STUDI NUMERIK PADA MOBIL YRS 4 DOOR SEDAN DENGAN VARIASI MODEL *REARSPOILER*

Syamsuri, Hasan Syafik Maulana, Nur Fatowil, Ilham Bagus Dwi Cahyono

PENDAHULUAN

Saat ini negara berkembang di dunia, banyak membuat teknologi-teknologi yang semakin modern. Dengan teknologi modern banyak peralatan dan perangkat yang sedang dikembangkan terutama aksesoris/perangkat tambahan pada kendaraan. Pada kendaraan direkayasa untuk membawa artistik dan peningkatan penampilan. Suatu kendaraan bermotor dibentuk dengan memenuhi standar kelayakan, baik dari segi mesin, ukuran, bodi sampai unsur aerodinamika.

Mobil yang dimodifikasi pada bagian belakang dengan menambahkan *spoiler,* memiliki fungsi sebagai penyeimbang/pemberat pada saat mobil melaju dengan kencang. Ketika melaju dengan kecepatan tinggi, sebuah mobil akan secara tidak langsung terangkat dari tanah. Untuk menghindari mobil terangkat dan menjadi lepas kendali maka dipasanglah *spoiler. Spoiler* ini tidak berat sehingga tidak memberikan pengaruh yang signifikan ketika mobil dalam kecepatan normal. Cara kerja dari *spoiler* adalah dengan memanfaatkan tekanan angin yang akan menekan bodi belakang dari mobil ke bawah sehingga mobil tidak terangkat ketika melaju dengan kecepatan tinggi terutama saat menikung. Dibutuhkan perhitungan yang tepat untuk kasus ini dan diperlukan uji aerodinamika pada mobil sebelum mobil bisa di produksi secara massal dan kemudian disebarluaskan. Solusi untuk uji aerodinamis menggunakan simulasi komputasi numerik atau *ComputationalFluidDynamic*(CFD) untuk mengetahui pengaruh *rearspoiler* pada mobil. Beberapa kelebihan menggunakan metode CFD ini dibandingkan dengan metode eksperimen, 1. untuk model desain yang baru membutuhkan biaya yang lebih murah dan lebih cepat dari sisi waktu, 2. kemampuan untuk mempelajari sistemnya baik, di mana jika secara eksperimen sulit dikendalikan atau mustahil dilakukan, 3. kemampuan untuk mempelajari sistem dalam kondisi berbahaya dan di luar batas kinerja normal dapat dilakukan dengan simulasi

dibandingkan dengan eksperimen. Beberapa penelitian yang berhasil menggunakan metode CFD antara lain adalah: Chern dan Syamsuri, 2012; Syamsuri, 2016; Riani dkk, 2017; Syamsuri dkk,2018; dan Syamsuri dkk,2019.

Penelitian-penelitian tentang penambahan aksesoris pada mobil untuk mereduksi gaya hambat sudah pernah dilakukan antara lain oleh, XuXia Hu dkk, 2011. Penelitian ini tentang studi numerik pada *rearspoiler* pada kendaraan penumpang. Ada 2 tipe kendaraan yang disimulasikan antara lain kendaraan dengan *rearspoiler* dan kendaraan tanpa *rearspoiler*. Hasil penelitian adalah berdasarkan analisis dari hasil simulasi menunjukkan terjadi pengurangan ringan dari hambatan aerodinamik kendaraan. Penelitian studi numerik tentang pengurangan *aerodynamicdrag* pada mobil balap telah dilakukan oleh Hasan dkk,2014. Pada penelitian ini mencoba untuk memvariasikan *rearunderbodyslicing*pada sudut β dan variasi *rearbody*diffuser. Hasil menunjukkan pengurangan drag aerodinamik oleh modifikasi *rear*under*body* mencapai 22,13% &*rearunderbody*diffuser mencapai 9,5%. Riset tentang pengaruh sudut diffuser yang berbeda pada mobil sedan dari sisi karakteristik aerodinamik telah dilakukan oleh Xingjun Hu dkk,2011. Variasi sudut *diffuser* di set 0^o, 3^o, 6^o, 9.8^o dan 12^o secara berurutan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ketika sudut diffuser naik, maka aliran di under*body* khususnya di daerah wakedi mana perubahan wake cukup besar dan perubahan tekanan juga besar, koefisien drag pada mobil pertama[2] turun dan kemudian naik, sedang total *coefficient lift aerodynamic* turun. Sebuah konsep inovatif untuk mengurangi hambatan pada mobil:suatu analisis parameter dari gaya aerodinamik pada *simplifiedbody* dilakukan oleh Khaleddkk 2012. Variasi penelitian adalah keluaran udara vertical konsep singleoutlet dan kombinasi terowongan + vertical pada konsep *doubleoutlet*. Diperoleh hasil keluaran udara vertical dalam konsep *singleoutlet* adalah solusi optimal untuk mengurangi torsi aerodinamik kendaraan. Jenis outlet ini bisa menjadi orientasi yang sangat baik di Indonesia, sirkulasi di bawah kendaraan dengan mesin di belakang. Kombinasi dari terowongan dan vertical adalah solusi terbaik di konsep doubleoutlet. Riset yang lainnya adalah tentang kontrol aliran untuk mobil yang dipasang *rear* wing pada *body* belakang kendaraan telah dilakukan oleh

