

REDESAIN *BRAKE COOLING DUCT* PADA REM CAKRAM DEPAN SEPEDA MOTOR; ANALISIS PERUBAHAN TEMPERATUR DENGAN METODE *COMPUTATIONAL FLUID DYNAMICS (CFD)*

Ilyas Sofana^{1*}, Mochammad Choirul Anam², Imron Musthofa³

^{1,2}Program Studi Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Surabaya
Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya, Indonesia

³Program Studi Teknologi Otomotif, Jurusan Rekayasa dan Industri, Politeknik Negeri Tanah Laut
Jl. Ahmad Yani No.Km.06, Pemuda, Kec. Pelaihari, Kabupaten Tanah Laut, Kalimantan Selatan, Indonesia

*email : ilyas_sofana@um-surabaya.ac.id

(Received: 21-02-2024; Reviewed: 25-02-2024; Accepted: 17-03-2024)

Abstrak

Brake cooling duct adalah teknologi yang berguna untuk mengalirkan udara dari depan agar kaliper rem & *disc brake* tidak terlalu panas. Manfaat lain adalah menjaga temperatur mesin tetap normal karena mesin selalu mendapat udara segar. Penelitian ini menambahkan desain saluran udara atau *brake cooling duct* untuk mendinginkan *disc brake* menggunakan simulasi ANSYS CFD dengan kecepatan 48 Km/h dan 98 Km/h untuk mendapatkan temperatur *disc brake* saat melakukan pengereman tanpa *cooling duct* dan menggunakan *brake cooling duct*, perbedaan nilai *heat flux* setelah ditambahkan *brake cooling duct*, proses perubahan temperatur yang terjadi pada aliran udara dari *brake cooling duct* menyentuh permukaan *disc brake* dengan kecepatan 48 Km/h dan 96 Km/h. Hasil didapatkan temperatur *disc brake* saat melakukan pengereman tanpa *cooling duct* dengan nilai temperatur maksimum 137,74 °C dan menggunakan *brake cooling duct* dengan kecepatan inlet udara 48 Km/h adalah maksimum 74,73 °C dan 98 Km/h adalah 73.42 °C. Terdapat perbedaan nilai *heat flux* setelah ditambahkan saluran udara / *brake cooling duct* sebesar 33116 W/m² dengan kecepatan 48 Km/h dan 33746 W/m² dengan kecepatan 96 Km/h. Perubahan temperatur yang terjadi pada aliran udara dari *brake cooling duct* menyentuh permukaan *disc brake* dengan kecepatan 48 Km/h adalah 58.97 °C, untuk kecepatan 96 Km/h adalah 60.26 °C

Keywords: *Brake cooling duct*, Metode CFD, *heat flux*.

1. PENDAHULUAN

Road race merupakan kejuaraan balap sepeda motor yang dilakukan dengan kecepatan yang sangat tinggi didalam lintasan jalan aspal yang di pacu dengan mengelilingi sirkuit. *road race* adalah kompetisi balapan motor yang dilakukan di lintasan beraspal dengan nama lainnya

yaitu “balap jalanan”. Jenis motor yang digunakan adalah motor yang dijual di pasaran dan diproduksi secara massal dan bukan prototype seperti moto GP (Fikri,2020).

