

PENGARUH SUDUT BILAH PADA PERFORMA KIPAS AKSIAL TEROWONGAN ANGIN KECEPATAN RENDAH MENGGUNAKAN METODE KOMPUTASI

Dyah Arum Wulandari & Endri Sriadi

Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Negeri Jakarta

Jl. Rawamangun Muka, Jakarta Timur 13220, Indonesia

ABSTRAK

Terowongan angin digunakan untuk mengetahui karakteristik aerodinamik dari sebuah benda. Salah satu komponen terowongan angin yang memiliki fungsi penting adalah kipas aksial. Kipas aksial berfungsi untuk menghasilkan angin pada terowongan angin. Pengendalian kecepatan aliran udara dapat dilakukan dengan menggunakan perubahan pada sudut bilah kipas aksial. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh sudut bilah terhadap performa kipas aksial terowongan angin kecepatan rendah dengan menggunakan metode komputasi. Metode penelitian ini menggunakan simulasi perangkat komputasi aliran fluida dinamik dengan melakukan variasi sudut bilah kipas aksial pada sudut 8° sampai pada sudut 80° interval 8°, menggunakan putaran motor 1400 rpm.

Berdasarkan hasil penelitian didapat, bahwa perubahan sudut bilah kipas aksial dengan performa yang terbaik ada pada sudut 64° dengan nilai beda tekanan sebesar 694,70 Pascal, nilai daya yang dihasilkan sebesar 858,33 Watt, dan efisiensi sebesar 57,58 %. Karakteristik dari aliran udara pada kipas aksial memiliki nilai kecepatan yang semakin besar menuju arah tip dari kipas aksial, tekanan pada bagian belakang bilah kipas aksial lebih besar dibandingkan bagian depan dari kipas aksial, aliran udara mengalami efek putar sebelum memasuki kipas aksial dengan intensitas kecil dan efek putar dengan intensitas besar setelah melewati kipas aksial.

Perubahan sudut bilah berpengaruh terhadap performa kipas aksial terowongan angin kecepatan rendah. Pengembangan kipas aksial dapat dilakukan dengan memperbesar bentuk bilah pada bagian tip kipas aksial untuk meningkatkan efektifitas dari kipas aksial mengingat karakteristik dari kontur kecepatan aliran udara pada bilah kipas aksial.

Kata Kunci : Kipas Aksial, Sudut Bilah, Terowongan Angin Kecepatan Rendah

1. Pendahuluan

Penggunaan terowongan angin pertama kali dilakukan untuk mengetahui karakteristik dari sayap pesawat terbang. Karakteristik dari sayap pesawat terbang dapat diketahui dengan melakukan penelitian secara eksperimental pada terowongan angin. Wright bersaudara menggunakan pengujian secara eksperimental pada terowongan angin untuk mengetahui karakteristik dari desain sayap pesawat terbang yang akan mereka gunakan. Berbagai bentuk sayap pesawat terbang mereka lakukan pengujian pada terowongan angin.

Pada tahun 1902 pesawat terbang milik Wright bersaudara yang diberi nama Glider 3 dapat terbang dengan baik. Penerbangan Wright bersaudara dapat berjalan dengan baik, berkat penelitian yang dilakukan pada terowongan angin untuk mengetahui karakteristik dari bentuk sayap pesawat terbang yang mereka buat. Karakteristik yang paling baik dari berbagai bentuk sayap pesawat terbang yang telah diuji secara eksperimental pada terowongan angin digunakan pada sayap pesawat terbang Glider 3.

Pembuatan terowongan angin semakin dikembangkan untuk mengetahui gaya aerodinamika pada pesawat terbang.

Pengembangan terowongan angin kemudian disempurnakan melalui penelitian yang didanai oleh pemerintah eropa, sehingga dikenal dua jenis terowongan angin yang banyak digunakan pada saat ini, yakni terowongan angin dengan sirkulasi aliran udara terbuka dan terowongan angin dengan sirkulasi aliran udara tertutup.

