

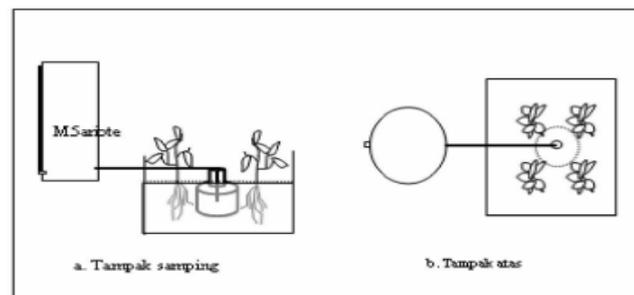
## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Irigasi Bawah Permukaan Tanah

Irigasi didefinisikan sebagai penggunaan air pada tanah untuk keperluan penyediaan cairan yang dibutuhkan untuk pertumbuhan tanaman (Hansen dkk,1992). Secara umum terdapat dua jenis sistem irigasi yaitu irigasi permukaan (*surface irrigation*) dan irigasi bawah permukaan (*subsurface irrigation*). Irigasi permukaan merupakan irigasi yang menyuplai air dari atas permukaan tanah sedangkan irigasi bawah permukaan tanah mensuplai air langsung pada zona perakaran tanaman.

Sistem irigasi bawah permukaan tanah (*subsurface irrigation*) membutuhkan alat aplikasi yang dapat memberikan air dengan debit yang rendah secara terus-menerus. Tingkat kelembaban tanah harus dapat dipertahankan jika menggunakan sistem irigasi ini. Syarat alat aplikasi sistem irigasi bawah permukaan tanah harus terbuat dari bahan yang porous sehingga dapat merembeskan air. Selain itu alat aplikasi irigasi bawah permukaan tanah harus terbuat dari bahan-bahan yang kuat sehingga dapat menerima tekanan dari dalam/luar permukaan tanah. Alat – alat aplikasi irigasi bawah permukaan tanah yang biasa digunakan yaitu pot/kendi, pipa porous, selang dan lain sebagainya. Cara penggunaan alat aplikasi irigasi bawah permukaan tanah berbeda satu sama lain tergantung dengan perancang yang membuat alat tersebut. Cara penggunaan

alat irigasi seperti kendi berbeda dengan pipa poros, selang maupun alat irigasi yang lainnya. Hermantoro (2010) melakukan penelitian tentang fertigasi menggunakan media kendi. Kendi yang terbuat dari tanah liat dapat merembeskan air secara konstan sehingga dapat memenuhi kebutuhan air tanaman. Selain itu proses irigasi kendi tersebut bersamaan dengan proses pemupukan. Air yang sebelumnya telah dicampur pupuk dimasukkan ke dalam kendi melalui mulut kendi. Kendi diletakkan pada selah tanaman sehingga rembesan air yang keluar dari dalam kendi dapat langsung menjangkau tanaman. Model pemasangan kendi dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Posisi kendi pada selah-selah tanaman

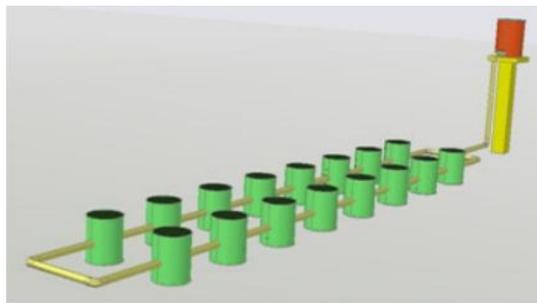
Gambar 1 menunjukkan letak kendi pada selah-selah tanaman yang berfungsi sebagai alat irigasi bawah permukaan tanah (*subsurface irrigation*). Hasil pengamatan yang telah dilakukan didapatkan bahwa laju rembesan air antara 0,56 – 1,30 liter/hari dengan rerata 0,81 liter/hari. Irigasi kendi ini sangat efisien dalam menghemat air dan pupuk sehingga sangat disarankan untuk diterapkan di daerah dengan sumber daya air yang kurang.

