

BAB VI

PENUTUP

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil perancangan, pembuatan, pengujian, dan analisis alat sterilisasi air menggunakan lampu UV majemuk dengan sistem pembersih otomatis, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Telah berhasil dirancang dan dibangun alat sterilisasi air menggunakan empat lampu UV yang ditempatkan dalam satu tabung reaktor serta dilengkapi dengan sistem pembersih sleeve otomatis berbasis motor stepper, *lead screw*, dan mikrokontroler ESP32. Sistem juga dilengkapi dengan antarmuka pengguna menggunakan LCD, rotary encoder, RTC, serta fitur monitoring berbasis IoT.
2. Hasil pengujian intensitas UV menunjukkan bahwa material sleeve berpengaruh terhadap nilai intensitas UV yang diteruskan. Sleeve berbahan akrilik menghasilkan nilai ADC dan tegangan yang sangat rendah sehingga kurang efektif dalam meneruskan radiasi UV. Sebaliknya, sleeve berbahan quartz menghasilkan nilai ADC dan tegangan yang mendekati kondisi tanpa sleeve, sehingga menunjukkan kemampuan transmisi UV yang lebih baik dan lebih sesuai digunakan pada sistem sterilisasi UV.
3. Pengujian keandalan sistem pembersih sleeve UV menunjukkan bahwa mekanisme pembersih mampu beroperasi secara otomatis sesuai jadwal yang ditentukan hingga mencapai 38 langkah pembersihan atau sekitar 19 jam operasi kontinu. Namun, setelah langkah ke-38 terjadi kegagalan mekanis berupa patahnya coupling yang menghubungkan motor stepper dengan lead screw sehingga mekanisme pembersih tidak dapat bergerak meskipun motor stepper masih beroperasi dengan normal.
4. Sistem monitoring berbasis IoT berhasil melakukan pencatatan dan pengiriman data ke spreadsheet secara daring sesuai interval yang telah ditentukan. Selama pengujian tidak ditemukan data yang hilang (*missing data*), sehingga sistem monitoring memiliki tingkat keberhasilan

pengiriman data sebesar 100% dan mampu bekerja secara independen terhadap kondisi mekanis alat.

5. Berdasarkan analisis geometri reaktor menggunakan model sumber garis (*line source*), penggunaan empat lampu UV Germilite 55W yang disusun secara melingkar dalam satu tabung reaktor menghasilkan nilai irradiance yang lebih tinggi dibandingkan konfigurasi satu lampu UV reaktor Germilite. Pada titik pusat reaktor, superposisi kontribusi keempat lampu menghasilkan irradiance total sebesar $40.612 \mu\text{W}/\text{cm}^2$, atau empat kali nilai irradiance satu lampu tunggal sebesar $10.153 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Pada titik dinding dalam reaktor, irradiance konfigurasi desain sebesar $21.253 \mu\text{W}/\text{cm}^2$ juga lebih tinggi dibandingkan reaktor Germilite sebesar $18.330 \mu\text{W}/\text{cm}^2$. Konfigurasi ini memungkinkan air memperoleh paparan UV dari beberapa arah secara bersamaan sehingga berpotensi meningkatkan efektivitas sterilisasi serta memungkinkan sistem menangani debit aliran yang lebih besar dengan tetap mempertahankan waktu paparan yang memadai. memungkinkan sistem menangani debit aliran yang lebih besar dengan tetap mempertahankan waktu paparan yang memadai.

6.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, beberapa saran untuk pengembangan penelitian selanjutnya adalah sebagai berikut:

1. Mengganti *coupling* yang digunakan dengan material yang memiliki kekuatan mekanis lebih tinggi atau menggunakan jenis *flexible coupling* industri agar mampu menahan beban operasi berulang dalam jangka waktu yang lebih lama.
2. Menambahkan sensor posisi atau limit switch tambahan pada mekanisme pembersih sehingga sistem dapat mendeteksi kegagalan mekanis secara otomatis apabila terjadi kerusakan pada komponen transmisi.
3. Menggunakan sensor intensitas UV yang mampu mendeteksi radiasi UV-C secara langsung sehingga hasil pengukuran lebih representatif terhadap intensitas lampu UV yang digunakan untuk proses sterilisasi.

4. Melakukan pengujian mikrobiologi terhadap kualitas air sebelum dan sesudah proses sterilisasi sehingga efektivitas sistem dapat dievaluasi berdasarkan jumlah mikroorganisme yang berhasil dinaktivasi.
5. Melakukan optimasi desain geometri reaktor dan variasi debit aliran untuk memperoleh konfigurasi yang menghasilkan distribusi radiasi UV dan waktu paparan yang lebih optimal.
6. Mengembangkan sistem monitoring menjadi sistem *Internet of Things* (IoT) yang tidak hanya melakukan pencatatan data, tetapi juga mampu memberikan notifikasi kegagalan sistem dan pemantauan kondisi alat secara real-time melalui aplikasi berbasis web atau perangkat bergerak.
7. Melakukan validasi eksperimental terhadap hasil perhitungan irradiance secara teoritis menggunakan sensor UV-C yang terkalibrasi pada beberapa titik pengamatan di dalam reaktor, sehingga distribusi radiasi aktual dapat dibandingkan dengan prediksi model *line source* yang digunakan.