

BAB V. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian dan analisis data kinerja sistem *smart planter* IoT pada budidaya *microgreen pea shoots*, dapat ditarik kesimpulan sebagai berikut:

1. Implementasi Sistem IoT: Sistem berhasil difungsikan secara komprehensif untuk pemantauan iklim mikro dan pengendalian aktuator secara *real-time* maupun jarak jauh melalui aplikasi *Blynk*.
2. Akurasi Instrumen: Perangkat keras beroperasi optimal sesuai *set point*. Tingkat ketepatan pembacaan sensor pasca-kalibrasi sangat tinggi, dibuktikan dengan nilai Koefisien Determinasi (R^2): *soil moisture* (0,9803), suhu udara DHT11 (0,9757), kelembapan udara DHT11 (0,9803), intensitas cahaya BH1750 (0,9948), dan ultrasonik HC-SR04 (0,9998).
3. Efisiensi Operasional & Ekonomi: Kinerja alat terbukti sangat efisien. Selama 14 hari masa terang, konsumsi air irigasi hanya 1,9 liter (waktu aktuasi pompa 153 detik) dan energi listrik sebesar 2,395 kWh (setara Rp 3.593). Efisiensi ini memproyeksikan margin laba kotor yang tinggi sebesar 68,16% dengan titik balik modal (BEP) pada siklus panen ke-48, ke-79, dan ke-87.
4. Keunggulan Agronomis: Budidaya berbasis IoT mengungguli sistem kontrol manual pada rata-rata tinggi batang (15,60 cm vs 15,03 cm) dan jumlah daun (7,6 helai vs 7,4 helai). Peningkatan tertinggi terjadi pada biomassa segar sebesar 19% yang mencapai 0,87 gram/tanaman (vs 0,73 gram), sejalan dengan perolehan skor penerimaan uji organoleptik yang juga lebih unggul.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil perancangan dan evaluasi kinerja sistem *smart planter* berbasis IoT, terdapat beberapa saran yang direkomendasikan untuk pengembangan penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Penambahan Aktuator Pendingin: Mengintegrasikan instrumen sensor suhu (DHT11) dengan aktuator tambahan seperti *exhaust fan* atau pendingin *peltier*. Hal ini bertujuan agar sistem tidak hanya memantau, tetapi juga mampu menurunkan suhu secara otomatis saat terjadi cuaca panas ekstrim.
2. Pengembangan Sistem Fertigasi Otomatis: Meningkatkan fungsi irigasi air biasa menjadi sistem fertigasi (*fertilizer and irrigation*). Penelitian selanjutnya dapat menambahkan sensor *Electrical Conductivity* (EC) dan pH untuk mencampur serta mendistribusikan nutrisi cair secara otomatis guna memaksimalkan hasil panen.
3. Pengujian pada Komoditas Lain: Menguji kinerja alat pada jenis *microgreen* bernilai ekonomi tinggi lainnya (seperti bunga matahari, lobak, atau brokoli) untuk memvalidasi adaptasi sensor dan aktuator terhadap syarat tumbuh spesies yang berbeda.
4. Penambahan Sistem Daya Cadangan (*Backup Power*): Saat ini, purwarupa sangat bergantung pada ketersediaan listrik utama (PLN). Jika terjadi pemadaman, pemantauan IoT dan kontrol irigasi akan terhenti. Penelitian selanjutnya sangat disarankan untuk menambahkan sistem penyimpanan daya cadangan otomatis (seperti modul baterai isi ulang/UPS mini), atau mengintegrasikannya sekaligus dengan panel surya (*solar cell*) skala kecil. Hal ini penting untuk memastikan sistem mikrokontroler dan pompa tetap beroperasi menjaga kelangsungan hidup tanaman pada saat kondisi darurat pemadaman listrik.