

ANALISIS EKONOMI PENGGUNAAN SMART GREENHOUSE SISTEM DEEP WATER CULTURE (DWC) UNTUK TANAMAN BAYAM (*Amaranthus* sp.) DI KELURAHAN MALALAYANG SATU TIMUR KOTA MANADO

*Engineering Economic Analysis of Smart Greenhouse using a Deep Water Culture (DWC) System for Spinach (*Amaranthus* sp.) Cultivation in Malalayang Satu Timur Village of Manado City*

Michel Jenifer Kento¹⁾, Dedie Tooy²⁾, Herry F. Pinatik²⁾

Email korespondensi: dtooy@unsrat.ac.id

Email: miyelnihh@gmail.com, herrypinatik@unsrat.ac.id

¹⁾Mahasiswa Prodi Teknik Pertanian, ²⁾Dosen Prodi Teknik Pertanian
Jurusan Teknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Unsrat Manado

ABSTRAK

Salah satu sistem budidaya yang banyak diterapkan pada *greenhouse modern* adalah hidroponik, yaitu Metode Penanaman Tanpa Tanah dengan *Deep Water Culture* (DWC) memberikan keunggulan dalam efisiensi penggunaan air, kontrol nutrisi, dan oksigenasi akar yang optimal karena akar tanaman langsung terendam dalam larutan nutrisi yang kaya oksigen. Meskipun demikian, penerapan teknologi *smart greenhouse* sistem *Deep Water Culture* (DWC) memerlukan investasi awal dan biaya operasional yang relatif tinggi dibandingkan metode pertanian konvensional. Oleh karena itu, penting dilakukan analisis ekonomi teknik untuk menilai kelayakan finansial dan efisiensi sistem tersebut. Penelitian ini telah dilaksanakan selama empat bulan yaitu pada bulan Juli sampai Oktober 2025, di Kelurahan Malalayang Satu Timur, Kecamatan Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa total biaya investasi awal *Smart Greenhouse* sistem *Deep Water Culture* (DWC) yang dibutuhkan sebesar Rp.10.450.700, dengan biaya tidak tetap sebesar Rp.2.352.258/tahun dan total biaya operasional per siklus sebesar Rp.558.332, dengan total produksi sekitar 42,75 kg bayam per siklus sehingga diperoleh keuntungan sebesar Rp. 2.751.922/tahun. Berdasarkan analisis kelayakan ekonomi: Nilai Net Present Value (NPV) sebesar Rp.7.180.734 (positif) menunjukkan bahwa proyek layak dijalankan; Nilai *Benefit Cost Ratio* (B/C Ratio) sebesar 1,47 (>1) menandakan bahwa manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan; dan Nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 18%. Dengan demikian, penggunaan *Smart Greenhouse* Sistem *Deep Water Culture* (DWC) untuk tanaman sayuran dinyatakan layak secara ekonomi dan berpotensi meningkatkan efisiensi serta keuntungan usaha tani sayuran di skala kecil maupun menengah.

Kata kunci: Bayam, hidroponik, *smart greenhouse*

ABSTRACT

One of the cultivation systems widely applied in modern greenhouses is hydroponics, namely a soilless planting method with *Deep Water Culture* (DWC), providing advantages in water use efficiency, nutrient control, and optimal root

oxygenation because the plant roots are directly submerged in an oxygen-rich nutrient solution. However, implementing the Deep Water Culture (DWC) Smart Greenhouse technology system requires relatively high initial investment and operational costs compared to conventional farming methods. It is therefore, an engineering economic analysis is essential to assess the financial feasibility and efficiency of the system. This research was conducted for four months, from July to October 2025, in Malalayang Satu Timur Village, Malalayang District, Manado City, North Sulawesi. Results showed that, the total initial investment cost of the Smart Greenhouse Deep Water Culture (DWC) system required is Rp. 10,450,700, with variable costs of Rp. 2,352,258/year and total operational costs per cycle of Rp. 558,332, with a total production of around 42.75 kg of spinach per cycle, resulting in a profit of Rp. 2,751,922/year. Based on the economic feasibility analysis: The Net Present Value (NPV) value of Rp. 7,180,734 (positive) indicates that the project is feasible; The Benefit Cost Ratio (B/C Ratio) value of 1.47 (>1) indicates that the benefits obtained are greater than the costs incurred, and The Internal Rate of Return (IRR) value is 18%. Thus, the use of Smart Greenhouse Deep Water Culture (DWC) system for vegetable crops is declared economically feasible and has the potential to increase the efficiency and profitability of vegetable farming businesses on a small and medium scale.

Keywords: Spinach, hydroponics, smart greenhouse.

PENDAHULUAN

Pertanian sayuran daun seperti Bayam (*Amaranthus* sp.) memiliki potensi besar di Indonesia karena tingginya permintaan pasar serta kandungan gizinya yang baik, seperti vitamin, mineral, dan antioksidan. Bayam merupakan komoditas hortikultura yang banyak dikonsumsi masyarakat karena mudah dibudidayakan dan memiliki siklus panen yang singkat, namun dalam sistem pertanian konvensional produksinya sering menghadapi kendala berupa keterbatasan lahan, fluktuasi suhu dan kelembaban, serta serangan hama dan penyakit yang menurunkan produktivitas dan kualitas hasil panen (Fadlina dkk., 2023). Untuk mengatasi permasalahan tersebut, teknologi pertanian modern seperti *greenhouse* dan sistem hidroponik, khususnya *smart greenhouse* berbasis *Internet of Things* (IoT), dikembangkan untuk mengendalikan faktor lingkungan tumbuh tanaman secara presisi dan *real time*, sehingga mampu menjaga kestabilan kondisi lingkungan serta meningkatkan pertumbuhan dan kualitas tanaman bayam dibandingkan metode konvensional (Bonde dkk., 2023).

