

## SUBMISSION 23

# Rancang Bangun Pembibitan Tanaman Dengan Luas 2 m<sup>2</sup> Menggunakan Metode Vertikultur

Istianto Budhi Rahardja\*

Politeknik Kelapa Sawit, Citra Widya Edukasi, 17520 Bekasi, Jawa Barat

**Abstrak.** Rancang bangun adalah membuat sistem proses di lingkungan untuk mempermudah dalam pembuatan, perakitan, serta pemeliharaan. Di dalam merancang bangun pembibitan terdapat beberapa yang diperlukan yaitu : proses penempatan penanaman, penyiraman, pemeliharaan, pembebanan, serta lingkungan sekitar yang memengaruhi pembibitan tanaman.

Pembibitan merupakan proses pembudidayaan tanaman produksi pangan dengan tujuan untuk menghasilkan produk pohon pangan yang berkualitas. Pembibitan dengan metode vertikultur adalah pembibitan yang dilakukan dengan membentuk secara bertingkat menggunakan konstruksi besi *hollow* (kotak), serta tempat pembibitan berbentuk bulat (cup), tanpa menggunakan lahan pembibitan luas di dalam tanah (meminimalkan pemakaian lahan), serta mempermudah dalam perawatannya. Sistem ini menggunakan penyiraman bersirkulasi, dengan pemasangan pompa air yang berada di bawah bak penampung. Air yang berada di dalam bak penampung akan dipompakan ke bagian atas (pembibitan pertama), kemudian mengalir kepada bagian selanjutnya, yang akan menyirami pembibitan selanjutnya. Air yang telah menyirami akan ditampung pada bak penampung di bagian bawah, selanjutnya akan dipompa kembali.

Konstruksi yang dipergunakan untuk pembibitan vertikultur adalah panjang 2 meter, tinggi 1,5 meter, dengan pipa paralon bertingkat 5 unit untuk pembibitan sebanyak 40 bibit. Seluruh beban yang terjadi pada konstruksi pembibitan vertikultur sebesar 141 kg (setiap baris pembibitan 28,2 kg). Daya pompa penyiraman 0,51 Watt dengan kapasitas aliran sebesar 122 liter/jam.

**Kata kunci :** *pembibitan, vertikultur, pembebanan, daya pompa.*

## 1. PENDAHULUAN

Pembibitan (*nursery*) merupakan proses penyemaian benih/bibit yang bertujuan untuk membudidayakan dan mengembangkan hasil lebih banyak, produktif, serta sama dengan induk pohon yang diinginkan. Di dalam proses pembibitan, perlu diperhatikan terhadap bibit yang akan disemai, media pembibitan, serta air yang cukup untuk penyiraman.

Vertikultur adalah sistem/metode secara vertikal (tegak) dalam proses pembibitan [1]. Kita mengetahui secara bersama bahwa lahan pertanian yang saat ini ada di dalam perkembangannya sudah berubah menjadi beberapa fungsi yang lain, yaitu : perumahan, industri, serta pertokoan, sehingga semakin sedikit untuk lahan pertanian dan perkebunan.

Dengan melihat kondisi saat ini dalam melaksanakan proses penanaman yang membutuhkan lahan semakin kecil dan mahal, maka terdapat beberapa alternatif yang dapat dilakukan oleh masyarakat untuk membuat penanaman dengan cara vertikultur, dimana dapat menanam dengan lahan yang terbatas, media tanam yang dekat dan varian/kuantitas yang dapat ditanam cukup banyak [2]. Dalam membuat vertikultur untuk penanaman perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu:

- Umur tanaman
- Persediaan tanah (media tanam), air, dan unsur hara yang mendukung dalam proses kehidupan tanaman
- Jumlah tanaman
- Karakteristik pendukung dalam proses penanaman, dan sebagainya.

Dalam pembuatan vertikultur dapat menggunakan bahan-bahan yang tidak terpakai atau dengan bahan-bahan alam yang tersedia, seperti : kayu, bambu, akar-akaran, dan lain-lain yang dapat dipergunakan untuk tempat penanaman[3].

---

\*Corresponding author : [istianto@cwe.ac.id](mailto:istianto@cwe.ac.id)

Dalam teknik pembuatan rak vertikultur untuk media tanam pembibitan perlu diperhatikan pula beberapa hal, seperti :

- Jumlah tanaman
- Media tanam yang dipergunakan
- Proses penyiraman
- Berat struktur rak
- Bahan yang dipergunakan untuk membuat rak vertikultur

