

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Pak Choi

Pak Choi adalah salah satu tanaman hortikultura yang termasuk dalam famili Brassicaceae dan cukup menjanjikan untuk dibudidayakan. Tanaman Pak Choi (*Brassica rapa* L.) sebelumnya dikenal dengan nama *Brassica Chinensis* L. dan *Brassica rapa* L. ssp *Chinensis*, saat ini tanaman Pak Choi menjadi *Brassica rapa* L. cv group Pak Choi atau yang lebih dikenal dengan sawi china (Sesmininggar, 2006). Sayuran ini termasuk jenis sayuran dengan umur pendek kurang lebih 40 hari dengan tinggi 15 – 30 cm, sehingga dapat dipanen dengan cepat. Sayuran ini adalah jenis tanaman yang dapat tumbuh baik di dataran rendah maupun tinggi. Namun biasanya Pak Choi di tanam di dataran tinggi. Apabila ditanam dengan cara yang baik Pak Choi akan memiliki kualitas yang lebih bagus. Tanaman ini dapat tumbuh pada pH tanah berkisar antara 6 sampai 7 dan cukup mendapat sinar matahari, dengan suhu 21.1°C (siang hari) dan 15.6°C (malam hari).

Pak Choi mengandung 10 mg protein, 3 mg lemak, 40 mg karbohidrat, 147 mg kalsium, 33 mg fosfor, 4.4 mg besi, 0,7 mg thianin, 1.3 mg riboflavin, dan 93 ml air dalam 100 gram bagian yang dapat dimakan dari tanaman Pak Choi

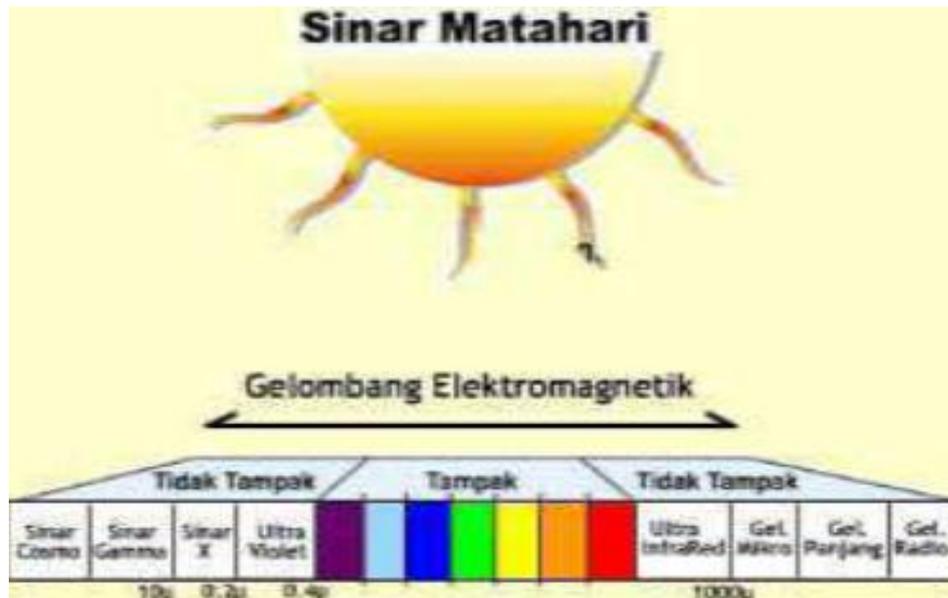
(Musfati, 2009).

## **2.2 Suhu**

Salah satu unsur yang terpenting agar berlangsungnya proses fotosintesis adalah terpenuhinya sinar untuk menghasilkan kehangatan di lingkungan bersangkutan. Menurut Lingga (2000), bila temperatur rendah atau tidak beraturan, maka proses fotosintesis akan jadi kurang sempurna. Jika suhu di sekitar lingkungan tanaman terlalu dingin, pertumbuhan tanaman akan lambat. Temperatur yang normal adalah 21 derajat – 23 derajat celcius, meskipun ada kekecualian bagi tanaman tertentu. Sedangkan untuk temperatur malam hari yang baik untuk tanaman adalah tidak lebih rendah dari 10 derajat celcius. Suhu udara optimum untuk tanaman pak choi berkisar 20 – 25 derajat celcius. Tingkat suhu selain untuk mengatur tanaman untuk memperoleh energi, juga erat kaitannya dengan kelembaban udara.

