tersebut disajikan dalam bentuk grafik, dari data tersebut terlihat tinggi muka air sangat dinamis dari waktu ke waktu (Gambar 7). Adanya tambahan air dari curah hujan turut memengaruhi tinggi muka air laut, semakin besar curah hujan semakin tinggi muka air laut (Gambar 8). Kondisi ini memberi pengaruh terhadap ketinggian muka air pasang sungai utama, saluran primer-sekunder, dan badan air lainnya yang terhubung dengan gerakan air pasang surut di kawasan lahan sulfat masam.



**Gambar 7.** Dinamika Tinggi Muka Air Pasang Surut Air Laut

Sumber: Tanto (2009)



**Gambar 8.** Pengaruh Curah Hujan terhadap Tinggi Muka Air Laut

Sumber: Auliyani, *et al.*, (2018)

## 2. Dinamika Pasang Surut Air Sungai Utama

Sungai utama merupakan sungai yang berada di tengah kawasan rawa pasang surut dan bermuara ke laut, seperti Sungai Barito, Sungai Kahayan dan Seruyan, Sungai Kapuas, Sungai Mahakam, Sungai Batang Hari, Sungai Musi, Sungai Indragiri, Sungai Digul, dan lain-lain (Anwar, 2014).

Gerakan pasang dan surut air laut menyebabkan terjadi dorongan dan tarikan air sungai yang terhubung ke laut. Saat air laut pasang terjadi dorongan air ke arah hulu sungai, sedangkan saat surut terjadi tarikan air sungai ke arah laut. Irama naik turunnya permukaan air sungai tersebut mengikuti dinamika tinggi muka air laut. Demikian juga anak-anak sungai atau saluran primer yang bermuara ke sungai utama tersebut, mengikuti dinamika tinggi muka air sungai utama. Kemampuan dorongan air pasang laut tersebut berkaitan dengan potensi pasang air laut, dorongan air sungai kawasan hulu yang mengalir ke hilir (arah laut), topografi kawasan dan penampang sungai utama serta landform SDAS (subdaerah aliran sungai) (Anwar dan Mawardi, 2020).

Saat puncak pasang, terjadi dorongan air pasang laut paling besar ke arah hulu sungai, karena itu saat bulan purnama atau saat bulan mati, air pasang masuk paling jauh ke hulu sungai. Namun di sisi lain, adanya curah hujan yang besar di kawasan hulu sungai menyebabkan volume air sungai yang mengalir ke hilir juga semakin besar, akibatnya dorongan air pasang laut tersebut membentuk keseimbangan dengan dorongan air kawasan hulu pada suatu titik pertemuan dua arus (hulu vs hilir). Besarnya dorongan pasang air laut ke sungai ditentukan oleh daya tarik bulan yang dinamis, dan dorongan dari air kawasan hulu ditentukan oleh curah hujan kawasan hulu yang sangat dipengaruhi oleh musim dan pola curah hujan, akibatnya titik keseimbangan dua dorongan arus air yang berlawanan tersebut selalu berubah antarwaktu atau antarmusim. Pada musim kemarau, di mana curah hujan kawasan hulu sangat kecil, maka dorongan air pasang dapat masuk jauh ke hulu sungai, mencapai kawasan rawa lebak, demikian juga sebaliknya. Kesimpulan tersebut sesuai dengan hasil penelitian Anwar dan Mawardi (2011) pada kawasan Sungai Barito (kawasan rawa pasang surut) sampai Sungai Nagara (kawasan rawa lebak) di Kalimantan Selatan.

Jangkauan pasang dan intrusi air laut bervariasi antarwaktu dan memengaruhi potensi lahan untuk pertanian. Untuk memudahkan pengelolaan air air, kawasan rawa dibagi seperti Gambar 9 (Widjaya Adhi, *et al.*, 1992). Batas kawasan rawa pasang surut, mulai bibir pantai/ muara sungai utama sampai jangkauan air maksimum saat pasang besar pada musim hujan. Dalam kawasan tersebut terdapat dua kelompok air, yaitu kawasan yang dipengaruhi air payau/asin dan kawasan yang hanya dipengaruhi air tawar.

Topografi memengaruhi kemampuan dorongan air pasang dan tarikan air surut laut. Pada kawasan yang landai, titik batas pasang surut dengan rawa lebak dapat berada sangat jauh dari bibir pantai. Semakin besar perbedaan topografi kawasan tersebut, semakin pendek jarak batasnya dari bibir pantai, bahkan pada kawasan pantai berbatasan langsung tebing, tidak terdapat lahan rawa pasang surut walau berada di bibir pantai. Hasil penelitian Anwar, *et al.*, (2012) dan Anwar dan Mawardi (2011) pada Sungai Segiri, Kabupaten Pangkep, Sulawesi Selatan yang bermuara ke laut, kemampuan masuk air pasang besar hanya sekitar 5 km dari bibir pantai/muara sungai, jauh lebih kecil dibanding pada Sungai Barito yang mampu masuk 40-60 km dari bibir pantai.



**Gambar 9.** Pembagian Zona Rawa Berdasarkan pada Pengaruh Pasang dan Jangkauan Intrusi Air Laut Saat Musim Hujan

Sumber: Widjaja-Adhi, *et al.*, 1992

Kemampuan jangkauan air pasang besar masuk ke hulu sungai bervariasi antarwaktu. Hal ini terjadi karena titik akhir jangkauan air pasang merupakan titik keseimbangan antara kekuatan dorongan air pasang ke hulu sungai dengan dorongan air sungai dari kawasan hulu (rawa lebak) ke hilir, dalam suatu subdaerah aliran sungai (SDAS). Ini artinya, curah hujan dari kawasan hulu SDAS sangat berperan dalam menentukan posisi titik keseimbangan dua dorongan air berlawanan tersebut. Semakin kecil curah hujan kawasan hulu sungai, semakin jauh jangkauan air pasang.

Gerakan pasang surut air laut memengaruhi gerakan air sungai yang bermuara ke laut. Semakin dekat dengan muara sungai semakin dekat polanya dengan dinamika tinggi muka air laut. Semakin jauh dari muara sungai, waktu titik puncak pasang bergeser ke arah waktu yang lebih lama karena dibutuhkan waktu untuk mendorong arus air pasang ke arah hulu sungai atau saluran sehingga semakin jauh dari muara sungai, semakin butuh waktu yang lama, memunculkan perbedaan waktu puncak pasang.

Waktu titik puncak pasang dan besarnya ketinggian muka air pasang dapat berubah, sesuai dinamika posisi bulan terhadap bumi dan adanya kiriman air dari sungai bagian hulu, karena ketinggian air pada suatu sungai merupakan resultante dari dorongan air pasang laut dan dorongan pasokan air kawasan hulu sungai tersebut.

### **3. Dinamika Tinggi Muka Air Saluran Primer-Sekunder**

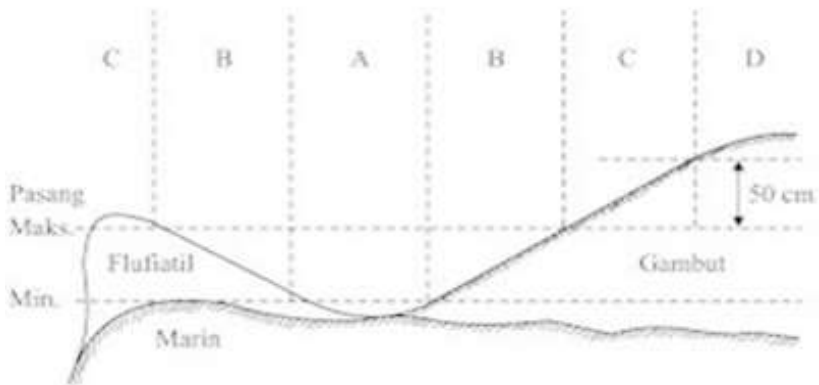
Saluran primer merupakan saluran yang bermuara ke sungai utama, sedangkan anak salurannya disebut saluran sekunder. Di lahan sulfat masam kawasan rawa pasang surut, khususnya pada kawasan transmigrasi, banyak dibuat saluran primer-sekunder agar gerakan air pasang surut berjalan lancar dan dapat menjangkau kawasan pertanian daerah hulu saluran, sebagai contoh di sepanjang aliran Sungai Barito dibuat berbagai saluran primer-sekunder, antara lain pada DIR Tabunganen, Tamban, Jelapat, Kanoko, Anjir Serapat, Bambang, Belawang, Barambai, Talaran, Belandean, Tanjung Harapan, Terantang, dan Danda Jaya.

