G-Tech
Jurnal Teknologi Terapan

F.SAINTEK Unira Malang | Vol. 4 | No. 1
Oktober, 2020
P-ISSN 2580-8737, E-ISSN 2623-064X

SIMULASI BATANG PENGHUBUNG PISTON DENGAN VARIASI MATERIAL Al Alloy DAN Ti Alloy MENGGUNAKAN METODE ELEMEN HINGGA

Agus Dwi Putra[1], Yayi Febdia Pradani[2]
[1, 2] Universitas Islam Raden Rahmat Malang
agusdwiputra@uniramalang.ac.id

ABSTRAK

Motor bakar adalah motor yang dalam cara kerjanya membutuhkan pembakaran dengan merubah energi kimia menjadi energi mekanik. Pembakaran yang sering terjadi dalam ruang bakar dapat mengakibatkan panas dalam ruang bakar dimana pembakaran tersebut membutuhkan gerak bolak balik dari piston. Agar piston dapat berporasi normal maka, dibutuhkan komponen yang kuat untuk mendorong dan menopang piston tersebut. Komponen yang mendorong piston dalam dunia otomotif disebut dengan batang piston. Pemilihan material batang piston harus diperhatikan dengan ketelitian yang tinggi. Salah satu bahan penyusun material yang sering digunakan adalah Al Alloy dan Ti Alloy. Penelitian ini adalah untuk menguji dan menganalisis batang piston dengan metode elemen hingga. Analisis elemen hingga pada batang piston dilakukan dengan bantuan *software* ANSYS. Simulasi ANSYS dimaksudkan untuk menguji perbedaan total deformasi, tegangan normal, dan *safety factor* pada masing-masing material. Hasil analisis menunjukkan bahwa deformasi terbesar dialami pada batang piston dengan material Al Alloy dengan nilai 0,672 mm sedangkan pada material Ti Alloy deformasi yang dialami sebesar 0,496 mm.

Kata kunci: Simulasi, Batang Piston, Metode Elemen Hingga, Al Alloy, Ti Alloy

ABSTRACT

The combustion motor is a motor which in the way it works requires combustion by converting chemical energy into mechanical energy. Combustion that often occurs in the combustion chamber can result in heat in the combustion chamber where the combustion requires an alternating motion of the piston. In order for the piston to have a normal perforation, a strong component is needed to push and support the piston. The component that drives a piston in the automotive world is called a connecting rod. The choice of connecting rod material must be considered with great precision. One of the ingredients that is often used is Al Alloy and Ti Alloy. This research is to test and analyze the connecting rod with the finite element method. Finite element analysis on the connecting rod was carried out with the help of ANSYS software. ANSYS simulation is intended to test the difference in total deformation, normal stress, and safety factor in each material. The results of the analysis show that the largest deformation is experienced on the connecting rod with Al Alloy material with a value of 0.672 mm while in Ti Alloy material the deformation experienced is 0.496 mm.

Keywords: *Simulation, Connecting Rod, Finite Element Method, Al Alloy, Ti Alloy*

PENDAHULUAN

Motor bakar (piston) adalah motor bakar yang dalam penggunaannya memerlukan pembakaran. Pembakaran terjadi akibat ledakan api yang dihasilkan oleh sistem pengapian busi (Cerdoun et al., 2016). Ledakan tersebut memicu Gerakan piston untuk bergerang dan terdorong ke titik mati bawah dalam ruang bakar (Krstic et al., 2013). Pembakaran terjadi menghasilkan gas buang yang dikeluarkan melalui *exhaust manifold* (Alabbasian et al., 2016). Akibat dari proses pembakaran menghasilkan energi yang cukup besar yang mempu mendorong piston, hal ini mengakibatkan material penyusun piston ataupun komponen piston harus kuat dan presisi (Iglesias-Rey et al., 2014). Komponen yang mendorong dan menyangga piston

