



Peran aktivitas *reverse engineering* pada Jurusan Teknik dan Desain di perguruan tinggi

Tubagus Ahmad Dwinandana P*

Program Product Design Engineering, Binus Aso School of Engineering, Tangerang Selatan, Indonesia

Abstract

Product design is a complex activity because it is a cross of various fields. Lecturing this activity in universities is also a challenge for lecturers because these activities require not only knowledge but also experience. On the other hand, the industry expects human resources that are compatible with industrial standards. The Reverse Engineering (RE) method is one solution to this problem. This qualitative-descriptive research with the literature study method aims to determine the role of reverse engineering in engineering and design education, especially in product design subject. The author conducted the study from the book and science journal source to define the aspect related to RE activity in engineering and design education. According to this research, it can be concluded that the RE method has a role in providing knowledge about various aspects of the design of some products through the practice of disassembling and evaluating existing products. Then this method also has a role in providing knowledge through practice in designing a product. Various equipment, both hardware and software are required in this method. The challenges that arise are related to the limited cost of procuring sample products and workshop facilities and limited lecture time.

Keywords: *Product Design, Reverse Engineering, Education*

Abstrak

Aktivitas perancangan / desain produk merupakan aktivitas yang kompleks karena merupakan irisan dari beragam keilmuan. Pengajaran aktivitas tersebut di perguruan tinggi pun menjadi tantangan yang tidak kalah kompleksnya karena aktivitas ini tidak hanya membutuhkan pengetahuan tetapi juga pengalaman. Di sisi lainnya, industri mengharapakan sumber daya manusia yang kompatibel dengan standar industri. Aktivitas *Reverse Engineering* (RE), atau yang kerap dikenal dengan aktivitas pembongkaran produk, menjadi salah satu solusi untuk permasalahan tersebut. Penelitian kualitatif-deskriptif dengan metode studi literatur ini bertujuan untuk mengetahui peran aktivitas RE pada pendidikan teknik dan desain, khususnya pada mata kuliah perancangan / desain produk. Penulis melakukan studi dari berbagai sumber buku dan jurnal ilmiah untuk dapat menemukan aspek-aspek yang terkait pada aktivitas RE di pendidikan teknik dan desain. Dari penelitian ini maka dapat disimpulkan bahwa aktivitas RE memiliki peran dalam memberikan pengetahuan tentang berbagai aspek pada rancangan suatu produk melalui praktek pembongkaran dan evaluasi produk yang tersedia pasaran. Kemudian aktivitas ini juga berperan dalam memberikan pengetahuan melalui praktek tentang keilmuan perancangan/mendesain produk. Berbagai perlengkapan baik perangkat keras maupun lunak dibutuhkan dalam penerapan metode ini. Tantangan yang muncul antara lain terkait terkait keterbatasan biaya untuk pengadaan produk sampel dan fasilitas bengkel dan keterbatasan waktu kuliah.

Kata kunci: *Desain produk, Pendidikan, Reverse Engineering,*

1. Pendahuluan

Aktivitas pengembangan atau mendesain produk merupakan bidang keilmuan yang cukup kompleks. Kompleksitas dari keilmuan tersebut adalah karena bidang pengembangan produk merupakan irisan dari berbagai bidang keilmuan seperti teknik, seni, bisnis serta memiliki proses yang cukup panjang (Ulrich, K

and Eppinger, 2016) sehingga memerlukan keterampilan, pengetahuan dan pengalaman (Akerdad dkk, 2020). Kompleksitas tersebut menjadi kendala bagi pengajar di perguruan tinggi dan mahasiswa dalam memahami keilmuan tersebut. Sementara itu industri memerlukan lulusan perguruan tinggi yang siap memasuki dunia industri, yang berarti memiliki pengetahuan dan pengalaman yang relevan