## **2.3 Pengaruh Sinar Matahari**

Setiap tanaman membutuhkan sinar matahari untuk pertumbuhan dan perkembangan. Menurut Lingga (1999), sinar atau cahaya merupakan salah satu faktor terpenting dalam proses fotosintesis untuk menghasilkan energi sebagai bahan bakar pada pertumbuhan tanaman. Fotosintesis hanya akan terjadi bila setiap hari tanaman memperoleh sinar yang cukup. Jenis tanaman yang berbeda membutuhkan jumlah sinar yang berbeda pula. Energi yang diserap tanaman merupakan bagian dari gelombang elektromagnetik yang terdiri dari cahaya tampak dan cahaya tidak tampak. Cahaya tampak terdiri dari warna ungu, biru, hijau, kuning, jingga dan merah. Sedangkan cahaya tak tampak terdiri dari cahaya ultraviolet dan infra merah (Saputro dkk, 2013).



Sumber : Jurnal analisa penggunaan Lampu LED pada penerangan dalam rumah (Saputro dkk, 2013).

Gambar 1. Kelompok Gelombang Elektromagnetik

Kualitas suatu tanaman ditentukan oleh banyaknya klorofil yang terkandung dalam tanaman tersebut. Semakin banyak klorofil yang terkandung, maka akan semakin baik kualitas tanaman karena klorofil merupakan faktor terpenting dalam proses fotosintesis. Salah satu cara yang dapat digunakan untuk meningkatkan laju fotosintesis adalah dengan memanipulasi lama penyinaran pertumbuhannya. Lama penyinaran yang optimum dapat menghasilkan produk fotosintesis yang maksimal. Sinar matahari atau cahaya mempunyai peranan yang sangat penting terhadap proses fotosintesis yang mempengaruhi intensitas dan panjang gelombang (Alamsjah dkk, 2010).

## 2.4 Nutrisi

Penanaman secara hidroponik perlu memperhatikan pemberian nutrisi bagi tanaman. Selain faktor esensial (cahaya, air dan CO<sub>2</sub>), nutrisi juga mutlak dibutuhkan tanaman. Larutan nutrisi merupakan faktor penting untuk

pertumbuhan dan kualitas hasil tanaman hidroponik, sehingga harus tepat dari segi jumlah komposisi ion nutrisi dan suhu. Pupuk hidroponik harus dilarutkan terlebih dahulu ke air. Hal ini bertujuan untuk memenuhi kebutuhan jumlah nutrisi untuk tanaman dengan tepat dan langsung ke akar tanaman. Pemberian larutan nutrisi dilakukan langsung ke permukaan media atau ke akar tanaman (Mansyur, 2014).

## **2.5 Kebutuhan Air Tanaman**

Kebutuhan air tanaman adalah banyaknya jumlah air yang dibutuhkan oleh tanaman untuk evapotranspirasi yang hilang akibat penguapan. Kebutuhan air dipengaruhi oleh jenis tanaman, umur tanaman, radiasi surya, dan curah hujan. Dalam sistem hidroponik, kebutuhan air adalah komponen utama. Larutan hara berupa air dan pupuk diberikan secara bersamaan (Mulyani, 2007).

## **2.6 Hubungan Intensitas Cahaya, Suhu Udara, Kelembaban, dan Evapotranspirasi**

Evapotranspirasi merupakan kebutuhan air tanaman. Evapotranspirasi diukur secara langsung dengan cara mengukur selisih penurunan air pada hari ini dan hari selanjutnya. Evapotranspirasi tanaman dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya faktor lingkungan, sistem, tanaman dan larutan nutrisi. Faktor lingkungan tersebut di antaranya intensitas cahaya, suhu dan kelembaban. Kelembaban yang tinggi akan menyebabkan laju evapotranspirasi rendah dan sebaliknya. Larutan nutrisi juga merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi besarnya evapotranspirasi. Larutan nutrisi yang pekat akan menyebabkan evapotranspirasi pada tanaman rendah. Pertumbuhan tanaman yang besar, baik

dari tinggi tanaman, jumlah dan luas daun akan menyebabkan tingginya evapotranspirasi (Krisnawati, 2014).

