

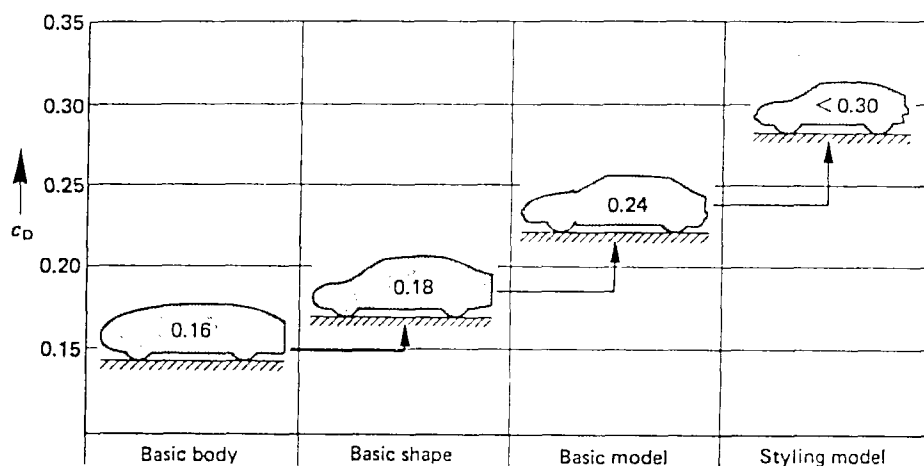
BAB IV

ANALISA DRAG BODY KENDARAAN

1. PENDAHULUAN

Banyak problema didalam bidang aerodinamika yang tidak bisa diselesaikan hanya dengan perhitungan analitis dan matematis saja tetapi harus menggunakan berbagai macam eksperimen untuk membantu memecahkan permasalahan dan menunjang teori dasar yang telah ada. Dari hasil eksperimen dapat diambil suatu kesimpulan yang nantinya berguna untuk memecahkan problema aerodinamika.

Pada dasarnya proses pendesignan bentuk bodi kendaraan dapat dibagi dalam 5 tahap yaitu tahap basic body, basic shape, basic model, styling model dan tahap akhir yaitu production car.



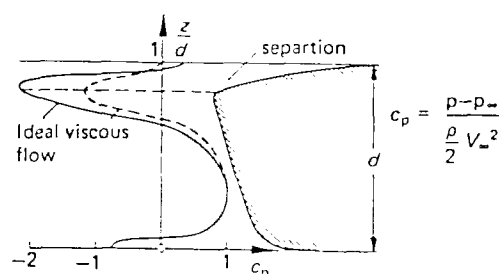
gambar 1-1 Tahap perencanaan bodi kendaraan

Analisa yang dilakukan oleh berbagai ahli aerodinamika terhadap bentuk bodi kendaraan dilakukan dengan melakukan riset pengujian terhadap berbagai macam komponen bodi kendaraan dan pengaruhnya terhadap beban angin.

2. KOMPONEN BODY KENDARAAN

2.1 Bagian depan mobil (forebody)

Bagian depan mobil merupakan hidung mobil yang terdiri dari kap mesin (hood), windscreen beserta perlengkapan panel depan. Separasi yang terdapat pada hidung mobil dapat terjadi pada bagian ujung depan kap mesin mobil. gambar 4.2 menunjukkan separasi kecil (pemencaran angin) yang terjadi pada ujung Kap mesin mobil.

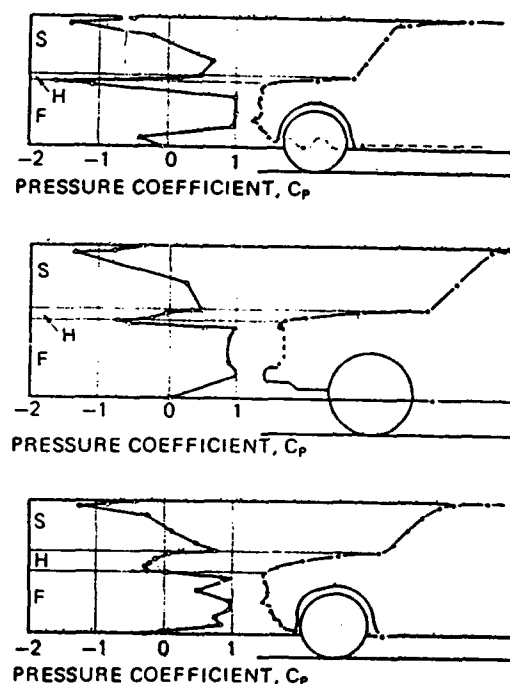


gambar 4-2 Aliran separasi pada kap mobil

Dari grafik distribusi tekanan dapat dilihat bahwa pada kondisi aliran angin yang sebenarnya (Actual Flow),

titik puncak pengisapan pada ujung kap mobil lebih rendah dibandingkan pada aliran ideal (inviscid flow). Begitu juga tekanan diatas titik stagnasi sedikit lebih besar dibandingkan tekanan pada aliran inviscid. Pada titik Stagnasi sendiri $C_p = 1$ pada kedua kondisi aliran diatas. Oleh karena itu dapat disimpulkan bahwa kekuatan yang menekan bagian depan mobil dalam aliran yang sebenarnya (viscous flow) lebih besar dibandingkan dalam aliran ideal (inviscid-flow).

