

## AERODINAMIKA PADA MODIFIKASI BODI KENDARAAN ANGKUTAN PEDESAAN

Didid Dwi Santoso  
Mesin Otomotif, Politeknik TEDC Bandung

### Abstrak

Aerodinamika untuk kendaraan menjadi aspek yang sangat penting dalam desain bodi kendaraan, sehingga kendaraan yang dihasilkan dapat mengoptimalkan *engine power* untuk menjadi daya dorong dan traksi kendaraan, dan terjaminnya stabilitas kendaraan. Kecepatan jalannya kendaraan, secara umum akan meningkatkan gaya aerodinamika yang terjadi pada kendaraan. Aerodinamik meliputi gaya hambat (*drag force*), gaya angkat (*lift force*) dan gaya samping (*side force*). melalui perhitungan teknis atau pengujian langsung model kendaraan yang dibuat pada terowongan angin (*wind tunnel*) maka akan diperoleh nilai gaya aerodinamika ( $F_D, F_L, F_S$ ), kecepatan angin ( $V_A$ ) dan sudut arah angin ( $\beta_A$ ). Selanjutnya dari nilai besaran gaya pada kendaraan angkutan pedesaan didapatkan dari perhitungan teknis perubahan bodi angkutan pedesaan dihitung melalui besaran *Coeffisien Drag* ( $C_D$ ), *Coeffisien Lift* ( $C_L$ ) dan *Coeffisien Side* ( $C_S$ ). Bagian depan kendaraan merupakan bagian bodi kendaraan yang sangat menentukan besarnya gaya hambat (*drag force*), demikian juga bagian atap kendaraan dapat diperbaiki aerodinamiknya dengan mendesain atap berbentuk konvex agar memudahkan aliran udara mengalir ke belakang. Performansi tinggi pada kendaraan angkutan pedesaan dibutuhkan dalam menghadapi gaya aerodinamis. Di mana gaya-gaya aerodinamis ini mempengaruhi kestabilan kendaraan. Performansi kendaraan dapat distabilkan dengan mengatur dan mengendalikan karakteristik kendaraan. Dalam penelitian ini, model kendaraan angkutan pedesaan yang dibuat dengan memodifikasi kendaraan angkutan pedesaan yang sudah ada. Begitu pula dengan penambahan air foil, air dam, side air dam, spoiler, dan dress up berpengaruh pada kecepatan. Hasil penelitian menunjukkan perubahan bentuk kendaraan pedesaan dan penambahan asesoris menimbulkan pengaruh pada gaya aerodinamik. Stabilitas kendaraan juga sangat ditentukan oleh gaya yang terjadi pada bagian belakang kendaraan, maka dibuat lebih lancip bahkan dipasang spoiler., sehingga semai kn cepat kendaraan gaya angkat yang timbul dan pusaran atau turbulensi (*vortek*) dapat dieliminir. Pengurangan drag pada bagian samping kendaraan dapat dilakukan dengan mendesain kelengkungan bagian samping (*convexity*). Bagian bawah kendaraan juga akan meningkatkan nilai *drag* pada kendaraan.

**Kata kunci** : aerodinamika, stabilitas kendaraan, gaya hambat, gaya angkat, gaya samping.

### Abstract

*Vehicle aerodynamics to be a very important aspect in the design of the vehicle body, so that the vehicles produced can optimize the engine power to be thrust and traction vehicles, and ensuring the stability of the vehicle. Running speed of the vehicle, generally will increase the aerodynamic forces that occur on the vehicle. Includes aerodynamic drag (drag force), lift (lift force) and the side force (side force). through technical calculation or direct testing of vehicle models made in the wind tunnel (wind tunnel) it will obtain the value of the aerodynamic forces ( $F_D, F_L, F_S$ ), wind speed ( $V_A$ ) and the angle of the wind direction ( $\beta_A$ ). Furthermore, from the value of the forces on rural transport vehicle is obtained from the calculation of technical changes in the body of rural transport is calculated by the amount of Coeffisien Drag ( $C_D$ ), Coeffisien Lift ( $C_L$ ) and Coeffisien Side ( $C_S$ ). The front of the vehicle is a vehicle body part which will determine the amount of drag (drag force), as well as the roof of the vehicle can be improved aerodynamics by designing konvex shaped roof in order to facilitate the flow of air flow to the rear. High performance on rural transport vehicles are needed in the face of aerodynamic forces. Where the aerodynamic forces affecting the stability of the vehicle. The performance of the vehicle can be stabilized by regulating and controlling the characteristics of the vehicle. In this study, rural transport vehicle models made by modifying the vehicles existing rural transport. Similarly, the addition of water foil, air dam, side air dam, spoiler, and dress-up effect on the speed. The results showed changes in shape rural vehicle and the addition of accessories have an impact on the aerodynamic forces. The stability of the vehicle is also determined by the force that occurs in the rear of the vehicle, then made more acute even mounted spoiler., So fast semai kn arising vehicle lift and vortex or turbulence (vortek) can be eliminated. Drag reduction on the side of the vehicle can be done by designing the curvature of the sides (convexity). The lower part of the vehicle will also in crease the value of the drag on the vehicle.*

**Keywords**: aerodynamics, vehicle stability, drag, lift, side force.

**I. PENDAHULUAN**

Angkutan pedesaan umum adalah sarana yang sangat penting dalam kegiatan masyarakat untuk membawa atau mengangkut barang dan orang. Seperti halnya kita ketahui bahwa angkutan pedesaan khususnya jenis angkutan perkotaan atau pedesaan atau angkutan lainnya selalu adanya peremajaan, akan tetapi perlu kita ingat bahwa peremajaan angkutan pedesaan tersebut selalu dikaitkan dengan aturan pemerintah, kenyamanan penumpang, eksterior, dan interior kendaraan itu. Untuk itu penulis akan membahas memodifikasi angkutan umum yang belum diremajakan / diperbaharui dijadikan sampel angkutan pedesaan.

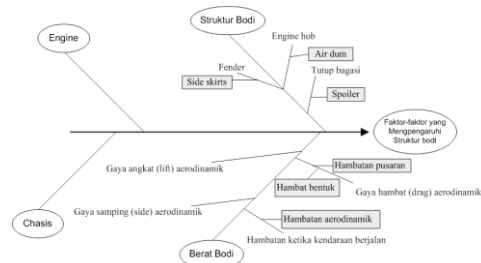
Peneliti berharap hasilnya dapat menunjukkan bahwa mobil yang telah dimodifikasi tersebut dapat bekerja dengan baik tanpa mengurangi karakter mesin sebelumnya dan dapat memenuhi tuntutan masyarakat pedesaan dan tujuan pemerintah PP/Perpu. ; No. 41/2013 dan Permen No.33/M-IND/PER/7/2013 Tentang Mobil Pedesaan yang CC kecil bentuk sederhana yaitu ; mobil yang aman dan nyaman sebagai angkutan barang dan orang. "Tentunya seperti harus dilihat seperti apa". Oleh karena itu, penulis mencoba mendesain ulang angkutan pedesaan yang sudah ada dengan cara memodifikasi angkutan pedesaan tahun 1991. Tipe dua kabin merupakan pilihan berdasarkan hasil studi lapangan, tipe ini adalah gabungan antara mobil suv dan pick up yang hasilnya adalah sebuah mobil angkutan yang nyaman dan tetap terlihat atraktif dan modern karena memiliki desain yang up to date, serta multi fungsi sebagai pick up dan diharapkan untuk menjadi sampel mobil pedesaan ke depannya oleh para industri otomotif.

bodi, kendaraan yang hemat energi, arodinamis dan berat dapat lihat pada tabel. Berdasarkan uraian diagram tersebut, maka diidentifikasi pada struktur bodi ialah air dum, side skrits, spoiler. Sedangkan pada berat bodi ialah hambatan pusaran, hambatan bentuk, dan hambatan aerodinamik.

**Spesifikasi Body Kendaraan**

Dimana spesifikasi bodi sangat dibutuhkan untuk suatu pemodifikasian kendaraan angkutan pedesaan sebagai berikut :

- Model : Double Cabin
- Tipe : Gabungan Van dengan Pick up
- Roda : 165- R13 / 32R
- Penumpang : ≤ 12 Orang
- Daya angkut barang : ≤ 1000 Kg
- Berat : ≤ 1500 Kg
- Panjang : ±3720 mm
- Lebar : ±1560 mm
- Tinggi : ±1820 mm
- Bak Belakang : ± (1140 X 1560 X 300) mm
- Batas bawah : ±200 mm
- Wheel base : 1960 mm
- Wheel track : 1440 mm



**Gambar 1.** Diagram tulang ikan

**Tabel 1.** Data spesifik kendaraan sebelum perubahan

No.	Dimensi & Berat	Model Type	Keterangan
1	Dimensi dan Berat	Minibus	Kabin Full
	Panjang (Overall Length)	P = 3720	mm
	Lebar (Overall Width)	L = 1560	mm
	Tinggi (Overall Height)	T = 1820	mm
	Jarak Poros Roda (Wheel Base)	1960	mm
	Jarak Roda Depan (Front Track)	1440	mm
	Jarak Roda Belakang (Rear Track)	1560	mm
	Tinggi dari Tanah	200	mm
	Berat Kosong (GVW)	1150%	Kg
	GVW	1560%	Kg
	Daya Angkut Barang	110%	Kg
	Daya Angkut Pengisian	600%	Kg
	Kapasitas Penumpang	12%	Org

Berdasarkan latar belakang diatas perlu didakan identifikasi masalah yang dipengaruhi, struktur

**1. Struktur bodi**

- a. Air dum ialah mempercepat aliran udara yang melewati bagian bawah kendaraan pada saat berjalan.
- b. Side skrits ialah ialah untuk mencegah masuknya udara karena bertekanan rendah yang umumnya tercipta di bagian bawah kendaraan.
- c. Spoiler ialah menampung tekanan gerak udara yang mengalir dari arah depan.

