

PERENCANAAN *AUTO-ROTATING GRILL* PADA TOYOTA KIJANG LGX UNTUK MENINGKATKAN PERFORMA AERODINAMIKA

Joffra Noverano¹⁾, Fandi Dwiputra Suprianto²⁾, Roche Alimin³⁾

Program Studi Teknik Mesin Universitas Kristen Petra^{1,2,3)}

Jl. Siwalankerto 121-131, Surabaya 60236. Indonesia^{1,2,3)}

Phone: 0062-31-8439040, Fax: 0062-31-8417658^{1,2,3)}

E-mail : joffra.noverano@gmail.com¹⁾, fandi@petra.ac.id²⁾, ralimin@petra.ac.id³⁾

ABSTRAK

Teknologi diciptakan dengan tujuan untuk mempermudah kinerja manusia. Salah satunya adalah mobil, yang mana sangat membantu manusia dalam hal menunjang mobilitas dari tempat satu ke tempat yang lainnya. Dalam merancang mobil, beberapa aspek perlu diperhatikan, antara lain : keselamatan, kenyamanan, dan juga performa dari mobil itu sendiri. Untuk menunjang performa tersebut, diperlukan upaya guna menghasilkan performa lebih baik. Hal itu seperti sistem aerodinamika pada kendaraan tersebut. Salah satu komponen aerodinamika yang memiliki peran cukup penting adalah *front grill*, karena *front grill* adalah bagian yang pertama kali bersentuhan dengan aliran udara ketika kendaraan melaju. Toyota Kijang LGX dipilih karena masih banyak pengguna mobil ini di Indonesia, serta belum tersedianya fitur *auto-rotating grill* untuk mobil kelas menengah ke bawah. Sehingga, diharapkan dengan menerapkan sistem ini dapat mengurangi nilai Cd, yang mana nilai Cd standarnya adalah 0,35.

Pada perencanaan ini, menggunakan 2 metode. Yaitu menggunakan metode simulasi untuk menganalisa aliran serta untuk mendapatkan nilai Cd sebagai pembandingan antara waktu posisi *grill* terbuka dan waktu posisi *grill* tertutup pada kecepatan tertentu. Dan metode yang kedua adalah pembuatan *prototype*/mekanisme. Dari dua metode yang telah dilakukan, didapatkan hasil bahwa penggunaan *auto-rotating grill* pada Toyota Kijang LGX dapat mengurangi nilai Cd hingga 13-15% dari nilai awal.

Kata kunci : Aerodinamika, *Auto-Rotating Grill*, Toyota Kijang LGX

1. Pendahuluan

Teknologi diciptakan dengan tujuan untuk mempermudah kinerja manusia. Salah satunya adalah mobil, yang mana sangat membantu manusia dalam hal menunjang mobilitas dari tempat satu ke tempat lainnya. Dalam merancang mobil, beberapa aspek perlu diperhatikan. Antara lain : keselamatan, kenyamanan, dan juga performa dari mobil itu sendiri.

Untuk menunjang performa tersebut, diperlukan upaya guna menghasilkan performa lebih baik. Hal itu seperti sistem aerodinamika pada kendaraan tersebut. Aerodinamika berasal dari dua buah kata yaitu *aero* yang berarti bagian dari udara atau ilmu keudaraan dan *dinamika* yang berarti cabang ilmu alam yang menyelidiki benda-benda bergerak serta gaya yang menyebabkan gerakan-gerakan tersebut. *Aero* berasal dari bahasa Yunani yang berarti udara, dan *Dinamika* yang diartikan kekuatan atau tenaga. Jadi Aerodinamika dapat diartikan sebagai ilmu pengetahuan mengenai akibat-akibat yang ditimbulkan udara atau gas-gas lain yang bergerak.

