

BAB II

LANDASAN TEORI PENELITIAN

2.1 Uraian Umum

Dalam merencanakan sistem jaringan irigasi, dibutuhkan berbagai disiplin ilmu yang saling mendukung untuk mencapai hasil perencanaan yang optimal. Beberapa disiplin ilmu yang terlibat di antaranya adalah irigasi, rekayasa, hidrologi, hidrolika, bangunan air, serta rekayasa lingkungan untuk mengevaluasi lingkungan yang terdampak oleh pembangunan jaringan irigasi tersebut.

Untuk mendukung jalannya proses dalam merencanakan jaringan irigasi pada tambak, diperlukan tinjauan pustaka yang dapat menetapkan spesifikasi-spesifikasi sebagai dasar acuan dalam perencanaan tersebut. Berbagai analisis yang diperoleh dari kajian pustaka akan sangat penting, terutama dalam pengolahan data dan penyusunan desain perencanaan.

2.2 Irigasi Tambak

Jaringan irigasi tambak adalah sistem yang dirancang untuk mengatur dan menyediakan aliran air ke dalam tambak secara teknis dan sistematis. Meskipun mirip dengan sistem irigasi yang digunakan di lahan pertanian, terdapat perbedaan penting pada irigasi tambak, yaitu penggunaan pasokan air laut, sementara irigasi pertanian biasanya mengandalkan air tawar. Berdasarkan cara pengaturan, pengukuran aliran air, dan kelengkapan fasilitas yang tersedia, jaringan irigasi tambak dapat dibagi menjadi tiga tingkat, yaitu irigasi sederhana, irigasi semi-teknis, dan irigasi teknis.

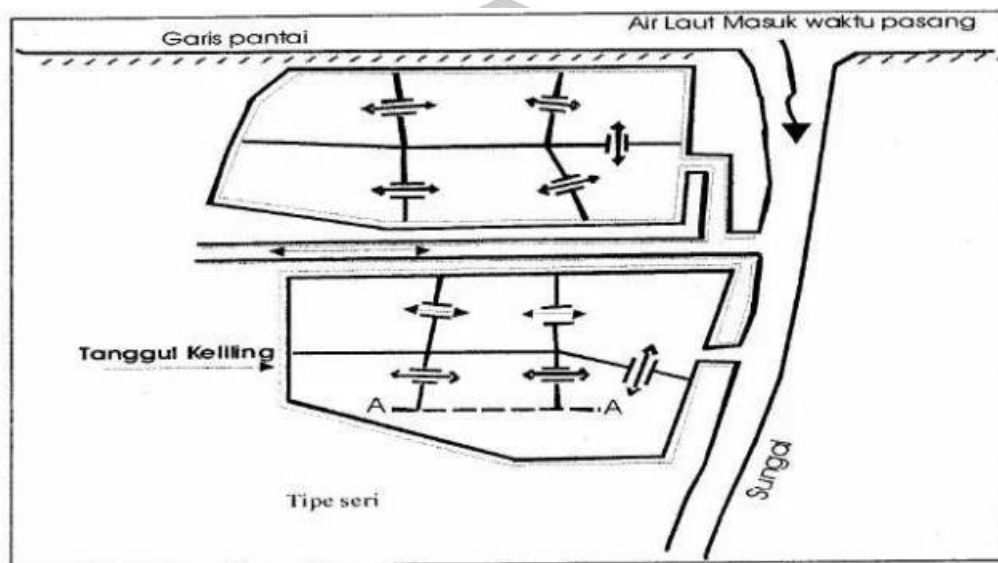
2.2.1 Sistem Irigasi Tambak Sederhana

Sistem irigasi tambak sederhana setara dengan irigasi pada pedesaan dalam pertanian, di mana jaringan irigasi yang diterapkan bersifat sederhana dan mudah untuk diatur. Pada irigasi tambak tradisional, saluran yang mengalirkan air payau dan saluran pembuang tidak dipisahkan, sehingga menyebabkan pencampuran antara air tawar dan laut secara natural.

Pencampuran ini bersifat acak, yang mengakibatkan banyaknya air dan kualitas air yang masuk dalam tambak tidak dapat terkendali. Hal ini dapat mempengaruhi kondisi lingkungan di dalam tambak, termasuk kesehatan biota yang dibudidayakan. Dalam sistem yang tidak teratur ini, sulit untuk memastikan

bahwa kualitas air selalu sesuai dengan kebutuhan spesifik jenis ikan atau udang yang dibudidayakan, yang pada gilirannya dapat memengaruhi hasil panen.

Meskipun sederhana, sistem irigasi tambak ini tetap memiliki nilai, terutama untuk pengelolaan tambak kecil yang tidak memerlukan infrastruktur yang kompleks. Namun, untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas, penting untuk mempertimbangkan pengembangan sistem irigasi yang lebih terstruktur dan terencana.



Gambar 2.1 Irigasi Tambak Sederhana

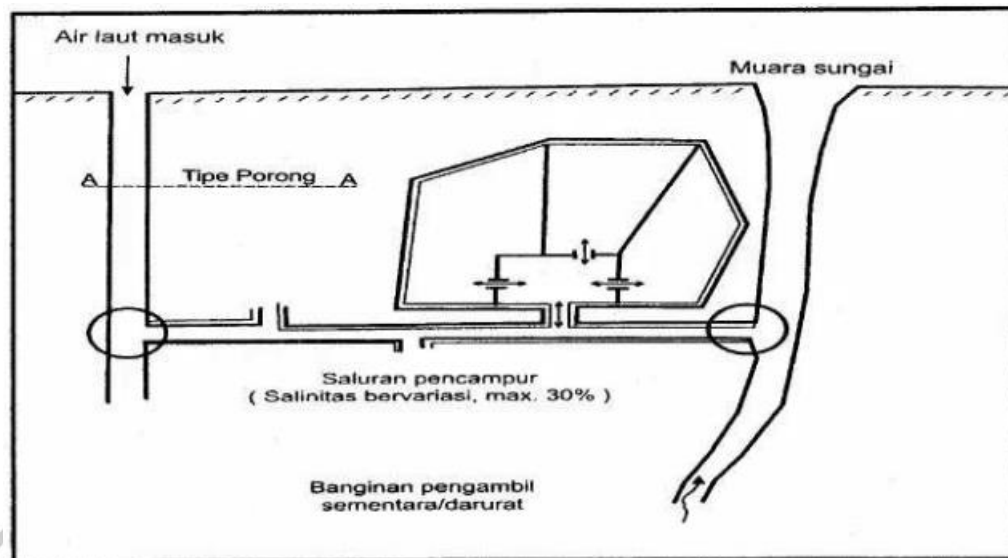
Sumber : Petunjuk tata cara perencanaan teknik irigasi tambak udang, Puslit Pengairan

2.2.2 Sistem Irigasi Tambak Semi Teknis

Yang membedakan antara jaringan irigasi sederhana dan irigasi semi-teknis terletak di keberadaan saluran pencampur yang mengatur aliran air asin dan air tawar. Pada sistem irigasi sederhana, saluran air payau dan pembuangan tidak terpisah, yang menyebabkan pencampuran air berlangsung secara alami dan tidak teratur.