Ashrafi dkk (2002) melakukan penelitian mengenai infiltrasi dari pipa tanah liat sebagai sistem irigasi bawah permukaan tanah (*subsurface irrigation*) dengan dua jenis tanah yang berbeda. Pipa ditanam pada kedalaman 25 cm dari atas

permukaan tanah dan dialiri oleh air. Hasil penelitian menunjukkan bahwa air yang hilang akibat evaporasi hanya pada kisaran 3,44 – 4,05 cm<sup>3</sup>/hari dari 200 cm<sup>3</sup> yang dikeluarkan oleh pipa. Data tersebut membuktikan tingkat efisiensi penggunaan air yang tinggi pada sistem irigasi bawah permukaan tanah (*subsurface irrigation*).

Menurut Hermantoro (2006) irigasi bawah permukaan tanah menggunakan pipa gerabah layak diaplikasikan. Desain berbentuk pipa/lorong merupakan desain yang baik dan ekonomis sebagai konstruksi irigasi bawah permukaan tanah (*subsurface irrigation*). Air dalam pipa gerabah merembes secara perlahan melalui selah-selah pipa mengakibatkan tingkat efisiensi penggunaan air tinggi. Hasil pengamatan yang dilakukan didapatkan data bahwa debit air yang merembes dari pipa tanah liat tersebut sebesar 4,66 liter/hari. Sifat pipa gerabah yang mampu merembeskan air secara perlahan dan kontinyu tersebut dapat dijadikan sebagai sistem irigasi defisit.

Setianingrum dkk (2014), melakukan penelitian rancangan sistem irigasi tetes sederhana *surface* dan *subsurface*. *Emitter* yang digunakan terbuat dari kain berbahan *polythilene* (PE) dan masing-masing sistem menggunakan 16 tanaman. Berikut skema rangkaian sistem irigasi bawah permukaan tanah (*subsurface*).



Gambar 2. Rangkaian sistem irigasi tetes bawah permukaan tanah

Hasil pengamatan yang telah dilakukan didapatkan bahwa sistem irigasi tetes bawah tanah (*subsurface*) memiliki debit penates (Q) sebesar 1,08 liter/jam. Debit tersebut menunjukkan sistem irigasi tetes *subsurface* dapat menghemat penggunaan air. Laju evapotranspirasi tanaman rata-rata ( $ET_{c_{rata-rata}}$ ) pada sistem irigasi tetes *subsurface* sebesar 8,2 mm/hari. Hasil  $ET_{c_{rata-rata}}$  menunjukkan tingkat kehilangan air yang sedikit pada sistem irigasi tetes bawah permukaan tanah.

## 2.2 Mortar Arang Sekam Padi

Penambahan arang sekam padi (ASP) ke dalam *mortar* akan mempengaruhi porositasnya. Chindaprasirt dan Rukzon (2008) melakukan uji porositas dari berbagai perbandingan campuran semen OPC dan arang sekam padi (ASP). Hasil penelitian menunjukkan bahwa semakin tinggi kandungan ASP dalam *mortar* pozzolan, maka porositas dari *mortar* tersebut menjadi semakin tinggi. Berikut data hasil uji porositas dapat di lihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Porositas *mortar* ASP pada berbagai perlakuan komposisi

No	Komposisi perlakuan	Porositas (%) Umur <i>mortar</i> 7 hari
1.	OPC 90% ASP 10 %	17,0
2.	OPC 80% ASP 20%	17,8
3.	OPC 60% ASP 40%	21,8

Sumber: Chindaprasirt dan Rukzon, 2008

*Mortar* ASP cukup kuat untuk menahan beban tekan. Oyetolla dan Abdullahi (2006) melakukan penelitian mengenai pengaruh komposisi campuran antara semen OPC dan arang sekam padi (ASP) dengan katahanan tekannya. Hasil penelitian yang dilakukan menunjukkan bahwa *mortar* arang sekam padi dengan

perbandingan 50:50 mampu menahan gaya tekan sebesar  $0,59 \text{ N/mm}^2$ . Selain itu kuantitas komposisi arang sekam padi pada *mortar* memiliki perbandingan linier dengan tingkat kerapatan bahan tersebut. Semakin tinggi komposisi sekam padi dalam *mortar* maka tingkat kerapatan jenis (*bulk density*) *mortar* tersebut akan semakin rendah. Hubungan komposisi *mortar* ASP umur 28 hari dengan tingkat kerapatan jenis (*bulk density*) dan gaya tekannya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Kerapatan jenis (*bulk density*) dan gaya tekan *mortar* ASP

No	Rasio campuran	Massa rata-rata <i>mortar</i> (Kg)	Kerapatan jenis <i>mortar</i> ( $\text{Kg/m}^3$ )	Gaya tekan ( $\text{N/mm}^2$ )
1.	100% OPC, 0% RHA	21,08	1976,06	4,60
2.	90% OPC, 10% RHA	19,58	1835,45	4,09
3.	80% OPC, 20% RHA	19,28	1807,32	3,65
4.	70% OPC, 30% RHA	19,14	1794,20	2,07
5.	60% OPC, 40% RHA	18,94	1775,45	1,05
6.	50% OPC, 50% RHA	18,74	1756,70	0,59

Sumber: Oyetolla dan Abdullahi, 2006.