Dalam Aerodinamika dikenal beberapa gaya yang bekerja pada sebuah benda dan lebih spesifik lagi pada mobil seperti dikemukakan oleh Djoeli Satrijo (1999;53).“Tahanan Aerodinamika, gaya angkat aerodinamik, dan momen anguk aerodinamik memiliki pengaruh yang bermakna pada unjuk kendaraan pada kecepatan sedang dan tinggi. Peningkatan penekanan pa

da penghematan bahan bakar dan pada penghematan energi telah memacu keterkaitan baru dalam memperbaiki unjuk kerja aero dinamika pada jalan raya” [1]. .Sistem aerodinamika pada kendaraan sangat berpengaruh terhadap kestabilan kendaraan,performa laju kendaraan hingga efisiensi penggunaan bahan bakar.

Efek aerodinamika mulai berperan secara signifikan pada kendaraan-kendaraan yang mencapai kecepatan diatas 80 km/ jam, seperti yang diterapkan pada mobil sedan, formula 1, moto gp. Untuk kendaraan-kendaraan yang kecepatannya dibawah 80km/jam aerodinamika kurang begitu diperhatikan, seperti pada mobil-mobil keluarga, mobil Land Rover dan sejenisnya. Pada kendaraan yang mempunyai kecepatan diatas 80 km/jam, faktor aerodinamis digunakan untuk mengoptimalkan kecepatannya disamping unjuk performa mesin juga berpengaruh [2].

Salah satu komponen aerodinamika yang memiliki peran cukup penting adalah *front grill*. Karena *front grill* bagian yang pertama kali bersentuhan dengan aliran udara ketika kendaraan melaju. Desain *front grill* yang tepat dapat meningkatkan performa dan menurunkan *coefficient drag*.

Berbagai desain dan dimensi *front grill* saat ini hanya mengacu pada performa penampilan saja tetapi mengesampingkan faktor aerodinamikanya. Dimensi *grill* yang besar dan lebar menghasilkan penampilan yang *sporty*, tetapi dari aspek aerodinamikanya sangat

kurang. Akibat dari aliran udara yang melewati *grill* semakin banyak, maka gaya hambat (*drag force*) semakin besar pula.

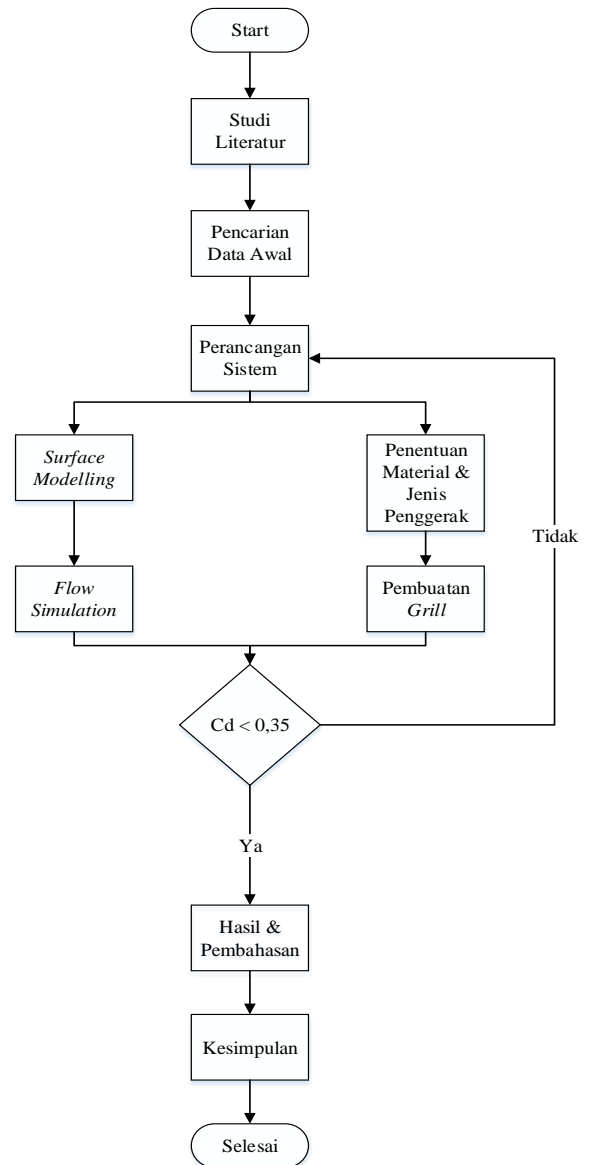
Hingga saat ini, perusahaan-perusahaan otomotif banyak menyematkan teknologi ini kedalam jajaran kendaraan roda empatnya terutama pada kelas premium. Mulai dari teknologi *flip grill* pada Toyota AE 86 Levin hingga *active grill shutter* pada Ford Focus, Ford Mustang, Chrysler's Dodge Dart, Ram 1500 *pickup*, BMW 7 *series* dengan menggunakan sistem pneumatik atau menggunakan motor DC sebagai penggerak.

