

KARAKTERISTIK AERODINAMIK ROTOR HELIKOPTER SYNERGY N9

Hendrawan Ari Fendi¹, FX. Djamari²

Program Studi Teknik Penerbangan Fakultas Teknik
Universitas Nurtanio Bandung

ABSTRAK

Helikopter adalah jenis pesawat yang menggunakan sayap berputar atau biasa disebut blade yang digunakan untuk terbang. Agar dapat terbang maka helikopter harus memiliki gaya angkat. Gaya angkat pada helikopter dihasilkan oleh blade. Blade dapat menghasilkan gaya angkat karena hubungan prinsip Bernoulli. Prinsip Bernoulli menggambarkan bagaimana kecepatan udara dan tekanan di udara saling berkaitan. Ketika kecepatan naik, maka tekanan akan turun dan begitu juga sebaliknya. Dalam penelitian ini akan membahas penentuan jumlah yang optimal dari blade rotor pada helikopter Synergy N9. Gambar model blade helikopter didesain dengan software CATIA serta disimulasikan dengan metode CFD untuk menggambarkan karakteristik gaya angkat dan gaya hambat. Rotor blade dan medan aliran aerodinamis dihitung menggunakan software NUMECA serta dibandingkan dengan hasil perhitungan dari blade elemen. Kesimpulan dalam penelitian ini adalah apakah helikopter yang menggunakan empat buah blade dapat menghasilkan gaya angkat yang lebih baik daripada helikopter yang menggunakan dua buah blade.

PENDAHULUAN

Helikopter untuk pertama kalinya merupakan hasil imajinasi seorang pujangga bernama *Leonardo Davinci*. Kata helikopter berasal dari bahasa Yunani yaitu *Helix* yang artinya spiral dan *pteron* yang mempunyai arti sayap. Sesuai dengan namanya, helikopter merupakan pesawat sayap berputar yang dapat bergerak naik turun secara vertikal dan bermanuver di udara dengan cara memanfaatkan tenaga yang dihasilkan oleh satu atau lebih rotor *blade*.

Semakin meningkatnya kemajuan teknologi dalam bidang ilmu penerbangan, terutama pada jenis UAV (*unmanned aerial*

vehicle) yang selama ini berkontribusi besar pada kemiliteran, riset akademik dan lain-lain. Dalam dunia militer UAV lebih banyak digunakan untuk operasi militer dan misi pengintaian, sedangkan pada *non-military* UAV dapat digunakan untuk mengamati suatu keadaan yang berbahaya seperti gunung berapi, lokasi bencana alam, dan pengamatan kondisi gedung bertingkat yang umurnya sudah ratusan tahun. Selain untuk militer dan *non-military* UAV juga bisa digunakan untuk menyalurkan hobi atau mainan, pemotretan udara dan masih banyak lagi manfaatnya. Jenis-jenis UAV digolongkan menjadi dua

yaitu *fixed wing* dan *rotary wing*. UAV jenis *rotary wing* lebih banyak kelebihanannya dibandingkan dengan UAV jenis *fixed wing*, kelebihanannya gedung, lebih murah, suara bising yang dihasilkan lebih kecil, dapat melewati medan yang relatif sempit, biaya perawatan dan operasional yang murah, ramah lingkungan karena menghasilkan lebih sedikit *Carbon dioxide*.

Karena helikopter juga dibatasi oleh performasi antara lain jangkauan, ketinggian dan kecepatan terbang maka untuk dapat melaksanakan misi pemantauan masih kurang sempurna, untuk itu penulis mencoba melakukan studi kelayakan karakteristik aerodinamik rotor helikopter Synergy N9 agar memperoleh pemahaman yang cukup dari berbagai aspek performansi sehingga *lift* dan *performance* helikopter dapat optimal tetapi dengan *engine power* yang minimal sehingga nantinya dapat menambah jangkauan terbang dan digunakan sebagai wahana terbang untuk pemasangan alat pengindra jarak jauh.