Distribusi tekanan yang mengenai bagian depan mobil berbeda-beda tergantung dari bentuk depan kendaraan tersebut. Gambar 4-3 menunjukkan grafik distribusi tekanan untuk berbagai bentuk Forebody mobil.

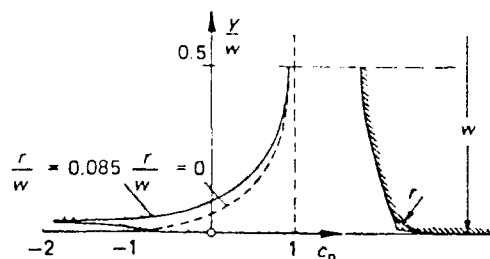


Gambar 4-3 Grafik distribusi tekanan pada forebody mobil

Disini terlihat bahwa separasi kecil terjadi pada ujung depan kap mobil. Hal ini terlihat dengan bertambahnya tekanan pada bagian depan yang dimulai pada ujung kap mobil sampai batas bawah kaca depan mobil. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa pada daerah yang mengalami gangguan akibat terjadinya separasi aliran (daerah hood) maka pada daerah tersebut akan terjadi peningkatan tekanan.

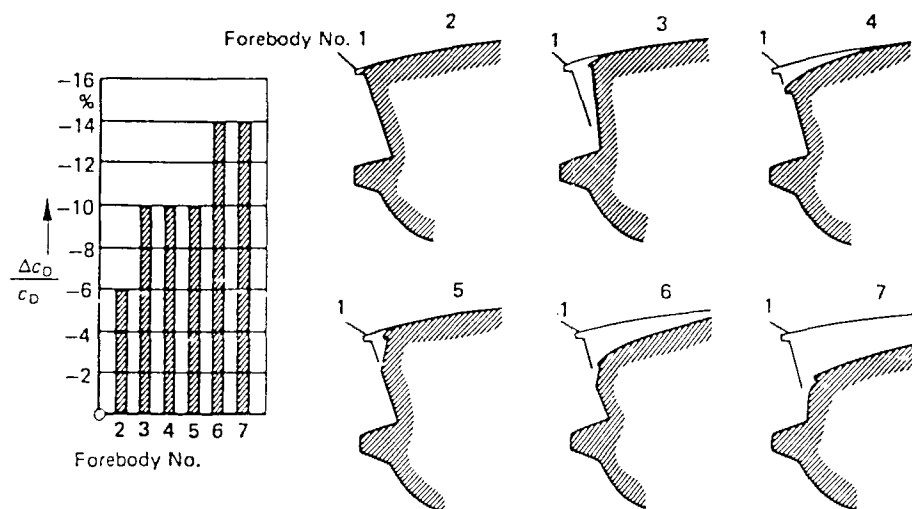
Besarnya tekanan pada cowl, tempat dimana udara segar dimasukkan untuk heater dan ventilasi, ditentukan oleh besarnya separasi aliran dan posisi titik penyatuan aliran kembali pada windscreen. Bila terjadi separasi aliran pada ujung depan kap dan tidak terjadi penyatuan aliran kembali maka tekanan pada cowl menjadi $C_p = 0$.

Separasi aliran juga dapat terjadi pada ujung pinggir depan kendaraan. Gambar 4-4 menunjukkan hal tersebut dengan pengujian yang dilakukan oleh Hucho.



Gambar 4-4 distribusi tekanan disekitar ujung
depan kendaraan

Data yang diberikan disini terdiri dari koefisien tekanan C_p terhadap lebar mobil Volkswagen, dimana r/w adalah perbandingan radius ujung pinggir depan dan lebar mobil. Pada ujung lengkung ($r/w = 0,085$) separasi aliran yang terjadi lemah dan terjadi penurunan tekanan pada ujung pinggir depan. Pada ujung pinggir tajam ($r/w = 0$), terjadi separasi aliran yang lebih besar, sehingga tekanan yang terjadi pada ujung pinggir depan lebih besar. Perbaikan pada bagian depan kendaraan dilakukan oleh Hucho dan Jansen.

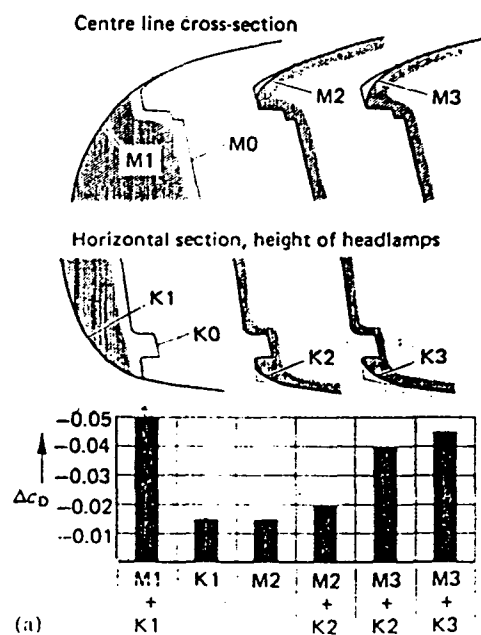


Gambar 4-5 Pengurangan drag pada berbagai modifikasi bentuk

Diagram diatas menunjukkan berbagai variasi perubahan bentuk ujung depan kap mesin. Prosentase drag dibandingkan dengan bentuk awal (bentuk 1). Perbaikan