disebut dengan batang piston yang mana dalam bahasa teknik disebut dengan *connecting rod* (Khan et al., 2018).
Batang piston dalam motor bakar berfungsi untuk menggerakkan piston atau meneruskan tenaga sekaligus menopang piston maka, material yang digunakan harus kuat dan tahan panas (Saputro, 2018). Beberapa material yang sering digunakan dalam penyusuna batang piston adalah Al Alloy dan Ti Alloy (Putra et al., 2020). Al Alloy sering digunakan karena harga yang relatif cukup terjangkau daripada material lain (Andoko et al., 2020). Al Alloy biasanya digunakan pada *engine* dengan kapasitas silinder yang cukup kecil dengan kisaran 100-150 cc (Pham & Holdsworth, 2011).
Sedangkan Ti Alloy biasanya digunakan pada pada komponen kendaraan dengan tipe *sport* (Putra et al., 2020). Ti Alloy juga terdapat dalam material penyusun pesawat karena sifatnya yang kuat dan ringan (Hutař et al., 2017). Bahkan mobil *sport* sekelas Ferarri dan Lamborghini menggunakan material Ti Alloy dalam komponen *engine*-nya.
Gerak naik turun dari piston akibat pembakaran ruang bakar yang berlebihan dapat mengakibatkan kerusakan pada batang piston. Kerusakan yang dialami bisa berupa deformasi yang berlebihan dan timbulnya patah pada material batang piston (Boyd, 2016). Akibat kerusakan tersebut maka, performa dari *engine* akan berkurang dan dapat berhenti beroprasi (Yang et al., 2018). Oleh karena itu pemilihan bahan yang material yang tepat dangan mempengaruhi performa dari batang piston (Konečná et al., 2013).



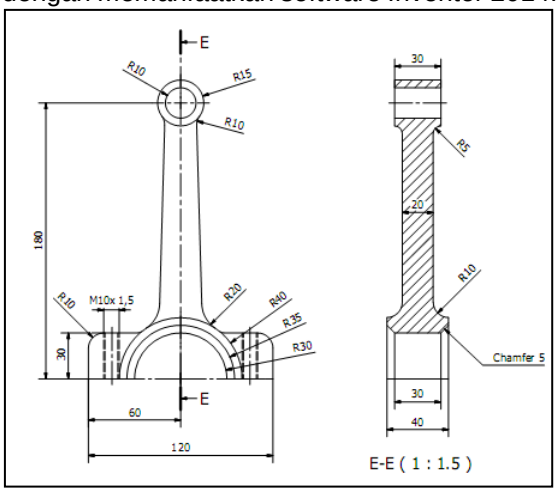
Gambar 1. Kerusakan batang piston

METODE PENELITIAN

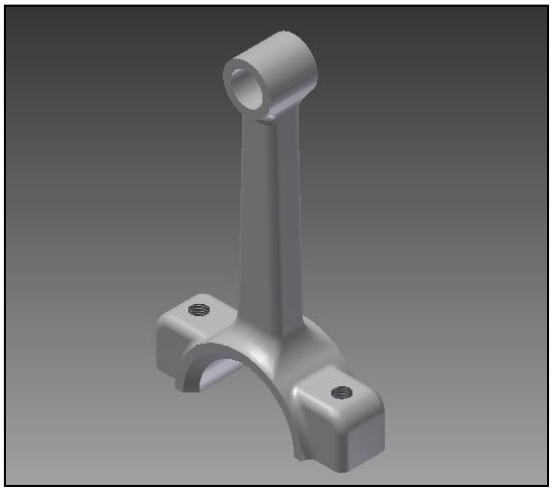
Batang piston memiliki beberapa bahan penyusun diantaranya yang sering digunakan adalah Al Alloy dan Ti Alloy (Andoko & Puspitasari, 2016). Berikut akan dideskripsikan menganai desain, komponen, dan kerusakan pada batang piston serta proses analisis elemen hingga pada batang piston.

Desain dan Komponen Batang Piston

Pada gambar 2 dan gambar 3 diperlihaktkan secara rinci batang piston. Desain dibuat dengan memanfaatkan software Inventor 2014.

