

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisi tentang hasil uji coba dan analisis terhadap sistem. Pengujian dimulai dengan memastikan setiap komponen (Arduino, Sensor TDS, *Float switch sensor*, ESP32-Cam, *relay* dan aplikasi Blynk apakah alat yang telah dibuat dalam kondisi bagus dapat bekerja dengan baik sesuai dengan program yang telah dibuat, kemudian mengecek setiap jalur yang terhubung dengan komponen yang digunakan telah terkoneksi, dimana rangkaianya disesuaikan dengan gambar skematiknya. Pengujian yang dilakukan meliputi Arduino, Sensor TDS, *float switch sensor*, ESP32-Cam, *relay*, aplikasi Blynk dan pengujian sistem keseluruhan.

4.1 Hasil

Uji coba dilakukan untuk memastikan rangkaian yang dihasilkan mampu bekerja sesuai dengan yang diharapkan. Maka terlebih dahulu dilakukan langkah pengujian dan mengamati langsung rangkaian serta komponen. Hasil pengukuran ini dapat diketahui rangkaian telah bekerja dengan baik atau tidak, sehingga apabila terdapat kesalahan dan kekurangan akan terdeteksi. Dapat dilihat pada Gambar 4.1.



Gambar 4. 1 Bentuk Fisik Alat

Dari hasil perakitan, peneliti dapat mengetahui sistem kerja dari alat yang telah bekerja dengan baik. Sensor TDS akan mendeteksi nilai ppm pada nutrisi jika hasil pengukuran nutrisi lebih dari 700 ppm maka *relay* akan *off* untuk mematikan pompa nutrisi dan jika nutrisi kurang dari 700 ppm maka *relay on* untuk menghidupkan pompa nutrisi.

4.1.1 Hasil Pengujian dan Pembahasan

Pada pengujian ini meliputi pengujian ESP32-CAM ,Arduino Nano, Sensor TDS, *Float switch Sensor*, *relay*, aplikasi Blynk, Lcd 16x2 dan pengujian sistem keseluruhan. Pengujian ini dilakukan agar peneliti dapat mengetahui kelebihan dan kekurangan sistem yang telah dibuat hasil pengujian.

4.1.2 Pengujian Float Switch Sensor

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ketika permukaan air mencapai lebih dari 2 liter dan mengangkat pelampung, sensor memberikan sinyal logika aktif yang menandakan kondisi air penuh. Sebaliknya, ketika permukaan air turun dan pelampung berada pada posisi bawah, sensor memberikan sinyal logika tidak aktif yang menandakan air kosong. Respon dari sensor berjalan cepat dan stabil tanpa adanya delay, sehingga status ketinggian air dapat dipantau secara real-time. Dengan demikian, float switch sensor terbukti berfungsi baik untuk digunakan sebagai sistem deteksi level air dan dapat dikombinasikan dengan relay serta pompa untuk mengatur pengisian air secara otomatis.

Tabel 4. 1 Pengujian Float Switch Sensor

| Pengujian | Air | Status sensor | Output | Pompa 1 (Air) | Keterangan |
|-----------|--------------|---------------|--------------------|---------------|-----------------|
| 1 | Air kosong | HIGH (Aktif) | Menghidupkan pompa | Aktif | Air Ditambahkan |
| 2 | Air <2 liter | HIGH (Aktif) | Menghidupkan pompa | Aktif | Air Ditambahkan |

| | | | | | |
|---|--------------|----------------|-----------------|----------|--------------|
| 3 | Air >2 liter | LOW (Nonaktif) | Mematikan pompa | Nonaktif | Air Berhenti |
|---|--------------|----------------|-----------------|----------|--------------|

Berdasarkan pengujian, float switch menunjukkan kinerja yang baik dalam memantau level larutan nutrisi pada sistem hidroponik. Sensor mampu mendeteksi level tinggi dan rendah secara akurat, sehingga dapat mencegah overflow dan menghidupkan pompa pengisian secara otomatis.