Gerakan air saluran primer-sekunder yang berada di sepanjang sungai utama dipengaruhi oleh dinamika gerakan pasang surut sungai tersebut. Menurunnya kemampuan dorongan air pasang laut ke hulu sungai, dan menurunnya kemampuan dorongan air pasang sungai utama ke saluran primer-sekunder atau anak sungai, menyebabkan keragaman kondisi hidrologi lahan. Untuk memudahkan pengelolaan air, lahan pasang surut dibagi 4 tipe luapan air utama, seperti yang diungkapkan oleh Sandy dan Nad Darga (1979) dan Widjaja Adhi, *et al.*, (1992), sebagai berikut.

- a. Tipe Luapan A: lahan selalu mendapat luapan air pasang setiap harinya, kawasan ini umumnya berada pada zona I dan sepanjang tepi sungai utama.

- b. Tipe Luapan B: lahan terluapi hanya saat pasang besar. Kawasan ini berada pada zona II. Wilayah ini umumnya jauh dari muara sungai utama dan agak jauh dari muara saluran primer.
- c. Tipe Luapan C: lahan tidak mendapat luapan air pasang. Pengaruh air pasang hanya melalui rembesan air bawah tanah, dan kedalaman muka air tanah  $\leq 50$  cm dari permukaan tanah. Sumber air utama berasal dari curah hujan. Wilayah ini umumnya berada pada zona II dan jauh dari muara saluran primer.
- d. Tipe Luapan D: lahan sama seperti tipe luapan C, tetapi muka air tanah mencapai kedalaman  $>50$  cm dari permukaan tanah. Sumber air utama berasal dari curah hujan.

Pembagian di atas diilustrasikan pada Gambar 10. Pembagian tersebut berdasarkan pada musim hujan. Hasil pengamatan Anwar dan Mawardi (2011), terdapat lahan saat musim hujan terluapi air pasang, tetapi saat kemarau tidak terluapi air pasang. Kondisi ini menyebabkan terjadinya perbedaan potensi air untuk mendukung pola tanam dua atau tiga kali setahun. Tipe luapan peralihan tersebut sering disebut tipe A/B, B/C dan C/D. Tipe A/B menunjukkan bahwa pada musim hujan, lahan bersifat seperti lahan tipe luapan A dan pada musim kemarau bersifat seperti tipe luapan B, demikian juga seterusnya.



**Gambar 10.** Pembagian Tipe Luapan Air di Lahan Rawa Pasang Surut

Sumber: Wijadja-Adhi, *et al.*, 1992

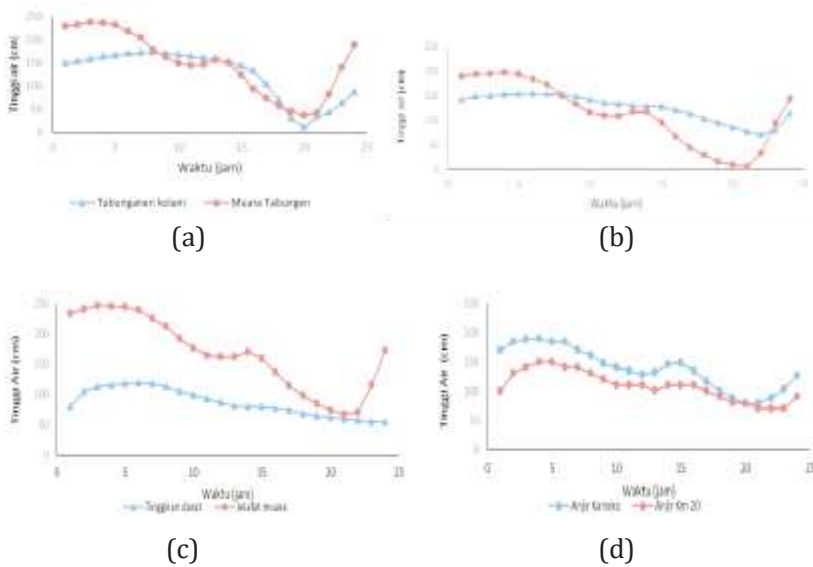
Dinamika tinggi muka air dipengaruhi banyak faktor, di antaranya musim, curah hujan, posisi bulan terhadap bumi, topografi, dan posisi geografis, terutama posisi dari sungai utama/muara sungai. Hasil penelitian Anwar dan Mawardi (2011) dan Mawardi (2018) menunjukkan pola yang berbeda antarsaluran primer-sekunder dan adanya pengaruh jarak dari muara laut, baik terhadap tinggi muka air maupun perbedaan puncak pasang dan surut air sungai/saluran DIR. Hasil pengukuran dinamika tinggi muka air selama 24 jam saat pasang purnama pada saluran primer-sekunder sepanjang Sungai Barito (DIR Tabunganen, Tamban, Jelapat, Anjir Kanoko, Bambang dan Barambai) disajikan pada Gambar 11, dengan 2 titik pengukuran (muara dan ujung saluran primer-sekunder) menunjukkan bahwa: (a) terjadi pergeseran dinamika tinggi muka air pada berbagai saluran primer-sekunder berdasarkan jarak dari muara sungai utama dan jarak dari muara saluran primer; (b) perbedaan (delta) tinggi muka air pasang maksimum dengan surut minimum semakin besar bila semakin dekat pantai/muara sungai utama; (c) pada kawasan lahan tipe luapan A, tidak terjadi perbedaan yang signifikan antara dinamika tinggi muka air muara dengan ujung saluran primer-sekunder (Tabel 8).

**Tabel 8.** Pengamatan Pasang Surut Air Permukaan Saat Bulan Purnama di Saluran Primer-Sekunder DIR Sepanjang Sungai Barito

Lokasi	Tinggi Maksimum (cm)	Surut Maksimum (cm)	o Pasang Surut Air (cm)	Koordinat Titik Pengamatan	
				X	Y
Tabunganen Muara	201	37	201	03 25 312	114 24 037
Tabungen	173	10	163	03 25 309	114 24 007
Tamban Muara	196	5	191	03 20 959	114 31 280
Tamban km 7	153	70	83	03 19 799	114 27 772
Jelapat Muara	246	66	180	03 15 803	114 33 018
Jelapat Tinggiran Darat	118	54	64	03 16 151	114 29 233
Anjir Kanoko	190	78	112	03 13 841	114 32 450
Anjir km 20	150	70	80	03 09 896	114 30 850
Bambang Muara	191	27	164	03 05 519	114 37 938
Bambang Kolam	144	112	32	02 59 634	114 37 770
Barambai Muara	187	30	157	03 02 404	114 41 404
Barambai Kolam	140	53	87	02 58 957	114 40 040

Sumber: Anwar dan Mawardi (2011)

Hasil selaras juga ditunjukkan pada pengukuran tinggi mukaair yang dilakukan oleh Kselik (dalam Noor dan Saragih, 1993) saat pasang besar dan pasang kecil berbagai jarak dari muara Sungai Barito, menunjukkan bahwa: (a) semakin jauh dari muara sungai utama semakin menurun ketinggian muka air pasang; (b) perbedaan ketinggian muka air pasang besar dibanding pasang kecil pada muara sungai utama hingga 32 km ke hulu sungai relatif kecil; dan (c) tidak terjadi perbedaan yang relatif besar, tinggi muka air puncak pasang pada musim kemarau dengan musim hujan (Tabel 9).