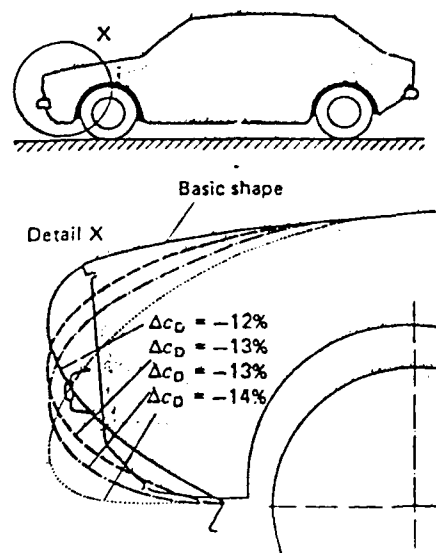
kecil terhadap bentuk bagian depan mengurangi drag sampai 6%. bentuk-bentuk ujung depan 3,4 dan 5 menunjukkan variasi-variasi yang sama/setara, bentuk-bentuk ini mencapai tingkat perbaikan 10%. Bentuk 6 dan 7 dimaksudkan untuk menunjukkan tingkat perbaikan paling maksimum dengan tingkat pengurangan drag sampai 14%.

Perbaikan untuk pengurangan drag maksimum dapat dicapai oleh desain ujung depan optimum yaitu ujung depan berbentuk "hidung" Dempet yang dirancang sesuai dengan aspek-aspek aerodinamik murni tanpa memperhatikan faktor penampilan/ estetika. Ujung depan Dempet dibentuk sedemikian rupa sehingga udara mengalir disekitar Fore-body tanpa terjadi separasi.



Gambar 4-6 perbaikan dengan ujung depan Dempet

Bentuk awal/contour (M0) mengalami perbaikan dengan bagian M1 dan K1 menghasilkan bentuk hidung Dempet dengan reduksi drag maksimum $C_D = -0,05$. Perubahan pada bentuk ujung depan dengan modifikasi kecil tanpa mempengaruhi dimensi utama ujung depan dilakukan dengan bentuk-bentuk M2, K2, M3 dan K3. perbaikan bentuk-bentuk tersebut tetap menggunakan sisi-sisi ujung depan yang lengkung. Modifikasi bentuk ujung depan Dempet lainnya diperlihatkan pada gambar 4-7.

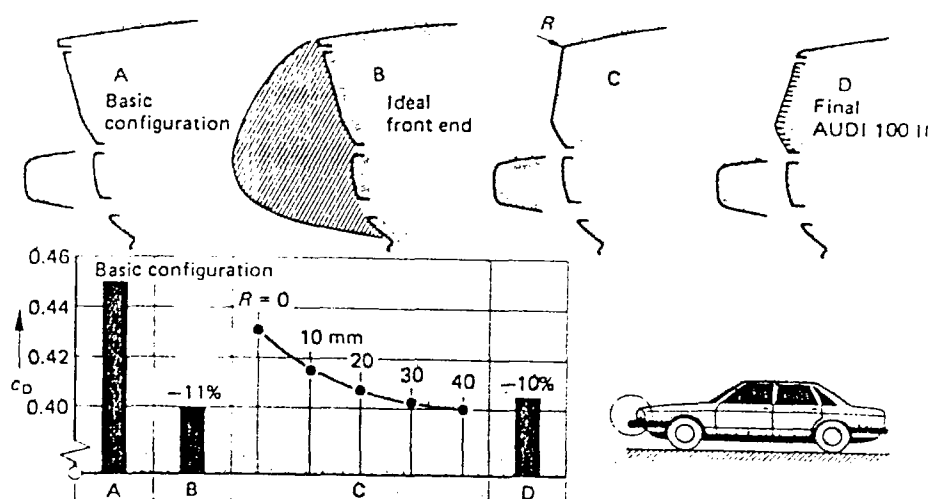


Gambar 4-7 Modifikasi bentuk ujung depan Dempet

Gambar tersebut menunjukkan bahwa berbagai bentuk dengan tipe tersebut mempunyai perbedaan sedikit antara

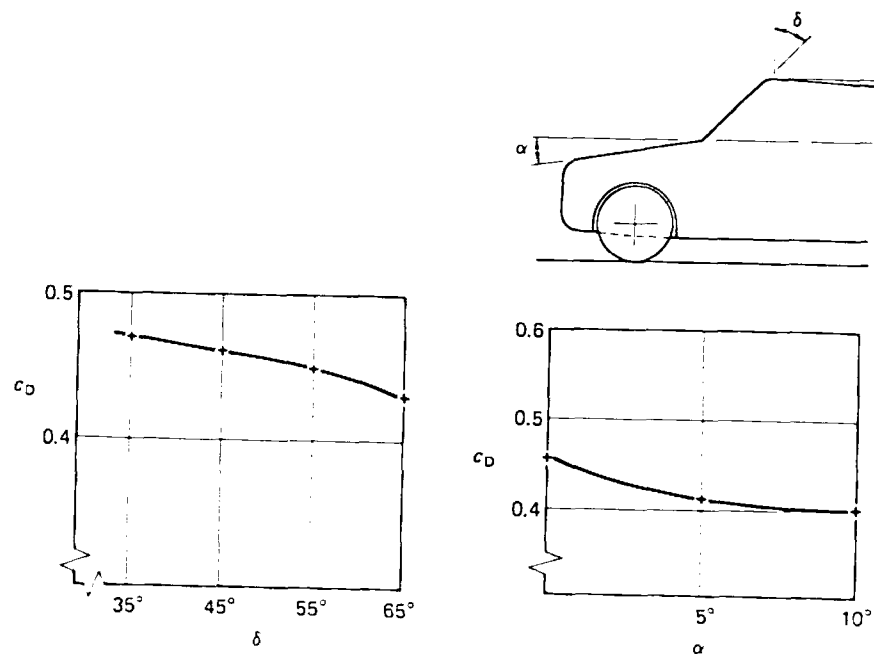
yang satu dengan yang lainnya dalam hal penyempurnaan drag. Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa posisi titik stagnasi menentukan porsi aliran yang akan melintasi kendaraan tersebut dan seberapa besar angin yang mengalir diantara bagian bawah mobil dan jalan. Kedudukan titik stagnasi tergantung pada bentuk depan kendaraan dan desain bagian bawah. Pada umumnya titik stagnasi rendah sesuai untuk drag rendah.

