

PERENCANAAN MATA PISAU MESIN PENCACAH PLASTIK MENGUNAKAN FEA

PLASTIC CRUSHING MACHINE BLADE DESIGN USING FEA

¹Faqih Alayuddin, ²Imam Rustadi, ³Muhammad Affan Maulana, ⁴Okto Bryan Marbun,
⁵Rafiudin

^{1,2,3,4,5}*Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Pamulang*

Jl. Raya Jakarta Km 5 No.6, Kalodran, Kec. Walantaka, Kota Serang, Banten 42183

email : ¹dosen10017@unpam.ac.id

ABSTRAK

Masalah limbah plastik yang sulit terurai menjadi tantangan serius dalam menjaga kebersihan lingkungan, terutama di wilayah dengan keterbatasan pengelolaan sampah seperti Kalodran, Serang. Penelitian ini bertujuan untuk merancang dan menganalisis kinerja mata pisau mesin pencacah plastik tipe *shredder* dengan fokus pada pemilihan material dan desain geometrinya. Metode penelitian menggunakan pendekatan eksperimental dengan desain 3D SolidWorks dan pengujian simulasi berbasis Finite Element Analysis (FEA). Dua jenis material baja karbon rendah, yaitu AISI 1020 dan ASTM A36, dibandingkan berdasarkan ketahanan tegangan, deformasi, dan efisiensi pemotongan. Hasil menunjukkan bahwa AISI 1020 memiliki kekuatan lebih tinggi dan deformasi yang lebih kecil dibandingkan ASTM A36, menjadikannya lebih layak sebagai material pisau *shredder*. Desain pisau berbentuk huruf S terbukti efektif dalam menghasilkan cacahan plastik jenis PET dan HDPE dengan ukuran yang seragam. Penelitian ini memberikan kontribusi teknis dalam pengembangan mesin pencacah skala kecil yang efisien, terjangkau, dan mendukung program daur ulang di masyarakat.

Kata Kunci : Pisau *shredder*, limbah plastik, baja karbon rendah, SolidWorks.

ABSTRACT

The issue of non-biodegradable plastic waste poses a serious challenge to environmental cleanliness, especially in areas with limited waste management infrastructure such as Kalodran, Serang. This study aims to design and analyze the performance of shredder-type plastic crusher blades, focusing on material selection and blade geometry. The research method employs an experimental approach using 3D design in SolidWorks and simulation testing via Finite Element Analysis (FEA). Two types of low-carbon steel materials, AISI 1020 and ASTM A36, were compared based on stress resistance, deformation, and cutting efficiency. Results indicate that AISI 1020 has higher strength and lower deformation than ASTM A36, making it more suitable as a shredder blade material. The S-shaped blade design proved effective in producing uniformly sized plastic chips from PET and HDPE materials. This study contributes technically to the development of efficient, affordable small-scale plastic shredding machines that support recycling initiatives within communities.

Keywords : Shredder blade, plastic waste, low-carbon steel, SolidWorks

I. PENDAHULUAN

Sampah menjadi masalah yang kian memprihatinkan di berbagai daerah, termasuk di daerah pedesaan, khususnya kelurahan kalodran kecamatan walantaka serang banten, yang penduduk nya sekitar 109.232 jiwa yang setiap hari penduduk nya menghasilkan sampah setiap hari nya termasuk limbah plastik ini, bahan Plastik ini susah sekali untuk terurai, menjadikan sampah jenis ini sangat menumpuk di berbagai titik, Dari penelitian ini disimpulkan bahwa salah satu upaya yang dapat dilakukan pada level rumah tangga adalah pemilahan sampah di ruang lingkup kelurahan kalodran, (Raudah, Amalia and Nida, 2022)