**Gambar 11.** Dinamika Tinggi Muka Air Pasang Surut Saat Bulan Purnama Selama 24 Jam pada Saluran Primer DIR Tabunganen (a); DIR Tamban (b); DIR Jelapat (c); DIR Kanoko (d); DIR Bambang (e); dan DIR Barambai (f); Pada DIR Tabunganen, Tamban dan Jelapat, Warna Merah = Muara Saluran; Biru = Ujung Saluran. Pada DIR Kanoko, Bambang dan Barambai, Warna Biru = Muara Saluran, Merah = Ujung Saluran

Sumber: Mawardi (2018) dan Anwar dan Mawardi (2011)

**Tabel 9.** Perbedaan Tinggi Muka Air Saat Pasang Besar dan Pasang Kecil di Sungai Barito, Kalimantan Selatan

Lokasi (Jarak dari Muara Sungai Barito)	Musim Hujan		Musim Kemarau	
	Pasang Besar	Pasang Kecil	Pasang Besar	Pasang Kecil
Muara Sungai Barito	3,00	0,70	3,00	0,70
Banjarmasin (32 km)	2,40	0,55	2,40	0,55
Marabahan (70 km)	1,40	0,50	2,00	0,60

Sumber: Kselik dalam Noor dan Saragih (1993)

#### 4. Dinamika Kualitas Air

Dinamika kualitas air menjadi sangat penting diketahui dalam kaitannya sebagai pendeteksi kualitas air irigasi dan drainase pada sawah, juga pendeteksi kecepatan perbaikan kualitas lahan melalui pencucian asam atau zat beracun dan pengkayaan hara dari luapan air pasang pada suatu area hamparan persawahan.

Perbedaan potensi jangkauan pasang pada daerah rawa pasang surut mempengaruhi kualitas air. Adanya penambahan ion-ion dari air pasang laut dan hara-hara dari sungai kawasan hulu menyebabkan sungai utama memiliki kualitas yang relatif baik sebagai sumber air irigasi pertanian. Hasil pengamatan Anwar dan Mawardi (2011), kemasaman air masuk pada saluran primer yang berada sepanjang Sungai Barito disajikan pada Tabel 10.

**Tabel 10.** Kemasaman (pH) Air Permukaan Saat Puncak Pasang pada Berbagai Jarak dari Muara Saluran Primer-Sekunder Sepanjang Sungai Barito (Zona Lahan Sulfat Masam Rawa Pasang Surut)

Jarak Dari Muara Saluran Primer- Sekunder (Km)	pH Air Saluran Primer-Sekunder dan Jarak dari Muara Sungai Barito				
	Tabunganen (10,1 km)	Jelapat (27,2 km)	Belawang (48,3 km)	Barambai (56,5 km)	Talaran (69,2 km)
----- pH air-----					
1	6,42	6,10	5,81	5,75	5,68
2	6,40	5,51	5,24	4,78	4,80
3	6,39	5,32	4,73	3,46	3,36

4	6,37	4,64	4,01	3,13	3,06
5	6,35	3,98	3,75	3,12	3,02
7	6,33	3,37	3,21	2,96	2,96

Rata-rata pengukuran bulan Mei-September 2009.

Sumber: Anwar dan Mawardi (2011)

Dari hasil penelitian di atas, terlihat semakin jauh dari bibir pantai/ muara sungai utama semakin masam. Pada saluran primer, semakin jauh jarak dari muara saluran semakin masam. Kondisi ini menunjukkan bahwa saluran primer-sekunder yang berada jauh dari bibir pantai perlu diperbaiki rancangan jaringan tata air makronya agar air sungai mampu masuk lebih jauh hingga ujung saluran untuk mencuci asam dan terdrainase di saat air surut.

Kemampuan air pasang masuk ke hulu saluran primer dan kemampuan drainase memengaruhi kualitas air. Air pasang sungai akan meningkatkan kualitas air, sedangkan air drainase akan membawa asam/ ion toksik/hara yang terlarut dari lahan. Pada kemampuan drainasinya kurang baik, semakin ke ujung saluran kualitas air semakin menurun, karena terjadinya penumpukan ion-ion hasil pencucian dari persawahan. Kondisi ini terlihat dari hasil pengukuran Anwar, *et al.*, (1994) pada saluran primer DIR Terantang Kalimantan Selatan (Tabel 11). Data tabel ini terlihat nilai pH air berkorelasi negatif dengan nilai DHL air. Kondisi kualitas air ini memberi implikasi bahwa pada saluran primer-sekunder di lahan sulfat masam berdrainase buruk, semakin ke hulu membutuhkan penanganan khusus berkaitan kualitas air tersebut.

Pada kawasan yang memiliki sistem drainase lancar, di mana air dari ujung saluran mampu keluar ke muara saat air surut, tidak terjadi penumpukan ion di ujung saluran, seperti pada kawasan zona I pasang surut air payau/asin (tipe luapan A). Pada kondisi ini, nilai pH berkorelasi positif dengan nilai DHL air.

**Tabel 11.** Dinamika Kualitas Air Permukaan Sepanjang Saluran Primer pada DIR Tarantang, Kalimantan Selatan

Sifat Kimia Air	Jarak dari Muara Saluran Primer ke Arah Kolam (km)				
	0	2,5	4,0	5,5	7,0

pH	5,73	5,61	3,81	2,84	2,76
DHL (uS cm <sup>-1</sup> )	50	82	403	945	1.089
HCO <sub>3</sub> /CO <sub>3</sub>	0,30	0,23	tt	tt	tt
Al <sup>3+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,01	0,02	0,42	0,39	0,40
Fe <sup>2+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,03	0,04	0,01	0,31	0,53
Mn <sup>2+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	tt	tt	tt	0,02	0,02
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,03	tt	2,32	5,35	6,91
Ca <sup>2+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,31	0,40	0,44	0,43	0,45
Mg <sup>2+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,16	0,22	0,80	1,34	1,53
K <sup>+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,02	0,02	0,06	0,09	0,09
Na <sup>+</sup> (me L <sup>-1</sup> )	0,08	0,16	0,81	1,35	1,32
SiO <sub>2</sub> (mmol L <sup>-1</sup> )	0,13	0,13	0,19	0,29	0,42

tt= tidak terukur dengan alat yang ada.

Sumber: Anwar, *et al.*, (1994)

Pola yang sama terjadi pada muara anak Sungai Kapuas Murung (Sei Terusan Raya) hingga saluran primer DIR Bataguh, dan dari muara ke arah ujung saluran sekunder pada pengukuran DIR Belanti II, Kalimantan Tengah (Tabel 12 dan 13). Dari tabel tersebut terlihat, pH air menurun dengan semakin jauh dari muara sungai/muara saluran.

**Tabel 12.** Dinamika Kualitas Air Permukaan Sungai Terusan Raya (Anak Sungai Kapuas Murung) Saat Pasang Besar

No.	Posisi Pengukuran Sampel Air	pH	EC (µmhos/cm)	TDS (ppm)
1.	Sungai Kapuas Murung	5,35	32	16
2.	Muara Sei Terusan Raya	5,05	32	16
3.	5 km dari Muara Sei Terusan Raya	4,93	32	16
4.	10 km dari Muara Sei Terusan Raya	4,91	32	16
5.	14 km dari Muara Sei Terusan Raya	4,62	54	27
6.	3 km dari Muara Saluran Primer Bataguh	4,60	58	24
7.	7 km dari Muara Saluran Primer Bataguh	4,01	136	68

EC = DHL= daya hantar listrik; TDS = total padatan terlarut.

