

PENGEMBANGAN PERANGKAT LUNAK ANALISIS TURBIN ANGIN HORISONTAL

Sulistyo Atmadi 1)

Bambang Basuno 2)

Helly Sulistyawan Putro 3)

RINGKASAN

Sebuah perangkat lunak untuk analisis kinerja turbin angin horisontal dibuat. Dasar teori yang digunakan dijelaskan dengan singkat; penekanan dilakukan untuk menjelaskan sistem masukan dan keluaran program. Keuntungan yang dapat diperoleh dari mengoperasikan perangkat lunak ini digambarkan melalui 2 buah contoh.

1. PENDAHULUAN

Turbin angin horisontal telah dikenal luas memiliki potensi sebagai sarana pemanfaatan energi. Turbin angin ini akan lebih bermanfaat bila diaplikasikan pada daerah-daerah yang memiliki kecepatan angin rata-rata pertahunnya cukup tinggi.

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk mengeksplorasi potensi energi angin, dan hasilnya dapat disaksikan di negara-negara Eropa Barat dan Amerika Serikat berupa turbin-turbin angin berbagai ukuran yang mampu menghasilkan listrik secara kontinu hingga puluhan bahkan ribuan megawatt. Di samping itu eksploitasi potensi energi angin dapat digunakan untuk pemanfaatan lain, seperti pemompaan air dan penggilingan gandum.

Hal yang kurang tepat, penelitian-penelitian yang telah dilakukan dalam pemanfaatan energi angin lebih menekankan pada aplikasi untuk daerah-daerah yang memiliki kecepatan angin rata-rata pertahunnya lebih tinggi ($>8\text{m/det}$) dari pada kecepatan angin di Indonesia ($3-5\text{ m/det}$). Dengan demikian implementasi hasil penelitian tersebut kurang tepat untuk Indonesia. Untuk itu serangkaian penelitian dalam pemanfaatan energi angin yang mengacu pada angin kecepatan rendah yang sesuai dengan keadaan di Indonesia perlu dilakukan.

Makalah ini mempresentasikan salah satu hasil penelitian berupa perangkat lunak untuk analisis turbin angin horisontal. Perangkat lunak ini berguna sebagai alat untuk menggali lebih dalam lagi pemahaman atas pengaruh parameter-parameter desain turbin angin terhadap kinerja yang dihasilkannya. Melalui pemahaman ini dimungkinkan ditemukannya konfigurasi-konfigurasi turbin angin yang optimal untuk keadaan angin di Indonesia.

1) Pusat Roket dan Satelit LAPAN

2) PAU Aerodinamika ITB

3) Bidang Kendali Roket dan Satelit LAPAN

2. TEORI DASAR DAN BATASAN

Pengembangan perangkat lunak ini memperhitungkan beberapa parameter penting yang memiliki pengaruh cukup besar pada kinerja turbin angin.

2.a.) Pengaruh parameter-parameter penting

- Kecepatan angin rata-rata

Parameter ini penting untuk memperkirakan besarnya daya yang dihasilkan, oleh suatu turbin dengan hubungan :

$$P = 0.15 \sim 0.20 D^2 V^3 \text{ , dimana}$$

P = Power output

D = Diameter

V = Kecepatan angin

- Tip speed ratio

Adalah rasio antara kecepatan putar ujung sudu dan terhadap kecepatan angin. Semakin tinggi tip speed ratio berarti berkurangnya gear ratio yang diperlukan dan berkurangnya berat gear. Namun demikian dengan semakin tingginya tip ratio semakin besar pula gaya tahanan yang terjadi.

- L/D ratio

Parameter ini merupakan kriteria kunci dalam penentuan kinerja turbin angin; oleh karena itu airfoil yang digunakan harus dipilih sedemikian sehingga memiliki rasio L/D yang tinggi dan tidak terlalu sensitif terhadap perubahan bilangan Reynolds.

- Jumlah Blade (sudu)

Semakin banyak jumlah blade berarti semakin tinggi koefisien daya maksimum yang dapat dicapai dan variasi perubahan beban menjadi semakin kecil. Biasanya turbin angin kecepatan tinggi menggunakan jumlah blade sekitar 2 atau 3, sementara yang berkecepatan rendah menggunakan sudu lebih banyak.

- Geometri sudu

Untuk desain optimum diperlukan konfigurasi sudu yang memiliki ukuran chord dan sudut puntir (twist) yang bervariasi dari ujung (tip) ke pangkal (hub)

- Blade twist Distribution

Parameter ini terutama penting untuk desain dengan tip ratio tinggi

- Blade solidity

Adalah fraksi luas blade terhadap luas bidang putar.