Sebaliknya, pada jaringan irigasi semiteknis, terdapat saluran khusus yang dirancang untuk mencampur air asin dan air tawar secara lebih terencana. Hal ini memungkinkan pengelolaan kualitas dan kuantitas air yang lebih optimal, sehingga petani tambak dapat mengontrol salinitas air. Dengan sistem yang lebih baik, sistem semiteknis dapat meningkatkan kesehatan biota yang dibudidayakan dan meningkatkan produktivitas tambak secara keseluruhan. Keberadaan saluran

pencampur ini juga membantu dalam meminimalkan dampak negatif dari fluktuasi kualitas air, sehingga mendukung keberlanjutan usaha budidaya perikanan di tambak.



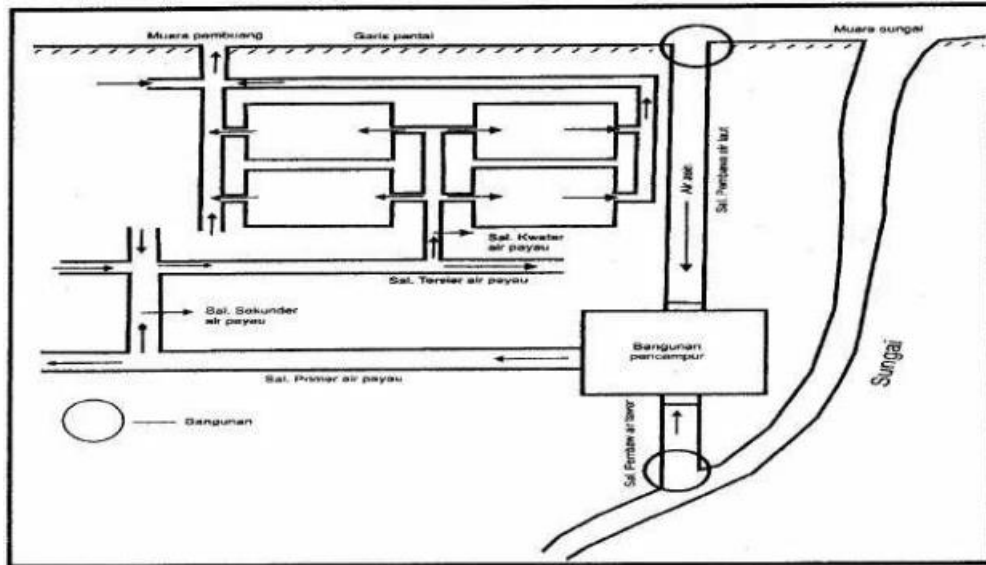
Gambar 2.2 Irigasi Tambak Semi Teknis

Sumber : Petunjuk tata cara perencanaan teknik irigasi tambak udang, Puslit Pengairan

2.2.3 Irigasi Tambak Teknis

Jaringan irigasi teknis di implementasikan khusus untuk usaha pembudidayaan tambak berkembang dan tambak moderen. Sistem ini dirancang dengan infrastruktur yang kompleks dan terintegrasi, memungkinkan pengelolaan air yang efisien dan kontrol yang lebih baik terhadap kualitas air. Ciri-ciri jaringan irigasi tambak teknis adalah sebagai berikut:

- a. Saluran drainase dan saluran irigasi di tempatkan ditempat berbeda
- b. Saluran untuk pengambilan air laut dan saluran untuk pengambilan air tawar di tempatkan berbeda
- c. Pencampuran air tawar dan air laut dilakukan di dalam bak pencampur
- d. Petak tersier menampung air payau dengan kapasitas yang telah ditentukan



Gambar 2.3 Irigasi Tambak Teknis

Sumber : Petunjuk tata cara perencanaan teknik irigasi tambak udang, Puslit Pengairan

2.3 Prasarana Jaringan Irigasi Tambak

2.3.1 Saluran Irigasi

Saluran air memiliki fungsi sebagai tempat menyalurkan air dari asalnya ke petakan-petakan tambak, serta mengalirkan air dari petakan-petakan menuju tempat drainase. Didaerah yang sudah memiliki saluran natural, elevasi tanah pada area tersebut telah memenuhi ketentuan dalam penyediaan air. Dalam kondisi ini, lebih dibutuhkan yaitu kebutuhan air yang memadai atau membuat saluran yang lebih dalam agar dapat memenuhi kebutuhan pengairan. Proses pendalaman saluran bertujuan untuk meningkatkan kapasitas aliran air, sehingga dapat memastikan pasokan air yang cukup untuk pertumbuhan biota tambak. Dengan demikian, pengelolaan saluran yang efektif sangat penting dalam menjaga kualitas dan kuantitas air yang diperlukan untuk keberhasilan budidaya.

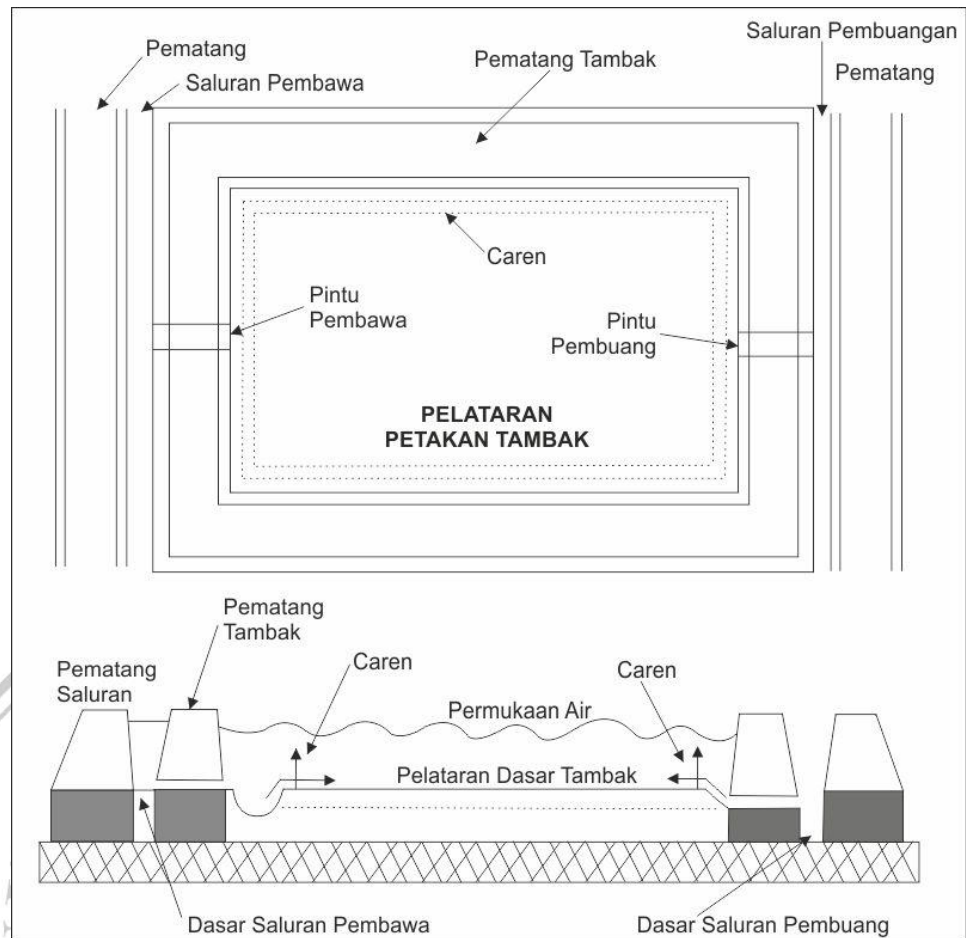
Saluran yang terdapat di jaringan irigasi tambak dapat dibedakan berdasarkan beberapa pengkategorian yaitu:

- a. Saluran utama atau saluran primer merupakan jaringan irigasi tambak yang berfungsi sebagai pemasok maupun pembuang
- b. Saluran cabang utama atau saluran sekunder merupakan saluran yang berfungsi sebagai pemasok maupun pembuang; dan

- c. Saluran cabang sekunder atau saluran tersier merupakan saluran air payau yang memiliki fungsi sebagai saluran pemasik maupun pembuang dan hanya terdapat pada jaringan irigasi teknis tambak.