Dalam kaitannya dengan pemahaman terhadap perangkat lunak dinamika fluida komputasi atau sering disebut "*CFD Code*", maka akan digunakan *software* NUMECA untuk menganalisa karakteristik aerodinamik rotor helikopter Synergy N9 dan teori *blade element* digunakan sebagai pembanding dari hasil perhitungan menggunakan perangkat lunak Numeca.

Batasan Masalah

Reverse engineering pengaruh jumlah *blade* terhadap karakteristik performen rotor pada helikopter Synergy N9 dilakukan dengan batasan:

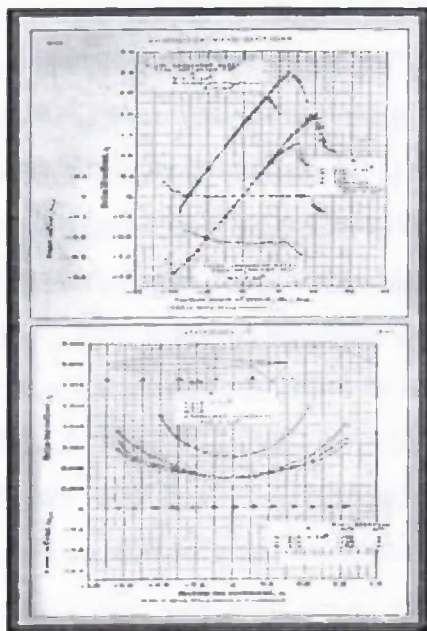
1. *Blade* dikategorikan sebagai *rigid torsional* sehingga tidak terjadi *structural twisting*.
2. Pembagian gaya angkat *blade* bergerak dari pusat rotasi menuju ke *extreme tip*.
3. Aliran udara bersifat *incompressible*, *steady state*, dan *inviscid*.
4. Helikopter 2 *blade* dan 4 *blade* diputar dengan RPM yang sama.
5. *Induced velocities* yang terjadi pada *disc* diasumsikan seragam.
6. Tidak ada pengaruh dari *tip vortices* yang terjadi di *blade tip*.
7. *Wake* yang terjadi tidak berputar.
8. *Rotor* letaknya jauh dari tanah.

Aerodinamika Rotor Blade

Untuk membahas tentang aerodinamika pada helikopter maka akan dimulai dengan beberapa definisi dasar tentang *airfoil*. *Airfoil* adalah struktur atau benda yang dirancang untuk memperoleh reaksi dengan sendirinya apabila bergerak melalui udara. Bentuk *airfoil* menentukan jumlah turbulensi atau gesekan pada kulit (*Skin Friction*) dan bentuk *blade* berpengaruh pada efisiensi dari *blade* itu sendiri. *Airfoil* dibagi menjadi dua kategori yaitu *airfoil simetris* seperti yang terlukis pada Gambar 1 dan *airfoil nonsymmetrical*.

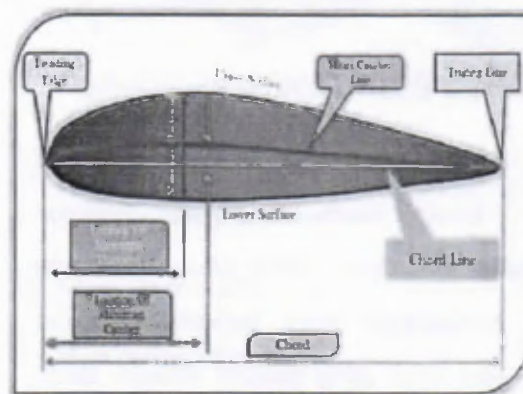
Airfoil simetris memiliki ukuran serta bentuk yang sama di kedua sisi *chord line* atau dengan kata lain *mean camber line* berhimpit dengan *chord line*. *Airfoil* simetris hanya akan menghasilkan gaya angkat apabila aliran udara yang melewati (*relative wind*) membentuk sudut tajam terhadap tali busur. *Airfoil* jenis ini sangat cocok apabila diaplikasikan pada helikopter, karena *center of pressure* hampir tidak berubah walaupun *angle of attack* bervariasi.