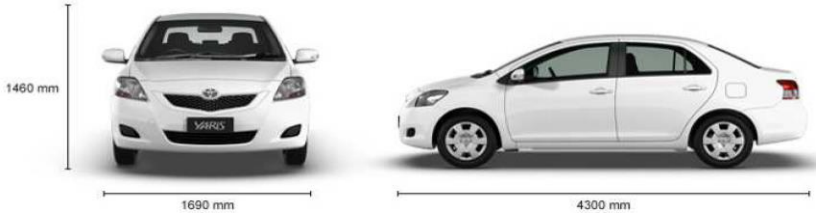
Kurecdkk, 2018. Variasi penelitian yang dilakukan adalah beberapa jenis *car-mountedrear wing*. Hasil menunjukkan rotasi *spoiler* yang kecil sebesar 55° menghasilkan *downforce* sama dengan perubahan sudut serangan sayap bagian belakang mobil sebesar 15 °. Ini mungkin dicapai dengan menempatkan *spoiler* di area bodi mobil yang sangat sensitif terhadap perubahan kondisi aliran. Riset tentang pengaruh pemasangan alat2 aerodinamik untuk mengatasi pengereman pada mobil sport telah dilakukan oleh Kurec dkk,2019. Variasi penelitian ini adalah pemasangan alat aerodinamika yang berbeda. Dikarenakan peningkatan koefisien seret mobil sebesar 0,58 dan penurunan dari koefisien lift sebesar 1,1, jarak pengereman dapat dikurangi hingga 31%, tergantung pada kecepatan kendaraan dan kondisi berkendara, yang membuktikan bahwa aerodinamika aktif yang digunakan dalam mode pengereman dapat berkontribusi pada peningkatan keamanan berkendara. Penelitian tentang pemodelan dan analisis dari mobil untuk mengurangi gaya aerodinamis telah dilakukan oleh Anish dkk,2017. Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa dengan memodifikasi SwiftDzire dengan menambahkan *diffuser, Vortex Generator, Spoiler*, dan Penutup Ban. Nilai Cd berkurang dari 0,3089 hingga 0,2680 (13,24%) dan Nilai Cl berkurang dari 0,3407 hingga 0,1608 (52,8%) dengan kecepatan 40 m/s. Meskipun jumlah ini mungkin tampak sangat rendah, pengurangan koefisien seret dan angkat ini dari sudut pandang aerodinamis seperti itu mengurangi konsumsi daya, meningkatkan akselerasi dan penanganan perilaku.

Berdasarkan penelitian-penelitian di atas untuk variasi *rearspoiler* pada mobil yrs 4 door belum pernah ada peneliti yang meneliti tentang ini sebelumnya. Oleh karena itu tujuan dari penelitian ini adalah: 1. untuk mengetahui pengaruh *rearspoiler* dan variasi kecepatan terhadap karakteristik aliran fluida yang melintasi *body* mobil, 2. untuk mengetahui fisik aliran fluida ketika melintasi*body* mobil dengan variasi *spoiler*.