Jenis saluran juga dapat dibedakan menurut fungsinya yaitu:

- a. Saluran irigasi air tawar memang memiliki peran penting dalam mengalirkan air tawar ke dalam tambak dengan tujuan menjaga kualitas dan salinitas air agar tetap sesuai untuk budidaya ikan atau udang. Dalam pengelolaan tambak, penggunaan air tawar sangat penting, terutama untuk mengganti air yang telah tercemar atau untuk mengatur salinitas air dalam tambak.
- b. Saluran irigasi air asin memiliki peran yang sangat penting dalam distribusi air asin ke tambak atau sistem irigasi lainnya, tergantung pada klasifikasi dan kebutuhan jaringan irigasi tambak yang ada. Fungsi utama dari saluran irigasi air asin adalah untuk mengalirkan air dari bangunan pengambil air asin (seperti saluran intake) ke bangunan atau saluran pencampur (*mixing channel*) atau langsung ke jaringan irigasi tambak, dengan memperhatikan beberapa aspek penting antara lain kebutuhan air, sifat aliran dan angkutan sedimen yang ada. Saluran irigasi air asin yang mengalirkan air laut ke tambak dapat menggunakan dua tipe saluran, yaitu saluran terbuka dan saluran tertutup, yang masing-masing memiliki karakteristik, persyaratan, dan aplikasi yang berbeda.
- c. Saluran irigasi air payau berfungsi untuk menyalurkan air payau dari sumber air (seperti estuari, muara) ke petakan tambak untuk mendukung budidaya perikanan atau budidaya lainnya yang membutuhkan salinitas tertentu.
- d. Saluran pembuang merupakan salah satu komponen penting dalam sistem irigasi tambak, yang berfungsi untuk membuang air yang telah digunakan di tambak, baik itu air yang telah tercampur dengan air tawar, air payau, atau air asin. Saluran ini memiliki beberapa fungsi utama, termasuk membuang air kelebihan (misalnya, saat ada hujan atau ketika volume air terlalu banyak), mengeringkan tambak, dan mengganti air untuk menjaga kualitas lingkungan tambak dan kesehatan biota yang dibudidayakan.



Gambar 2.4 Desain Konstruksi Tambak Udang

Sumber : Petunjuk Budidaya Tambak Terpadu (IMTA) Integrated Multi Tropic Aquaculture

2.3.2 Pintu Air

Pintu air tambak adalah perangkat yang digunakan untuk mengontrol aliran air yang masuk dan keluar dari tambak. Alat ini berfungsi untuk mengatur jumlah air yang mengalir, serta menjaga kualitas air di dalam tambak agar tetap ideal bagi pertumbuhan biota tambak seperti ikan atau udang. Oleh karena itu, untuk memperoleh air baru secara optimal, perlu dilakukan pengaturan pintu air, baik untuk membuang air lama maupun menggantinya dengan air yang baru. Berikut ini adalah beberapa tipe pintu air yang dapat diterapkan di kawasan tambak, diantaranya yaitu:

- a. Pintu sorong adalah jenis pintu berbahan seperti kayu, besi, atau fiber, yang digerakkan secara keatas maupun kebawah (vertikal) untuk membuka atau menutup saluran air. Pintu ini dioperasikan secara manual dan berfungsi

untuk mengatur aliran air, seperti menghindari banjir, mengendalikan pasokan air, serta mempertahankan air pada saluran saat musim kemarau. Pintu ini sering digunakan dalam sistem pengairan dan saluran air untuk menjaga kestabilan aliran air sesuai kebutuhan.

- b. Pintu air pada petakan tambak terbuat dari konstruksi kayu atau beton. Dibagian tengah pintu air terdapat tiga alur sekat yang digunakan untuk memasang saringan dengan ukuran berbeda, mulai dari kasar, sedang, hingga halus. Saringan yang dipasang berfungsi untuk menyaring kotoran dan mencegah masuknya ikan liar dari luar ke dalam tambak, sehingga kualitas air di dalam tambak tetap terjaga dan tidak terganggu oleh organisme atau kotoran yang tidak diinginkan.

2.3.3 Polder dan Tanggul

Polder adalah area yang tertutup, di mana tinggi permukaan airnya dikendalikan secara buatan (Sawarendro, 2010:91). Melalui sistem polder, pengaturan air dapat dilakukan dengan lebih efektif berkat adanya tanggul dan pintu air yang berfungsi untuk mengontrol dampak air dari luar terhadap lahan. Dalam sistem ini, saluran pembawa dan pembuang dipisahkan untuk memastikan pengelolaan air yang lebih efisien dan terkontrol. Polder yang berfungsi dengan baik dicirikan dengan beberapa kondisi berikut:

- Dalam sistem polder, saluran irigasi dan saluran drainase harus terpisah dengan jelas agar pengelolaan air lebih terkontrol, dengan saluran irigasi untuk memasok air ke lahan dan saluran drainase untuk mengalirkan air ke luar.
- Tanggul yang mengelilingi polder harus kuat dan pintu-pintu air yang ada dapat berfungsi secara optimal untuk mengatur aliran air masuk dan keluar dari area polder.
- Polder yang baik mampu melindungi lahan dari dampak negatif air luar, seperti banjir atau pencemaran, dan menjaga kestabilan ekosistem di dalamnya.
- Sistem drainase yang berfungsi dengan baik akan mengurangi risiko tambak mengalami banjir dan genangan air, serta memastikan bahwa air yang berlebih dapat mengalir dengan lancar dari dalam polder.

- Muka air dalam polder dapat dikendalikan dengan baik, baik untuk menghindari genangan berlebihan maupun untuk memastikan pasokan air yang cukup untuk kebutuhan pertanian atau lahan lainnya.

Dengan memenuhi kondisi-kondisi tersebut, sistem polder dapat berfungsi dengan optimal untuk pengendalian air dan pemanfaatan lahan yang efisien.

