

**PEMODELAN *WIND TURBINE ROTOR* TIPE HAWT
(*HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE*)
MENGUNAKAN METODE
VOLUME HINGGA**

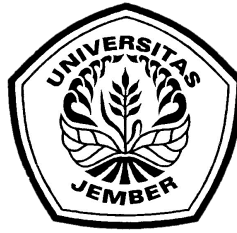
SKRIPSI

Oleh

**Millatuz Zahroh
NIM 100210101022**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2014



**PEMODELAN *WIND TURBINE ROTOR* TIPE HAWT
(*HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE*)
MENGUNAKAN METODE
VOLUME HINGGA**

SKRIPSI

diajukan guna melengkapi tugas akhir dan memenuhi salah satu syarat
untuk menyelesaikan Program Studi Pendidikan Matematika (S1)
dan mencapai gelar Sarjana Pendidikan

oleh

**Millatuz Zahroh
NIM 100210101022**

**PROGRAM STUDI PENDIDIKAN MATEMATIKA
FAKULTAS KEGURUAN DAN ILMU PENDIDIKAN
UNIVERSITAS JEMBER**

2014

PERSEMBAHAN

Atas berkat rahmat, taufik, dan hidayah Allah SWT. akhirnya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Skripsi ini penulis persembahkan kepada:

1. Ayahanda Burhanuddin dan Ibunda Sulistyowati (Alm) yang tiada henti selalu mendoakanku, mendidik dan membesarkanku dengan penuh kasih sayang dan cinta, selalu mendorongku, menasehatiku, mendukung dan menyemangatkuku dalam keadaan apapun serta adikku Akbar Dermawan, adik yang kuat dan selalu menguatkanuku.
2. keluarga besar ayah dan bunda, Nenek Siti Khotidjah, Bude Mingguasri, dan lain - lain yang turut mendorongku untuk selalu bangkit dalam setiap cobaan hidup ini.
3. Bapak Prof. Drs. Dafik, M.Sc, Ph.D dan Arif Fatahillah, S.Pd.,M.Si selaku pembimbing skripsi yang telah dengan sabar, memberikan ilmu, bimbingan serta motivasi selama menyelesaikan skripsiku.
4. sekolah tempat menimba ilmuku TK Edipeni, SDN Tembokrejo 1, SMPN 1 Kencong, SMAN 1 Jember, FKIP Universitas Jember.
5. teman-teman Galauers (Friska, Obi, Dwi, Meme, Via, Nuris, Festi, Putri) yang semasa kuliah ini menorehkan cerita indah serta canda tawa yang tak terlupakan, semoga kita bisa tetap bersahabat hingga kakek-nenek nanti.
6. HMPS *Mathematics Student Club*, UKM PELITA UNEJ, UKM INKAI UNEJ, yang telah memberiku banyak pengalaman berharga dalam berorganisasi.
7. kakak-kakakku di FKIP Matematika (Mas Joni, Mas Gangga, Mbak Atun, Mbak Evi, Mbak Indah dan lainnya), teman-teman FKIP Matematika angkatan 2010 (Siska, Rohim, Ja'far, Ervin, Sugeng, Lela, Nita dan lainnya) teman-temanku (Lusi, Tutus, Winang, Mas Jaka, Arinta, Juklif, Niken, dan lainnya) terimakasih atas semangat dan bantuannya selama ini.

MOTO

الْعِلْمُ وَإِنَّ ، صَدَقَةٌ يَعْلَمُهُ لَا ُ لِمَنْ وَتَعْلِيمُهُ ، وَجَلَّ عَزَّ اللهُ إِلَى قُرْبِهِ تَعْلَمُهُ فَإِنَّ ، تَعْلَمُوا الْعِلْمَ .
وَالْأَخْرَةَ الدُّنْيَا فِي لِأَهْلِهِ زَيْنٌ وَالْعِلْمُ ، وَالرَّفْعَةَ الشَّرَفِ مَوْضِعٍ فِي بِصَاحِبِهِ لِيُنْزَلُ .

”Tuntutlah ilmu, sesungguhnya menuntut ilmu adalah pendekatan diri kepada Allah Azza wajalla, dan mengajarkannya kepada orang yang tidak mengetahuinya adalah sodaqoh. Sesungguhnya ilmu pengetahuan menempatkan orangnya dalam kedudukan terhormat dan mulia (tinggi). Ilmu pengetahuan adalah keindahan bagi ahlinya di dunia dan di akhirat”.