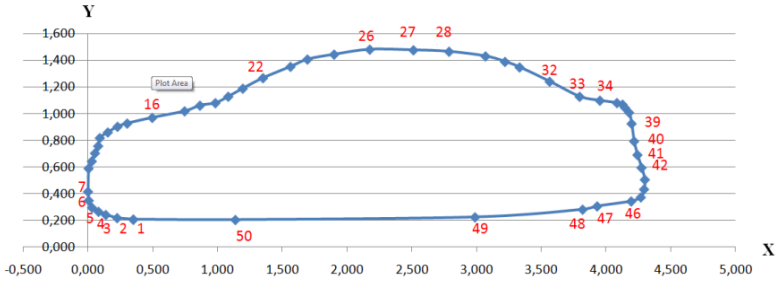
METODE PENELITIAN

Untuk meningkatkan aerodinamis pada mobil, maka diperlukan informasi mengenai bentuk aliran udara yang melintasi mobil tersebut. Oleh karena itu dalam penelitian ini sebuah mobil dengan tipe “Toyota YRS 4 Door Sedan” seperti yang ditunjukkan

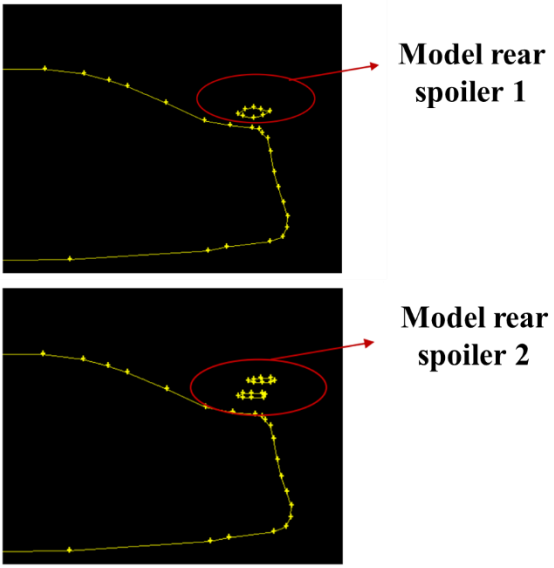
pada Gambar 1 dianalisis menggunakan metode komputasi. Dari Gambar 1 tersebut model mobil di rubah ke dalam bentuk gambar dua dimensi untuk memudahkan penelitian yang akan dilakukan, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Pada penelitian ini bentuk *spoiler* yang digunakan divariasikan menjadi dua, variasi pertama menggunakan satu *spoiler* dan variasi kedua menggunakan dua *spoiler* yang disusun bertingkat (Gambar 3). Selain variasi bentuk *spoiler*, penelitian ini juga memvariasikan kecepatan aliran udara sebesar 13 m/s, 26 m/s, dan 40 m/s. Fluida yang digunakan pada penelitian ini adalah udara dengan densitas 1.225 kg/m^3, viskositas $1.7859 \times 10^{-5} kg/ms$di mana densitas dan viskositas tersebut ditinjau pada temperatur 15℃ pada tekanan atmosfer. Pada pada simulasi ini, persamaan pembentuk aliran akan didiskritisasi dengan menggunakan teknik *finite* volume *method*. Pada proses diskritisasi persamaan momentum digunakanlah orde kedua *upwindscheme*. Medan kecepatan dan tekanan di kopling menggunakan algoritma SIMPLEC. Kondisi aliran pada simulasi ini menggunakan kondisi aliran turbulen dengan nilai Reynold $\approx 10^6$, incompressible dan menggunakan standar$k - \varepsilon$ turbulen model.