Airfoil nonsymmetrical memiliki bentuk dan ukuran yang berbeda pada sisinya terhadap *chord line*, kelebihan dari *airfoil* ini adalah memiliki perbandingan gaya angkat dan gaya hambat yang lebih baik serta karakteristik *stall* yang dapat diatur, *airfoil* jenis ini cenderung tidak banyak digunakan pada helikopter karena *center of pressure* dapat berubah terlalu jauh ketika *angle of attack* mengalami perubahan.



Gambar 1. *Symmetrical Airfoil Section*

Dalam helikopter, rotor adalah *airfoil* yang menyediakan *lift* dan propulsi. Rotor *blade* merupakan bentuk *airfoil* yang sudutnya bisa diubah-ubah dan berfungsi untuk menghasilkan gaya angkat dan gaya dorong. Rotor *blade* melekat pada main rotor dengan bantuan rotor *hub*. Fungsi rotor *blade* pada sebuah helikopter adalah sama persis dengan sayap pesawat terbang tetapi perbedaannya adalah aliran udara yang mengalir melalui rotor dihasilkan karena rotasi, ini berarti bahwa rotor dapat menghasilkan gaya angkat bahkan ketika helikopter tidak bergerak sehingga dengan mekanisme ini helikopter dapat *take off* dan *landing* secara vertikal. Pada Gambar 2 terdapat contoh *nonsymmetrical airfoil* yang akan dibuat sebagai referensi.

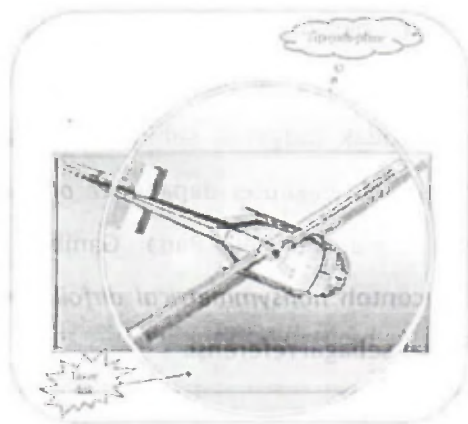


Gambar 2. *Nonsymmetrical Airfoil*

Terminology

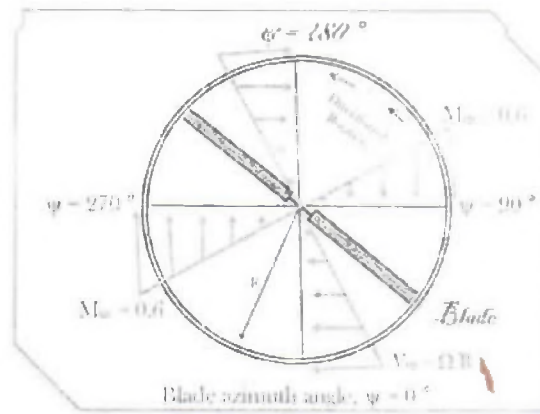
1. *Chord line* adalah garis lurus yang menghubungkan *leading edge* dengan *trailing edge*.
2. *Chord* adalah panjang *chord line* dari *leading edge* ke *trailing edge*, merupakan dimensi *longitudinal* serta karakteristik dari sebuah *airfoil*.

3. *Mean camber line* adalah garis yang membagi antara permukaan atas dan bawah sama besar. Bentuk dari *mean camber line* sangat penting untuk menentukan karakteristik aerodinamis dari sebuah bagian *airfoil*.
4. *Tip-path-plane* (TPP) didefinisikan sebagai bidang rotasi dari rotor *blade tip* pada saat *blade* berputar seperti pada Gambar 3. Daerah pada lingkaran yang dibatasi oleh TPP adalah rotor *disc*.



