

# Pengujian Fisik dan Simulasi Grafis untuk Menilai Kekuatan Baja pada Elemen Mesin di Lingkungan Ekstrem

Rizky Hardinata \*<sup>1</sup>  
Ramadhan Syahputra <sup>2</sup>  
Andika Dwiputra <sup>3</sup>  
Herlan Herlambang <sup>4</sup>

<sup>1,2,3,4</sup> Universitas Al Azhar Medan

\*e-mail: [hardinatarizky4@gmail.com](mailto:hardinatarizky4@gmail.com)<sup>1</sup>, [ramadhansyahputra591@gmail.com](mailto:ramadhansyahputra591@gmail.com)<sup>2</sup>, [dwiputraa185@gmail.com](mailto:dwiputraa185@gmail.com)<sup>3</sup>, [herlanherlambang470@gmail.com](mailto:herlanherlambang470@gmail.com)<sup>4</sup>

## Abstrak

Penelitian ini mengevaluasi kekuatan baja pada elemen mesin yang terpapar pada lingkungan yang ekstrem melalui pengujian fisik dan simulasi grafis. Dua jenis baja, Baja Karbon ASTM A36 dan Baja Paduan ASTM 4130, diuji dengan menggunakan spesimen berbentuk batang silinder sesuai standar ASTM E8. Variabel penelitian meliputi suhu (-40°C, 25°C, 100°C) dan kelembaban (30%, 90%), dengan fokus pada pengujian ketahanan tarik, tekan dan lentur. Hasil uji fisik menunjukkan bahwa kekuatan tarik, tekan dan lentur kedua jenis baja meningkat pada suhu rendah dan menurun pada suhu tinggi. Simulasi grafis dengan perangkat lunak ANSYS memberikan hasil yang konsisten dengan pengujian fisik, yang menunjukkan validitas model simulasi yang diterapkan. Paparan kimia dalam bentuk larutan garam selama satu minggu menyebabkan penurunan kekuatan material akibat korosi, dengan ASTM 4130 menunjukkan ketahanan korosi yang lebih baik daripada ASTM A36. Kombinasi pengujian fisik dan simulasi grafis memberikan pemahaman yang komprehensif mengenai perilaku baja dalam kondisi ekstrem, sehingga membantu produsen untuk mendesain komponen mesin yang lebih andal dan aman.

**Kata kunci:** Baja ASTM A36, Baja ASTM 4130, Kekuatan Tarik, Kekuatan Tekan, Kekuatan Lentur, Simulasi Grafis, Lingkungan Ekstrem, Korosi, ANOVA, ANSYS.

## Abstract

This research evaluates the strength of steel in machine elements exposed to extreme environments through physical testing and graphical simulation. Two types of steel, ASTM A36 Carbon Steel and ASTM 4130 Alloy Steel, were tested using cylindrical bar-shaped specimens as per ASTM E8 standards. Research variables included temperature (-40°C, 25°C, 100°C) and humidity (30%, 90%), with a focus on tensile, compressive and flexural strength testing. The physical test results showed that the tensile, compressive and flexural strengths of both steel types increased at low temperatures and decreased at high temperatures. Graphical simulations with ANSYS software provided results consistent with the physical tests, demonstrating the validity of the applied simulation model. Chemical exposure in the form of a salt solution for one week caused a reduction in material strength due to corrosion, with ASTM 4130 showing better corrosion resistance than ASTM A36. The combination of physical testing and graphical simulation provides a comprehensive understanding of the behaviour of steel under extreme conditions, helping manufacturers to design more reliable and safe engine components.

**Keywords:** ASTM A36 Steel, ASTM 4130 Steel, Tensile Strength, Compressive Strength, Flexural Strength, Graphical Simulation, Extreme Environments, Corrosion, ANOVA, ANSYS.

## PENDAHULUAN

Pengujian fisik dan simulasi grafis adalah dua metode penting yang digunakan dalam penilaian kekuatan baja pada komponen mesin. Pengujian fisik melibatkan penerapan berbagai gaya mekanis pada baja untuk menentukan kekuatan dan daya tahannya (Perveitalov et al., 2023).

