

BAB I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Keterbatasan lahan serta meningkatnya permintaan akan tanaman budidaya menjadi faktor utama yang mendorong perkembangan metode pertanian hidroponik. Hidroponik merupakan teknik bercocok tanam yang menggunakan larutan nutrisi berbasis air dan pupuk, baik dengan maupun tanpa penggunaan media tanam alternatif seperti pasir, *rockwool*, kerikil, vermikulit, gambut, sabut kelapa, atau serbuk gergaji sebagai penopang fisik tanaman. Berbagai studi telah mengidentifikasi sejumlah komponen penting dalam sistem hidroponik, antara lain media tanam, unsur mineral, larutan nutrisi, suhu, air, cahaya, dan udara (Siregar *et al.*, 2016).

Metode hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT) merupakan salah satu teknik hidroponik paling mutakhir saat ini. Teknik ini bekerja dengan prinsip bahwa akar tanaman tumbuh di atas lapisan tipis larutan nutrisi yang mengalir secara terus-menerus, memungkinkan tanaman memperoleh asupan air, nutrisi, dan oksigen secara optimal. (Aziz *et al.*, 2024). Hidroponik NFT merupakan salah satu metode hidroponik yang memiliki perbedaan mendasar dibandingkan dengan hidroponik berbasis substrat. Air yang mengandung larutan nutrisi pada sistem NFT dialirkan secara terus-menerus selama 24 jam menggunakan pompa. Hal ini dilakukan untuk menjamin akar tanaman senantiasa mendapatkan suplai nutrisi, air, dan oksigen yang memadai, guna menunjang pertumbuhan tanaman secara optimal (Pancawati dan Yulianto, 2016).

Pemanfaatan media tanam berbasis air dengan aliran yang berlangsung secara kontinu melalui bantuan pompa tentunya mengandung listrik sebagai sumber energi utama untuk mengoperasikannya (Samsurizal *et al.*, 2021). Saat ini, energi yang dimanfaatkan masih bersumber dari listrik PLN. Namun, potensi energi terbarukan yang melimpah memberikan peluang besar untuk dimanfaatkan dalam menunjang penerapan teknologi ini (Samsurizal *et al.*, 2021). Energi surya merupakan salah satu sumber energi alternatif yang memiliki potensi besar, bersifat tidak terbatas, dan dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan listrik.

Menggunakan energi surya untuk menghasilkan listrik, diperlukan alat yang mampu mengkonversi sinar surya menjadi energi listrik, yaitu semikonduktor yang dikenal sebagai panel surya atau sel surya (Suratno dan Cahyono, 2023).

Intensitas cahaya merupakan salah satu faktor utama dalam budidaya tanaman yang dapat mempengaruhi mekanisme pertumbuhan tanaman, karena cahaya memiliki peran yang sangat penting dalam mendukung proses fotosintesis pada tumbuhan (Syafriyudin dan Ledhe, 2015). Kebutuhan akan intensitas cahaya dapat dipenuhi melalui pemanfaatan sumber pencahayaan buatan (*artificial light*) yang salah satunya adalah lampu LED (Novianto dan Wijaya, 2019). Pemanfaatan lampu LED dalam sistem hidroponik *indoor* dapat meningkatkan efisiensi proses pembentukan energi melalui fotosintesis pada tumbuhan. Lampu ini dapat digunakan sebagai alternatif untuk menggantikan sebagian atau seluruh cahaya matahari selama proses pertumbuhan tanaman (Hutapea *et al.*, 2023).

Fotosintesis tanaman dengan cahaya matahari berlangsung dari pukul 06.30 – 17.00 yaitu kurang lebih selama 12 jam (Lindawati *et al.*, 2015). Fotosintesis mencapai tingkat tertinggi pada siang hari, tepatnya antara pukul 11.00 - 14.00, namun akan menurun drastis jika terhalang oleh awan. Sementara itu, pada pukul 18.00 hingga malam, proses fotosintesis tidak terjadi karena tidak adanya sinar matahari (Pratama *et al.*, 2018). Supaya pertumbuhan tanaman dapat berlangsung lebih cepat, dapat digunakan *artificial light*, agar tanaman dapat berfotosintesis pada malam hari. Rozaaq (2024) menyatakan bahwa durasi optimal pemanfaatan LED pada sistem *plant factory* sebagai pengganti cahaya matahari adalah 14 jam pencahayaan. Pratama *et al.*, (2018) menyatakan bahwa durasi penambahan pencahayaan yang optimal pada malam hari untuk tanaman adalah 3 jam.

Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, pengembangan *greenhouse* dapat dilakukan dengan memanfaatkan PLTS sebagai sumber energi dan menambahkan *artificial light* untuk mempercepat pertumbuhan tanaman. Oleh karena itu, dilakukan penelitian dengan judul **“Pengembangan Artificial Light dengan Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)**

sebagai Sumber Energi pada Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*) menggunakan Hidroponik NFT”.

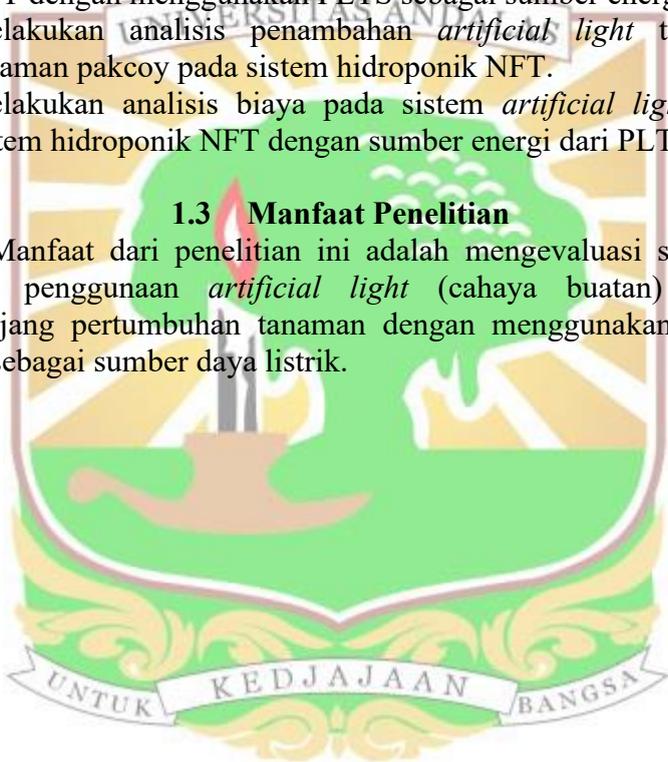
1.2 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Menguji kinerja PLTS sebagai sumber energi pada sistem hidroponik NFT.
2. Menguji kinerja sistem *artificial light* pada sistem hidroponik NFT dengan menggunakan PLTS sebagai sumber energi.
3. Melakukan analisis penambahan *artificial light* terhadap tanaman pakcoy pada sistem hidroponik NFT.
4. Melakukan analisis biaya pada sistem *artificial light* pada sistem hidroponik NFT dengan sumber energi dari PLTS.

1.3 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah mengevaluasi seberapa efektif penggunaan *artificial light* (cahaya buatan) dalam menunjang pertumbuhan tanaman dengan menggunakan energi surya sebagai sumber daya listrik.



BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sistem Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT)

Hidroponik merupakan metode pertanian modern yang berpeluang besar untuk diterapkan di berbagai lingkungan, seperti di daerah pedesaan, kawasan perkotaan, lahan terbuka, bahkan di dalam apartemen (Wibowo dan Asriyanti, 2013). Metode ini menanam tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media tanam, menggantikan peran tanah. Metode ini berfokus pada budidaya tanaman dengan memanfaatkan air sebagai media utama, sambil memastikan kebutuhan nutrisi tanaman terpenuhi tanpa menggunakan tanah.

Salah satu jenis hidroponik yang paling sering diterapkan yaitu metode *Nutrient Film Technique* (NFT) (Pancawati dan Yulianto, 2016). Metode ini membudidayakan tanaman dengan menempatkan akar pada aliran tipis larutan nutrisi yang mengalir terus-menerus dan telah disesuaikan dengan kebutuhan tanaman. Akar menyerap nutrisi dari larutan tersebut, memungkinkan tanaman tumbuh dan berkembang secara optimal. Disebut *Nutrient Film Technique* karena larutan nutrisi mengalir sangat tipis di sekitar akar. Untuk menjaga kadar oksigen tetap optimal dan menghindari kelebihan air, ketinggian lapisan larutan dibatasi hingga maksimal 3 mm (Roidah, 2014). Dalam sistem ini, campuran air dan nutrisi disirkulasikan secara kontinu selama 24 jam menggunakan pompa. Aliran hanya boleh terhenti paling lama 10 menit, setelah itu sirkulasi harus dilanjutkan kembali untuk mencegah akar mengalami kekeringan (Susilawati, 2019).

