

BAB III

DESAIN CIRCULAR HOVERCRAFT PROTO X-1 DAN PROSES OPTIMASI DESAIN

3.1 DESAIN CIRCULAR HOVERCRAFT PROTO X-1

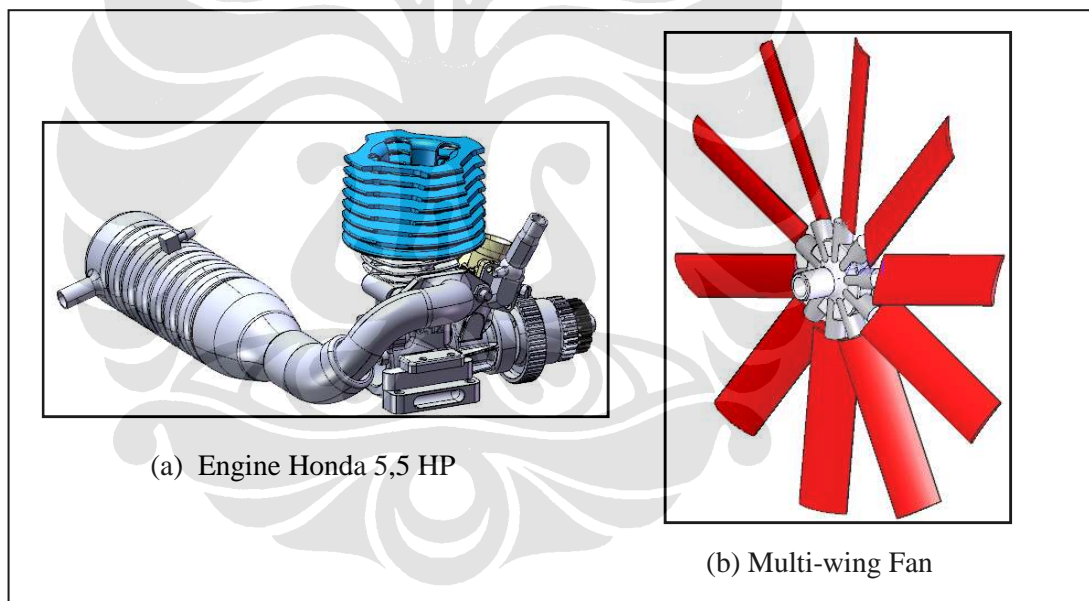
Rancang bangun *Circular Hovercraft Proto-X1* adalah jenis *light hovercraft* yang dibuat dengan kapasitas satu orang penumpang dan kapasitas beban total maksimum adalah sebesar 150 kg. Pada awalnya, *hovercraft* ini dibuat dengan konsep kendaraan rekreasi, dimana penumpang dapat menikmati sensasi berkendara diatas *air cushion vehicle* dengan posisi berdiri. Berangkat dari ide itu, maka rancang bangun *hovercraft* ini dibuat dengan dimensi yang relatif kecil dan berbentuk *circular* (lingkaran), yaitu dengan dimensi diameter luar *hovercraft* ialah 1.2 m. Berikut ini merupakan tabel parameter kalkulasi pada penelitian terdahulu [3] dan [4] untuk circular hovercraft proto X-1

Tabel 3.1 Desain Sistem Propulsi, Sistem Angkat dan Sistem Dorong Circular Hovercraft Proto X-1

SISTEM PROPULSI		
Multi-wing Fan :		
Diameter Fan (24 inchi)	d_{fan}	610 mm
Diameter Hub	d_{hub}	140 mm
Engine :		
Putaran Motor		2800 RPM
Daya		5,5 HP
LIFT SYSTEM		
Diameter Penampang Cushion		1,2 m
Luas Penampang Cushion	a_c	1,13 m ²
Massa Total Hovercraft	m_c	150 kg
Kebutuhan Tekanan Cushion	p_c	1326 Pa
Tekanan Bag	p_b	1989 Pa
Kebutuhan Tekanan Fan		2100 Pa

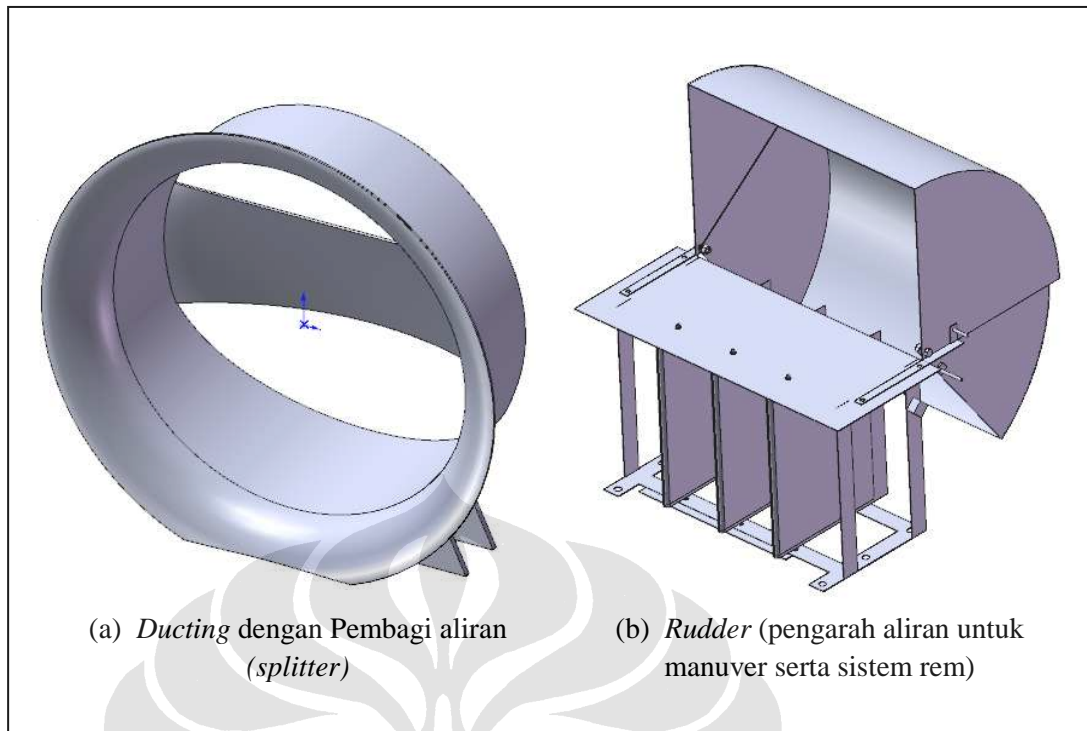
THRUST SYSTEM		
Tinggi Splitter (16 inchi)	h_{sp}	406 mm
Luas Area Ducting	a_d	0,2763 m ²
Luas Area Pembagi Aliran (splitter)	a_{sp}	0,2064 m ²
Luas Area Thrust	$a_d - a_{sp}$	0,0699 m ²

Gambar 3.1 merupakan sistem propulsi yang digunakan pada *circular hovercraft proto X-1* melalui penelitian terdahulu. Mesin yang digunakan sebagai sumber tenaga ialah jenis motor pembakaran dalam dengan daya sebesar 5,5 HP, dan fan yang digunakan ialah fan aksial dengan sudu banyak (multi-wing Fan). Mesin di sini berfungsi memutar fan sehingga fan dapat mengalirkan udara ke sistem hovercraft sehingga menghasilkan gaya dorong dan gaya angkat.