2.b.) Program Input dan Output (Masukan dan Keluaran)

- MASUKAN (INPUT)

Terdapat 2 macam masukan yang diperlukan dalam perangkat lunak ini, yaitu : Masukan parameter analisis dan masukan mode perhitungan

A. Masukan parameter analisis adalah masukan penentu kinerja turbin angin. Dalam analisis biasanya kinerja turbin angin dapat dioptimalkan dengan melakukan studi parameter terhadap masukan parameter analisis ini. Masukan ini terdiri dari :

1. Jumlah sudu
2. Tip speed ratio

3. Kecepatan angin
 4. Ketinggian di atas permukaan laut
 5. Data airfoil yang diperlukan
 6. Panjang sudu
 7. Variasi sudut pitch (twist) sepanjang sudu.
 8. Lebar chord sepanjang sudu
 9. Mode analisis kecepatan. dipilih salah satu dari :
 - Kecepatan angin berubah-ubah dan kecepatan rotasi konstan
 - Kecepatan angin konstan dan kecepatan rotasi berubah-ubah
- B. Masukan mode perhitungan adalah masukan yang menentukan tingkat kedekatan hasil perhitungan dengan keadaan riil-nya saat dioperasikan. Masukan ini meliputi jumlah inkremen perhitungan dan asumsi-asumsi pendekatan yang dilakukan. Studi parameter yang dilakukan dengan parameter mode perhitungan ini berguna untuk membandingkan tingkat kedekatan yang dicapai oleh asumsi yang berbeda-beda terhadap kinerja turbin angin. namun tidak menentukan kinerja itu sendiri. Parameter-parameter ini terdiri dari :
- 1) Jumlah segmen sudu (blade segment)
 - 2) Jumlah inkremen perhitungan. inkremen kecepatan dan inkremen kecepatan rotasi
 - 3) Tipe boundary convergence
 - 4) Model tip loss. dipilih salah satu dari :
 - a) Prandtl tip-loss model
 - b) Tidak ada tip-loss
 - c) NASA tip-loss model
 - 5) Model hub loss. dipilih salah satu dari :
 - a) Prandtl hub-loss model
 - b) Tidak ada hub-loss
 - 6) Angular interference lock out
 - 7) Mode kontrol turbin. dipilih salah satu dari
 - a) Kendali ujung sudu (tip section control)
 - b) Kendali aileron (aileron section control)
 - c) Kendali spoiler (spoiler section control)
 - d) Kendali sudut pitch (pitch blade mode control)
 - 8) Skema pengendali turbin. dapat salah satu dari :
 - a) Model Wilson
 - b) Model NASA-LERC

• **KELUARAN (OUTPUT)**

Keluaran yang dihasilkan adalah :

1. Daya dan koefisien daya (Power coefficient)
2. Torque dan koefisien torque (Torque coefficient)

3. DISKUSI DAN HASIL

Analisis turbin angin horisontal dapat dilakukan dengan melakukan studi parameter terhadap parameter analisis. Misalnya untuk mengetahui pengaruh parameter tertentu terhadap daya keluaran (power output), program dijalankan dengan memvariasikan nilai parameter tersebut, sementara nilai parameter lainnya dibiarkan konstan.

Jika studi ini dilakukan pada setiap parameter, maka studi ini akan sangat berguna dalam melakukan isolasi terhadap nilai-nilai parameter yang memiliki karakteristik yang tidak diinginkan..

Dalam makalah ini disajikan 2 representasi studi parameter yang telah dilakukan. Representasi pertama menggunakan data masukan sebagai berikut :

- Jumlah sudu : 3
- Tip speed ratio : 6
- Kecepatan angin : 5 m/detik
- Ketinggian : 10 m
- Panjang sudu : 2 m
- Airfoil : NACA 23015
- Variasi lebar chord/panjang sudu : pendekatan kurva hiperbolik

- Mode kecepatan : Kecepatan angin di variasikan, dan kecepatan sudut konstan

Sementara parameter yang nilainya divariasikan adalah sudut puntir sepanjang sudu (twist angle). Jenis variasi yang hendak dibandingkan adalah sebagai berikut :

1. Sudut twist seragam (tidak dipuntir) dan nilainya sama dengan nilai sudut serang optimalnya.
2. Nilai sudut puntir paruh terluar seragam dan nilainya sama dengan nilai sudut serang optimalnya. Sedangkan dari tengah sudu ke pangkal, nilai sudut puntir ini meningkat secara linier.
3. Sudut puntir bernilai nol di ujung sudu, dan meningkat secara linier menuju pangkal

Pengaruh perubahan nilai parameter ini terhadap kinerja turbin ditampilkan dalam gambar i, ii & iii.