Toyota Kijang (Kerjasama Indonesia Jepang) awalnya adalah model kendaraan niaga yang kemudian bertransformasi menjadi mobil keluarga buatan Toyota, dan merupakan kendaraan paling populer untuk kelas *minibus* di Indonesia. Toyota Kijang hadir di Indonesia sejak tahun 1977 dan saat ini merupakan salah satu model Toyota yang sukses secara komersial sampai sekarang. Sehingga, berbagai varian dan generasi mobil ini dapat ditemukan dengan mudah di seluruh pelosok Indonesia [3].

Nama yang digunakan pada mobil ini berbeda-beda pada tiap negara. Toyota Kijang adalah nama yang digunakan untuk di Indonesia, Toyota Stallion/Venture/Condor digunakan untuk di negara Afrika, Toyota Qualis untuk di negara India, Toyota Unser untuk di negara Malaysia dan Singapura, Toyota Ziace digunakan untuk di negara Vietnam dan Taiwan, serta nama Toyota Tamaraw/Revo digunakan untuk di negara Filipina [4]. Dari tinjauan diatas, maka tujuan dari perencanaan ini adalah menentukan desain *grill* Toyota Kijang LGX yang mampu menurunkan *Cd* hingga kurang dari 0,35 dengan menggunakan metode simulasi CFD dan melakukan desain *grill* dengan sistem kerja *auto-rotating*.

Dan manfaat dari perencanaan ini adalah memperbaiki sistem aerodinamika terutama pada *front grill*. Sehingga memperkecil *coefficient of drag*, serta sebagai analisa awal bahwa dimensi *grill* yang lebih besar tidak memberikan efek aerodinamika yang baik.

2. Metode Penelitian



Gambar 1 *Flow Chart* Perencanaan

Yang pertama kali dilakukan dalam perencanaan ini adalah melakukan studi literatur pada informasi yang telah diperoleh. Studi ini guna mendapatkan informasi seputar sistem-sistem yang sudah ada untuk menjadi pertimbangan dalam menentukan sistem yang digunakan sesuai dengan kondisi nyata dan diharapkan berjalan sesuai dengan perencanaan yang telah ditentukan di awal proses.

Langkah berikutnya yaitu, Pencarian data awal merupakan data-data yang digunakan sebagai penunjang untuk melakukan proses berikutnya. Data awal meliputi bentuk dan dimensi mobil, dimensi *grill*, *properties* udara atmosfer dan *Cd* standar Toyota Kijang LGX. Adapun bentuk mobil adalah berjenis MPV (*Multi Purpose Vehicle*) atau biasa disebut mobil niaga, sedangkan dimensi Toyota

Kijang adalah :

$P \times L \times T$ (mm)	: 4480 × 1670 × 1850
Jarak sumbu roda (mm)	: 2650
Jarak terendah ke tanah (mm)	: 162
Frontal Area (A)	: 2,63m ²
Cd	: 0,35

Untuk dimensi grill adalah sebagai berikut :

Panjang bagian atas (mm)	: 885
Panjang bagian bawah (mm)	: 710
Tinggi (mm)	: 220

Dan untuk *properties* udara atmosfer adalah :