## 2.7 Hidroponik

Hidroponik merupakan beberapa cara bercocok tanam tanpa menggunakan media tanah sebagai tempat menanam tanaman. Hidroponik berasal dari bahasa Latin yang terdiri dari kata *hydro* yang berarti air dan kata *ponos* yang berarti kerja. Menurut Lingga (1999) istilah hidroponik lebih dikenal dengan sebutan berkebun tanpa tanah, dengan menanam tanaman dalam pot atau wadah lain yang menggunakan air. Umumnya media tanam yang digunakan bersifat porous, seperti pasir, arang sekam, batu apung, kerikil, *rockwool*.

Umumnya orang bercocok tanam dengan menggunakan tanah sebagai media tumbuhnya. Namun, dalam sistem hidroponik, bercocok tanam tidak lagi menggunakan tanah, hanya dibutuhkan air yang ditambah nutrisi sebagai sumber makanan bagi tanaman. Saat ini, jenis tanaman yang dapat dibudidayakan dengan sistem hidroponik sudah bermacam-macam baik tanaman hias, sayuran, maupun tanaman buah. Pada dasarnya, kunci dari dapat atau tidaknya tanaman dibudidayakan dengan sistem hidroponik tergantung dari nutrisi yang diberikan (Prihmantoro, 1999). Sistem hidroponik dibagi menjadi beberapa jenis di antaranya aeroponik, NFT (*Nutrient Film Technique*), sistem rakit apung (*floating system*), sistem sumbu (*wick system*), sistem pasang surut (*ebb and flow*) dan irigasi tetes (*drip irrigation*).

Pada sistem aeroponik, akar tanaman mengantung di udara dan larutan nutrisi diberikan dengan cara disemprotkan atau pengabutan. NFT adalah sistem

hidroponik dimana akar tanaman secara langsung terkena larutan nutrisi dengan tinggi 5-10 cm. Prinsip sistem rakit apung yaitu tanaman ditanam dalam keadaan diapungkan tepat di atas larutan nutrisi. Sistem irigasi sumbu (*Wick System*) adalah metode yang paling sederhana karena larutan nutrisi dari bak penampung menuju perakaran tanaman pada posisi di atas dengan perantara sumbu.

Sedangkan pada sistem pasang surut, larutan nutrisi diberikan dengan cara menggenangi atau merendam wilayah perakaran untuk beberapa waktu tertentu.

Irigasi tetes menggunakan bantuan selang irigasi untuk mengalirkan larutan nutrisi ke wilayah perakaran tanaman (Hendra dan Andoko, 2014).

Sistem irigasi alternatif diperlukan untuk memberikan pasokan air secara efisien. Menurut Lee (2010), telah banyak dilakukan penelitian untuk menemukan cara – cara yang sederhana dan efisien untuk mengairi tanaman. Salah satunya adalah sistem irigasi sumbu. Cara membuatnya dengan memasukkan kain atau sumbu ke dalam pot, sumbu tersebut digunakan untuk menyerap air. Sistem ini memiliki banyak manfaat yaitu untuk menghindari kehilangan air berlebih, mengurangi penggunaan herbisida, menghemat tenaga kerja, waktu dan biaya air, sehingga lebih ekonomis dan efisien dalam penggunaan nutrisi dibandingkan dengan sistem lain. Sistem sumbu ini sangat mudah dan murah untuk digunakan terutama untuk petani skala kecil serta dapat menghasilkan kualitas produk yang lebih tinggi (Wesonga, 2014).

## **2.8 Cahaya Buatan**

Cahaya buatan di dalam ruangan dapat menggantikan fungsi cahaya matahari dan memungkinkan menanam tanaman berdaun dan berbunga sekaligus berbuah di tempat yang biasanya tak dapat di huni tanaman. Hal ini memberi kesempatan

berkebun di tempat-tempat yang tak memperoleh sinar matahari langsung, seperti di rumah, di gedung-gedung bertingkat. Menurut hasil penelitian, cahaya putih atau cahaya siang, merupakan gabungan komposisi dari seluruh warna. Menurut Lingga (1999), tanaman secara fisiologis tidak bereaksi terhadap warna hijau, kuning, dan jingga. Namun gelombang cahaya jajaran biru untuk tumbuh dan berfotosintesis, serta jajaran merah untuk berbunga.