Penggunaan terowongan angin semakin berkembang, tidak hanya terbatas pada pengembangan desain dari pesawat terbang. Pada alat transportasi darat, seperti sepeda motor ataupun mobil juga terdapat gaya aerodinamika yang bekerja. Fokus utama produksi automobil adalah gaya hambat aerodinamika¹. Melalui perhitungan yang cermat dalam desain bentuk kendaraan maka akan menghemat bahan bakar, yakni dengan mengurangi gaya hambat.

Pada sebuah pembangkit listrik tenaga angin, terowongan angin digunakan untuk melakukan uji coba terhadap bentuk turbin yang digunakan untuk menghasilkan performa yang optimal. Selain dari ketiga bidang di atas, terowongan angin juga digunakan untuk pengujian konstruksi bangunan terhadap aliran angin, seperti gedung pencakar langit, lingkungan perkotaan, jembatan, dan masih banyak bangunan lain.

Komponen terowongan angin yang memiliki fungsi penting adalah kipas aksial. Kipas aksial berfungsi menghasilkan angin yang dibutuhkan untuk pengujian dalam terowongan angin. Kipas aksial menentukan variasi kecepatan angin yang dibutuhkan dalam pengujian menggunakan terowongan angin.

Perencanaan kipas aksial terowongan angin dipengaruhi oleh berbagai faktor. Salah satu hal yang perlu dipertimbangkan adalah perancangan sudut bilah kipas aksial. Variasi dari sudut bilah memberikan nilai lebih, bahkan ketika variasi putaran motor tersedia, karena memberikan pengendalian kecepatan yang lebih baik dibandingkan dengan melakukan variasi pada putaran motor². Peningkatan kecepatan aliran udara dapat dilakukan

dengan dua cara, yakni variasi pada sudut bilah, maupun variasi melalui kecepatan putar motor. Variasi sudut bilah memberikan peningkatan daya yang dihasilkan oleh kipas aksial dan memberikan kinerja optimal dari putaran motor yang tersedia.

Penelitian ini akan berpusat pada analisa pengaruh sudut bilah kipas aksial dan hubungannya terhadap performansi kipas aksial terowongan angin kecepatan rendah. Penelitian dilakukan melalui simulasi dengan menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik, sehingga didapat nilai beda tekanan, daya, dan efisiensi dari kipas aksial, sebagai parameter untuk melihat performa kipas aksial. Dengan mendapat sudut yang tepat dari bilah kipas aksial, maka dapat dihasilkan kecepatan angin optimal yang akan digunakan pada terowongan angin kecepatan rendah.

Berdasarkan latar belakang diatas, maka tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh perubahan sudut bilah terhadap performa dari kipas aksial. Performa kipas aksial dapat diketahui dengan melihat nilai beda tekanan, daya, serta efisiensi dari kipas aksial. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui karakteristik kontur kecepatan, tekanan dan aliran udara di sekitar bilah kipas aksial yang disimulasikan dan dimodelkan dengan perangkat komputasi aliran fluida dinamik.

2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui simulasi dengan menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik Fluent. Simulasi yang dilakukan dengan menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik bertujuan untuk mendapatkan nilai kecepatan pada sisi keluar aliran udara setelah melewati bilah kipas aksial yang berputar.

Tahap pertama dari penelitian ini adalah membuat geometri dari kipas aksial yang digunakan pada terowongan angin kecepatan rendah. Geometri dari kipas aksial dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork 2010. Kipas aksial dibuat dengan perbandingan skala 1:1. Geometri kipas aksial yang dibuat dilakukan penyederhanaan model, hanya bagian bilahnya saja.

Variasi yang digunakan dalam penelitian ini adalah variasi sudut bilah pada kipas aksial yang telah dibuat pada perangkat lunak Solidwork 2010. Variasi pada sudut bilah kipas aksial menggunakan sudut terendah delapan derajat, selanjutnya dirubah dengan interval delapan derajat sampai pada sudut terbesar delapan puluh derajat. Variasi sudut bilah kipas aksial dilakukan guna mendapatkan performa yang optimum dari kipas aksial.