Salah satu sistem budidaya yang banyak diterapkan pada *greenhouse modern* adalah hidroponik *Deep Water Culture* (DWC), yaitu metode penanaman tanpa tanah dengan akar tanaman terendam dalam larutan nutrisi kaya oksigen, yang unggul dalam efisiensi penggunaan air, kontrol nutrisi, dan oksigenasi akar; pengaturan durasi aerasi dan konsentrasi larutan AB-Mix yang tepat terbukti berpengaruh signifikan terhadap

pertumbuhan dan hasil bayam hijau (*Amaranthus tricolor* L.) dan bayam batik (*Amaranthus gangeticus* L.) (Fadlina dkk., 2023). Meskipun demikian, penerapan *smart greenhouse* dengan Sistem DWC memerlukan investasi awal dan biaya operasional yang relatif tinggi, sehingga diperlukan analisis ekonomi teknik untuk menilai kelayakan finansial dan efisiensinya; namun, sistem ini tetap berpotensi menghasilkan *Return on Investment* (ROI) yang positif apabila dikelola dengan manajemen yang tepat dan skala produksi yang efisien (Harniati dkk., 2023). Selain aspek ekonomi, sistem ini juga memiliki nilai lingkungan dan sosial yang penting karena mampu meningkatkan efisiensi penggunaan air, mengurangi emisi gas rumah kaca, serta mengoptimalkan pemanfaatan ruang di wilayah perkotaan yang padat, sehingga inovasi pertanian modern seperti *smart greenhouse* dengan sistem Deep Water Culture (DWC) tidak hanya relevan dalam meningkatkan produktivitas, tetapi juga mendukung keberlanjutan lingkungan (Calista dkk., 2023).

METODOLOGI PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan selama empat bulan yaitu pada bulan Juli sampai Oktober 2025, bertempat di area halaman rumah di Kelurahan Malalayang Satu Timur, Kecamatan Malalayang, Kota Manado, Sulawesi Utara.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini : Rangka *Greenhouse* baja ringan, Pipa PVC, Netpot, Pompa air, Atap (plastik UV), Dinding (*insect net*/plastik), Sensor suhu dan kelembaban, Mikrokontroler ESP32, Sensor pH digital, Sensor TDS/EC meter (nutrisi). Bahan yang digunakan adalah Bibit bayam: Bibit bayam, Pupuk AB MIXs, Rockwool.

Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah Metode Kuantitatif dengan menggunakan beberapa metode yaitu: Metode Survei dan Metode Observasi. Pengumpulan data dengan metode survei diperoleh dengan wawancara. Pengumpulan data dengan metode observasi diperoleh dengan pengamatan di lapangan kemudian semua data yang diperoleh dicatat, diolah, dan dianalisis secara deskripsi.

Prosedur Kerja

Adapun prosedur kerja yang dilakukan dimulai dari:

- 1) Persiapan alat dan bahan
- 2) Pembangunan *Smart Greenhouse*
- 3) Pengumpulan data (menghitung biaya pembangunan *Smart Greenhouse*)
- 4) Analisis data primer dan sekunder
- 5) Membuat kesimpulan dan saran.

Variabel Pengamatan

a. Analisis Biaya

1. Biaya Penyusutan, dihitung dengan menggunakan Metode Penyusutan Garis

Lurus (MPGL) menggunakan Rumus Molenaar *et al.*, (2017) :

$$d = \frac{P-S}{N}$$

$$BVn = P - \frac{n(P-S)}{N}$$

$$Dn = \frac{n(P-S)}{N}$$

Dimana:

d = Biaya penyusutan per tahun (Rp/tahun)

P = Biaya pembelian awal (Rp)

N = Umur ekonomis (tahun)

S = Nilai akhir (*salvage value*) (Rp/tahun)

Dn = Biaya penyusutan total sampai umur N (tahun)

BVn = Nilai buku (tahun)

P-S = Biaya Penggantian

n = Tahun ke-n .

2. Biaya bunga modal dihitung, sebagai berikut:

$$I = \frac{i \times P (N + 1)}{2N}$$

Dimana:

P = Harga awal pembelian (Rp)

i = Total tingkat bunga dan asuransi (%/tahun)

I = Total bunga modal dan asuransi (Rp/tahun)

N = Taksiran umur ekonomis (tahun).

3. NPV (*Net Present Value*)

Menurut Murti (2017), NPV dihitung berdasarkan selisih antara *benefit* dengan biaya (*cost*) ditambah dengan investasi, yang dihitung dengan rumus:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{Bt - Ct}{(1+i)^t}$$

Dimana:

NPV = *Net Present Value*

Bt = *Benefit* (penerimaan) bersih tahun t

Ct = *Cost* (biaya) pada tahun t

i = Tingkat suku bunga (%)

n = Umur ekonomis proyek (tahun)

t = Tahun.

4. B/C ratio (*Benefit/Cost Ratio*)

Nilai *benefit/cost ratio* (B/C ratio) dihitung dengan menggunakan Rumus Subagiyo (2016):

$$\text{Gross } \frac{B}{C} = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{Bt}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{Ct}{(1+i)^t}}$$

Dimana:

Gross B/C = *Gross benefit cost ratio*

Bt = *Benefit* (penerimaan) tahun t (Rp/tahun)

Ct = *Cost* (biaya) pada tahun t (Rp/tahun)

i = Tingkat suku bunga (%)

n = Umur ekonomis proyek (tahun)

t = Tahun.