Sehingga dengan memperhatikan beberapa hal tersebut di atas dapat melakukan proses penanaman *nursery* bibit dengan tahan lama, dapat berulang-ulang, dan aman. Bahan yang paling umum untuk proses pembibitan adalah menggunakan paralon (berbahan PVC/plastik), dimana bahan ini dapat ditemui di sekitar kita[4]. Bahan yang dipergunakan untuk media tanam adalah pipa paralon/PVC berdiameter 4 *inch* dengan panjang setiap batang adalah 2 meter, setiap batang ditanami bibit tanaman sebanyak 8 bibit tanaman dengan jarak antar tanam adalah 25 cm. Dengan menghitung seluruh vertikultur sebanyak 5 batang paralon, maka diperoleh satu rak pembibitan sebesar 40 bibit. Dalam proses pembentukan rak vertikultur, diperhitungkan beban antar pipa paralon yang diberi media tanam (tanah, kompos, jerami, dan lain-lain) dan bibit tanaman. Dengan memperkirakan 1 penanaman bibit tanaman memiliki berat sebesar 2 kg, maka setiap batang paralon memikul beban sebesar 2 kg x 8 bibit pohon = 16 kg. Dengan mengalikan sebanyak 5 batang pipa paralon, maka beban maksimal yang harus ditumpu oleh rak vertikultur adalah sebesar 16 kg x 5 batang pipa = 80 kg. Dengan melihat kondisi yang ada dari rak vertikultur, terjadi pemberian beban dari jumlah tanaman, jumlah media, dan penyiraman yang diberikan, sehingga perlu diperhitungkan kekuatan material bahan/kemampuan rak vertikultur untuk dapat dipergunakan dalam proses pembibitan.

Tujuan dari *nursery* tanaman dengan metode vertikultur adalah sebagai berikut:

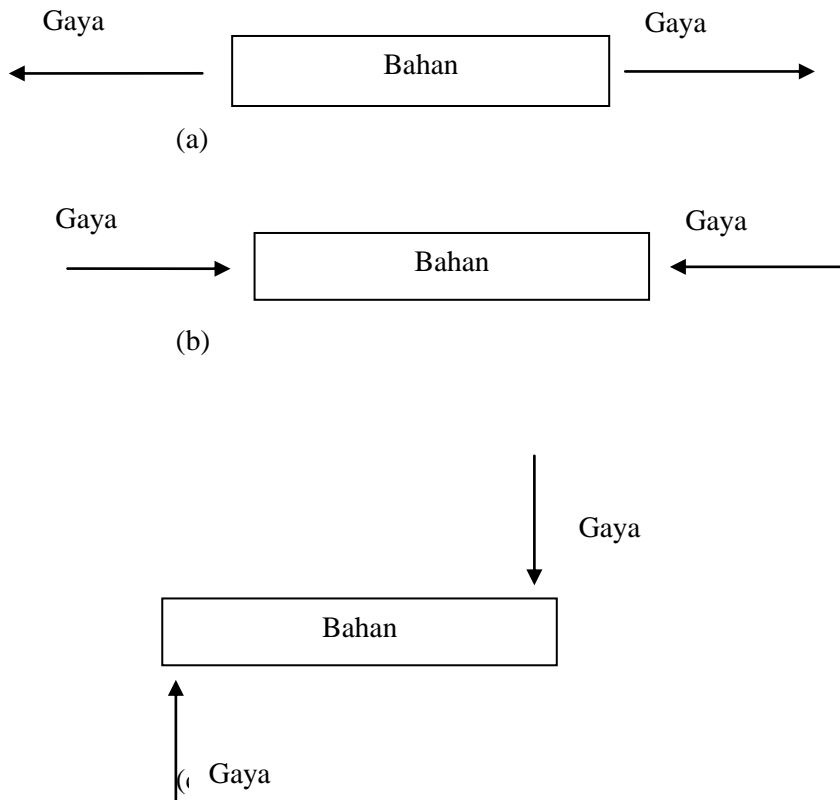
- Ingin mengetahui rancang bangun vertikultur pembibitan .
- Ingin mengetahui metode penyiraman yang dilakukan pada vertikultur pembibitan.

## TINJAUAN PUSTAKA

### 1.1 Keseimbangan Gaya

Dalam membuat rak vertikultur terdiri dari beberapa struktur bahan yang akan dipergunakan untuk menahan beban benda (tanaman pembibitan) berdiri tegak, sesuai dengan kondisi yang diinginkan. Pembebanan dalam struktur rak vertikultur dapat bervariasi bentuk dan model pembebanan. Dalam proses pembebanan rak vertikultur dapat mengalami pembebanan yang disebabkan oleh gaya luar dari struktur tersebut, sehingga mengganggu dari kondisi yang terjadi pada rak vertikultur serta dapat mengalami kerusakan dan perpatahan. Untuk menjadikan struktur rak vertikultur berdiri kokoh/tegak, maka perlu mengetahui besar gaya-gaya luar yang dapat membebani dari struktur tersebut. Beberapa gaya yang terjadi pada struktur bahan, yaitu [5]:

- a. Gaya tarik, yaitu : gaya yang bekerja pada satu sumbu dengan bahan dengan arah gaya saling bertolak belakang.
- b. Gaya tekan, yaitu : gaya yang bekerja pada satu sumbu bahan dengan arah gaya yang bekerja saling berhadap-hadapan.
- c. Momen, yaitu : gaya yang bekerja bekerja secara vertikal dari sumbu bahan dengan jarak yang ditentukan. Semakin besar jarak yang ada, maka semakin besar momen yang terjadi pada benda tersebut. Adapun ilustrasi dari ketiga gaya tersebut dapat diperlihatkan pada gambar berikut :