Gambar 3. Tip Path Plane & Rotor Disk Overhead View

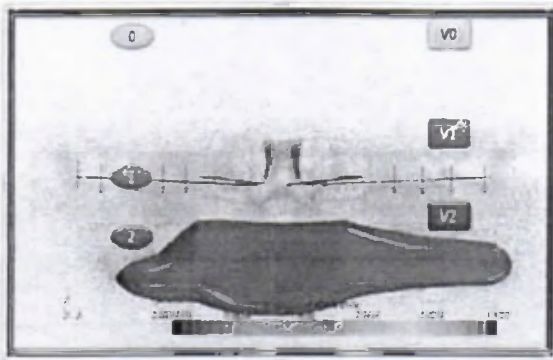
Seperti rotor *blade* yang berputar terhadap sumbunya, aliran udara horizontal akan berlawanan arah terhadap putaran *blade* dan inilah yang disebut sebagai aliran rotasi atau *linier*. Aliran *rotational* sejajar terhadap TPP dan akan tetap konstan RPM nya jika helikopter melakukan *hover* pada kondisi tidak ada gangguan angin atau *calm* (<1 knots) 3, kecepatan aliran rotasi secara langsung akan *proportional* terhadap jarak dari *hub* dan mengalami peningkatan seiring semakin jauh jarak dari *hub*, seperti yang terlukis pada Gambar 4.



Gambar 4. Linear Flow at Hovering Flight 4

Teori Penerbangan Helikopter

Terdapat dua teori pada aerodinamika helikopter yaitu teori momentum dan teori blade elemen 5. Agar supaya helikopter tetap *hover* pada kondisi tidak berangin maka produksi gaya dorong ke atas merupakan tindakannya dan kecepatan ke bawah pada rotor *wake* adalah reaksinya. Rotor *thrust* seperti pada Gambar 5 merupakan total gaya aerodinamis diproduksi oleh sistem rotor yang digunakan untuk mengatasi berat helikopter sehingga dapat terbang. Newton menyatakan bahwa gaya sama dengan *massa* kali percepatan (hukum II newton), untuk helikopter yang melakukan *hover* dalam keadaan tidak berangin, gaya = rotor *thrust*, percepatan adalah perubahan kecepatan udara yang berada jauh di atas rotor *disk* terhadap kecepatan udara yang berada di bawah rotor *disk*, massa = jumlah udara yang mengalir melalui rotor *disk* per detik.



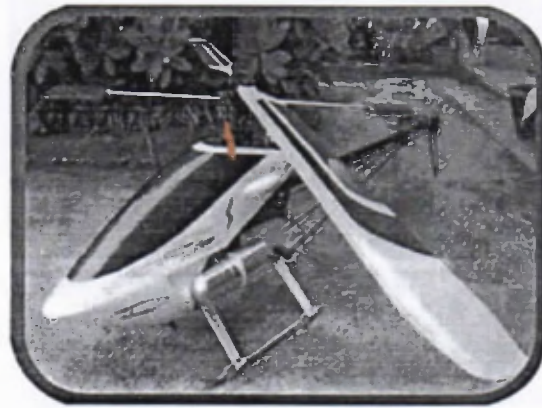
Gambar 5. Rotor *Thrust 6*

Pengenalan Helikopter Synergy N9

Helikopter Synergy pertama kali hadir pada perlombaan helikopter R/C pada tahun 2006 dengan pengenalan Synergy N9 yang dirancang oleh Jason Krause dan Todd Bennett, seperti pada Gambar 6. Helikopter ini menjadi helikopter model yang sangat inovatif, karakteristik terbang cepat, rinci serta stabil. Penggemar N9 tumbuh pesat di seluruh dunia karena helikopter ini dapat dimainkan oleh pemula sampai pilot 3D.

Helikopter Synergy N9 memiliki keistimewaan *engine mount* terbuat dari bahan komposit sehingga dapat mengurangi getaran secara substansial. Salah satu komponen yang paling berat di helikopter synergy N9 adalah *engine*. Jika *engine* letaknya terlalu jauh dibawah *rotor disc* maka akan mengakibatkan efek pendulum sehingga *pitch* dan *roll performance* akan sulit. Dengan meletakkan *engine* pada kerangka maka helikopter memiliki pusat massa rotor, dengan cara menjaga pusat massa pada *rotor disc* maka efek pendulum dapat dikurangi sehingga helikopter dapat terbang lebih stabil.