Geometri kipas aksial yang telah dibuat dengan menggunakan perangkat lunak Solidwork 2010 kemudian dibuat *mesh* pada perangkat lunak Gambit. Pembuatan *mesh* selesai dilakukan, maka langkah selanjutnya adalah mendefinisikan kondisi batas dan tipe kontinum dari model yang dibuat, apakah fluida atau padatan, sebelum model yang dibuat diproses menuju perangkat komputasi aliran fluida dinamik Fluent.

Model yang dibuat, selanjutnya diproses pada Fluent untuk dilakukan pemeriksaan dari geometri yang telah dibuat. Tahapan selanjutnya adalah memasukkan parameter yang digunakan dalam kondisi operasi dan kondisi batas dari model yang akan disimulasikan. Langkah selanjutnya, perangkat komputasi aliran fluida dinamik dalam hal ini Fluent melakukan proses perhitungan terhadap model yang dilakukan simulasi.

Verifikasi dilakukan dengan melihat kualitas *mesh* yang digunakan, karena kualitas *mesh* menentukan tingkat keakurasian dari hasil simulasi perangkat komputasi aliran fluida dinamik Fluent. Hasil simulasi yang berupa nilai kecepatan pada bagian keluar dari kipas aksial dilakukan perbandingan dengan hasil pengukuran secara eksperimental yang dilakukan oleh peneliti lain.

Hasil dari simulasi kipas aksial yang telah dilakukan kemudian dilakukan analisa untuk mendapat performa yang optimum dari kipas aksial terhadap variasi sudut bilah yang dilakukan. Parameter yang digunakan untuk melihat performa kipas aksial adalah nilai beda tekanan, daya, dan efisiensi kipas aksial. Proses analisa juga dilakukan pada kontur kecepatan dan tekanan pada permukaan bilah kipas aksial, serta karakteristik aliran dari kipas aksial.

3. Hasil Penelitian

Hasil penelitian didapat melalui simulasi menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik *Fluent*. Hasil yang didapat berupa nilai kecepatan dari aliran udara setelah melewati kipas aksial pada bagian sisi keluar dari kipas aksial. Verifikasi dilakukan pada kualitas *mesh* yang digunakan pada simulasi menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik *Fluent*. Nilai kecepatan pada sisi keluar dari kipas aksial selanjutnya dilakukan perbandingan dengan penelitian yang dilakukan secara eksperimental.

Hasil penelitian yang didapat dengan menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik *Fluent* selanjutnya dilakukan analisa untuk melihat pengaruh sudut bilah terhadap performa kipas aksial. Performa dari kipas aksial dapat dilihat dari nilai beda tekanan, daya, dan efisiensi dari masing-masing perubahan sudut bilah kipas aksial. Langkah selanjutnya adalah melihat karakteristik kontur kecepatan, tekanan, dan aliran pada bilah kipas aksial.

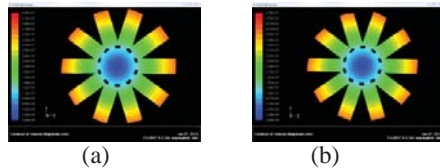
Performa dari kipas aksial dapat diketahui melalui nilai beda tekanan, daya, dan efisiensi dari kipas aksial berdasarkan variasi perubahan sudut bilah yang dilakukan pada kipas aksial, yakni dari sudut terendah delapan derajat dengan interval delapan derajat, hingga sudut terbesar delapan puluh derajat. Performa dari kipas aksial dapat dilihat melalui tabel dibawah ini

Tabel 1.1. Performa dari Masing-Masing Perubahan Sudut Bilah Kipas Aksial.