Temperatur (K)	: 308
Tekanan udara (Pa)	: 101.000

Setelah melakukan kedua langkah diatas, langkah berikutnya adalah perancangan sistem. Pada perancangan sistem, hal yang pertama dilakukan adalah mengukur ruang antara *grill* dengan radiator. Hasil yang didapat digunakan untuk menentukan dimensi kisi-kisi *grill* dan motor serta penempatannya. Setelah melakukan beberapa perancangan, didapatkan hasil yang paling efektif agar kisi-kisi *grill* dan motor tidak menghabiskan ruang yang cukup banyak, yaitu dengan menggunakan mekanisme jalusi. mekanisme ini memiliki kelebihan yaitu dapat menutup rapat dan tidak menghabiskan ruang antara *grill* dan radiator terlalu banyak. Berikutnya adalah melakukan sketsa diatas kertas dan melakukan permodelan secara 3D untuk menjadi bayangan bentuk nyata dengan bantuan *software solidworks*.

3D modelling adalah proses pembuatan gambar secara 3 dimensi dengan menggunakan bantuan *software Solidworks*. Pada proyek ini 3D model dibuat dengan mengacu pada wujud serta dimensi standar pabrikan Toyota. Gambar dibawah adalah *3D model* untuk *body* Toyota Kijang LGX.

Setelah melakukan *3D modelling*, langkah berikutnya adalah melakukan *flow simulation*. *Flow simulation* adalah proses simulasi 3 dimensi dengan menggunakan bantuan dari *software Solidworks*. *Flow simulation* diterapkan guna untuk mengetahui hasil dari aliran fluida terhadap objek yang disimulasikan. Dalam melakukan *flow simulation* terdapat beberapa tahapan, diantaranya :

1. Melakukan *general setting*;
2. Menentukan *computational domain*;
3. Menentukan *goals*;
4. Menentukan pengaturan *meshing*;
5. Menjalankan *solver*;
6. Menentukan *result*;
7. Mencetak *report* hasil simulasi.

Langkah terakhir dari perencanaan ini adalah pembuatan *protoype*/mekanisme. Material yang digunakan dalam mekanisme ini adalah plat *stainless steel*. Plat *stainless steel* dipilih karena beberapa pertimbangan, diantaranya adalah bobot yang ringan dan kemampuan bentuk yang cukup mudah serta

ketahanan terhadap korosi. Lalu untuk penggerak menggunakan motor *electric* yang dihubungkan pada mekanisme jalusi. motor *electric* dipilih dibandingkan dengan dua jenis penggerak lainnya dikarenakan :

- Motor *electric* memiliki mekanisme yang paling sederhana dibanding dengan dua jenis penggerak lainnya. Yang dimana motor *electric* tidak membutuhkan *reservoir tank* dan sebagainya.
- Mekanisme menjadi lebih ringkas dan tidak menggunakan ruang yang terlalu banyak.
- Dari segi biaya menjadi lebih murah karena tidak menggunakan banyak *part-part* tambahan.

3. Hasil dan Pembahasan

Dalam perencanaan ini, parameter yang harus dilakukan adalah mendesain grill sedemikian rupa dengan tujuan untuk meningkatkan efek aerodinamika yang dimana salah satunya adalah mengurangi nilai Cd (*Coefficient of Drag*) dari Toyota Kijang LGX. Karena dari segi spesifikasi, Toyota Kijang LGX masuk dalam kelas MPV (*Multi Purpose Vehicle*) yang dimana tidak memiliki aerodinamika yang cukup baik. Maka mendesain *grill* dengan sistem *auto-rotating* diharapkan mampu memberikan distribusi aerodinamika yang lebih baik. Berikut adalah analisa perbandingan antara *grill* standar dan *grill* dengan sistem *auto-rotating*.