Gambar 3.1 Sistem Propulsi *Circular Hovercraft* Proto X-1

Ducting dan sistem pembagi aliran ditunjukkan oleh gambar 3.2, dimana ducting berfungsi sebagai tempat peletakkan multi-wing fan, berdiameter 618 mm dan panjang 250 mm. Pembagi aliran atau *splitter* berfungsi untuk membagi aliran udara dari fan ke arah thrust yaitu keluar hovercraft dan ke arah bag yaitu untuk sistem angkat. Kemudian rudder sebagai pengarah aliran untuk manuver dari hovercraft (berbelok ke kanan atau kiri).

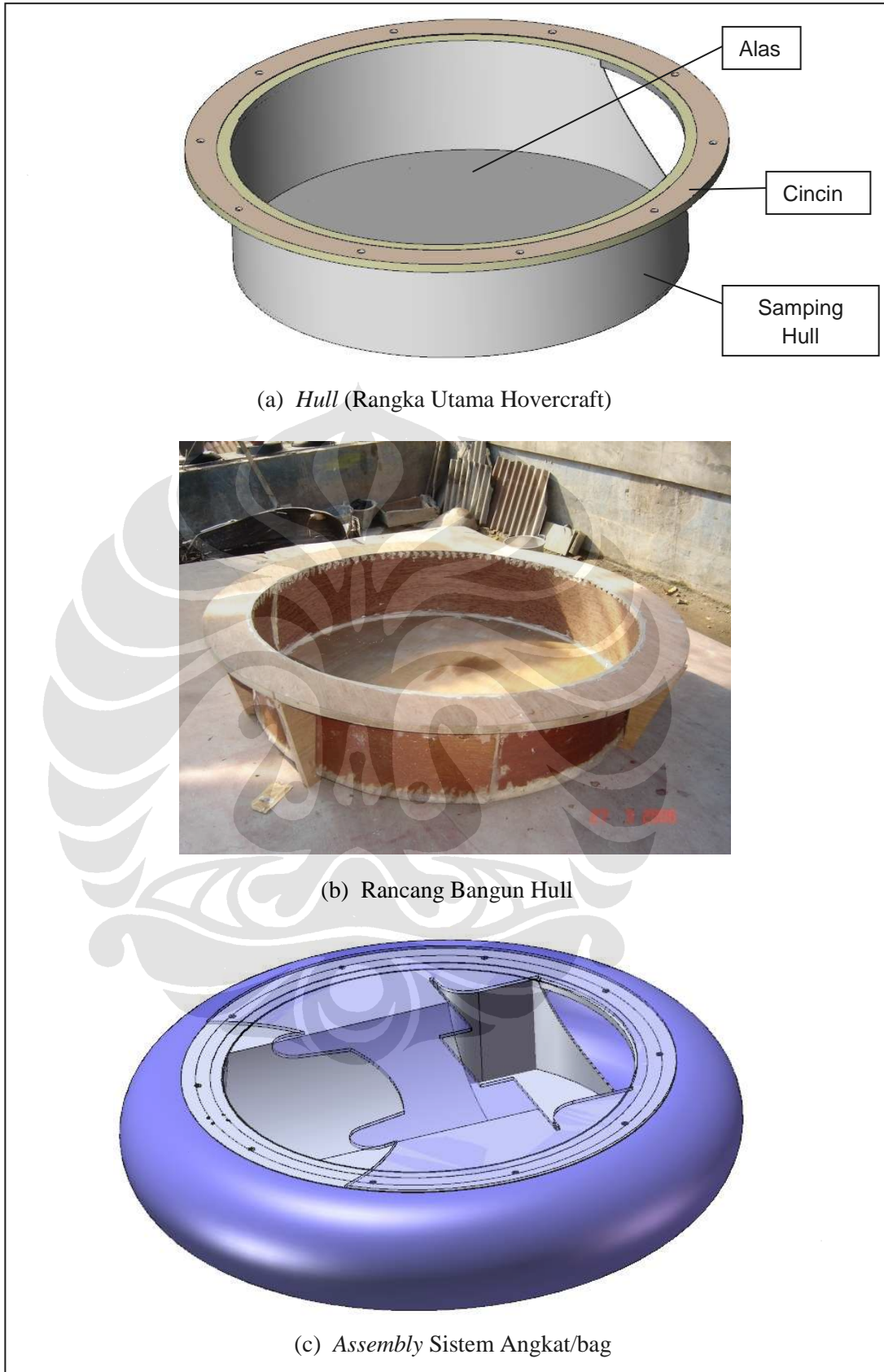


Gambar 3.2 Sistem Pembagi Aliran (*Splitter* dan *Ducting*) dan *Rudder* (Manuver dan Rem) dari *Circular Hovercraft Proto X-1*

