

BAB V

KESIMPULAN DAN SARAN

V.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan melalui tahap perancangan, simulasi, hingga analisis performa desain *exhaust fan* untuk gedung pengujian kendaraan bermotor yang disesuaikan dengan kondisi di UPT PKB Kota Yogyakarta, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Perancangan dan pengembangan desain *exhaust fan* pada ruang uji kendaraan bermotor dilakukan secara bertahap, dimulai dengan identifikasi kebutuhan ventilasi berdasarkan standar ACH minimum dari ASHRAE. Terpilih dua varian kipas *axial*/standar industri dengan ukuran 30 *inch* dan 36 *inch*. Desain teknis meliputi bilah kipas, motor penggerak, *frame*, dudukan motor, dan *ducting* yang dirancang untuk mengoptimalkan aliran udara serta efisiensi energi. Jenis bilah yang digunakan adalah kipas *axial* dengan delapan bilah yang memiliki bentuk melengkung sesuai prinsip aerodinamika agar aliran udara maksimal dan turbulensi minimal. Sudut *pitch* bilah sebesar 45 derajat, lebih efektif meningkatkan dorongan udara tanpa membebani motor, sehingga efisiensi energi dan tingkat kebisingan tetap rendah. *Frame exhaust fan* berbentuk tabung silinder untuk mengurangi turbulensi dan memperlancar aliran udara, sedangkan dudukan motor berupa persegi berfungsi meningkatkan kestabilan serta memudahkan instalasi dan perawatan. *Ducting* didesain berbentuk huruf L yang aerodinamis, dengan *inlet* menghadap ke bawah dan *outlet* membelok ke atas, disesuaikan dengan konfigurasi ruang agar arah dan distribusi aliran udara optimal sekaligus mengurangi zona stagnan dan kehilangan energi. Seluruh proses perancangan dilakukan dengan menggunakan aplikasi SolidWorks dan analisis desain melalui simulasi CFD untuk memastikan performa aliran udara yang stabil, efisien, dan sesuai standar ventilasi.
2. Hasil *simulasi Computational Fluid Dynamics* (CFD) pada desain *exhaust fan* 30 *inch* dan 36 *inch* menunjukkan kedua desain mampu

menghasilkan distribusi aliran udara yang stabil dan efisien sesuai kebutuhan ventilasi ruang uji kendaraan bermotor. Distribusi tekanan menunjukkan adanya penumpukan tekanan di area *pre-fan* dan *inlet*, dengan *exhaust fan 36 inch* mengalami akumulasi tekanan lebih besar di *inlet* akibat geometri saluran masuk yang perlu dioptimalkan lebih lanjut. Distribusi suhu relatif stabil dengan perbedaan maksimum dan minimum kecil, menandakan ventilasi efektif menjaga temperatur ruangan. Analisis turbulensi menunjukkan intensitas rendah pada desain *30 inch*, sedangkan desain *36 inch* memiliki turbulensi lebih tinggi di *outlet* yang berpotensi meningkatkan getaran dan kebisingan. Distribusi kecepatan udara merata di kedua desain, dengan *exhaust fan 36 inch* menghasilkan kecepatan puncak lebih tinggi yang meningkatkan efisiensi pembuangan udara namun juga potensi turbulensi. Secara keseluruhan, hasil simulasi valid dan konvergen, menegaskan kinerja kedua desain memenuhi standar ventilasi dan layak diimplementasikan dengan catatan perlunya optimasi geometris pada saluran *inlet* pada *exhaust fan 36 inch*.