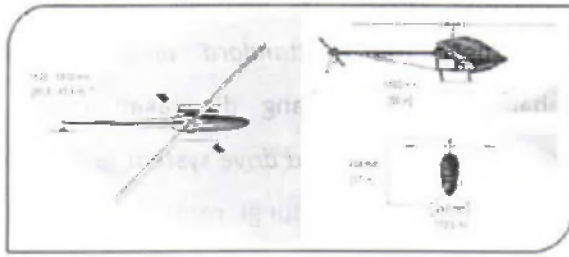
Helikopter Synergy N9 memiliki *main gear* yang besar serta *standard pinion gear* sebanyak 15 gigi yang digunakan untuk menurunkan *rotor head drive system* serta *fin* yang berfungsi melindungi rotor ekor pada saat terjadi pendaratan kasar.



Gambar 6. Helikopter Synergy N9

Isometri Helikopter Synergy N9 terlukis pada Gambar 7

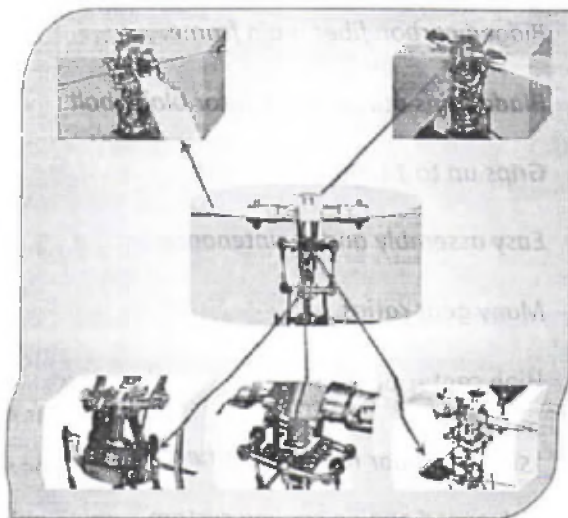
1. *Ridged carbon fiber main frame.*
2. *Blade grips utilize 5 mm rotor blade bolt.*
3. *Grips up to 14 mm blade root.*
4. *Easy assembly and maintenance.*
5. *Many gear ratios.*
6. *High center of gravity.*
7. *Simple fly-bar ratio adjustment.*
8. *Advanced engine cooling system.*
9. *High capacity fuel tank.*
10. *720 mm maximum main blade size.*
11. *Engineered for high horsepower.*
12. *Tube drive tail.*



Gambar 7. Isometri Helikopter Synergy N9 11

Rotor Blade

Rotor *blade* sistem merupakan kombinasi dari *rotary wing* dan kontrol sistem yang menghasilkan gaya angkat aerodinamis pada helikopter seperti yang terlukis pada Gambar 8. Rotor utama dipasang vertikal di atas helikopter sebagai lawan dari rotor ekor, antara keduanya dihubungkan melalui kombinasi *drive shaft* dan *gearbox* sepanjang *tail boom*.



Gambar 8. Rotor Blade Sistem

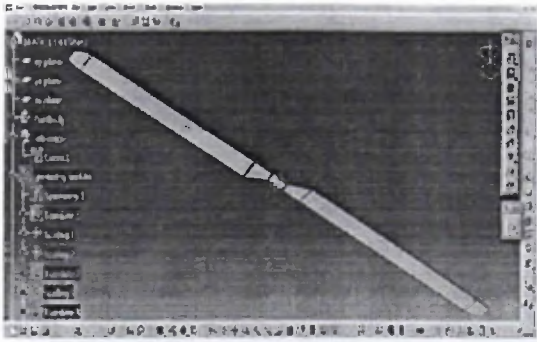
Keterangan gambar rotor *blade* sistem:

1. *Blade root* merupakan pusat dari *blade* & rotor terhubung dengan *blade grip*.
2. *Blade grips* adalah tempat rotor *blade* dipasang dengan *hub*.