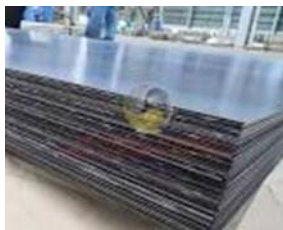
Di sisi lain, simulasi grafis menggunakan perangkat lunak komputer untuk membuat model virtual komponen dan mensimulasikan kinerjanya dalam kondisi yang berbeda. Kedua metode ini memainkan peran kunci dalam memastikan keandalan dan keamanan komponen mesin yang terbuat dari baja (Fang et al., 2023). Dengan menggabungkan hasil pengujian fisik dengan data yang dihasilkan melalui simulasi grafis, para insinyur dapat memperoleh pemahaman yang komprehensif tentang perilaku baja dalam aplikasi dunia nyata. Hal ini memungkinkan prediksi yang lebih akurat tentang bagaimana kinerja komponen di bawah beban dan kondisi operasi yang berbeda (Maurizi et al., 2022). Pada akhirnya, pendekatan terintegrasi ini membantu produsen merancang komponen alat berat yang memenuhi persyaratan kekuatan yang diperlukan dan memastikan keamanan dan efisiensi peralatan secara keseluruhan (Bean et al., 2022). Selain itu, pendekatan terintegrasi ini juga memungkinkan para insinyur untuk mengidentifikasi titik lemah atau area yang menjadi perhatian dalam desain sebelum produksi dimulai. Dengan mengatasi masalah ini sejak dini, produsen dapat melakukan penyesuaian yang diperlukan untuk meningkatkan kinerja dan umur komponen alat berat. Secara keseluruhan, kombinasi pengujian fisik dan simulasi grafis memberikan metode yang menyeluruh dan efektif untuk memastikan keandalan dan keamanan komponen baja yang digunakan di berbagai industri.

## METODE

### 1. Subjek Penelitian

- Materi yang dipelajari meliputi dua jenis baja :

#### Baja Karbon ASTM A36



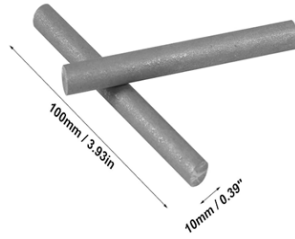
Gambar 1: Baja Karbon dengan spesifikasi ASTM A36.

- **Baja Paduan:** ASTM 4130



Gambar 2: Baja Paduan: ASTM 4130

- **Spesimen :** Spesimen terdiri dari batang silinder diameter 10 mm dan panjang 100 mm, sesuai dengan standar ASTM E8 untuk pengujian mekanik.



Gambar 3: spesimen berbentuk batang silinder

## 2. Variabel Penelitian

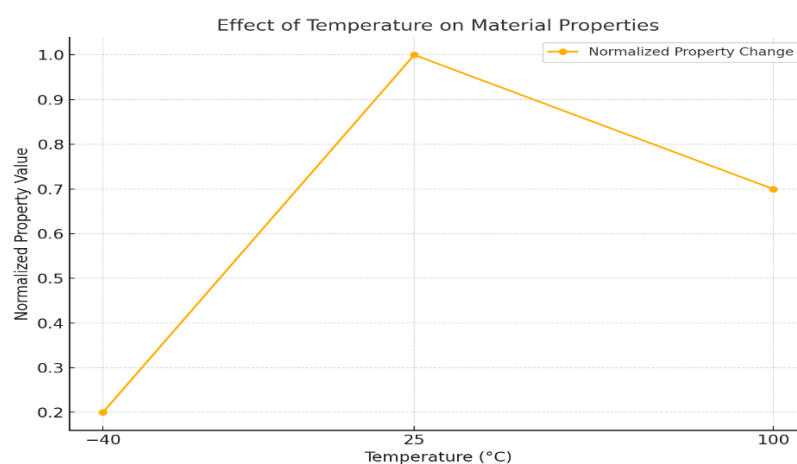
Variabel penelitian dibagi menjadi dua kategori primer : variabel bebas dan variabel terikat . ini dia adalah rincian masing - masing variabel(Liu et al., 2022) :