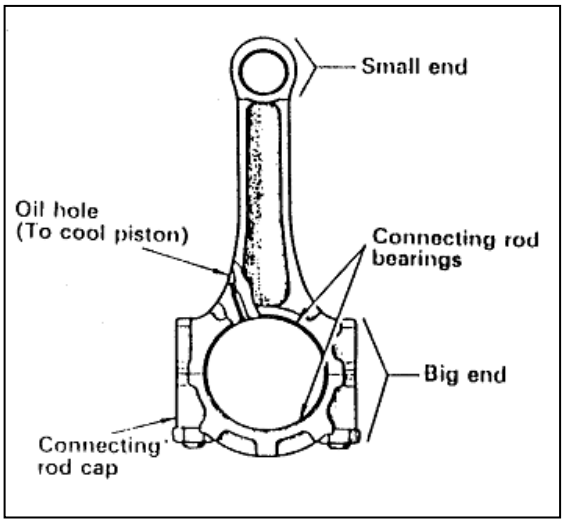


Gambar 2. Desain 2 dimensi batang piston



Gambar 3. Desain 3 dimensi batang piston

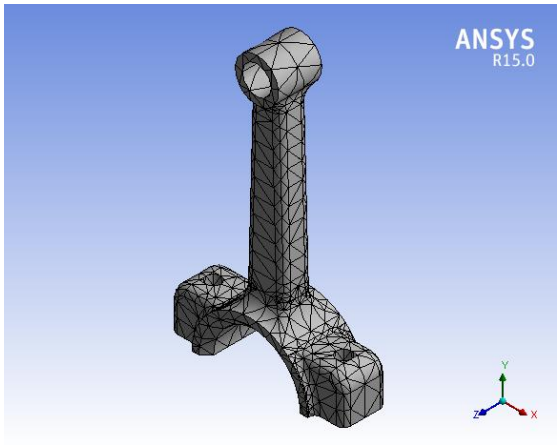
Bagian ujung dalam batang piston yang berhubungan dengan pin piston disebut dengan *small end*, sedangkan yang berhubungan dengan poros engkol adalah *big end.* Komponen ini yang biasanya membuat temperatur naik seketika (Hilditch et al., 2012). Agar temperatur tidak naik drastis biasanya terdapat metal bearing yang dialiri pelumas agar suhu tetap dingin karena diminimalisir gesekannya dan didinginkan (Ramesh et al., 2018).
Bersama itu sistem ini membentuk mekanisme yang mana merubah gerak lurus linear manjadi gerak melingkar atau berputar (Wu et al., 2017).



Gambar 3. Komponen batang piston

Simulasi ANSYS

Analisis batang piston yang akan diujikan meliputi *stress, deformation*, dan *safety factor* dengan pembebanan 5000 N. *Software* ANSYS yang digunakan adalah versi 15.0. proses *meshing* desain menghasilkan 5686 nodal dan 3069 elemen.



Gambar 4. Proses *meshing* desain

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil simulasi menunjukkan bahwa batang piston dengan material AL Alloy dan Ti Alloy memiliki perbedaan yang cukup signifikan. Berdasarkan gambar 5 deformasi yang ditunjukkan oleh kedua batang piston mengalami perbedaan. Deformasi pada piston dengan material Al Alloy adalah 0,672 mm. Sedangkan pada batang piston dengan material Ti Alloy sebesar 0,49 mm.

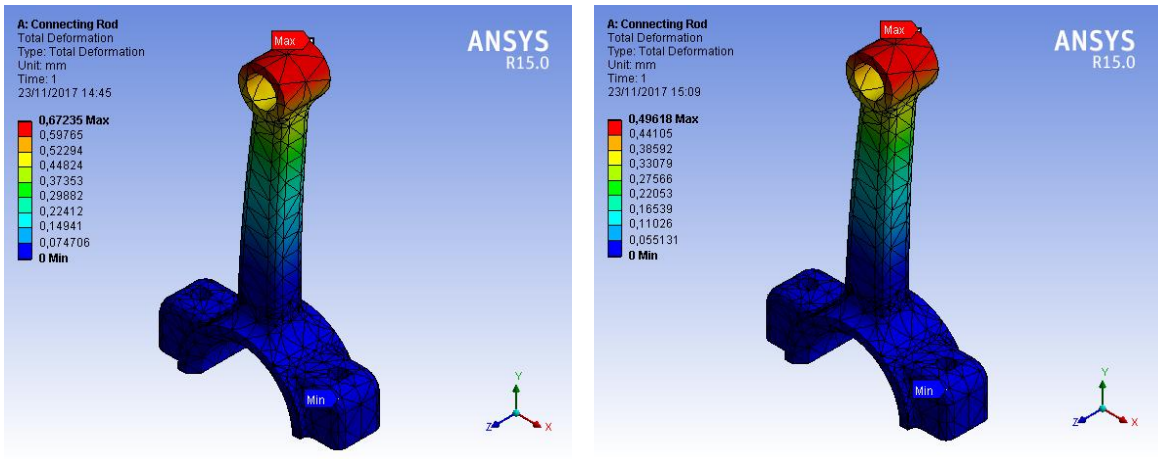
Untuk analisis tegangan normal pada batang piston didapatkan hasil bahwa batang piston dengan material Al Alloy mengalami tegangan normal maksimum sebesar 82,493 MPa dan minimum sebesar 0,005 MPa. Pada batang piston dengan material Ti Alloy didapatkan tegangan normal maksimum sebesar 82,213 MPa dan minimum sebesar 0,006 MPa.