**Gambar 1.** Gaya pada Bahan (a). Gaya Tarik (b). Gaya Tekan (c). Momen

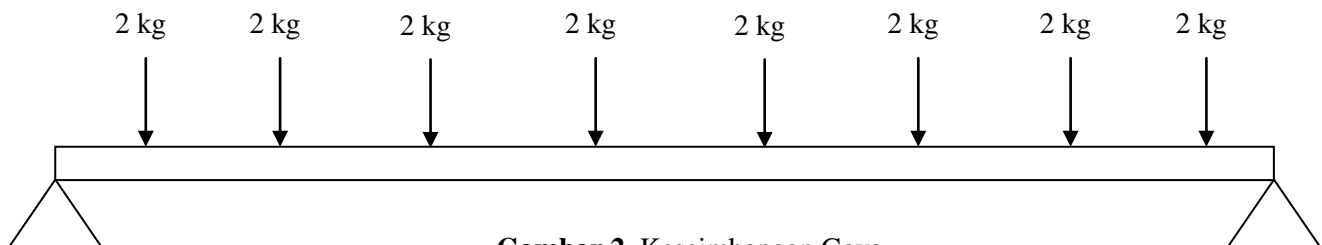
Pada saat gaya-gaya tersebut terjadi akan mengalami reaksi gaya-gaya yang akan mengakibatkan rak vertikultur tidak seimbang. Untuk menyeimbangkan terhadap beban (gaya luar), maka perlu adanya keseimbangan gaya-gaya.

Hukum Newton ketiga berbunyi : “ Untuk setiap aksi selalu ada reaksi yang sama besar dan berlawanan arah: atau gaya dari dua benda pada satu sama lain selalu sama besar dan berlawanan arah ”[6]. Sehingga dalam persamaannya dapat dituliskan sebagai berikut :

$$\begin{aligned}\Sigma F_x &= 0 \\ \Sigma F_y &= 0 \\ \Sigma F_z &= 0\end{aligned}$$

### 1.2 Gaya Dalam Bahan

Bahan/benda memiliki gaya dalam untuk menahan beban yang ditimbulkan oleh gaya luar bahan tersebut. Bahan yang dipergunakan rak vertikultur adalah berdimensi panjang dan kontinu, sehingga dalam memperhitungkan keadaan rak vertikultur dapat diperlihatkan pada gambar di bawah ini [7].



**Gambar 2.** Keseimbangan Gaya

Bahan yang kontinu dan panjang akan mengakibatkan lengkungan dan konsentrasi beban yang berada di tengah batang. Dengan mengetahui hal tersebut, maka dapat dilakukan pengukuran perhitungan beban yang harus dipikul oleh rak, sehingga struktur bahan rak vertikultur dapat bertahan dan kokoh.

### 1.3 Daya Pompa

Dalam merencanakan kebutuhan pompa yang akan dipergunakan untuk penyiraman pembibitan vertikultur, maka perlu diperhatikan beberapa hal, yaitu : sistem yang akan dirancang, ketinggian, kerugian yang terjadi, serta beban yang diterima oleh konstruksi yang akan direncanakan [8].

Pompa sebagai alat pemindah zat cair dari satu tempat ke tempat lain, dimana untuk menggerakkan pompa perlu daya yang diperlukan [9]. Untuk menentukan daya pompa dapat dilakukan perhitungan dengan persamaan sebagai berikut :

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (1)$$

Dimana :

$P$  = daya pompa (Watt)

$\rho$  = massa jenis zat cair ( $\text{kg/m}^3$ )

$g$  = gaya gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

$Q$  = kapasitas aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$H$  = tinggi seluruh (m)

Proses daya pompa perlu pula diperhatikan kebutuhan kapasitas aliran yang diperlukan [10]. Untuk mengetahui kapasitas aliran dapat diekspresikan sebagai berikut :

$$Q = V \cdot A \quad (2)$$

Dimana :

$Q$  = Kapasitas aliran ( $\text{m}^3/\text{s}$ )

$V$  = Kecepatan aliran (m/s)

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

Dalam proses daya pompa terdapat kerugian minor dan kerugian mayor yang terjadi pada aliran fluida [10]. Kerugian tersebut dapat dituliskan sebagai berikut :

$$HL = \Sigma K \frac{V^2}{2g} \quad (3)$$

Dimana :

$HL$  = Head Loss (m)

$K$  = faktor kerugian

$V$  = kecepatan aliran (m/s)

$g$  = gravitasi ( $9.81 \text{ m/s}^2$ )

$$HL = f \frac{l}{D} \frac{v^2}{2g} \quad (4)$$

Dimana :

$HL$  = Head Loss (m)

$f$  = gesekan (*friction*)

$l$  = panjang pipa yang dilalui cairan (m)