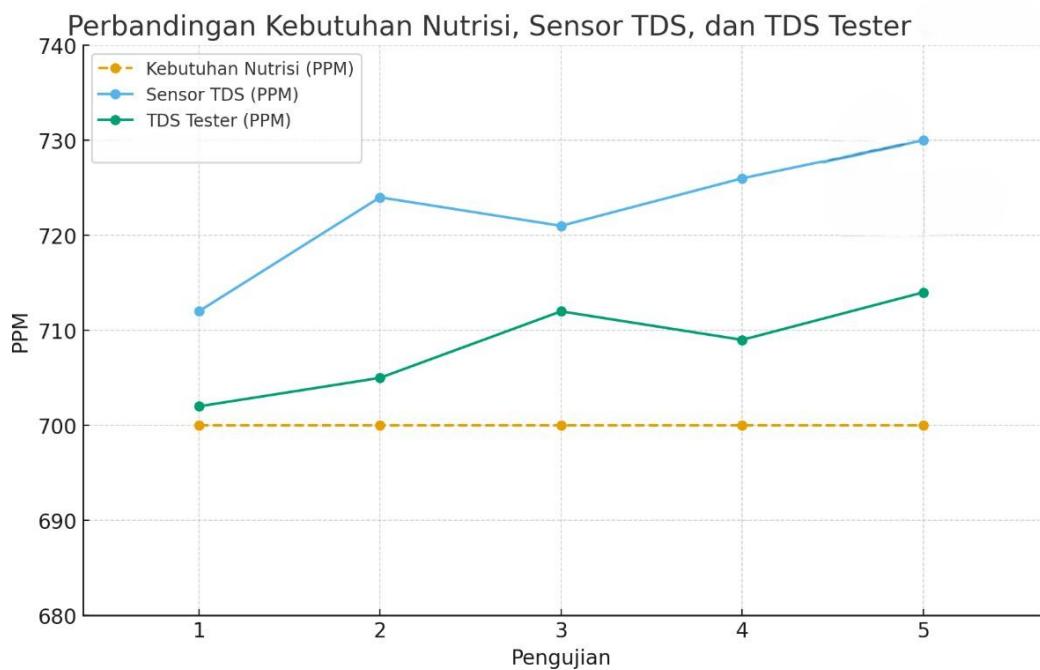
4.1.3 Pengujian Total Dissolved Solids (TDS)

Hasil pengujian menunjukkan bahwa sensor dapat membaca nilai ppm dengan baik, dimana setiap perubahan konsentrasi larutan menghasilkan perbedaan nilai yang ditampilkan. Nilai yang dihasilkan stabil meskipun terdapat sedikit fluktuasi akibat perubahan suhu atau pergerakan larutan. Secara keseluruhan, sensor TDS bekerja sesuai dengan fungsinya dan dapat digunakan untuk memantau kualitas air atau larutan nutrisi secara real-time.

Tabel 4. 2 Pengujian Sensor Total Dissolved Solids (TDS)

| Pengujian | Nutrisi (ml) | Kebutuhan nutrisi (PPM) | Sensor TDS (PPM) | TDS Tester (PPM) | Selisih | Keterangan |
|-----------|--------------|-------------------------|------------------|------------------|---------|------------|
| 1 | 5 | 700 | 712 | 702 | 10 | Ideal |
| 2 | 5 | 700 | 724 | 705 | 19 | Ideal |
| 3 | 5 | 700 | 721 | 712 | 9 | Ideal |
| 4 | 5 | 700 | 726 | 709 | 17 | Ideal |
| 5 | 5 | 700 | 730 | 714 | 16 | Ideal |

Berdasarkan data di atas, terlihat bahwa sensor TDS mampu mendeteksi kandungan zat terlarut dalam air dengan akurat, dan TDS tester menampilkan hasil pengukuran tersebut secara langsung. Hal ini menunjukkan bahwa sensor TDS dan TDS tester bekerja secara sinergis, dimana sensor melakukan deteksi, dan tester menampilkan data yang dapat dianalisis lebih lanjut.



Gambar 4. 2 Grafik Pembeda Sensor TDS

4.1.4 Pengujian Relay Dan Pompa

Hasil pengujian menunjukkan bahwa relay dapat bekerja dengan baik, ditandai dengan led input hidup saat menerima sinyal logika HIGH maupun LOW dari mikrokontroler. Pompa air juga merespons dengan baik, menyala ketika relay aktif dan mati ketika relay nonaktif. Respon kerja pompa berlangsung secara cepat tanpa jeda yang berarti. Secara keseluruhan, pengujian ini membuktikan bahwa kombinasi relay dan pompa berfungsi sesuai dengan rancangan, sehingga sistem dapat digunakan untuk mengatur penyiraman tanaman secara otomatis maupun manual melalui perintah dari aplikasi. Selain itu, respon output berupa nyala LED dan pergerakan aktuator berjalan sesuai dengan perintah program yang telah diunggah. Berdasarkan hasil tersebut, dapat disimpulkan bahwa Arduino Nano berfungsi dengan baik sebagai pengendali utama dalam sistem yang dirancang dapat dilihat pada tabel 4.2.