**2. Berat bodi**

- a. Hambatan pusaran ialah karena adanya perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah kendaraan, menyebabkan timbulnya gerakan aliran udara dari permukaan bahwa menuju ke permukaan atas kendaraan yang berupa pusaran (*vortex*).
- b. Hambatan bentuk ialah adanya gradien tekanan (*pressure drag*) dan adanya gesekan (*friction drag*).

- c. Hambatan aerodinamik ialah besaran dimensi yang digunakan untuk mengukur drag atau hambatan dari obyek dalam lingkungan fluida seperti udara atau air.

**II. LANDASAN TEORI**

**Pengertian Sistem Angkutan pedesaan**

Angkutan pedesaan merupakan usaha memindahkan, menggerakkan, mengangkut atau mengalihkan suatu objek dari suatu tempat ke tempat lain dimana di tempat lain ini objek tersebut lebih bermanfaat atau dapat berguna untuk tujuan-tujuan tertentu (Miro, 2005). Angkutan pedesaan diartikan sebagai pemindahan barang dan manusia dari tempat asal ke tempat tujuan (Nasution, 1996). Dalam hubungan ini terlihat ada tiga hal sebagai berikut :

- a) Ada muatan yang diangkut
- b) Tersedia kendaraan sebagai alat angkutannya, dan
- c) Ada jalanan yang dapat dilalui.

Proses angkutan pedesaan merupakan gerakan dari tempat asal, dari mana kegiatan pengangkutan dimulai, ke tempat tujuan, ke mana kegiatan pengangkutan diakhiri. Angkutan pedesaan menyebabkan nilai barang lebih tinggi di tempat tujuan daripada di tempat asal, dan nilai ini lebih besar daripada biaya yang dikeluarkan untuk pengangkutannya. Nilai yang diberikan oleh angkutan pedesaan adalah berupa nilai tempat (*place utility*) dan nilai waktu (*time utility*). Kedua nilai ini diperoleh jika barang telah diangkut ke tempat di mana nilainya lebih tinggi dan dapat dimanfaatkan tepat pada waktunya.

Kategori M1 adalah Kendaraan Bermotor yang digunakan untuk angkutan orang yang memiliki tempat duduk maksimal delapan orang termasuk tempat duduk pengemudi atau yang beratnya tidak lebih dari 3500 Kilogram, Seperti yang tertera dalam tabel 2 di bawah ini.

**Tabel 2.** Studi kasus perbandingan standar UNECE dan standar Indonesia type M1

KATEGORI	UN – ECE	INDONESIA
M1 (Mobil Penumpang)	Massa : ≤ 3500 kg Orang : ≤ 8 orang + Pengemudi Panjang : ≤ 12 m Lebar : ≤ 2.55 m Tinggi : ≤ 4 m	Massa : ≤ 3500 kg Orang : ≤ 8 orang + Pengemudi Panjang : ≤ 12 m Lebar : ≤ 2.5 m Tinggi : ≤ 4.2 m dan tidak lebih 1.7 kali lebar kendaraan

**Aspek Kebutuhan Konsumen**

Konsumen adalah target dari sumber inspirasi pengembangan produk karena konsumen tidak saja dapat memanfaatkan dan menggunakan produk akan tetapi, sekaligus mereka akan menentukan apakah produk tersebut baik atau

buruk dari kaca mata industri. Dari sudut pandang tersebut, pemahaman akan keinginan konsumen menjadi sangat menentukan kesuksesan dari setiap produk dipasar.

Proyek pengembangan produk baru tidak menghasilkan produk yang menjadi harapan konsumen sekalipun telah dilakukan analisa pasar dan berbagai aspek lainnya secara mendalam. Oleh karena itu perlu strategi tertentu ketika keinginan konsumen agar dapat di implementasikan didalam pengembangan produk baru. Salah satu caranya adalah dengan "angkutan pedesaan double cabin".

Angkutan pedesaan double cabin, pertama kali dikembangkan oleh Industri Otomotif tahun 1982 (untuk kota Surabaya), adalah model yang bertujuan untuk mengkatagorikasikan atribut-atribut dari produk ataupun jasa berdasarkan seberapa baik produk/jasa tersebut mampu memuaskan kebutuhan pelanggan (Anggana, Mitsubishi.,1982). Melalui angkutan pedesaan double cabin ini dapat diklasifikasikan sejumlah keinginan konsumen dan kemampuan perusahaan didalam membuat proyek produk baru. Dalam angkutan pedesaan double cabin ini katagori suatu atribut dapat dibedakan menjadi:

- o *Basic needs.* Merupakan keinginan konsumen yang diasumsikan pasti ada dalam suatu produk. *Basic needs* merupakan keinginan yang tidak terucapkan dari konsumen tentang suatu produk yang diinginkan.
- o *Performance needs.* Pada katagori *Performance needs* merupakan keinginan yang terucapkan dari konsumen dimana jika suatu atribut tidak ada didalam sebuah produk akan mengecewakan dan jika ada akan menambah kepuasan.
- o *Excitement needs.* Pada katagori, *Excitement needs* merupakan salah satu keinginan yang tidak terucapkan dari konsumen tentang suatu produk. Dengan memperhatikan angkutan pedesaan double cabin maka didapat ditemukan beberapa cara mendapatkan ide dalam pengembangan produk yang didasarkan pada keinginan konsumen (*customer driven*)

**Data Implementasi Produk**

Teknik yang akan dikemukakan disini terutama ditunjukkan untuk mewancarai pengguna terakhir, tetapi teknik ini dapat diterapkan untuk ketiga cara pengumpulan data untuk semua tipe stakeholder. Pendekatan ini terbuka untuk semua informasi yang disediakan oleh pelanggan dengan menghindari konfrontasi maupun sikap defensif dari pelanggan yang diwawancarai. Pada sebagian besar kasus, interaksi dengan pelanggan yang bersifat verbal.

Hasil akhir dari proses pengumpulan data adalah menyusun data mentah, biasanya dalam kolom/lembaran pernyataan pelanggan (*customer*

statement), dan sering kali dilengkapi dengan wawancara sesuai dengan pertanyaan diatas.

Salah satu usul tersebut telah dilengkapai, penetapan spesifikasi ini ditulis untuk beberapa saja. Selanjutnya ini dapat melengkapi beberapa penelitian, menetapkan syarat ini tidak mudah ditebak, bahkan dalam pengambilan tipe solusi yang baik. Tujuan untuk membuat spesifikasi pembuatan yang akurat yang perlu bagi modifikasi.

1. Mempertimbangkan level berbeda yang sifatnya umum dari solusi tersebut yang mungkin dapat diusulkan. Mungkin bisa dipilih satu pilihan di antara level ini :
  - Alternatif produk
  - Tipe produk
  - Ciri produk
2. Menentukan level yang sifatnya umum yang akan digunakan dalam operasi. Keputusan ini biasanya dibuat oleh pelanggan.
3. Mengidentifikasi atribut kebutuhan yang perlu. Atribut sebaiknya dirumuskan dalam syarat-syarat yang independen dari solusi tersebut.
4. Mengurangi syarat-syarat pembuatan secara ringkas dan jelas untuk setiap atribut. Kemungkinan yang ada, spesifikasi sebaiknya dalam syarat-syarat yang dapat dijangkau dan mengidentifikasi perbedaan diantara batasan tersebut.

**Daftar Spesifikasi**

1. Menyiapkan daftar metrik  
 Hubungan antara kebutuhan dan metrik merupakan inti dari proses penetapan spesifikasi. Cara yang baik untuk membuat daftar metrik adalah mengamati setiap kebutuhan satu persatu, lalu memperkirakan karakteristik yang tepat dan terukur dalam sebuah produk yang memuaskan kebutuhan pelanggan. Yang harus diperhatikan dalam menyiapkan daftar spesifikasi membedakan sebuah persyaratan apakah keharusan (demand) atau keinginan (wishes). Berikut ini daftar kebutuhan perancangan

**Tabel 3.** Daftar spesifikasi

Kategori	Persyaratan	
Demand or Wishes	Spesifikasi	Dimensi
D	Berpenumpang ≤ 12	2/3 dari karoseri
W	Dapat Mengangkut barang ≥ 100 Kg	Bak Belakang 1550X1140X300mm
W	Model mengikuti jaman (Bodi)	Double Cabin
D	Plat Cabin ringan & kuat (Bodi)	0,8 – 0,9 (mm)
W	Tidak cepat rusak & awet (Bodi)	

D	Rangka kuat menahan beban angkut	
W	Bak multiguna awet	Bak Belakang ( 1550X1140X300 ) mm
D	Aman saat dikendarai supir & penumpang serta nyaman	Safety power steering, suspensi, Ekstrior dan Interior
D	Perawatan mudah & cukup handal	

Metrik harus merupakan kriteria yang populer untuk perbandingan dipasar. Kebanyakan pelanggan pada berbagai pasar membeli produk berdasarkan hasil evaluasi publikasi yang diterbitkan secara bebas.