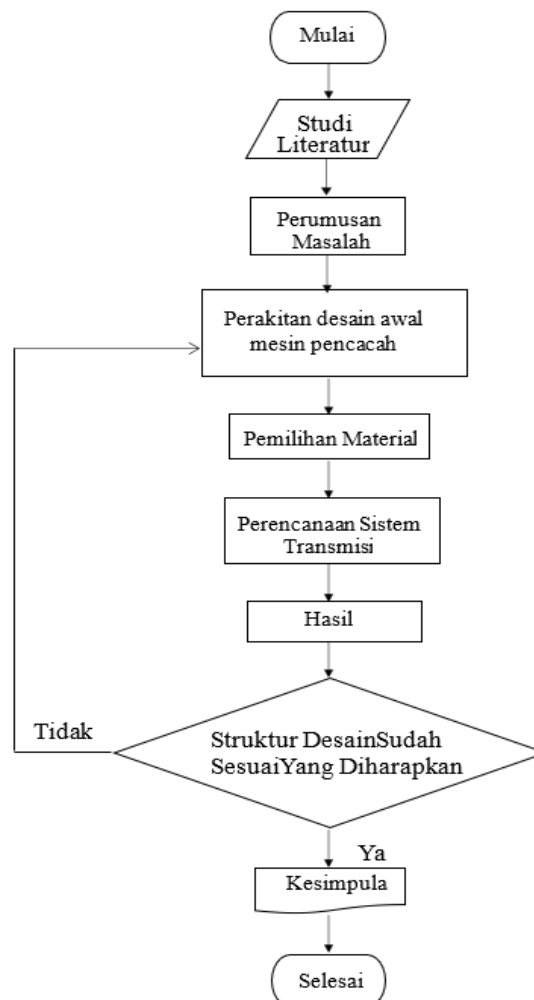
Berbeda dengan di perkotaan yang sudah mempunyai cara mudah untuk menanggulangi sampah – sampah ini, untuk di desa biasanya masih menjadi masalah karna beberapa alasan untuk menanggulangi sampah ini karna beberapa faktor seperti kurangnya infrastruktur yang tersedia untuk mengelola sampah, Banyak desa tidak memiliki tempat pembuangan sampah atau tempat pemrosesan akhir (TPA), di setiap titik di kelurahan kalodran ini. Sampah sering menumpuk di mana-mana karena tidak ada sarana atau cara untuk menanggulangi sampah kurangnya infrastruktur yang tersedia untuk mengelola sampah plastik ini, kurangnya fasilitas pengangkutan sampah ke TPA serta belum pernahnya diadakan edukasi terkait bahaya sampah plastik. Peranan mahasiswa sangat dibutuhkan dalam menjawab permasalahan tersebut untuk bisa mengangkutnya dan memprosesnya. Banyak sekali produk supermarket yang menggunakan bahan plastik contohnya seperti botol air mineral dan kemasan makanan ringan yang menggunakan bahan plastik, limbah plastik merupakan bahan yang susah terurai, dan menjadi sampah yang paling banyak di gunakan pada manusia saat ini. (Rahayu *et al.*, 2022)

Penelitian ini menganalisis kapasitas mesin pencacah (*shredder*) dalam menghancurkan limbah plastik. Metode yang digunakan meliputi pengujian kinerja mesin berdasarkan jenis material, daya motor, dan desain pisau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kapasitas pencacahan dipengaruhi oleh karakteristik material, kecepatan putaran, serta efisiensi energi. Temuan ini dapat digunakan untuk meningkatkan efektivitas mesin *shredder* dalam pengelolaan limbah. (Muhfidin, Sari and Prastowo, 2024)

II. METODE PELAKSANAAN

Diagram alir dalam perancangan mesin pencacah polyethylene disusun untuk mempermudah pemahaman dan pelaksanaan setiap tahapan perancangan. Diagram ini memberikan gambaran sistematis mengenai urutan kegiatan, mulai dari perencanaan awal hingga evaluasi kinerja mesin. Dalam penelitian ini, diagram alir menjelaskan langkah-langkah seperti identifikasi kebutuhan mesin, penentuan spesifikasi teknis, desain komponen utama (rotor, pisau, rangka, dan sistem penggerak), pemilihan material, perakitan, hingga pengujian performa dan efisiensi pencacahan. Setiap tahap dihubungkan secara logis sehingga memudahkan peneliti maupun pembaca untuk mengikuti proses perancangan dengan jelas dan runtut. Diagram alir tersebut dapat dilihat

pada Gambar 1, yang menunjukkan hubungan antar-tahapan dan alur kerja secara visual. Dengan adanya diagram alir, proses perancangan menjadi lebih terstruktur, meminimalkan kesalahan, dan memastikan semua aspek teknis diperhatikan sebelum mesin diproduksi secara nyata



Gambar 1. Diagram Alir

Perancangan mesin pencacah *Polyethylene* dilakukan berdasarkan tahapan-tahapan seperti berikut:

1. Studi Literatur

Dalam penyusunan perancangan atau tahapan-tahapan *perencanaan* ini Mengambil berbagai jenis mesin pencacah *Polyethylene* yang sudah ada dan mencari informasi di internet adalah langkah-langkah yang dilakukan dalam proses ini.