Dari kedua bahan tersebut terdapat perbedaan hasil simulasi dimana deformasi terbesar dialami oleh batang piston material AL Alloy. Perbedaan dapat terjadi kerana sifat dan struktur logam Al Alloy dan Ti Alloy sangat berbeda yang mana Ti Alloy lebih kuat dari pada Al Alloy (Meischel et al., 2017). Selanjutnya dari segi penggunaan Ti Alloy penggunaanya lebih banyak pada komponen pesawat yang mana memerlukan struktur dan sifat material yang padat dan rapat sehingga kuat dan tidak mudah patah berbeda dengan Al Alloy yang mana penggunaannya sering digunakan pada komponen velg dan bodi kendaraan karena sifatnya yang ringan (Hutař et al., 2017).

Dari segi hasil tegangan yang dihasilkan, batang piston dengan material Ti Alloy memiliki tegangan normal yang relatif cukup kecil dengan tegangan normal yang dihasilkan oleh batang piston dengan material Al Alloy. Hal ini berbanding lurus dengan hasil simulasi total deformasi yang mana Hooke menyebutkan bahwa suatu benda atau material jika diberikan beban secara terus menerus akan mengakibatkan atau timbul tegangan yang berlebihan pada material tersebut, tegangan yang dihasilkan bisa berupa tarik atau tekan (Fedorenko et al., 2017). Akibat tegangan yang terus menerus maka material akan timbul regangan yang mengakibatkan deformasi yang berlebihan pada material tersebut (Nikulin et al., 2016). Hasil analisis simulasi tegangan normal dapat dilihat pada gambar 6. Perbedaan total deformasi juga dapat dilihat pada tabel 1 dan gambar 7 serta untuk hasil *safety factor* dapat dilihat pada diagram grafik batang gambar 8.

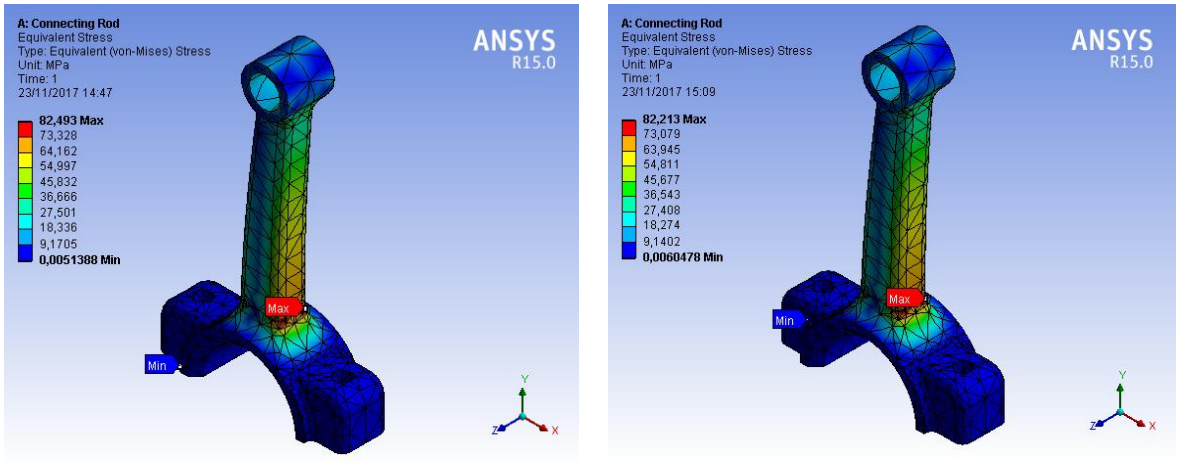
Tabel 1. Perbedaan deformasi dan tegangan normal batang piston