Berdasarkan analisis ini, skema puntir (twist scheme) dengan nilai sudut puntir nol di ujung sudu dan meningkat secara linier menuju pangkal, adalah skema yang menghasilkan kinerja terbaik pada turbin angin ini.

Representasi yang kedua adalah membandingkan pengaruh airfoil yang berbeda terhadap kinerja suatu turbin angin. Data masukan yang digunakan adalah :

- Jumlah sudu : 3
- Tip speed ratio : 6
- Kecepatan angin : 5 m/detik
- Ketinggian : 10 m
- Panjang sudu : 2 m
- Variasi sudut pitch : 0° di tip dan 40° di pangkal

- Variasi lebar chord/panjang sudu : Pendekatan kurva hiperbolik
- Mode kecepatan : Kecepatan angin di variasikan, dan kecepatan sudut konstan

Sementara airfoil yang hendak dibandingkan adalah :

1. NACA 23015
2. NACA 23018
3. NACA 23024

yang kesemuanya adalah jenis airfoil untuk aplikasi dengan kondisi bilangan Reynolds rendah.

Hasil yang ditampilkan dalam gambar iv, v.& vi, menunjukkan bahwa umumnya NACA 23015 memiliki power coefficient yang lebih tinggi dari dua airfoil lainnya sehingga merupakan airfoil yang lebih baik untuk digunakan pada turbin angin ini.