### a. Variabel Bebas

Variabel bebas merujuk pada elemen yang dapat diubah atau dikendalikan dalam penelitian untuk mengamati dampaknya terhadap variabel terikat. Variabel bebas yang diteliti dalam penelitian.(Dzhafarov, 2024) ini adalah:

- **Suhu:**

1. -40°C: Suhu ekstrem yang dapat memengaruhi karakteristik fisik material, termasuk kekuatan dan ketahanan ausnya.(Sitia et al., 2023)
2. 25°C: Suhu kamar yang termasuk standar untuk pengujian material.(R. Chen et al., 2021)
3. 100°C: Suhu tinggi yang dapat menyebabkan perubahan dalam struktur material dan mempengaruhi kekuatan.(Guo et al., 2023) Dan berikut ini adalah grafiknya:

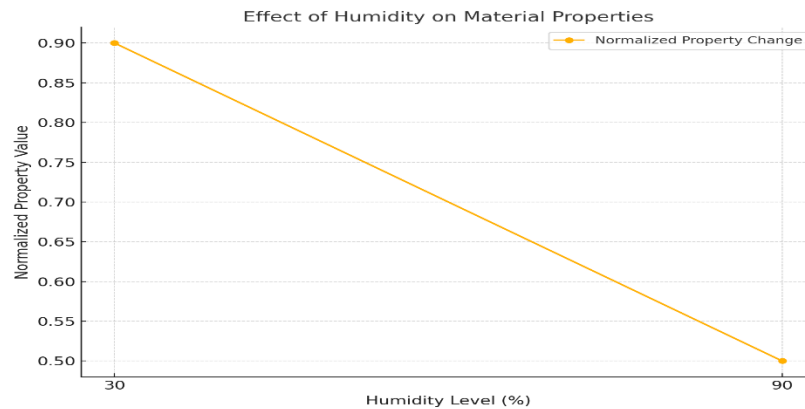


4.

Gambar 4: grafik Pengaruh Suhu terhadap Sifat Bahan

- **Kelembapan:**

1. 30%: Kelembaban rendah yang dapat membantu memahami bagaimana material berperilaku dalam kondisi kering.(Rabat et al., 2022) Berikut gambar grafik nya:



Gambar 5: grafik Pengaruh Kelembaban terhadap Sifat Material

### b. Variabel Terikat

Variabel terikat adalah hasil atau efek yang diukur dalam penelitian sebagai respons terhadap perubahan pada variabel bebas. Dalam penelitian ini, variabel terikat yang diteliti adalah:

- Kekuatan Tarik: Mengukur seberapa yang diperlukan untuk menarik spesimen baja hingga putus. Kekuatan tarik indikator penting dari ketahanan material terhadap beban.
- Kekuatan Tekan: Mengukur seberapa yang diperlukan untuk menghancurkan spesimen baja. Kekuatan tekan memberikan informasi tentang kemampuan material untuk menahan beban kompresi.
- Kekuatan lentur adalah ukuran gaya yang diperlukan untuk membengkokkan spesimen baja. Ini penting untuk menilai kemampuan material dalam aplikasi di mana terjadi beban lentur.

Dengan memahami variabel bebas dan keterikatan, penelitian sistematis penelitian Mungkin dapat dilakukan untuk menentukan bagaimana suhu dan kelembaban mempengaruhi kualitas bahan baja dalam kondisi ekstrem(Boiko et al., 2023).

### 3. Metode Pengumpulan Data

1. Pengujian Kekuatan:
  - a. Uji Tarik: Menggunakan mesin uji tarik(Park et al., 2017) untuk mengukur tarik spesimen dalam kondisi yang ditentukan.