Batang Piston			
Al Alloy		Ti Alloy	
Normal Stress	***Deformation***	***Normal Stress***	***Deformation***
82,493 MPa	0,672 mm	82,213 MPa	0,49 mm



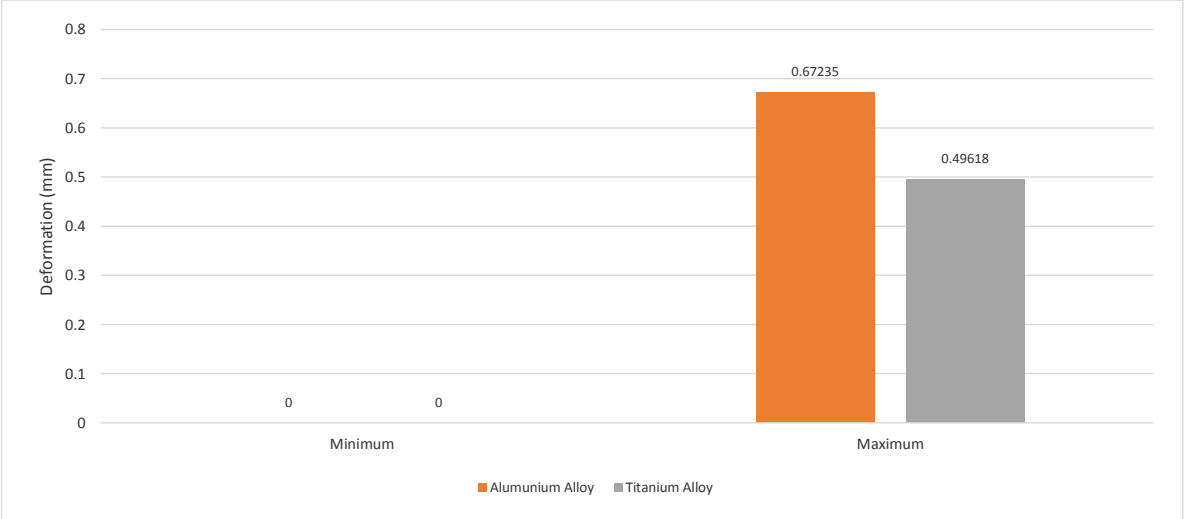
(a) (b)

Gambar 5. Total deformasi: (a) Al Alloy dan (b) Ti Alloy

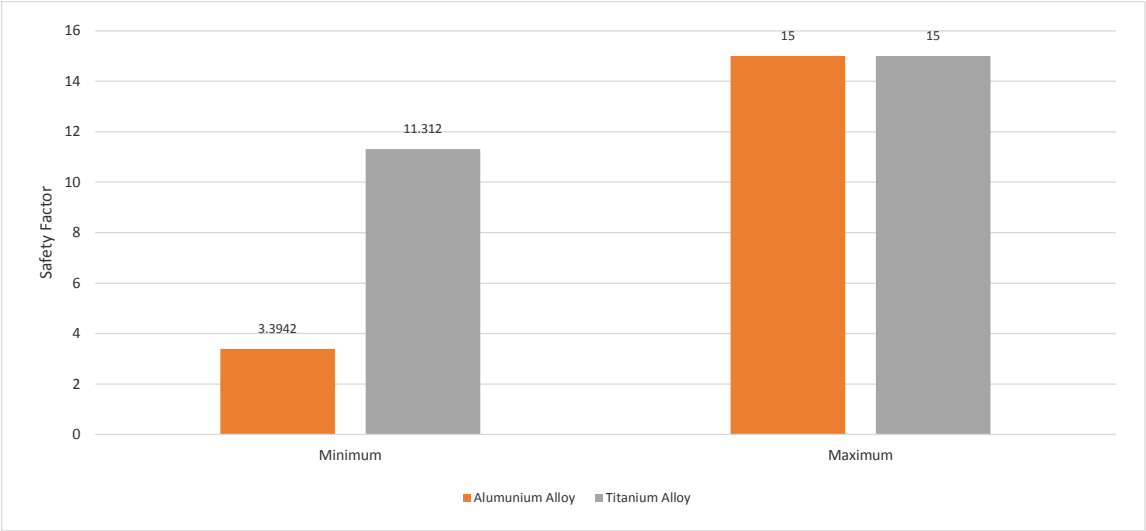


(a) (b)