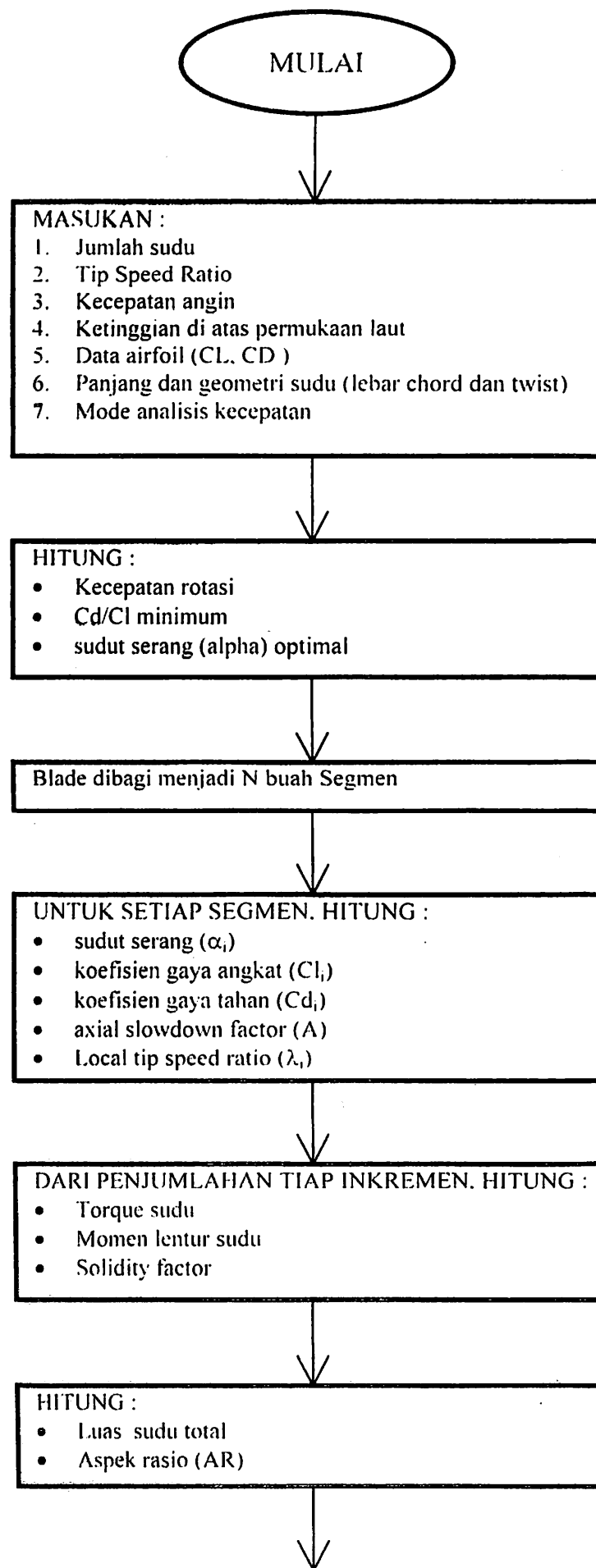
4. KESIMPULAN

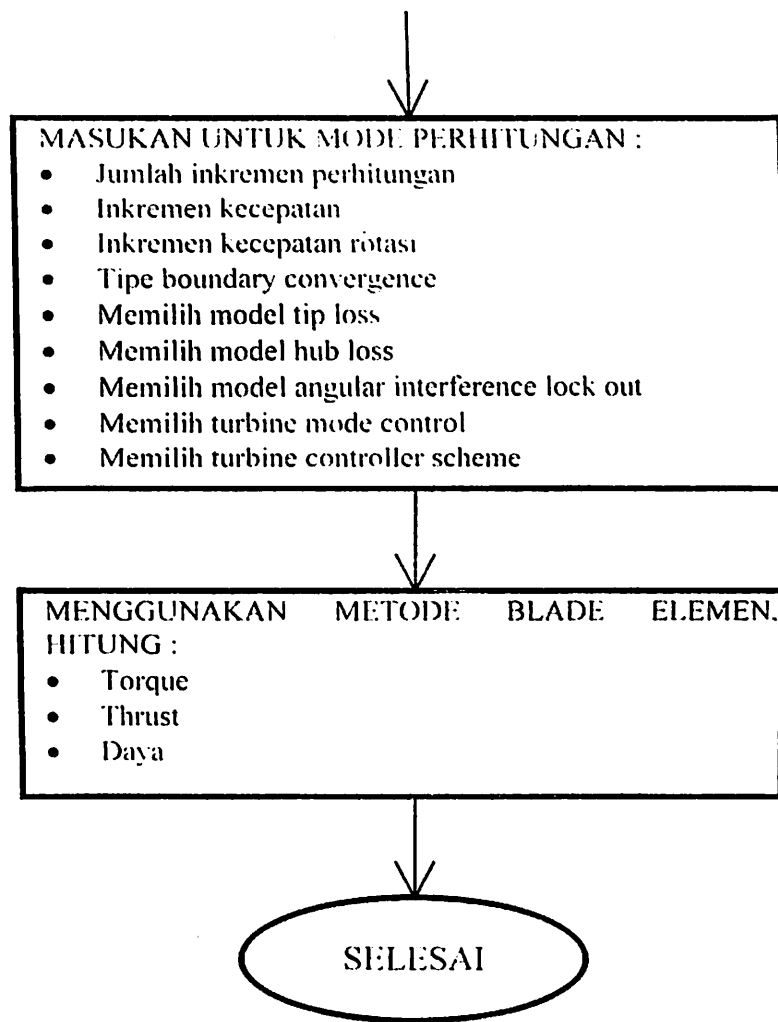
Perangkat lunak analisis turbin angin merupakan piranti yang berguna dalam desain turbin angin, terutama kemampuannya yang khusus dalam membantu melakukan analisis perhitungan kinerja yang dicapai oleh suatu turbin angin dengan konfigurasi parameter tertentu. Selanjutnya hasil analisis bermacam konfigurasi parameter turbin angin dapat saling dibandingkan sehingga dapat membantu memberikan gambaran tentang pengaruh parameter-parameter tersebut terhadap kinerja turbin.