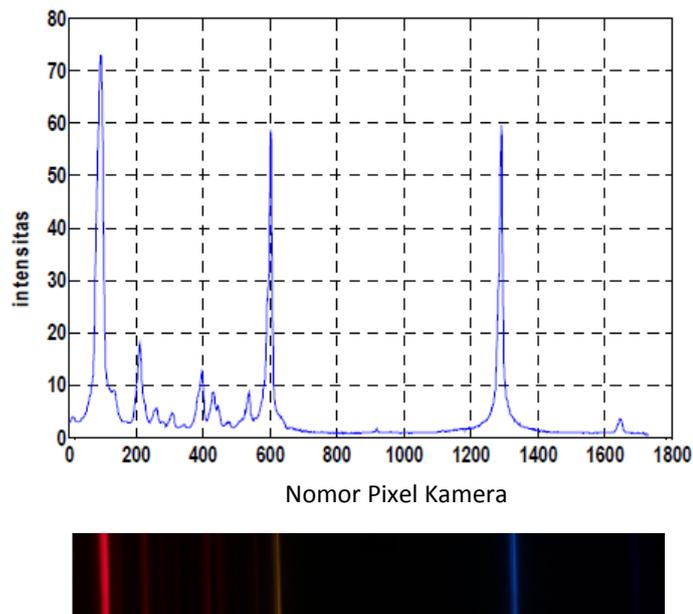
Tanaman akan mendapatkan cukup cahaya dan menyerap spektrum yang dibutuhkan apabila di tanam dalam hidroponik yang berada di bawah sinar matahari langsung. Bila di dalam rumah kaca, tambahan cahaya terkadang digunakan untuk memberikan waktu lebih lama bagi tanaman selama dalam kondisi cahaya rendah dan memperpanjang masa pertumbuhan tanaman. Setiap cahaya buatan sangat menguntungkan untuk menambah produksi dan pertumbuhan tanaman. Semakin tinggi intensitas cahaya yang direfleksikan maka semakin lebar spektrumnya dan semakin menguntungkan bagi tanaman.

Pemberian cahaya buatan yang paling baik yaitu antara pukul 22.00 sampai dengan 02.00 dini hari. Perbedaan warna cahaya buatan yang diberikan akan mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman, karena masing – masing warna cahaya memiliki rentang panjang gelombang berbeda – beda yang dapat di serap oleh tanaman. Panjang gelombang yang diserap tanaman dapat mempengaruhi proses fotosintesis (Ermawati dkk, 2011).

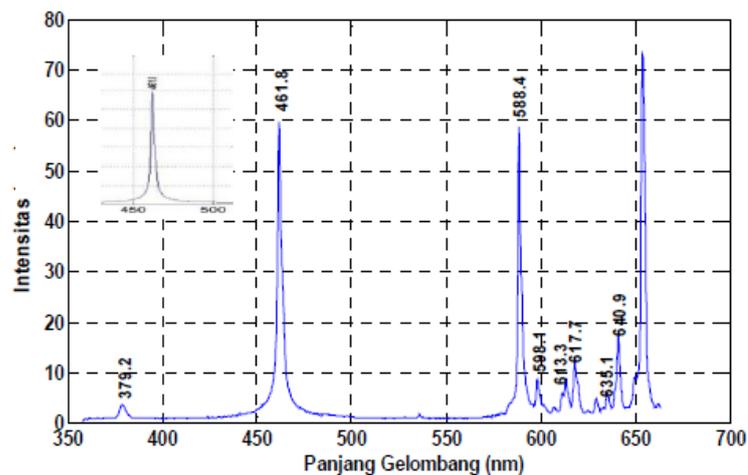
## **2.9 Spektrum Cahaya**

Cahaya matahari memiliki nilai spektrum yang berbeda – beda. Spektrum cahaya merupakan bagian dari spektrum elektromagnet yang tampak oleh manusia.