Tabel 4. 3 Pengujian Relay Dan Pompa

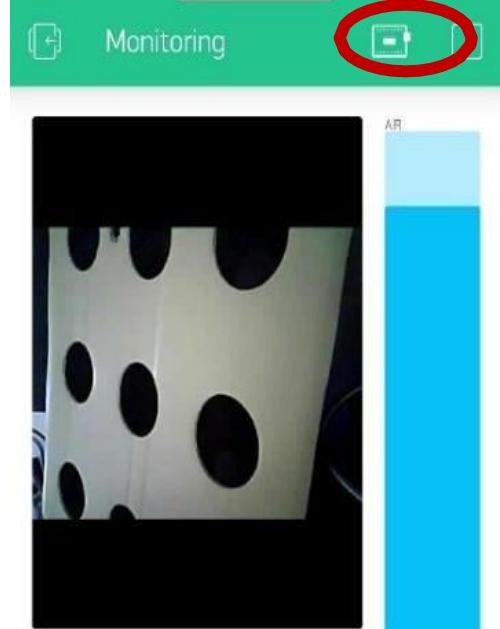
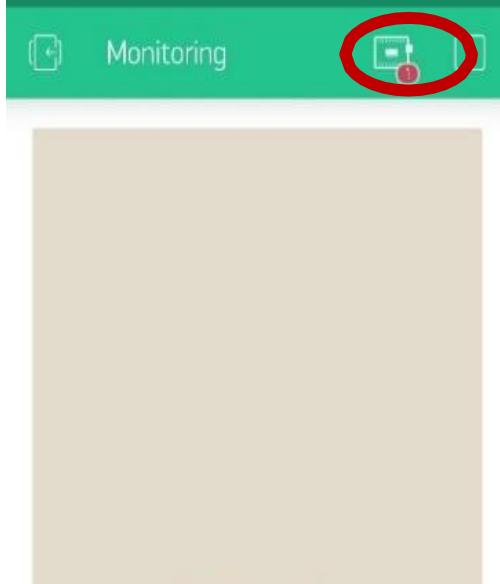
| Pengujian | Pompa/ Relay | Media tanam | larutan | Nilai TDS (ppm) | Status Pompa | Keterangan |
|-----------|-----------------------------|-------------------|--------------------|-----------------------|-----------------|--|
| 1 | Pompa 1 (Air) | Air kosong | Air | - | Aktif | Pompa 1 hidup untuk menambah air |
| 2 | Pompa 1 (Air) | Air ada | Air | - | Non Aktif | Pompa 1 mati saat air tersedia |
| 3 | Pompa 2 & 3 (Nutrisi) | Kurang nutrisi | Nutrisi (A & B) | 400 | Aktif | Pompa A&B hidup saat ppm kurang dari batas minimal |
| 4 | Pompa 2 & 3 (Nutrisi) | Cukup nutrisi | Nutrisi (A & B) | 712 | Non aktif | Pompa A&B tidak bekerja saat kondisi nutrisi optimal |

4.1.5 Pengujian ESP32-CAM

Hasil pengujian dilakukan untuk memastikan bahwa modul ESP32-CAM dapat bekerja dengan baik dalam mengambil gambar atau video sebagai media monitoring pertumbuhan tanaman sawi. ESP32-CAM dihubungkan ke jaringan Wi- Fi sehingga hasil tangkapan kamera dapat diakses melalui alamat IP yang diberikan perangkat. Proses pengujian dimulai dengan mengunggah program contoh Camera Web Server melalui Arduino IDE dengan menyesuaikan SSID dan password Wi- Fi. Setelah perangkat

berhasil terhubung, alamat IP ditampilkan pada serial monitor dan dapat dibuka melalui browser smartphone atau kompute

Tabel 4. 4 Pengujian ESP32-CAM

| Pengujian | Uji Coba | Hasil pengujian | Keterangan |
|-----------|-----------------|--|------------------------------|
| 1 | Terhubung |  | Kamera tampil di blynk |
| 2 | Tidak Terhubung |  | Kamera tidak tampil di blynk |

Hasil pengujian menunjukkan bahwa ESP32-CAM mampu menampilkan gambar tanaman sawi dengan jelas untuk memantau kondisi daun dan pertumbuhan. Koneksi Wi-Fi stabil dengan jeda tampilan 1–3 detik

sehingga monitoring tetap real-time. Pada siang hari gambar terlihat jelas, sedangkan pada malam hari kualitas menurun tanpa pencahayaan tambahan.