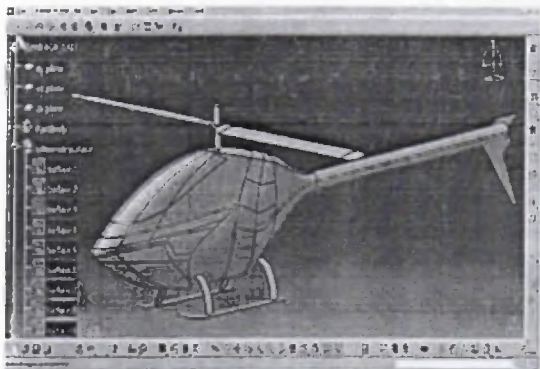
3. Rotor *hub* merupakan dudukan yang terletak di atas poros (*most*) dan terhubung dengan rotor *blade* terhadap *control tube*.
4. *Main rotor mast* adalah *rotating shaft* dari transmisi yang terhubung dengan *main rotor blade* ke *fuselage* helikopter.
5. *Pitch change horn* merupakan sebuah kontrol yang dapat merubah gerakan dari *tube* menjadi *blade pitch*.
6. *Kontrol tube* adalah *push-pull tubes* yang bisa merubah sudut dari rotor *blade* melalui *pitch changing horn*.
7. *Swash plate* adalah elemen utama yang dilalui oleh rotor *mast* yang terhubung dengan *cyclic pitch control*. *Disc* ini mampu bergerak miring pada segala arah tetapi tidak dapat berputar seperti layaknya rotor.

Komputasi Karakteristik Aerodinamik Rotor Helikopter Synergy N9

Dalam membahas tentang komputasi karakteristik aerodinamik rotor helikopter Synergy N9. *Software* CATIA (*Computer Aided Three Dimensional Interactive Application*) digunakan untuk membuat geometri model dan *software* NUMECA untuk menganalisis karakteristik aerodinamik pada *blade*. Dimensimodel yang digunakan dalam komputasi adalah 3 Dimensi seperti yang terlukis pada Gambar 9 berikut ini.



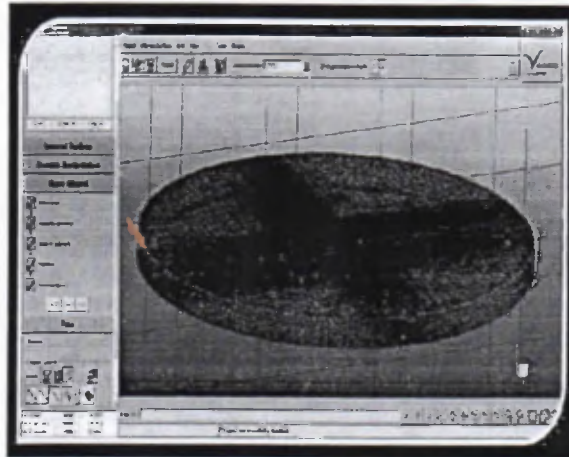
Gambar 9. Geometri *Blade* Helikopter Synergy N9 pada *Software* CATIA



Gambar 10. Geometri Model Helikopter Synergy N9 pada *Software* CATIA

Langkah pertama yang harus dilakukan adalah membuat gambar dimensi model menggunakan *software* CATIA seperti yang terlukis pada Gambar 10 Setelah pembuatan model selesai maka tahap berikutnya yang harus dijalankan adalah meng-*import* gambar model helikopter *blade* ke dalam HEXPRESS, pada tahap ini dilakukan pembuatan *mesh* yang terdiri dari beberapa langkah, diantaranya *Initial mesh*, *Adapt to geometry*, *Snap to geometry*, *Optimize* dan *Viscous layers* seperti yang terlukis pada Gambar 11 Tujuannya dilakukan *mesh* pada model *blade* helikopter Synergy N9 adalah membagi model menjadi sel-sel terkecil

sehingga memudahkan program Numeca untuk melakukan *iterasi*.