Beberapa aspek penting dari motor yang dalam lintasan salah satunya sistem pengereman. Performa pengereman suatu kendaraan dapat dipengaruhi secara signifikan oleh kenaikan temperatur pada komponen rem seperti cakram, bantalan rem, plat pendukung, piston, kaliper dan minyak rem. Temperatur tinggi selama pengereman dapat menyebabkan rem memudar, keausan dini, penguapan minyak rem, kerusakan bantalan, keretakan termal, dan getaran tereksitasi termal. Komponen yang paling panas adalah rem cakram dan bantalan yang akan mendingin dengan cepat mengikuti pendinginan hukum newton (panas yang diterima komponen rem dilepaskan ke udara bebas, secara alami)tetapi temperatur akan terus meningkat untuk minyak rem dan komponen lain yang jauh dari permukaan gesekan. *Disc brake* adalah salah satu komponen penting dalam rem cakram sebagai penghasil panas dalam sistem pengereman. Panas dihasilkan berdasarkan kontak gesekan antara bantalan rem dan rotor rem/*disc brake* terjadi kenaikan temperatur pada kedua permukaan yang bersentuhan(Anurag Dey, 2015). *Brake cooling duct* pertama kali diperkenalkan oleh pabrikan Ducati pada Moto GP(Ducati Motor Holding S.p.A, n.d.). Teknologi ini berguna untuk mengalirkan udara dari depan agar kaliper rem & *disc brake* tidak terlalu panas. Manfaat lain dari saluran pendingin rem adalah menjaga temperatur mesin tetap normal karena mesin selalu mendapat udara segar. Desain dan analisis saluran aliran udara untuk ditingkatkan kinerja termal rotor rem cakram menggunakan metode simulasi dilakukan Raja(Raja et al., 2017). dengan menambahkan desain saluran udara dengan didapatkan data hasil simulasi tanpa desain saluran udara dengan Temperatur maksimum yang dihasilkan pada permukaan rotor untuk kecepatan input 27,7m/s adalah 639,5K. Temperatur maksimum yang dihasilkan pada permukaan rotor untuk kecepatan input 13,85m/s adalah 642K. Temperatur udara masuk adalah 300K menggunakan *Ansys Computational Fluid Dynamics* (CFD). Panas yang dibawa oleh fluida keluar untuk kecepatan masukan 27,7m/s adalah 318,73K. Temperatur fluida keluar untuk kecepatan masukan 13,85m/s adalah 309,38K(Raja et al., 2017). Analisa temperatur *disc brake* dalam rangka belajar fenomena penguapan minyak rem dengan matlab oleh Anurag De pada balap FSAE dengan kendaraan dipacu sampai kecepatan 60 mil kemudian dilakukan pengereman ditikungan sampai kecepatan menurun ke 30 mil dengan 20 siklus pengeraman menunjukkan temperatur *disc brake* 343 °c, kaliper 130°c dan temperatur minyak rem 146°c nilai ini mendekati hasil eksperimen(Anurag Dey, 2015).

Penelitian ini menambahkan desain saluran udara atau *brake colling duct* untuk mendinginkan *disc brake* menggunakan simulasi *Ansys Computational Fluid Dynamics* (CFD) dengan kecepatan 48 Km/h dan 98 Km/h untuk mendapatkan temperatur *disc brake* saat melakukan pengereman tanpa *cooling duct* dan menggunakan *brake cooling duct*, Mengetahui perbedaan nilai *heat flux* setelah ditambahkan saluran udara / *brake cooling duct*, Mengetahui perubahan temperatur aliran udara yang terjadi akibat penambahan *brake cooling duct*.

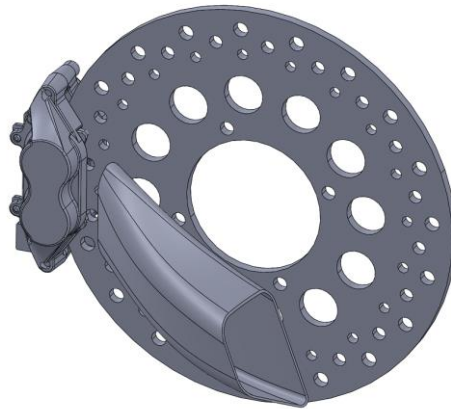
2. METODOLOGI

Penelitian ini di mulai dengan tahap Studi literature terkait efek penambahan *brake cooling duct* untuk membantu pendinginan pada *disc brake* dan *disc pad* saat pengereman terjadi. Selanjutnya adalah menentukan topik, jika sesuai dengan kriteria akan dilanjutkan ke tahap Simulasi Numerik berbasis *Ansys Computational Fluid Dynamics* (CFD). Data output yang akan dihasilkan adalah : 1) temperatur *disc brake* saat melakukan pengereman tanpa *cooling duct* dan menggunakan *brake cooling duct*, 2) perbedaan nilai *heat flux* setelah ditambahkan saluran

udara / *brake cooling duct*, 3) perubahan temperatur pada aliran udara dari *brake cooling duct* setelah menyentuh permukaan *disc brake* .

2.1 DESAIN 3D GEOMETRI

Tahap awal persiapan yang dilakukan adalah membuat 3D geometri *object* yaitu Sistem Pengereman-nya dengan *brake cooling duct*. Model 3D sistem pengereman melalui Parametric Modelling dengan *Solidworks* untuk membantu dalam *pre-simulation*. Hasil 3D object ini akan di import ke Ansys untuk selanjutnya dilakukan analisa temperatur.