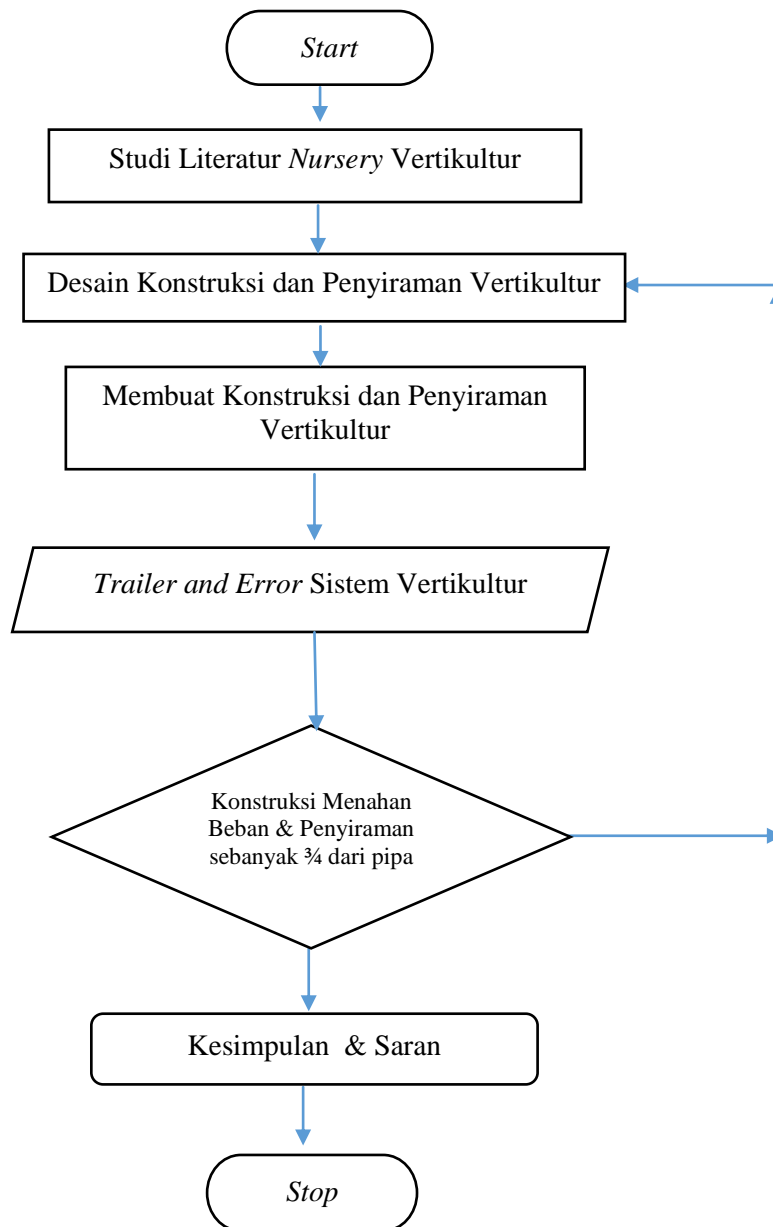
$D$  = diameter pipa (m)

$v$  = kecepatan aliran (m/s)

$g$  = gaya gravitasi bumi ( $9,81 \text{ m/s}^2$ )

## 2. Metodologi Penelitian

Proses metodologi yang dilakukan oleh peneliti dalam *nursery* dengan metode vertikultur adalah sebagai berikut :



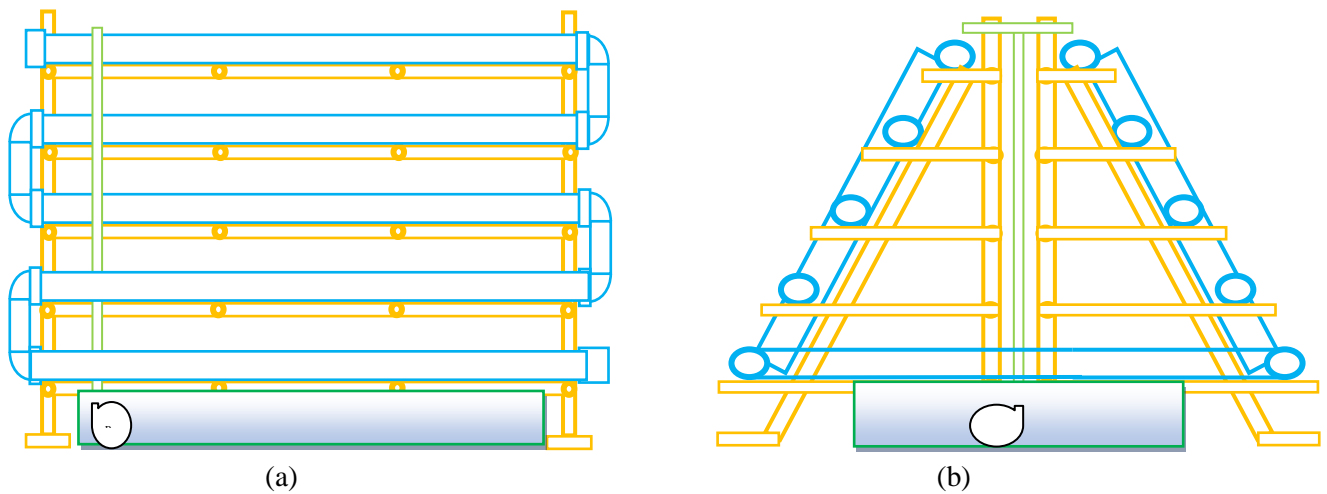
**Gambar 3.** Skema Kerangka Berfikir.