2. Mengumpulkan informasi tentang pesaing  
 Ketika tim memulai proses pengembangan produk dengan beberapa ide tentang bagaimana produk bersaing di pasaran, target spesifikasi adalah bahasa yang digunakan tim untuk berdiskusi dan menentukan posisi produknya dibanding produk yang ada, baik produk yang dimiliki perusahaan sendiri maupun produk pesaing. Informasi mengenai produk pesaing dikumpulkan untuk mendukung keputusan mengenai *positioning* produk.

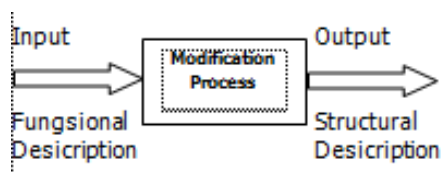
3. Menentukan nilai target ideal dan marginal yang dapat dicapai untuk tiap metrik  
 Diperlukan dua macam nilai target, yaitu nilai ideal dan nilai yang dapat diterima secara marginal. Nilai ideal adalah hasil terbaik yang terbaik diharapkan tim. Nilai yang dapat diterima secara marginal adalah nilai metrik yang membuat produk diterima secara komersial. Kedua target ini berguna untuk menuntun tahap pengembangan konsep dan pemilihan konsep, serta memperbaiki spesifikasi setelah produk dipilih.

- Terdapat 5 cara untuk mengungkapkan nilai metrik :
- **Minimal X** : Spesifikasi ini menetapkan target untuk batas bawah metrik, dimana nilai yang lebih tinggi lebih adalah yang lebih baik.
  - **Maksimal X** : Spesifikasi ini menetapkan target untuk batas atas dari metrik, di mana nilai yang lebih kecil adalah yang lebih baik.
  - **Diantara X dan Y** : Spesifikasi ini menetapkan batas atas dan bawah untuk nilai metrik.
  - **Tepat X** : Spesifikasi ini menetapkan target metrik pada nilai tertentu, dimana perbedaan nilai akan menurunkan kinerja.
  - **Kumpulan nilai diskret** : Beberapa metrik mempunyai nilai berupa beberapa pilihan diskret.

**Perancangan Konsep Black Box**

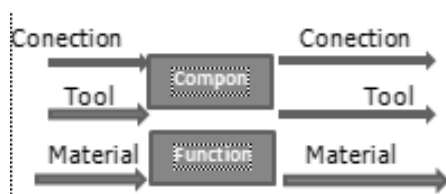
Fungsional adalah gambaran kotak hitam yang berkaitan dengan struktur fisik dari artefak teknis. Sekarang tugas modifikasi untuk mengisi

kotak hitam ini dengan struktur fisik seperti bahwa struktur ini akan mewujudkan fungsi yang ditunjukkan. Dapat dilihat pada gambar dibawah ini



**Gambar 2.** Konsep *black box*

Karena itu Output dari proses modifikasi, adalah deskripsi dari struktur fisik yang memadai melakukan fungsi yaitu, dengan modifikasi (dapat diambil serta menyertakan manual kepada pengguna). Ditentukan dari proses modifikasi, dua pengamatan dapat dilakukan. Pertama, modifikasier berhasil, memdapatkan jarak antara gambaran fungsi dan secara sistematis mereka menggunakan segala macam metode modifikasi untuk membantu mereka memecahkan masalah modifikasi. Kedua, mereka dalam banyak kasus mampu menjelaskan mengapa modifikasi yang diusulkan akan memadai memenuhi fungsinya. Menyerasikan pendekatan kombinasi seperti yang disarankan oleh metode morfologi, konsep yang menghasilkan, salah satunya dapat di tujukkan pada gambar 3.



**Gambar 3.** Konsep diagram fungsi-komponen

### Struktur Fungsi

Untuk menetapkan fungsi-fungsi yang di harapkan dan batas sistem dari rancangan baru. Penetapan fungsi-fungsi (*establishing funcionts*) ini bertujuan untuk menentukan fungsi-fungsi yang terjadi dalam satu rancangan metode yang dipakai adalah analisis fungsional. Langkah-langkah yang dilalui adalah pembuatan model sistem kotak hitam yaitu menyatatakan fungsi keseluruhan dari rancangan produk dalam bentuk konversi input menjadi output. Kemudian memecahkan fungsi keseluruhan ke dalam serangkaian sub-sub fungsi yang essensial dan menggambarkan sebuah diagram blok yang nenunjukkan interaksi antara sub-sub fungsi tersebut kedalam sebuah diagram blok.

Metode analisa fungsi memberikan sejumlah pertimbangan fungsi pokok dan level, dimana sebuah masalah dialamatkan fungsi pokok adalah perlengkapan, produk atau sistem yang di modifikasi harus memuaskan tidak masalah komponen fisik apa yang digunakan.

1. Mengekspresikan keseluruhan fungsi modifikasi yang berkenan dengan input ke output. Poin awal metode ini mengkonsentrasikan pada apa yang akan dicapai melalui sebuah modifikasi baru dan tidak pada bagaimana hal tersebut tercapai. Lebih baik untuk mencoba membuat keseluruhan fungsi seluas mungkin pada awalnya, jika diperlukan adalah salah untuk memulai dengan keseluruhan fungsi terbatas dan tidak diperlukan yang mana akan membatasi solusi yang memungkinkan.
2. Melakukan perincian terhadap keseluruhan fungsi ke dalam seperangkat sub fungsi pokok. Biasanya konversi dari set input ke dalam satu set output adalah merupakan suatu tugas yang komplek di dalam kotak hitam yang mana harus diperinci ke dalam sub tugas atau sub fungsi tidak ada tujuan yang benar-benar, cara yang sistematis untuk melakukannya.
3. Menggambar sebuah diagram blok yang menunjukkan interaksi antara sub fungsinya Sebuah diagram blok berisikan semua sub fungsi yang teridentifikasi secara terpisah dengan menyertakan mereka di dalam kotak-kotak yang berhubungan bersama melalui input dan output mereka sehingga memuaskan keseluruhan fungsi dari produk atau peralatan yang dimodifikasi.
4. Menggambar batas sistem Dalam menggambar diagram balok anda juga memerlukan pembuatan keputusan mengenai tingkat yang tepat dan lokasi dari batasan. Seperti contoh, tidak dapat melepaskan input atau output dalam diagram kecuali hal yang keluar dari batasan sistem.
5. Meneliti komponen-komponen yang sesuai untuk melakukan sub fungsi dan interaksinya. Jika sub fungsi telah ditetapkan secara memadai pada level yang sesuai, kemudian dimungkinkan untuk diidentifikasi komponen yang sesuai untuk tiap sub fungsi. Identifikasi dari komponen ini akan tergantung pada sifat produk, peralatan atau sistem yang lebih umum yang telah di modifikasi, seperti sebuah komponen dapat diartikan sebagai seorang yang melaksanakan sebuah tugas tertentu, suatu komponen mekanis atau suatu komponen elektronik.

### Matrik Sub Fungsi Marfologi Chart , Konsep Scoring

*Morphological Chart* adalah suatu daftar atau ringkasan dari analisis perubahan bentuk secara sistematis untuk mengetahui bagaimana bentuk suatu produk dibuat. Kombinasi yang berbeda dari sub solusi dapat dipilih dari chart mungkin dapat menuju solusi baru yang belum teridentifikasi sebelumnya. *Morphological Chart* berisi elemen-

elemen, komponen-komponen atau sub-sub solusi yang lengkap yang dapat dikombinasikan. Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Mendaftar/membuat daftar yang penting bagi sebuah produk. Daftar tersebut haruslah meliputi seluruh fungsi pada tingkat generalisasi yang tetap.
2. Daftar setiap fungsi yang dapat dicapai yang menentukan komponen apa saja untuk mencapai fungsi. Daftar tersebut meliputi gagasan baru bagaimana komponen-komponen yang ada dari bagian solusi.
3. Menggambar dan membuat sebuah *chart* untuk mencantumkan sesuai kemungkinan-kemungkinan hubungan solusi.
4. Identifikasi kelayakan gabungan/kombinasi sub-sub solusi.