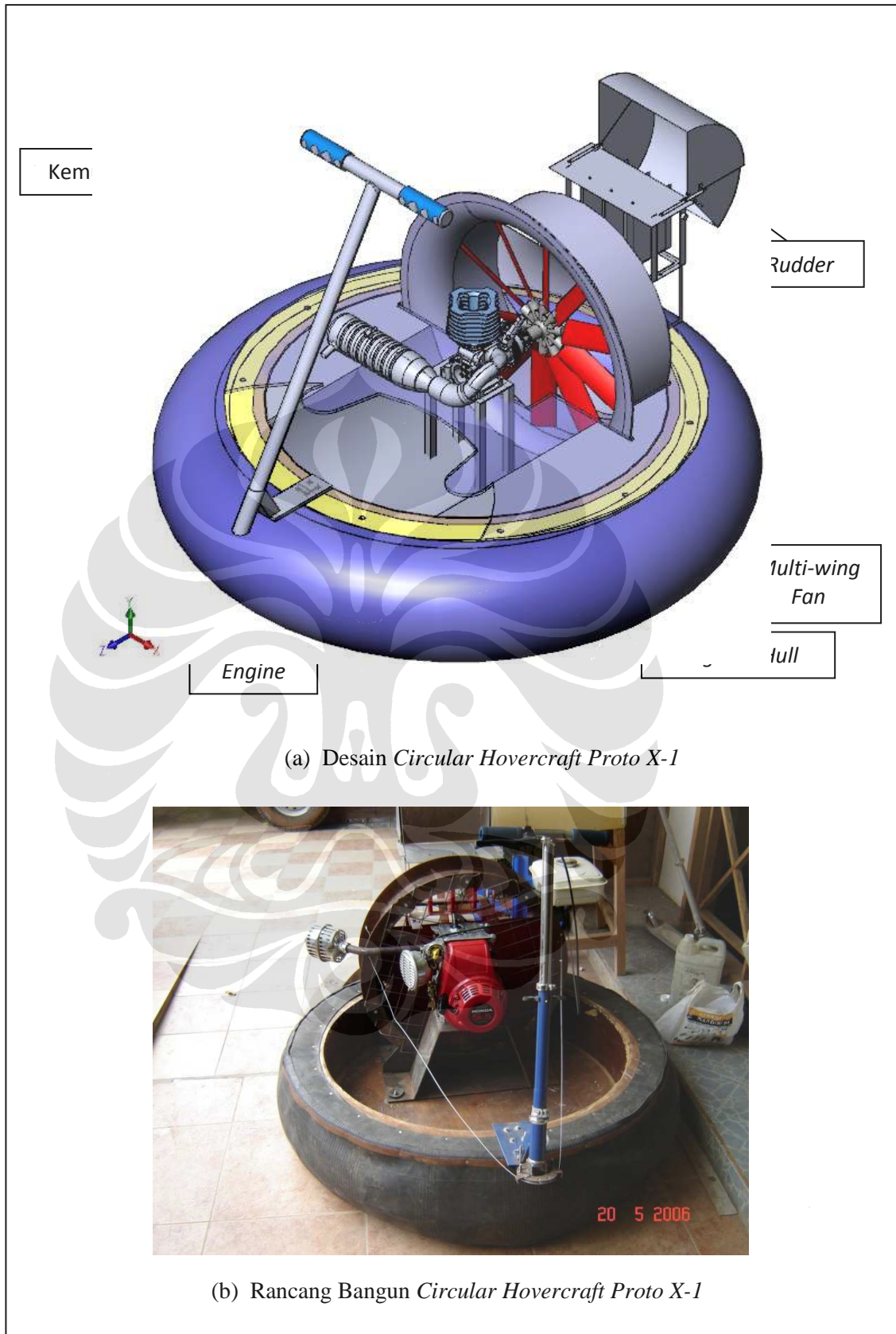
Konfigurasi luas area pembagi aliran yang dipergunakan circular hovercraft proto X-1 ialah $\frac{1}{3}$ area ducting untuk aliran dorong/thrust dan $\frac{2}{3}$ area ducting yang dipergunakan untuk sistem angkat (lift system)

Gambar 3.3 menunjukkan komponen-komponen dari sistem angkat Circular Hovercraft antara lain hull dan bag. Hull merupakan bagian terpenting dari sistem angkat circular hovercraft, pada hull terpasang semua komponen dari sistem angkat. Karena *hovercraft* yang akan dibuat adalah *circullar hovercraft* maka *hull* yang didesain adalah *hull* berbentuk lingkaran. *Hull* itu sendiri terdiri dari beberapa komponen dalam desain ini diberi nama alas, cincin dan samping *hull*. Faktor terpenting dalam mendesain hull selain faktor kekuatan adalah faktor pemilihan material. Material yang digunakan untuk hull haruslah memiliki berat jenis yang sekecil mungkin dengan kekuatan yang mencukupi.

Bag merupakan salah satu komponen dalam sistem angkat *hovercraft*. *Bag* berperan sebagai duct penyuplai udara ke *plenum chamber* dan sekaligus sebagai sistem suspensi ketika *hovercraft* mengenai rintangan baik di darat maupun di air. *Bag* pada circular hovercraft proto X-1 berbentuk lingkaran dengan perbandingan jari-jari tertentu.