3. Faktor utama yang mempengaruhi perancangan *exhaust fan* pada ruang uji kendaraan bermotor meliputi parameter fisika fluida, seperti tekanan statis, densitas udara, kecepatan aliran, energi turbulensi, dan perbedaan elevasi, yang dianalisis menggunakan simulasi CFD serta pendekatan Hukum Bernoulli. Tekanan statis dan kecepatan udara menjadi indikator konversi energi yang efektif dalam sistem ventilasi, di mana *exhaust fan 30 inch* menunjukkan kestabilan dan efisiensi energi lebih baik dengan kerugian energi minimal, sedangkan *exhaust fan 36 inch* menawarkan kapasitas aliran lebih besar meskipun disertai fluktuasi dan turbulensi yang lebih tinggi. Kontribusi elevasi terhadap energi potensial relatif kecil dan tidak berpengaruh signifikan. Perhitungan konsumsi energi listrik menunjukkan *exhaust fan 36 inch* cocok untuk ventilasi ruangan besar dengan daya lebih tinggi, sedangkan *exhaust fan 30 inch* lebih efisien untuk ruang berkapasitas sedang. Desain *exhaust fan* harus mampu menyeimbangkan kapasitas aliran, efisiensi energi, turbulensi, dan karakteristik aliran udara agar ventilasi lebih optimal sesuai dengan kebutuhan ruang uji.

V.2 Saran

Adapun saran yang diberikan berdasarkan hasil analisis dan perhitungan yang telah dilakukan dalam upaya memecahkan masalah antara lain:

1. UPT PKB Kota Yogyakarta disarankan menggunakan *exhaust fan* berukuran 36 *inch* karena desain ini mampu menghasilkan debit udara yang cukup besar, yaitu sekitar 4.278 CFM per unit sesuai standar ventilasi (ASHRAE). Penggunaan 6–8 unit *exhaust fan* secara paralel mampu memenuhi kebutuhan ventilasi ruang uji secara optimal, menjaga sirkulasi udara dan mengendalikan polutan, sekaligus mendistribusikan beban kerja agar efisiensi operasional meningkat dan mencegah overload pada satu unit.
2. Penelitian selanjutnya perlu melakukan pengujian dan validasi menyeluruh pada semua aspek desain *exhaust fan*, termasuk evaluasi material bilah kipas dan komponen motor. Pengujian fisik diperlukan untuk memastikan kekuatan, ketahanan, dan performa material sesuai simulasi serta efektivitas pengurangan beban motor. Validasi motor efisiensi tinggi dan penggunaan sistem kontrol kecepatan variabel (VFD) penting untuk memastikan operasi hemat energi dan responsif. Penentuan titik pemasangan juga harus diuji secara eksperimental guna memastikan aliran udara optimal dengan meminimalkan turbulensi dan zona stagnan, sehingga desain benar-benar efisien di lapangan.
3. Uji prototipe fisik sangat dianjurkan untuk memverifikasi hasil simulasi CFD. Pengujian harus mencakup kecepatan aliran, tekanan statis, turbulensi, distribusi suhu, serta kebisingan dan getaran. Aspek kemudahan perawatan dan instalasi juga perlu dinilai agar operasional efisien dan tahan lama. Data uji lapangan ini penting sebagai dasar iterasi desain dan penyusunan panduan teknis instalasi yang optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, M. 2016. Fisika Dasar I. Institut Teknologi Bandung.
- Afda, N. U., Kutut S., & Sihana. 2015. Pengaruh Kelengkungan Bidang Coanda terhadap Arah Jet. Universitas Gajah Mada
- Aldio, M. F., Waskito, Purwantono & Lapisa, R. 2023. Optimization of impeller blade number in centrifugal pump for crude oil using Solidworks Flow Simulation. *Journal of Engineering Researcher and Lecturer*, 2(3), 80–93. <https://doi.org/10.58712/jerel.v2i3.116>.
- Alviyndin, F., Abtian, A., & Mufarida, N. A. 2024. Pengaruh Dimensi Saluran Buang dan Sudut Kipas Generator Terhadap Kinerja Perangkat Oscillating Water Column. *Journal of Mechanical Engineering*, 1(1), 33–41. <https://doi.org/10.47134/jme.v1i1.2188>.
- Andriany, S. A. 2024. Analisis Penentuan Kapasitas Exhaust Fan Untuk Mengurangi Kadar Gas Co Dan Hc Di Gedung Pengujian Kendaraan Bermotor. Politeknik Keselamatan Transportasi Jalan Tegal.
- Ariefa, H. W., & Setiawan, W. 2024. Rekayasa Desain Ventilasi Terhadap Arah Angin untuk Kenyamanan pada Gor Bulu Tangkis Cangkring. Universitas Muhammadiyah Surakarta.
- ASHRAE. 2020. HVAC Systems and Equipment (SI), diakses dari https://store.accuristech.com/ashrae/standards/2020-ashrae-handbook-hvac-systems-and-equipment-si?product_id=2121462 [pada 7 Januari 2025].
- Blade, F. 2020. Design & Performance Analysis Of Exhaust Fan Blade. *International Journal of Mechanical Engineering*, 7(4), 25–28. <https://doi.org/10.14445/23488360/ijme-v7i4p103>.
- Cagman, S., Yildiz, A., Guven, A., & Unver, U. 2022. Energy Efficiency Research In Fans and Experimental Investigatio of Motor Frequency. *Journal of Science and Engineering*, 6(1), 26-34. <https://doi.org/10.34088/kojose.1134625>.
- Gunawan, S., Hasan, H., & Lubis, R. D. W. 2020. Pemanfaatan Adsorben dari Tongkol Jagung sebagai Karbon Aktif untuk Mengurangi Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 3(1), 38–47. <https://doi.org/10.30596/rmme.v3i1.4527>.
- Isyaufa, K. 2020. Azaz Dan Hukum Bernoulli, Teorrema Toricelli, Serta Penerapan Hukum Bernoulli, diakses dari <https://www.scribd.com/document/501609532/Azaz-dan-Hukum-Bernoulli-Teorrema-Toricelli-serta-Penerapan-Hukum-Bernoulli> [pada 4 Januari 2025].
- Kamal, S. A. M. 2022. Waktu Dengung Waktu Dengung Ruang Ibadah Masjid Besar Al-Abrar Makassar. *Jurnal Penelitian Engineering*, 25(1), 8–20. <https://doi.org/10.25042/jpe.052021.02>.