Gambar 6. Normal *stress*: (a) Al Alloy dan (b) Ti Alloy



Gambar 7. Grafik perbedaan total deformasi batang piston



Gambar 8. Grafik perbedaan *safety factor*

Dalam diagram grafik batang di atas yakni gambar 7 dapat dilihat hasil dari simulasi *safety factor* yang dihasilkan dari masing-masing material. Untuk material AL Alloy didapatkan *safety factor* maksimum sebesar 15 dan minimum sebesar 3,394. Sedangkan pada material Ti Alloy didapatkan *safety factor* maksimum sebesar 15 dan minimum sebesar 11,312.

Tabel 2. Kesimpulan hasil simulasi

No	Bahan	*Stress* (Mpa)		*Deformation* (mm)		*Safety Factor*	
		Max.	*Min.*	*Max.*	*Min.*	*Max.*	*Min.*
1	Alumunium Alloy	82,493	0,0051388	0,67235	0	15	3,3942
2	Titanium Alloy	82,213	0,0060478	0,49618	0	15	11,312

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Dari hasil simulasi yang telah dilakukan bahwa batang piston dengan material AL Alloy dan Ti Alloy memilki perbedaan dimana, deformasi maksimum pada batang piston Al Alloy sebesar 0,672 mm, sedangkan pada batang piston dengan material Ti Alloy sebesar 0,496 mm.

Pada analisis tegangan normal didapatkan bahwa batang piston dengan material Al Alloy memiliki tegangan normal maksimum 82,493 MPa, sedangkan batang piston dengan material Ti Alloy memiliki tegangan normal maksimum sebesar 82,213 MPa.

Untuk lebih jelasnya kesimpulan hasil simulasi bisa dilihat pada tabel 2.

Saran

Sebaiknya pada penelitian selanjutnya bila bertemakan simulasi lebih baik menggunakan *software* selain ANSYS, pembebanan dilakukan secara dinamis, dan lebih baik menggunakan referensi material yang lain agar dapat dijadikan pembanding.

REFERENSI

Alabbasian, F., Boutorabi, S. M. A., & Kheirandish, S. (2016). Effect of inoculation and casting modulus on the microstructure and mechanical properties of ductile Ni-resist cast iron. *Materials Science and Engineering: A*, *651*, 467–473. https://doi.org/10.1016/j.msea.2015.09.024

Andoko, A., Wulandari, R., Gapsari, F., Putra, A. D., Kurniawan, P., Pradica, D. R.,

Jeadi, R. P., & Prasetya, R. (2020). SIMULATION OF TIME AND MOTION ACTIVITY EFFECT ON HIP JOINT IMPLANTS. *JOURNAL OF SOUTHWEST JIAOTONG UNIVERSITY*, *Vol. 55 No*.

Andoko, & Puspitasari, P. (2016). Finite element analysis of surface tension on piston due to pressure variation. *AIP Conference Proceedings*, *1778*. https://doi.org/10.1063/1.4965798

Boyd, D. D. (2016). General aviation accidents related to exceedance of airplane weight/center of gravity limits. *Accident Analysis and Prevention*, *91*, 19–23. https://doi.org/10.1016/j.aap.2016.02.019

Cerdoun, M., Carcasci, C., & Ghenaiet, A. (2016). An approach for the thermal analysis of internal combustion engines' exhaust valves. *Applied Thermal Engineering*, *102*, 1095–1108. https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2016.03.105