Gambar 3.3 Sistem Angkat dan sistem Bag dari *Circular Hovercraft Proto X-1*

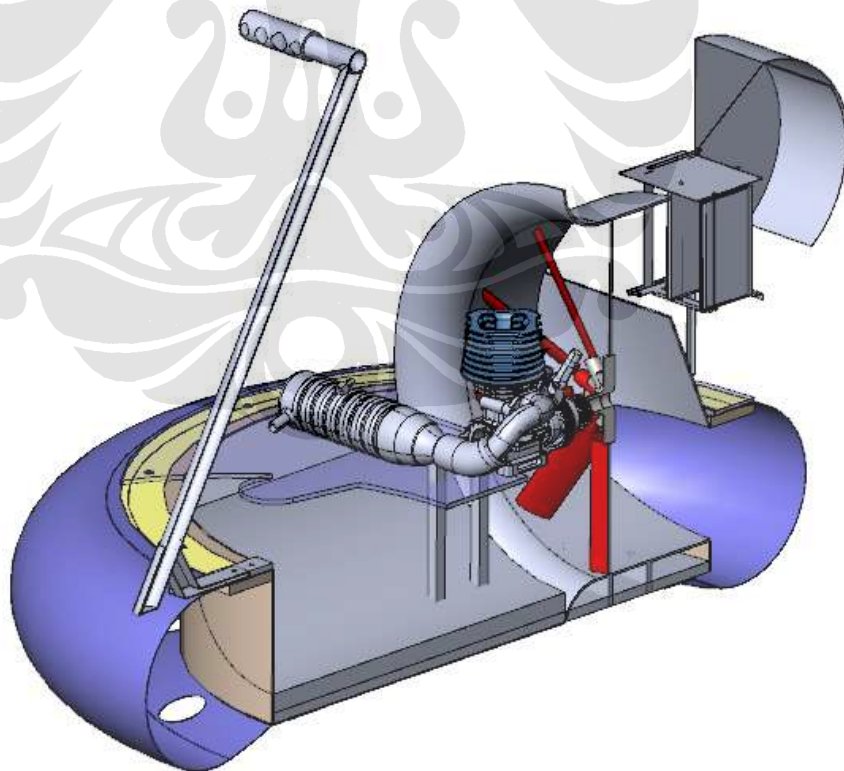


Gambar 3.4 *Circular Hovercraft Proto X-1*

3.2 EVALUASI KINERJA SISTEM CIRCULAR HOVERCRAFT PROTO X-1

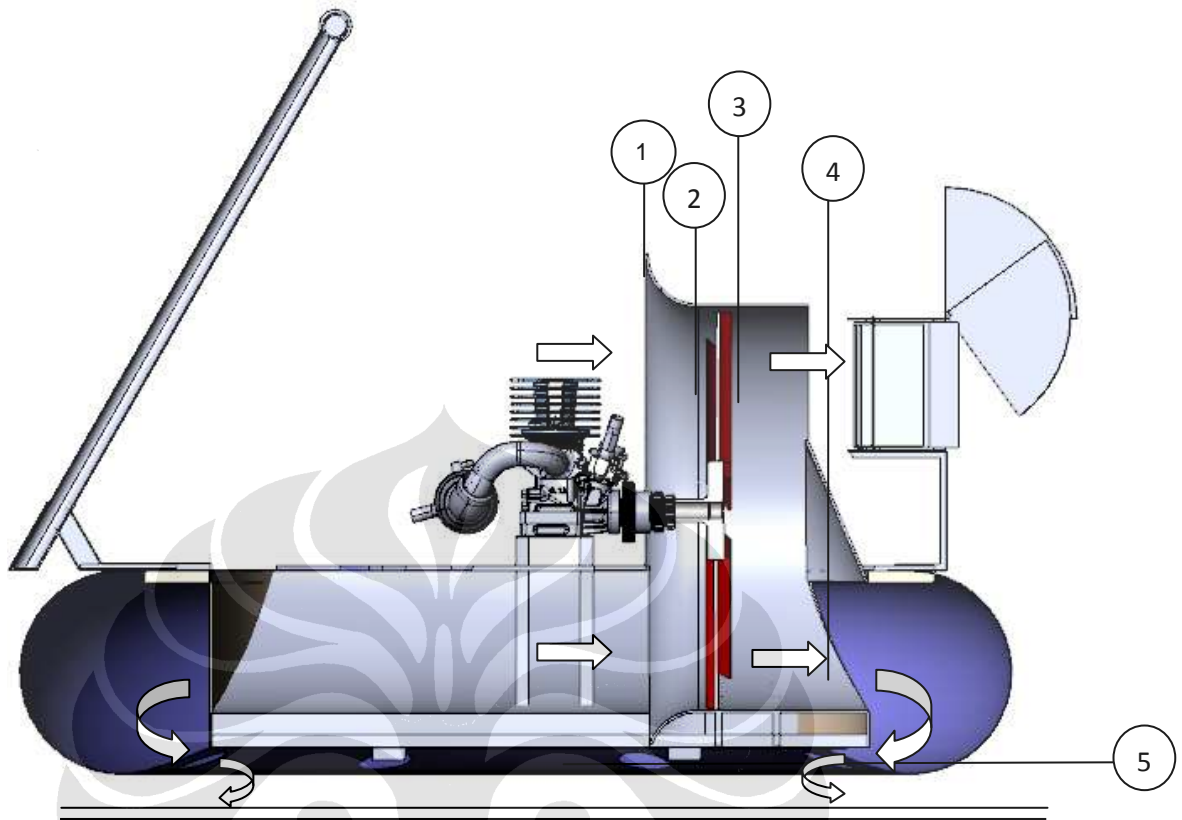
Pada kondisi kerja aktual, rancang bangun *hovercraft* yang baik haruslah dapat menunjukkan satu karakteristik unik yang dimilikinya, yaitu berjalan diatas bantalan udara dan memberikan gaya dorong (*thrust force*). Kemampuan *hovercraft* untuk memberikan gaya angkat minimal sampai *hovercraft* mulai melayang (*hovering*) dan berjalan dengan kecepatan tertentu ini berkaitan dengan pemenuhan tekanan minimum dari *cushion* (*cushion pressure, P_c*) dan besarnya gaya dorong yang diberikan. *Cushion pressure* adalah fungsi dari beban total *hovercraft* yang dapat diangkat akibat aliran udara yang keluar dari *cushion area* ke lingkungan.

Aliran memasuki ducting dan terjadi peningkatan tekanan (*pressure rise*) setelah melalui fan, kemudian sebagian aliran keluar *ducting* sehingga menyebabkan gaya dorong, dan sebagian lainnya memasuki bag kemudian menuju *cushion area*, dari outlet fan hingga *cushion area* terjadi penurunan tekanan (*pressure drop*).

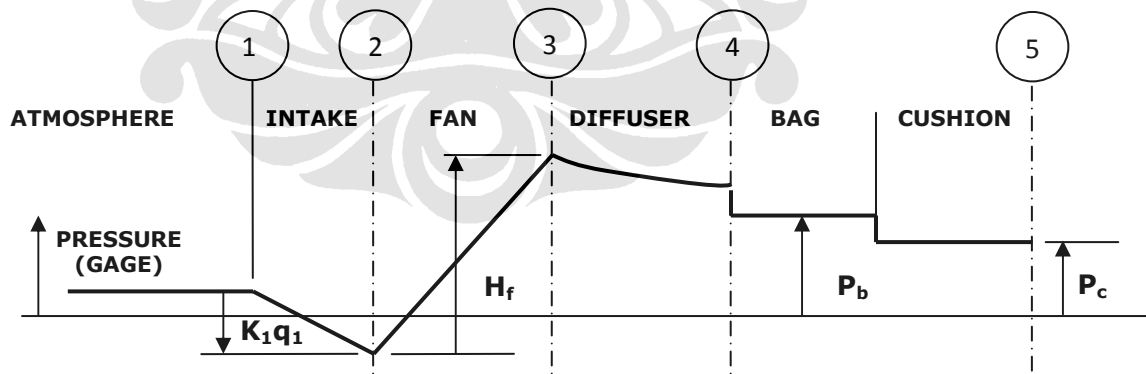


Gambar 3.5 Tampak Bagian dalam dari *Circular Hovercraft Proto X-1*

Distribusi tekanan dari *fan* menuju *cushion area* adalah sebagai berikut :



Gambar 3.6 Arah aliran udara pada saat hovercraft bergerak



Gambar 3.7 Distribusi tekanan *hovercraft*³

Dari skema grafik diatas dapat dilihat bahwa sebuah rancangan *hovercraft* yang baik, sekali lagi harus dapat memenuhi jumlah *tekanan cushion* minimum agar

³ Amyot, Joseph R. 1989. *Hovercraft Technology, Economics and Applications*. Amsterdam : Elsevier Science Publisher B.V.

hovercraft tersebut dapat melayang di udara. Grafik menunjukkan bahwa pemenuhan tekanan *cushion* minimum ini terkait dengan beberapa faktor, diantaranya adalah :

1. Karakteristik *fan*, pada desain *fan* yang digunakan untuk sistem dorong (*thrust syatem*) dan sistem angkat (*lift system*) haruslah memiliki peningkatan tekanan (*pressure rise*) minimal yang sama dengan tekanan *cushion area* ditambah dengan *pressure losses* dari *intake fan*, *bag*, dan *diffuser*.
2. Desain komponen *bag*, desain *bag* yang efisien haruslah dapat menekan nilai *pressure drop* yang terjadi dari *bag* ke *cushion area*. Nilai *pressure drop* yang tinggi menyebabkan kebutuhan akan tekanan dari *fan* juga semakin tinggi. Sebaliknya, performa desain *bag* yang dapat memberikan nilai *pressure drop* yang kecil dapat meningkatkan performa kerja *hovercraft*, dan kebutuhan spesifikasi tekanan *fan* dapat diminimalisir.
3. Desain sistem *diffuser*, disain sistem *diffuser* (pembagi aliran) juga merupakan faktor penting yang harus dievaluasi agar *pressure loss* yang terjadi pada saat aliran udara melewati komponen ini tidaklah terlalu besar.