DAFTAR PUSTAKA

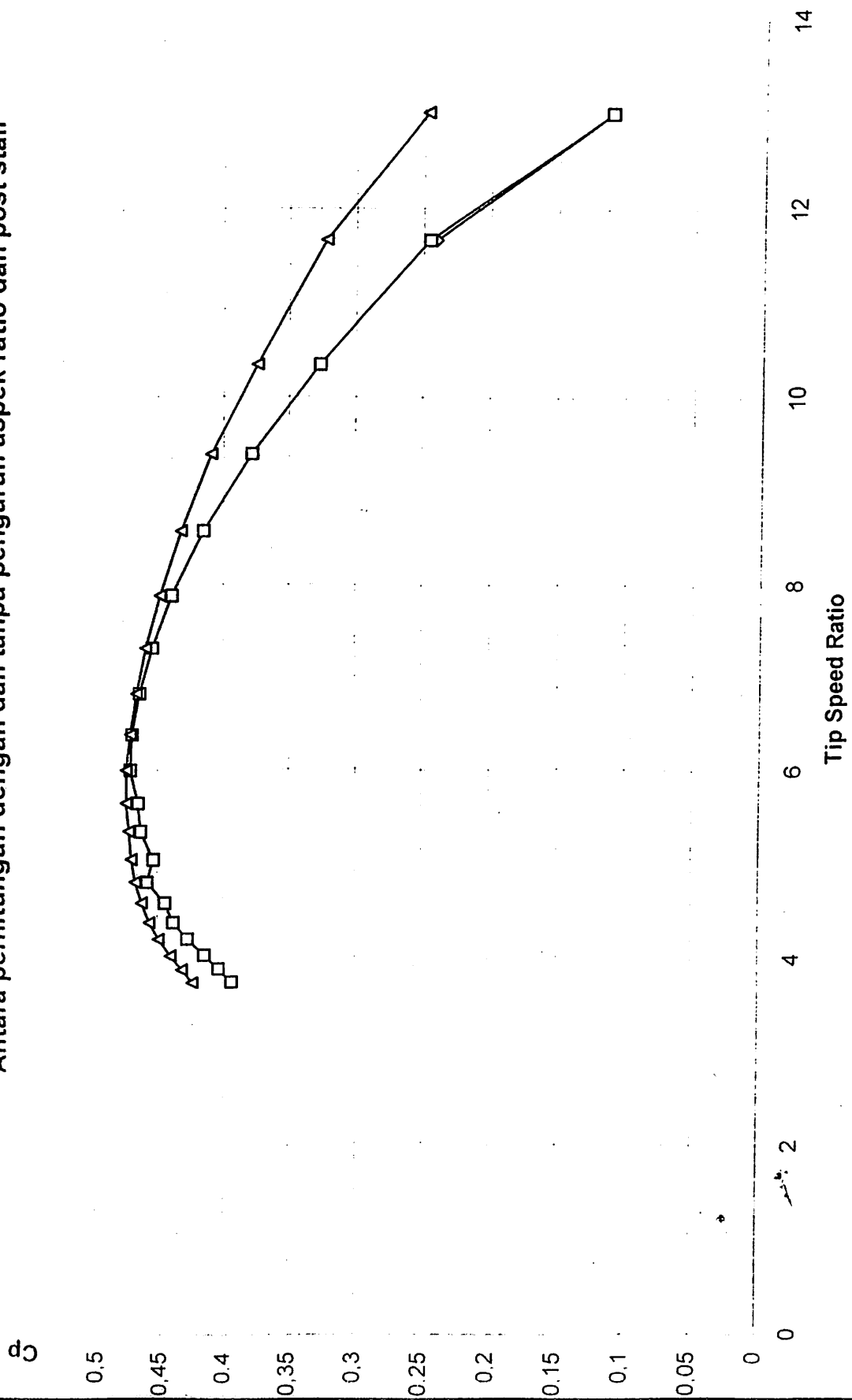
- Le Gourieres, Desire. (1982). *Wind Power Plants: Theory and Design*. Pergamon Press, New York.
- Wentz, W.H., Stewart, H.J. and Staples, D.L. (1984) *Optimal Design Techniques for Horizontal Wind Turbines*. Wind Energy Report No. 17.