**Pembuatan konsep varian**

Dalam pembuatan konsep varian kita harus memperhatikan segi teknik dan ekonominya. Konsep varian dapat dibuat berdasarkan data-data di bawah ini:

1. Sketsa dan kemungkinan bentuk rancangan dan bentuk fisiknya.
2. Perhitungan kasar yang didasarkan pada asumsi
3. Penelitian lebih lanjut untuk mengembangkan teknologi
4. Pengujian model untuk menentukan unjuk kerja secara kuantitatif

**a. Konsep Scoring/ Konsep Penilaian**

Konsep penilaian adalah teknik yang sangat mirip dengan konsep penyaringan dan digunakan ketika permintaan meningkat baik akan membedakan antara konsep-konsep. Langkah-langkah untuk menggunakan metode adalah sebagai berikut:

1. Pilih kriteria dari perbandingan.
2. Pilih yang mana konsep yang akan dievaluasi.
3. Memutuskan apakah hanya satu konsep akan digunakan sebagai sebuah datum/titik pusat atau jika konsepnya berbeda akan digunakan sebagai kriteria yang berbeda.
4. Mempersiapkan grafik seleksi dan menentukan bobot untuk setiap kriteria.
5. Laju dari konsep.
6. Ranging dari konsep.
7. Kombinasi dan tingkatan konsep.
8. Pilih satu atau konsep lain.

Memutuskan apakah hanya satu konsep akan digunakan sebagai sebuah data umum atau jika berbeda konsep akan digunakan sebagai referensi untuk kriteria berbeda.

Meskipun hanya satu referensi, konsep dapat digunakan untuk comparative ranking dari semua kriteria sebagai konsep penyaringan, karena tidak selalu sesuai. Mempertimbangkan, misalnya bahwa konsep referensi dapat digunakan sebagai datum lebih baik daripada sisanya dalam 1 kriteria.

Selection Criteria	Weight	Concepts							
		Datum		B		C		D	
		Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score	Rating	Weighted Score
Ease of use									
Readability of settings									
Ease of handling									
Dose metering accuracy									
Durability									
Ease of manufacture									
Portability									
Total Score									
Rank									
Continue?									

**Gambar 4.** Konsep Scoring Matriks

Persiapan untuk memilih grafik dan memutuskan berat dari masing kriteria. Pilihan grafik menggunakan metode skor yaitu sangat mirip dengan grafik pugh dengan dua pengecualian pertama untuk 2 kriteria, pertama dari masing kriteria, termaksud dari bobot, kedua, grafik termaksud 2 kolom per konsep: peringkat dan bobot skor. Masing-masing persentase didefinisikan sedemikian rupa sehingga jumlah semua persentase yang berbeda adalah 100%.

**Tabel 4.** Skoring matriks untuk tiga varian alternatif

Selection Criteria	Weight	Parameter	Car A		Car B		Car C	
			Value	Rating Score	Value	Rating Score	Value	Rating Score
Low fuel consumption	50%	Miles per gallon	33	2 1.0	40	4 2.0	36	3 1.5
Low cost of spare parts	20%	Cost of 5 typical parts	£18	7 1.4	£22	5 1.0	£28	2 0.4
Easy to maintain	10%	Simplicity of servicing	Very simple	5 0.5	Complicated	2 0.2	Average	3 0.3
High comfort	20%	Comfort rating	Poor	2 0.4	Very good	5 1.0	Good	4 0.8
Total Score			3.3		4.2		3.0	
Rank			2		1		3	

**III. HASIL DAN PEMBAHASAN**  
**Pengujian Konsep**

Pengujian konsep adalah dilakukan untuk memfasilitasi pengambilan keputusan selama tahap-tahap pemilihan konsep akhir, umumnya telah dilakukan pemilihan modifikasi secara rinci, pengujian konsep tidak diperlukan bila:

- Waktu yang dibutuhkan untuk menguji konsep besar relatif terhadap siklus hidup produk.
- Biaya dari testingnya relatif mahal untuk biaya dari benar-benar meluncurkan produk.

Ulrich & Eppingers memberikan langkah metodologi untuk pengujian konsep produk.

1. Pengujian konsep  
Dalam langkah konsep inisial, desain tim harus menjelaskan pertanyaan apa yang mereka inginkan untuk menjawab tes tersebut, penting untuk mendefinisikan apa tes atau percobaan untuk beberapa pertanyaan yang sensitip.

2. Memilih Populasi Survey
 

Penting untuk menemukan sebanyak mungkin pelanggan untuk survei dan berapa segmen pasar mereka akan seleksi ini dilakukan dengan cara serupa seperti pemilihan pelanggan dalam "mengidentifikasi kebutuhan pelanggan fase" adalah penting, namun, untuk fase diingat bahwa pengujian konsep adalah kegiatan mahal sekali/ biaya besar. Memilih Format Survey suatu produk yang diinginkan. Berikut ini umumnya digunakan dalam konsep pengujian:

  - Wawancara dengan pengemudi
  - Wawancara dengan pengguna jasa
  - Survey lapangan/tempat angkutan tersebut
  - Informasi dari masyarakat dan Kobanter
  - Mail dan Internet

**Sistem Aerodinamik**

Aspek Perancangan Kendaraan

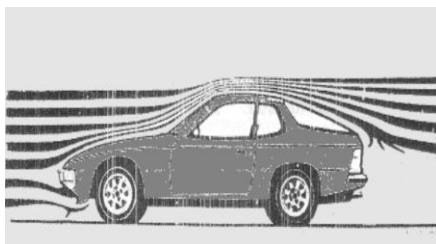
- Aerodinamik adalah gaya hambat yang disebabkan oleh aliran udara yang menerpa bodi kendaraan.
  - Ergonomi adalah ilmu yang mempelajari hubungan antara manusia dengan lingkungan kerjanya.
- Estetika adalah aspek perancangan atau pemodifikasian produk dengan menekankan unsur-unsur keindahan, keamanan, dan kenyamanan.



**Gambar 5.** Perancangan aerodinamis

Penyebab utama dari timbulnya gaya-gaya aerodinamis pada kendaraan adalah:

1. Adanya distribusi tekanan pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah normal pada permukaan kendaraan.
2. Adanya distribusi tegangan geser pada permukaan bodi kendaraan yang akan bekerja pada arah tangensial terhadap permukaan kendaraan.



**Gambar 6.** Penyebab timbulnya aerodinamis

Secara umum dimana arah relatif angin terhadap kendaraan tidak serlalu bisa sejajar dengan sumbu longitudinal kendaraan, maka akan terjadi tiga gaya aerodinamik pada kendaraan. Gaya-gaya aerodinamik tersebut diatas :

1. Gaya hambat (drag) aerodinamik ( $F_D$ )
2. Gaya angkat (lift) aerodinamik ( $F_L$ )
3. Gaya samping (side) aerodinamik ( $F_S$ )
4. Hambatan ketika kendaraan berjalan

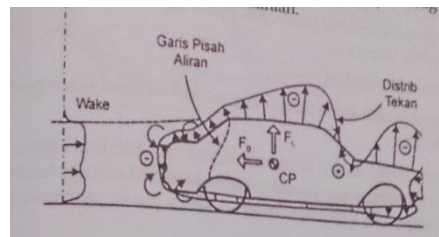
Karena bentuk bodi dari kendaraan yang dibuat sesuai pola aliran udara pada kendaraan tersebut maka besar kemungkinan titik kerja ketiga gaya angin tersebut yang pada umumnya disebut "center of pressure" ( $C_p$ ) berada di luar titik pusat massa dari kendaraan ( $C_g$ ).

**1. Gaya hambat (drag) aerodinamik**

Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan.

a. Hambatan bentuk

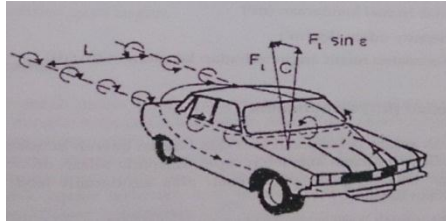
Gaya hambat yang disebabkan oleh adanya gradien tekanan (*pressure drag*) dan adanya gesekan (*friction drag*). Terbentuk gaya hambatan (*form drag*) pada kendaraan dapat dijelaskan seperti pada gambar dibawah ini.



**Gambar 7.** Hambatan bentuk pada kendaraan

b. Hambatan pusaran

Karena adanya perbedaan tekanan antara bagian atas dan bagian bawah kendaraan, menyebabkan timbulnya gerakan aliran udara dari permukaan bahwa menuju ke permukaan atas kendaraan yang berupa pusaran (vortex). Timbulnya vortex pada kendaraan juga menghambat gerak laju kendaraan yang disebabkan adanya pengaruh gaya angkat vertikal pada bodi mobil yang sedang bergerak secara horizontal. Terbentuknya vortex dapat dilihat pada gambar.