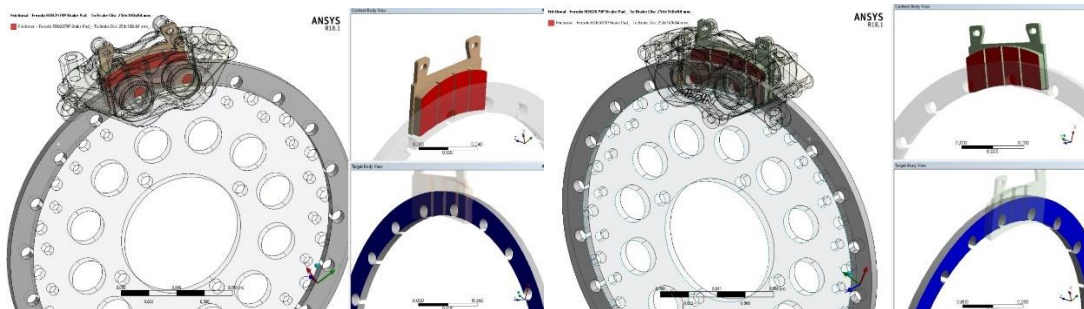
Gambar 1. Model Geometri *Braking Sistem*

2.2 PARAMETER INPUT SIMULASI

Tabel 1. Parameter Simulasi

Parameter	Jenis
<i>Contact Simulation</i>	<i>Disc brake</i>
<i>Friction Coefficient</i>	0.4
<i>Coefficient Convection</i>	1.24 W/m ²
<i>Material Disc brake</i>	<i>Stainless Steel</i>
<i>Material Disc Pad</i>	<i>Epoxy Resin</i>
<i>Material Brake cooling duct</i>	<i>Carbon fiber</i>
Kecepatan udara yang masuk <i>Brake cooling duct</i>	48 km/h dan 96 km/h

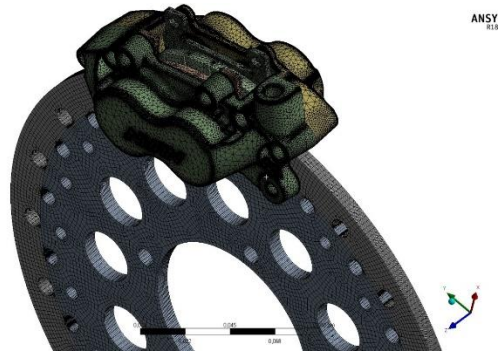
Dilanjutkan setting parameter target dan *contact* pada Ansys.



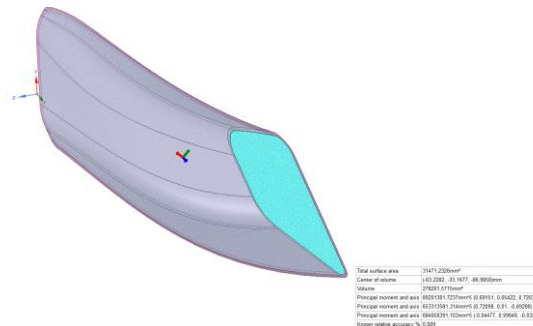
Gambar 2. Setting parameter target dan *contact* pada Ansys

Proses Meshing pada *Object Geometry*

Pada tahap ini menggunakan *meshing proximity* dan *curvature* dengan *size* 6mm. Elemen order yang digunakan adalah *Linear Analysis*. Proses selanjutnya Setting Geometri di *Space Claim* untuk *Cooling duct*



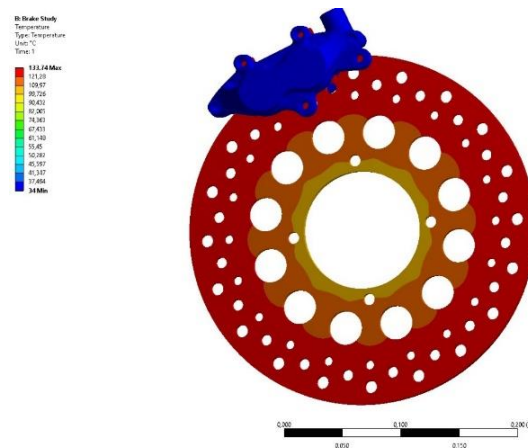
Gambar 3. Meshing pada Object Geometry



Gambar 4. Setting Geometri di Space Claim untuk Cooling duct

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 TEMPERATURE DISC BRAKE SAAT Pengereman TANPA COOLING DUCT