DIAGRAM BLOK PROGRAM DESHWT

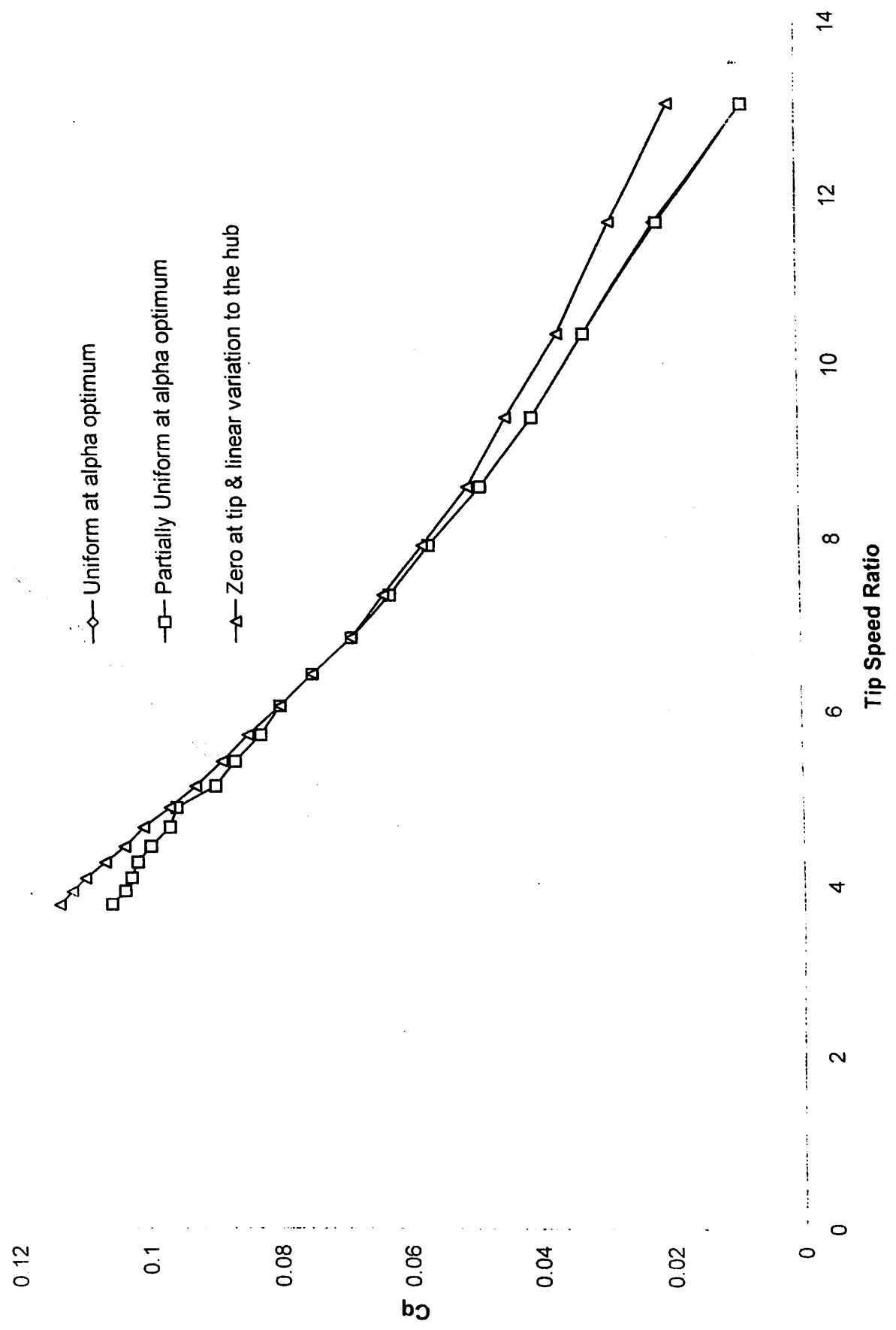




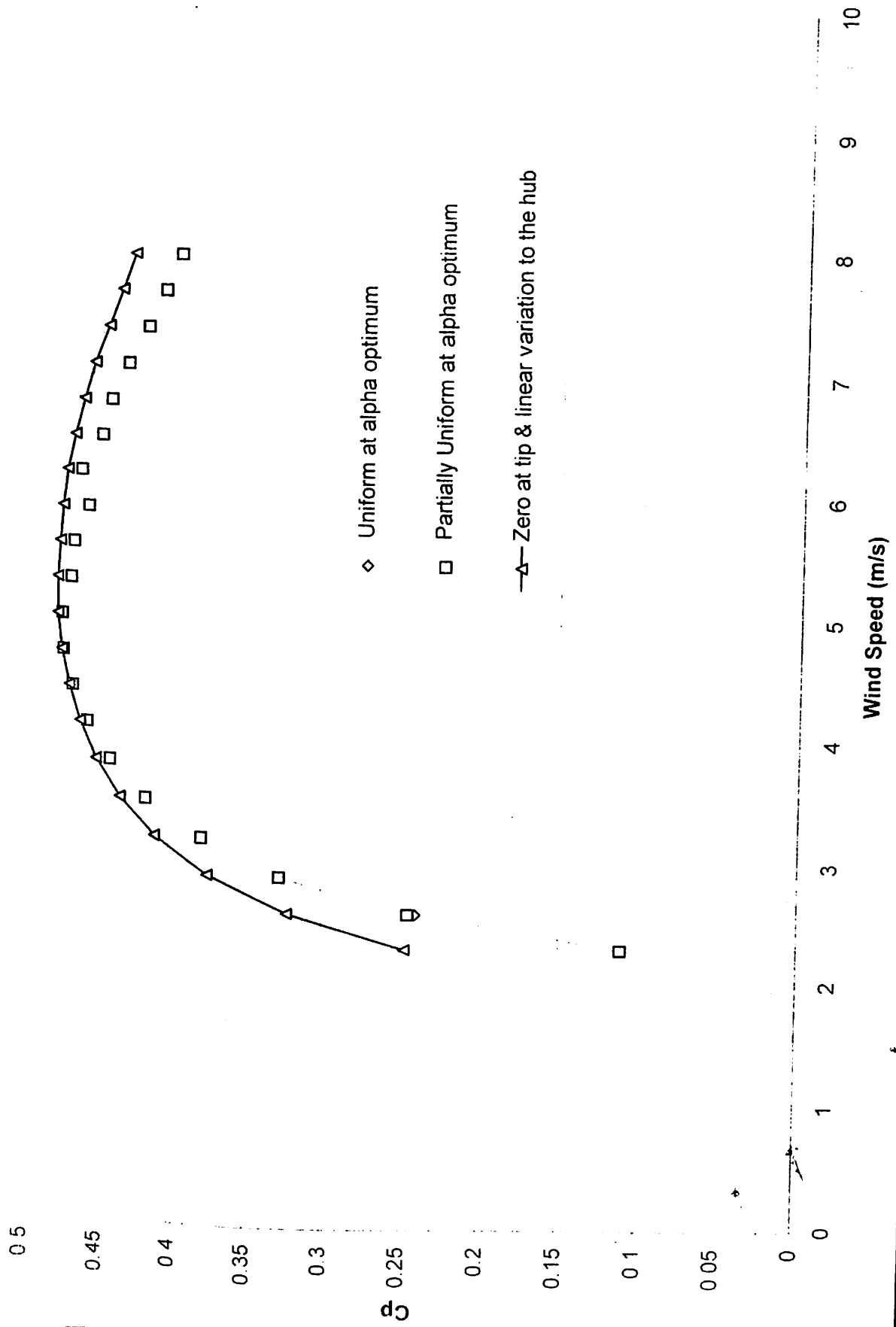
Perbandingan Power Coefficient vs. Tip Speed Ratio
Antara perhitungan dengan dan tanpa pengaruh aspek ratio dan post stall