Gambar 1. Mobil Toyota YRS 4 Door Sedan



Gambar 2. Hasil koordinat pada perubahan bentuk mobil dalam 2D



Gambar 3. Variasi bentuk rearspoiler; model 1(singlerearspoiler); model 2(doublerearspoiler)

HASIL & PEMBAHASAN

Validasi

Validasi merupakan tahapan awal untuk memperoleh gambaran apakah model telah sesuai dengan hasil yang maksimal dan tepat. Pada langkah validasi ini dilakukan untuk mengetahui dan meyakinkan bahwa hasil yang diperoleh adalah benar. Karena hasil yang diperoleh akan dibandingkan dengan penelitian-penelitian sebelumnya. Simulasi ini nantinya akan dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Xu-xia Hu, dkk. (2011). Perbandingan koefisien drag dari hasil studi sekarang dan sebelumnya bisa dilihat pada Tabel 1. Dari Tabel 1 dapat diketahui bahwa hasil koefisien drag (C_D) dan koefisien lift (C_L) pada simulasi kali ini terlihat ada kesesuaian dengan peneliti sebelumnya, karena sudah mendekati nilai penelitian yang dilakukan oleh Xu-xia Hu, dkk (2011) untuk nilai koefisien drag (C_D) terdapat perbedaan sebesar 3.7 % untuk model rear spoiler 1, untuk model rear spoiler 2 sebesar 8.8 %. Sedangkan hasil koefisien lift (C_L) terdapat perbedaan sebesar 1.87 % untuk model rear spoiler 1, sedangkan untuk model rear spoiler 2 sebesar 3.4 %. Meshing yang digunakan pada penelitian kali ini adalah jumlah

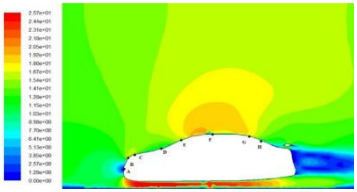
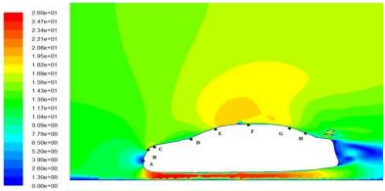
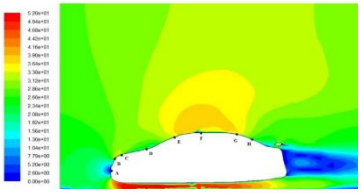
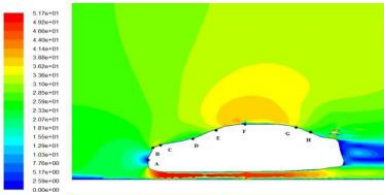
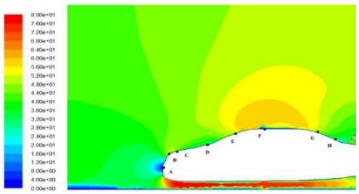
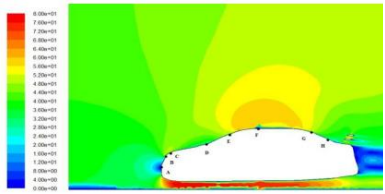
Cells 80000-90000. Jumlah cells ini cukup kecil bila dibandingkan dengan peneliti sebelumnya oleh Xu-xia Hu, dkk (2011) dengan jumlah gridcells sebesar 1370000. Dengan menggunakan grid tersebut terlihat bahwa hasil simulasi ini mampu menyajikan data koefisien drag yang cukup baik.

Table1. Perbandingan penelitian terdahulu dengan penelitian saat ini

No.	Identitas	C_D	C_L
1	Simulasi Model *RearSpoiler*, Xu-xia Hu, dkk	0.564	- 0.852
2	Studi Sekarang Model *RearSpoiler* 1	0.543	- 0.868
3	Studi Sekarang Model *RearSpoiler* 2	0.514	- 0.881

Perbedaan contourvelocitymagnitude untuk berbagai variasi model rearspoiler dan kecepatan