Grill standard/OEM memiliki desain yang baik dan memenuhi dari segi estetika. Namun disisi lain *grill* ini menjadi salah satu penyebab gaya hambat dari kendaraan itu sendiri karena memiliki dimensi yang terlalu besar dan banyak rongga untuk udara dapat masuk kedalam kabin mesin. Saat volume udara terlalu banyak masuk kedalam kabin mesin, maka udara tersebut menjadi gaya hambat pada kendaraan.

Grill dengan sistem *auto-rotating* adalah penjelasan tentang mekanisme buka tutup secara otomatis pada kisi-kisinya. Dari desain dan mekanisme ini diharapkan tidak terlalu banyak udara yang melewati *grill* dan masuk kedalam kabin mesin pada saat kendaraan melaju dengan kecepatan tinggi. Sehingga dapat mengurangi efek *drag* dari kendaraan.

Setelah dilakukan analisa perbandingan dari segi bentuk dan model, maka berikutnya adalah analisa perbandingan besar coefficient of drag antara posisi grill terbuka dengan posisi grill tertutup. Pada tahap ini dilakukan analisa terhadap hasil dari flow simulation. Hasil diambil dari *simulation report* yang berupa gaya (*force*) kearah sumbu Z (karena dalam kasus ini *body* menghadap ke sumbu Z).

Tabel 1 Gaya (Force) Hasil *Flow Simulation*

	Posisi kisi-kisi <i>grill</i>			
	Terbuka		Tertutup	
Kecepatan	80	100S	80	100
Name	SG Force (Z) 1	SG Force (Z) 1	SG Force (Z) 1	SG Force (Z) 1
Unit	N	N	N	N
Value	232.186	362.137	211.654	330.922
Progress	100	100	100	100

Dari tabel 1 diatas, dapat dilihat bahwa gaya yang terjadi saat mobil melaju dengan kecepatan 80 km/jam pada kondisi *grill* terbuka adalah sebesar 232,186 N. Dengan menggunakan persamaan Clancy, L.J. (1975). *Aerodynamics*. New York: Jhon Wiley and Sons, Inc [5] :

$$F_d = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V^2 \cdot A_f \cdot C_d$$

Maka didapatkan koefisien hambatan (*drag coefficient*) sebesar :

$$232,186 = \frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (22,2)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2 \times C_d$$

$$C_d = \frac{232,186}{\frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (22,2)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2}$$

$$C_d = 0,32$$

Sedangkan gaya yang terjadi saat mobil melaju dengan kecepatan 100 km/jam pada kondisi *grill* terbuka adalah sebesar 362,137 N. Maka koefisien hambatannya adalah sebesar :

$$362,137 = \frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (27,78)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2 \times C_d$$

$$C_d = \frac{362,137}{\frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (27,78)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2}$$

$$C_d = 0,32$$

Setelah dilakukan analisa terhadap aliran pada *grill* dengan posisi terbuka, maka berikutnya adalah menganalisa aliran dan besar Cd pada waktu posisi *grill* tertutup. Dari tabel 1 diatas dapat dilihat bahwa gaya yang terjadi saat mobil melaju dengan kecepatan 80 km/jam pada kondisi *grill* tertutup adalah sebesar 211,654 N. Maka koefisien hambatannya adalah sebesar :

$$211,654 = \frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (22,2)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2 \times C_d$$

$$C_d = \frac{211,654}{\frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (22,2)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2}$$

$$C_d = 0,29$$

Jadi, dari persamaan didapatkan koefisien hambatan untuk *grill* tertutup dengan kecepatan

80 km/jam adalah sebesar 0,29.

Dapat dilihat bahwa gaya yang terjadi saat mobil melaju dengan kecepatan 100 km/jam pada kondisi *grill* tertutup adalah sebesar 330,922 N.