Perbaikan drag untuk mengurangi efek separasi pada ujung depan kap mesin dapat dicapai dengan cara ujung depan kap dibuat melengkung dengan radius tertentu. Hal tersebut dinyatakan oleh Hucho (Hucho,1987,130).



Gambar 4-8 Pengaruh modifikasi bentuk depan Audi 100 II terhadap gaya drag

Kemiringan kap mesin juga mempunyai pengaruh terhadap drag. Gambar 4-9 menunjukkan pengujian yang dilakukan oleh Carr.

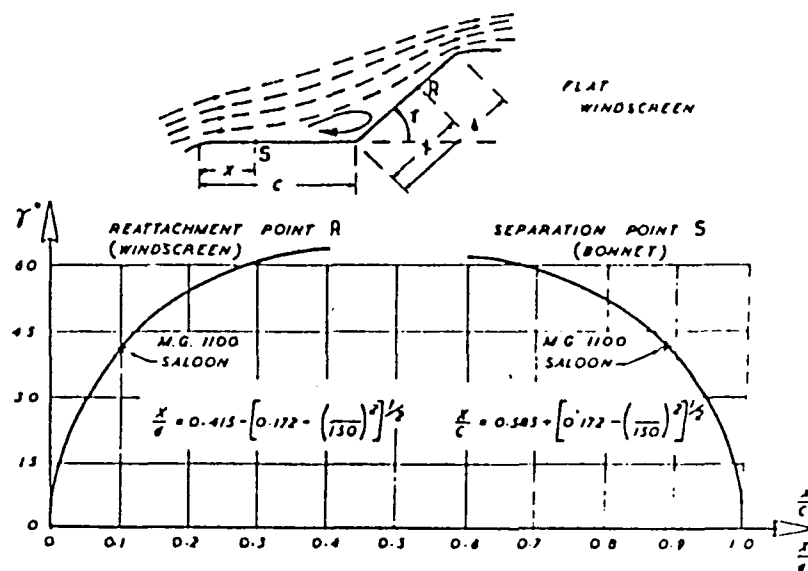


Gambar 4-9 Efek kemiringan kap mesin terhadap drag

2.2 Pilar kaca (winshield)

Separasi aliran yang terjadi pada kaca depan disebabkan oleh sudut windscreen (α) yang terlalu besar.

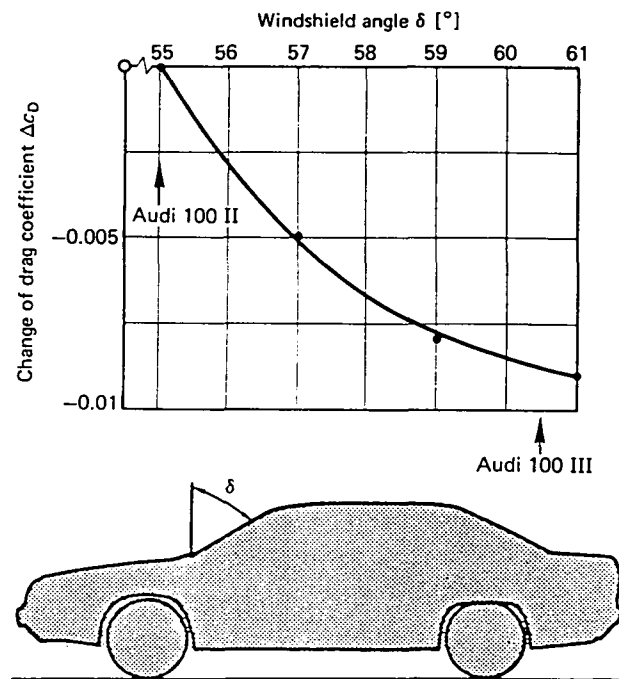
Separasi terjadi pada kap mesin dan kemudian aliran akan menyatu kembali pada kaca. Fenomena ini telah ditemukan oleh Scribor - Rylski.



Gambar 4-10 Separasi aliran pada kap dan penyatuan aliran pada kaca

Hal ini secara jelas menunjukkan bagaimana titik separasi (S) semakin kedepan (kekiri) dan titik reattachment (R) menuju bagian dibelakang (keatas) seiring dengan bertambahnya sudut kaca (τ). Dalam hal ini titik separasi dan titik penyatuan haruslah sedekat mungkin

satu dengan yang lain sehingga efek separasi dapat dikurangi. Dengan demikian bila sudut τ semakin kecil maka kaca semakin datar sehingga aerodinamik drag akan semakin berkurang. Hal ini telah diketahui oleh pengujian yang dilakukan oleh lay dan telah diperkuat oleh beberapa ahli lainnya sebagai contoh Carr.