## 2.3 Kriteria Material *Mortar*

### 2.3.1 Arang sekam padi (ASP)

Arang sekam padi (ASP) merupakan material yang didapatkan dari hasil pembakaran sekam padi. Menurut Rao dkk (2011), setiap 1000 kg padi menghasilkan sekitar 22% sekam padi. Pembakaran sekam padi akan menghasilkan sekitar 25% arang sekam dari total volume pembakaran. Jadi dalam 100 kg pembakaran sekam padi menghasilkan  $\pm 25$  kg arang sekam padi.

Sekam padi mempunyai sifat fisik kasar, berwarna hitam hingga keabu-abuan dan mempunyai porositas tinggi. Sifat kasar arang sekam padi dikarenakan kandungan silika yang cukup tinggi. Menurut Oyetolla dan Abdullahi (2006) kandungan silika arang sekam padi mencapai 67,30 %. Selain menimbulkan rasa kasar kandungan silika dalam arang sekam padi membuat tekstur arang sekam padi menjadi keras dan cukup kuat sebagai agregat *mortar*.



Gambar 3. Arang sekam padi

### 2.3.2 Pasir

Pasir merupakan agregat halus yang mempunyai ukuran (0,14 – 2) mm. Pasir umumnya berwarna putih, putih kekuningan, sampai putih kemerahan.

Di Indonesia didominasi dua jenis pasir yaitu pasir kuarsa dan pasir silika yang mempunyai tekstur putih dan tingkat kekerasan yang cukup tinggi. Pasir digunakan untuk bahan baku bangunan karena memiliki sifat yang kuat dan mempunyai daya ikat terhadap semen yang cukup tinggi (Kusuma, 2013).

Pasir silika merupakan salah satu jenis pasir dominan di Indonesia yang terdiri atas kristal-kristal silika ( $\text{SiO}_2$ ) dan mengandung senyawa pengotor yang

terkandung di dalamnya selama selama proses pengendapan. Umumnya senyawa pengotor tersebut terdiri atas oksida besi, oksida kalium, oksida alkali, oksida magnesium, lempung dan zat organik hasil pelapukan sisa-sisa hewan serta tumbuhan. Pasir silika Indonesia umumnya mempunyai komposisi kimia dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Komposisi kimia pasir silika

No	Kandungan	Presentase
1.	SiO <sub>2</sub>	55,3 -99,87%
2.	CaO	0,01-3,24%
3.	TiO <sub>2</sub>	0,01-0,49%
4.	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01-9,14%
5.	MgO	0,01-0,26%
6.	K <sub>2</sub> O	0,01-17%
7.	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,01-18%

Sumber: Sirin dkk, 2009.

Beberapa sifat-sifat fisik yang dimiliki pasir silika seperti berwarna putih bening atau warna lain tergantung dengan senyawa pengotornya. Pasir berwarna bening cenderung memiliki kandungan silika yang tinggi sedangkan pasir yang berwarna kuning banyak mengandung oksida besi di dalamnya. Sifat fisik lain dari pasir silika di Indonesia adalah tingkat kekerasan mencapai 7 (skala mohs), berat jenis 2,65 g/cm<sup>3</sup> dan titik leburnya mencapai ± 1.715 °C. Pasir silika berbentuk kristal heksagonal dengan panas spesifik 0,185 Kj/(Kg.K) dan konduktivitas panas mencapai 12 – 100 W/m.K (Fairus dkk, 2009). Bentuk dan karakteristik pasir silika dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Pasir silika

### 2.3.3 Semen

Semen merupakan salah satu material yang sangat penting dalam konstruksi suatu bangunan. Fungsi utama semen adalah sebagai perekat dan penguat agregat-agregat dari bahan konstruksi bangunan itu sendiri. Kualitas semen dapat dilihat dari berbagai indikator sifat fisik dan kimia semen.