(HR. Ar-Rabii')

Keramahtamahan dalam perkataan menciptakan keyakinan, keramahtamahan dalam pemikiran menciptakan kedamaian, keramahtamahan dalam memberi menciptakan kasih.

(Lao Tse)

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Millatuz Zahroh

NIM : 100210101022

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi yang berjudul "*Pemodelan Wind Turbine Rotor Tipe HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) Menggunakan Metode Volume Hingga*" adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali kutipan yang sudah saya sebutkan sumbernya, belum pernah diajukan pada instansi mana pun, dan bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus dijunjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa ada tekanan dan paksaan dari pihak mana pun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata di kemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 2 Februari 2014

Yang menyatakan,

Millatuz Zahroh
NIM. 100210101022

SKRIPSI

**PEMODELAN *WIND TURBINE ROTOR* TIPE HAWT
(*HORIZONTAL AXIS WIND TURBINE*)
MENGUNAKAN METODE
VOLUME HINGGA**

Oleh

Millatuz Zahroh
NIM 100210101022

Pembimbing

Dosen Pembimbing Utama : Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.

Dosen Pembimbing Anggota : Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.

PENGESAHAN

Skripsi berjudul "*Pemodelan Wind Turbine Rotor Tipe HAWT (Horizontal Axis Wind Turbine) Menggunakan Metode Volume Hingga*" telah diuji dan disahkan pada:

hari, tanggal : 11 Februari 2014

tempat : Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Tim Penguji:

Ketua,

Sekretaris,

Drs. Suharto, M.Kes.
NIP. 19540627 198303 1 002

Arif Fatahillah, S.Pd., M.Si.
NIP. 19820529 200912 1 003

Anggota 1,

Anggota 2,

Prof. Drs. Dafik, M.Sc., Ph.D.
NIP. 19680802 199303 1 004

Drs Toto' Bara S., M.Si.,
NIP. 19581209 198603 1 003

Mengetahui,

Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan
Universitas Jember

Prof. Dr. Sunardi, M.Pd.
NIP. 19540501 198303 1 005

RINGKASAN

Pemodelan *Wind Turbine Rotor* Tipe HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) Menggunakan Metode Volume Hingga; Millatuz Zahroh, 100210-101022; 2014: 110 halaman; Program Studi Pendidikan Matematika, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Jember.

Energi listrik merupakan energi vital yang dibutuhkan manusia untuk menunjang kebutuhannya di berbagai aspek kehidupan. Bahan bakar fosil sebagai sumber daya yang digunakan terhadap produksi energi listrik semakin menipis. Energi angin merupakan salah satu sumber energi alternatif terbarukan (*renewable*) yang potensial untuk menghasilkan energi listrik. Dalam konversi energi angin menjadi energi listrik diperlukan suatu alat yang dikenal sebagai *wind turbine*. Bagian *wind turbine* yang berinteraksi secara langsung dengan angin adalah *rotor* (baling - baling), dimana perputaran *rotor* akan terjadi akibat adanya tumbukan fluida (aliran angin). Tipe rotor turbin yang sering digunakan saat ini dan menghasilkan tenaga relatif tinggi disebut HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*). Untuk pengoptimalisasian kinerja HAWT terkait dengan konversi energi angin menjadi energi listrik diperlukan suatu analisis mendalam.

Pemodelan matematika sebagai cabang ilmu matematika dapat digunakan untuk merepresentasikan sistem fisik dunia real. Pemodelan persamaan matematika di dunia nyata merupakan analisis yang kompleks. Oleh karena itu dalam menganalisis medan aliran angin pada pengoptimalan kinerja *wind turbine rotor* tipe HAWT penulis menggunakan metode volume hingga. Tujuan dari penelitian ini adalah (1) mengetahui model matematika medan aliran angin pada *wind turbine rotor* tipe HAWT menggunakan metode volume hingga; (2) mengetahui pengaruh variasi kecepatan medan aliran angin pada tenaga putaran *wind turbine rotor* tipe HAWT; (3) mengetahui efektifitas metode volume hingga dalam menganalisis medan aliran angin pada *wind turbine rotor* tipe HAWT

Penelitian dilakukan dalam tiga tahapan utama. Tahapan pertama yaitu menentukan model matematika meliputi kegiatan wawancara dan studi pustaka atau pengumpulan bahan dari literatur buku, jurnal, dan internet mengenai proses

aliran angin pada *wind turbine rotor* tipe HAWT. Setelah didapatkan data dari berbagai sumber, peneliti membuat peninjauan model matematika terhadap perubahan momentum dan energi dalam permasalahan ini. Tahapan kedua menyelesaikan model matematika menggunakan metode volume hingga meliputi penyelesaian model matematika perubahan momentum dan energi hingga pendikritisasian menggunakan teknik QUICK *Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics*. Tahapan ketiga yaitu membuat program matematika. Program matematika dibuat agar model matematika proses aliran angin pada *wind turbine rotor* tipe HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) yang telah diselesaikan dapat di analisis dalam *software MATLAB* dan kemudian disimulasikan menggunakan *software FLUENT*.