Sumber: Pengukuran tanggal 9 Juni 2021 (Khairil Anwar/Balittra/dok. pribadi)

**Tabel 13.** Dinamika Kualitas Air Permukaan Beberapa Saluran Sekunder pada Daerah Irigasi Rawa Belanti Siam Saat Pasang Kecil

Jarak	Saluran Sekunder 19	Saluran Sekunder 20	Saluran Sekunder 21
-------	---------------------	---------------------	---------------------

Muara Saluran Sekunder (m)	pH	EC (µmhos/cm)	TDS (ppm)	Ph	EC (µmhos/cm)	TDS (ppm)	pH	EC (µmhos/cm)	TDS (ppm)
0	4,12	114	57	4,08	121	60	4,20	178	89
200	4,09	107	54	4,09	105	54	4,14	114	57
400	4,14	107	53	4,08	105	54	4,15	101	55
600	4,10	107	53	4,09	105	54	4,16	108	54
800	4,10	106	53	4,11	106	54	4,46	112	56
1000	4,11	107	53	4,06	109	54	4,20	122	61
1200	4,14	108	53	4,04	113	56	4,22	147	73
1400	4,11	111	55	4,13	122	61	4,22	179	89
1600	4,14	138	69	4,06	168	84	4,19	215	107
1800	4,05	197	98	4,02	233	116	4,10	233	121
2000	4,06	232	115	3,86	270	135	4,01	274	137
2200	4,03	268	134	3,94	220	111	4,00	276	138
2400	3,83	324	162	3,84	280	140	3,93	286	143
2600	3,66	446	223	3,90	403	201	3,93	381	190

Sumber: Pengukuran tanggal 25 Juni 2021 (dokumen; Khairil Anwar/Balittra)

Pola kualitas air pada saluran sekunder dalam satu DIR juga dipengaruhi oleh kondisi tanah hamparan sawah sepanjang saluran sekunder dan kualitas air muara saluran sekunder saat pasang. Ujung saluran sekunder yang memiliki lapisan pirit lebih dalam dibanding hamparan sawah yang berada di muara saluran sekunder, akan mengalami oksidasi lebih kecil sehingga menyumbangkan asam ke air saluran juga lebih kecil. Bila pasokan kualitas air pasang muara saluran sekunder lebih jelek dari air ujung saluran sekunder, maka kualitasnya airnya semakin ke ujung saluran semakin baik (Tabel 14).

**Tabel 14.** Dinamika Kualitas Air Saluran Sekunder 31 pada Daerah Irigasi Rawa Bataguh, Kabupaten Kapuas, Kalimantan Tengah

Jarak dari Muara Saluran Sekunder (m)	pH		EC (µmhos/cm)		TDS (ppm)	
	Pasang Kecil	Pasang Besar	Pasang Kecil	Pasang Besar	Pasang Kecil	Pasang Besar
0	3,16	3,70	544	189	272	94
200	3,26	3,56	568	204	284	102
400	3,27	3,38	599	225	300	112
600	3,29	3,39	608	242	324	121
800	3,30	3,39	668	278	334	139
1000	3,34	3,38	677	288	338	144

1200	3,40	3,36	703	293	351	146
1400	3,44	3,36	778	339	389	170
1600	3,58	3,20	778	365	384	182
1800	3,58	3,27	778	390	384	195
2000	3,84	3,55	800	436	400	218
2200	4,01	3,86	841	588	427	294
2350	4,71	4,90	892	953	446	474

Sumber: Pengukuran tanggal 10 Juni 2021 (dokumen Khairil Anwar/Balittra)

Kualitas air juga dapat diprediksi dari warna air rawa, air yang terlihat bening di kawasan lahan sulfat masam berdrainase buruk umumnya merupakan indikator pH air sangat rendah karena lumpur yang ada dalam air terkoagulasi (menggumpal) sehingga menjadi lebih berat dan mengendap pada dasar saluran, terjadi pendangkalan. Air yang berwarna hitam mencirikan tingginya kandungan asam-asam organik, umumnya terdapat pada lahan gambut, sedangkan air yang berwarna kelabu (abu-abu) dan banyak mengandung lumpur, umumnya menunjukkan air yang berasal dari air sungai hasil erosi lahan kering, memiliki kualitas air yang paling baik (Gambar 12).



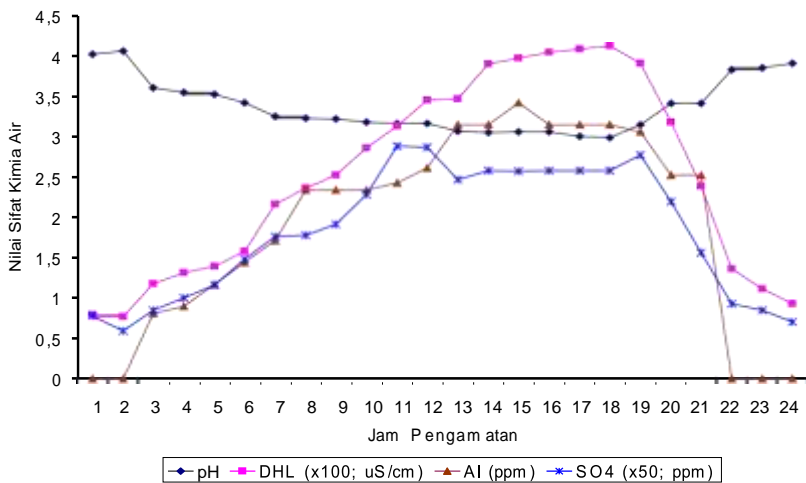
**Gambar 12.** Warna Air: Bening Kawasan Lahan Sulfat Masam (a); Hitam pada Lahan Gambut (b); dan Kelabu pada Air Sungai di Lahan Potensial (c)

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

Perubahan ketinggian muka air memengaruhi volume air sebagai pengencer atau pemekat, akibatnya berpengaruh terhadap konsentrasi ion-ion yang berada dalam air. Gerakan air pasang surut yang dinamis menyebabkan kualitas air juga bersifat dinamis. Di saat air pasang terjadi pasokan kimia yang terkandung dari air pasang dan di saat surut terjadi pasokan kimia yang terkandung dari air surut. Kandungan kimia yang terkandung dalam air pasang dan surut sangat bervariasi, dipengaruhi oleh banyak faktor, salah satunya adalah karakteristik tanah

dan hidrologi, antara lain kandungan dan kedalaman lapisan pirit, dan hidrotopografi lahan serta kelancaran sistem drainase. Dinamisnya kualitas air saluran primer-sekunder disajikan pada Gambar 13.

Pada kawasan rawa pasang surut air payau, kualitas air pasang kecil mempunyai kualitas air lebih baik daripada saat pasang besar karena saat pasang besar, air laut masuk lebih jauh ke hulu sungai sehingga kadar garamnya lebih tinggi, dan berbahaya buat pertumbuhan tanaman padi. Hal ini sesuai dengan hasil pengamatan di sepanjang Sei Segiri kawasan pantai, Kabupaten Pangkep Sulawesi Selatan pada tahun 2011 oleh Anwar, *et al.*, (2012).



**Gambar 13.** Dinamika Kualitas Air Pasang Besar Selama 24 Jam pada Saluran Sekunder

Sumber: Anwar (2006)

## B. Sistem Tata Air

Dalam pengembangan lahan pertanian, dibutuhkan dukungan infrastruktur sistem tata air. Sistem tata air yang baik, mampu mendukung kegiatan budi daya tanaman, konservasi tanah dan dapat dijadikan sarana transportasi penunjang kegiatan pertanian.