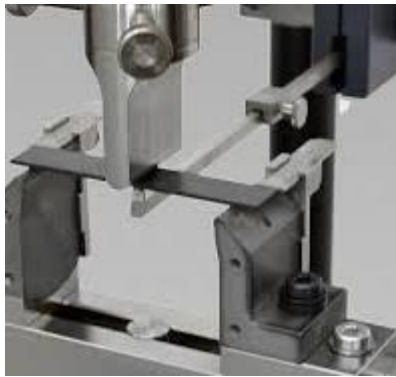
Gambar 6: mesin uji tarik

- b. Uji Tekan : Menggunakan mesin uji tekan untuk mengukur jumlah tekanan tertentu dan untuk mengukur kuantitas tekan tertentu . (Merabti, 2022)



Gambar 7: Mesin uji tekan

- c. Uji Lentur: Menggunakan mesin uji lentur untuk mendapatkan data kekuatan lentur. (Haftkhani & Hematabadi, 2022)



Gambar 8: Mesin uji lentur

2. Simulasi Grafis: Hasil simulasi dengan perangkat lunak ANSYS akan dibandingkan dengan data dari pengujian fisik. (Šabacká et al., 2022)

#### 4. Prosedur Intervensi

1. Pengujian Lingkungan Ekstrem:
  - a. Kondisi Uji: spesimen dievaluasi berdasarkan tiga kondisi suhu dan dua ambang batas kelembaban .
  - b. Paparan Bahan Kimia: Spesimen direndam dalam larutan garam selama satu minggu untuk menilai efek korosi .
2. Durasi Pengujian: Menggunakan waktu 24 jam, 72 jam, dan 1 minggu pada kondisi yang ditentukan.

**5. Teknik Analisis Data**

1. Pengumpulan Data: Hasil pengujian akan direkam dan dipecah berdasarkan jenis baja dan kondisi pengujian.
2. Analisis Statistik:
  - a. Menggunakan analisis varians (ANOVA) untuk menilai perbedaan signifikan antara kelompok data .
  - b. Grafik Simulasi: Hasil simulasi akan dibandingkan dengan hasil pengujian fisik untuk memastikan konsistensi dan validitas model.

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

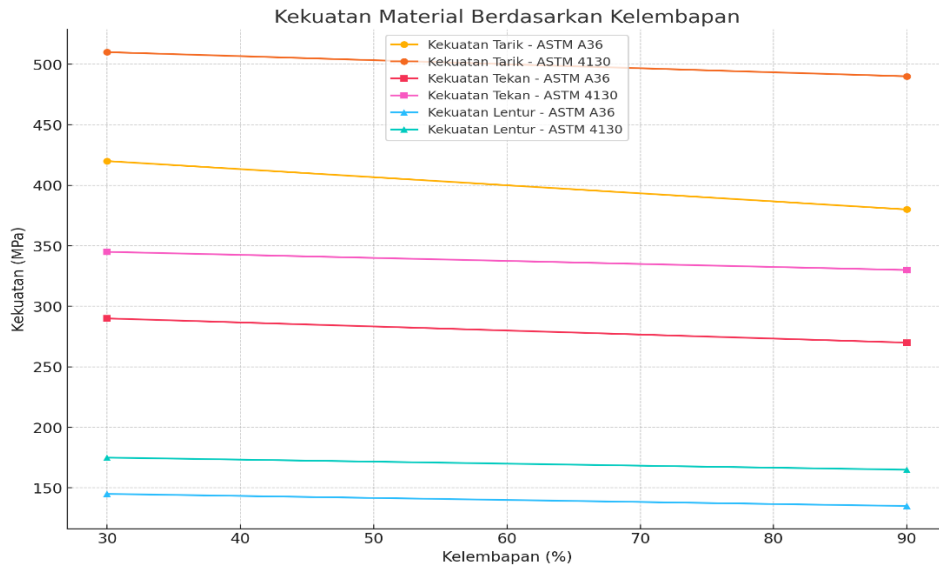
**1. Pengujian Kekuatan**

Berikut Ini adalah hasil dari pengujian kualitas tarik , tekan, dan lentur dari dua jenis baja pengujian (ASTM A36 dan ASTM 4130 ) pada berbagai kondisi suhu dan kelembaban(Singh et al, 2023)