5. BEP (*Break Even Point*)

Menurut Isma (2025), *Break Even Point* atau titik impas merupakan fundamental dalam ilmu manajemen keuangan yang untuk mengidentifikasi tingkat penjualan minimum yang harus dicapai agar suatu usaha tidak mengalami kerugian. BEP menjadi alat penting dalam merancang strategi operasional yang efisien, khususnya dalam sektor agribisnis skala kecil yang cenderung menghadapi ketidakpastian harga.

$$BEP_{\text{unit}} = \frac{FC}{P - VC}$$

Dimana:

FC = *Fixed Costs* (biaya tetap total)

P = Harga jual per unit produk (*price per unit*)

VC = Biaya variabel per unit (*variable cost per unit*)

P-VC = *Contribution Margin* per unit (CM).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rancangan Struktural dan Fungsional *Smart Greenhouse* Sistem *Deep Water Culture* (DWC)

Prototipe *Smart Greenhouse* Sistem *Deep Water Culture* (DWC) dibuat dan dibangun oleh tim dosen dan mahasiswa Program Studi Teknik Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sam Ratulangi (UNSRAT) di lahan pekarangan rumah di Kelurahan Malalayang satu Timur Kota Manado. Riset ini merupakan bagian dari Riset Dasar Unggulan Universitas Sam Ratulangi yang didanai dari PNBP BLU UNSRAT Tahun 2025.

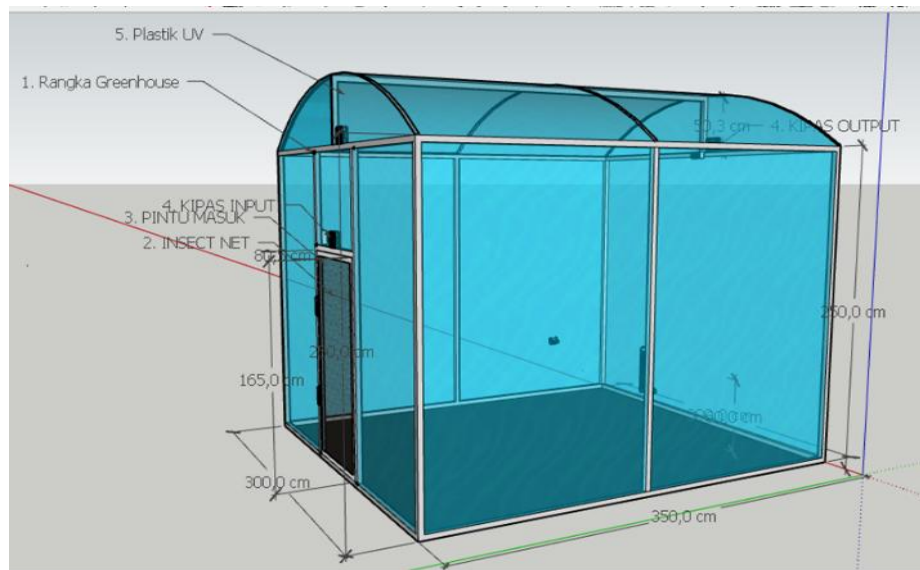
Prototipe *Smart Greenhouse* Sistem *Deep Water Culture* (DWC) terdiri atas 3 bagian utama yaitu: 1) Bangunan *Greenhouse*, 2) Bak sistem *Deep Water Culture* (DWC), dan 3) Perangkat Smart berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan Sistem Arduino, dimana terdapat sejumlah sensor yang terhubung dengan Wifi/Internet, melalui Aplikasi BLYNK IoT.

A. Bangunan *Greenhouse*

Bangunan *Greenhouse* terdiri dari berbagai komponen di bawah ini:

1. Rangka *Greenhouse* berfungsi sebagai struktur utama yang menopang seluruh bangunan *greenhouse*. Rangka ini menjaga kestabilan dan kekuatan bangunan agar mampu menahan beban seperti plastik UV, angin, serta peralatan di dalamnya. Umumnya terbuat dari besi galvanis, baja ringan, atau PVC.
2. *Insect Net* pada Pintu berfungsi mencegah masuknya serangga atau hama ke dalam *greenhouse* tanpa menghalangi sirkulasi udara. Jaring ini menjaga lingkungan di dalam tetap higienis dan bebas hama, sehingga tanaman tumbuh optimal tanpa gangguan.
3. Pintu Masuk digunakan sebagai akses keluar masuk pekerja atau peralatan ke dalam *greenhouse*. Pintu juga berfungsi menjaga kestabilan suhu dan kelembaban dengan cara menutup rapat ketika tidak digunakan agar kondisi iklim tetap terjaga.
4. Kipas Input berfungsi untuk memasukkan udara segar dari luar ke dalam *greenhouse*. Kipas ini membantu menjaga sirkulasi udara, menurunkan suhu, serta menyediakan oksigen yang dibutuhkan tanaman untuk proses fotosintesis.