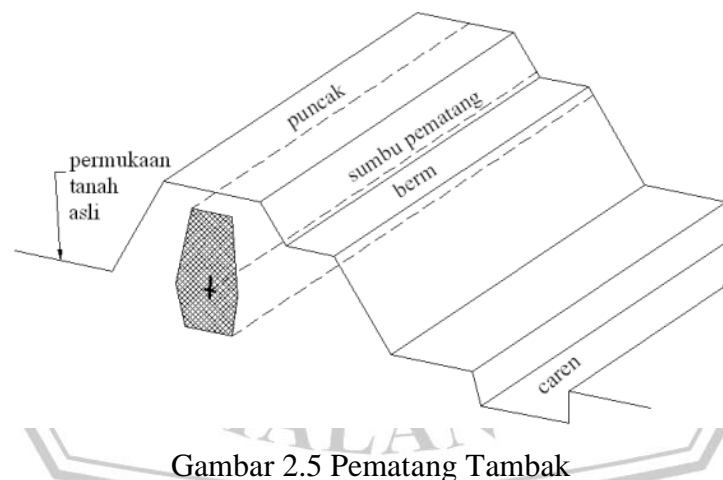
Tanggul merupakan sebuah struktur pembatas atau dinding yang dibangun di sepanjang garis pantai, sungai, atau sekitar tambak untuk mengatur aliran air serta mencegah banjir atau erosi. Pada tambak, terdapat dua jenis tanggul, diantaranya tanggul utama dan tanggul pengantara. Tanggul utama adalah pematang yang melingkupi seluruh petakan tambak dan berfungsi untuk melindungi tambak dari masuknya air laut atau air dari luar yang dapat merusak ekosistem tambak. Tanggul pengantara terletak di antara unit tambak yang satu dengan yang lainnya. Tanggul ini berfungsi untuk membatasi dan memisahkan aliran air antar unit tambak, sekaligus mengatur sirkulasi air dalam tambak agar tetap optimal. Kedua jenis pematang ini sangat penting dalam pengelolaan air tambak, menjaga kestabilan ekosistem tambak, dan memastikan bahwa kegiatan budidaya berjalan dengan lancar. (Mudjiman, 1982:41).

Berdasarkan fungsinya sebagai penahan, tanggul utama harus dibangun dengan kuat dan dengan ukuran dan tinggi yang memadai untuk menahan air. Untuk mencegah luapan air pasang atau banjir, pematang utama memiliki ketinggian minimal 0,5 meter di atas air pasang paling tinggi. Namun, saat pembangunan awal, ketinggian pematang sebaiknya dibuat sekitar 1 meter di atas permukaan air pasang tertinggi. Hal ini disebabkan oleh fakta bahwa seiring berjalannya waktu, pematang akan mengalami pemadatan, yang menyebabkan ketinggiannya berkurang. Dengan penambahan ketinggian pada awal pembuatan, diharapkan pematang tetap efektif dalam menahan air meskipun ada penyusutan ketinggian setelah beberapa waktu.

Kemiringan sisi bagian luar pematang utama harus memiliki perbandingan 1 : 2, yang berarti untuk setiap 1 unit tinggi sisi tegak, sisi mendatar harus memiliki panjang minimal 2 unit. Sedangkan dibagian dalam, kemiringannya 1 : 1,5, di mana bagian tegak lebih curam dibandingkan sisi luar. Jika kemiringan sisi-sisi pematang ini terlalu curam atau tidak sesuai, pematang akan rentan terhadap kerusakan akibat tekanan air pasang yang besar. Oleh karena itu, penting untuk memastikan

kemiringan tersebut agar pematang tetap stabil dan kuat menghadapi kondisi tersebut. Selain itu, lebar bagian atas pematang utama harus minimal 2 meter, untuk memberikan ruang yang cukup untuk stabilitas dan untuk menghindari terjadinya longsor atau kerusakan pada pematang.

Tanggul pengantara dibuat dengan dimensi yang lebih kecil dibandingkan dengan tanggul utama, karena fungsinya hanya untuk memisahkan petakan dalam satu unit tambak. Kemiringan sisinya berkisar 1:1 hingga 1:1,5. Namun, sebaiknya kemiringan tidak lebih curam dari 1:1 sehingga pematang pengantara tidak mudah mengalami kelongsoran. Untuk lebar pada bagian atas pematang pengantara, dibuat dengan ukuran 0,5 hingga 2 meter, tergantung pada kondisi tambak dan kebutuhan. Tinggi pematang pengantara biasanya antara 1 hingga 2 meter, sesuai dengan kedalaman air dalam petakan tambak. Pematang pengantara yang kokoh dan stabil sangat penting untuk memastikan pengaturan aliran air antar petakan berjalan lancar dan untuk mencegah kerusakan yang dapat mengganggu keberlanjutan budidaya di dalam tambak.



Gambar 2.5 Pematang Tambak

Sumber: Setiawan. H & Sidabutar. J (2007:77)

2.3.4 Bangunan Pelengkap

- a. Kolam pengendap merupakan area yang dirancang sebagai tempat mengendapkan sedimen atau partikel-partikel padat yang dibawa oleh aliran air sebelum air tersebut memasuki jaringan irigasi tambak. Kolam ini berfungsi sebagai tempat untuk menyaring atau memisahkan kotoran, lumpur, dan material lainnya yang terbawa oleh air dari luar, Dengan

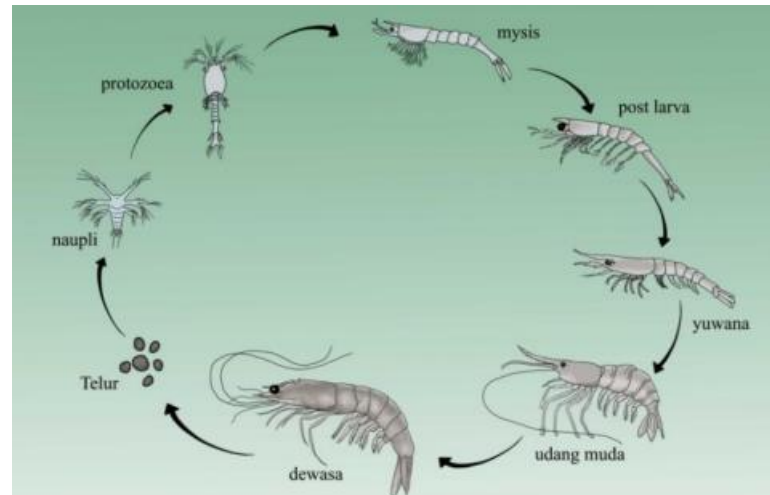
demikian, air yang dialirkan ke dalam petakan tambak menjadi lebih bersih dan terhindar dari pencemaran yang bisa merusak kualitas air pada tambak.

- b. Tandon treatment tambak adalah sebuah struktur atau wadah yang digunakan untuk menampung dan mengolah air sebelum digunakan dalam tambak, khususnya dalam sistem budidaya perikanan atau tambak budidaya udang dan ikan. Tandon ini berfungsi sebagai tempat penyaringan atau pengolahan air untuk memastikan kualitas air yang masuk ke dalam tambak tetap terjaga, sehingga mendukung kesehatan biota yang dibudidayakan.

2.4 Udang

Udang merupakan salah satu hewan air yang tergolong dalam kelompok *krustasea* dengan tubuh bercangkang keras, yang masuk dalam ordo *Decapoda*. Hewan ini dapat ditemukan di berbagai habitat perairan, baik air tawar maupun laut. Selain itu, udang juga menjadi komoditas budidaya yang sangat penting dalam industri perikanan, baik di tingkat lokal maupun global.

Di tambak, beberapa jenis udang yang dapat dibudidayakan dengan sukses meliputi spesies yang tahan terhadap salinitas air payau atau laut diantaranya udang vaname, udang tiger, udang galah, dan udang windu. Udang hanya dapat mencapai kematangan dan bertelur di lingkungan perairan laut. Setelah proses perkawinan udang betina bisa menghasilkan antara 50.000 sampai 1 juta telur, yang akan menetas dalam waktu sekitar 12 sampai 16 jam menjadi larva yang disebut *nauplius*. Setelah fase *nauplius*, larva udang mengalami metamorfosis menjadi *zoea*. Beberapa hari kemudian, mereka bermetamorfosis lagi menjadi fase *mysis*. Dalam waktu tiga hingga empat hari, larva ini akan mengalami metamorfosis terakhir menjadi pascalarva. Seluruh proses dari penetasan hingga menjadi pascalarva memakan waktu sekitar 12 hari. Setelah fase ini, udang akan tumbuh menjadi *juvenil* (benur), kemudian berkembang menjadi udang muda, dan akhirnya menjadi udang dewasa. Proses pertumbuhan ini sangat penting dalam budidaya udang, karena keberhasilan setiap tahap sangat berpengaruh terhadap hasil panen di tambak.