Tiap saluran primer, sekunder, dan tersier dibutuhkan dukungan infrastruktur seperti tanggul, saluran, pintu air agar dapat mengendalikan tinggi muka air dan kualitas air dalam mendukung budi daya tanaman di lahan sulfat masam.

Sistem tata air dalam satu DIR, dikelompokkan menjadi 2, yaitu

tata air makro dan mikro. Saluran air dalam sistem tata air makro mencakup saluran primer, sekunder, dan tersier yang selama ini menjadi tanggung jawab Kementerian PUPR, sedangkan pada sistem tata air mikro mencakup tata air pada hamparan persawahan, antara lain saluran cacing/kemalir, saluran keliling dalam, dan saluran kuarter. Tata air mikro tersebut selama ini menjadi tanggung jawab Kementerian Pertanian.

## 1. Tata Air Makro

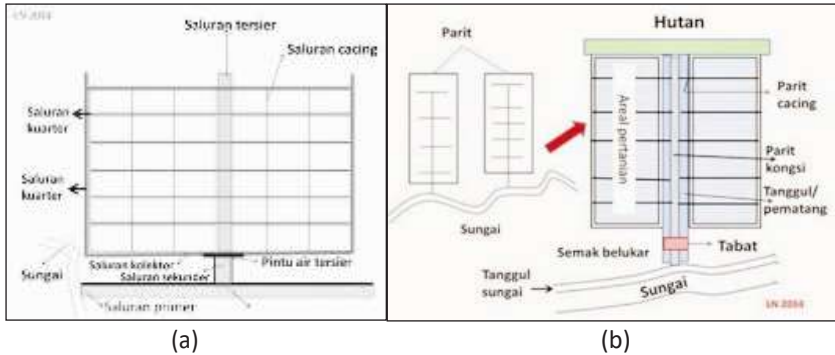
Jaringan dan infrastruktur tata air di lahan rawa sangat beragam. Jaringan sistem tata air kawasan lahan rawa pasang surut pada Pulau Sumatera umumnya menggunakan sistem sisir, sedangkan pada Pulau Kalimantan sebagian besar sistem garpu, handil/parit, dan anjir.

**Sistem garpu** memiliki saluran primer, sekunder, tersier, dan kolam. Saluran primer berupa sayap sistem tersebut yang panjangnya sekitar 1-2 km, sedangkan saluran seterusnya hingga kolam disebut saluran sekunder, yang panjangnya bervariasi 5-7 km. Saluran yang melintang saluran sekunder disebut saluran tersier. Kolam berada di ujung saluran sekunder, diharapkan menjadi tempat berputarnya arus air saat pasang dan surut.

Saat ini, sebagian besar kolam tersebut tidak berfungsi lagi terutama pada saluran sekunder yang jauh dari muara sungai utama, di mana air pasang besar yang membawa air berkualitas baik tidak mampu mencapai area kolam tersebut. Air asam hasil cucian dari lahan sawah kawasan hulu tersebut tercuci ke saluran sekunder, namun saat air surut, air asam tersebut mengalir ke muara saluran, terdorong lagi oleh air pasang masuk ke arah hulu saluran/kolam, akibatnya lumpur-lumpur pada saluran tersebut mengendap pada dasar saluran bagian ujung dan kolam sehingga terjadi pendangkalan dan tidak berfungsi.

**Sistem handil/parit** banyak terdapat di Kalimantan Selatan dan dilaksanakan oleh para petani. Sistem handil terdiri dari saluran primer dan sekunder dengan jarak yang tidak beraturan sesuai kepemilikan lahan.

Jarak antarsaluran sekunder bervariasi antardaerah, berkisar antara 200 m sampai 3,0 km, tergantung sistem tata air makro yang diterapkan. Pada sistem garpu, jarak antarsaluran sekunder berkisar 2-3 km, sedangkan pada sistem anjir berkisar 200-500 m, dan pada sistem sisir berkisar 200-400 m. Contoh desain sistem garpu dan handil disajikan pada Gambar 14.



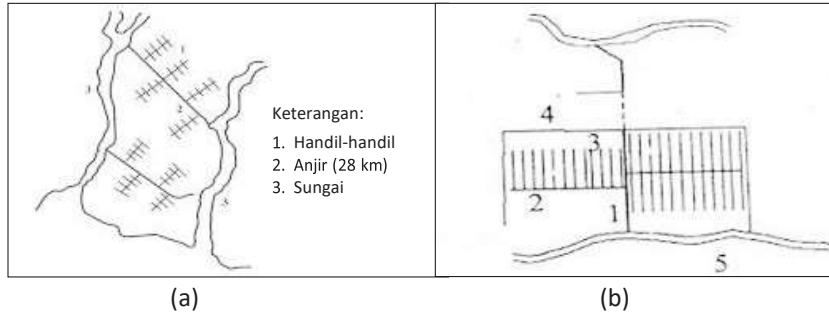
**Gambar 14.** Tata Air Sistem Garpu (a); dan Handil (b)

Sumber: Setiawan dan Nursyamsi, 2019

**Sistem anjir** merupakan saluran yang menghubungkan 2 buah sungai besar, karena berhubungan langsung dengan sungai besar, secara hierarki sistem saluran, dapat disebut sebagai saluran primer. Sepanjang saluran tersebut terdapat saluran sekunder untuk mengairi daerah pertanian kawasan lahan rawa sepanjang saluran tersebut. Sistem anjir banyak terdapat pada lahan rawa Kalimantan Selatan dan Kalimantan Tengah, antara lain anjir Tamban (Sei Barito-Sei Kapuas Murung) dan anjir Serapat (Sei Barito-Sei Kapuas Murung), anjir Basarang (Sei Kapuas Murung-Sei Kahayan).

Pada sistem anjir, air pasang dan surut bergerak dari 2 arah sungai besar yang terhubung oleh saluran anjir tersebut sehingga kekuatan arus air pasang dari kedua sungai besar tersebut membentuk keseimbangan sepanjang saluran primer-sekunder pada anjir tersebut, demikian juga sebaliknya saat surut, air mengalir kedua arah sungai besar tersebut. Air asam dari kawasan daerah tengah saluran primer sulit terdrainase dengan baik, karena air asam yang mau keluar saat surut terdorong lagi oleh air pasang dari kedua sungai tersebut, akibatnya terjadi pendangkalan saluran primer pada daerah tengah saluran anjir tersebut, selain itu kualitas air irigasi kawasan tengah saluran tersebut lebih jelek dari zona muara dari kedua sungai tersebut.

**Sistem sisir** banyak diterapkan di Pulau Sumatera. Pada sistem sisir, skim tata air terhubung dari 2 sungai utama sehingga mirip sistem anjir, namun jaringan saluran sekunder dan tersier mirip sebuah sisir. Contoh desain sistem anjir dan sisir disajikan pada Gambar 15.

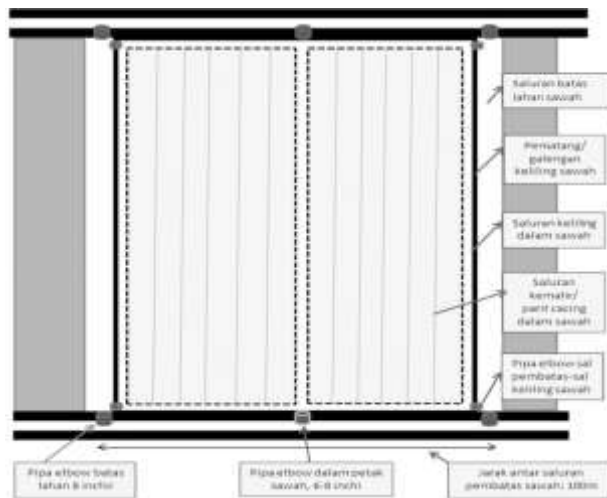


**Gambar 15.** Tata Air Sistem Anjir (a), dan Sistem Sisir (b) Keterangan: 1= Saluran Primer; 2= Saluran Sekunder; 3= Saluran Tersier; 4= Saluran Pelindung/Penyangga; 5= Sungai

Sumber: Puspita, *et al.*, 2019

## 2. Tata Air Mikro

Tata air mikro merupakan pengelolaan skala hamparan persawahan petani, baik pada persawahan tersebut maupun saluran tersier yang langsung berhubungan dengan persawahan. Sistem jaringan air yang terbentuk umumnya berupa saluran tersier (pada DIR Kalimantan Tengah) atau saluran kuartier (pada DIR Kalimantan Selatan), saluran keliling sawah dan saluran kemalir. Saluran tersier/kuartier di atas merupakan saluran penghubung antara saluran sekunder dengan saluran batas sawah atau keliling sawah. Untuk memperlancar gerakan air pada hamparan sawah dibuat saluran cacing/kemalir. Ilustrasi desain tata air mikro satu petak sawah untuk budi daya padi disajikan pada Gambar 16.