Table Pengaruh Suhu terhadap Sifat Bahan

Suhu (°C)	Kekuatan Tarik (Mpa)- ATSM A36	Kekuatan Tarik (Mpa)- ATSM 4130	Kekuatan Tekan (MPa)- ATSM A36	Kekuatan Tekan (MPa)- ATSM 4130	Kekuatan lentur (MPa)- ATSM A36	Kekuatan lentur (MPa)- ATSM 4130
-40	450	520	300	350	150	180
25	400	500	280	340	140	170
100	350	460	250	320	130	160

Grafik Pengaruh Kelembapan terhadap Sifat Material



Gambar 9: grafik Kekuatan Material Berdasarkan Kelembapan

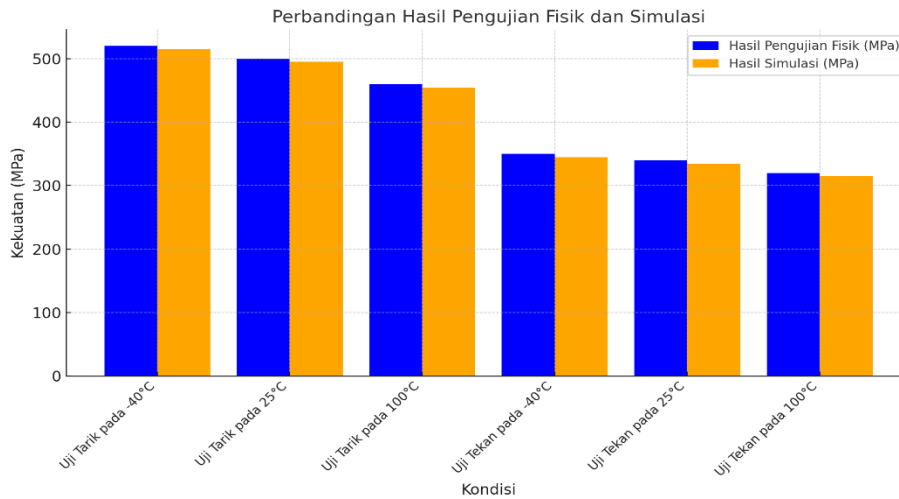
**Analisis Hasil Pengujian:**

1. Kekuatan Tarik: Dibandingkan dengan suhu 25°C, tarikan kekuatan kedua jenis baja mengalami peningkatan yang signifikan pada suhu -40 ° C . terdapat penurunan yang nyata pada tarikan kekuatan sekitar 100 ° C (Z. Chen et al., 2022)
2. Kekuatan Tekan: Kekuatan tekan menunjukkan pola yang serupa dengan kekuatan tarik. Pada suhu rendah , kekuatan tekan meningkat, sedangkan pada suhu tinggi , kekuatan tekan menurun.(Gołaszewski et al., 2022)
3. Kekuatan Lentur: Kekuatan lentur dipengaruhi oleh suhu, meningkat pada suhu rendah dan menurun pada suhu tinggi.(Luan et al., 2023)

2. Simulasi Grafis

Hasil pengujian fisik dibandingkan dengan hasil simulasi menggunakan perangkat lunak ANSYS untuk memverifikasi model.

Grafik Simulasi Hasil Uji Tarik dan Tekan



Gambar 10: grafik Perbandingan Hasil Pengujian Fisik dan Simulasi

Di bawah ini terdapat tabel yang berkaitan dengan Gambar 7: grafik perhitungan hasil pengujian fisik dan simulasi.

Kondisi	Hasil Pengujian Fisik (MPa)	Hasil Simulasi (MPa)
Uji Tarik pada -40°C	520	515
Uji Tarik pada 25°C	500	495
Uji Tarik pada 100°C	460	455
Uji Tekan pada -40°C	350	345
Uji Tekan pada 25°C	340	335
Uji Tekan pada 100°C	320	315

**Analisis Hasil Simulasi:**

1. Hasil simulasi menunjukkan konsistensi dengan hasil pengujian fisik, yang mengindikasikan validitas model simulasi yang diterapkan.
2. Perbedaan antara hasil pengujian fisik dan hasil simulasi yang relatif kecil, menunjukkan bahwa model simulasi dapat digunakan untuk memprediksi kekuatan material dalam kondisi ekstrem.