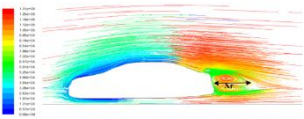
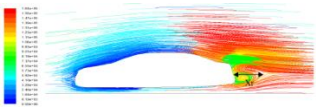
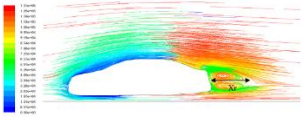
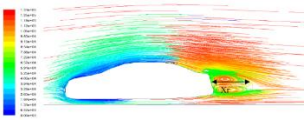
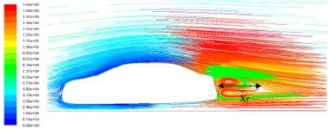
Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan beberapa variasi kecepatan didapatkan perbandingan gambar *contourofvelocitymagnitude* seperti pada Gambar 4, Pada gambar tersebut terlihat perbedaan yang cukup signifikan pada bagian atas *body* mobil. Semakin tinggi kecepatan maka akan semakin tinggi pula *velocitymagnitude* yang terjadi seperti terlihat pada gambar hasil simulasi. Terlihat daerah warna kuning kehijauan semakin luas dan menyebar, disebabkan karena setelah melewati bagian atas *body* mobil aliran bergerak kearah bebas. Untuk nilai maksimum *velocitymagnitude* terdapat perbedaan yang ditunjukkan oleh warna merah. Pada kecepatan 13 m/s dengan menggunakan model *rearspoiler* 1 nilai maksimum *velocitymagnitude* yang dihasilkan 25.7 m/s dan pada model *rearspoiler* 2 sebesar nilai maksimum *velocitymagnitude* yang dihasilkan 26 m/s. Pada kecepatan 26 m/s dengan menggunakan model *rearspoiler* 1 nilai maksimum *velocitymagnitude* yang dihasilkan 52 m/s dan pada model *rearspoiler* 2, nilai maksimum *velocitymagnitude* yang dihasilkan 51.7 m/s. Pada kecepatan 40 m/s dengan menggunakan model *rearspoiler* 1, nilai maksimum *velocitymagnitude* yang dihasilkan 80.4 m/s dan pada model *rearspoiler* 2, nilai maksimum *velocitymagnitude* yang dihasilkan 80 m/s.

Parameter	Model *rearspoiler* 1	Model *rearspoiler* 2
16 m/s		
26 m/s		
40m/s		

Gambar 4. Perbandingan conturvelocity dengan variasi model spoiler dan keceparan

Perbedaan pathline untuk berbagai variasi model rearspoiler dan kecepatan

Dari hasil simulasi yang dilakukan dengan beberapa variasi kecepatan didapatkan perbandingan *pathline* seperti pada Gambar 5. Pada gambar tersebut menunjukkan bahwa jejak aliran udara yang melintasi bodi mobil mengikuti kontur bodi mobil itu sendiri untuk setiap perbedaan kecepatan dan *rearspoiler*. Pada bagian belakang *body* mobil juga terdapat *twinvortex* atau daerah resirkulasi yang memiliki panjang yang bervariasi akibat adanya perbedaan kecepatan dan model *rearspoiler*. Pada kecepatan terendah *vortex* yang terbentuk berukuran hampir sama, sedangkan ketika kecepatan tinggi *vortex* bagian atas semakin memanjang dan membesar. Sedangkan untuk *recirculationlength* yang terjadi memiliki nilai yang berbeda pada masing-masing kecepatan. Sehingga dapat diketahui bahwa semakin tinggi kecepatan, maka nilai *Recirculationlength* (Xr) juga semakin panjang. Panjang resirkulasi dari tiap-tiap variasi dapat dilihat di Table 2.