**Gambar 16.** Ilustrasi Desain Tata Air Mikro pada Suatu Petak Sawah untuk Budi Daya Padi dengan Lebar 100 m dan Panjang 200 m

Sumber: Khairil Anwar/Balitra (dokumentasi pribadi)

## C. Fungsi dan Strategi Pengelolaan Air

Pengelolaan air memiliki banyak fungsi antara lain: memperbaiki kualitas tanah, meminimalkan terjadinya degradasi lahan, meningkatkan produktivitas dan indeks pertanaman (IP). Pengelolaan air yang baik dapat meminimalkan penurunan kualitas tanah sehingga tanah tidak cepat menjadi lahan

terlantar dan dapat meningkatkan produksi pertanian. Beragamnya kondisi hidrologi kawasan rawa lahan sulfat masam memunculkan potensi dan masalah tanah dan air yang beragam pula. Strategi pengelolaan air harus sesuai dengan karakteristik dan masalah yang dihadapi serta tujuan yang akan dicapai dari kegiatan yang dilakukan.

## 1. Kualitas Tanah

Kualitas tanah diprioritaskan pada sifat kimia penghambat pertumbuhan tanaman, yaitu pH, daya hantar listrik (DHL) atau salinitas, kadar Al dan besi. Selain itu, kadar dan kedalaman lapisan pirit sebagai sumber kemasaman tanah menjadi parameter kualitas tanah, sedangkan kadar hara yang rendah dapat diatasi melalui pemberian pupuk.

Kualitas tanah dipengaruhi oleh dinamika tinggi muka air atau luapan air pasang/tarikan air surut. Pada lahan **tipe luapan A**, lahan selalu terluapi oleh air pasang, memiliki masalah kemasaman yang relatif kecil walaupun lapisan piritnya relatif dangkal. Kondisi ini disebabkan luapan air pasang yang terjadi setiap hari akan menghambat terjadinya oksidasi senyawa pirit, akibatnya kemasaman yang diakibatkan oleh oksidasi senyawa pirit dapat ditekan. Kemasaman yang rendah menyebabkan kelarutan Al juga rendah sehingga peluang terjadinya keracunan ion tersebut relatif kecil. Gerakan air pasang surut yang lancar pada zona tersebut juga akan mencuci ion beracun lainnya seperti ion besi, karena itu peluang munculnya gejala keracunan besi relatif kecil, namun pada persawahan yang sistem drainasinya kurang baik dapat memunculkan keracunan besi tersebut.

Gerakan air yang sangat dinamis setiap hari akan mencuci hara-hara dan ion lainnya pada persawahan, baik yang ada dalam larutan tanah maupun yang diberikan dalam bentuk pupuk, akibatnya sering muncul gejala kekurangan hara, seperti hara nitrogen (N) dan kalium (K) (Jumberi, *et al.*, 1992; Anwar, *et al.*, 1995; Anwar dan Masganti, 2020).

Pada musim kemarau, terjadi peningkatan konsentrasi kadar garam. Lahan sulfat masam yang berada pada kawasan zona air payau/asin akan mengalami intrusi air asin/payau. Jangkauan intrusi dan kadar garam air semakin meningkat dengan semakin rendahnya curah hujan pada musim kemarau. Kondisi ini disebabkan rendahnya air pengencer dari hujan dan air pasokan dari kawasan hulu, sehingga dorongan air pasang laut mampu menjangkau lebih jauh pada aliran sungai utama dan saluran primer-sekunder (Anwar, 2014).

Pada lahan **tipe luapan B**, peluang oksidasi senyawa pirit terjadi pada periode pasang kecil, terutama pada musim kemarau, karena terjadinya penurunan muka air tanah di bawah lapisan pirit.

Oksidasi senyawa pirit ini mengakibatkan terjadinya peningkatan kemasaman tanah, kelarutan aluminium dan ion toksik lainnya, hara-hara mudah tercuci. Pada sawah yang berdrainase buruk akan muncul keracunan besi pada padi. Oksidasi ini juga menyebabkan kedalaman lapisan pirit (lapisan sulfidik) berada lebih dalam, karena lapisan pirit bagian atasnya telah teroksidasi menghasilkan asam (horizon sulfurik) (Anwar dan Nursyamsi, 2014; Anwar dan Nurzakiah, 2017).

Lahan **tipe luapan C dan D**, tidak terluapi air pasang. Kondisi ini mengakibatkan peluang terjadinya oksidasi senyawa pirit menjadi sangat besar, terutama pada musim kemarau. Kondisi ini menyebabkan lahan sulfat masam tipe luapan C atau D menjadi lebih masam dibanding tipe luapan B, kelarutan ion toksik seperti Al lebih tinggi dan hara semakin mudah tercuci (Anwar dan Mawardi, 2017).

Dalam sistem tata air makro, baik sistem anjir, maupun sistem garpu atau sisir, pada suatu jaringan saluran primer atau primer-sekunder yang bermuara langsung ke sungai utama, lahan tipe luapan A umumnya berada pada zona muara, lahan tipe luapan B berada pada zona tengah, dan lahan tipe luapan C/D berada pada zona bagian ujung saluran. Perbedaan ini diakibatkan menurunnya

kemampuan dorongan air pasang masuk ke saluran primer tersebut.

## 2. Produktivitas dan Indeks Pertanaman

Produktivitas menunjukkan hasil per satuan luas tanam. Produktivitas tanaman pangan pada lahan sulfat masam ditentukan oleh banyak faktor, salah satunya adalah aspek hidrologi. Air sangat berperan dalam oksidasi-reduksi senyawa pirit, pencucian asam, ion toksik, dan hara, kekeringan dan banjir, dan efektivitas aplikasi komponen teknologi dalam budi daya tanaman pangan. Untuk mendapatkan produktivitas yang tinggi dibutuhkan pengelolaan air sesuai karakteristik hidrologi pada kawasan yang dikembangkan. Pengelolaan air ditujukan agar lahan tidak banjir dan kekeringan, terhindar dari intrusi air garam, sirkulasi air berjalan lancar sehingga mampu membuang asam-asam dan ion toksik dari area persawahan, dan ketinggian muka air dapat dikendalikan sehingga muka air sawah dapat diatur sesuai kebutuhan pada saat aplikasi komponen teknologi.

Indeks pertanaman (IP) menunjukkan jumlah penanaman dalam setahun. Potensi IP secara fisik lahan tersebut ditentukan oleh dukungan aspek hidrologi. Lahan yang ditanami pola padi-padi membutuhkan ketersediaan air yang cukup dan terkendali selama masa pertanaman, baik bertanam pada musim hujan maupun musim kemarau. Berdasarkan potensi air tersebut, maka lahan tipe luapan A dan B berpotensi untuk ditanam IP 200 dengan pola padi-padi, sedangkan lahan tipe luapan C berpotensi IP 200 dengan pola padi-palawija atau palawija-palawija, dan tipe luapan D berpotensi dikembangkan kombinasi tanaman tahunan

dengan palawija (kedelai, jagung, jeruk, kopi, dan lain-lain). Untuk mendukung peningkatan IP dibutuhkan dukungan pengelolaan air, agar air bisa tercukupi sesuai kebutuhan air pada setiap musim tanam.