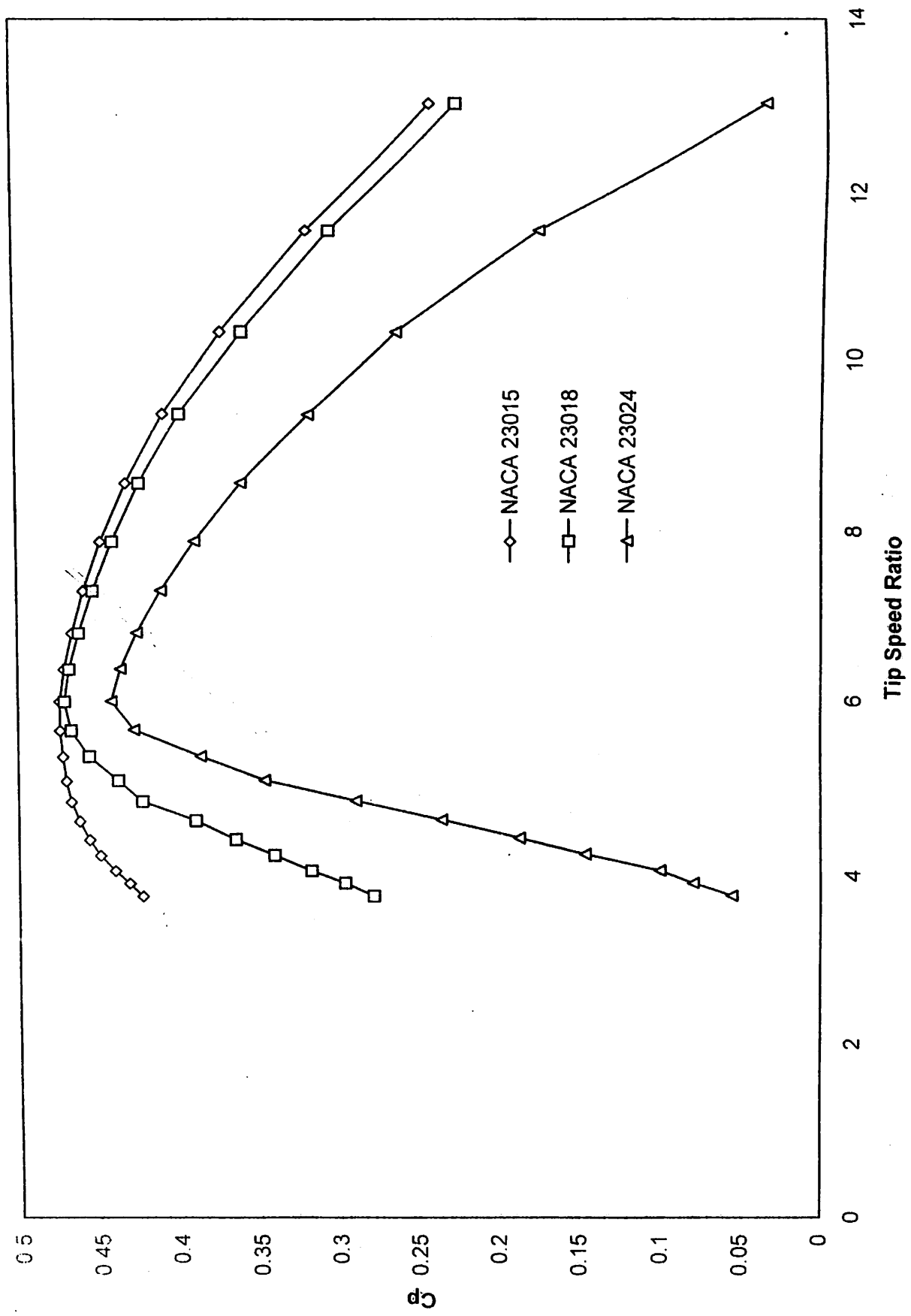
Torque Coefficient vs. Tip Speed Ratio
For Different Twist Variation Schemes