Parameter	Model *rearspoiler* 1	Model *rearspoiler* 2
16 m/s		
26 m/s		
40m/s		

Gambar 5. Perbandingan pathline dengan variasi model spoiler dan keceparan

Table2. Nilai panjang resirkulasi akibat variasi kecepatan dan rearspoiler model

Kecepatan	Panjang Resirkulasi	
	RearSpoiler 1	*Rearspoiler* 2
13 m/s	1.1406 m	0.7125 m
26 m/s	1.1495 m	1.056 m
40 m/s	1.2415 m	1.121 m

Perbandingan nilai koefisien drag dan lift untuk variasi model rearspoiler dan kecepatan

Pada bagian ini, hasil simulasi komputasi digunakan untuk menghitung koefisien gaya hambat (C_D) & koefisien gaya angkat (C_L). Model mobil tanpa menggunakan *rearspoiler*, model mobil *rearspoiler* 1, model mobil *rearspoiler* 2 digunakan pada penelitian ini. Semua hasil diperoleh dengan kondisi meshing, model Standar k −ε turbulen dan kondisi boundary yang sama. Berikut DragCoefficient (C_D) dan Lift Coefficient (C_L) untuk 3 bagian model ditunjukkan oleh Table 3 dengan kecepatan 40 m/s. Hasil simulasi dari Drag Coefficient dapat diketahui dan dengan adanya *rearspoiler*, maka nilai DragCoefficient bisa berkurang. Pada model *rearspoiler* 1, C_D bisa berkurang 4.17 % dan pada model

rearspoiler 2, C_D bisa berkurang hingga 9.32 % , jika dibandingkan dengan model mobil tanpa menggunakan *rearspoiler*. Sedangkan untuk hasil simulasi dari Lift Coefficient, adanya *rearspoiler*, maka nilai Lift Coefficient bisa berkurang. Untuk model *rearspoiler* 1, C_L bisa berkurang 4.2 % dan pada model *rearspoiler* 2, maka C_L bisa berkurang hingga 5.76 % hal ini jika dibandingkan dengan model mobil tanpa menggunakan *rearspoiler*.

Table3. DragCoefficient (C_D) dan Lift Coefficient (C_L) Reduction Rate of Vehicle with Rear Spoiler

No.	Model	C_D	Reduction Rate	C_L	Reduction Rate
1	Model mobil tanpa *rearspoiler*	0.5673		- 0.833	
2	Model mobil *rearspoiler* 1	0.5436	4.17 %	- 0.868	4.2 %
3	Model mobil *rearspoiler* 2	0.5144	9.32 %	- 0.881	5.76 %

Nilai koefisien drag dan lift untuk variasi kecepatan yang berbeda dapat dilihat pada Table 4 di bawah. Berdasarkan Tabel 4 dapat diketahui bahwa kecepatan berpengaruh terhadap besarnya nilai *DragCoefficient* (C_D) dan nilai *Lift Coefficient* (C_L). Pada model mobil Toyota YRS 4 door sedan variasi *rearspoiler* 1 dan 2, secara umum dapat disimpulkan bahwa semakin tinggi kecepatan, maka nilai C_D yang dihasilkan semakin rendah sebagai contoh untuk kecepatan 40 m/s *rearspoiler* model 2 menghasilkan C_D lebih rendah dari yang lain sebesar 0,5144. Sedangkan untuk nilai C_L semakin rendah kecepatan, maka nilai C_L semakin tinggi.

Table4. Perbandingan nilai DragCoefficient (C_D) dan Lift Coefficient (CL) pada semua model

Kecepatan	C_D			C_L		
	Tanpa *RearSpoiler*	*RearSpoiler* 1	*Rearspoiler* 2	Tanpa *RearSpoiler*	*RearSpoiler* 1	*Rearspoiler* 2
13 m/s	-	0.5479	0.536	-	-0.834	-0.848
26 m/s	-	0.5474	0.5216	-	-0.856	-0.864
40 m/s	0.5678	05438	0.5144	-0.833	-0.868	-0.881