Hasil penelitian diperoleh model matematika putaran *wind turbine rotor* tipe HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) berdasarkan perbedaan tingkat kecepatan aliran angin adalah :

$$\begin{aligned}
& \left((u - \omega)\rho\phi_e \Delta y + (-u + \omega)\rho\phi_w \Delta y \right) + \left((\nu - \omega)\rho\phi_n \Delta x + \right. \\
& \left. (-\nu + \omega)\rho\phi_s \Delta x \right) = \left((-P + \rho f) \Delta y \right) + \left((-P + \rho f) \Delta x \right) + \\
& \left((2\mu u + \mu\nu - \tau_\omega\omega) \frac{\Delta y}{\Delta x} \right) + \left((2\mu\nu + \mu u - \tau_\omega\omega) \frac{\Delta x}{\Delta y} \right) + \left((Y_\omega - \right. \\
& \left. G_\omega - D_\omega - S_\omega) \Delta x \Delta y \right) + \left(\mu u + \mu\nu - 2\tau_\omega\omega \right) \quad (1)
\end{aligned}$$

Analisis dilakukan dengan tingkat kecepatan awal angin yang bervariasi yaitu 3 m/s, 5 m/s, dan 7 m/s . Hasil simulasi menunjukkan bahwa kecepatan putaran *blade wind turbine rotor* semakin tinggi ketika kecepatan awal angin semakin bertambah. Selain itu tampak bahwa pada kecepatan awal angin 7 m/s dan 5 m/s kecepatan putaran *blade wind turbine rotor* cenderung lebih stabil. Selain itu dengan kecepatan 5 m/s dari perhitungan langsung dan iteratif didapatkan rata-rata *error* relatifnya kurang dari 0,1% yaitu 0,079%. Sehingga metode numerik volume hingga efektif dalam menyelesaikan persamaan medan aliran angin pada *wind turbine rotor* tipe HAWT

PRAKATA

Puji syukur ke hadirat Allah Swt. atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul "Pemodelan *Wind Turbine Rotor* Tipe HAWT (*Horizontal Axis Wind Turbine*) Menggunakan Metode Volume Hingga". Skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat menyelesaikan pendidikan strata satu (S1) pada Program Studi Pendidikan Matematika Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember.

Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dekan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
2. Ketua Jurusan Pendidikan MIPA Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
3. Ketua Program Studi Pendidikan Matematika Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
4. Dosen Pembimbing I dan Dosen Pembimbing II yang telah memberikan waktu, pikiran, perhatian dan dukungan dalam penulisan skripsi ini;
5. Dosen dan Karyawan Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Jember;
6. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini.

Semoga bantuan dan bimbingannya dicatat sebagai amal baik oleh Allah SWT. Penulis juga menerima segala kritik dan saran dari semua pihak demi kesempurnaan skripsi ini. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat nantinya.

Jember, 2 Februari 2014

Penulis

DAFTAR ISI

JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTO	iii
PERNYATAAN	iv
PEMBIMBINGAN	v
PENGESAHAN	vi
RINGKASAN	vii
PRAKATA	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR GAMBAR	xiv
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMBANG	xvi
1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang Masalah	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah	4
1.4 Tujuan Penelitian	4
1.5 Manfaat Penelitian	5
2 TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Pemodelan Matematika	6
2.1.1 Jenis Model Matematika	7
2.1.2 Tahapan Pemodelan Matematika	8
2.1.3 Konstruksi Pemodelan Matematika	9
2.2 <i>Wind Turbine</i>	10
2.2.1 Tipe <i>Wind Turbine</i>	11
2.2.2 Komponen HAWT	12
2.2.3 Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT	14
2.3 Fluida	15
2.3.1 Jenis-jenis Fluida	16