Gambar 2.6 Siklus Hidup Udang Vaname

Sumber : Brown, 1991

2.5 Pola Pengelolaan Budidaya

1. Pemilihan Benur

Pemilihan benur udang vannamei harus dilakukan dengan cermat, memilih benur yang sehat dan bebas dari penyakit. Benur yang berkualitas baik memiliki ciri-ciri seperti tubuh yang utuh, tidak cacat, dan bergerak aktif. Sebaiknya, benur udang diperoleh dari hatchery yang memiliki reputasi baik dan terbukti kualitasnya.

2. Penebaran Benur Udang Vaname

Penebaran benur harus dilakukan dengan hati-hati untuk menghindari kepadatan yang terlalu tinggi. Pada tahap awal, kepadatan ideal biasanya sekitar 50-100 ekor/m².

3. Pengelolaan Pakan

Pakan adalah salah satu aspek yang memerlukan biaya cukup besar dalam budidaya udang, sehingga pengaturannya harus dilakukan dengan cermat agar pembudidaya tidak mengalami kerugian. Pada fase awal, larva udang bergantung pada plankton alami sebagai sumber makanannya. Oleh karena itu, pemupukan kolam yang tepat akan membantu mempercepat perkembangan plankton. Setelah benur mencapai fase post-larva atau juvenil, pakan buatan berupa pelet diberikan untuk mendukung pertumbuhannya. Pakan tersebut harus mengandung protein tinggi, sekitar 30-40%, dan mencukupi kebutuhan gizi udang vannamei..

4. Pengelolaan Kualitas Air

Pengelolaan kualitas air di tambak merupakan faktor krusial dalam budidaya udang, terutama untuk memastikan kelangsungan hidup, pertumbuhan yang optimal, serta mengurangi kemungkinan terjadinya penyakit pada udang. Kualitas air yang buruk dapat menyebabkan kematian massal, penurunan hasil panen, atau bahkan kegagalan dalam budidaya. Oleh karena itu, pengelolaan kualitas air yang baik sangat diperlukan untuk keberhasilan budidaya udang di tambak.

5. Perawatan

Pengendalian penyakit pada udang vannamei memerlukan pendekatan menyeluruh, dimulai dengan pencegahan melalui biosecurity, pemantauan kesehatan secara rutin, pengelolaan kualitas air, hingga pemberian pengobatan yang tepat jika diperlukan. Dengan menjaga kebersihan, memastikan kualitas air yang optimal, serta penanganan penyakit yang cepat dan efektif, kita dapat mengurangi risiko penyakit yang dapat mengganggu budidaya udang dan memastikan hasil panen yang sehat dan berkualitas.

6. Pemanenan

Pemanenan udang vannamei yang efektif memerlukan perencanaan yang teliti dan perhatian terhadap setiap aspek. Ini meliputi penentuan waktu panen yang tepat, penggunaan alat yang sesuai, pelaksanaan pemanenan dengan hati-hati, serta penanganan pasca-panen yang benar untuk mempertahankan kesegaran dan kualitas udang. Dengan mengikuti prosedur yang tepat, hasil panen udang vannamei dapat terjaga kualitasnya dan siap dipasarkan dengan baik..

2.6 Penyediaan Air Irigasi

2.6.1 Kebutuhan Supply Air Irigasi Tambak

Kebutuhan *supply* air irigasi biasanya ditentukan sembari mempertimbangkan beberapa faktor, termasuk evapotranspirasi, curah hujan, dan kebutuhan spesifik dari jenis udang yang dibudidayakan. Perhitungan kebutuhan *supply* air irigasi tambak ditentukan dengan menggunakan perhitungan berikut:

$$IR = V_p + E + P - R_{\text{andalan}}$$

Keterangan :

IR = kebutuhan *supply* air (lt/dt/ha).

Vp = banyaknya kebutuhan air pemeliharaan (lt/dt/ha).

E = evaporasi (lt/dt/ha).

P = perkolasi (lt/dt/ha).

R_{andalan} = curah hujan andalan (lt/dt/ha).

2.6.2 Water Exchange

Pergantian air di tambak adalah salah satu aktivitas penting dalam budidaya udang, terutama untuk mempertahankan kualitas air yang baik, menjaga kesehatan udang, dan meningkatkan efisiensi budidaya. Aktivitas ini membantu mengurangi akumulasi bahan pencemar seperti amonia, nitrit, nitrat, sisa pakan, dan kotoran udang yang dapat membahayakan kesehatan udang jika dibiarkan terlalu lama.

Air dalam tambak mengandung bahan organik dan senyawa berbahaya, seperti amonia dan nitrit, yang berasal dari sisa pakan dan kotoran udang. Pergantian air membantu menurunkan konsentrasi senyawa ini yang bisa menjadi racun bagi udang jika dibiarkan. Melakukan pergantian air secara teratur juga berperan dalam menjaga parameter kualitas air, seperti pH, oksigen terlarut, dan salinitas, agar tetap berada dalam rentang ideal untuk pertumbuhan udang. Selain itu, pergantian air yang tepat dapat mengurangi potensi penyebaran penyakit yang disebabkan oleh mikroorganisme patogen di dalam air.

Pergantian air secara bertahap dilakukan dengan mengganti sebagian air tambak secara berkala, umumnya sekitar 10-20% dari total volume air. Pendekatan ini bertujuan untuk menjaga kualitas air tetap stabil tanpa menyebabkan perubahan mendadak yang bisa menambah stres pada udang. Udang yang lebih besar biasanya menghasilkan limbah lebih banyak, sehingga pergantian air harus dilakukan lebih sering. Sementara itu, untuk udang yang masih kecil, pergantian air dapat dilakukan dengan jarak waktu yang lebih panjang. Pada umumnya, pergantian air secara bertahap dilakukan setiap 2-3 hari atau seminggu sekali, tergantung pada kondisi kualitas air dan kebutuhan tambak. Proses pergantian air harus dilakukan dengan cermat untuk menghindari stres pada udang dan mencegah kerusakan pada ekosistem tambak. Pergantian air harus disesuaikan dengan parameter kualitas air yang diperlukan untuk pertumbuhan udang vannamei.