KESIMPULAN

Dalam analisis data hasil simulasi telah didapatkan fenomena dan karakteristik aliran fluida yang melintasi *body* mobil toyota YRS 4 door sedan dengan variasi *rearspoiler*. Selain itu juga dalam analisis tersebut diketahui pengaruh variasi kecepatan terhadap aliran fluida. Pada studi ini dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Kontur aliran yang terjadi untuk nilai maksimum *velocitymagnitude* berubah seiring dengan bertambahnya kecepatan, semakin tinggi kecepatan maka semakin besar pula nilai *velocitymagnitude*. Nilai *velocitymagnitude* pada *spoiler* 2 lebih tinggi dibanding dengan *spoiler* 1.
2. Nilai DragCoefficient dan nilai Lift Coefficient yang muncul dari hasil simulasi dipengaruhi oleh kecepatan. Pada simulasi model mobil tanpa *spoiler*, dengan *spoiler* 1 dan 2, didapat bahwa dengan semakin tinggi kecepatan maka nilai C_D semakin kecil. Sedangkan untuk nilai Lift Coefficient, semakin rendah kecepatan maka nilai C_L semakin tinggi.
3. Semakin tinggi kecepatan maka nilai *recirculationlength* akan semakin panjang.
4. Untuk kecepatan yang sama, C_D*rearspoiler* model 2 lebih kecil dibandingkan C_D*rearspoiler* model 1 dan tanpa *rearspoiler*.

TERIMA KASIH

Terima kasih kami sampaikan kepada Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya (ITATS) atas dukungannya mendanai penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Xu-xia Hu, Eric T.T. Wong. 2011. A Numerical study on*rear-spoiler*ofpassengervehicle, worldacademyofscience, engineeringandtechnology, International JournalofMechanicalandMechatronics Engineering, Vol: 5, No: 9, pp.1800-1805.

[2] S.M. Rakibul Hassan, Toukir Islam, Mohammad Ali, Md. Quamrul Islam. 2014.Numerical study onaerodynamicdragreductionofracingcars,Procedia Engineering 90 pp. 308 – 313.

[3] Xingjun HU, Rui ZHANG, Jian YE, Xu YAN, Zhiming ZHAO. 2011. Influenceofdifferentdiffuserangleonsedan'saerodynamiccharacteristics, PhysicsProcedia 22, pp.239 – 245.

[4] MahmoudKhaled, Hicham El Hage, FabienHarambat, Hassan Peerhossaini. 2012. Someinnovativeconceptsforcardragreduction: A parametricanalysisofaerodynamicforceson a simplified*body*, J. Wind Eng. Ind. Aerodyn. 107–108, pp. 36–47.

[5] KrzysztofKurec , Micha Remer , Tobiasz Mayer , SylwesterTudruj , JanuszPiechna. 2018. Flowcontrolfor a car-mounted*rear* wing,International JournalofMechanicalSciences, pp.1 – 34. https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2018.12.034

[6] KrzysztofKurec, MichalRemer, JanuszPiechna 2019. The influenceofdifferentaerodynamicsetupsonenhancing a sportscar's, International JournalofMechanicalSciences 164, 105140. https://doi.org/10.1016/j.ijmecsci.2019.105140.

[7]A.Anish, Suthen.P.G, Viju.M.K. 2017. Modellingandanalysisof a carforreducingaerodynamicforces, International Journalof Engineering Trends& Technology (IJETT),Vol.47, number 1,pp.1-16.

[8]. M.J. Chern, S Syamsuri. 2012. Effectofcorrugatedbedonhydraulicjumpcharacteristicusing SPH method,JournalofHydraulic Engineering 139 (2), pp. 221-232.

[9]. Syamsuri,. 2016. Characteristicsofdecompression tank internallypressurizedwithwaterusingopenfoam,AppliedMechanicsand Materials 836, pp. 3-8.
[10]. NI Riani, S Syamsuri, RR Pratama,. 2017.Simulasi numerik aliran melewati nozzle padaejectorconverging–diverging dengan variasi diameter exitnozzle, REM (Rekayasa Energi Manufaktur) Jurnal 2 (1), pp. 19-23.
[11].S Syamsuri, MH Syafik, YP Iswanto. 2018. Study theeffectofangleofattackonflowcharacteristicsatracingbikehelmetusing CFD, MATEC Web ofConferences 204, 06001.
[12].Syamsuri, Ming-Jyh Chern, Nima Vaziri,. 2019. Effectofporous media onhydraulicjumpcharacteristicsbyusingsmoothparticlehydrodynamicsmethod, Internasional Journal of Civil Engineering,pp 1–13, https://doi.org/10.1007/s40999-019-00465-8.