- Keklikoglu, H. O. 2019. Design, Construction and Performance Evaluation of Axial Flow Fans, *4*(1), 75–84. Middle East Technical University.
- Kristanto, A. 2022. Modul Praktikum Gambar Teknik. Universitas Ahmad Dahlan
- Machmud, S. 2021. Analisis Pengaruh Tahun Perakitan Terhadap Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor. *Jurnal Mesin Nusantara*, *4*(1), 21–29. <https://doi.org/10.29407/jmn.v4i1.16038>.
- McMorrow, S. 2022. Apa itu Pergantian Udara & Cara Menghitung Pergantian Udara Per Jam, diakses dari https://hvacrcareerconnectny.com.translate.goog/what-is-air-change-how-to-calculate-air-changes-per-hour/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=id&_x_tr_hl=id&_x_tr_pto=tc [pada 3 Januari 2025].
- McQuiston, F. C., Parker, J. D., Spitler, J. D., & Taherian, H. 2023. Heating, Ventilating, and Air Conditioning: Analysis and Design, 7th Edition, diakses dari <https://www.wiley.com/en-hk/Heating%2C+Ventilating%2C+and+Air+Conditioning%3A+Analysis+and+Design%2C+7th+Edition-p-9781119894148> [pada 13 April 2025].
- Mursadin, A., & Rachmat, S. 2015. Bahan Ajar Hmkk325 Mekanika Fluida I. Universitas Lambung Mangkurat.
- Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 16 Tentang Pelaksanaan Undang-Undang Nomor 28 Tahun 2002 Tentang Bangunan Gedung.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia. 2023. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Dan Kehutanan Republik Indonesia Nomor 8 Tahun 2023 Tentang Penerapan Baku Mutu Emisi Kendaraan Bermotor Kategeori M, Kategori N, Kategori O, Dan Kategori L.
- Razali, A., Maksum, H., & Daswarman. 2014. Perbandingan Gas Karbon Monoksida (CO) dan Hidrokarbon (HC) yang Menggunakan Catalyst Kuningan dengan Catalyst Tembaga pada Motor Empat Langkah. *Automotive Engineering Education Journals*, *3*(4), 1–9. <https://ejournal.unp.ac.id/students/index.php/poto/article/download/3162/2285>.
- Retia, K. D., 2023. Rumus Kontinuitas Aliran dan Persamaan Bernoulli, diakses dari <https://www.kompas.com/skola/read/2023/05/11/213000469/pengertian-dan-rumus-kontinuitas-aliran-dan-persamaan-bernoulli> [pada 4 Januari 2025].
- Rumanto, I., Sunaryo, S., & Irfan, A. 2021. Analisis Computational Fluid Dynamic (CFD) Penyebaran Panas Pada Dapur Peleburan Aluminium, *Device*, *11*(1), 34–39. <https://doi.org/10.32699/device.v11i1.1785>.
- Rusdy, M. D. R. 2020. Modul Ventilasi Industri (KMK366). Universitas Esa Unggul.
- Sagita, I.O. 2024. Persamaan Kontinuitas Mekanika Fluida - Prinsip Dasar Sistem Aliran, diakses dari <https://ishakoktasagita.com/blog/teknik-engineering/persamaan-kontinuitas-mekanika-fluida/> [pada 4 Januari 2025].