NO	Sudut Bilah	Beda Tekanan (Pa)	Daya (Watt)	Efisiensi (%)
1	8°	125,07	43,09	2,89
2	16°	210,64	96,24	6,44
3	24°	326,28	199,39	13,36
4	32°	434,81	306,43	20,54
5	40°	530,36	474,23	31,81
6	48°	602,82	596,18	40
7	56°	653,78	739,49	49,33
8	64°	694,70	858,33	57,58
9	72°	639,51	814,12	54,63
10	80°	492,21	656,18	44,03

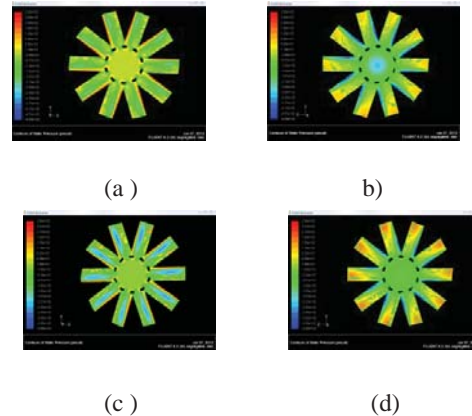
Dari tabel diatas dapat diketahui bahwa performa terbaik dari kipas aksial ada pada sudut 64° dengan nilai beda tekanan sebesar 694,70 Pascal, nilai daya yang dihasilkan sebesar 858,33 Watt, dan efisiensi sebesar 57,58 %. Performa yang dihasilkan oleh kipas aksial meningkat dari sudut 8 hingga sudut 64 untuk selanjutnya menurun hingga sudut terbesar 80°.

Setelah didapat performa terbaik dari kipas aksial, selanjutnya adalah melakukan analisa terhadap kontur kecepatan, tekanan, serta aliran udara dari kipas aksial yang didapat melalui simulasi dengan menggunakan perangkat komputasi aliran fluida dinamik Fluent.



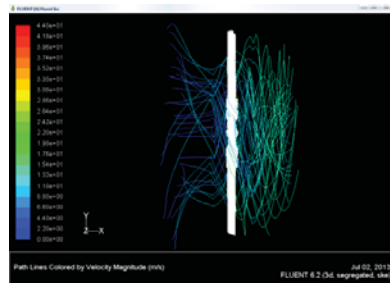
Gambar 1. Kontur Kecepatan Bilah Kipas Aksial a) 8°, b) 16°

Berdasarkan gambar kontur kecepatan bilah kipas aksial dapat diketahui kecepatan tidak terdistribusi secara merata. Bagian yang berwarna biru menunjukkan nilai kecepatan terendah dari kipas aksial, berada pada bagian *hub* dari kipas aksial, sementara nilai kecepatan terbesar yang ditunjukkan oleh warna merah bergerak menjauhi *hub* dari kipas aksial atau menuju bagian *tip* dari kipas aksial. Karakteristik kontur kecepatan pada sudut bilah 8 dan 16 memiliki kesamaan, yang membedakan hanya nilai kecepatan maksimum pada bagian tip dari kipas aksial.



Gambar 2 Kontur Tekanan Statik (a)Bagian Depan Bilah Kipas Aksial 8°, (b) Bagian Belakang Bilah Kipas Aksial 8°, (c) Bagian Depan Bilah Kipas Aksial 16°, (d) Bagian Belakang Bilah Kipas Aksial 16°.

Berdasarkan gambar kontur tekanan static bilah kipas aksial dapat diketahui bahwa tekanan pada bagian depan permukaan bilah kipas aksial lebih rendah dibandingkan tekanan pada bagian belakang permukaan bilah kipas aksial. Nilai tekanan pada bagian depan permukaan bilah kipas aksial semakin menurun seiring dengan perubahan sudut bilah, serta luasan daerah dengan tekanan rendah ditandai dengan warna biru semakin besar, sementara nilai tekanan pada bagian belakang permukaan bilah kipas aksial semakin besar seiring dengan perubahan sudut bilah, serta luasan daerah tekanan besar ditandai dengan warna merah semakin besar.



Gambar 3. Aliran Udara pada Bilah Kipas Aksial 8° .