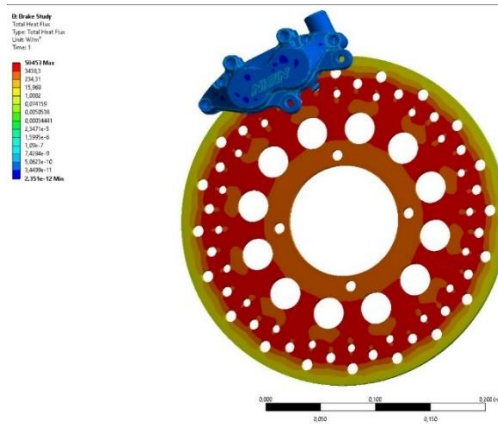


Gambar 5. Temperatur Disc brake saat pengereman tanpa cooling duct

Pada gambar 5 ditampilkan bahwasanya temperatur *disc brake* saat melakukan pengereman berada di angka 137,74 °C dengan waktu pengereman 1 detik.

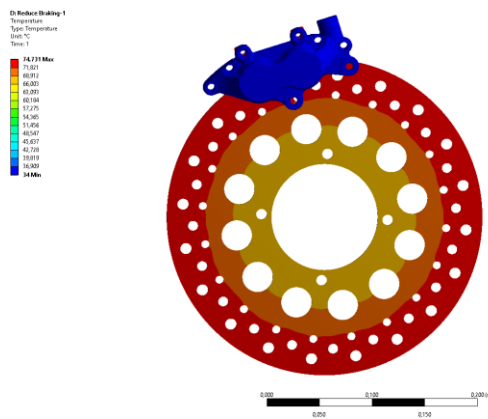
3.2 HEAT FLUX DISC BRAKE SAAT Pengereman TANPA COOLING DUCT

Nilai *heat flux* pada *disc brake* pada saat dilakukan pengereman tanpa adanya *cooling duct* adalah sebesar 50453 W/m². Secara visual, hasil simulasinya adalah seperti yang ditampilkan pada gambar 6.



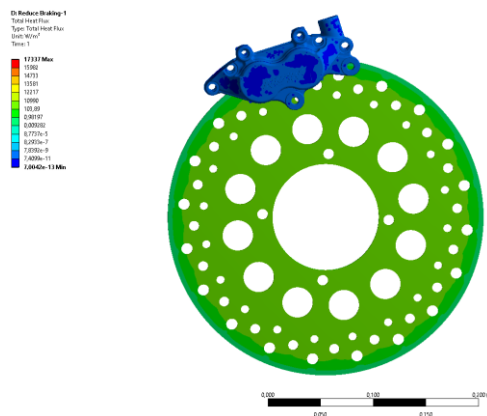
Gambar 6. Heat flux proses pengereman disc brake

3.3 TEMPERATURE DISC BRAKE DAN HEAT FLUX SAAT Pengereman DENGAN COOLING DUCT

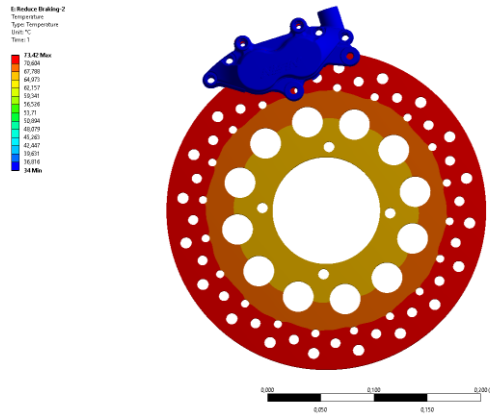


Gambar 7. Temperatur disc brake dengan cooling duct (kecepatan udara inlet 48km/h)