4.1.6 Pengujian Aplikasi Blynk

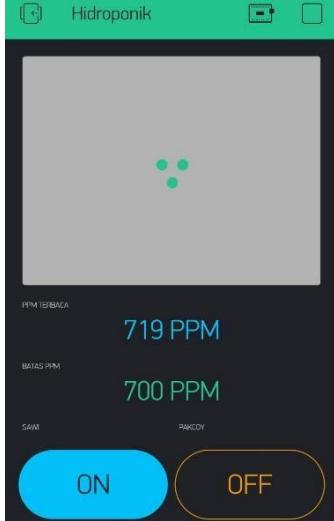
Hasil pengujian menunjukkan bahwa integrasi sensor TDS dengan aplikasi Blynk dan modul ESP32-CAM dapat berjalan dengan baik. Nilai PPM yang dihasilkan sensor TDS berhasil ditampilkan pada aplikasi Blynk maupun LCD 16x2 secara real-time. Namun, terdapat sedikit delay dalam proses pembaruan data PPM pada aplikasi, yaitu sekitar 1–2 detik setelah perubahan konsentrasi larutan dilakukan. Delay ini masih tergolong wajar dan tidak memengaruhi fungsi utama sistem.

Sementara itu, pada pengujian ESP32-CAM, kamera mampu menampilkan kondisi tanaman sawi dengan kualitas gambar yang cukup jelas. Koneksi Wi-Fi relatif stabil, tetapi terdapat jeda (delay) sekitar 2–3 detik antara pengambilan gambar dengan tampilan di browser. Delay ini dipengaruhi oleh kualitas jaringan Wi-Fi dan resolusi gambar yang digunakan.

Tabel 4. 5 Pengujian Aplikasi Blynk

| No | Batas nutrisi (ppm) | Volume Terdeteksi (L) | Selisih | Tampilan |
|----|---------------------|-----------------------|---------|----------|
| 1 | 600 | 609 | 9 | |

| | | | | |
|---|-----|-----|----|--|
| 2 | 600 | 613 | 13 | |
| 3 | 700 | 710 | 10 | |
| 4 | 700 | 715 | 15 | |

| | | | | |
|---|-----|-----|----|--|
| 5 | 700 | 719 | 19 |  |
|---|-----|-----|----|--|

4.2 Hasil Pengujian Sistem Secara Keseluruhan

Secara keseluruhan, meskipun terdapat sedikit delay pada tampilan nilai PPM maupun hasil kamera, sistem tetap dapat digunakan secara efektif untuk monitoring jarak jauh karena jeda waktu yang terjadi masih dalam batas toleransi.

Pengujian dilakukan terhadap seluruh komponen sistem hidroponik otomatis berbasis Arduino Uno dengan sensor TDS, float switch, pompa air, pompa nutrisi A dan B, serta komunikasi serial dengan ESP32-CAM. Tujuan pengujian adalah memastikan setiap komponen bekerja sesuai fungsi dan sistem berjalan stabil secara terintegrasi.

1) Pengujian Sensor TDS

Sensor TDS diuji menggunakan larutan dengan nilai PPM berbeda. Hasil menunjukkan bahwa sensor dapat membaca nilai TDS dengan akurat hingga ± 1200 ppm dengan error relatif di bawah 2%. Namun, pada konsentrasi tinggi (1300 ppm), terjadi deviasi signifikan dengan error mencapai $\pm 14,7\%$. Hal ini menunjukkan bahwa sensor cukup andal pada rentang kerja normal tetapi membutuhkan kalibrasi pada nilai tinggi.

2) Pengujian Float Switch

Float switch berhasil mendeteksi keberadaan air. Saat air tersedia, switch

tertutup (LOW) dan sistem mengenali status “ADA AIR”. Saat air habis, switch terbuka (HIGH) dan sistem menampilkan “AIR:KOSONG”. Pembacaan pada LCD dan serial sesuai dengan kondisi nyata di lapangan.