**Gambar 8.** Hambatan Pusing pada Kendaraan

Vortex yang terjadi akan mengubah arah lift yang semula tegak lurus terhadap jalan menjadi miring ke belakang dengan sudut yang relatif kecil ε. Timbulnya defleksi ke arah belakang dari gaya lift menyebabkan terjadinya komponen *induced drag* dalam arah horisontal sebesar :

$$D_i = F_L \sin \epsilon \dots\dots\dots (1)$$

Gaya hambat oleh aliran udara yang mengalir melalui sistem pendingin mesin yaitu radiator. Pada kenyataan hanya hambatan bentuk dan hambatan pusing yang paling besar pengaruhnya terhadap gaya hambat secara keseluruhan. Gaya hambatan tersebut adalah sebagai fungsi dari kecepatan kuadrat. Secara umum perumusan gaya hambat angin adalah :

$$F_D = \frac{1}{2} \cdot C_d \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan :

$C_d$  = koefisiensi gaya hambat

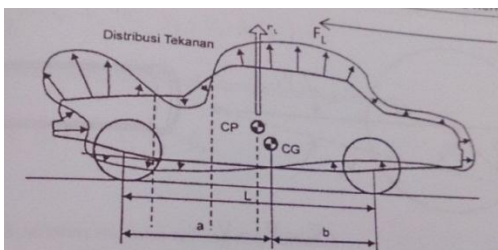
$A_f$  = luas frontal kendaraan ( $m^2$ )

$\rho$  = density udara ( $kg/m^3$ )

$V_a$  = kecepatan relatif angin terhadap kendaraan ( $m/dt$ )

**2. Gaya angkat (lift) aerodinamik**

Perbedaan bentuk antara permukaan atas dan bagian bawah kendaraan menyebabkan aliran udara pada permukaan atas lebih cepat daripada aliran udara dari pada permukaan bawah, sehingga tekanan pada permukaan atas kendaraan lebih rendah daripada tekanan permukaan bawah.



**Gambar 9.** Distribusi tekanan penyebab gaya

Angkat gaya ini bekerja dalam arah vertikal dan biasanya arah ke atas ditandai sebagai arah positif dan ke bawah sebagai arah negatif Gaya lift secara total dapat dirumuskan sebagai berikut:

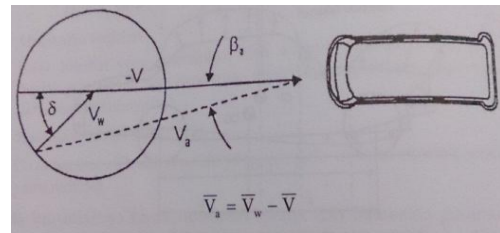
$$F_L = \frac{1}{2} \cdot C_p \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot A_f \dots\dots\dots (3)$$

Keterangan :

$C_p$  = koefisien gaya angkat

**3. Gaya samping (side) aerodinamik**

Jika kendaraan bergerak dalam udara yang diam (tidak ada angin) atau ada gerakan angin yang sejajar dengan arah gerak kendaraan. Biasanya arah serangan angin tidak sejajar terhadap arah gerak mobil sehingga membentuk sudut tertentu ( $\delta$ ) terhadap lintasan kendaraan.



**Gambar 10.** Sudut serangan angin

Sehingga dengan demikian akan dihasilkan resultan kecepatan udara ( $V_a$ ) dari kecepatan kendaraan ( $V$ ) dan kecepatan angin ( $V_w$ ), dengan membentuk sudut tertentu ( $\beta_a$ ) terhadap lintasan kendaraan.

Gaya samping juga terjadi pada kondisi kendaraan berbelok. Gaya samping dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$F_S = \frac{1}{2} C_s \cdot \rho \cdot V_a^2 \cdot V_f \cdot \beta_a \dots\dots\dots (4)$$

Keterangan :  $\beta_a$  = sudut serang angin, lihat gambar 10.

**4. Hambatan ketika kendaraan berjalan**

a. Hambatan gelinding dari ban

Terjadi karena dideformasi ban, kondisi jalan serta efek roda yang berputar, dapat dilihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 11.** Hambatan gelinding dari ban

- b. Hambatan aerodinamik  
 Dari hambatan aerodinamik secara total dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$H_u = \frac{k \cdot A \cdot V^3}{137} \dots\dots\dots (5)$$

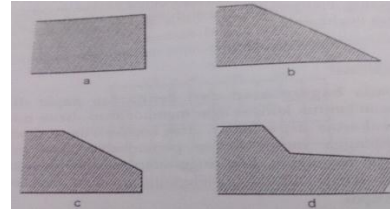
Keterangan :

- $H_u$  = Hambatan Udara (dk)
- $k$  = koefisien hambatan (konstanta = 0,00182)
- $A$  = luas efektif penampang kendaraan (m<sup>2</sup>)
- $V$  = kecepatan kendaraan

- c. Distribusi hambatan aerodinamik kendaraan
- Form drag (bentuk kendaraan) sebesar 55%.
  - Interference drag (interference komponen-komponen yang terpasang pada kendaraan) besarnya 17%.
  - Surfacer drag (bermacam-macam sambungan pada permukaan bodi kendaraan) besarnya.
  - Lift drag (gaya angkat pada mobil tersebut) besarnya 7%.

**Momen guling (rolling) aerodinamik**

- a. Pengaruh Bentuk Bodi  
 Banyak problem didalam bidang aerodinamika yang tidak labil diselesaikan hanya dengan perhitungan analitis dan matematis saja tetapi harus menggunakan berbagai macam eksperimen untuk membantu memecah-kan permasalahan dan menunjang teori dasar yang telah ada.
- b. Pengaruh bentuk komponen bodi
- 1) Bagian depan mobil (*forebody*)  
 Bagian depan mobil merupakan hidung mobil yang terdiri dari kap mesin (*hood*), *windscreen* beserta perlengkapan panel depan.
  - 2) Bagian belakang kendaraan (*vehicle rear end*)  
 Bentuk bagian belakang kendaraan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu squareback (van), fastback dan notchback (salon), dapat dilihat pada gambar.

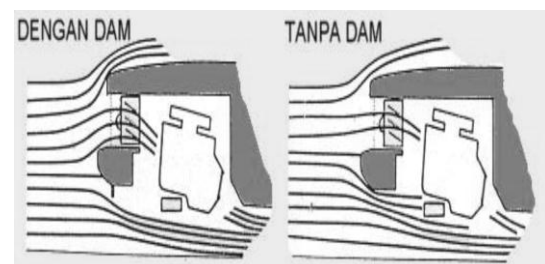


**Gambar 12.** Bagian belakang kendaraan

- *Bagian samping kendaraan*  
 Reduksi drag pada bagian samping kendaraan dapat dilakukan dengan memodifikasi kelengkungan bagian samping (*convexity*).
  - *Variasi dari bodi kendaraan*  
 Beberapa model variasi sering dipasang pada kendaraan, diantaranya "air dam" yang dipasang pada kendaraan depan kendaraan dan "rear spoiler" pada bagian belakang kendaraan.
- c. Menyempurnakan modifikasi bodi kendaraan
1. Membulatkan bidang frontal bodi kendaraan baik pada kabin maupun bagian yang menonjol. (penelitian General Motor, mengurangi gaya hambat sebesar 32%).
  2. Merancang kembali bodi kendaraan yang streamline. Streamline adalah bentuk bodi yang bulat dan lurus, dari kabin sampai pada bodi belakang, menyerupai modifikasi pesawat terbang.
  3. Merancang kembali body dengan model perahu (bodi menyempit) yaitu bagian belakang jika dilihat dari atas, secara bertahap akan menyempit saat mendekati area belakang.

**Memasang alat bantu yang mendukung**

1. Air dam  
 Bertujuan untuk mempercepat aliran udara di bagian kolong mobil, sehingga aliran udara tersebut bertambah cepat, dapat dilihat pada gambar dibawah ini. Udara yang bergerak dari daerah yang bertekanan tinggi ke daerah bertekanan rendah atau *favourable pressure gradient* akan dipercepat alirannya oleh karena perbedaan tekanan tersebut, dan sebaliknya akan diperlambat alirannya jika dari tekanan rendah ke tekanan tinggi atau *adverse pressure gradient*.



**Gambar 13.** Pemasangan air dam

Sejumlah aliran pada bodi kendaraan diatur oleh hubungan antara kecepatan dan tekanan yang diekspresikan dengan persamaan *Bernoulli*. Dapat dirumuskan sebagai berikut:

$$P_{statik} + P_{dinamik} = konstan = P_{total} \text{ atau}$$

$$P_s + \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 = konstan = P_t \text{ ..... (6)}$$

Keterangan :

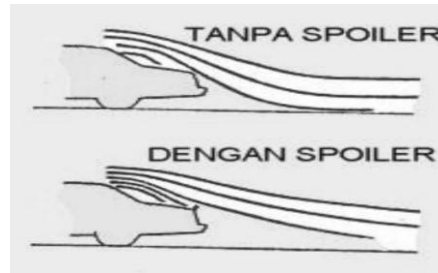
$\rho$  = densitas udara (kg/m<sup>3</sup>)

$V$  = kecepatan udara (relatif terhadap kendaraan) (m/s)

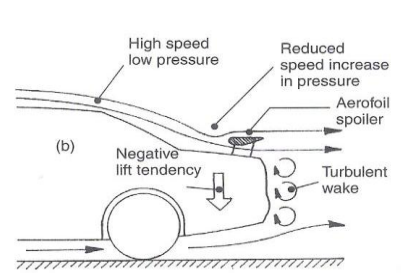
Udara adalah fluida yang memiliki densitas dan viskositas. Densitas ( $r$ ) didefinisikan sebagai massa persatuan volume. Properti ini tergantung pada tekanan ( $p$ ) dan temperatur ( $T$ ). Kendaraan di jalan pada umumnya berjalan dengan kecepatan di bawah sepertiga dari harga kecepatan suara. Pada batas kecepatan tersebut harga variasi tekanan dan temperatur dalam aliran dengan harga free stream sangat kecil, oleh karena itu perubahan pada densitas dapat diabaikan. Dengan demikian aliran udara yang mengalir disekeliling kendaraan dapat dikategorikan sebagai aliran fluida incompressible. Untuk kondisi standar,  $p = 1 \text{ atm}$  dan  $T = 288 \text{ K}$ , harga densitas atau  $r = 1,2250 \text{ kg/m}^3$ .