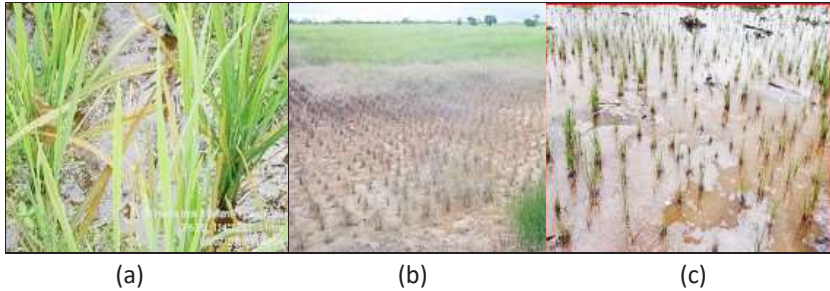
## 3. Strategi Perbaikan Tata Air

Tata air memiliki peran utama dalam menunjang peningkatan produksi tanaman pangan di lahan sulfat masam. Masalah hidrologi seperti banjir, kekeringan, intrusi air asin, kemasaman tanah/air serta keracunan pada tanaman membutuhkan tata air, baik skala makro maupun mikro. Tata air ditujukan untuk mengantisipasi permasalahan air tersebut agar tidak menghambat pertumbuhan tanaman pangan. Tata air tersebut dapat dibedakan menjadi 2 kelompok, yaitu tata air mikro (hamparan persawahan) dan tata air makro (kawasan satu unit DIR). Keragaan masalah hidrologi untuk kegiatan pertanian disajikan pada Gambar 17 dan 18.



**Gambar 17.** Banjir Kiriman dan Kekeringan pada Hamparan Persawahan Rawa

Sumber: Kharil Anwar/Balittra/dokumen pribadi



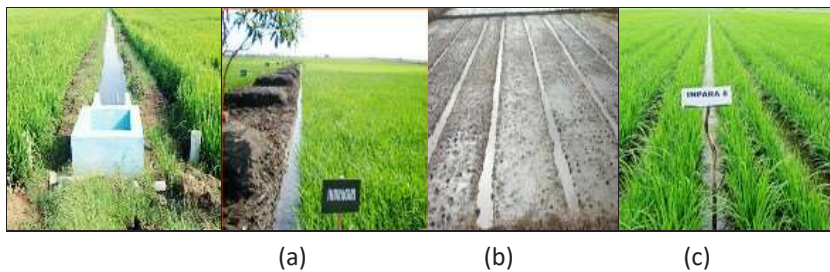
**Gambar 18.** Dampak Pengelolaan Air yang Buruk terhadap Tanaman Padi: Keracunan Besi (Kiri); Keracunan Aluminium (Tengah); Intrusi Air Asin (Kanan)

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

**Tata air mikro** merupakan pengelolaan pada hamparan persawahan, mencakup saluran kuartier/saluran batas lahan, saluran keliling dan saluran kemalir/cacing. Saluran batas lahan berada di antara 2 petak kepemilikan lahan/sawah, sedangkan saluran keliling merupakan saluran bagian dalam (di samping tanggul keliling) yang mengelilingi petak sawah untuk memperlancar gerakan air ke sekeliling sawah. Strategi perbaikannya adalah mendukung sistem tata air yang diterapkan, baik pada sistem aliran satu arah/dua arah maupun tabat bertingkat.

Saluran-saluran pendukung yang telah ada di persawahan perlu dilakukan normalisasi agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya, baik dari segi kedalaman saluran maupun kelancaran aliran air, sedangkan pada persawahan yang belum memiliki saluran-saluran tersebut, perlu dibuatkan agar sirkulasi air pada petak sawah berjalan lancar sehingga asam-asam dapat tercuci dari sawah (Anwar, 2012).

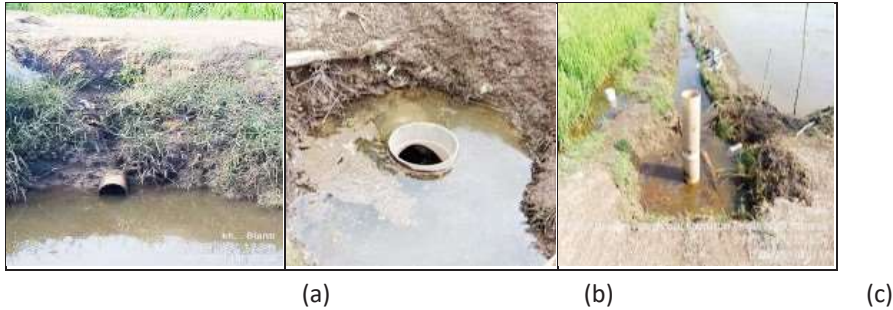
Saluran kemalir/cacing dibuat saat olah tanah terakhir untuk memperlancar gerakan aliran air. Jarak antarsaluran kemalir tergantung kedalaman lapisan pirit dan tingkat kemasaman, semakin dangkal lapisan pirit/masam, semakin rapat, jarak antarsaluran kemalir berkisar 3-12 m (Anwar dan Sari, 2007; Anwar, 2008; Anwar, *et al.*, 2017). Selain pembuatan saluran kemalir, untuk memperlancar gerakan air dalam petak sawah, dapat juga dilakukan dengan menerapkan sistem tanam padi jajar legowo, sehingga ada alur air di antara baris tanaman. Keragaan saluran batas kepemilikan sawah, saluran keliling, saluran kemalir dan sistem tanam padi jajar legowo di sawah disajikan pada Gambar 19.



**Gambar 19.** Saluran Batas Lahan (a); dan Saluran Keliling Dalam (b); Saluran Kemalir (c); Tanam Padi Jajar Legowo (d)

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

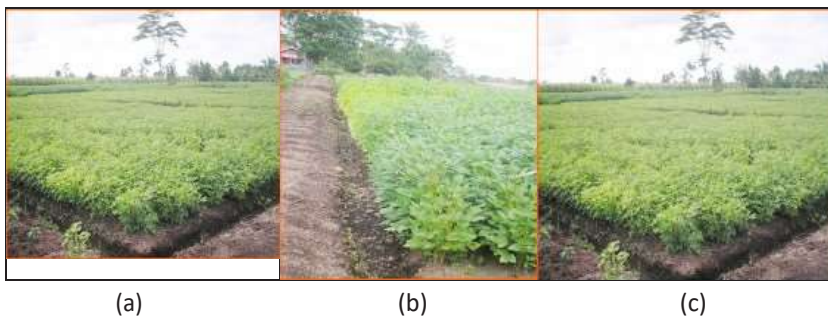
Tata air mikro membutuhkan pintu satu arah pada skala saluran tersier-kuartier dan pipa paralon penghubung serta pintu elbow untuk mengendalikan tinggi muka air. Keragaan pipa penghubung paralon, elbow dan penutupnya disajikan pada Gambar 20. Pintu satu arah dimaksudkan agar air mengalir ke satu arah, dari saluran inlet ke saluran outlet (Anwar dan Noor, 2014).