Cahaya lampu neon ketika dilewatkan pada sebuah kisi akan membentuk garis – garis spektrum. Panjang gelombang dan intensitas lampu neon tergantung pada warna dan terangnya suatu spektrum lampu neon. Gambar 3 merupakan spektrum lampu neon yang dianalisis menggunakan Matlab.



Gambar 2. Grafik intensitas terhadap pixel dan spektrum neon



Gambar 3. Grafik Intensitas terhadap panjang gelombang (Deomedes, 2007)

Intensitas menunjukkan terang suatu garis spektrum lampu neon dan pixel daya tangkap kamera digital. Neon mempunyai beberapa garis spektrum dan terdapat 2 bagian spektrum yang berbeda. Nilai di setiap gelombang menunjukkan nilai

maksimum gelombang untuk garis – garis spektrum lampu neon (Gambar 3).

Panjang gelombang yang dimiliki spektrum lampu neon adalah 379,2 nm, 461,8 nm, 588,4 nm, 598,1 nm, 613,3 nm, 617,7 nm, 635,1 nm dan 640,9 nm. Cahaya matahari memberikan pengaruh yang berbeda terhadap tanaman tergantung dari panjang gelombang masing – masing cahaya.

Tabel 1. Efek panjang gelombang terhadap tanaman

Panjang gelombang (nm)			Efek aktivitas
Infrared	IR-A	1400-1000	Tidak ada aktivitas yang terdeteksi pada tanaman pada panjang gelombang ini. Hanya pengaruh panas.
		780	Merangsang pertumbuhan tanaman.
 Visible rays	Merah	700	Blok perkecambahan (730nm). Operasi Fotosintesis pada 670 nm maksimal.
	Merah kekuningan	660	Operasi klorofil pada 655nm maksimal. Operasi perbenihan dan pembentukan kuncup bunga dan daun distribusi (660nm).
		610	Tidak ada fotosintesis (580-650nm).
	Hijau kekuningan	510	Sedikit penyerapan oleh pigmen kuning (485nm).
		430-440	Operasi Fotosintesis pada 430nm maksimal. Operasi klorofil pada 440Nm maksimal.
Biru			
Ultraviolet	UV-A	400-315	Daun tanaman dapat menebal.
	UV-B	280	Sangat mempengaruhi proses tanaman, seperti pembentukan imunitas, dll. tetapi berbahaya pada tanaman jika panjang gelombang ini terlalu kuat.
	UV-C	100	Dapat mengeringkan tanaman dengan cepat.

Sumber: [www.parus.co.kr](http://www.parus.co.kr)

## 2.10 Kuat Cahaya (Lumen)

Banyaknya cahaya yang dapat dihasilkan oleh lampu tergantung pada lumen dari lampu tersebut, karena lampu dengan watt yang besar tidak dapat dipastikan dapat menghasilkan cahaya dengan kekuatan yang besar. Lumen merupakan satuan dari *Luminous Flux* yang menyatakan kuat cahaya yang dapat ditangkap oleh mata. 1 lumen sama dengan 0,0016 watt. Cahaya yang tidak tampak seperti cahaya ultraviolet dan inframerah memiliki nilai lumen 0. Efisiensi lampu (lumen/watt) tergantung dari spektrum warna yang dihasilkan. Cahaya dengan kekuatan 1 watt dapat menghasilkan *luminous flux* maksimum sebesar 683 lumen dengan panjang gelombang 555 nm (warna hijau), karena maksimum lumen per watt adalah 683 lumen (Fies, 2009).

## 2.11 Light-Emitting Diodes (LED)

Light-emitting diode (LED) memiliki berbagai keunggulan dibandingkan bentuk-bentuk lampu tradisional untuk pencahayaan hortikultura. Lampu biasa memiliki ukuran yang kecil, daya tahan, umur panjang, kurang memancarkan temperatur, dibandingkan dengan LED yang memiliki panjang gelombang tertentu untuk respon tanaman. LED lebih cocok untuk pencahayaan tanaman hortikultura daripada cahaya lain. Keuntungan ini, di tambah dengan perkembangan baru dalam ketersediaan panjang gelombang, keluaran cahaya, dan efisiensi konversi energi.