2. Spoiler (lip)

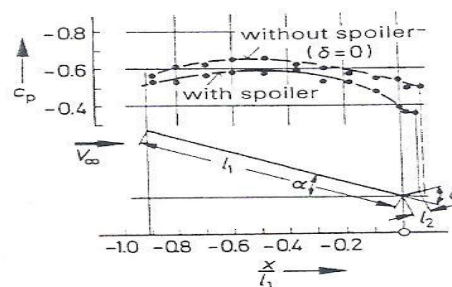
Komponen ini terletak pada bagian belakang, dipasangkan pada bagian bodi paling belakang (diatas bagasi/atap mobil belakang) yang bertujuan untuk menampung tekanan gerak udara yang mengalir dari arah depan. Selain itu Spoiler sebagai perangkat aerodinamis melekat pada belakang mobil fungsi modifikasi dimaksud adalah untuk membantu pergerakan udara yang tidak menguntungkan di seluruh bodi kendaraan dari beberapa macam gerakan. Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan stabilitas kendaraan dengan mengurangi mengangkat atau menurunkan hambatan yang dapat menyebabkan perlakuan tak terduga dalam mobil pada kecepatan tinggi. Spoilers sering dipasang pada perlombaan dan mobil sport performa tinggi, meskipun mereka telah menjadi umum pada kendaraan penumpang, dapat dilihat pada gambar dibawah ini.



**Gambar 14.** Spoiler (lip)

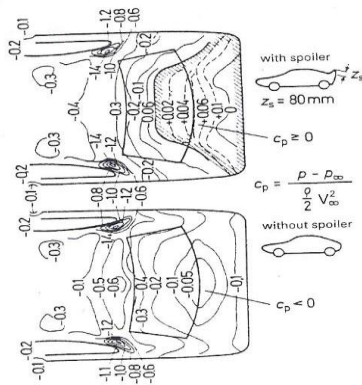


**Gambar 15.** Pengaruh spoiler belakang pada gaya angkat (Heisler, 2002)



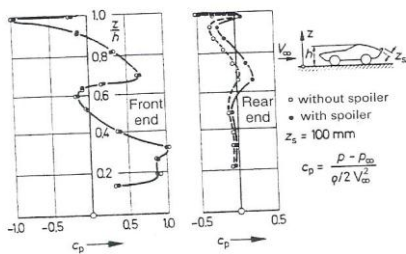
**Gambar 16.** Dua dimensi sebagai model simulasi untuk spoiler belakang (Ohtani,1972)

Dari gambar di atas, menjelaskan tentang fungsi spoiler belakang, dengan membelokkan flap, tekanan pada plat datar meningkat. Jika distribusi tekanan dimodifikasi, yang terdiri dari beberapa bagian dalam arah x dan y, hasilnya adalah hambatan rendah dan angkat. Gambar berikutnya menunjukkan isobar diukur untuk sebuah kecepatan.



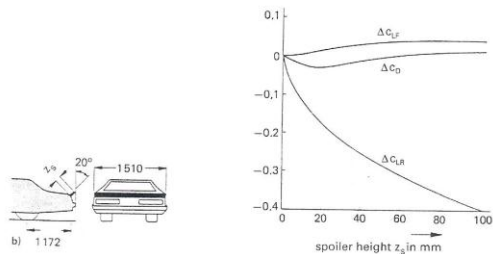
**Gambar 17.** Isobars pada kecepatan, dengan dan tanpa spoiler (Ohtani, 1972)

Spoiler menyebabkan peningkatan jelas dalam tekanan penurunan di belakang dan didepannya. Jika tekanan diplot dibandingkan kendaraan z / jam untuk penampang pusat, pengurangan hambatan.



**Gambar 18.** Tekanan kenaikan spoiler di bagian belakang kendaraan (Ohtani, 1972)

Cara yang menyeret dan daya angkat terjadi adalah tergantung pada z<sub>s</sub> ketinggian spoiler. Pengaruh pada distribusi tekanan ditampilkan di bawah. Kemungkinan mengurangi hambatan relatif rendah. Bahkan pada mobil sporty, dan bahkan lebih lagi pada mobil balap, bahkan peningkatan tarik diterima untuk memastikan bahwa lift poros belakang yang hampir habis.



**Gambar 19.** Pengaruh Ketinggian Spoiler Belakang pada Daya Angkat dan Tarik untuk kembali (Schenkel, 1977)

- Side skirts  
Tujuan dari side skirts ini adalah untuk mencegah masuknya udara ke area bertekanan rendah yang

umumnya tercipta di bagian bawah mobil. Hucho (1986) mengistilahkan side air dam dengan side skirt. Dijelaskan bahwa pemasangan peralatan ini dapat menimbulkan *ground effect*. Berdasarkan teori bahwa bagian bawah kendaraan akan membentuk ventury nozzle yang menghasilkan daerah tekanan rendah, sehingga menciptakan gaya lift yang negatif. Side skirts juga terjadi pada kondisi kendaraan berjalan, sehingga menciptakan gaya lift yang negatif, dapat dirumuskan sebagai berikut :

$$C_p = \frac{\rho - \rho_\infty}{\frac{1}{2} \rho \cdot V_\infty^2} \dots \dots \dots (7)$$

Keterangan :

- $\rho$  : tekanan lokal statik atau tekanan pada kontur
- $\rho_\infty$  : tekanan statik free stream
- $V_\infty$  : kecepatan free stream (m/s)

Timbul atau tidaknya gaya lift dapat dilihat secara langsung dari distribusi tekanan atau Cp pada permukaan atas dan permukaan bawah profil. Jika selisih distribusi tekanan pada permukaan atas bernilai negatif, maka gaya lift yang timbul akan menyebabkan profil terangkat, sedang bila yang terjadi adalah sebaliknya, maka gaya lift akan menyebabkan profil tertekan ke bawah. Selain distribusi tekanan, besar kecilnya gaya lift maupun drag juga ditentukan oleh gaya gesek dalam bentuk *skin friction coefficient* atau Cf.

**Perhitungan Optimasi Berat Bodi Kendaraan**

Modifikasi optimum adalah teknik optimasi yang memberi kita wawasan tentang sifat dan solusi yang diharapkan dari masalah rekayasa modifikasi. Teknik ini, yang dikembangkan oleh profesor R. C Johnson, memperoleh solusi untuk berbagai masalah modifikasi mekanik tanpa menggunakan uji coba dan kesalahan metode yang biasa. Hal ini efektif tetapi memakan waktu. Keberhasilan dalam mengakali banyak masalah yang dihadapi dalam teknik yang Optimasi yang lain terletak pada kemampuannya menggabungkan metode matematis dan grafis.

Untuk merancang sebuah modifikasi berat minimum, digunakan rumus sebagai berikut:

$$W = \gamma [2t(b + h) - 4t^2] \dots \dots \dots (8)$$

Keterangan :

- $\gamma$  = Berat jenis
- t = Ketebalan
- w = Satuan berat
- $\tau_a$  = Tegangan geser yang diijinkan
- S<sub>y</sub> = Daerah elastis
- b = Lebar
- h = Tinggi
- n = faktor keamanan

Menemukan: nilai h, t, dan b meminimalkan berat w. Sebuah analisis struktur menghasilkan persamaan modifikasi berikut :

Tegangan normal

$$?? = \frac{P}{A} \left[ 1 + \frac{ec}{k^2} \sec \left( \frac{L}{k} \sqrt{\frac{P}{EA}} \right) \right], \quad k^2 = \frac{I}{A} \dots\dots\dots (9)$$

beban tekuk  $P_{Cr} = \frac{??^2 EI}{4L^2} \dots\dots\dots (10)$

defleksi  $?? = e \left[ \sec \left( L \sqrt{\frac{P}{EI}} \right) - 1 \right] \dots\dots\dots (11)$

Optimasi berat kendaraan berfungsi untuk mendapatkan berat minimum dari bodi, dan mendapatkan kekakuan, kekuatan serta ketebalan bodi. Ketebalan bodi kendaraan yang di iijinkan di Indonesia minimum 0,7 mm, ketebalan bodi kendaraan yang di iijinkan di Jepang minimum 0,8 mm dan ketebalan bodi kendaraan yang di iijinkan di Eropa minimum 0,9 mm.