3) Pengujian Pompa Air

Pompa air aktif ketika tangki kosong (float switch HIGH) dan mati secara otomatis ketika air tersedia (LOW). Pompa juga dilengkapi jeda waktu 5 detik (delay awal) dan anti-kedip 5 detik sehingga tidak mengalami ON/OFF berulang akibat fluktuasi kecil.

4) Pengujian Pompa Nutrisi A dan B

Kedua pompa nutrisi aktif secara bersamaan ketika nilai TDS terdeteksi lebih rendah dari setpoint (dengan hysteresis). Pompa bekerja selama 10 detik untuk menambahkan larutan, kemudian mati secara otomatis. Hasil pengujian menunjukkan pompa mampu menambah larutan secara bertahap hingga mencapai batas TDS yang diinginkan.

5) Pengujian ESP32-CAM

Sistem dapat mengirim data sensor (TDS, status air, status pompa, status nutrisi) ke ESP32-CAM setiap 2 detik dengan format yang konsisten. Selain itu, perintah dari ESP32-CAM berupa perubahan setpoint TDS berhasil diterima dan diproses oleh Arduino, kemudian dikonfirmasi kembali dengan pesan ACK

Tabel 4. 6 Pengujian Sistem Keseluruhan

| Pengujian | Hari | Jam | Air | Pompa 1 | Batas PPM | PPM Terbaca | Pompa Nutrisi | PPM Setelah Nutrisi | Status | Keterangan | Kamera |
|-----------|------|-------|-----------|---------|-----------|-------------|---------------|---------------------|--------|------------------|---|
| 1 | 1 | 09.00 | > 2 Liter | Hidup | 700 | 220 | Hidup | 715 | Ideal | Nutrisi ditambah |  |
| 2 | 1 | 17.00 | < 2 Liter | Mati | 700 | 703 | Mati | - | Ideal | Nutrisi berhenti |  |
| 3 | 2 | 09.00 | < 2 Liter | Mati | 700 | 665 | Hidup | 718 | Ideal | Nutrisi ditambah |  |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|-------|-----------|------|-----|-----|-------|-----|-------------|------------------|--|
| 4 | 2 | 17.00 | < 2 Liter | Mati | 700 | 715 | Mati | - | Ideal | Nutrisi berhenti |  |
| 5 | 3 | 09.00 | < 2 Liter | Mati | 700 | 630 | Hidup | 689 | Tidak Ideal | Nutrisi Berhenti |  |
| 6 | 3 | 17.00 | < 2 Liter | Mati | 700 | 689 | Hidup | 710 | Ideal | Nutrisi ditambah |  |

4.3 Analisis Kinerja

Sistem hidroponik otomatis yang diuji mampu mengendalikan kualitas larutan nutrisi berdasarkan nilai TDS dan memantau ketersediaan air pada tangki. Arduino Uno sebagai pengendali utama berhasil mengatur pompa air serta pompa nutrisi A dan B sesuai kondisi sensor. Tampilan LCD memberikan informasi real-time terkait nilai TDS, status air, serta status pompa. Selain itu, komunikasi serial dengan ESP32-CAM memungkinkan pemantauan data dan pengubahan setpoint jarak jauh.

Sensor TDS memberikan hasil bacaan yang cukup akurat pada rentang 500–1200 ppm dengan error rendah (0,6–2%), namun pada konsentrasi tinggi (1300 ppm) terdapat deviasi besar hingga $\pm 14,7\%$. Float switch berfungsi baik dalam mendeteksi level air, dengan mekanisme debounce yang efektif mencegah kesalahan pembacaan. Sistem juga tetap stabil ketika semua pompa bekerja bersamaan tanpa mengalami reset atau drop tegangan.

1) Kelebihan sistem

- Sistem bekerja otomatis berdasarkan hasil pembacaan sensor.
- Sensor TDS cukup akurat pada rentang normal (500–1200 ppm).
- LCD menampilkan informasi secara jelas dan real time.
- Komunikasi data dengan ESP32-CAM berjalan baik dan mendukung pengaturan jarak jauh.
- Sistem stabil ketika beroperasi pada beban penuh.

2) Kekurangan sistem

- Tidak tersedia sensor pH sehingga pembacaan TDS dipengaruhi oleh asumsi pH konstan.
- Tidak tersedia sensor suhu sehingga pembacaan TDS dipengaruhi oleh asumsi suhu konstan.
- Mekanisme penambahan nutrisi masih berbasis waktu tetap, belum menyesuaikan perubahan nilai TDS secara real time.