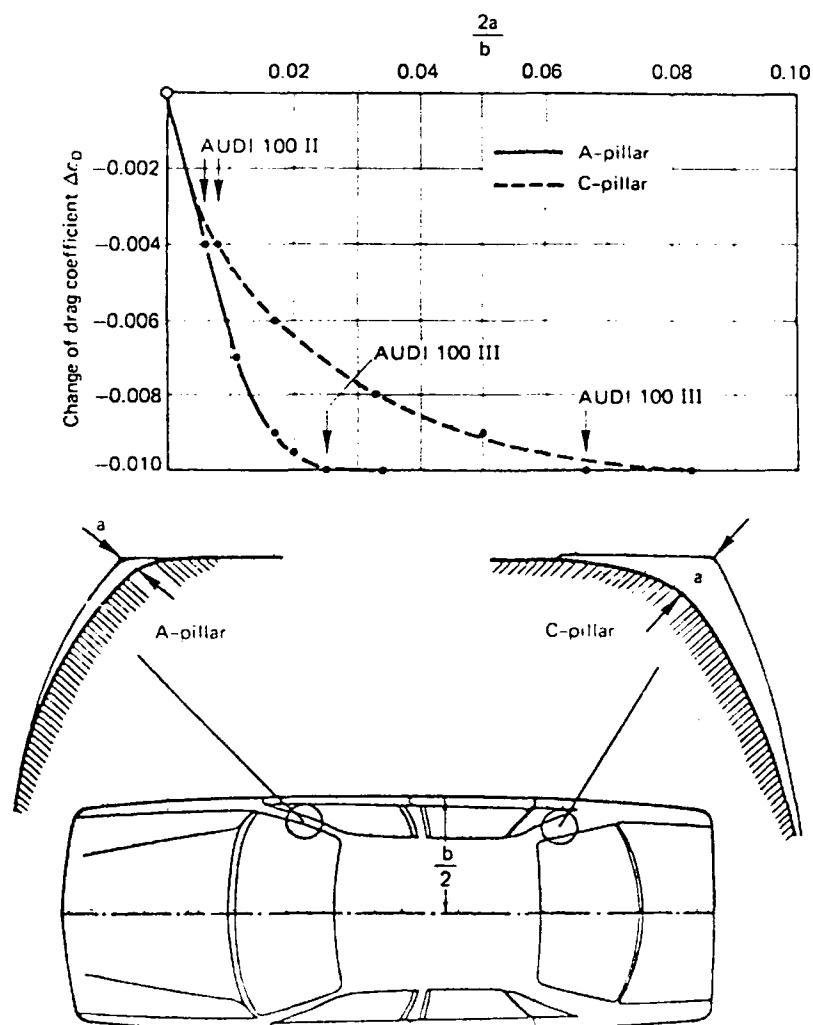


Gambar 4-11 Efek kemiringan kaca terhadap koefisien drag

Sudut inklinasi kaca δ lebih dari 60° tidaklah praktis dikarenakan adanya difusi cahaya. Selain itu

kaca yang berinklinasi tinggi dan besar cenderung meningkatkan tingkat pemanasan solar pada bagian penumpang. Pengaruh dari kaca berinklinasi tinggi, separasi yang timbul pada bagian bonnet-windscreen lebih kecil sehingga momentum loss yang terjadi lebih kecil dan aliran angin dari windshield menuju atap lebih cepat sehingga tekanan yang terjadi lebih kecil.

Separasi juga dapat terjadi pada pilar yang disebabkan kurang halusnya radius pilar.

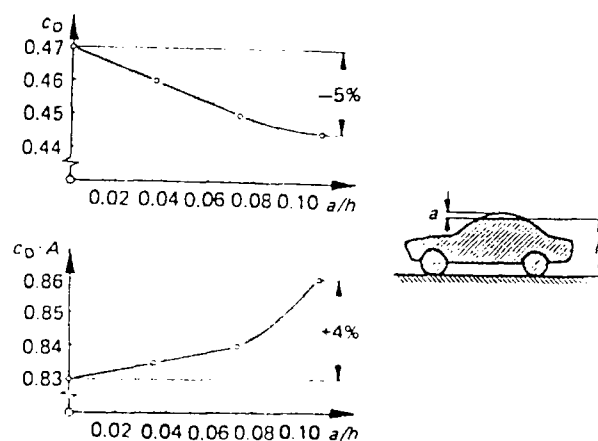


Gambar 4-10 Perbaikan pada pilar depan dan belakang

Perbaikan untuk pengurangan drag juga dapat dilakukan dengan membuat pilar menjadi lebih lengkung. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4.10 pada pengujian kendaraan Audi oleh Buchheim.

2.3 Atap

Perbaikan pada bagian atap dari kendaraan dapat dilakukan dengan mendesign atap dengan bentuk konvex agar memudahkan aliran udara mengalir ke belakang. Jika konveksitas diperbesar, drag koefisien dapat diperkecil. Jika bentuk konvex didesign sehingga menyebabkan pertambahan luas frontal area, maka aerodynamic drag juga meningkat. Jika tinggi atap asli dibiarkan konstan maka kaca depan dan belakang harus dibuat melengkung menuju contour sehingga efek konveksitas dapat tercapai.