## 3. HASIL DAN PEMBAHASAN

### 3.1 Konstruksi Nursery

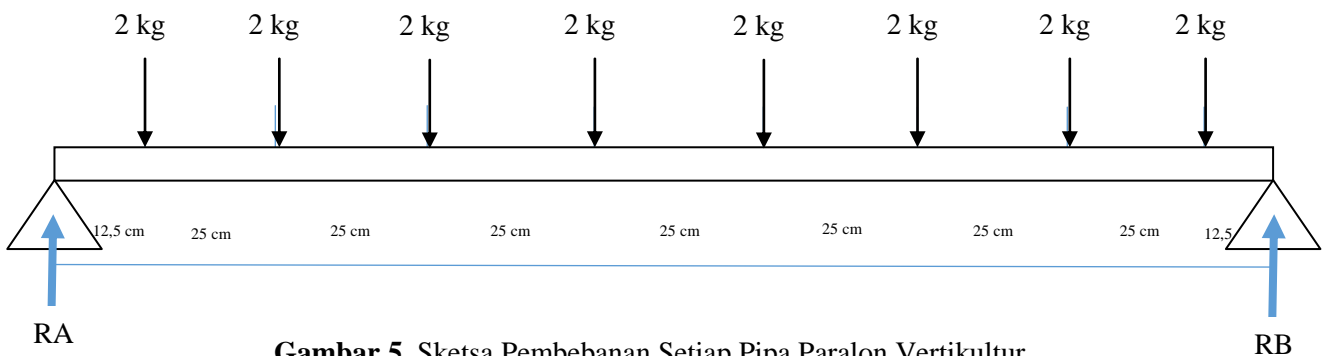
Pembibitan (*nursery*) tanaman merupakan pembibitan yang dilakukan untuk menyeleksi, menanam, serta membudidayakan benih tanaman yang akan ditanam pada lahan pertanian dan perkebunan. Saat ini pembibitan tanaman masih menggunakan metode alami, yaitu : pembibitan dilakukan pada hamparan lahan yang datar, penyiraman bibit yang masih menggunakan gombor (alat penyiraman tradisional), tenaga kerja yang cukup banyak, serta perawatan yang lebih intensif.

Pembibitan menggunakan vertikultur merupakan metode yang dapat mengurangi lahan pembibitan, penyiraman yang efektif, dan tenaga kerja yang sedikit, serta pembibitan yang dapat ditempatkan pada wadah bentuk bulat (cup). Skema pembibitan vertikultur dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 4.** Skema Pembibitan Vertikultur, (a) Tampak Depan, (b) Tampak Samping Kiri

Perancangan yang telah ditentukan untuk pembuatan *nursery* vertikultur, perlu terlebih dahulu dihitung terhadap beban yang akan dipikul oleh konstruksi vertikultur. Bibit tanaman yang akan ditanam pada vertikultur adalah 40 bibit dengan berat 2 kg setiap bibit. Baris 1, 2, 3, 4, 5, diisi oleh bibit sebanyak 8 bibit dan akan diberikan penyiraman air dengan  $\frac{3}{4}$  pipa paralon sebesar 4 inch dan panjang 2 meter. Sketsa untuk pembebanan yang terjadi pada vertikultur dapat digambarkan sebagai berikut.

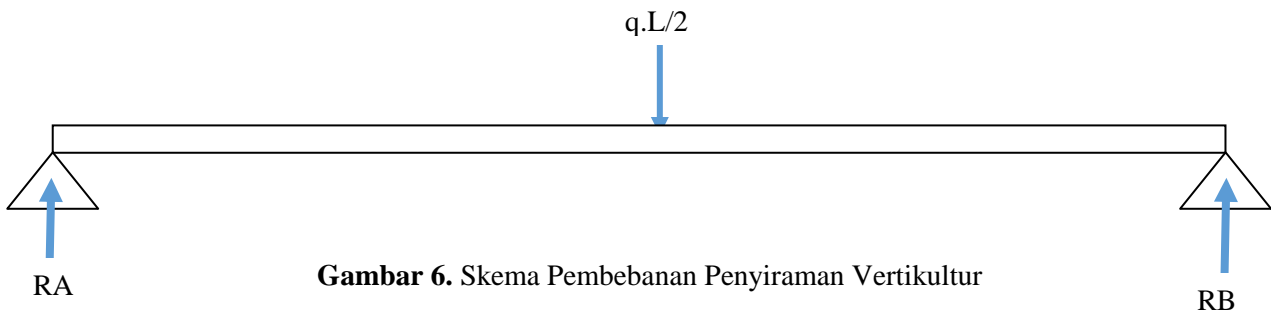


**Gambar 5.** Sketsa Pembebanan Setiap Pipa Paralon Vertikultur

Pada sketsa gambar di atas terjadi pembebanan bibit pada pipa paralon dengan jarak yang telah direncanakan. Dengan demikian untuk menyelesaikan dari ekspresi gambar di atas dapat dipergunakan keseimbangan gaya sebagai berikut :

$$\begin{aligned} \sum F_y &= 0 + \\ RA + RB - 2 \text{ kg (8 titik)} &= 0 \\ \sum M_A &= 0 \\ 2\text{kg} \times (0,125 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 0,25 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 0,5 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 0,75 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 1 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 1,25 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 1,5 \text{ m}) + 2 \text{ kg} \times (0,125 \text{ m} + 1,75 \text{ m}) &= RB \times 2 \text{ m} \\ 16 \text{ kg.m} &= 2 \text{ m} \times RB \\ RB &= 8 \text{ kg} \\ \text{Sehingga } RA + RB - 2 \text{ kg (8 titik)} &= 0 \\ RA + 8 \text{ kg} - 16 \text{ kg} &= 0 \\ RA &= 8 \text{ kg} \end{aligned}$$

Untuk penyiraman pembibitan yang berada di dalam pipa paralon, skema pembebanan dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 6.** Skema Pembebanan Penyiraman Vertikultur

Pada proses ini, pipa paralon diisi air sebagai penyiraman pada bibit tanaman. Pengisian air sebanyak  $\frac{3}{4}$  dari diameter 4 inch sepanjang 2 meter. Sehingga untuk perhitungan pembebanan pada pipa paralon dapat diselesaikan sebagai berikut.