**Gambar 20.** Pipa Paralon Penghubung Petak Sawah dengan Saluran Sekunder/Tersier (a); Mulut Elbow (b); dan Penutup Elbow (c)

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

Berbeda dengan padi, pertanaman palawija seperti kedelai, jagung, kacang tanah membutuhkan kondisi lembap atau kadar air kapasitas lapang, tidak tergenang dan tidak kekeringan. Kondisi tergenang mengakibatkan pertumbuhan tanaman terhambat, karena itu pertanaman palawija dilakukan pada lahan tipe luapan C atau D. Hal ini terjadi karena air genangan mengandung asam yang tinggi dan menghambat perkembangan akar tanaman. Untuk mencegah terjadinya genangan saat hujan dibutuhkan saluran kemalir atau parit drainase. Dimensi dan jarak antarsaluran drainase ditentukan oleh kelancaran drainase dan ketinggian muka air saat puncak musim hujan. Semakin buruk kondisi drainase lahan, jarak antarsaluran semakin pendek dan semakin dalam. Dimensi saluran drainase dibuat dengan lebar 30 cm dan dalam 20-25 cm, sesuai kondisi drainase area pertanaman palawija, sedangkan jarak antarsaluran drainase berkisar 6-12 m (Anwar, 2002; Anwar dan Muhammad, 2007; Anwar dan Noor, 2014). Keragaan tanaman palawija yang memiliki saluran drainase disajikan pada Gambar 21.



**Gambar 21.** Keragaan Tanaman Jagung, Kedelai, dan Kacang Tanah di Lahan Rawa Pasang Surut Tipe Luapan C yang Memiliki Saluran Drainase

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

Pada **tata air makro**, ada beberapa strategi yang dapat diterapkan dalam memperbaiki tata air: (a) normalisasi saluran; (b) normalisasi pintu-pintu pengendali tinggi muka air dan intrusi air asin; (c) normalisasi tanggul-tanggul penahan air; (d) penerapan sistem satu arah pada lahan tipe luapan B; dan (e) penerapan sistem tabat/ dam bertingkat pada lahan tipe luapan C (Anwar, 2012).

Kondisi saluran di lahan sulfat masam umumnya mengalami pendangkalan dan ditumbuhi banyak gulma. Kondisi ini menghambat sirkulasi air, baik yang bersifat irigasi maupun drainase. Sirkulasi yang terhambat mengakibatkan terhambatnya pencucian asam-asam dan ion besi serta senyawa toksik lainnya dari daerah persawahan, tingginya genangan air di persawahan karena kesulitan membuang air, kekeringan di lahan karena sulitnya memberi pasokan air ke area persawahan.

Normalisasi saluran menjadi hal penting untuk memperlancar sirkulasi air tersebut.

Pintu air sangat diperlukan agar dapat mengendalikan volume dan kualitas air yang masuk ke saluran tersier dan persawahan. Sebagian besar pintu-pintu air pada saluran sekunder mengalami kerusakan sehingga tidak bisa berfungsi sebagaimana mestinya. Kondisi ini membutuhkan normalisasi agar pintu-pintu tersebut dapat berfungsi kembali. Keragaan kondisi pintu air di lahan rawa pasang surut yang telah mengalami kerusakan disajikan pada Gambar 22.



(a)

(b)

**Gambar 22.** Kondisi Pintu Air yang Telah Mengalami Kerusakan Sehingga Kehilangan Fungsinya

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

Tanggul-tanggul yang berada di sepanjang saluran primer dan sekunder secara umum cukup baik, namun sebagian terdapat ketinggian muka tanggul yang relatif lebih rendah dibandingkan tinggi muka air pasang maksimum, akibatnya air pasang besar meluapi tanggul. Kondisi ini menyebabkan terjadinya banjir atau genangan pada area persawahan, untuk itu tanggul tersebut perlu dilakukan normalisasi agar dapat berfungsi sebagaimana mestinya.

Tanggul sering mengalami rembesan sehingga tinggi muka air selalu sama atau hampir sama antara di luar dengan di dalam tanggul, kondisi ini dapat disebabkan karena penampang tanah memiliki lapisan gambut atau pasir yang porous sehingga air mudah merembes, demikian juga banyaknya bekas akar atau ranting dalam penampang tanah kemudian melapuk membentuk alur air dari lubang bekas akar (Gambar 23).



(a)

(b)

(c)

**Gambar 23.** Penampang Tanah Gambut (a); Berpasir (b); dan Lubang Air Bekas Akar (c)

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)

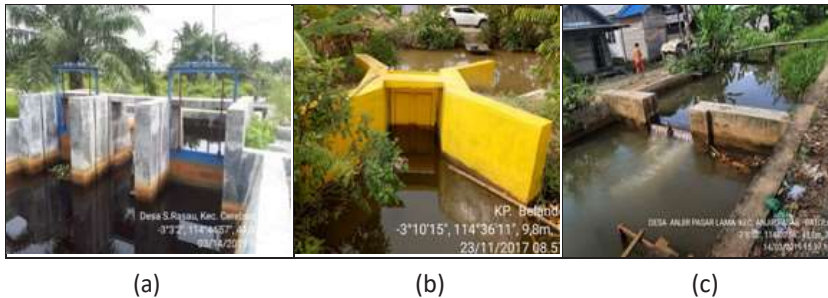
Lubang-lubang bekas akar tersebut merupakan sarana mengalirkan air. Beberapa hasil penelitian yang telah dilakukan pada kawasan lahan sulfat masam delta Pulau Petak Kalimantan Tengah menunjukkan bahwa faktor yang memengaruhi kemampuan meloloskan air, antara lain: kedalaman air tanah, rekahan tanah dan lubang akar, struktur tanah, tekstur, pori makro/mikro, dan tingkat kematangan tanah. Berdasarkan pengukuran kecepatan pemulihan tinggi muka air pada sebuah sumbu yang disedot airnya dengan pompa (*pumping test*), diketahui bahwa

(a) semakin dalam air tanah, semakin lambat pemulihan tinggi muka air; (b) semakin banyak atau

semakin besar diameter lubang akar danrekahan, semakin cepat pemulihan tinggi muka air; (c) tanah yang remah (struktur blok/kotak dan prismatik) lebih cepat memulihkan ketinggian muka air dibanding penampang tanah tanpa struktur (masif); dan (d) semakin matang tanah semakin lambat pemulihan muka air tanah (Hamming, *et al.*, 1989).

Penerapan aliran dua arah (air irigasi/drainase berada pada saluran yang sama) diterapkan pada kawasan yang tidak bermasalah dengan kualitas air, umumnya berada pada lahan tipe luapan A. Besarnya pasokan air pada kawasan tersebut membutuhkan dukungan pintu stoplog permanen, agar pasokan air ke hamparan sawah dapat dikendalikan. Penerapan sistem aliran satu arah pada tata air lahan tipe luapan B dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas pasokan air ke sawah, di mana saluran masuk (inlet) berbeda dengan saluran keluar (outlet). Pemisahan saluran inlet dengan outlet tersebut dimaksudkan untuk mencegah tercampurnya air asam hasil drainase dari sawah dengan pasokan air pasang yang berkualitas baik, sehingga dapat menurunkan kualitas pasokan air ke sawah. Untuk menerapkan sistem aliran satu arah dibutuhkan dukungan pintu ayun satu arah pada saluran inlet dan outlet.

Penerapan tabat bertingkat (dam limpas) pada tata air lahan tipe luapan C dimaksudkan agar permukaan air tetap dapat dipertahankan untuk mencegah teroksidasinya senyawa pirit, namun asam-asam dan ion toksik lainnya masih dapat keluar saat air melimpasi muka pintu tabat. Ketinggian muka tabat diatur sesuai ketinggian muka air sawah yang ingin dipertahankan, secara bertingkat sesuai zona topografi atau kontur lahan sepanjang saluran (Gambar 24).



**Gambar 24.** Pintu Ulir (a); Pintu Ayun (b); Pintu Stoplog/Pintu Tabat Bertingkat (Limpas) (c)

Sumber: Khairil Anwar/Balittra (dokumentasi pribadi)