Kelebihan dari sistem hidroponik NFT terletak pada kemampuannya dalam menyediakan air, nutrisi, dan oksigen secara optimal karena alirannya berlangsung secara terus-menerus (Pancawati dan Yulianto, 2016). Namun, kelemahan utama dari sistem ini adalah ketergantungannya pada pasokan listrik untuk menjaga kelancaran sirkulasi larutan nutrisi, yang penting agar

sistem tetap berjalan secara efektif (Susilawati, 2019). Ilustrasi sistem hidroponik NFT dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Hidroponik *Nutrient Film Technique* (NFT)

Sumber : <https://www.blibli.com>

Dalam berbudidaya sayuran dengan sistem hidroponik, diperlukan perhatian terhadap sejumlah faktor yang memiliki pengaruh terhadap proses tumbuh kembang tanaman. Secara umum, faktor-faktor ini serupa dengan yang berpengaruh dalam metode budidaya konvensional, namun berbeda dalam hal cara pemenuhannya agar tanaman dapat berkembang dengan baik (Susilawati, 2019). Sejumlah faktor krusial tersebut mencakup pH media tanam, ketersediaan unsur hara yang dapat diserap oleh akar, serta suhu udara di lingkungan sekitar tempat tanaman tumbuh (Dani, 2020).

pH diukur melalui jumlah ion hidrogen yang terdapat di dalam larutan. Nilai pH memiliki peran krusial karena menentukan seberapa efektif akar tanaman dapat menyerap kandungan nutrisi. Ketidaksesuaian pH pada larutan nutrisi dapat menghambat pertumbuhan tanaman, misalnya menyebabkan daun menguning dan dalam kasus yang lebih parah, dapat menyebabkan kematian tanaman (Susilawati, 2019).

Nutrisi memiliki peran yang sangat vital dalam budidaya tanaman dengan sistem hidroponik. Nutrisi ini mengandung unsur

hara yang terdiri dari senyawa kimia esensial yang diperlukan tanaman untuk tumbuh dan menyelesaikan siklus hidupnya. Konsentrasi nutrisi dalam larutan biasanya diukur dalam satuan *part per million* (ppm). Pengukuran ini sangat penting karena kadar nutrisi perlu disesuaikan dengan usia serta fase pertumbuhan tanaman. Semakin lanjut usia tanaman, semakin besar pula kebutuhan nutrisinya (Susilawati, 2019).

Tanaman membutuhkan suhu lingkungan yang ideal agar pertumbuhannya dapat berjalan dengan optimal. Bila suhu melampaui batas yang ideal, tanaman dapat mengalami pertumbuhan yang terlalu cepat, mempercepat proses kedewasaan, hingga memicu berbunga atau *bolting*. Sebaliknya, pada suhu yang sesuai, proses pembentukan sel, jaringan, dan organ tanaman berlangsung dengan baik, sehingga menghasilkan kualitas pertumbuhan yang optimal (Susilawati, 2019).

2.2 Tanaman Pakcoy (*Brassica rapa L.*)

Sawi termasuk sayuran yang relatif mudah dalam proses budidayanya. Tanaman ini cukup tahan terhadap hujan dan memungkinkan panen sepanjang tahun karena tidak memerlukan kondisi musim khusus. Masa panennya pun tergolong singkat, yaitu sekitar 40 hari setelah masa tanam. Saat ini, pakcoy (*Brassica rapa L.*) menjadi varietas sawi yang cukup populer dalam kegiatan budidaya (Wibowo dan Asriyanti, 2013).