2. Perumusan Masalah

Pada tahap ini, menentukan perumusan masalah untuk digunakan sebagai referensi dan pertimbangan untuk mendapatkan hasil desain yang sesuai dan aman.

3. Pembuatan Model dengan *Software* CAD

Pada titik ini, model 3D dibuat menggunakan *software Solidworks* dan Autocad versi 2017 dengan detail bagian mata pisau yang *diextrude*, kemudian linear *patten*.

4. Pemilihan Material

Pada titik ini, material yang dipilih adalah baja karbon rendah, yang dapat diakses dan diproduksi dengan mudah..

5. Perencanaan Sistem Transmisi

Pada tahap ini, perencanaan sistem transmisi dilakukan untuk membuatnya aman untuk digunakan. Poros, pasak, bantalan, *bearing*, *gearbok* dan motor listrik adalah komponen perancangan.

6. Hasil Analisa

Tahap ini mencakup hasil dari analisis yang dilakukan untuk menghitung kekuatan *frame*, poros, pasak, dan mata pisau, serta perhitungan untuk rancangan komponen sistem transmisi seperti poros, *gearbox*, mata pisau, dan bantalan.

7. Pembuatan Laporan

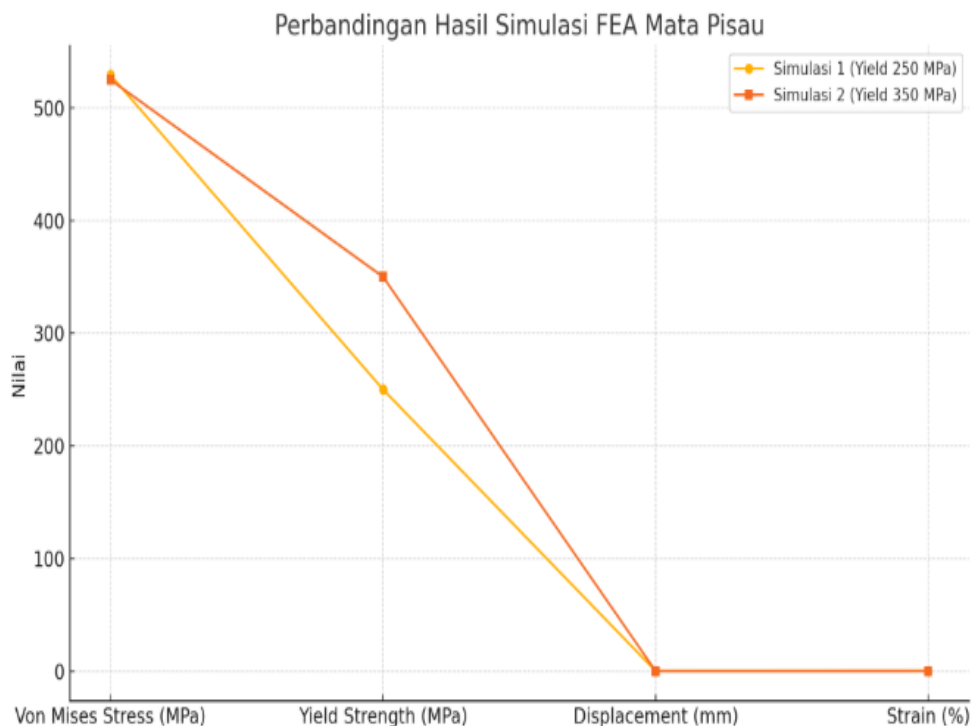
Pada titik ini, perancangan mesin pencacah *polietilena* telah selesai, dan semua data laporan dan hasil telah ditarik..