5. Plastik UV berfungsi melindungi tanaman dari paparan langsung sinar *ultraviolet* berlebih, hujan, dan angin. Selain itu, plastik UV membantu mengatur intensitas cahaya yang masuk sehingga suhu dan kelembaban di dalam *greenhouse* tetap stabil.
6. *Exhaust fan* digunakan untuk mengeluarkan dan menghisap udara panas dan lembab dari dalam *greenhouse*. Bersama dengan kipas input, kipas ini menciptakan sirkulasi udara yang baik, menjaga suhu optimal, serta mencegah pertumbuhan jamur akibat kelembaban berlebih. Rancangan struktural Bangunan *Greenhouse* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Bangunan *Greenhouse*

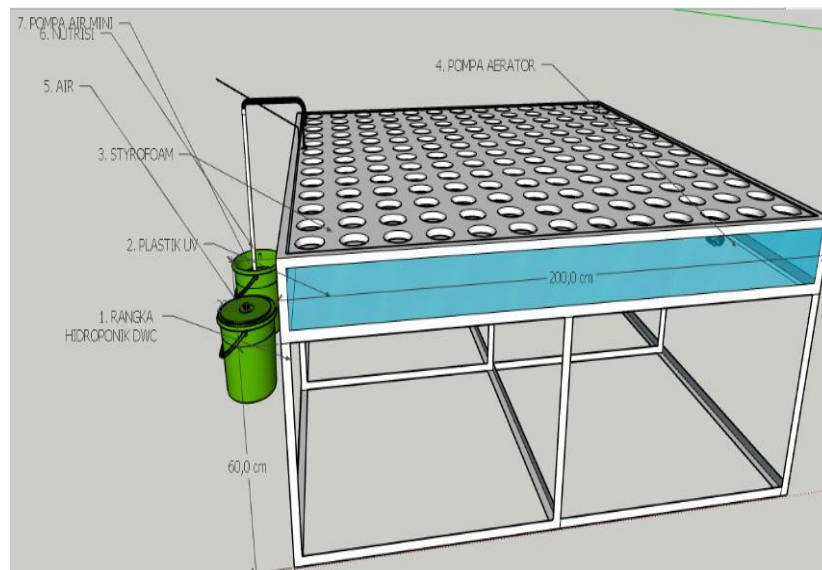
B. Bak Hidroponik Sistem *Deep Water Culture* (DWC)

Bak Hidroponik sistem *Deep Water Culture* (DWC) terdiri dari berbagai komponen dibawah ini:

1. Rangka Hidroponik *Deep Water Culture* berfungsi sebagai penopang utama sistem DWC. Rangka ini menjaga kestabilan posisi wadah air, *styrofoam*, serta tanaman agar tetap aman dan teratur di dalam *greenhouse*.
2. Plastik *UV* sebagai Media Tempat Air digunakan sebagai wadah penampung air dan larutan nutrisi. Plastik *UV* bersifat kuat, tahan sinar matahari, serta mencegah pertumbuhan lumut dan kebocoran, sehingga menjaga kualitas air tetap baik.
3. *Styrofoam* Media Tanam berfungsi sebagai pelampung dan tempat meletakkan *netpot* (wadah tanaman). Lubang pada *styrofoam* menahan posisi tanaman agar akar dapat menggantung dan menyerap nutrisi dari air di bawahnya.

4. Pompa *Aerator* dalam Bak berfungsi untuk mengalirkan udara ke dalam air agar kadar oksigen terlarut tetap tinggi. Oksigen ini penting untuk pertumbuhan akar dan mencegah pembusukan akibat kondisi *anaerob*.
5. Air dalam Ember untuk Tambahan ke Dalam Bak sebagai cadangan air untuk menjaga volume air dalam bak DWC tetap stabil. Penambahan ini dilakukan saat terjadi penguapan atau penyerapan air oleh tanaman.
6. Nutrisi dalam Ember untuk Tambahan ke Dalam Bak, berfungsi sebagai sumber unsur hara yang dibutuhkan tanaman. Larutan nutrisi ini ditambahkan ke bak DWC secara berkala untuk menjaga keseimbangan kadar hara dalam sistem.
7. Pompa Air Mini untuk Mengangkat Nutrisi dan Air dari Ember ke Dalam Bak DWC bertugas memompa dan mengalirkan campuran air serta nutrisi dari ember ke bak utama DWC secara otomatis, sehingga pasokan air dan hara bagi tanaman tetap terjaga tanpa perlu pengisian manual.

Rancangan Bak Hidroponik Sistem *Deep Water Culture* (DWC), dapat dilihat pada Gambar 2.



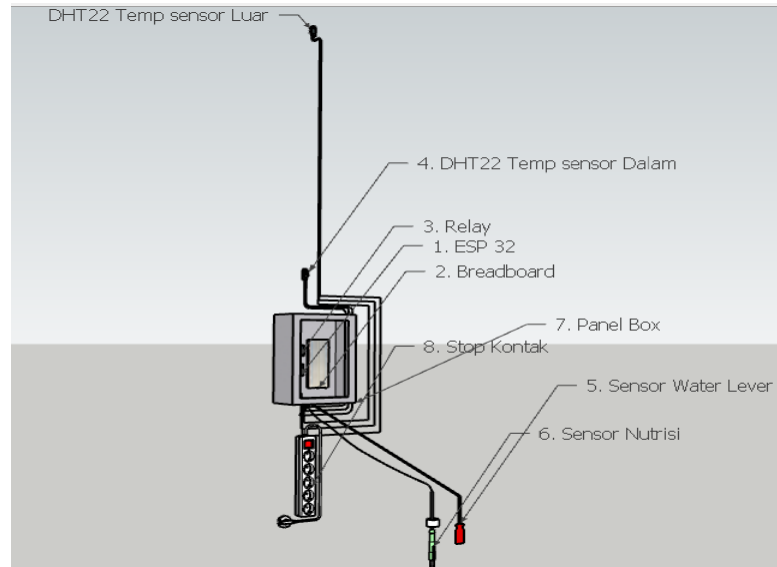
Gambar 2. Hidroponik *Deep Water Culture*