**Paparan Bahan Kimia**

Setelah spesimen direndam dalam larutan garam selama satu minggu, terjadi penurunan kekuatan material akibat korosi. Berikut adalah tabelnya:

kondisi	Kekuatan Tarik(MPa) sebelum paparan	Kekuatan Tarik(MPa) setelah paparan	Penurunan (%)
ASTM A36	400	360	10%
ASTM 4130	500	475	5%



**Analisis Hasil Paparan Bahan Kimia:**

1. Paparan terhadap bahan kimia (larutan garam) mengakibatkan penurunan kekuatan tarik pada kedua tipe baja.
2. Baja ASTM 4130 menunjukkan ketahanan korosi yang unggul dibandingkan dengan ASTM A36.

**KESIMPULAN**

Penelitian ini menggaris bawahi pentingnya pemilihan material yang tepat dalam desain mesin untuk lingkungan ekstrem. Baja ASTM 4130, yang memiliki kekuatan mekanis lebih tinggi dan ketahanan korosi lebih unggul dibandingkan ASTM A36, menunjukkan kinerja yang unggul dalam berbagai kondisi suhu dan kelembaban ekstrem. Hal ini menjadikannya pilihan unggul untuk aplikasi dalam industri otomotif atau manufaktur yang memerlukan ketahanan terhadap beban mekanis dan kondisi lingkungan yang ekstrem. Temuan penelitian ini juga menekankan pentingnya pengujian dan evaluasi material secara berkala untuk memastikan mesin beroperasi secara efektif dan aman. Pemantauan kekuatan tarik, tekan, dan lentur, beserta ketahanan terhadap bahan kimia, memudahkan deteksi dini kerusakan atau keausan. Perawatan material yang tepat dan pemilihan baja yang sesuai akan meningkatkan efisiensi, keselamatan, dan akurasi mesin dalam jangka panjang.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Bean, P., Lopez-Anido, R. A., & Vel, S. (2022). Integration of Material Characterization, Thermoforming Simulation, and As-Formed Structural Analysis for Thermoplastic Composites. *Polymers*, *14*(9), 1–26. <https://doi.org/10.3390/polym14091877>
- Boiko, Y. M., Marikhin, V. A., & Myasnikova, L. P. (2023). Tensile Strength Statistics of High-Performance Mono- and Multifilament Polymeric Materials: On the Validity of Normality. *Polymers*, *15*(11), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym15112529>
- Chen, R., Luo, F., Liu, Y., Song, Y., Dong, Y., Wu, S., Cao, J., Yang, F., N'Diaye, A., Shafer, P., Liu, Y., Lou, S., Huang, J., Chen, X., Fang, Z., Wang, Q., Jin, D., Cheng, R., Yuan, H., ... Yao, J. (2021). Tunable room-temperature ferromagnetism in Co-doped two-dimensional van der Waals ZnO. *Nature Communications*, *12*(1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/s41467-021-24247-w>
- Chen, Z., Lin, Z., Qi, J., Feng, Y., Chen, L., & Wang, G. (2022). Microstructures and Mechanical Properties of a New Multi-functional 460 MPa Grade Construction Structural Steel. *Acta Metallurgica Sinica (English Letters)*, *35*(7), 1–12. <https://doi.org/10.1007/s40195-021-01359-2>
- Dzhafarov, E. N. (2024). Hidden variables, free choice, context-independence and all that. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *382*(2268), 1–18. <https://doi.org/10.1098/rsta.2023.0015>
- Fang, B., Lu, A., Sun, J., Li, X., & Shen, T. (2023). The Simulation of Extremely Low Cycle Fatigue Fracture Behavior for Pipeline Steel (X70) Based on Continuum Damage Model. *Metals*, *13*(7), 1–16. <https://doi.org/10.3390/met13071238>
- Gołaszewski, J., Klemczak, B., Smolana, A., Gołaszewska, M., Cygan, G., Mankel, C., Peralta, I., Röser, F., & Koenders, E. A. B. (2022). Effect of Foaming Agent, Binder and Density on the Compressive Strength and Thermal Conductivity of Ultra-Light Foam Concrete. *Buildings*, *12*(8), 1–20. <https://doi.org/10.3390/buildings12081176>