2.7 Topografi

Daerah yang baik untuk budidaya tambak biasanya terletak di lahan dengan topografi yang landai. Hal ini penting untuk memastikan aliran air yang optimal dan memudahkan proses pengisian dan pembuangan air. Berikut beberapa faktor yang harus diperhatikan. Lahan tambak sebaiknya berada pada lokasi yang dapat terjangkau oleh pasang air laut. Pasang surut air laut mempengaruhi kualitas air dan ekosistem di dalam tambak. Koordinat lahan sangat penting untuk memahami iklim dan pola pasang surut. Hal ini juga membantu dalam memprediksi kondisi lingkungan, seperti suhu dan curah hujan, yang dapat mempengaruhi pertumbuhan dan kesehatan ikan atau udang yang dibudidayakan. Perbedaan elevasi antara lahan yang dekat dan jauh dari pantai akan menentukan metode pengisian dan pembuangan air. Lahan yang lebih tinggi mungkin memerlukan sistem pengairan yang lebih efisien, sementara lahan yang lebih rendah mungkin lebih mudah untuk dikelola dalam hal aliran air. Selain faktor fisik, penting juga untuk mengevaluasi kualitas tanah, termasuk kandungan salinitas dan kesuburan, yang dapat mempengaruhi produktivitas tambak. Dan untuk aksesibilitas Pastikan lahan mudah diakses untuk kegiatan operasional, seperti pemberian pakan dan pemeliharaan.

2.7.1 Tambak Ideal

Tambak ideal merupakan tambak yang memiliki kemampuan pengairan dan pengurusan secara efektif, terutama menggunakan metode gravitasi. Ini sangat penting untuk menjaga kualitas air dan kesehatan organisme yang dibudidayakan.

2.7.2 Tambak Tidak Ideal

Tambak dikatakan tidak ideal jika:

- 1) Tinggi muka air tambak lebih rendah dari rata-rata tinggi muka air (*Mean High Water Level*), tambak tersebut berisiko terkena dampak pasang surut, yang bisa mengakibatkan pencemaran dan kerusakan pada ekosistem.
- 2) Dasar tambak yang berada di atas rata-rata muka air terendah (*Mean Low Water Level*) dapat mengakibatkan kesulitan dalam pengelolaan air, menyebabkan kesulitan dalam pembuangan dan pengisian air.
- 3) Tambak tidak memiliki akses yang memadai untuk pengisian air, seperti tidak adanya pompa yang berfungsi atau sistem irigasi yang tidak efisien, maka kualitas dan kuantitas air dapat terpengaruh.

- 4) Kadar salinitas yang tinggi atau pencemaran dari sumber luar dapat merugikan kesehatan organisme yang dibudidayakan. Air yang tidak bersih juga dapat menyebabkan penyakit.
- 5) Lokasi tambak yang dekat dengan sumber pencemaran atau limbah industri dapat merusak kualitas air dan kesehatan ekosistem tambak.

2.8 Kualitas Air

Kualitas air merujuk pada kondisi fisik, kimia, dan biologis air yang mempengaruhi kelayakannya untuk mendukung kehidupan organisme dan berbagai kegiatan budidaya. Kualitas air dipengaruhi oleh berbagai faktor, termasuk tingkat keasaman (pH), kandungan oksigen terlarut (DO), salinitas, kecerahan, suhu, serta keberadaan zat-zat berbahaya seperti logam berat dan mikroorganisme.

Penting untuk mengukur dan mencatat kadar oksigen terlarut (DO) di dekat sumber air yang digunakan untuk irigasi tambak. Pada suhu sekitar 32 °C, kadar oksigen terlarut cenderung mengalami penurunan. Jika kecerahan air berada di bawah 25 cm, hal ini dapat menyebabkan suhu air meningkat, yang pada gilirannya dapat mengurangi kadar oksigen terlarut. Pengukuran salinitas sebaiknya dilakukan saat pasang tinggi, baik selama musim hujan maupun kemarau, untuk memperoleh data yang tepat. Kadar salinitas dipengaruhi oleh dua faktor utama yaitu pertemuan antara air asin dan air tawar, serta proses penguapan dan curah hujan.

Kriteria kualitas air yang sesuai untuk budidaya pada tambak mengacu pada standard mutu air yang disarankan untuk udang vaname, yang dapat dilihat dalam tabel dibawah:

Tabel 2.1. Tabel Parameter Kualitas Air Tambak Untuk Udang Vaname

No	Parameter	Nama	Alat Ukur	Kisaran Optimal
1	Fisika	Suhu	Thermometer	27-32°C
		Kecerahan	Secchi Disk	35-50 cm
		Warna Air	Cek Secara Visual	Cokelat Muda Cokelat Tua Hijau Daun Muda Hijau Kecoklatan
2	Kimia	pH	pH Meter	7,96-8,05
		DO	DO Meter	4-8 mg/l
		Salinitas	Refraktometer	15-25 ppt
		Amonia	Test Kit Amonia	0,01-0,05 mg/l

		Nitrat	Test Kit Nitrat	0,9-3,5 mg/l
		Nitrit	Test Kit Nitrit	> 0,05 mg/l
		Alkalinitas	Titration and Test Kit	75-150 ppm
		TOM	Titration	< 55 ppml
3	Biologi	Kelimpahan Total Vibrio (TVC)	Total Plate Count (TPC)	< 10 ⁴ CFU/ml
		Kelimpahan Total Bakteri (TBC)	Colony Counter	< 10 ⁶ CFU/ml
		Kelimpahan Plankton	Mikroskop	< 10 ⁵ sel/ml
		Kepadatan Plankton	Mikroskop	< 100.000 sel/ml

Sumber : eFishery (2023:7)

2.9 Analisis Hidrologi

Analisis hidrologi berfungsi untuk memahami sifat-sifat hidrologi dan meteorologi suatu DAS. Analisis ini bertujuan mengidentifikasi sifat curah hujan, serta debit air yang ekstrem dan normal. Informasi ini akan menjadi dasar untuk analisis lebih lanjut dalam pelaksanaan desain yang lebih mendetail.

2.9.1 Curah Hujan Efektif

Menghitung curah hujan efektif membantu pengelola tambak dalam merencanakan sistem irigasi dan pengelolaan air dengan lebih efisien, serta memastikan pasokan air yang cukup untuk kebutuhan tambak. Beberapa faktor yang mempengaruhi efektivitas hujan antara lain kondisi geografis, seperti elevasi atau ketinggian tempat, jarak dari sumber air, keberadaan barisan pegunungan, serta luasnya daratan dan perairan.

Untuk perhitungan ini data curah hujan di ambil dari data Dinas Perumahan, Kawasan Permukiman dan Sumber Daya Air Kabupaten Tulungagung dengan periode waktu 12 tahun. Tetapi adakalanya untuk beberapa daerah kita sering menjumpai bahwa di daerah rencana irigasi tidak di dapat angka-angka curah hujan dari hasil pencatatan hujan yang berdekatan dengan daerah rencana irigasi yang dipengaruhi terhadap rencana irigasi.

Adapun perkiraan curah hujan efektif didasarkan pada:

$$R_{80} = \frac{n}{5} - 1$$

Dimana:

R_{80} = Curah Hujan Efektif

$\frac{n}{5} - 1$ = Peringkat curah hujan efektif dihitung dari Peringkat yang terendah

n = banyaknya jumlah data

2.9.2 Evaporasi

Evaporasi adalah elemen krusial dalam penelitian pengelolaan sumber daya air. Proses ini berpengaruh besar terhadap laju aliran sungai, kapasitas waduk, kinerja pompa untuk keperluan irigasi, serta pemanfaatan air sebagai keperluan budidaya dan kebutuhan lainnya.

Air dapat menguap dari berbagai jenis permukaan, seperti tanah terbuka maupun yang tertutup tumbuhan dan pohon, serta dari permukaan tidak menyerap air seperti kolam beton dan permukaan jalan, termasuk air yang bebas dan mengalir. Kecepatan evaporasi berbeda-beda tergantung pada sifat pemantulan permukaannya. Selain itu, penguapan juga akan bervariasi antara area yang langsung terpapar dan yang tidak terpapar sinar matahari.