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil perbandingan kedua material, terlihat bahwa AISI 1020 memiliki performa yang lebih baik dibanding ASTM A36, khususnya dalam hal daya tahan terhadap tegangan maksimum. Meskipun kedua material menunjukkan deformasi dan regangan yang relatif kecil, AISI 1020 memiliki batas luluh (yield strength) yang lebih tinggi, sehingga lebih mampu menahan beban tanpa mengalami kerusakan permanen. Karakteristik ini sangat penting dalam aplikasi mata pisau pencacah yang bekerja dalam kondisi dinamis dan penuh tekanan, di mana material dituntut untuk mempertahankan bentuk serta kekuatannya meskipun mengalami gaya potong dan sobek berulang. Oleh karena itu, AISI 1020 lebih direkomendasikan sebagai bahan mata pisau karena memberikan keamanan struktural yang lebih baik serta mendukung ketahanan dalam penggunaan jangka panjang.

Selain keunggulan mekaniknya, AISI 1020 juga lebih unggul dalam aspek fabrikasi dan proses manufaktur. Material ini mudah diproses menggunakan teknik konvensional seperti pemotongan, pembubutan, pengelasan, dan pengeboran. Keunggulan ini menjadikannya sangat sesuai untuk aplikasi teknik di bengkel skala kecil

hingga menengah. Selain itu, AISI 1020 juga dapat diberi perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasannya tanpa mengorbankan keuletan di bagian dalam, sehingga ideal digunakan pada komponen yang mengalami gesekan dan beban berulang seperti mata pisau shredder. Dengan kombinasi antara kekuatan, keuletan, dan kemudahan pengerjaan, AISI 1020 merupakan pilihan material yang tepat untuk meningkatkan performa dan umur pakai mesin pencacah plastik. Material ini dapat diberi perlakuan panas untuk meningkatkan kekerasan permukaan, sehingga sangat cocok digunakan pada komponen yang mengalami kontak langsung dan gesekan tinggi seperti mata pisau pencacah. Dengan sifat mekanik yang lebih seimbang antara kekuatan dan keuletan, AISI 1020 tidak hanya memberikan performa yang andal dalam kondisi kerja berat, tetapi juga memperpanjang umur pakai alat serta mengurangi frekuensi perawatan atau penggantian komponen secara signifikan. Adapun grafik perbandingan terlihat pada gambar 2

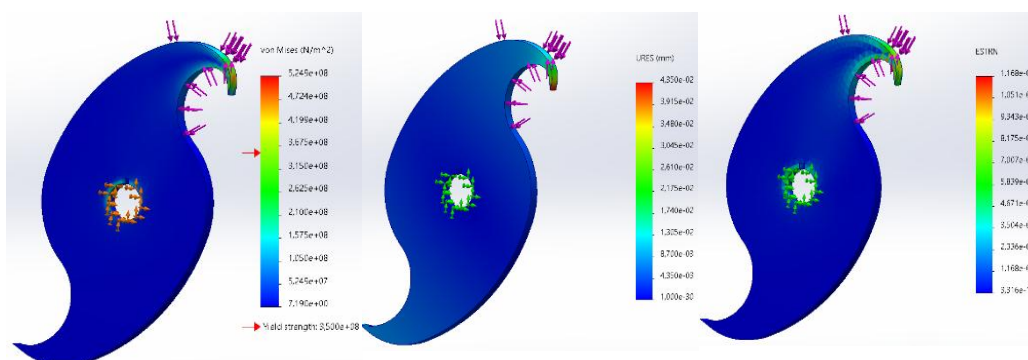


Gambar 2 grafik perbandingan AISI 120 & ASTM A36

Berdasarkan grafik “Perbandingan Hasil Simulasi FEA Mata Pisau” yang menampilkan dua jenis material, yaitu ASTM A36 (Simulasi 1) dengan yield strength 250 MPa dan AISI 1020 (Simulasi 2) dengan yield strength 350 MPa, dapat dilakukan evaluasi menyeluruh terkait kelayakan kedua bahan untuk digunakan sebagai mata pisau pencacah.

Dari sisi tegangan maksimum (Von Mises Stress), kedua simulasi menunjukkan nilai tegangan yang identik, yaitu sekitar 529 MPa. Ini menandakan bahwa gaya kerja yang diterapkan pada desain pisau sama besar dalam kedua kondisi. Namun, perbedaannya terletak pada batas kekuatan luluh (Yield Strength) dari masing-masing material. Pada Simulasi 1 (ASTM A36), nilai tegangan jauh melampaui batas yield-nya, sehingga material ini tidak mampu bertahan tanpa mengalami deformasi plastis. Artinya, ASTM A36 akan mengalami kerusakan permanen dalam bentuk perubahan geometri atau bahkan retak jika digunakan dalam jangka waktu lama dengan beban serupa.