2.3.2	Aliran Fluida	18
2.3.3	Angin sebagai Fluida	20
2.4	Metode Volume Hingga	21
2.4.1	Persamaan Momentum	24
2.4.2	Persamaan Energi	25
2.5	Teknik Diskritisasi <i>Quadratic Upwind Interpolation Confective Kinematics (QUICK)</i>	26
2.6	Algoritma dan Pemrograman	28
2.6.1	Metode SOR (<i>Successive Overrelaxation</i>)	28
2.6.2	GALAT atau <i>Error</i>	32
2.6.3	<i>MATLAB</i>	33
2.7	<i>Computational Fluid Dynamics (CFD)</i>	34
2.7.1	<i>GAMBIT</i>	36
2.7.2	<i>FLUENT</i>	37
3	METODE PENELITIAN	39
3.1	Jenis Penelitian	39
3.2	Desain Penelitian	39
3.2.1	Studi Pustaka	41
3.2.2	Mengumpulkan Data	41
3.2.3	Menyelesaikan Analisis Matematika	41
3.2.4	Membuat Algoritma Dan Pemrograman <i>MATLAB</i>	41
3.2.5	Simulasi <i>FLUENT</i>	42
3.2.6	Analisis Dan Validasi	42
3.2.7	Analisis Hasil	42
3.2.8	Kesimpulan	42
3.3	Tempat Penelitian	42
3.4	Definisi Operasional	43
3.5	Metode Pengumpulan Data	44
3.6	Analisis Data	44
4	HASIL DAN PEMBAHASAN	46

4.1	Persamaan Matematika Fluida Pada <i>Wind Turbine Rotor</i> tipe HAWT (<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>)	46
4.1.1	Persamaan Momentum	47
4.1.2	Persamaan Energi	50
4.2	Penyelesaian Persamaan Matematika Fluida pada <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT	52
4.3	Diskritisasi <i>QUICK</i> Model Matematika <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT dengan Metode Volume Hingga	55
4.4	Efektivitas Metode Volume Hingga dengan Menggunakan <i>Error</i> Relatif dalam Proses Aliran Angin pada <i>Blade Wind Turbine Rotor</i> tipe HAWT(<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>)	62
4.4.1	Pogram Simulasi <i>MATLAB</i> dan <i>FLUENT</i>	62
4.4.2	Penggunaan <i>Error</i> Relatif Pada Metode Volume Hingga	65
4.4.3	Simulasi Program Pemodelan <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT (<i>Horizontal Axis Wind Turbine</i>)	65
4.5	Analisis dan Pembahasan	66
4.5.1	Komputasi <i>MATLAB</i>	66
4.5.2	Visualiasi Simulasi <i>FLUENT</i>	70
4.5.3	Analisis Efektivitas Metode Volume Hingga pada Pemodelan <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT	74
5	KESIMPULAN DAN SARAN	77
5.1	Kesimpulan	77
5.2	Saran	78
	DAFTAR PUSTAKA	79
	LAMPIRAN-LAMPIRAN	
	A. FORMAT <i>PROGRAMING MATLAB</i>	82
	B. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i>	97
	C. HASIL SIMULASI PROGRAM <i>MATLAB</i>	101
	D. PERHITUNGAN <i>ERROR</i> RELATIF	105
	E. LEMBAR KERJA FLUENT	108

DAFTAR GAMBAR

2.1	<i>Wind Turbine</i>	10
2.2	<i>Vertical Axis Wind Turbine Rotor</i>	11
2.3	<i>Horizontal Axis Wind Turbine Rotor</i>	12
2.4	Komponen HAWT	13
2.5	Putaran Turbin HAWT Pengaruh Angin	15
2.6	Cair	17
2.7	Gas	18
2.8	Aliran Laminar	18
2.9	Aliran Turbulen	19
2.10	Aliran Transisi	19
2.11	Aliran Angin di Permukaan Bumi	20
2.12	Sel Vertex dan Sel Pusat	22
2.13	Bentuk Volume Kendali Dua Dimensi	23
2.14	Bagan Volume Kendali	23
2.15	Bagan Kendali Persamaan Momentum	24
2.16	Bagan Kendali Persamaan Energi	25
2.17	Diskritisasi QUICK	26
2.18	Lembar Kerja <i>MATLAB</i>	34
2.19	Lembar Kerja <i>GAMBIT</i>	36
2.20	Lembar Kerja <i>FLUENT</i>	37
2.21	Hasil Simulasi <i>FLUENT</i>	38
3.1	Bagan Alir Penelitian	40
4.1	Aliran momentum dua dimensi pada <i>wind turbine rotor</i> tipe HAWT	47
4.2	Aliran energi dua dimensi pada <i>wind turbine rotor</i> tipe HAWT . .	50
4.3	Diskritisasi QUICK	56
4.4	Desain <i>Blade Wind Turbine Rotor</i>	59
4.5	Diskritisasi Pertama <i>Blade Wind Turbine Rotor</i>	59
4.6	Diskritisasi Kedua <i>Blade Wind Turbine Rotor</i>	60