**Stabilitas Kendaraan**

1. *Safety Factor*

*Safety factor* adalah salah satu parameter kinerja kendaraan yang berkaitan dengan stabilitas kendaraan. Nilai dari parameter ini akan merekomendasi, apakah kendaraan layak diuji lapangan.

Cara mencari *safety factor* (SF) yaitu:

$$SF = \left( \frac{67T}{H} \right) - 100$$

atau

$$SF = 100 \left( \frac{T - 1,5H}{1,5H} \right) \dots\dots\dots (12)$$

Keterangan :

- SF = *Safety Factor* ( % )
- H = Ketinggian *Centre of Gravity* dalam (m)
- T = Wheel Track (m)

- Secara teoritis apabila nilai SF berada pada zona merah (SF ≤ 0 ) artinya kendaraan sangat tidak aman dan tidak layak untuk dilakukan test lapangan karena akan terjadi *oversteering* sehingga kendaraan akan terbalik.
- Nilai SF berada pada zona orange (0 < SF ≤ 0,21) artinya mobil tidak aman apabila dilakukan uji lapangan karena stabilitasnya sangat rendah dimana gaya cengkram mobil terhadap jalan sangat rendah.

**Tabel 5.** Stabilitas kendaraan

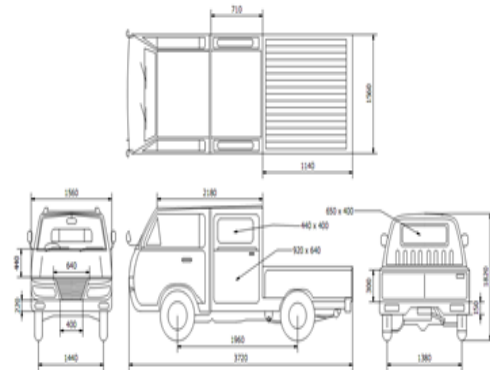
STABILITY TABLE	
SAFETY FACTOR, SF, percent	RATING
less than or equal to zero (<or=0)	Falls test! Extraordinarily unsafe.
0 to 21	Unsafe
22 to 33	Marginal
34 to 50	Acceptable
51 to 75	Very safe
Greater than 75 (>75)	Extremely desirable but not attainable*

- Sedangkan untuk nilai SF berada pada zona kuning (0,21<SF≤0,33) artinya kinerja kendaraan sulit untuk diprediksi pada saat uji lapangan, sebaiknya kendaraan tidak perlu dilakukan uji lapangan.

- Untuk nilai SF berada pada zona hijau mudah ( 0,33 < SF ≤ 0,51) artinya kinerja stabilitas kendaraan bisa diterima.

**Hasil Penelitian Perancangan Konsep (Conceptual Design) dan Proses**

Dibawah ini merupakan konsep rencana pemodifikasian bodi pada kendaraan lama yang akan modifikasi bentuk kabinnya.



Gambar 19. Rancangan modifikasi kendaraan

Dari hasil perhitungan maka di dapat data seperti pada dibawah ini :

**Tabel 6.** Hasil nilai varian tertinggi di setiap perhitungan.

No	Jenis	Aspek Modifikasi	Aspek Aerodinamis	Aspek berat kendaraan	Aspek safety faktor
1	Van	0139	22030	159.10 <sup>4</sup> kgm	4430%
2	Van	0166	22134	14,67.10 <sup>4</sup> kgm	4333%
3	Van	0170	26740	1693.10 <sup>4</sup> kgm	4220%

1. Merancang konsep modifikasi bodi kendaraan angkutan pedesaan yang dapat memenuhi pelanggan, pengoperasian mudah, ukuran sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan dan aman serta nyaman dalam pengoperasiannya. dan mempunyai nilai aerodinamis yang tinggi serta mempunyai berat yang optimum. Setelah masalah utama diketahui maka dibuatlah struktur fungsi secara keseluruhan berdasarkan aliran energi, material dan sinyal dengan menggunakan diagram blok yang menunjukkan hubungan antara *input* dan *output*. Setelah dibuat struktur fungsi keseluruhan dan sub fungsinya maka selanjutnya dicari prinsip-prinsip solusi untuk memenuhi sub fungsi

tersebut. Kriteria evaluasi Mengumpulkan parameter agar perbandingan setiap variasi konsep dapat terlihat dengan jelas, maka dipilih suatu parameter atau besaran yang dipakai oleh setiap varian.

- a. Menentukan kriteria evaluasi dapat dilihat pada tabel 4.4 dan gbr 4.7.
- b. Pemberian bobot kriteria dapat dilihat pada tabel 4.5.
- c. Menentukan nilai keseluruhan varian konsep untuk menentukan rating tiap varian diatas maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$WRJ = \frac{owvj}{V \max . \sum_{i=1}^n Wi}$$

2. Perhitungan aerodinamik komponen bodi kendaraan adalah komponen yang berfungsi melindungi dan mengamankan penumpang dari gangguan luar dan melindungi penumpang dari beban dampak yang terjadi akibat kecelakaan atau tabrakan.

- a. Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan, Gaya hambatan tersebut adalah sebagai fungsi dari kecepatan kuadrat. Berdasarkan rumus persamaan (2.1) Secara umum perumusan gaya hambat angin, untuk varian 3 maka didapat  $F_D = 267,4 N$

- b. Gaya angkat (lift) aerodinamik ialah Gaya ini bekerja dalam arah vertikal dan biasanya arah ke atas ditandai sebagai arah positif dan ke bawah sebagai arah negatif. Untuk varian 3 maka didapat  $F_L = 178 N$

- c. Gaya samping (side) aerodinamik ialah Biasanya arah serangan angin tidak sejajar terhadap arah gerak mobil sehingga membentuk sudut tertentu ( $\delta$ ) terhadap lintasan kendaraan, gaya samping juga terjadi pada kondisi kendaraan berbelok, untuk varian 3 maka didapat  $F_s = 2738,3$

- d. Hambatan ketika kendaraan berjalan, untuk varian 3 maka didapat  $Hu = 2,7 \times 10^{-0,7}$

3. Perhitungan Optimasi berat bodi kendaraan Mempunyai panjang dari sumbu tengah ban depan ke belakang  $\pm 1960$  mm, lebar 1560 mm dan tinggi 1825 mm, Untuk merancang sebuah desain berat minimum, untuk varian 3 maka didapat

$$W = 16,9 \cdot 10^{-3} kg / m$$

4. Perhitungan safety faktor Untuk dapat mengetahui kestabilan kendaraan sebelum diuji maka nilai dari parameter ini akan

merekomendasi, apakah layak diuji lapangan atau tidak, maka didapat nilai safety faktor untuk varian 3 ialah  $S_f = 42,1\%$  . Pada tabel stabilitas nilai SF 42,1% berada pada zona diterima ( $0,33 < SF \leq 0,51$ ) artinya kinerja stabilitas kendaraan bisa diterima, namun dengan mempertimbangkan uji lapangan yang bersifat dinamik maka gaya sentrifugal yang bekerja pada kondisi kendaraan berbelok akan memberikan kecendrungan kendaraan akan oversteering dan kehilangan kontrol.

5. Kriteria evaluasi mengumpulkan parameter agar perbandingan setiap variasi konsep dapat terlihat dengan jelas, maka dipilih suatu parameter atau besaran yang dipakai oleh setiap varian.

- a. Menentukan kriteria evaluasi dapat dilihat pada tabel 4.7 dan gbr 4.9.

- b. Pemberian bobot kriteria dapat dilihat pada tabel 4.8.

- c. Menentukan nilai keseluruhan varian konsep untuk menentukan rating tiap varian diatas maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$WRJ = \frac{owvj}{V \max . \sum_{i=1}^n Wi}$$

Setelah rating dari ketiga varian diketahui maka untuk modifikasi selanjutnya dipilih varian yang memiliki rating paling tinggi.

6. Perhitungan aerodinamik Komponen bodi kendaraan adalah komponen yang berfungsi melindungi dan mengamankan penumpang dari gangguan luar dan melindungi penumpang dari beban dampak yang terjadi akibat kecelakaan atau tabrakan.