Perangkat Smart berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan Sistem Arduino

Perangkat *Smart* berbasis *Internet of Things* (IoT) dengan Sistem Arduino terdiri dari berbagai komponen yang terletak di dalam bangunan *Greenhouse* berbasis otomatisasi, dapat diuraikan sebagai berikut:

1. ESP32 berfungsi sebagai mikrokontroler utama yang mengendalikan seluruh sistem otomatisasi *greenhouse*. ESP32 memproses data dari berbagai sensor, mengatur

- aktuator seperti kipas atau pompa, serta dapat terhubung ke jaringan *Wi-Fi* untuk monitoring dan kontrol jarak jauh.
2. *Breadboard* digunakan sebagai media percobaan atau perakitan sementara rangkaian elektronik tanpa perlu menyolder. *Breadboard* memudahkan penyambungan antara ESP32, sensor, dan komponen lain untuk pengujian dan pengembangan sistem.
 3. *Relay* berfungsi sebagai saklar elektronik yang dikendalikan oleh ESP32 untuk menghidupkan atau mematikan perangkat listrik seperti kipas, pompa air, atau lampu secara otomatis sesuai dengan sinyal dari sensor.
 4. DHT22 (suhu & kelembaban luar dan dalam *greenhouse*) digunakan untuk mengukur suhu dan kelembaban udara di dalam maupun di luar *greenhouse*. Data dari sensor ini membantu sistem dalam menjaga kondisi optimal bagi tanaman, misalnya dengan menyalakan kipas atau membuka ventilasi secara otomatis.
 5. Sensor *TDS* (Nutrisi) dalam Bak berfungsi untuk mendeteksi kadar konsentrasi larutan nutrisi (*EC*) pada sistem hidroponik. Sensor ini memastikan nutrisi tanaman berada pada tingkat yang sesuai untuk pertumbuhan optimal.
 6. *Sensor Water Level* dalam Bak digunakan untuk memantau ketinggian air dalam bak hidroponik. Sensor ini membantu sistem mendeteksi jika air berkurang dan mengaktifkan pompa untuk menambah air atau nutrisi secara otomatis.
 7. *Panel Box* berfungsi sebagai tempat perlindungan bagi seluruh rangkaian elektronik, seperti *ESP32*, *relay*, *power supply*, dan kabel. *Panel box* menjaga komponen dari debu, air, serta gangguan eksternal agar sistem tetap aman dan rapi.
 8. *Stop Kontak* digunakan sebagai sumber daya listrik utama bagi perangkat elektronik dalam *greenhouse*, seperti pompa, kipas, atau sistem kontrol. *Stop kontak* memudahkan distribusi listrik dan pengoperasian peralatan secara efisien.



Gambar 3. Rangkaian Sensor & Tata Letak

Analisis Biaya

Analisis biaya adalah perhitungan yang perlu dilakukan agar suatu usaha tidak mengalami kerugian. Analisis biaya untuk *Smart Greenhouse* dengan Sistem *Deep Water Culture* (DWC) sangat penting untuk dilakukan agar dapat diketahui apakah mesin ini layak baik dari segi finansial maupun ekonomi. Jenis biaya yang dihitung yaitu biaya awal investasi, biaya operasional (variabel cost) dan biaya total yang perhitungannya dilakukan berdasarkan data pada Tabel 1.

Tabel 1. Data yang diolah dari hasil observasi dan wawancara

No	Keterangan	Uraian	Satuan
1.	Investasi awal	10.450.700	Rp
2	Umur ekonomis	5	Tahun
3	Lama pertumbuhan	24	hari
4	Jumlah siklus	10	Siklus/tahun
5	Upah tenaga kerja	200.000	Rp/siklus
6	Ukuran GH	6	m^2
7	Suku Bunga	6	%
8	Biaya listrik	50.000	Rp

Biaya Tetap

Menurut Giatman (2006), biaya tetap (*Fixed Cost*) adalah biaya yang dikeluarkan baik pada saat alat digunakan maupun dalam keadaan tidak digunakan. Biaya ini tidak tergantung pada pemakaian alat.

Tabel 2. Biaya Investasi Awal

No	Rincian Biaya Investasi Awal	Jumlah (Rp)
1	Biaya Pembuatan GH	4.427.100
2	Biaya <i>lot</i> Dan Instalasi	5.509.600
3	Biaya Hidroponik DWC	514.000
Total		10.450.700

Ada beberapa metode perhitungan biaya penyusutan di antaranya, yaitu: Metode garis lurus (*straight line method*), Metode penjumlahan angka tahun (*sum of the year digits method*), Metode kesetimbangan menurun berganda (*double declining balance method*), dan Metode *sinking fund* (*sinking fund method*). Dari keempat metode perhitungan biaya penyusutan, metode yang paling sering digunakan adalah Metode Garis Lurus.

Tabel 3. Biaya Penyusutan dan Nilai Buku *Smart Greenhouse*

Tahun	Penyusutan Per Tahun (Rp)	Nilai Buku Aset (Rp)
0		10.450.700
1	1.976.133	8.424.567
2	1.976.133	6.448.434
3	1.976.133	4.472.301
4	1.976.133	2.496.168
5	1.976.133	520.035

Pada penelitian ini biaya penyusutan dihitung menggunakan Metode Penyusutan Garis Lurus (MPGL) dengan asumsi nilai akhir adalah 5% total investasi awal. Hal yang perlu diketahui untuk menghitung biaya penyusutan adalah umur ekonomis dalam hal ini umur ekonomis *Greenhouse* diasumsikan 5 tahun.