Pada penelitian *circular hovercraft* terdahulu, Anca Parana [4]. Didapat hasil pengukuran tekanan outlet fan maksimum sebesar **787,121 Pa** pada putaran 3100 RPM. Dan hasil pengukuran tekanan *cushion* maksimum yang dihasilkan **588,4 Pa** [3]. Tekanan ini tentu saja tidak mencukupi tekanan *cushion* yang dibutuhkan yaitu **1326 Pa** (lih.Tabel 3.1). nilai dari kebutuhan tekanan *cushion* ini di dapat dari persamaan (2.8)

$$p_c = \frac{m_c g}{a_c}$$

Dimana tekanan *cushion* merupakan fungsi dari beban kendaraan total ($m_c g$) dan luas area total (a_c)

Berangkat dari kondisi ini, penulis bersama dua orang rekan lainnya Irvan [5], dan Rhandyawan [6] berkesimpulan bahwa **Circular Hovercraft Proto X-1 belum mampu untuk memberikan kemampuan hovercraft untuk melayang diudara maupun memberikan gaya dorong untuk manuver hovercraft.**

Berangkat dari permasalahan tersebut, maka penulis beserta dua rekan lainnya, [5], dan [6] mencoba untuk melakukan suatu evaluasi, analisa, optimasi dan redesain terhadap sistem komponen yang memiliki fungsi krusial dalam *hovercraft*.

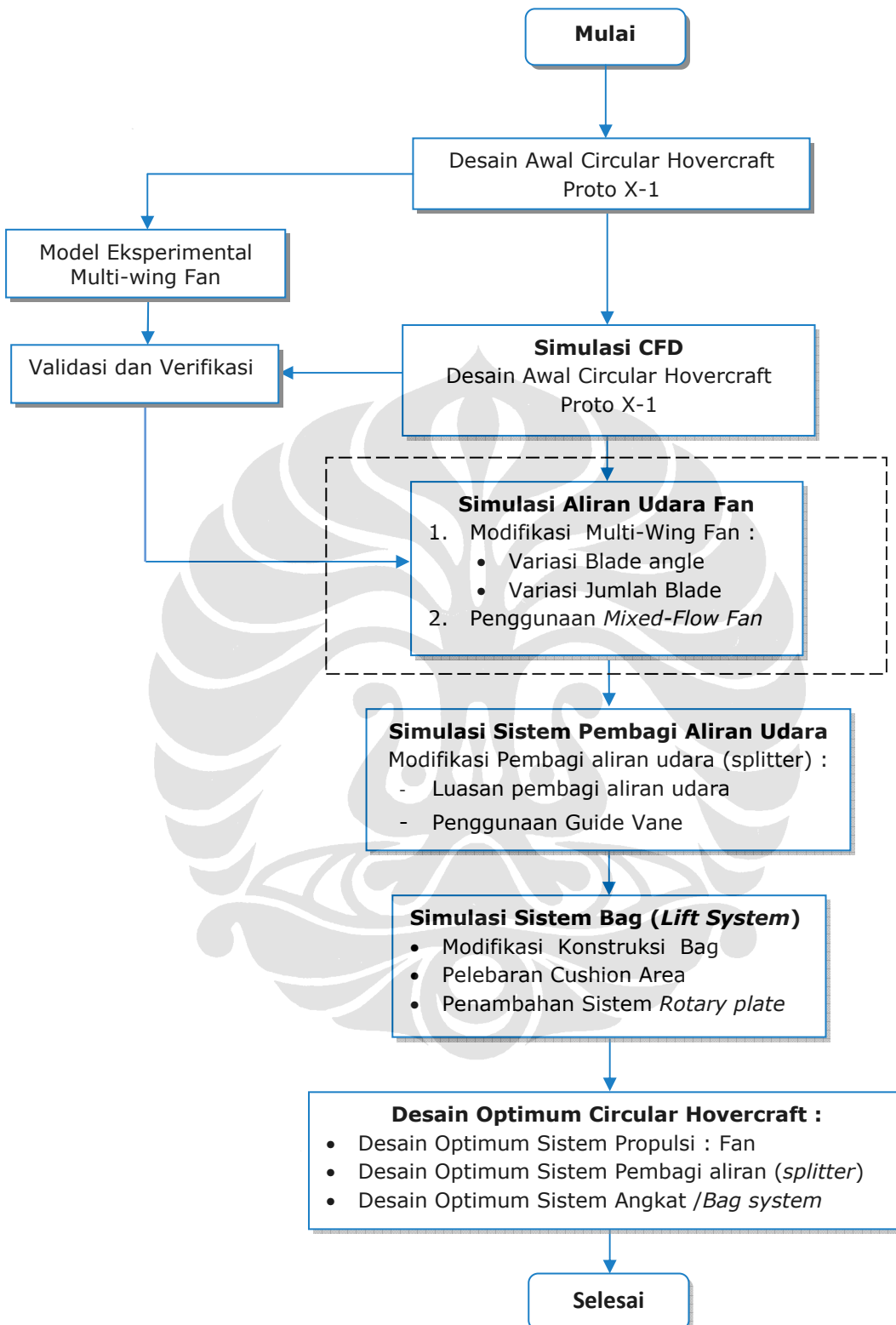
3.3 PROSES OPTIMASI DESAIN CIRCULAR HOVERCRAFT

Dari evaluasi kinerja hovercraft proto X-1 pada sub-bab diatas, dimana tekanan cushion hasil kalkulasi tidak terpenuhi, maka kami mencoba melakukan optimasi dengan beberapa opsi sebagai berikut :

- Penggunaan mixed-flow fan dimana karakteristik tekanan fan lebih tinggi dari aksial fan, melalui modifikasi ini diharapkan tekanan fan akan mencukupi tekanan cushion yang dibutuhkan
- Pelebaran luasan area total hovercraft sehingga nilai kebutuhan tekanan cushion akan berkurang, sehingga diharapkan dengan fan yang ada tekanan cushion akan terpenuhi
- Pengurangan beban keseluruhan hovercraft, hal ini sulit untuk di aplikasikan, dikarenakan pengurangan beban kemungkinan tidak dapat menurunkan beban secara signifikan

Dari penjabaran diatas maka penulis bersama rekan lainnya mencoba melakukan optimasi atau modifikasi terhadap sistem propulsi (fan), sistem pembagi aliran [5] dan sistem angkat/bag system [6] pada Circular Hovercraft Proto-X1. Gambar 3.8 menunjukkan diagram alir dari proses optimasi sistem hovercraft secara keseluruhan. Pada buku skripsi ini yang menjadi fokus pembahasan ialah sistem fan. Langkah awal yang dilakukan adalah mengevaluasi kinerja sistem multi-wing fan yang telah digunakan pada circular hovercraft proto X-1, tujuannya ialah untuk mengetahui kinerja maksimum yang dapat dicapai dari multi-wing fan tersebut pada putaran RPM normal mesin. Kemudian setelah itu dilakukan optimasi dengan menggunakan *mixedflow* fan. Dari sini akan dilihat apakah dengan penggunaan fan mixed flow tersebut akan dicapai peningkatan performa secara signifikan.