Fedorenko, R. V, Kudryavtsev, A. A., S, V., & Murtazin, I. R. (2017). ScienceDirect ScienceDirect ScienceDirect Strength analysis of nuclear power plant structures in case of aircraft Strength analysis of nuclear power plant structures in Paço of aircraft crash impact crash impact modeling of a high a pressure turbine blade. *Procedia Structural Integrity*, *6*, 244–251. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2017.11.037

Hilditch, T., Beladi, H., Hodgson, P., & Stanford, N. (2012). Role of microstructure in the low cycle fatigue of multi-phase steels. *Materials Science and Engineering: A*, *534*, 288–296. https://doi.org/10.1016/j.msea.2011.11.071

Hutař, P., Poduška, J., Šmíd, M., Kuběna, I., Chlupová, A., Náhlík, L., Polák, J., & Kruml, T. (2017). Short fatigue crack behaviour under low cycle fatigue regime. *International Journal of Fatigue*, *103*, 207–215. https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2017.06.002

Iglesias-Rey, P. L., Fuertes-Miquel, V. S., García-Mares, F. J., & Martínez-Solano, J. J. (2014). Comparative study of intake and exhaust air flows of different commercial air valves. *Procedia Engineering*, *89*, 1412–1419. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2014.11.467

Khan, M. I., Khan, M. A., & Shakoor, A. (2018). A failure analysis of the exhaust valve from a heavy duty natural gas engine. *Engineering Failure Analysis*, *85*(December 2017), 77–88. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2017.12.001

Konečná, R., Nicoletto, G., Bubenko, L., & Fintová, S. (2013). A comparative study of the fatigue behavior of two heat-treated nodular cast irons. *Engineering Fracture Mechanics*, *108*, 251–262. https://doi.org/10.1016/j.engfracmech.2013.04.017

Krstic, B., Rasuo, B., Trifkovic, D., Radisavljevic, I., Rajic, Z., & Dinulovic, M. (2013). Failure analysis of an aircraft engine cylinder head. *Engineering Failure Analysis*, *32*, 1–15. https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2013.03.004

Meischel, M., Hörmann, D., Draxler, J., Tschegg, E. K., Eichler, J., Prohaska, T., & Stanzl-Tschegg, S. E. (2017). Bone-implant degradation and mechanical response of bone surrounding Mg-alloy implants. *Journal of the Mechanical Behavior of Biomedical Materials*, *71*, 307–313. https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2017.03.025

Nikulin, I., Sawaguchi, T., Kushibe, A., Inoue, Y., Otsuka, H., & Tsuzaki, K. (2016). Effect of strain amplitude on the low-cycle fatigue behavior of a new Fe–15Mn–10Cr–8Ni–4Si seismic damping alloy. *International Journal of Fatigue*, *88*, 132–141. https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2016.03.021

Pham, M. S., & Holdsworth, S. R. (2011). Change of stress-strain hysteresis loop and its links with microstructural evolution in AISI 316L during cyclic loading. *Procedia Engineering*, *10*, 1069–1074. https://doi.org/10.1016/j.proeng.2011.04.176

Putra, A. D., Andoko, Wulandari, R., & Kurniawan, G. A. (2020). Simulation of hip joint implants using finite element method with time and load variations. *Key Engineering Materials*, *851 KEM*, 111–121. https://doi.org/10.4028/www.scientific.ne

t/KEM.851.111

Ramesh, R., Jeya Shakila, R., Sivaraman, B., Ganesan, P., & Velayutham, P. (2018). Optimization of the gelatinization conditions to improve the expansion and crispiness of fish crackers using RSM. In *LWT - Food Science and Technology* (Vol. 89). Elsevier Ltd. https://doi.org/10.1016/j.lwt.2017.10.045

Saputro, N. E. (2018). *Failure simulation of connecting rods without pistons using finite element method*. *07010*, 1–5.

Wu, S. C., Xu, Z. W., Yu, C., Kafka, O. L., & Liu, W. K. (2017). A physically short fatigue crack growth approach based on low cycle fatigue properties. *International Journal of Fatigue*, *103*, 185–195. https://doi.org/10.1016/j.ijfatigue.2017.05.006

Yang, L., Gao, Y., Shi, G., Wang, X., & Bai, Y. (2018). Low cycle fatigue property and fracture behavior of low yield point steels. *Construction and Building Materials*, *165*, 688–696. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.01.075