Faktor meteorologi yang menentukan tingkat evaporasi meliputi hal-hal berikut :

a. Lama Penyinaran Matahari

Lama Penyinaran matahari adalah faktor utama yang berpengaruh dalam berbagai proses atmosfer, termasuk evaporasi. Semakin besar jumlah penyinaran matahari yang didapat oleh permukaan bumi, semakin besar suhu permukaan tersebut, yang kemudian akan mempercepat penguapan air dari tanah, perairan, atau vegetasi.

b. Kecepatan Angin

Kecepatan angin merupakan faktor yang mempengaruhi proses evaporasi dengan cara mengalirkan uap air yang terperangkap di dekat permukaan. Angin yang lebih kencang dapat mempercepat penguapan karena membantu menghilangkan uap air dari permukaan, sehingga meningkatkan laju evaporasi. Sebaliknya, angin yang lemah atau tidak ada angin akan memperlambat proses evaporasi karena uap air terperangkap di sekitar permukaan dan tidak tergantikan oleh udara yang lebih kering.

c. Kelembaban Relatif (*Relative Humiditas*)

Kelembaban relatif merujuk pada perbandingan antara jumlah uap air yang ada di udara dengan jumlah maksimal uap air yang dapat ditahan oleh udara

pada suhu yang sama. Ketika kelembaban relatif tinggi, udara telah mendekati titik jenuh dengan uap air, sehingga proses evaporasi akan berlangsung lebih lambat. Sebaliknya, kelembaban relatif yang rendah memungkinkan udara untuk menyerap lebih banyak uap air, yang mempercepat laju penguapan.

d. Temperatur udara

Temperatur udara merupakan ukuran yang menunjukkan sejauh mana partikel-partikel udara bergerak, yang berkaitan dengan tingkat panas atau dinginnya udara tersebut. Temperatur udara berpengaruh langsung terhadap laju evaporasi. Semakin tinggi suhu udara, semakin cepat molekul air di permukaan memperoleh energi yang cukup untuk menguap.

Perhitungan besarnya evaporasi yang terjadi dipergunakan metode Penman dengan rumus sebagai berikut :

$$E_o = \frac{1}{\Delta + \gamma} \left(\frac{R_n \Delta}{\rho \lambda} + \gamma \delta e f_u \right)$$

Dimana:

E_o = Evaporasi (m/hari)

R_n = net radiation ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$)

Δ = Kemiringan tekanan uap ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

ρ = densitas udara (1000 kg m^{-3})

λ = panas penguapan laten ($= 2.45 \text{ MJ kg}^{-1}$)

γ = konstanta psikometrik uap ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$)

δe = defisit tekanan uap (kPa)

f_u = konduktansi aerodinamis ($\text{m hari}^{-1} \text{ kPa}^{-1}$)

2.9.3 Neraca Air

Untuk memastikan ketersediaan air yang cukup bagi kebutuhan tambak udang, sangat penting untuk melakukan analisis keseimbangan air. Analisis ini bertujuan untuk membandingkan debit air yang telah tersedia dengan kebutuhan air yang diperlukan oleh tambak. Dengan demikian, dapat diketahui apakah pasokan air yang ada memadai atau perlu dilakukan penyesuaian dalam perencanaan irigasi

agar kebutuhan *supply* air pada tambak dapat melayani kebutuhan air untuk seluruh areal tambak secara optimal.

Secara matematis, keseimbangan air dapat dianalisis menggunakan persamaan berikut:

$$A = \frac{Q}{IR}$$

Dimana

A = Luas areal yang terairi

Q = Debit andalan yang tersedia

IR = Kebutuhan air irigasi

2.10 Pompa

Pompa air merupakan peralatan yang dipakai untuk mengalirkan air dari satu lokasi ke lokasi lainnya. Alat ini sering dimanfaatkan dalam berbagai kebutuhan, seperti untuk irigasi, penyediaan air bersih di rumah, dan sistem drainase. Pemilihan jenis pompa biasanya disesuaikan dengan kebutuhan, kedalaman sumber air, serta kapasitas yang diperlukan.

2.10.1 Kapasitas Pompa

Kapasitas pompa torak tergolong pompa pemindahan positif (*Positive Displacement Pump*), yang berarti pemindahan fluida dilakukan berdasarkan volume. Pompa ini mengalirkan air dalam jumlah tertentu saat piston bergerak. Namun, tidak semua air dapat mencapai saluran pembuangan karena terjadinya kebocoran.

Kapasitas pompa direncanakan berdasarkan jumlah air yang akan dipindahkan untuk mensupply keperluan kolam, atau berdasarkan daya tampung asal air yang ada untuk dipompa. Jika daya tampung asal air lebih rendah dari yang diperlukan, daya pompa dapat dicari menggunakan rumus berikut:

$$Q = \frac{[\text{Kebutuhan Air (m}^3/\text{hari)}]}{[\text{Lama Operasi Pompa}] \times [\text{Jumlah Pompa}]}$$

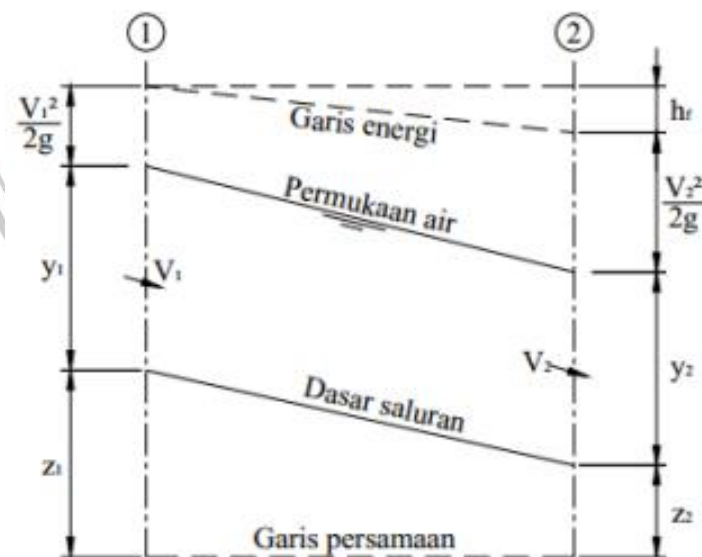
2.11 Aerator

Aerator atau kincir air sangat penting dalam budidaya tambak udang vaname untuk menjaga kualitas air, terutama terkait dengan ketersediaan oksigen terlarut. Penggunaan kincir sangat mendukung sistem budidaya intensif. Penempatan kincir perlu dilakukan dengan hati-hati, karena posisi yang tepat akan mempengaruhi arus air yang dihasilkan saat kincir beroperasi. Untuk mencegah kincir bergerak, kincir harus diikat dengan pengait yang telah dipersiapkan sebelumnya.

Jumlah aerator dihitung berdasarkan daya aerator dan biomassa udang vaname tiap kolam. Untuk aerator dengan daya 1 HP dapat menyuplai kebutuhan oksigen sebesar 500 kg.