Simulasi 2 menunjukkan bahwa material AISI 1020 memiliki selisih tegangan kerja dan batas yield yang lebih kecil dibanding ASTM A36, sehingga lebih tahan terhadap beban dan risiko deformasi plastis. Dengan displacement dan strain yang rendah, desain pisau tetap kaku dan stabil. AISI 1020 memberikan margin keamanan yang lebih besar, menjadikannya pilihan material yang lebih unggul. Terlihat pada gambar 3 di bawah ini



Gambar 3. Analisis pengujian FAE, Stress, Displacement, strain

Berdasarkan keseluruhan data, AISI 1020 dinilai lebih layak digunakan sebagai bahan mata pisau pencacah dibanding ASTM A36. Hal ini disebabkan oleh kekuatan luluh yang lebih tinggi, toleransi yang lebih baik terhadap beban tinggi, serta tetap mempertahankan kekakuan struktural. Walaupun keduanya menunjukkan perilaku deformasi yang serupa secara geometris, AISI 1020 memiliki ketahanan material yang lebih baik, sehingga lebih aman dan tahan lama untuk aplikasi kerja berat seperti pencacahan plastik atau logam ringan. Dengan demikian, untuk memastikan umur pakai yang optimal dan menghindari kegagalan dini, pemilihan material AISI 1020 sangat direkomendasikan dibanding ASTM A36.

Dari hasil simulasi tegangan menggunakan metode Finite Element Analysis (FEA), diketahui bahwa AISI 1020 mampu menahan beban kerja yang lebih besar

sebelum mencapai batas elastisnya, sehingga memberikan margin keamanan tambahan terhadap kemungkinan deformasi permanen. Hal ini sangat penting dalam aplikasi mesin pencacah yang bekerja secara kontinu dengan gaya tumbukan dan gesekan tinggi. Selain itu, sifat AISI 1020 yang lebih mudah diberi perlakuan panas (seperti carburizing atau quenching) memungkinkan peningkatan kekerasan permukaan tanpa mengorbankan keuletan inti materialnya, menjadikannya lebih fleksibel dalam proses rekayasa lanjutan.

Di sisi lain, meskipun ASTM A36 mudah ditemukan dan relatif lebih murah, material ini lebih cocok untuk komponen struktural statis seperti rangka mesin, bukan pada elemen yang mengalami kontak langsung dan beban dinamis tinggi seperti pisau. Ketahanan aus dan kekuatan impaknya lebih rendah dibanding AISI 1020, sehingga berisiko mengalami deformasi lebih cepat, terutama jika digunakan untuk mencacah plastik keras atau bahan berdensitas tinggi. Dengan memperhitungkan performa jangka panjang dan efisiensi biaya perawatan, penggunaan AISI 1020 akan memberikan nilai investasi yang lebih baik untuk desain mesin pencacah plastik yang handal dan tahan lama. Selain itu, karakteristik mikrostruktur AISI 1020 yang homogen dan kandungan karbon yang lebih tinggi dibanding ASTM A36 memungkinkan material ini memiliki kombinasi kekuatan tarik dan keuletan yang baik. Dalam aplikasi pemotongan seperti pada mata pisau shredder, material harus mampu menahan gaya geser dan torsi yang tinggi secara berulang tanpa mengalami kelelahan dini. AISI 1020 juga lebih mudah untuk dilakukan perlakuan panas guna meningkatkan kekerasan permukaan, yang merupakan aspek krusial untuk memperpanjang umur pakai komponen yang terpapar kontak langsung dengan material plastik secara terus menerus.