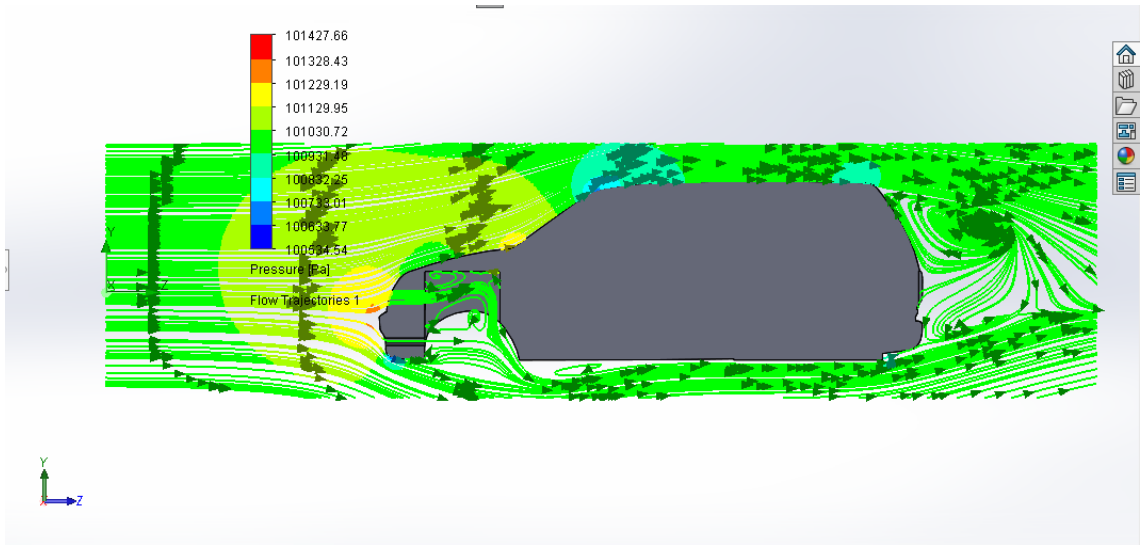
Maka koefisien hambatannya adalah sebesar :

$$330,922 = \frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (27,78)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2 \times C_d$$

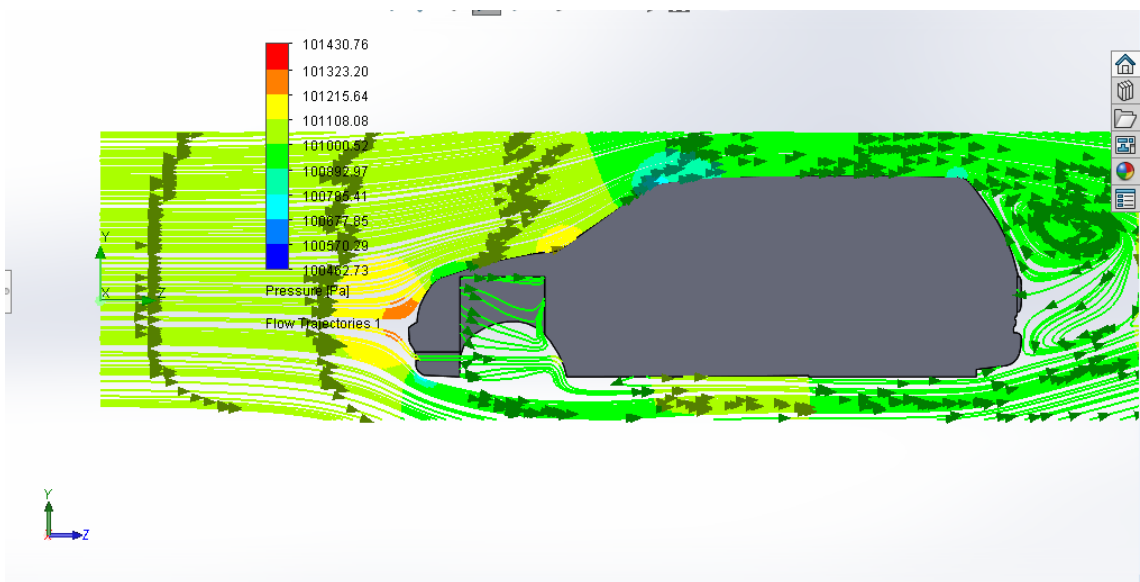
$$C_d = \frac{330,922}{\frac{1}{2} \times 1,12 \text{ Kg/m}^3 \times (27,78)^2 \text{ m/s} \times 2,63 \text{ m}^2}$$