Volume = A x L

Volume =  $\frac{\pi}{4} d^2 \times L = \frac{\pi}{4} 4 \text{ inch}^2 \times 2 \text{ m} = 0,0162 \text{ m}^3$  untuk 75% pipa paralon adalah  $0,0122 \text{ m}^3$

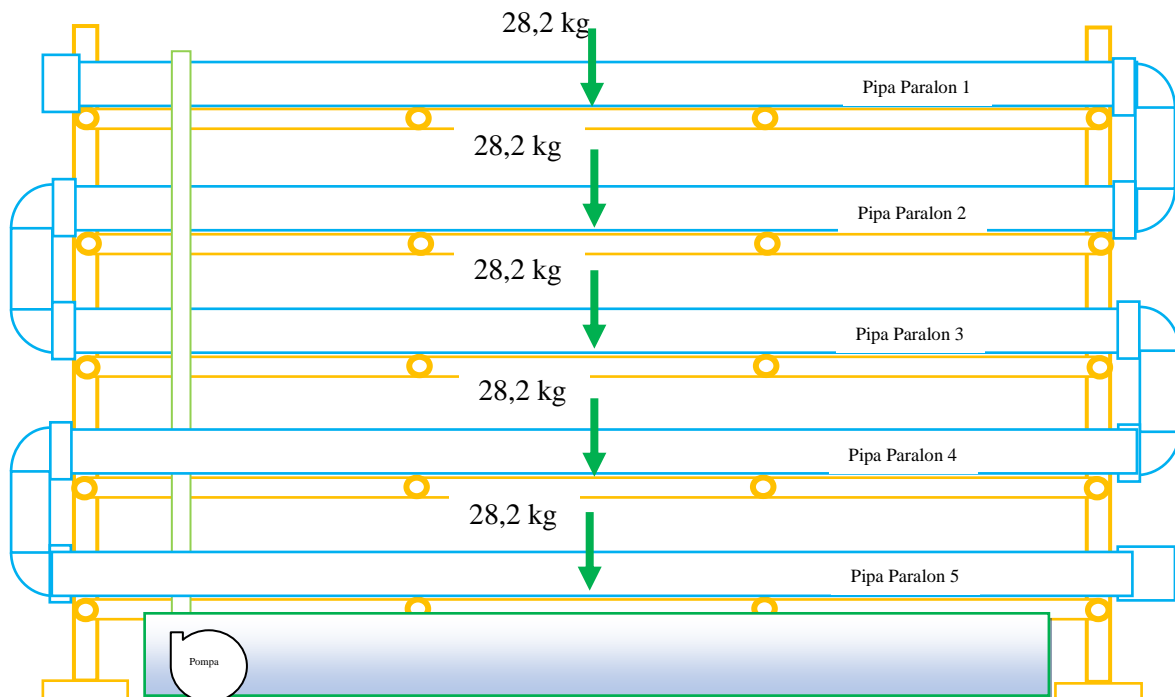
Untuk mendapatkan massa air yang berada di dalam paralon, maka dikalikan dengan massa jenis air, sehingga diperoleh :  $0,0122 \text{ m}^3 \times 1000 \text{ kg/m}^3 = 12,2 \text{ kg}$ .

Maka beban terpusat pada paralon oleh air adalah  $\frac{12,2 \text{ kg} \times 2 \text{ m}}{2} = 12,2 \text{ kg.m}$

Untuk reaksi di titik A dan B sebesar 6,1 kg.m

Sehingga untuk setiap pipa paralon terbebani oleh bibit dan air, dimana setiap reaksi tumpuan A dan B harus mampu menahan sebesar  $(8 \text{ kg} + 6,1 \text{ kg} = 14,1 \text{ kg})$ .

Dengan mengetahui beban yang diterima pada setiap tumpuan baris pipa paralon 1, 2, 3, 4, 5, maka dapat digambarkan sebagai berikut.



**Gambar 7.** Skema Pembebanan Pembibitan dan Penyiraman Sistem Vertikultur

Pada gambar di atas pembebanan pembibitan dan penyiraman dapat diakumulasi secara keseluruhan, sehingga beban yang paling berat adalah di tumpuan baris ke-5, sebesar 28,2 kg x 5 baris = 141 kg.

Pada konstruksi *nursery* mempergunakan besi hollow 40 mm x 40 mm x 2 mm, dimana dapat menahan beban ± 5772 kg (dengan tegangan tarik sebesar 37 kg/mm<sup>2</sup>).