Dari sisi manufaktur, AISI 1020 relatif mudah dibentuk, dikerjakan, dan dilas, sehingga tidak menimbulkan kesulitan signifikan dalam proses fabrikasi mata pisau. Keunggulan ini menjadikan AISI 1020 sebagai pilihan ideal dalam produksi skala menengah hingga besar, karena dapat mempertahankan kualitas performa tanpa memerlukan penggantian komponen terlalu sering. Dengan demikian, pemilihan AISI 1020 tidak hanya unggul dari aspek teknis, namun juga strategis dalam menekan biaya operasional dan meningkatkan efisiensi mesin pencacah plastik secara keseluruhan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. KESIMPULAN

- a) Material AISI 1020 memiliki keunggulan dibandingkan ASTM A36 dalam hal kekuatan tegangan dan deformasi, sehingga lebih layak digunakan untuk mata pisau mesin pencacah plastik tipe shredder.
- b) Desain pisau berbentuk huruf "S" terbukti efektif untuk pencacahan plastik PET dan HDPE, menghasilkan cacahan yang seragam dan efisien.
- c) Penggunaan SolidWorks dan simulasi FEA membantu memvalidasi kinerja dan ketahanan komponen sebelum produksi nyata & Geometri pisau, terutama sudut potong dan dimensi, memengaruhi efisiensi energi dan konsumsi daya motor.
- d) Mesin yang dirancang efisien, ekonomis, dan aplikatif untuk skala kecil (rumah tangga/UMKM), mendukung program daur ulang plastik.
- e) Material AISI 1020 mengurangi frekuensi penggantian pisau, menekan biaya perawatan, dan meningkatkan keberlanjutan operasional & Penelitian membuka peluang pengembangan lanjutan, seperti sistem pendingin atau modifikasi geometri pisau untuk plastik lebih keras.

B. SARAN

- a) Lakukan uji lapangan untuk mengevaluasi performa mesin dalam kondisi operasional nyata & Berikan perlakuan panas (heat treatment) pada material AISI 1020 untuk meningkatkan ketahanan aus dan umur pakai.
- b) Kembangkan desain modular agar perawatan dan penggantian komponen lebih mudah, Pertimbangkan jenis plastik lain (PP, PVC, LDPE) agar mesin lebih fleksibel & Teliti alternatif material pisau lokal yang ekonomis tanpa mengurangi kualitas.
- c) Lakukan sosialisasi dan edukasi kepada masyarakat tentang penggunaan mesin dan pengelolaan sampah plastik mandiri.
- d) Bangun kerja sama dengan pemerintah, komunitas, dan UMKM untuk memperluas pemanfaatan alat dan mendukung pengurangan sampah plastik secara nyata.

UCAPAN TERIMA KASIH

Saya mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Teknik Mesin Universitas Pamulang Kampus Serang, rekan-rekan dosen dan mahasiswa, serta Tim Peneliti Teknik Mesin atas dukungan dan partisipasinya dalam kegiatan ini. Terima kasih juga kepada semua pihak yang telah berkontribusi, baik secara moral maupun material. Semoga kerja sama ini terus berlanjut dan memberikan manfaat bagi masyarakat.

DAFTAR PUSTAKA

- ASTM International. (2018). *ASTM A36 / A36M – 14 Standard Specification for Carbon Structural Steel*. ASTM International.
- Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2020). *Materials Science and Engineering: An Introduction* (10th ed.). New York: Wiley.
- Gere, J. M., & Timoshenko, S. P. (2012). *Mechanics of Materials* (8th ed.). Boston: Cengage Learning.
- Groover, M. P. (2013). *Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes, and Systems* (5th ed.). Wiley.
- Hibbeler, R. C. (2016). *Mechanics of Materials* (10th ed.). Pearson.
- Kalpakjian, S., & Schmid, S. R. (2014). *Manufacturing Processes for Engineering Materials* (6th ed.). Pearson.
- Rajput, R. K. (2018). *Strength of Materials* (5th ed.). S. Chand & Company.
- Rintani, D., & Sutanto, F. (2020). "Design and Fabrication of Small-Scale Plastic Shredder for Household Waste Management." *Journal of Environmental Engineering and Technology*, 8(2), 45–53.
- Shigley, J. E., Mischke, C. R., & Budynas, R. G. (2011). *Mechanical Engineering Design* (9th ed.). McGraw-Hill.
- Simulia. (2019). *Abaqus/CAE User's Manual*. Dassault Systèmes.
- Smith, W. F., & Hashemi, J. (2011). *Foundations of Materials Science and Engineering* (5th ed.). McGraw-Hill.
- SolidWorks Corporation. (2020). *SolidWorks 3D CAD User Guide*. Dassault Systèmes.