$$C_d = 0,29$$

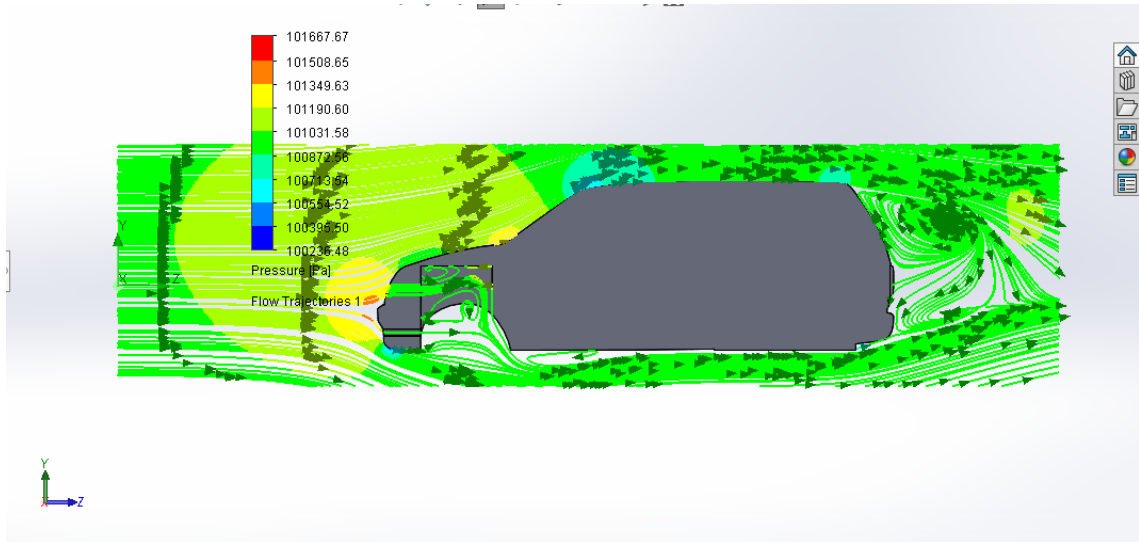
Pada project ini, *result* yang akan ditampilkan adalah berupa *flow trajectories*. *Flow trajectories* berupa garis dengan anak panah yang melewati sepanjang *body* kendaraan di dalam *domain*. Dengan simulasi ini, diharapkan garis-garis *streamlines* yang *imaginer* dapat dilihat dan diketahui arah alirannya. Berikut adalah *flow trajectories* perbandingan antara *grill* posisi terbuka dan tertutup pada kecepatan 80 km/jam dan 100 km/jam.