Berdasar gambar di atas erdapat efek putar yang diakibatkan oleh putaran dari bilah kipas aksial, baik pada sisi masuk maupun pada sisi keluar. Intensitas efek putar yang dihasilkan pada saat udara akan menuju kipas aksial relatif lebih kecil dibandingkan dengan intensitas efek putar yang dihasilkan setelah udara melewati kipas aksial.

4. Penutup

Setelah dilakukan analisis data penelitian sebelumnya didapatkan kesimpulan bahwa perubahan sudut bilah kipas aksial memberikan pengaruh terhadap performa dari kipas aksial terowongan angin kecepatan rendah. Performa terbaik dari kipas aksial didapat pada sudut bilah 64° dengan nilai beda tekanan sebesar 694,70 Pascal, nilai daya yang dihasilkan sebesar 858,33 Watt, dan efisiensi sebesar 57,58 %.

Kontur kecepatan udara pada bilah kipas aksial memiliki karakteristik sebagai berikut: Kecepatan udara pada bagian hub dari kipas aksial memiliki nilai kecepatan terendah, untuk selanjutnya nilai kecepatan udara semakin besar menuju bagian *tip* dari kipas aksial.

Kontur tekanan pada bilah kipas aksial memiliki karakteristik sebagai berikut: Tekanan pada bagian depan permukaan bilah kipas aksial memiliki karakteristik tekanan rendah, sementara pada bagian belakang dari permukaan bilah kipas aksial memiliki karakteristik tekanan yang besar.

Karakteristik aliran udara pada kipas aksial adalah sebagai berikut: Aliran udara sebelum memasuki kipas aksial mengalami efek putar yang dihasilkan oleh putaran dari kipas aksial, namun intensitasnya lebih kecil

dibandingkan ketika aliran udara melewati kipas aksial, setelah melewati kipas aksial efek putar yang dihasilkan oleh kipas aksial memiliki intensitas yang besar.

Pengembangan kipas aksial pada terowongan angin kecepatan rendah dapat dilakukan dengan memperbesar bentuk bilah pada bagian *tip* bilah kipas aksial, berdasarkan karakteristik kontur kecepatan pada bilah kipas aksial yang semakin besar menuju bagian *tip* dari bilah kipas aksial, guna meningkatkan efektifitas dari kipas aksial.

5. Daftar Pustaka

1. Anderson D. John, Jr. *Fundamentals of Aerodynamics Fourth Edition*. New York : McGraw-Hill Company. 2007.
2. Darwono. *Analisa Performa Turbin Aksial Terowongan Angin Kecepatan Rendah Berdasarkan Sudut Bilah*. Skripsi. Jakarta :Universitas Negeri Jakarta. 2013.
3. Dixon S. L: alih bahasa Sutanto. *Mekanika Fluida, Termodinamika Mesin Turbo*. Jakarta : Penerbit Universitas Indonesia. 1986.
4. Mattingly D. Jack. *Elements of Gas Turbine Propulsion*. Singapore : McGraw-Hill Book Co. 1996.
5. Olson M. Reuben, Steven J.Wright: alih bahasa, Alex Tri Kontjoro Widodo. *Dasar-Dasar Mekanika Fluida Teknik Edisi Kelima*. Jakarta : PT. Gramedia Pustaka Utama. 1993.
6. Pope Alan, Jewel B. Barlow, William H. Rae, Jr. *Low Speed Wind Tunnel Testing Third Edition*. United State of America: John Willey and Sons, Inc. 1999.
7. Sayers A. T. *Hydraulic and Compressible Flow Turbomachines*. Singapore : McGraw-Hill Book Company. 1990.
8. Streeter L. Victor, E. Benjamin Wylie: alih bahasa, Arko Prijono. *Mekanika Fluida Edisi Delapan*. Jakarta: Erlangga. 1995.
9. Tipler A. Paul: alih bahasa, Lea Prasetya, Rahmad W. Adi: editor

- Joko Sutrisno. *Fisika Untuk Sains dan Teknik*. Edisi 3, Jilid 1. Jakarta : Erlangga. 1998.
10. Tuakia Firman. *Dasar-Dasar CFD Menggunakan Fluent*. Bandung : Informatika. 2008.