

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisi kesimpulan dan saran berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai perancangan sistem penyemprot untuk aplikasi pembersih dinding luar gedung. Kesimpulan disusun berdasarkan hasil evaluasi pembersihan berbasis *image processing* serta integrasi sistem mekanik pompa, *nozzle*, dan batang penyemprot (*rod*). Selain itu, pada bab ini juga diberikan beberapa saran pengembangan yang diharapkan dapat menjadi acuan untuk penelitian selanjutnya guna meningkatkan performa, kekuatan, dan efisiensi kinerja pembersihan.

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengujian fungsional dan analisis data evaluasi kinerja pada *prototype drone washer* terintegrasi kecerdasan buatan, dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. UAV quadcopter berhasil dirancang dan mampu mempertahankan kestabilan *hovering* dalam kondisi tanpa maupun dengan penyemprotan, dengan sistem propulsi yang terbukti mengkompensasi gaya reaksi nozzle sebesar 8,36 Newton tanpa instabilitas ketinggian yang signifikan.
2. Integrasi sistem nozzle semprot ke dalam platform UAV berhasil dilakukan, dibuktikan dengan kemampuan sistem kendali mengkompensasi gaya reaksi penyemprotan secara *real-time* sehingga posisi *hover* tetap stabil selama pembersihan berlangsung.
3. Sistem evaluasi berbasis citra berhasil dikembangkan dengan model

klasifikasi kontaminan mencapai akurasi 81,89% dan *F1-Score* 81,28% melalui pengujian *5-Fold Cross Validation*, menunjukkan kemampuan segmentasi noda yang andal dengan tingkat *false positive* yang minim.

4. Prototipe UAV pembersih kaca berhasil dibangun dan diuji, menghasilkan efisiensi pembersihan tertinggi sebesar 87,72% pada tekanan 200 Bar dengan jarak semprot 1,0 meter tanpa efek percikan (*splashing*) yang berlebihan.

5.2 Saran

Meskipun prototipe UAV *Quadcopter* ini telah beroperasi dan mampu melakukan penyemprotan, terdapat beberapa aspek pada sistem pembersihan yang dapat dieksplorasi dan dikembangkan untuk penelitian selanjutnya, antara lain:

1. Integrasi Sistem Kendali Otomatis (*Autonomous*)

Penelitian ini masih dibatasi pada penggunaan kontrol semi otomatis untuk mempertahankan posisi berdasarkan sinyal GPS. Untuk penelitian selanjutnya dapat ditambahkan *sub-controller* yang terintegrasi dengan kecerdasan buatan, dengan tujuan untuk menjangkau area-area yang masih terdapat kotoran secara otomatis.

2. Integrasi Zat Aditif Pembersih (*Chemical Agent*)

Sistem pembersihan pada *prototype* ini murni mengandalkan gaya mekanis dari tumbukan kinetik air (*mechanical cleaning*). Untuk menurunkan beban pompa dan mengurangi tekanan operasional disarankan untuk menambahkan injektor cairan deterjen khusus atau zat aditif ramah lingkungan pada aliran fluida. Kombinasi antara reaksi kimiawi dan gaya

mekanis hidrodinamis akan mempercepat pemutusan ikatan adhesi kontaminan yang persisten.

3. Sistem Manajemen Selang Bertekanan (*Tether/Hose Management*)

Selang air bertekanan tinggi yang menjuntai dari tanah ke wahana memberikan beban tarik tambahan (*drag force* dan gaya gravitasi) yang berubah-ubah seiring bertambahnya ketinggian operasional. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai sistem penggulung selang adaptif (*auto-tension spooling system*) di stasiun darat, atau penggunaan material selang komposit berdiameter mikro, guna meminimalisir gangguan mekanis pada stabilitas *drone* saat melakukan penyemprotan di gedung bertingkat tinggi.