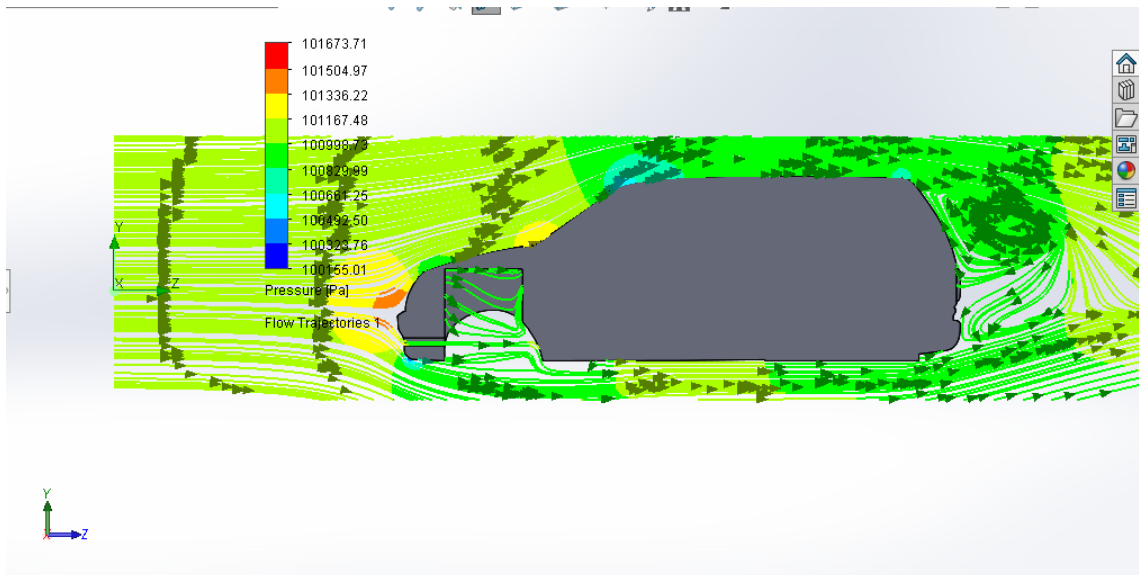
Gambar 2 *Flow Trajectories Grill* Terbuka pada Kecepatan 80 km/jam



Gambar 3 *Flow Trajectories Grill* Tertutup pada Kecepatan 80 km/jam



Gambar 4 *Flow Trajectories Grill Terbuka* pada Kecepatan 100 km/jam



Gambar 5 *Flow Trajectories Grill Tertutup* pada Kecepatan 100 km/jam

4. Kesimpulan

- Pada perencanaan *auto-rotating grill* ini, desain dibuat tanpa mengubah desain keseluruhan karena perubahan hanya pada kisi-kisi saja.
- Pada pengujian nilai Cd yang dilakukan dengan metode simulai didapatkan hasil bahwa ketika mobil melaju dengan kecepatan 80 km/jam dan 100 km/jam pada kondisi *grill* terbuka adalah sebesar 0,32. Sedangkan pada saat mobil melaju dengan kecepatan yang sama namun dengan kondisi *grill* tertutup didapatkan nilai Cd sebesar 0,29.
- Dapat disimpulkan bahwa penggunaan mekanisme *auto-rotating grill* dapat menjadi solusi untuk memperbaiki performa dari segi aerodinamika Toyota Kijang LGX.
- Dari segi mekanisme, kisi grill dapat berputar dengan baik dengan digerakkan motor yang memiliki daya sebesar 7,62 watt. Sebagai sensor, menggunakan *reed switch* yang dipasang dibalik *speedometer* untuk men-trigger/memberikan sinyal pada modul untuk diteruskan menuju aktuator, yaitu motor DC pada *grill*. Sedangkan untuk men-trigger *reed switch* sendiri hanya perlu menggunakan magnet yang ditempelkan dibawah jarum *speedometer*.
- Sistem *auto-rotating grill* ini juga dapat diaplikasikan pada semua jenis mobil karena dapat dikatakan suatu sistem yang *plug & play* (tidak perlu ada ubahan yang terlalu banyak).

5. Daftar Pustaka

1. Wong, J. (1978). *Theory of ground vehicles*. New York: Jhon Wiley. Diterjemahkan oleh: Satrijo, D.
2. Tjitro, S., & Aria, W. A. (1999). *Perbaikan Karakteristik Aerodinamika pada Kendaraan Niaga*. Jurnal Teknik Mesin, 1(2), 108-115.
3. Sejarah Panjang Toyota Kijang Indonesia. (n.d.). Retrieved May 8, 2017, from http://www.kompasiana.com/dev96/sejarah-panjang-toyota-kijang-indonesia_54f96a9aa3331169018b4fef
4. Toyota Indonesia. (n. d.). Retrieved July 16, 2017, from <http://www.toyotaindonesiamanufacturing.co.id/corporate/history/kijang-corner>
5. Clancy, L.J. (1975). *Aerodynamics*. New York: Jhon Wiley and Sons, Inc