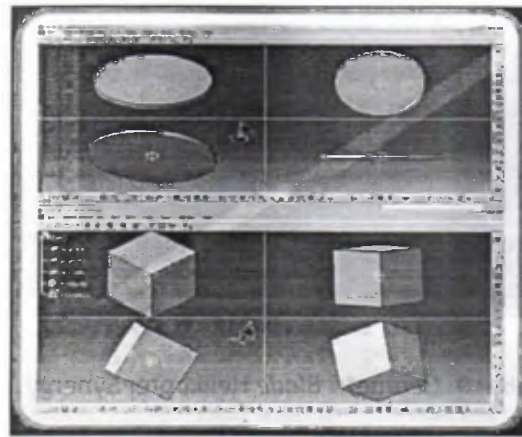
Gambar 11. *Meshing* Empat *Blade* pada HEXPRESS

Setelah *meshing* yang dilakukan selesai maka tahap selanjutnya adalah meng-*import* hasil *meshing* ke dalam FINE, sebelum melakukan *iterasi* maka perlu memasukan *Project parameter* yang terdiri dari *Physical configuration*, *Optional models*, *Boundary conditions*, *Initial solution*, *Numerical parameters*, *Computation control* dan *Open labs*. Tujuan dari memasukan parameter tersebut adalah untuk mendapatkan hasil dari *iterasi* berupa *Axial thrust* serta bentuk dari aliran udara yang melewati *blade*. Setelah tahapan *project parameter* telah selesai maka *iterasi* dapat segera dilakukan dengan cara meng-klik *Save project*, *Save selected 'Run' files*, *Start solver* seperti yang terlukis pada Gambar 12.

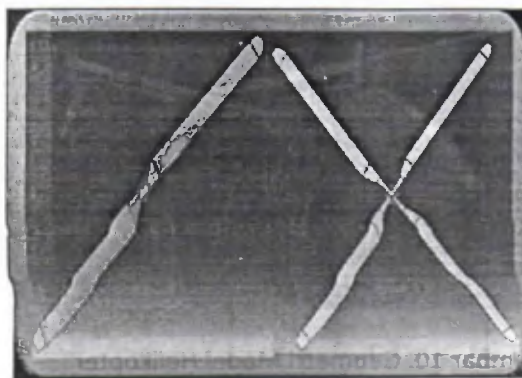


Gambar 12. Tampilan Pada FINE

Disela-sela proses iterasi dapat dilihat pergerakan dari *blade* helikopter dengan cara meng-aktifkan *CFView*, pada tahapan ini dapat dipantau antara lain *Axial thrust*, *Torque*, dan *Residual* serta bentuk dan arah udara yang melewati *blade*. Jika proses iterasi telah selesai maka dapat dilihat hasil grafik *Axial thrust* pada *CFView* dan hasil perhitungannya pada *file wall* yang dibuka dengan *notepad* seperti yang terlukis pada Gambar 11.



Gambar 15. Rotating Domain dan External Domain pada software CATIA



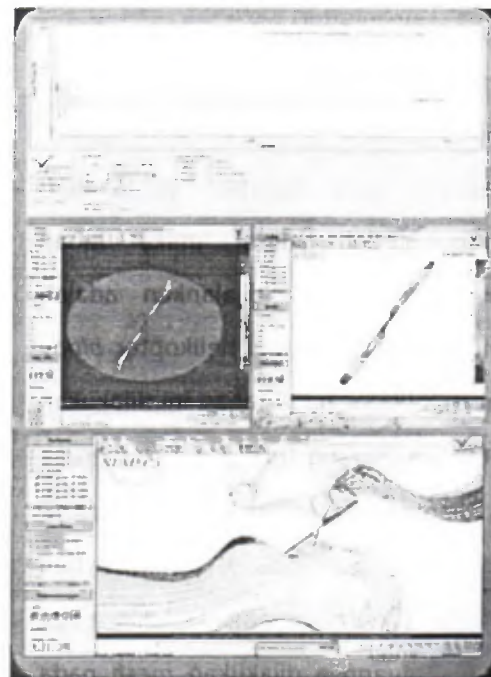
Gambar 16. Geometri model Dua blade dan Empat pada Blade software CATIA