Salah satu sifat fisik dari semen adalah pengikatan dan pengerasan (*setting time and hardening*). Pencampuran semen dengan air akan membuat semen menjadi keras. Ketika bahan semen dicampur dengan air unsur semen akan berubah teksturnya menjadi pasta selama 1 – 2 jam yang sering di sebut sebagai fase tidur (*dormant periode*). Saat semen dalam fase (*dormant periode*) dapat dibentuk sesuai dengan yang diinginkan. Setelah didiamkan selama proses (*dormant periode*) tersebut semen akan mengalami proses pengerasan (*hardening*) (Hariawan, 2012). Menurut standar SNI 15-0301-94 dan ASTM C 595-00a massa jenis semen sebesar  $3,166 \text{ g/cm}^3$ , kehalusan butiran 90,8 %, uji konsistensi semen sebesar 24,5 %, nilai pengikatan awal 135 menit dan akhir masing-masing sebesar

170 menit. Selain itu semen juga harus dalam kondisi baik sehingga dapat digunakan dalam campuran *mortar*.



Gambar 5. Semen

#### 2.4 Konduktivitas Hidrolik

Konduktivitas hidrolik (permeabilitas) merupakan kemampuan suatu bahan/materi untuk meloloskan air. Nilai konduktivitas hidrolik ( $K_s$ ) suatu bahan bergantung dengan nilai kerapatan (*bulk density*) dan porositas bahan tersebut. Jika porositas dan *bulk density* suatu bahan besar, maka nilai  $K_s$  bahan tersebut menjadi semakin besar. Sebaliknya, jika porositas dan *bulk density* suatu bahan kecil, maka nilai  $K_s$  bahan tersebut menjadi semakin kecil.

Untuk mendapatkan nilai  $K_s$  bahan harus melalui beberapa penurunan rumus.

Hukum *Hagen-Poiseuille* menyatakan tentang persamaan aliran air pada tabung kapiler. Semakin besar kecepatan aliran air maka debit luaran air yang dihasilkan akan semakin besar. Namun kecepatan aliran air pada tabung benbanding terbalik dengan luas tabung tersebut. Semakin besar luas tabung maka kecepatan aliran air

pada tabung tersebut akan semakin kecil. Berikut adalah persamaan hukum

*Hagen-Poiseuille*.

$$V = \frac{Q}{A} \dots\dots\dots(1)$$

Keterangan:

- V : kecepatan aliran air dalam tabung (L/T)  
 Q : debit aliran (L<sup>3</sup>/T)  
 A : luas penampang tabung (L<sup>2</sup>)

Persamaan di atas hanya digunakan untuk aliran air yang mengalir pada pipa kapiler. Persamaan kecepatan aliran air melewati material porous dapat menggunakan hukum *Darcy's*. Hukum *darcy's* menyatakan kecepatan aliran air yang melewati media porous dipengaruhi oleh gradient hidrolik dan nilai konduktivitas hidrolik bahan tersebut. Gradient hidrolik merupakan hasil pembagian dari *head* aliran dengan ketebalan material yang dialiri air. Sedangkan nilai konduktivitas hidrolik merupakan nilai koefisien bahan/material yang digunakan. Berikut adalah persamaan persamaan kecepatan aliran air dari hukum *Darcy*:

$$V = K_s \cdot I \dots\dots\dots(2)$$

Keterangan:

- V : kecepatan aliran air (cm/dt) (L/T)  
 K<sub>s</sub> : nilai konduktivitas hidrolik bahan/material (L/T)  
 i :  $\frac{\Delta H}{l}$  : gradient hidrolik

jika persamaan hukum *Hagen-Poiseuille* disubtitusikan dengan persamaan hukum *Darcy* maka nilai konduktivitas hidrolik menjadi:

$$K_s = \frac{Q \cdot l}{A \cdot \Delta H} \dots\dots\dots(3)$$

Keterangan:

- $K_s$  = nilai konduktivitas hidrolis (L/T)
- $Q$  = debit rembesan (L<sup>3</sup>/T)
- $A$  = luas permukaan (L<sup>2</sup>)
- $l$  = tebal dinding kendi (L)
- $\Delta H$  = beda tinggi permukaan air (L) (Bowles, 1984).