### 3.2 Penyiraman *Nursery*

Pembibitan tidak terlepas dari penyiraman, dimana penyiraman adalah memberikan air kepada tumbuhan, tidak boleh berlebih dan tidak boleh kurang. Apabila terjadi maka akan terjadi mati pada pembibitan. Penyiraman vertikultur menggunakan pompa dan penampung di bagian bawah, sehingga pada saat penyiraman, tenaga kerja hanya menyalakan pompa listrik. Dalam proses penyiraman ini, kita perlu mengetahui kebutuhan air yang akan diperlukan dalam pipa dan sistem yang direncanakan. Sistem yang direncanakan berupa sistem pemipaan, kerugian, dan daya pompa yang dibutuhkan.

Dalam proses perencanaan sistem penyiramana pipa paralon, diketahui 0,0122 m<sup>3</sup> setiap baris, sehingga untuk seluruh pipa adalah 61 liter (0,0122 m<sup>3</sup> = 12,2 liter x 5 baris). Untuk memenuhi 2 bagian vertikultur, maka besar penyiraman pipa paralon adalah 122 liter.

Kapasitas aliran dari penyiramana ( $Q = 122 \text{ liter/jam} = 3,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$ ), dengan diameter pipa yang dipergunakan adalah ¾ inchi, maka kecepatan aliran yang terjadi adalah :

$$V = \frac{Q}{A} = \frac{122 \text{ liter/jam}}{0,000285 \text{ m}^2} = \frac{0,122 \text{ m}^3/\text{jam}}{0,000285 \text{ m}^2} = 428,07 \text{ m/jam} = 0,1189 \text{ m/s}$$

Bilangan Reynold yang terjadi adalah :

$$Re = \frac{\rho \cdot V \cdot D}{\mu}$$

$$Re = \frac{1000 \text{ kg/m}^3 \cdot 0,1189 \text{ m/s} \cdot 0,01905 \text{ m}}{0,798 \times 10^{-3} \text{ kg/m.s}} = 2.834,4 \text{ (Aliran Laminer)}$$

Kerugian minor yang terdapat pada rancang bangun adalah sebagai berikut :

$$HL = \Sigma K \frac{V^2}{2g}$$

$$\Sigma K = \text{shock}(1) + \text{elbow}(2)$$

$$\Sigma K = 0,08(1) + 1,2(2) = 2,48$$

Maka untuk kerugian mayor adalah:

$$HL = \Sigma K \frac{V^2}{2g}$$

$$HL = 2,48 \frac{(0,1189 \text{ m/s})^2}{2,9,81 \text{ m/s}^2} = 0,015 \text{ m}$$

Kerugian moyar yang telah dirancang dalam sistem pemipaan dapat diperoleh hasil sebagai berikut :

$$HL = f \frac{l v^2}{D 2g}$$

Gesekan (*friction*) yang diketahui dari hasil pembacaan Bilangan Reynold VS kekesaran permukaan, dengan menggunakan bahan yang halus ( $\epsilon = 0,025 \text{ mm}$ ) dan diameter 0,01905 mm, maka gesekan yang terjadi sebesar  $f = 0,007$

Untuk mengetahui besarnya kerugian mayor, maka dapat dihitung sebagai berikut:

$$HL = f \frac{l v^2}{D 2g}$$

$$HL = 0,007 \frac{1,5 \text{ m} \cdot (0,1189 \text{ m/s})^2}{0,01905 \text{ m} \cdot 2,9,81 \text{ m/s}^2} = 0,00334 \text{ m}$$

Dalam proses kebutuhan daya pompa untuk rancang bangun, maka dapat diperoleh dengan persamaan sebagai berikut:

$$P = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

$$P = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot 3,4 \times 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s} \cdot (1,5 \text{ m} + 0,015 \text{ m} + 0,00334 \text{ m}) = 0,51 \text{ Watt}$$

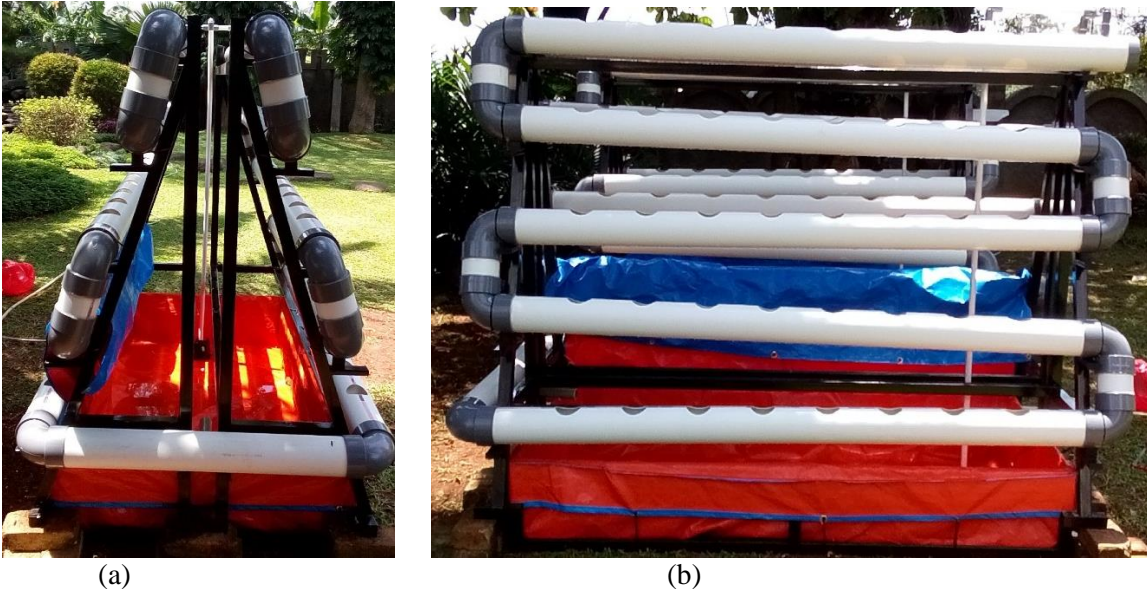
Penggunaan pompa adalah 2.900 liter/jam ( $8,1 \times 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$ ) dengan daya 55 Watt akan menghasilkan kapasitas penyiraman adalah sebesar :