- Shidqi, H. A. 2022. Pembuatan Exhaust Fan Otomatis Untuk Mengurangi Kadar Asap Kendaraan di Dalam Ruangan Uji KIR Kendaraan Menggunakan Metode Quality Function Deployment (QFD) dan Model Kano (Studi Kasus Tempat Uji Kendaraan Bermotor Kabupaten Pemalang). Universitas Islam Sultan Agung Semarang.
- Sultan, A. D., Mulyani, S., Yusuf, W. A., Risky & Hidayat. 2020. Analysis of the Effect of Cross-sectional Area on Water Flow Velocity by Using Venturimeter Tubes. *Jurnal Pendidikan Fisika*, 8(1), 94–99. <https://doi.org/10.26618/jpf.v8i1.3199>.
- Supratno, S. 2012. Analisa Implementasi Penghematan Energi di Kampus ISTN Jakarta (Studi Kasus: Kampus ISTN Srengseng Sawah, Jakarta). *JREC (Journal of Electrical and Electronics)*, 1(1), 37–46.
- Surjanto, D. 2019. Kapolres Lumajang: Satu korban meninggal keracunan karbon monoksida, diakses dari <https://www.antaranews.com/berita/791732/kapolres-lumajang-satu-korban-meninggal-keracunan-karbon-monoksida> [pada 3 Januari 2025].
- Suwitohadi, D. 2020. Cara Mudah Menghitung Kapasitas Exhaust Fan, diakses dari <https://javacable.blogspot.com/2020/01/cara-mudah-menghitung-kapasitas-exhaust.html> [pada 4 Januari 2025].
- Tan, R., Darmawan, S., & Tanujaya, H. 2023. Perancangan dan Analisis Aliran Udara Sistem Ducting Cloud Kitchen dengan Metode Computational Fluid Dynamics. *Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*, 5, 199–210. <https://doi.org/10.35814/asiimetrik.v5i2.4399>.
- Wahyudi, D. 2020. 3 Mahasiswi Tewas Keracunan Karbon Monoksida dalam Mobil: Terpapar 1 Jam Sudah Mematikan. diakses dari <https://oto.detik.com/mobil/d-5187153/3-mahasiswi-tewas-keracunan-karbon-monoksida-dalam-mobil-terpapar-1-jam-sudah-mematikan> [pada 3 Januari 2025].
- Wardhana, Y.K., Partha, C. G. I., & Sukerayasa, I. W. 2021. Pemanfaatan Udara Buang Exhaust Fan Dengan Pengaruh Penambahan Honeycomb Berbasis Atmega 2560. *Jurnal Spektrum*, 8(1), 161–168.
- Widiawaty, C. D., Siswantara, A. I., & Gunadi, G. G. R. 2016. Kajian Analisis Engineering Dengan Metode Computational Fluid Dynamics. *Jurnal PoliTeknologi*, 14(3). <https://doi.org/10.32722/pt.v14i3.763>.