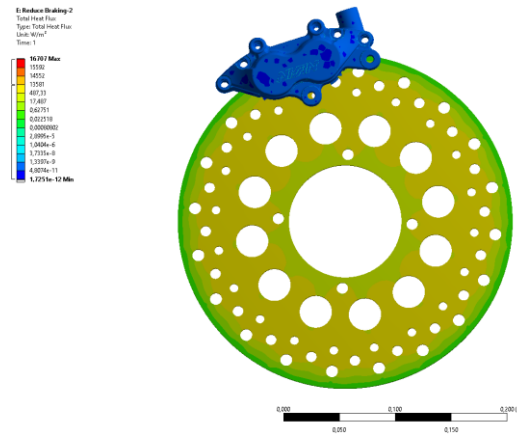
Temperatur disc brake menunjukkan penurunan dari 137,74 °C menjadi 74,73 °C dengan waktu pengereman 1 detik. Berikut ini adalah plot grafik temperature disc brake dengan cooling duct. Nilai heat flux maksimum pada proses pengereman menunjukkan diangka 17337 W/m².



Gambar 8. Heat flux proses pengereman disc brake (kecepatan udara inlet 48km/h)



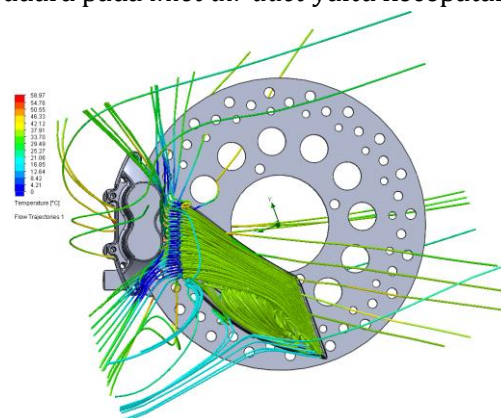
Gambar 9. Temperatur *disc brake* dengan *cooling duct* (kecepatan udara inlet 96 km/h)
 Temperatur *disc brake* dengan variasi kecepatan udara *inlet* 96 km/h pada gambar 9 diatas menunjukkan penurunan temperatur dari 137,74 °C menjadi 73,42 °C dengan waktu pengereman 1 detik. Berikut ini adalah plot grafik temperature *disc brake* dengan *cooling duct*.



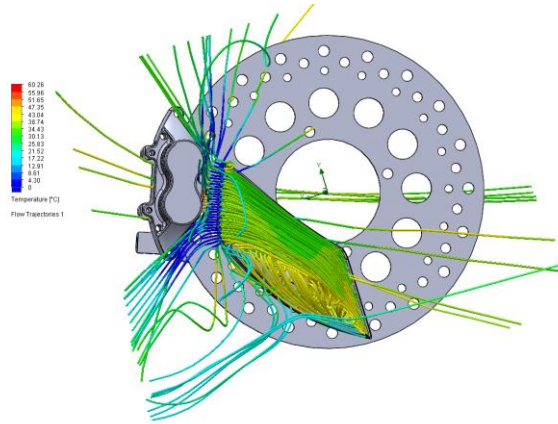
Gambar 10. *Heat flux* proses pengereman *disc brake* (kecepatan udara inlet 96km/h)
 Pada gambar 10 diatas, nilai *heat flux* maksimum pada proses pengereman menunjukan nilai sebesar 16707 W/m².

3.4 COOLING DUCT EFFECT

Pada bagian ini ditampilkan aliran fluida pada *air duct* yang mengkaji efek yang ditimbulkan dari kecepatan inlet *air duct* terhadap penurunan temperature pada *disc brake*. Terdapat 2 variasi kecepatan udara pada *inlet air duct* yaitu kecepatan 48 km/h dan 96 km/h.



Gambar 11. Aliran udara dengan kecepatan 48 km/h



Gambar 12. Aliran udara dengan kecepatan 96 km/h

Perubahan temperatur yang terjadi pada aliran udara dari *brake cooling duct* menyentuh permukaan *disc brake* dengan kecepatan 48 Km/h adalah 58.97 °C, lalu untuk kecepatan 96 Km/h adalah 60.26 °C.