2.12 Analisis Hidrologi

Saluran terbuka merupakan saluran yang mengalirkan air dengan permukaan yang tidak tertutup. Saluran ini dapat dibagi menjadi dua kategori, yaitu saluran alami (natural) dan saluran buatan (Chow, 1989:19). Air yang melewati saluran perlu diperhitungkan agar tidak menyebabkan endapan sedimen. Maka ukuran saluran harus direncanakan melalui analisis hidrolika untuk mendapatkan ukuran akhir yang berdasarkan efisiensi hidrolika. Tujuannya adalah untuk memperoleh penampang yang optimal, mudah, dan hemat.



Gambar 2.11 Aliran Air pada Saluran Terbuka

Sumber : Chow(1989:19)

2.12.1 Perencanaan Saluran Pembawa

Kapasitas saluran pembawa dihitung berdasarkan luas area yang dilayani oleh masing-masing saluran serta kebutuhan air di tambak. Besarnya kebutuhan air ditentukan dengan mempertimbangkan faktor-faktor seperti penguapan, perkolasi, curah hujan, dan pengisian air.

Kriteria yang digunakan untuk menghitung dimensi saluran pembawa adalah dengan menggunakan persamaan *Strickler* yaitu sebagai berikut:

A. Debit Saluran Rencana

$$Q = q \cdot a$$

Keterangan:

Q = Debit saluran dalam m³/detik

q = Kebutuhan air per Ha dalam m³/detik

a = Luas areal irigasi dalam hektar

B. Dimensi Saluran

Untuk dimensi saluran pembawa dipakai kriteria sebagai berikut:

$$Q = A \cdot V$$

Keterangan:

Q = Debit saluran dalam m³/detik

A = Luas penampang basah saluran dalam m²

V = Kecepatan aliran dalam m/det

C. Kecepatan Aliran

Untuk merencanakan besarnya aliran air dalam saluran, digunakan persamaan Strickler. Berikut adalah bentuk umum persamaannya:

$$V = K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

Keterangan:

V = Kecepatan aliran dalam m/detik

R = Jari-jari hidrolis (m)

I = Kemiringan dasar saluran

D. Kemiringan dasar saluran

Kemiringan dinding saluran merupakan faktor krusial yang perlu diperhatikan dalam perencanaan saluran. Dalam studi ini, sudut kemiringan

dinding saluran direncanakan berdasarkan kriteria yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

E. Jagaan (*Freeboard*)

Tinggi jagaan saluran perlu diperhatikan agar air dalam saluran tidak meluap, sehingga diperlukan adanya jagaan. Untuk menentukan tinggi jagaan pada saluran tambak, digunakan standar yang ditetapkan oleh Departemen Pekerjaan Umum.

F. Lebar Tanggul

Lebar tanggul merujuk pada ukuran horizontal dari permukaan atas tanggul yang berfungsi untuk menahan atau mengalihkan aliran air, seperti di saluran, waduk, atau area pengendalian banjir. Lebar tanggul sangat penting untuk memastikan kestabilan dan kapasitasnya dalam menahan tekanan air.

2.12.2 Perencanaan Saluran Pembuang

Perencanaan saluran pembuangan (*drainase*) air payau, air hujan berlebih, dan air yang tidak memenuhi syarat dalam pemeliharaan udang vaname mencakup saluran yang mengalirkan air dari kolam tambak ke laut atau sungai terdekat, terdiri dari:

- Saluran drainase tersier merupakan saluran yang berfungsi untuk menyalurkan air dari saluran drainase sekunder menuju ke saluran drainase primer atau langsung ke badan air yang lebih besar.
- Saluran drainase sekunder merupakan saluran yang memiliki fungsi untuk mengalirkan air dari saluran pembuang primer ke saluran pembuang lebih kecil.
- Saluran drainase primer merupakan saluran yang digunakan untuk membuang air laut dan yang lainnya dari saluran sekunder ke laut atau ke sungai yang terdekat.

A. Perencanaan Modulus Pembuang

Modulus drainase merujuk pada kemampuan saluran untuk mengalirkan air dengan efisien. Ini meliputi perhitungan ukuran dan bentuk saluran agar dapat menampung debit air yang diperkirakan, dengan mempertimbangkan kemiringan dan jenis material saluran.

Ada beberapa unsur yang perlu diperhatikan dalam perencanaan, seperti kemiringan saluran, kemiringan tanggul, dan kecepatan yang diizinkan. Dalam perencanaan desain saluran pembuangan tambak di lokasi perencanaan harus memanfaatkan kondisi saluran eksisting berdasarkan perhitungan debit saluran.

Kemiringan dasar saluran harus disesuaikan dengan kemiringan medan yang ada. Ini penting untuk memastikan aliran air yang optimal dan mencegah terjadinya genangan. Dengan mempertimbangkan kondisi topografi, desain saluran dapat mengurangi risiko erosi serta menjaga kestabilan struktur saluran itu sendiri.

Kemiringan talud yang direncanakan:

- Saluran drainase tersier = 1 : 1
- Saluran drainase sekunder = 1 : 1,5
- Saluran drainase primer = 1 : 2

Kecepatan maksimum yang diizinkan:

- Saluran drainase tersier = 0,2 sampai 0,4 meter/detik
- Saluran drainase sekunder = 0,3 sampai 1,5 meter/detik
- Saluran drainase primer = 0,4 sampai 0,6 meter/detik

Penampang saluran yang direncanakan berbentuk trapesium. Untuk menghitung dimensi saluran, digunakan persamaan Strickler. Persamaan ini cocok diterapkan pada kondisi aliran stabil (*steady flow*), terutama pada aliran seragam yang terjadi di saluran-saluran buatan dengan penampang yang konsisten di setiap bagian. Hal ini memastikan efisiensi aliran dan meminimalkan masalah seperti genangan atau erosi.

Adapun persamaan adalah sebagai berikut:

$$Q = A \cdot K \cdot R^{2/3} \cdot I^{1/2}$$

$$A = (b + m \times h) \times h$$

$$R = \frac{A}{P}$$

$$P = b + 2 \times h \sqrt{1 + m^2}$$

Keterangan:

$$Q = \text{Debit rencana (m}^3/\text{det)}$$

$$A = \text{Luas penampang basah (m}^2\text{)}$$

- I = Kemiringan dasar saluran
 b = Lebar dasar saluran (meter)
 h = Kedalaman air (meter)
 m = Kemiringan talud
 R = Jari-jari hidrolis (meter)
 K = Koefisien kekerasan
 – K = 0,40 untuk saluran sekunder
 – K = 0,50 untuk saluran primer
 P = Keliling basah (m)

B. Dimensi Saluran Pembuang

Kriteria desain untuk dimensi saluran pembuangan harus disamakan dengan saluran pembawa. Hal ini penting untuk memastikan aliran air yang efisien dan mengurangi risiko penyumbatan atau genangan. Dengan menggunakan dimensi yang konsisten, kedua saluran dapat berfungsi secara optimal, mengalirkan air dengan baik dan menjaga kestabilan struktur. Desain yang seragam juga memudahkan pemeliharaan dan pengelolaan sistem drainase secara keseluruhan. Dengan besarnya drainase modul dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$DM(T) = Dn(T) / (N \times 8 \cdot 64) \text{ untuk sehari 24 jam, atau}$$

$$DM(T) = Dn(T) / (N \times 4 \cdot 32) \text{ untuk sehari 12 jam}$$

$$Dn(T) = R(n)(T) + n (\text{Volume} - E_o - p) - S$$

Keterangan:

DM(T) = Volume air saat pergantian air per hari = 10% dari volume tambak

n = Jumlah hari

p = Perlokasi

S = Tampungan