4.7	<i>Pre-processor</i> dalam GAMBIT	64
4.8	Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin Berbeda .	67
4.9	Tampilan GUI <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin Berbeda	67
4.10	Perbesaran titik <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin Berbeda	68
4.11	Grafik Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Perhitungan Biasa .	69
4.12	Grafik Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Metode SOR	70
4.13	Simulasi Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin 3 m/s	71
4.14	Simulasi Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin 5 m/s	71
4.15	Simulasi Putaran <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin 7 m/s	72
4.16	Simulasi Tekanan Udara pada <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Ke- cepatan Angin 3 m/s	73
4.17	Simulasi Tekanan Udara pada <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Ke- cepatan Angin 5 m/s	73
4.18	Simulasi Tekanan Udara pada <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Ke- cepatan Angin 7 m/s	74
4.19	Grafik Konvergensi Simulasi FLUENT pada <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin 3 m/s	75
4.20	Grafik Konvergensi Simulasi FLUENT pada <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin 5 m/s	76
4.21	Grafik Konvergensi Simulasi FLUENT pada <i>Wind Turbine Rotor</i> dengan Kecepatan Angin 7 m/s	76
5.1	Lembar Kerja Konvergensi Fluent dengan Kecepatan Angin 3 m/s	108
5.2	Lembar Kerja Konvergensi Fluent dengan Kecepatan Angin 5 m/s	108
5.3	Lembar Kerja Konvergensi Fluent dengan Kecepatan Angin 7 m/s	109
5.4	Medan Aliran Angin 3 m/s pada <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT	109
5.5	Medan Aliran Angin 5 m/s pada <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT	110
5.6	Medan Aliran Angin 7 m/s pada <i>Wind Turbine Rotor</i> Tipe HAWT	110

DAFTAR TABEL

4.1	Hasil Simulasi Kecepatan Putaran Turbin dengan Variasi Kecepatan Angin Menggunakan Metode Biasa	97
4.1	Hasil Simulasi Perbandingan Hasil Perhitungan Biasa dan dengan Metode SOR	101
4.1	Hasil Perhitungan <i>Error</i> di Titik Awal (Arah Datang Angin) . . .	105

DAFTAR LAMBANG

a	=	Hasil perhitungan analitik
\hat{a}	=	Hasil perhitungan iteratif
ρ	=	Densitas/massa jenis
τ	=	Laju tegangan
μ	=	Koefisien kekentalan
$\frac{\partial}{\partial t}$	=	Derivatif fungsi waktu
$\frac{\partial}{\partial x}$	=	Fungsi turunan terhadap sumbu x
$\frac{\partial}{\partial y}$	=	Fungsi turunan terhadap sumbu y
ΣF	=	Resultan gaya
S	=	Source atau sumber energi
u	=	Komponen kecepatan pada sumbu x
v	=	Komponen kecepatan pada sumbu y
ω	=	koefisien turbulensi angin
g_1	=	Gaya permukaan 1
g_2	=	Gaya permukaan 2
i	=	Diskritisasi pada sumbu x
j	=	Diskritisasi pada sumbu y
ϕ_e	=	Kontrol permukaan <i>east</i> atau timur
ϕ_w	=	Kontrol permukaan <i>west</i> atau barat
ϕ_n	=	Kontrol permukaan <i>north</i> atau utara
ϕ_s	=	Kontrol permukaan <i>south</i> atau selatan
ϕ_0	=	Kecepatan putaran <i>Wind Turbine Rotor</i>
Δx	=	Perubahan panjang kecepatan turbin pada sumbu x
Δy	=	Perubahan panjang kecepatan turbin pada sumbu y

- Q = Debit fluida
 f = Gaya benda
 P = Tekanan yang keseluruhan membentuk persamaan aliran angin
 G_ω = Koefisien energi turbulen
 Y_ω = Koefisien energi disipasi
 τ_ω = Tegangan satuan turbin
 D_ω = Koefisien penyebaran energi
 S_ω = Koefisien sumber acak energi