4. KESIMPULAN

Berdasarkan dari hasil simulasi sebagai berikut:

- Disc brake* mengalami penurunan temperatur ketika diberi perlakuan dengan penambahan *brake cooling duct*, didapatkan temperatur *disc brake* saat melakukan pengereman tanpa *cooling duct* dengan nilai temperatur maksimum 137,74 °C dan menggunakan *brake cooling duct* dengan kecepatan inlet udara 48 Km/h adalah maksimal 74,73 °C dan 98 Km/h adalah 73.42 °C
- Terdapat perbedaan nilai *heat flux* setelah ditambahkan saluran udara / *brake cooling duct* sebesar 33116 W/m² dengan kecepatan 48 Km/h dan 33746 W/m² dengan kecepatan 96 Km/h. Nilai ini didapat dari perhitungan nilai *heat flux* maksimal *disc brake* tanpa *cooling duct* dan dikurangi dengan nilai *heat flux* maksimal *disc brake* dengan *cooling duct* kecepatan udara inlet 48 Km/h, lalu nilai *heat flux* maksimal *disc brake* dengan *cooling duct* kecepatan udara inlet 96 Km/h.
- Perubahan temperatur yang terjadi pada aliran udara dari *brake cooling duct* menyentuh permukaan *disc brake* dengan kecepatan 48 Km/h adalah 58.97 °C, lalu untuk kecepatan 96 Km/h adalah 60.26 °C.

DAFTAR PUSTAKA

- Anurag Dey, 2015. (2015). *Thermal Analysis of Disc brake in Order To Study. December*.
- Balasubramanyam, N. (2014). Design and Analysis of *Disc brake Rotor* for a Two Wheeler. *International Journal of Mechanical and Industrial Technology*, 1(1), 7–12.
- Çengel, Y. A., Cimbala, J. M., & Turner, R. H. (2017). Fundamentals of fluid-thermal sciences. In *Fundamentals of Thermal Fluid Sciences*.
- Daniel Das.A, Christo Reegan Raj.V, Preethy.S, R. B. . (2023). Structural and thermal analysis of *disc brake rotor*. *AIP Conference Proceedings*, 2754(1). <https://doi.org/10.1063/5.0167373>
- Ducati Motor Holding S.p.A. (n.d.). *Ducati Corse.pdf*.
- Hugar, D. S., & Kadabadi, P. U. B. (2017). Design and Thermal Analysis of *Disc brake* for Minimizing Temperature. *International Research Journal of Engineering and Technology(IRJET)*, 4(7). <https://irjet.net/archives/V4/i7/IRJET-V417687.pdf>
- Incroperara, F. P. and D. P. Dewitt, T. I. bergman, A. S. lavine. (2006). Free Convection. In *Fluid Mechanics and its Applications* (Vol. 112). https://doi.org/10.1007/978-3-031-28920-0_19

- Khatami, M., Muslim, Z. A., & Kurniawan, Y. J. (2023). Design of brake failure control on motorcycle *disc brake* s through an integrated cooling system. *Journal of Engineering and Applied Technology*, 4(2), 106–114. <https://doi.org/10.21831/jeatech.v4i2.65235>
- Raja, T., Mathiselvan, G., Sreenivasulureddy, M., & Goldwin Xavier, X. (2017). Design and analysis of Air flow duct for improving the thermal performance of *disc brake* rotor. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 197(1). <https://doi.org/10.1088/1757-899X/197/1/012086>
- Sarkar, S. (2013). Review Paper on Thermal Analysis of Ventilated *Disc brake* by Varying Design Parameters. *International Journal of Engineering Research & Technology*, 2(12), 1077–1081.
- Shah, R., Shah, C., & Thigale, S. (2017). Design and analysis of a hydraulic Brake caliper. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*, 8(5), 33–41.
- Shaik, A. F. B., & Srinivas, C. L. (2012). Structural and thermal analysis of *disc brake* with and without crossdrilled rotar of race car. *International Journal of Advanced Engineering Research and Studies (IJAERS)*, Volume IV(Issue July-Sept), pp 39-43.
- Singh, M., Pal, D., & Sen, N. (2022). *Understanding and improving the brake cooling in disc brake* s. 9(2), 309–321.
- Fikri, Indra.2020." Mantap! Ini Dia Regulasi Teknik Balap Motor Road Race Kejurnas Oneprix dan MotoPrix 2020", <https://www.motorplus-online.com>. Diakses 20 November 2023
- Jones, R.M. (1999). *Mechanics of Composite Materials* Second Edition. London: Taylor and Francis Group.
- .