- Guo, J., Lei, Y., Yang, Y., Cheng, P., Wang, Z., & Wu, S. (2023). Effects of High Temperature Treatments on Strength and Failure Behavior of Sandstone under Dynamic Impact Loads. *Sustainability (Switzerland)*, 15(1), 1–12. <https://doi.org/10.3390/su15010794>
- Haftkhani, A. R., & Hematabadi, H. (2022). Effect of Layer Arrangement on Bending Strength of Cross-Laminated Timber (CLT) Manufactured from Poplar (*Populus deltoides* L.). *Buildings*, 12(5), 1–18. <https://doi.org/10.3390/buildings12050608>
- Liu, S., Tan, C., Tyers, M., Zetterberg, A., & Kafri, R. (2022). What programs the size of animal cells? *Frontiers in Cell and Developmental Biology*, 10(November), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fcell.2022.949382>
- Luan, S., Chen, J., Lv, Y., Zhang, X., & Huang, L. (2023). Experimental Study of the Effect of Temperature on the Circumferential Bending Performance of GFRP Pipes. *Polymers*, 15(2), 1–15. <https://doi.org/10.3390/polym15020392>
- Maurizi, M., Gao, C., & Berto, F. (2022). Predicting stress, strain and deformation fields in materials and structures with graph neural networks. *Scientific Reports*, 12(1), 1–12. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-26424-3>
- Merabti, S. (2022). Effect of Concrete Class, Maximum Aggregate Size and Specimen Size on the Compressive Strength of Cores and Cast Specimens. *Advances in Materials Science*, 22(4), 1–31. <https://doi.org/10.2478/adms-2022-0016>
- Park, J. B., Kim, D., Yang, S. B., & Kim, J. H. (2017). Pullout Characteristics of Geosynthetics Reinforced Earth Using Multilayer Spreading Pullout Test. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, 1–11. <https://doi.org/10.1155/2017/9485826>
- Perveitalov, O. G., Nosov, V. V., Borovkov, A. I., Khanukhov, K. M., & Chetvertukhin, N. V. (2023). Calculation of Durability and Fatigue Life Parameters of Structural Alloys Using a Multilevel Model of Acoustic Emission Pulse Flow. *Metals*, 13(1), 1–38. <https://doi.org/10.3390/met13010004>
- Rabat, Tomás, R., Cano, M., Pérez-Rey, I., Siles, J. S., & Alejano, L. R. (2022). Influence of water content on the basic friction angle of porous limestones—experimental study using an automated tilting table. *Bulletin of Engineering Geology and the Environment*, 81(6), 1–21. <https://doi.org/10.1007/s10064-022-02687-y>
- Šabacká, P., Maxa, J., Bayer, R., Vyroubal, P., & Binar, T. (2022). Slip Flow Analysis in an Experimental Chamber Simulating Differential Pumping in an Environmental Scanning Electron Microscope. *Sensors*, 22(23), 1–24. <https://doi.org/10.3390/s22239033>
- Singh, V. K., Rana, R., Singh, S. B., & Kundu, A. (2023). Effects of Temperatures of Rolling and Annealing on Microstructures and Tensile Properties of Low Carbon Ferritic Low Density Steels. *ISIJ International*, 63(5), 1–11. <https://doi.org/10.2355/isijinternational.ISIJINT-2022-464>
- Sitzia, F., Lisci, C., Pires, V., Alves, T., & Mirão, J. (2023). Laboratorial Simulation for Assessing the Performance of Slates as Construction Materials in Cold Climates. *Applied Sciences (Switzerland)*, 13(5), 1–20. <https://doi.org/10.3390/app13052761>