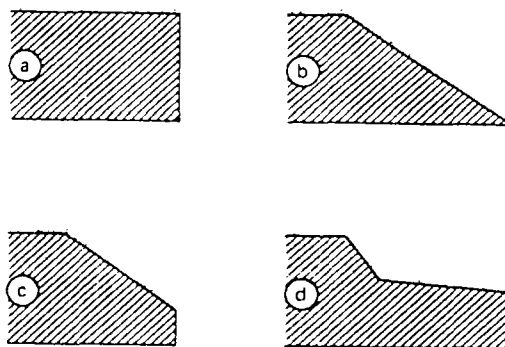


Gambar 4-11 Pengaruh konveksitas pada koefisien drag

Aerodynamic drag akan berkurang dengan adanya efek konveksitas disebabkan karena konveksitas yang semakin tinggi akan menghasilkan jarak kelengkungan yang lebih besar pada bagian atap mobil, sehingga dihasilkan kecepatan udara yang lebih besar sehingga momentum loss yang terjadi lebih kecil.

2.4 Bagian belakang kendaraan (vehicle rear end)

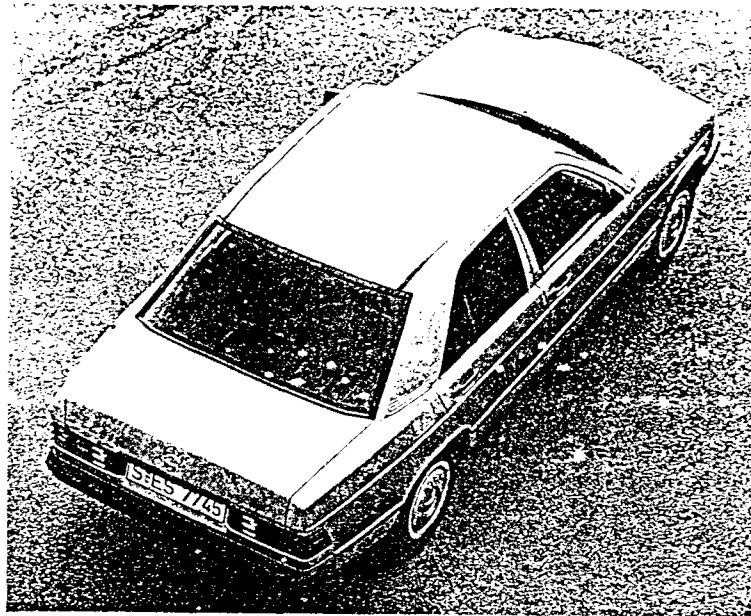
Bentuk bagian belakang kendaraan dapat dibedakan menjadi 3 jenis yaitu bentuk squareback (van), fastback dan notchback (salon). Separasi yang terjadi pada bentuk squareback pada umumnya dimulai dari titik ujung belakang kendaraan sedangkan pada bentuk fastback dan notchback titik separasi dimulai lebih bawah tergantung design kemiringan kaca belakang.



Gambar 4-12 Bagian belakang kendaraan

Perbaikan dapat dilakukan dengan design taper pada

bagian belakang kendaraan yaitu dengan pembentukan ujung lancip pada bagasi. Hal ini diterangkan oleh Hucho, Jansen dan Emmelmann.



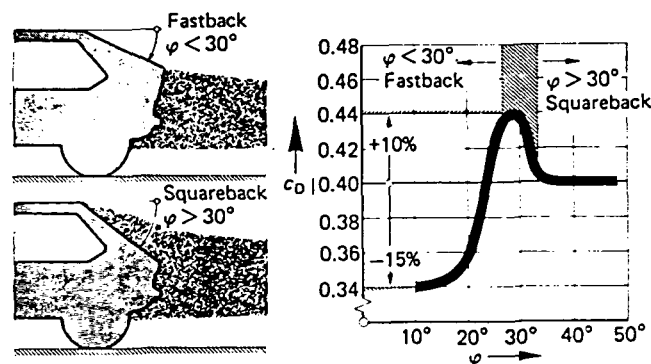
Gambar 4-13 Taper bagian belakang

Reduksi drag juga bisa dilakukan dengan menganalisa kemiringan bentuk bagian belakang. Kemiringan bentuk squareback berbeda dengan kemiringan bentuk fastback, dimana bentuk squareback besarnya kemiringan bagian belakang diatas 30 derajat sedangkan bentuk fastback dibawah 30 derajat. Pada saat ini kendaraan dengan bentuk fastback sudah jarang diproduksi.

Pada squareback wake yang terjadi lebih besar karena titik separasi dimulai dari titik ujung bagian belakang

kendaraan sedangkan wake yang terjadi pada fastback dan salon lebih kecil. Nilai C_d yang terjadi pada squareback lebih banyak dipengaruhi oleh besarnya wake sehingga besarnya drag dan lift bisa dikatakan konstan karena pengaruh vortex sangat kecil.

Pada bentuk fastback besarnya drag terhadap kemiringan bagian belakang selain dipengaruhi oleh besarnya wake juga dipengaruhi oleh besarnya aliran vortex yang terjadi pada bagian belakang kendaraan. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4-14.