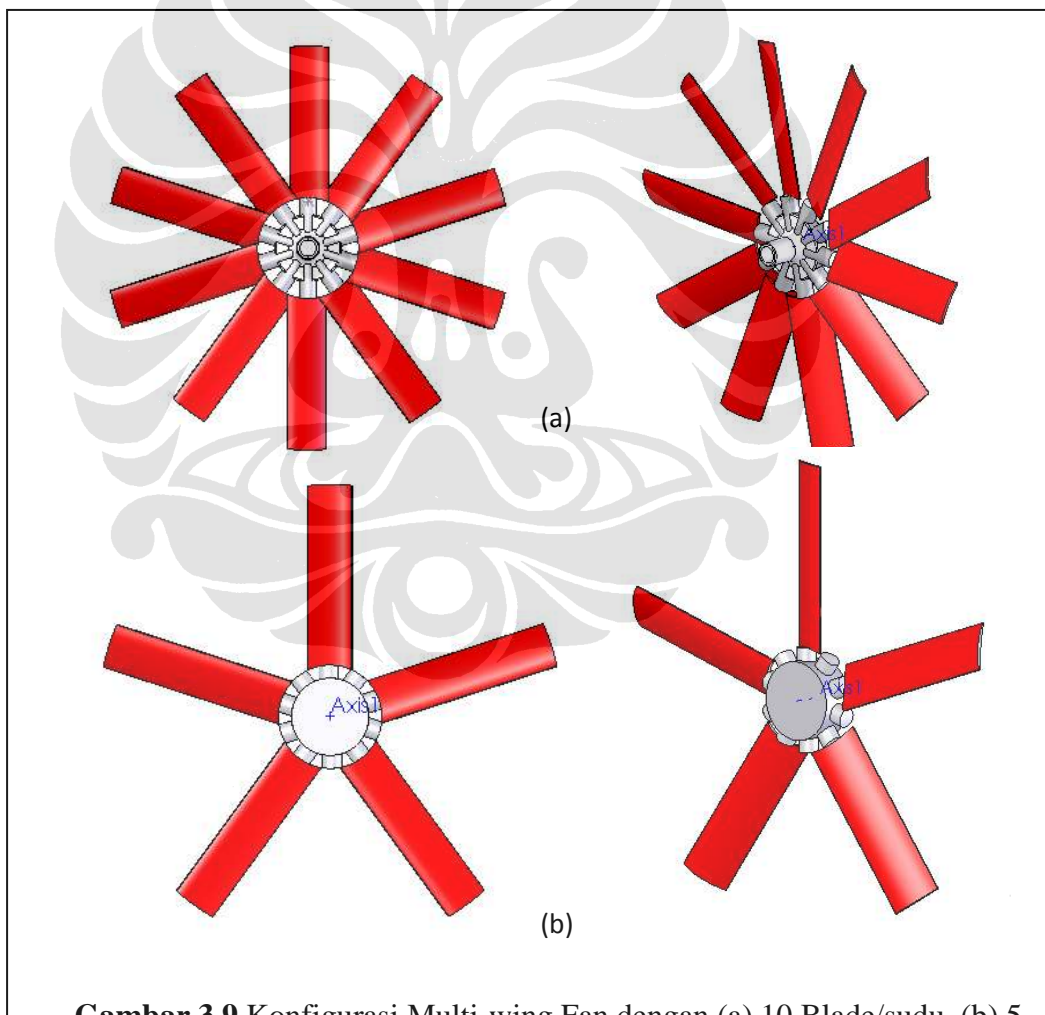
Optimasi Kinerja Circular Hovercraft Proto X-1 dengan Simulasi CFD