Pakcoy termasuk dalam kelompok sayuran hortikultura yang memiliki tingkat produktivitas cukup tinggi. Sayuran ini digemari oleh masyarakat Indonesia karena harganya yang ekonomis serta kandungan gizinya yang baik. Di Indonesia, pakcoy termasuk dalam sayuran yang sering dikonsumsi. Selain itu, pakcoy juga berpotensi menjadi sumber mineral penting bagi tubuh berkat kandungan nutrisinya yang tinggi (Pare *et al.*, 2023). Tanaman pakcoy (*Brassica rapa L.*) dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 2. Pakcoy

Sumber : <https://www.blibli.com>

Kebutuhan nutrisi setiap tanaman bervariasi, termasuk pakcoy. Nutrisi pakcoy sebaiknya memiliki pH ideal sekitar 7, dengan konsentrasi nutrisi antara 1050 -1400 ppm (Susilawati, 2019). Suhu yang paling sesuai untuk perkembangan pakcoy yaitu sekitar 15,6°C saat malam hari dan 21,1°C saat siang hari. Jika suhu berada di luar rentang ini, pertumbuhan tanaman tidak optimal. Suhu yang tepat memungkinkan proses fotosintesis berjalan efektif, menghasilkan karbohidrat dalam jumlah besar yang digunakan sebagai sumber energi untuk respirasi. Energi ini mendukung proses pertumbuhan seperti pembesaran tanaman, pembentukan sel baru, perkembangan daun, serta meningkatkan kualitas daun yang dihasilkan (Dani, 2020).

2.3 Artificial Light

Cahaya buatan atau *artificial light* dibutuhkan untuk mencukupi kebutuhan pencahayaan tanaman agar proses fotosintesis dapat berlangsung secara optimal. Salah satu sumber cahaya buatan yang bisa dimanfaatkan adalah *light emitting diode* (LED). LED merupakan semikonduktor yang dirancang untuk menghasilkan cahaya monokromatik atau satu warna, sehingga disebut sebagai dioda pemancar cahaya ketika dialiri arus listrik. (Syafriyudin dan Ledhe, 2015).

LED dapat digunakan sebagai sumber sinar surya buatan untuk merangsang pertumbuhan tanaman dalam sistem hidroponik. Keunggulan dari lampu LED yaitu konsumsi daya rendah, suhu

radiasi rendah, tidak memancarkan racun dan panjang gelombang cahaya optimal untuk fotosintesis (Chua *et al.*, 2020). LED memancarkan cahaya dengan panjang gelombang antara 400 - 700 nm dan tidak memproduksi panas yang berlebihan, sehingga aman untuk digunakan dalam menunjang pertumbuhan tanaman (Wijaya *et al.*, 2019). LED mampu memancarkan cahaya dengan intensitas tinggi namun tetap hemat energi. Sesuai dengan prinsip dasar pertumbuhan tanaman, intensitas cahaya yang tinggi dapat mempercepat laju pertumbuhan tanaman (Putri *et al.*, 2021).

LED dapat mempercepat pertumbuhan tanaman, meningkatkan produksi secara optimal, serta meningkatkan kandungan gizi tanaman. Sinar matahari mendukung fotosintesis tanaman dari pagi hingga sore hari, sementara lampu LED menyediakan cahaya tambahan pada sore hingga malam hari (Haryadi *et al.*, 2017). Durasi fotosintesis yang lebih panjang membuat tanaman menjadi lebih produktif secara ekonomis.

LED memancarkan spektrum warna tertentu yang mampu meningkatkan laju fotosintesis tanaman (Lindawati *et al.*, 2015). Warna merah dan biru dari LED berperan penting dalam proses fotomorfogenesis, membantu pembentukan biomassa, produksi metabolit sekunder, serta mendukung proses pembungaan. Selain itu, LED aman untuk digunakan karena tidak mengandung pelindung berbahan kaca, tidak memancarkan panas berlebihan, serta bebas dari zat berbahaya seperti merkuri (Arizona *et al.*, 2022). Gambar 3 menunjukkan bentuk *Light Emitting Diodes* (LED).