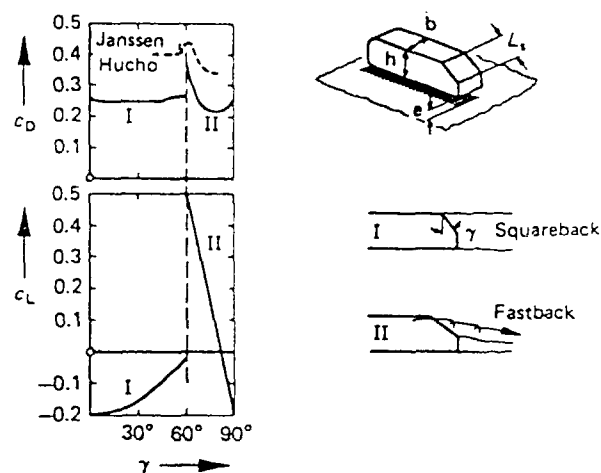
Gambar 4-14 Pengaruh kemiringan bagian belakang terhadap drag

Pada bagian belakang yang mempunyai kemiringan antara 15 derajat sampai dengan 35 derajat besarnya drag

dan lift sangat bervariasi karena adanya pengaruh vortex yang cukup besar pada kemiringan tersebut.

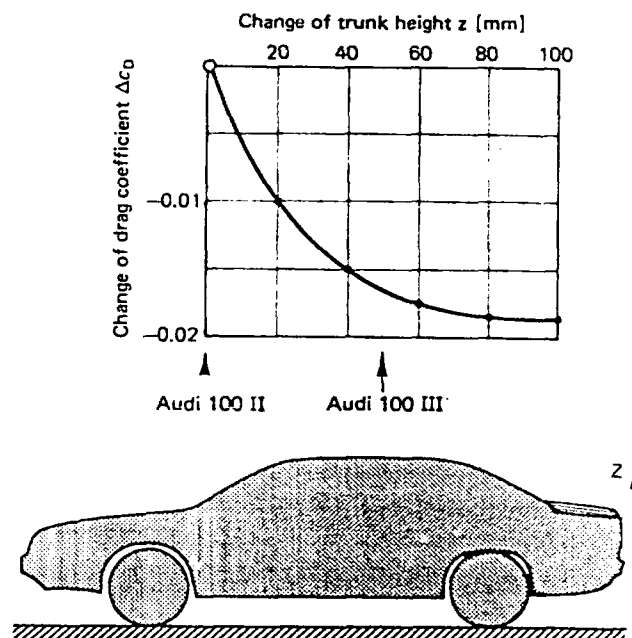
Pengukuran dilakukan pada mobil VW Golf I oleh Jansen dan Hucho. Pada bentuk squareback C_d bernilai konstan sebesar 0,4 dikarenakan besarnya wake yang terbentuk sama sedangkan pada bentuk fastback terjadi variasi nilai C_d . Pada kemiringan antara 25 - 35 derajat nilai C_d melonjak sebesar 10%, hal ini dikarenakan pengaruh vortex sangat besar sedangkan pada sudut dibawah 25 derajat nilai C_d mulai menurun terus.

Pengukuran juga dilakukan oleh Morel terhadap body prismaatik seperti pada gambar 4-15.