Gambar 13. Tampilan Pada CFView Axial Thrust

Iteration	Residual	Axial Thrust	Torque
1	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
2	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
3	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
4	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
5	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
6	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
7	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
8	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
9	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
10	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
11	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
12	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
13	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
14	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
15	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
16	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
17	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
18	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
19	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
20	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
21	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
22	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
23	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
24	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
25	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
26	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
27	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
28	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
29	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
30	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
31	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
32	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
33	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
34	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
35	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
36	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
37	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
38	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
39	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
40	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
41	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
42	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
43	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
44	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
45	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
46	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
47	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
48	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
49	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
50	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
51	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
52	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
53	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
54	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
55	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
56	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
57	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
58	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
59	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
60	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
61	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
62	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
63	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
64	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
65	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
66	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
67	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
68	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
69	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
70	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
71	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
72	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
73	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
74	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
75	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
76	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
77	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
78	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
79	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
80	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
81	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
82	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
83	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
84	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
85	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
86	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
87	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
88	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
89	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
90	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
91	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
92	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
93	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
94	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
95	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
96	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
97	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
98	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
99	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00
100	1.000000E+00	0.000000E+00	0.000000E+00

Gambar 14. Hasil Perhitungan. Wall yang dibuka dengan Notepad.



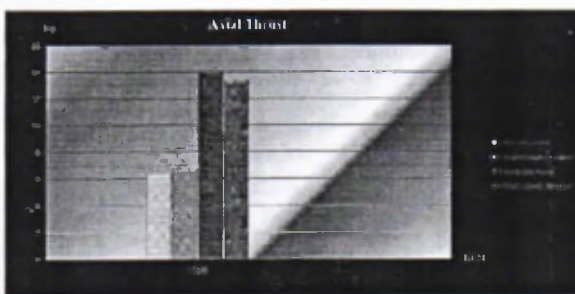
Gambar 17. Axial Thrust dan Aliran Udara yang melewati Blade pada Software Numeca

Hasil Komputasi Aerodinamik Pengaruh Jumlah *Blade* Pada Helikopter Synergy N9

Hasil komputasi yang berupa angka dan grafik pada program Numeca dijelaskan pada lampiran. Komputasi dilakukan dengan RPM 1200 dan *angle of attack* 8°. Setiap komputasi yang dilakukan akan ditampilkan hasil perhitungan berupa *Axial thrust* yang berupa angka, grafik, dan animasi udara yang melewati *blade* pada helikopter Synergy N9. Berikut ini hasil komputasi aerodinamik pada *software* Numeca dan *blade element* dengan kasus dua buah *blade* dan empat buah *blade* yang telah dibuat dalam bentuk tabel seperti yang tertulis pada Tabel 1 serta *bar chart* pada Gambar 17.

Tabel 1. Perbandingan Komputasi Aerodinamik Dua dan Empat *Blade*

No	2 <i>Blade</i>		4 <i>Blade</i>		RPM
	A/T (kg) Numeca	A/T (kg) <i>Blade Element</i>	A/T (kg) Numeca	A/T (kg) <i>Blade Element</i>	
1	5,3	6,0	14,1	13,4	1200



Gambar 18. *Bar Chart* Perbandingan *Axial Thrust* Dua dan Empat *Blade*

Dari kedua hasil perbandingan tersebut, akan tampak sekali perbedaannya. Namun untuk menentukan pilihan apakah akan menggunakan dua *blade* atau menggunakan empat buah *blade* tergantung pada kebutuhan misi dari helikopter. Selain itu, tersedianya *axial thrust* yang besar juga akan diikuti oleh penambahan konsumsi bahan bakar yang meningkat pula, sehingga dibutuhkan modifikasi pada *fuel tank* helikopter dan analisa lebih lanjut.

Kesimpulan

Komputasi aerodinamik pengaruh dua *blade* dengan empat *blade* pada helikopter Synergy N9 mengalami penambahan berat sebesar 458 gram yang terdiri dari dua buah *blade* (416 gram) dan *blade grip* (42 gram) serta mengalami peningkatan *axial thrust* sebesar 7.8 kilogram atau 124 %

Saran

1. Agar pada saat *meshing* dan komputasi dapat terbaca semua, maka pembuatan model CAD harus sedetail dan sehalus mungkin.
2. Apabila pada saat komputasi mengalami *error* maka coba ulangi *meshing* yang lebih halus atau lebih disederhanakan model yang akan di *meshing*.
3. Bagi mahasiswa yang ingin melanjutkan penelitian disarankan untuk melakukan penambahan panjang tali busur menjadi dua kali dari panjang *chord* awal tetapi