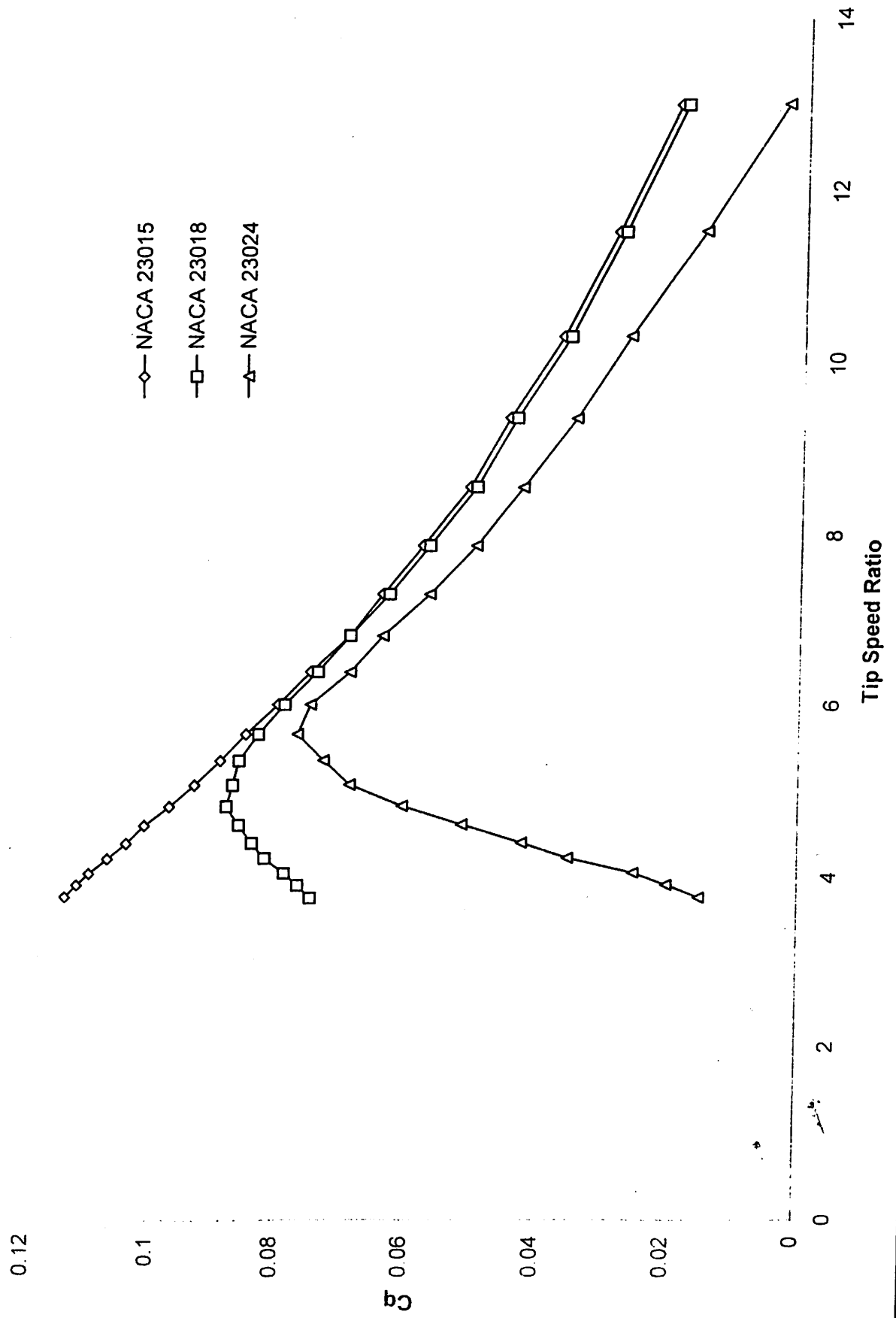
Power Coefficient vs. Wind Speed
For Different Twist Variation Schemes



Power Coefficient vs. Tip Speed Ratio
For Different Airfoils



Torque Coefficient vs. Tip Speed Ratio
For Different Airfoils



Power Coefficient vs. Wind Speed
For Different Airfoils