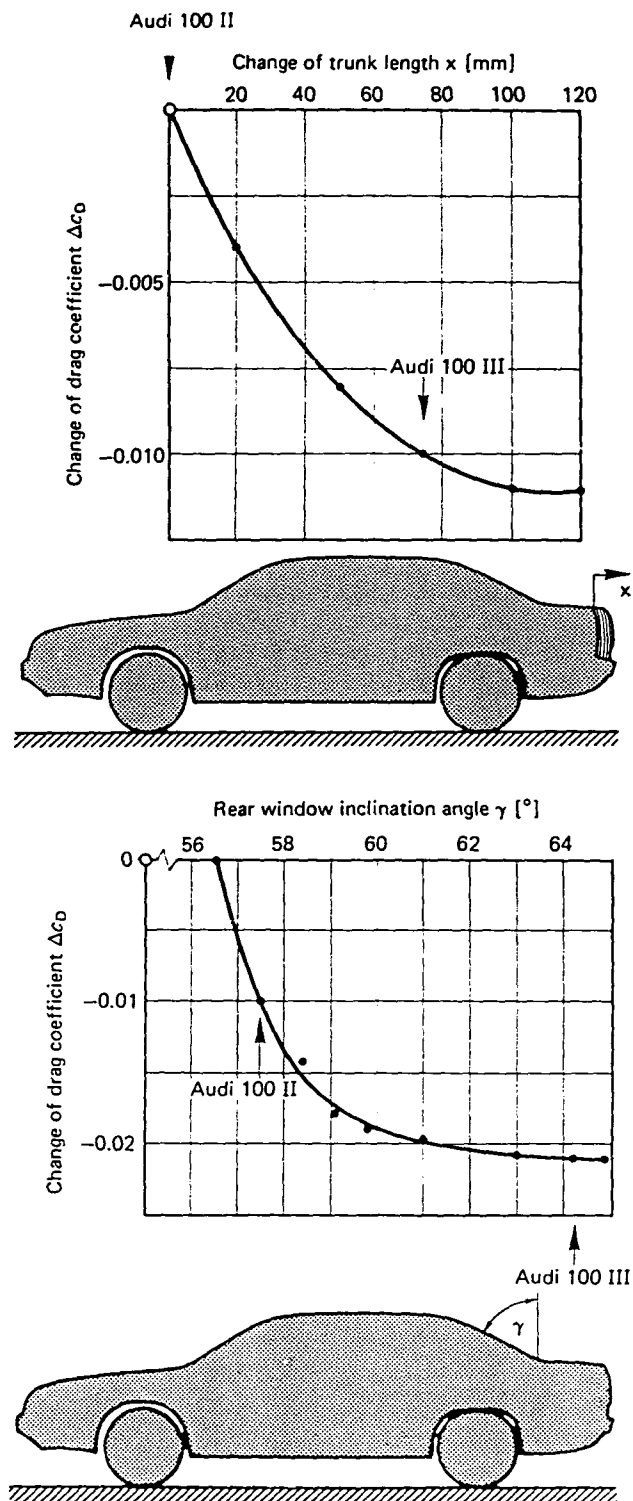


Gambar 4-15 Pengaruh C_d dan C_l terhadap kemiringan kaca

Sebagaimana ditentukan Jansen dan Hucho pada VW golf I sudut base $\alpha = 30^\circ$ (menurut morel $\tau = 60^\circ$, $\tau = 90 - \alpha$) dimana pola aliran berubah dari keadaan I (square back, wake) menjadi keadaan II (fastback, vortex). Pada mobil jenis salon perbaikan drag dapat dilakukan dengan menambah ketinggian bagasi. Jika tinggi bagasi semakin ditingkatkan nilai drag pada awalnya tidak berubah, tetapi pada ketinggian bagasi $z = 100$ mm maka akan terjadi penurunan mencolok pada drag. Jika z terlalu rendah maka aliran angin tidak akan menyatu pada lid (tutup bagasi). Pengukuran dilakukan oleh Buchheim, Late dan Luchoff pada Audi 100.



Gambar 4-16 Reduksi drag dengan penambahan ketinggian bagasi

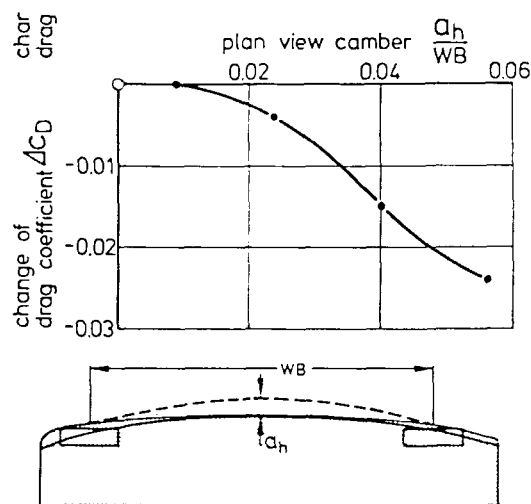


Gambar 4-17 Reduksi drag dengan pertambahan panjang bagasi dan perubahan sudut kemiringan kaca

Reduksi juga dapat dilakukan dengan memperpanjang bagasi belakang kendaraan atau mengubah sudut kemiringan kaca seperti terlihat pada gambar 4-17.

2.5 Bagian samping kendaraan

Reduksi drag pada bagian samping kendaraan dapat dilakukan dengan mendesign kelengkungan bagian samping (convexity).



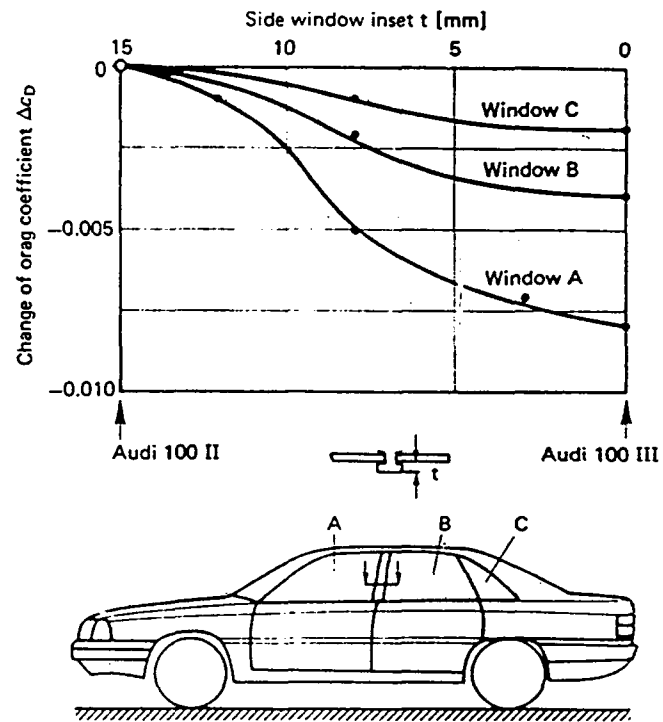
Gambar 4-19 Pengaruh konveksitas terhadap drag

Perbaikan juga dapat dilakukan dengan mengubah posisi kaca samping agar jarak antara kaca samping dan pilar sekecil mungkin. Hal tersebut dapat dilihat pada gambar 4-20.

2.6 Bagian bawah kendaraan

Kekasaran bagian bawah kendaraan juga akan meningkatkan nilai drag pada kendaraan. Reduksi drag dapat

dilakukan dengan cara memperhalus bagian bawah kendaraan.



gambar 4.20 Efek kaca samping terhadap drag