Sejumlah penelitian telah dilakukan di University of Wisconsin, di NASA Kennedy Space Center untuk memeriksa kegunaan LED sebagai sumber utama atau pencahayaan tambahan untuk pertumbuhan tanaman dalam ruang tersebut.

Meskipun sebagian besar LED banyak digunakan hanya untuk tanaman pangan, respon tanaman yang menguntungkan untuk budidaya tanaman hias terhadap LED sangat di mungkinkan. Penemuan dan penelitian lain dapat membantu pemilihan jenis LED untuk berbagai tujuan serta tergantung pada jenis tanaman dan tanggapan yang diinginkan (Massa *et al*, 2008).

Warna yang paling penting bagi tanaman untuk fotosintesis adalah warna merah dan biru. Cahaya biru dengan sendirinya menghasilkan tanaman yang lebih pendek (berkurang ruas panjang) yang berwarna gelap. Sebaliknya, lampu merah menghasilkan tanaman dengan panjang ruas dengan pertumbuhan lebih lambat. Biasanya, intensitas cahaya optimal yaitu selama bulan-bulan musim dingin, sehingga sesuai jika akan menggunakan pencahayaan tambahan untuk memaksimalkan tanaman pertumbuhan dengan meningkatkan laju fotosintesis pada rumah kaca. Masing – masing lampu memiliki fungsi yang berbeda untuk pertumbuhan tanaman. Lampu LED ini di kenal dengan lampu yang rendah listrik, sehingga banyak digunakan untuk rumah tangga atau industri peralatan, ponsel, dll. Biasanya lampu LED yang sering digunakan yang berwarna merah (Klaassen *et al*, 2003).

## **2.12 Neon**

Tanaman membutuhkan panjang gelombang yang berbeda dan energi untuk pertumbuhan tanaman. Lampu Neon adalah bentuk energi yang efisien sebagai pencahayaan untuk rumah tangga dibandingkan dengan lampu pijar. Lampu Neon merupakan jenis dari lampu *fluorescent* yang menghasilkan warna merah,

sehingga dapat menyebabkan fase vegetatif pada tanaman menjadi lambat dan fase generatif lebih cepat (Wibiyanti, 2008).

Menurut Armynah dkk (2013), lampu Neon adalah lampu yang menghasilkan cahaya seperti lampu uap raksa bertekanan rendah yang berisi tiga jenis zat kimia yaitu neon, argon dan krypton. Suhu lampu Neon sangat penting untuk kualitas desain pencahayaan. Lampu ini banyak di gunakan di instalasi pencahayaan industri karena umur lampu yang panjang. Lampu neon tidak dirancang untuk dioperasikan secara langsung dan membutuhkan perangkat untuk menghasilkan tegangan tinggi lebih dari 230 V. Lampu neon tidak dapat mengontrol arus dan akan menarik arus yang tinggi (Fies, 2009).

Table 2. Spesifikasi lampu Neon

Spesifikasi	
Kisaran daya	8 – 300 watt
Temperatur warna	2,700 – 6.500 Kelvin
Lama hidup	800 – 16.000 jam
potensi	35 – 104 lm/watt

Sumber : The basics of efficient lighting (Fies, 2009).

Menurut Vandre (2011), tanaman akan menunjukkan pertumbuhan yang optimal dibawah penyinaran lampu neon putih dibandingkan lampu neon berwarna merah dan biru. Lampu neon berwarna merah dan biru tidak memberikan banyak keuntungan selain untuk tujuan estetika. Lampu neon 10 sampai 15 watt sangat baik untuk proses perkecambahan benih dengan tinggi lampu 8 sampai 12 inci di atas tanaman.

Menurut Kobayashi *et al* (2013), total berat kering tanaman dan kandungan klorofil daun tanaman selada lebih besar pada pencahayaan lampu Neon. Lampu Neon atau yang lebih dikenal sebagai lampu TL (*Tubular Lamp*) memiliki efisiensi lebih tinggi daripada lampu pijar karena memiliki masa pakai yang relatif lama. Kelebihan lampu ini antara lain : lebih efisien, mudah perawatannya, biaya rendah dan banyak ukuran, serta tidak begitu panas (Mukhlis, 2011).