Gambar 3.8 Diagram Alir Proses Optimasi Desain *Circular Hovercraft* Proto X-1

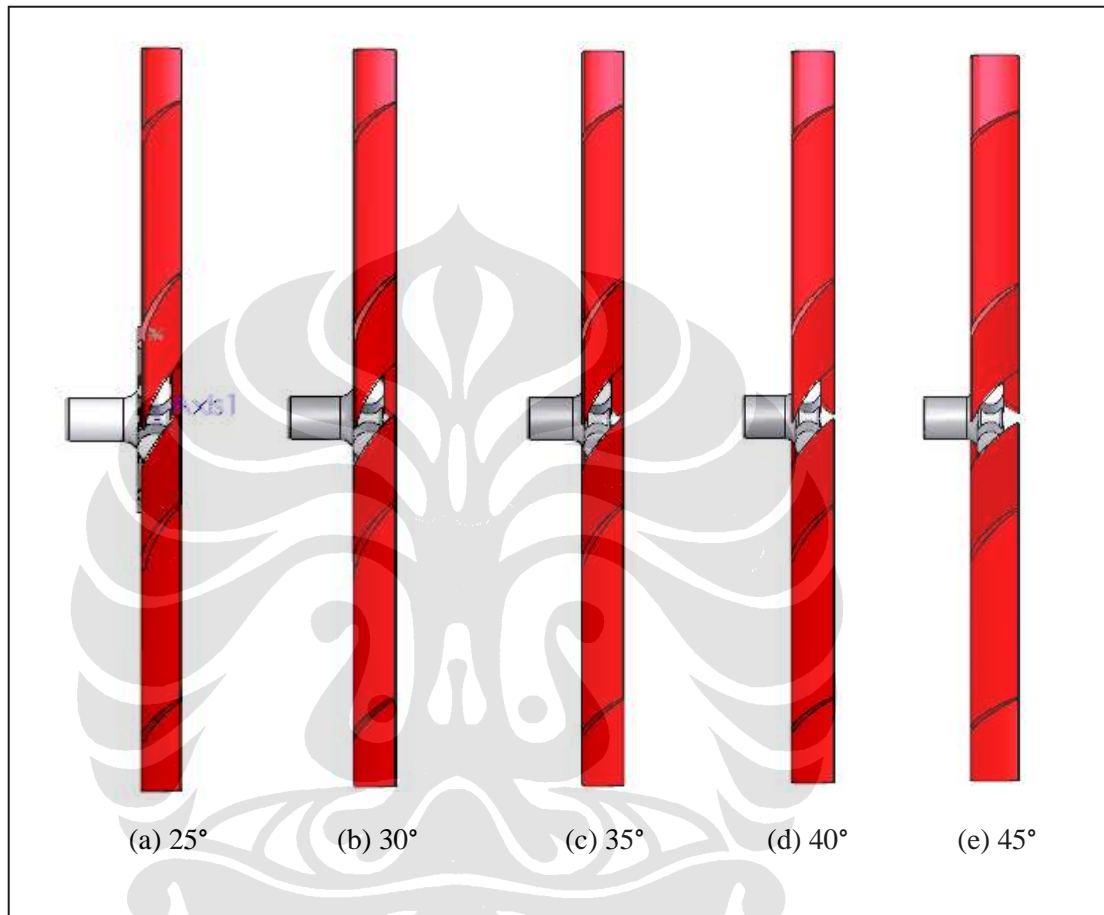
3.3.1 Modifikasi Multi-wing Fan

Seperti telah dijelaskan sebelumnya tujuan modifikasi ini ialah untuk mengetahui kinerja maksimal dari multi-wing fan yang telah diaplikasikan di circular hovercraft proto X-1. Modifikasi dilakukan dengan melakukan simulasi multi-wing fan dengan variasi jumlah blade/sudu yang digunakan dan variasi sudut pemasangan blade. Parameter yang menjadi tujuan dari modifikasi ini ialah untuk menghasilkan kenaikan tekanan maksimal yang dapat dicapai pada setiap konfigurasi. Diameter multi-wing fan 24 inchi/ 609 mm, diameter hub 100 mm. Konfigurasi jumlah sudu 10 dan 5 dipilih dikarenakan lubang hub tempat sudu fan berjumlah 10 buah sehingga modifikasi yang paling mungkin ialah yang berjumlah 10 dan 5 buah sudu.



Gambar 3.9 Konfigurasi Multi-wing Fan dengan (a) 10 Blade/sudu. (b) 5 Blade/sudu

Setelah didapat kinerja maksimal dari variasi jumlah sudu, kemudian dilakukan modifikasi dengan variasi sudut pemasangan blade, dari kedua modifikasi ini akan dihasilkan konfigurasi jumlah blade/sudu dan sudut pemasangan blade yang optimum untuk multi-wing fan



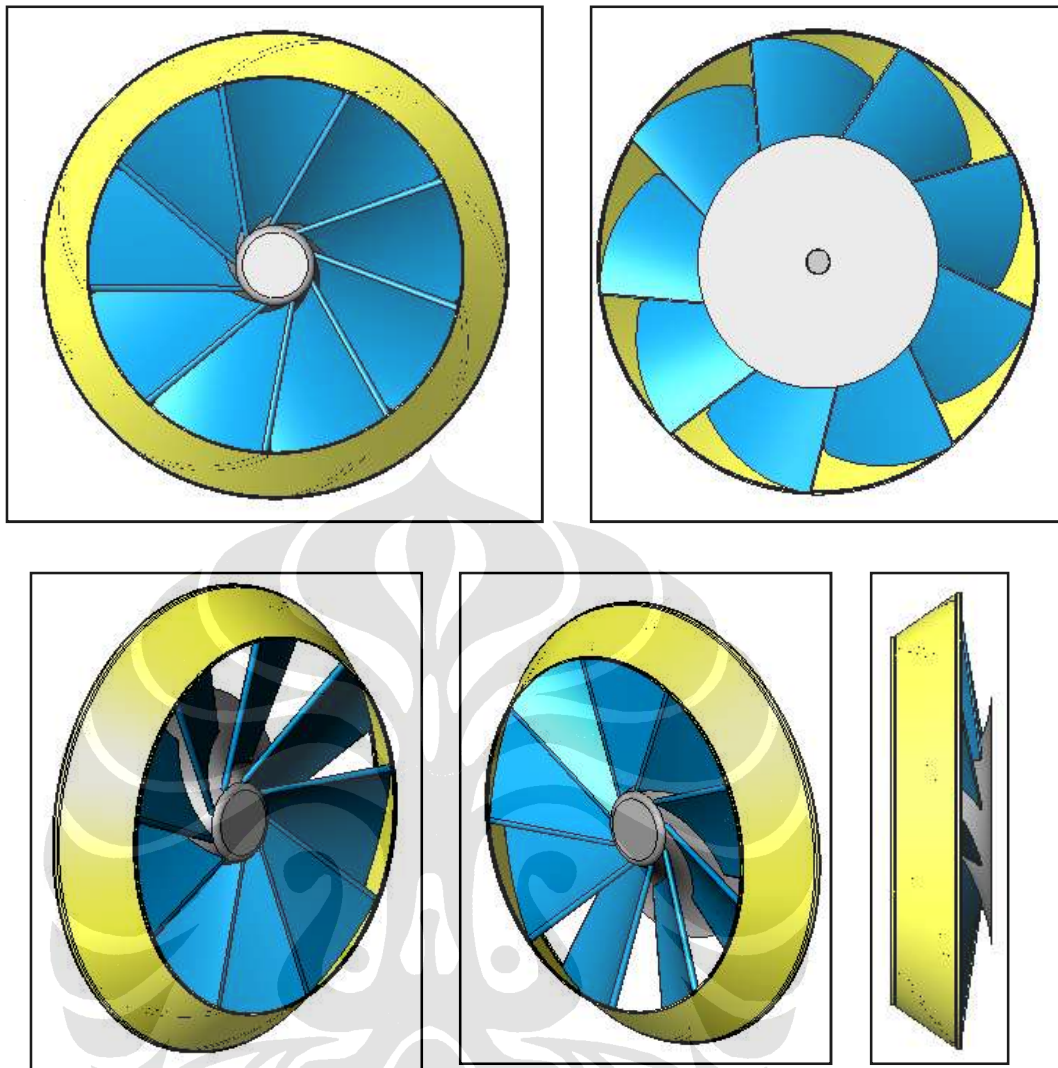
Gambar 3.10 Multi-wing Fan dengan variasi sudut pemasangan blade

3.3.2 Penggunaan *Mixed-Flow Fan*

Konfigurasi mixed-flow yang digunakan dalam skripsi ini ialah :

- Tipe sudu fan : backward-curved vane
- Diameter luar 23,7 inchi seri 315-1, 315-2, 315-3, 315-4⁴
- Dilengkapi dengan *mixed flow wheel* yaitu suatu pengarah aliran yang menyatu dengan sudu fan
- Sudu fan berjumlah 8 buah

⁴ MNC MIXED FLOW FAN - Continental Fan Manufacturing Inc.