Berdasarkan perhitungan yang dilakukan menggunakan persamaan rumus maka didapatkan nilai penyusutan Rp.1.976.133/tahun dan nilai akhir buku dari adalah Rp.520.035. Hasil perhitungan biaya penyusutan dapat dilihat pada Tabel 3.

Biaya Bunga Modal

Dengan menggunakan suku bunga bank sebesar 6% maka didapatkan biaya bunga modal dari *Smart Greenhouse* dengan Sistem *Deep Water Culture* (DWC) sebesar Rp.376.225/tahun.

Biaya Operasional per Siklus (Biaya Tidak Tetap)

Biaya operasional usaha adalah semua pengeluaran yang dikeluarkan perusahaan

untuk menjalankan kegiatan usaha. Biaya ini mencakup segala sesuatu yang dibutuhkan agar usaha dapat beroperasi dengan lancar tanpa memperhitungkan biaya produksi langsung. Pengeluaran per siklus ini dapat berubah tergantung dari jenis tanaman dan kebutuhan lainnya tiap siklus. Dalam hal ini disajikan kebutuhan biaya operasional untuk 1 siklus tanam seperti pada Tabel 4.

Tabel 4. Biaya Operasional 1 Siklus

Kebutuhan	Harga (Rp)
<i>Rockwool</i>	150.000
Bayam Hijau	11.666
Bayam Merah	16.666
AB Mix Goodplant	130.000
Tenaga Kerja (1 orang)	200.000
Biaya listrik	50.000
Total Biaya Operasional Per Siklus	558.332

Biaya Total

Biaya total pada penelitian ini adalah total biaya penyusutan dari investasi awal ditambah dengan biaya operasional 1 tahun (10 siklus) yang dapat dilihat pada tabel 5. Perhitungan ini dilakukan untuk mengetahui besarnya kebutuhan biaya yang diperlukan dalam menjalankan kegiatan produksi secara keseluruhan.

Tabel 5. Perhitungan Biaya Total

Keterangan	Rp/siklus	Rp/Tahun (10 siklus)
Biaya tidak tetap		2.352.258
Biaya Operasional 1 Siklus	558.332	5.583.320
TOTAL		7.935.578

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 5, biaya penyusutan investasi yang dialokasikan selama satu tahun adalah sebesar Rp2.352.258. Biaya operasional yang dikeluarkan per siklus produksi adalah sebesar Rp558.332. Dengan jumlah produksi sebanyak sepuluh siklus dalam satu tahun, maka total biaya operasional tahunan mencapai Rp.5.583.320. Biaya operasional ini meliputi seluruh pengeluaran langsung yang dibutuhkan selama proses produksi berlangsung. Dengan demikian, total biaya tahunan yang harus dikeluarkan dalam kegiatan produksi adalah sebesar Rp.7.935.578/tahun, yang merupakan akumulasi dari biaya penyusutan dan biaya operasional selama satu tahun. Besaran biaya ini menjadi dasar dalam analisis kelayakan usaha karena akan dibandingkan dengan penerimaan atau pendapatan untuk menilai tingkat keuntungan serta efisiensi usaha.

Panen dan Penjualan per Siklus

Dengan mengetahui total produksi dalam siklus dan harga jual Bayam/kg di pasar, selanjutnya dapat menghitung total penjualan/ pendapatan per siklus seperti disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Hasil Penjualan/Pendapatan Per Siklus

No	Keterangan	Jumlah	Satuan
1	Bobot Tanaman	300	Gram
2	Total Lubang	150	Lubang
3	Kematian (5%)	2,25	Kg
4	Total Produksi	42,75	Kg
5	Harga Bayam Per 200g	5.000	Rp
6	Harga Bayam Per Kg	25.000	Rp
Jadi Total Penjualan Bayam		1.068.750	Rp

Hasil panen per siklus diperoleh berdasarkan bobot tanaman Bayam yang diproduksi pada setiap lubang tanam. Berdasarkan Tabel 6, rata-rata bobot tanaman bayam per lubang adalah 300 gr, dengan jumlah total lubang tanam sebanyak 150 lubang. Dengan mempertimbangkan tingkat kematian tanaman sebesar 5%, maka jumlah tanaman yang berhasil dipanen mengalami sedikit pengurangan dari total lubang yang tersedia. Setelah memperhitungkan persentase kematian tersebut, total produksi bayam yang dihasilkan per siklus adalah 42,75 kg. Jumlah produksi ini merupakan akumulasi berat panen dari seluruh lubang tanam yang berhasil tumbuh dengan baik. Harga jual bayam yang digunakan dalam perhitungan adalah Rp5.000 per 200 gr, atau setara dengan Rp25.000 per kg. Dengan demikian, total penerimaan atau pendapatan dari hasil panen bayam per siklus mencapai Rp1.068.750. Nilai tersebut diperoleh dari hasil perkalian antara total produksi bayam per siklus dengan harga jual per kilogram.

Pendapatan per siklus ini menjadi dasar perhitungan untuk mengetahui potensi keuntungan usaha dalam satu tahun, mengingat sistem produksi dilakukan secara berulang selama beberapa siklus. Melalui perhitungan ini dapat diketahui efisiensi produksi serta kontribusi pendapatan dalam keseluruhan analisis kelayakan usaha.