$$55 \text{ Watt} = 1000 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 \cdot Q \cdot (1,5 \text{ m} + 0,015 \text{ m} + 0,00334 \text{ m})$$

$$Q = \frac{55 \text{ Watt}}{14.894,9 \text{ kg/m}^2 \cdot \text{s}^2} = 3,69 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Adapun foto *nursery* vertikultur dapat dilihat di bawah ini.



**Gambar 10.** Foto Vertikultur (a) Tampak Samping, (b) Tampak Depan

Pada rancangan *nursery* tanaman secara Vertikultur ini terdapat beberapa kesimpulan, yaitu :

- Merancang bangun *nursery* vertikultur perlu memperhatikan pembebanan konstruksi yang menjadi di dalam sistem. Pembebanan terdiri dari berat pembibitan sebanyak 16 kg setiap baris dan berat air yang terdapat di dalam pipa paralon sebesar 12,2 kg. Total pembebanan setiap baris pipa paralon sebesar 28,2 kg, serta jumlah pembebanan seluruhnya sebesar 141 kg.
- Metode penyiraman untuk *nursery* vertikultur adalah sirkulasi tertutup, dimana air yang telah menyirami pembibitan akan dikembalikan lagi pada tempat penampungan (*received*), sehingga air tidak terbuang secara percuma. Setiap pipa paralon membutuhkan 12,2 liter (61 liter untuk 5 baris pipa paralon) dan untuk dua konstruksi vertikultur adalah 122 liter. Daya yang dibutuhkan untuk penyiraman *nursery* vertikultur adalah 0,51 Watt dengan kapasitas aliran sebesar 122 liter/jam.

## DAFTAR PUSTAKA

1. Nirwana, Virgien Margi; Ika Rochdjatun Sastrahidayat, Anton Muhibuddin; *Pengaruh Populasi Tanaman Terhadap Hama dan Penyakit Tanaman Tomat yang Dibudidayakan secara Vertikultur*, Jurnal HPT Volume 1 Nomor 4, Desember 2013, ISSN : 2338 – 4336, Universitas Brawijaya (2013).
2. Siti Mariyam, Tutiek Rahayu, dan Budiwati; *Implementasi Eco-Education Di Sekolah Perkotaan Melalui Budidaya Vertikultur Tanaman Hortikultura Organik*, FMIPA Universitas Negeri Yogyakarta, Inotek, Volume 18, Nomor 1, Februari (2014).
3. Mulyono N, *Budidaya Sistem Pertanian Vertikal(Vertikultur)*, Fak. Pertanian UGM, Bulaksumur Yogyakarta, (2014).
4. Nurmawati dan Sri Kadarwati, *Vertikultur Media Pralon sebagai Upaya Memenuhi Kemandirian Pangan di Wilayah Peri Urban Kota Semarang*; Jurnal Pendidikan Sains, Universitas Muhammadiyah Semarang; Volume 04 Nomor 02, Oktober (2016).
5. Nash, William A; *Schaum's Outline of Theory and Problems of Strength of Materials*, Fourth Edition, McGraw Hill.

6. Sears & Zemansky, *Mekanika Untuk Universitas, Mekanika, Panas, Bunyi*, Penerbit Bina Cipta, (1982).
7. Nelson, E.W; Charles L.Best, W.G.Mclean, *Schaum's Outlet of Theory and Problems of Engineering Mechanics Statics and Dynamics*, **Fifth** Edition, McGraw Hill.
8. Rahardja, Istianto Budhi; *Rancang Bangun Penyediaan Air Bawah Tanah Kapasitas 1500 Liter/Jam Menggunakan Pompa Sentrifugal*; Prosiding Seminar Nasional Teknologi 2018, P-ISSN : 2615-1561, E-ISSN : 2615-1553, 20 April (2018).
9. Dietzel, Fritz; *Turbin, Pompa, dan Kompresor*, alih bahasa Ir. Dakso Sriyono, Penerbit Erlangga, Jakarta, (1993).
10. Munson, Bruce R., Donald F. Young, Theodore H. Okiishi, *Mekanika Fluida*, Edisi **keempat**, Penerbit Erlangga, Jakarta, (2003).