Gambar 3. *Light Emitting Diodes (LED) Grow Light White*

Sumber : <https://www.feit.com>

2.4 Energi Surya dalam Pertanian

Energi surya merupakan sumber daya yang tidak terbatas dan ramah lingkungan karena tidak menghasilkan emisi yang mencemari. Indonesia memiliki peluang yang besar dalam pemanfaatan energi surya. Beberapa faktor yang memengaruhi intensitas radiasi matahari meliputi rotasi bumi, kondisi cuaca seperti jumlah dan jenis awan, perubahan musim, serta letak geografis berdasarkan garis lintang. Penyinaran matahari di Indonesia rata-rata berlangsung selama 4 - 5 jam per hari. Energi ini tidak hanya bersifat berkelanjutan dan bebas polusi, tetapi juga tidak memerlukan biaya operasional. Meskipun demikian, kelemahannya terletak pada ketergantungan terhadap ketersediaan sinar matahari yang tidak selalu stabil (Huwaida K *et al.*, 2020).

Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS) adalah salah satu bentuk energi terbarukan yang bersifat ramah lingkungan. Teknologi ini menggunakan sel surya (fotovoltaik) untuk menyerap energi dari sinar matahari dan mengkonversinya menjadi listrik arus searah. Proses konversi ini tidak menghasilkan emisi karbon dioksida, sehingga menjadi alternatif energi yang berkelanjutan dan tidak mencemari lingkungan. Penggunaan panel surya juga berkontribusi dalam menekan pemakaian listrik konvensional, khususnya dalam penerapan sistem pertanian hidroponik (Prasojo dan Asy'ari, 2019). Panel surya dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Panel Surya

Sumber : <https://atonergi.com>

Selain panel surya, sistem PLTS juga terdiri dari beberapa komponen penting lainnya, yaitu *solar charge controller* (SCC), baterai, dan inverter. SCC merupakan komponen vital dalam sistem PLTS karena berfungsi untuk memperpanjang usia penggunaan perangkat secara keseluruhan. SCC dirancang untuk mengatur aliran arus searah (DC) dan memastikan proses pengisian daya dari panel surya ke baterai atau aki berlangsung dalam batas aman agar tidak merusak sistem (Pebriyanto et al., 2023). *Solar charge controller* (SCC) dapat dilihat pada Gambar 5.



Gambar 5. *Solar Charge Controller* (SCC)

Sumber: <https://sunchonglic.com>

Baterai pada sistem PLTS berperan penting sebagai media penyimpanan energi listrik yang dihasilkan oleh panel surya. Komponen ini memiliki dua fungsi utama, yaitu menyimpan daya selama proses pengisian dan mendistribusikan energi listrik yang telah disimpan untuk mengoperasikan peralatan saat diperlukan (Pebriyanto et al., 2023). Baterai berperan dalam menyimpan

kelebihan energi saat kebutuhan listrik rendah, serta berkontribusi memasok daya bersama energi dari panel surya ketika permintaan listrik meningkat (Prayogo, 2019). Baterai dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 6. Baterai

Sumber: <https://panelsuryajakarta.com>

Inverter berfungsi untuk mengonversi listrik arus searah (DC) yang dihasilkan oleh panel surya menjadi arus bolak-balik (AC) yang dapat digunakan oleh peralatan listrik yang membutuhkan listrik AC. Jenis inverter yang digunakan tergantung pada konfigurasi sistem PLTS. Pada sistem *Off-Grid*, yaitu sistem yang tidak terhubung ke jaringan listrik, digunakan inverter mandiri (*stand-alone inverter*). Inverter jenis ini bekerja secara independen dan menghasilkan daya sesuai kebutuhan beban AC tanpa bergantung pada jaringan listrik. Untuk menjaga kestabilan daya akibat fluktuasi energi matahari dan variasi beban, sistem *Off-Grid* biasanya dilengkapi dengan baterai sebagai tempat penyimpanan energi (Prayogo, 2019).

Inverter jenis *on-grid* digunakan pada sistem PLTS yang terhubung langsung dengan jaringan listrik PLN. Inverter ini mampu menyalurkan energi ke jaringan karena dilengkapi dengan fitur sinkronisasi. Berbeda dengan sistem *off-grid*, inverter *on-grid* tidak memerlukan baterai, karena fluktuasi daya akibat perubahan sumber energi surya maupun beban dapat dikompensasi melalui aliran listrik dua arah antara sistem PLTS dan jaringan PLN (Prayogo, 2019). Inverter dapat dilihat pada **Gambar 7**.



Gambar 7 Inverter
Sumber: <https://padiumkm.id>