Keuntungan/Pendapatan Per Tahun

Berdasarkan hasil perhitungan pada Tabel 7, total penjualan yang diperoleh dalam satu tahun produksi, yaitu sebanyak sepuluh siklus, mencapai Rp10.687.500. Nilai ini diperoleh dari akumulasi pendapatan per siklus yang dikalikan dengan jumlah siklus produksi dalam setahun.

Tabel 7. Perhitungan Keuntungan Per Tahun

Keterangan	Rp/Siklus	Rp/Tahun
Total Penjualan	1.068.750	10.687.500
Total Biaya		7.935.578
Keuntungan		2.751.922

Total biaya yang dikeluarkan selama satu tahun produksi adalah sebesar Rp.7.935.578, yang mencakup biaya penyusutan investasi tahunan dan biaya operasional dari seluruh siklus produksi. Total biaya ini mencerminkan seluruh pengeluaran yang diperlukan untuk menjalankan kegiatan produksi secara berkelanjutan.

Dengan demikian, keuntungan yang akan diperoleh dalam satu tahun adalah sebesar Rp. 2.751.922/tahun. Keuntungan ini dapat berubah tergantung jenis sayuran dan kualitasnya. Keuntungan usaha dihitung berdasarkan selisih antara total penjualan tahunan dengan total biaya produksi selama satu tahun. Keuntungan dapat menunjukkan bahwa usaha budidaya yang dilakukan memberikan margin positif dan layak dijalankan berdasarkan kondisi produksi dan harga jual yang digunakan dalam perhitungan.

Namun demikian, besar kecilnya keuntungan dapat berubah pada periode berikutnya, tergantung pada beberapa faktor seperti stabilitas harga jual sayuran di pasar, tingkat produksi, tingkat kematian tanaman, serta kualitas hasil panen. Oleh karena itu, pemantauan terhadap biaya operasional dan efisiensi produksi sangat diperlukan agar usaha tetap memberikan keuntungan yang optimal.

Break Event Point

Break Even Point (BEP) atau titik impas merupakan suatu keadaan dimana total pendapatan yang diperoleh sama dengan total biaya yang dikeluarkan, sehingga usaha tidak mengalami kerugian maupun keuntungan. Analisis BEP digunakan untuk mengetahui pada tingkat produksi atau penjualan berapa usaha *Smart Greenhouse Sistem Deep Water Culture* (DWC) mulai menghasilkan keuntungan. Berdasarkan hasil perhitungan, titik impas usaha *Smart Greenhouse Sistem Deep Water Culture* (DWC) tercapai pada produksi sebesar 317,42 kg bayam per tahun atau sekitar 31,74 kg/siklusagar usaha tidak mengalami kerugian.

Analisis Kelayakan Ekonomi

Analisis kelayakan perlu dilakukan agar setiap proyek atau inovasi pertanian, seperti smart greenhouse *Deep Water Culture* DWC, dapat dijalankan dengan dasar

perhitungan yang matang, menghindari kerugian, dan menjamin keberlanjutan usaha dalam jangka panjang. Pada penelitian ini, analisis kelayakan dihitung dengan menggunakan *Net Present Value* (NPV), *Benefit/Cost Ratio* (B/C Ratio), *Internal Rate of Return* (IRR).

***Net Present Value* (NPV)**

Net present value (NPV) adalah nilai sekarang dari kas yang masuk dan keluar selama periode waktu tertentu. NPV digunakan untuk mengukur nilai arus kas di masa depan dan untuk menganalisis kelayakan suatu mesin di saat ini, apakah proyek tersebut menghasilkan keuntungan dalam jangka waktu tertentu. Pada Tabel 8 menunjukkan arus kas selama lima tahun dengan nilai DF pada tingkat suku bunga 6% pertahun. Kriteria pengambilan keputusan untuk menentukan apakah proyek layak secara ekonomi adalah sebagai berikut:

- 1) Jika $NPV > 0$, maka proyek tersebut layak secara ekonomi.
- 2) Jika $NPV < 0$, maka proyek tersebut tidak layak digunakan.

Berdasarkan kriteria pengambilan keputusan di atas dengan nilai NPV yang diperoleh sebesar Rp.7.180.734/Tahun (positif) dapat disimpulkan bahwa penggunaan smart *Greenhouse* untuk tanaman layak digunakan.

Tabel 8. Hasil Perhitungan NPV

Tahun	Biaya Investasi (Rp)	Biaya (Rp)	Benefit (Rp)	Net Benefit (Rp)	Df (6%)	Present Value (Rp)
0	10.450.700				1	-10.450.700
1		7.935.578	10.687.500	2.751.922	0,943396	2.596.152
2		8.332.356	11.756.250	3.423.894	0,889996	3.047.252
3		8.748.974	12.931.875	4.182.901	0,839619	3.512.043
4		9.186.423	14.225.062	5.038.639	0,792094	3.991.076
5		9.645.744	15.647.568	6.001.824	0,747258	4.484.911
Total						17.631.434
NPV (Present Value - Biaya Investasi Awal)						7.180.734

***Benefit/Cost Ratio* (B/C Ratio)**

Benefit-Cost Ratio (B/C Ratio) adalah suatu metode analisis ekonomi yang digunakan untuk mengevaluasi kelayakan suatu proyek atau investasi dengan membandingkan manfaat (*benefit*) yang diperoleh dengan biaya (*cost*) yang dikeluarkan. Pengambilan keputusan atas kelayakan *Benefit/Cost Ratio* (B/C Ratio) dilihat dari kriteria sebagai berikut:

1. Jika $B/C \text{ Ratio} > 1$, maka proyek tersebut layak, sedangkan
2. Jika $B/C \text{ Ratio} < 1$, maka proyek tersebut tidak layak.