- a. Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan, Gaya hambatan tersebut adalah sebagai fungsi dari kecepatan kuadrat. Berdasarkan rumus persamaan (2.1) Secara umum perumusan gaya hambat angin, untuk varian 2 maka didapat  $F_D = 138,3 N$

- b. Gaya angkat (lift) aerodinamik ialah Gaya ini bekerja dalam arah vertikal dan biasanya arah ke atas ditandai sebagai arah positif dan ke bawah sebagai arah negatif. Berdasarkan rumus persamaan (2.2) Secara umum perumusan gaya lift, untuk varian 2 maka didapat  $F_L = 173,5 N$

- c. Gaya samping (side) aerodinamik ialah Biasanya arah serangan angin tidak sejajar terhadap arah gerak mobil sehingga membentuk sudut tertentu ( $\delta$ ) terhadap lintasan kendaraan, gaya samping juga terjadi pada kondisi

- kedaraan berbelok, untuk varian 2 maka didapat  $F_s = 2635,3 \text{ N}$
- d. Hambatan ketika kendaraan berjalan, untuk varian 2 maka didapat  $Hu = 2,68 \times 10^{-0,5} \text{ dk}$
7. Perhitungan Optimasi berat bodi kendaraan Mempunyai panjang dari sumbu tengah ban depan ke belakang  $\pm 1960 \text{ mm}$ , lebar  $1550 \text{ mm}$  dan tinggi  $1820 \text{ mm}$ , Untuk merancang sebuah desain berat minimum, untuk varian 2 maka didapat  $W = 14,67 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}$
8. Perhitungan safety faktor Untuk dapat mengetahui kestabilan kendaraan sebelum diuji maka nilai dari parameter ini akan merekomendasi, apakah layak diuji lapangan atau tidak, maka didapat nilai safety faktor untuk varian 2 ialah  $S_f = 48,35\%$ . Pada tabel stabilitas nilai SF  $48,35\%$  berada pada zona diterima ( $0,33 < SF \leq 0,51$ ) artinya kinerja stabilitas kendaraan bisa diterima, namun dengan mempertimbangkan uji lapangan yang bersifat dinamik maka gaya sentrifugal yang bekerja pada kondisi kendaraan berbelok akan memberikan kecendrungan kendaraan akan oversteering dan kehilangan control.
9. Kriteria evaluasi Mengumpulkan parameter agar perbandingan setiap variasi konsep dapat terlihat dengan jelas, maka dipilih suatu parameter atau besaran yang dipakai oleh setiap varian.
- a. Menentukan kriteria evaluasi dapat dilihat pada tabel 4.10 dan gbr 4.11.
- b. Pemberian bobot kriteria dapat dilihat pada tabel 4.11.
- c. Menentukan nilai keseluruhan varian konsep untuk menentukan rating tiap varian diatas maka digunakan rumus sebagai berikut :

$$WRJ = \frac{owvj}{V \max. \sum_{i=1}^n Wi}$$

Setelah rating dari ketiga varian diketahui maka untuk modifikasi selanjutnya dipilih varian yang memiliki rating paling tinggi.

10. Perhitungan aerodinamik Komponen bodi kendaraan adalah komponen yang berfungsi melindungi dan mengamankan penumpang dari gangguan luar dan melindungi penumpang dari beban impak yang terjadi akibat kecelakaan atau tabrakan.
- a. Gaya hambat adalah gaya yang bekerja dalam arah horizontal (paralel terhadap aliran) dan berlawanan arah dengan arah gerak maju kendaraan, Gaya hambatan tersebut adalah sebagai fungsi dari kecepatan kuadrat. Berdasarkan rumus persamaan (2.1) Secara umum

- perumusan gaya hambat angin, untuk varian 1 maka didapat  $F_D = 112,8 \text{ N}$
- b. Gaya angkat (lift) aerodinamik adalah Gaya ini bekerja dalam arah vertikal dan biasanya arah ke atas ditandai sebagai arah positif dan ke bawah sebagai arah negatif. Berdasarkan rumus persamaan (2.2) Secara umum perumusan gaya lift, untuk varian 1 maka didapat  $F_L = 141,6 \text{ N}$
- c. Gaya samping (side) aerodinamik ialah Biasanya arah serangan angin tidak sejajar terhadap arah gerak mobil sehingga membentuk sudut tertentu ( $\delta$ ) terhadap lintasan kendaraan, gaya samping juga terjadi pada kondisi kendaraan berbelok, untuk varian 1 maka didapat  $F_s = 2149,9 \text{ N}$
- d. Hambatan ketika kendaraan berjalan, untuk varian 1 maka didapat  $Hu = 1,29 \times 10^{-0,5} \text{ dk}$
11. Perhitungan Optimasi berat bodi kendaraan Mempunyai panjang dari sumbu tengah ban depan ke belakang  $\pm 1960 \text{ mm}$ , lebar  $1560 \text{ mm}$  dan tinggi  $1825 \text{ mm}$ , Untuk merancang sebuah desain berat minimum, untuk varian 1 maka didapat  $W = 15,9 \cdot 10^{-4} \text{ kg/m}$
12. Perhitungan safety faktor Untuk dapat mengetahui kestabilan kendaraan sebelum diuji maka nilai dari parameter ini akan merekomendasi, apakah layak diuji lapangan atau tidak, maka didapat nilai safety faktor untuk varian 1 ialah  $S_f = 44,3\%$ . Pada tabel stabilitas nilai  $S_f = 44,3\%$  berada pada zona diterima ( $0,33 < SF \leq 0,51$ ) artinya kinerja stabilitas kendaraan bisa diterima, namun dengan mempertimbangkan uji lapangan yang bersifat dinamik maka gaya sentrifugal yang bekerja pada kondisi kendaraan berbelok akan memberikan kecendrungan kendaraan akan oversteering dan kehilangan control.

#### IV. KESIMPULAN

Dari pemodifikasian yang telah dibuat maka dapat disimpulkan yaitu :

Dari ketiga varian tersebut maka dipilihlah varian tiga. Berdasarkan hasil perhitungan teknis maka varian yang terpilih mempunyai spesifikasi terhadap gaya aerodinamik sebagai berikut :

1. Varian tersebut mempunyai nilai gaya hambat ( $F_D$ ) =  $267,4 \text{ N}$ , gaya angkat ( $F_L$ ) =  $178 \text{ N}$ , gaya samping ( $F_s$ ) =  $2738,3$  Hambatan ketika kendaraan berjalan  $Hu = 0,27 \times 10^{-0,3} \text{ dk}$
2. Perhitungan Optimasi berat bodi kendaraan mempunyai panjang dari sumbu tengah ban depan ke belakang  $\pm 1960 \text{ mm}$ , lebar  $1560 \text{ mm}$  dan tinggi  $1820 \text{ mm}$ , Untuk merancang sebuah desain berat minimum, untuk varian 3

maka didapat berat bodi  
 $W = 16,9 \cdot 10^{-3} \text{ kg / m}$

3. Stabilitas kendaraan pada perhitungan nilai safety faktor ialah 42,10%. Dan berada pada zona diterima ( $0,33 < 42,1 \leq 0,51$ ).
4. Stabilitas kendaraan dipengaruhi oleh titik berat aman bodi dalam keadaan kosong 1480 kg, berat penumpang 530 kg berat bagian belakang 600 kg, maka perhitungan letak titik berat aman kendaraan tersebut adalah  $H_n = 0,74 \text{ dk}$ .

*Kenyamanan Kendaraan*, Jurnal Teknik Mesin, Volume 10, Nomor 1  
Widodo, imam djati.2003.Perencanaan dan pengembangan produk.UII Press yogyakarta., yogyakarta

#### DAFTAR PUSTAKA

- Aga, M.; Okada, A.2003.Analysis of vehicle stability control effectiveness from accident data, ESV Conference, Nagoya
- Anderson, John D.1986.Fundamentals of Aerodynamics. New York : Mc Graw Hill. 1986.
- Farmer, Ch.2004. Effect of Electronic Stability Control on Automobile Crash Risk, IIHS Insurance Institute of Highway Safety, Arlington, Virginia, USA
- Fox, R. W., et al.1985.Introduction to Fluid Mechanics, 3rd ed. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Gillespie, TD.1992. *Fundamentals of Vehicle Dynamics*. Society of Engineers, Inc, Warrendale.
- Hucho, Wolf-Heindrich.1987.Aerodynamics of Road Vehicles. London : Butterworths.
- Jurnal of automotive engineering.2013.Stability of there-wheeled vehicles with and without control system.
- Karmiadji D.W. 2011. *Optimasi Desain Material, Komponen, Konstruksi: Teori Dasar & Aplikasi*. Engineering Clinics FTUP, Jakarta.
- Miranda, Dr jose Carlos.2004.Product design techiques for robustness, reliability and optimization
- Onwubiko, chinyere.2000.Introduction to engineering design optimization. Upper saddle river, united stated of america
- Ohno, Hideaki, et al.1991.Improvement of Aerodynamics Characteristics of Passenger Car by Side Air dams. JSAE Review
- Pope, Alan M.S.1961.Wind Tunnel Testing, 2rd ed. New York : John Wiley & Sons, Inc.
- Reimpell J, Stoll H and Betzler JW. 2001. *The Automotive Chassis: Engineering Principles*. Second Edition, Butterworth-Heinemann, Linacre House, Jordan Hill, Oxford.
- Sutantra I Nyoman dan Bambang Sampurno.2010. Teknologi Otomotif. Penerbit: Guna Widya.Surabaya
- Ulrich. T karl Steven D.2001.Eppinger & pengembangan produk. Penerbit Salemba Teknika.Jakarta
- Wibowo, 2011. *Perancangan Karakteristik Sistem Suspensi Semi Aktif Untuk Meningkatkan*