Gambar 3.11 Desain Mixed Flow Fan yang akan di simulasikan



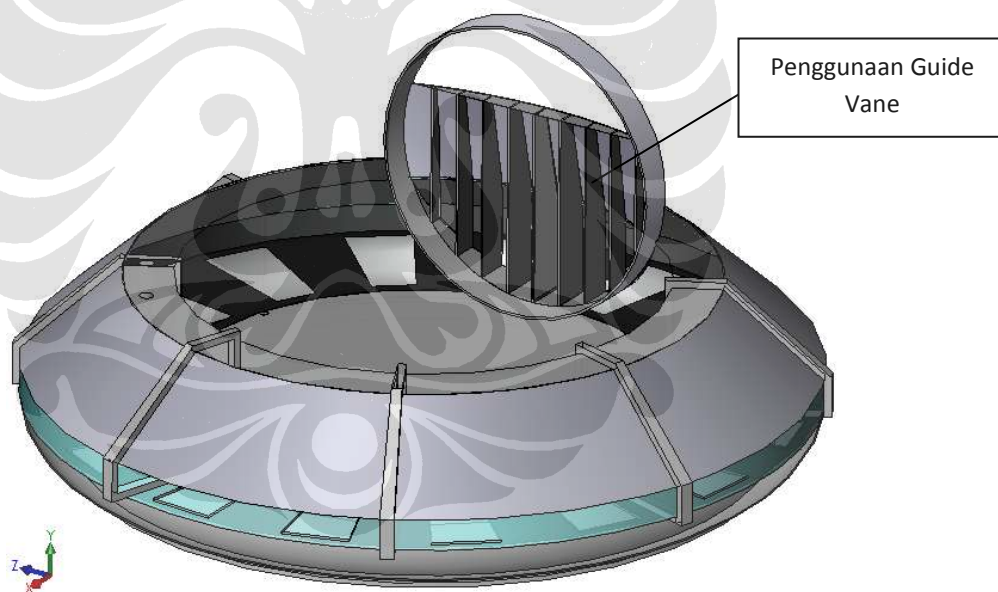
Gambar 3.12 Mixed Flow Fan dengan Ducting

Gambar 3.11 dan 3.12 menunjukkan desain dari mixed flow fan yang akan disimulasikan. Desain di buat semirip mungkin sesuai dengan desain mixed flow fan yang ada di pasaran dan sesuai dengan literatur yang ada. Simulasi dilakukan dengan melakukan performance tes pada mixed flow fan dari simulasi tersebut diharapkan akan di dapat konfigurasi optimum yang mampu menyediakan tekanan cushion yang dibutuhkan serta tercapai kecepatan aksial yang mencukupi gaya dorong dari hovercraft.

3.3.3 Integrasi Mixed Flow Fan ke dalam sistem Circular Hovercraft proto X-1

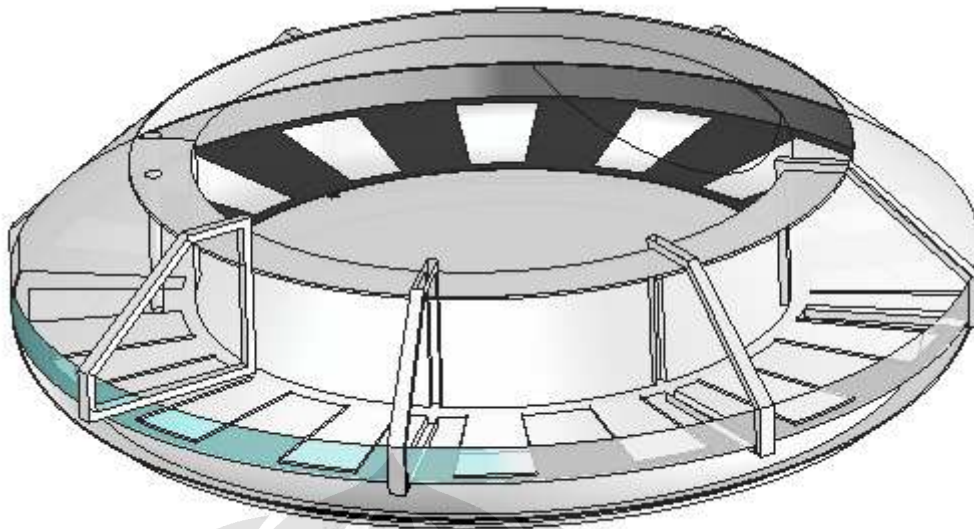
Pada bagian akhir akan disimulasikan integrasi dari konfigurasi optimum dari sistem fan , sistem pembagi aliran[5] dan sistem bag [6].

Hasil optimasi dari Irvan Darmawan [5], menunjukkan bahwa penggunaan guide vane dapat memperkecil *pressure drop* yang terjadi dari outlet fan ke pembagi aliran.

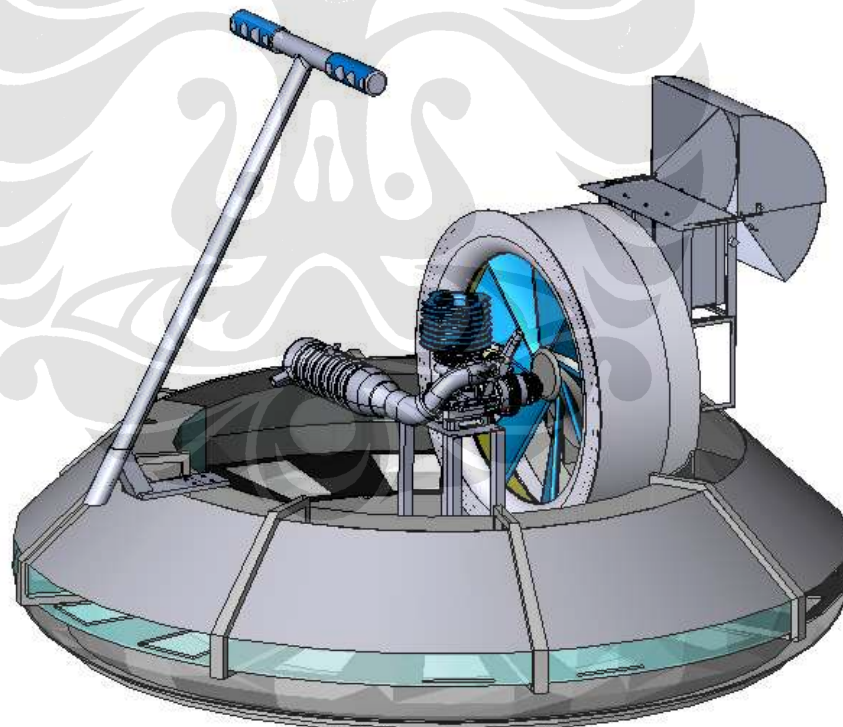


Gambar 3.13 Penggunaan *Guide Vane* pada optimasi sistem pembagi aliran *circular hovercraft* [5]

Sedangkan hasil optimasi dari Rhandyawan [6], menunjukkan bahwa pelebaran *cushion area* dapat menurunkan tekanan cushion yang dibutuhkan, dan memperkecil *pressure drop* yang terjadi. Penambahan sistem rotary plat [6] digunakan untuk mengatasi efek buoyancy hovercraft ketika berada di air.



Gambar 3.13 Modifikasi Desain sistem bag oleh Rhandyawan [6]



Gambar 3.14 Hasil Optimasi Desain Circular Hovercraft Proto X-1 dengan penggunaan mixed flow fan, penggunaan guide vane pada pembagi aliran (splitter) [5] dan modifikasi sistem bag [6]