Tabel 9. *Internal Rate of Return (IRR)*

Tahun	Pendapatan
0	-10.450.700
1	2.596.152
2	3.047.252
3	3.512.043
4	3.991.076
5	4.484.911
IRR	18%

Berdasarkan kriteria pengambilan keputusan di atas dengan nilai IRR sebesar 28% yang lebih besar dari discount rate 6% maka dapat disimpulkan bahwa investasi proyek *smart greenhouse* sistem *Deep Water Culture (DWC)* layak secara ekonomi. Dengan nilai IRR lebih besar dari tingkat bunga bank memberi suatu gambaran bahwa investasi tersebut lebih menguntungkan dari pada sekedar menempatkan uang yang ada di bank.

Payback Period

Payback Period (PP) merupakan waktu yang diperlukan untuk mengembalikan seluruh biaya investasi awal dari keuntungan bersih yang diperoleh setiap tahun. Semakin cepat periode pengembalian investasi, maka semakin baik dan layak usaha tersebut untuk dijalankan.

Berdasarkan hasil penelitian, total investasi awal yang dikeluarkan untuk pembangunan *Smart Greenhouse Sistem Deep Water Culture (DWC)* adalah sebesar Rp10.450.700, dengan keuntungan bersih yang diperoleh setiap tahun sebesar Rp2.751.922. Dari hasil perhitungan tersebut diperoleh nilai *Payback Period* sebesar 3,80 tahun, yang berarti modal investasi awal dapat kembali dalam waktu sekitar 3 tahun 10 bulan.

Dengan demikian, usaha ini dapat dikategorikan layak secara finansial karena memiliki periode pengembalian modal yang relatif cepat untuk skala usaha pertanian modern seperti *Smart Greenhouse*, terutama untuk skala kecil dan sebagai model pengembangan pertanian modern berbasis Teknologi *IoT*.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis ekonomi yang telah dilakukan terhadap penggunaan *Smart Greenhouse* Sistem Hidroponik *Deep Water Culture* (DWC) untuk budidaya tanaman sayuran (Bayam merah dan Bayam hijau), maka disimpulkan :

1. Total biaya investasi awal *Smart Greenhouse* sistem *Deep Water Culture* (DWC) yang dibutuhkan sebesar Rp.10.450.700 Biaya tidak tetap sebesar Rp.2.352.258/tahun. Total biaya operasional per siklus sebesar Rp.558.332, Dengan total produksi sekitar 42,75 kg bayam per siklus, sehingga diperoleh keuntungan sebesar Rp. 2.751.922/tahun.
2. Berdasarkan analisis kelayakan ekonomi: Nilai *Net Present Value* (NPV) sebesar Rp.7.180.734(positif) menunjukkan bahwa proyek layak dijalankan. Nilai *Benefit Cost Ratio* (B/C Ratio) sebesar 1,47 (>1) menandakan bahwa manfaat yang diperoleh lebih besar dibandingkan biaya yang dikeluarkan. Nilai *Internal Rate of Return* (IRR) sebesar 18%, yang lebih besar dari suku bunga bank 6%, menunjukkan bahwa investasi ini menguntungkan secara ekonomi.

Dengan demikian, penggunaan *Smart Greenhouse* Sistem *Deep Water Culture* (DWC) untuk tanaman sayuran dinyatakan layak secara ekonomi dan berpotensi meningkatkan efisiensi serta keuntungan usaha tani sayuran di skala kecil maupun menengah.

Saran

1. Untuk meningkatkan keuntungan, petani dapat menanam sayuran dengan nilai jual lebih tinggi, memperluas kapasitas *Greenhouse*, atau melakukan diversifikasi tanaman.
2. Pemerintah dan lembaga pendidikan diharapkan mendukung pelatihan teknologi pertanian berbasis *IoT* agar penerapan *Smart Greenhouse* dapat diadopsi lebih luas oleh petani lokal. Penelitian selanjutnya dapat mengkaji analisis sensitivitas terhadap fluktuasi harga jual, biaya nutrisi, serta efisiensi energi listrik untuk memperoleh gambaran kelayakan ekonomi yang lebih mendalam.

DAFTAR PUSTAKA

- Bonde, G. M., Ludong, D.P.M., and Najooan, M.E.I. 2023. Smart Agricultural System in Greenhouse Based on Internet of Things for Lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Teknik Elektro dan Komputer*, Universitas Sam Ratulangi.
- Fadlina, A., Hayati, M., dan Rahmawati, M. 2023. Pengaruh Durasi Aerator dan Konsentrasi AB Mix terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bayam Merah (*Amaranthus tricolor*) secara Hidroponik Rakit Apung. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, Universitas Syiah Kuala
- Giatman, M. 2006. *Ekonomi Teknik*. PT. Raja Grafindo Persada, Jakarta
- Harniati, W., Trisnasari, W., and Saridewi, T.R. 2023. Smart Greenhouse Technology for Hydroponic Farming: Is It Viable and Profitable Business? *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 13(4), 1333–1341.
- Calista, I., Yuniati, R., dan Septiani, S. 2023. Analisis Pengembangan Sistem Hidroponik di Lingkungan Perkotaan sebagai Upaya Pertanian Berkelanjutan. *Jurnal Agro Inovasi*, 8(1), 22–30.