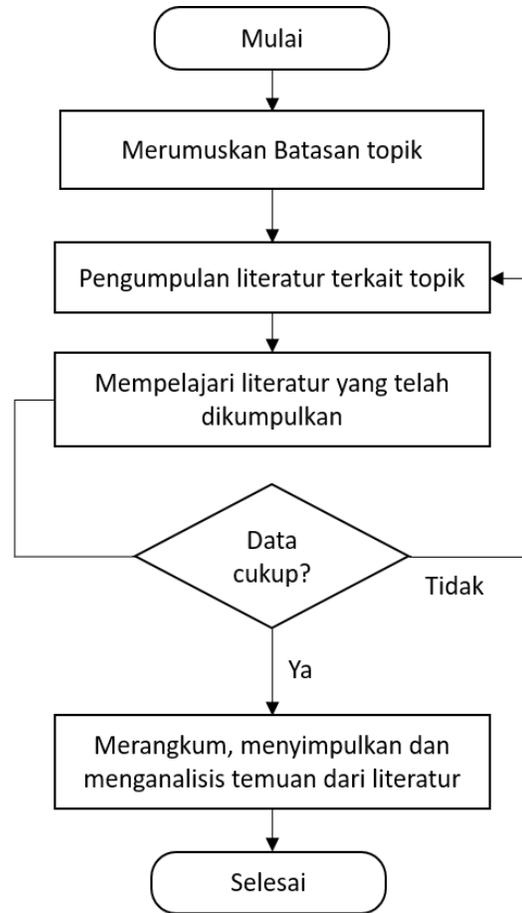
*Corresponding author e-mail: tubagus.ahmad.edu@gmail.com

dengan industri (Akerdad dkk, 2020). Hal tersebut juga dirasakan oleh penulis saat pernah berkarir di industri rancang bangun produk dan kini menjadi akademisi di jurusan terkait. Aktivitas *reverse engineering* (RE)/ rekayasa balik kerap dikenal dengan aktivitas pembongkaran produk hingga tingkat part untuk mempelajari suatu rancangan (Barr et al, 2014). Aktivitas tersebut menjadi salah satu solusi yang dapat digunakan untuk mendapatkan pengetahuan dan pengalaman dalam memahami rancangan suatu produk. Hal ini dapat dilakukan pada berbagai konteks, khususnya pendidikan teknik dan desain.

Pada buku “*Reverse Engineering: Mechanisms, Structures, Systems and Materials*” yang ditulis oleh Messler (2014) menyebutkan bahwa metode RE salah satunya digunakan untuk tujuan pendidikan khususnya dalam pembelajaran untuk memahami rancangan suatu produk atau permesinan. Kemudian pada penelitian berjudul “*Supporting Product Development Activities By Reverse Engineering Technique*” oleh Akerdad, Aboutajeddine, Elmajdoubi (2020), aktivitas RE menjadi bagian dalam proses desain produk di perkuliahan desain produk. Sementara itu, pada “*Reverse engineering canvas (REC): a visual tool for supporting reverse engineering activities*” oleh penulis yang sama (2021), ia telah membuat alat visual untuk membantu mengarahkan dan mendokumentasikan proses pembelajaran melalui RE. Dari beberapa sumber tersebut, penulis melihat bahwa aktivitas RE pada pendidikan memiliki berbagai spektrum dan memiliki potensi untuk diteliti. Maka dari itu, pada penelitian ini penulis akan mengeksplorasi definisi, penerapan-penerapan, manfaat dan tantangan metode RE pada pendidikan teknik dan desain khususnya pada mata kuliah desain produk.

2. Metode

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi aktivitas RE dan penerapannya pada pendidikan teknik dan desain khususnya pada mata kuliah perancangan/desain produk, maka metode yang digunakan adalah metode kualitatif-deskriptif dengan teknik pengambilan data melalui studi literatur. Tahapan penelitiannya adalah seperti pada Gambar 1 sebagai berikut: (1) merumuskan batasan topik. Fokus dan cakupan topik ditentukan agar penelitian tidak meluas, (2) pengumpulan literatur yang terkait reverse engineering dan aplikasinya di bidang pendidikan teknik dan desain, (3) mempelajari literatur yang telah dikumpulkan, baik buku maupun jurnal untuk



Gambar 1. Tahapan penelitian

memahami topik dan menemukan hal-hal terkait, (4) jika data cukup maka dilanjutkan ke proses selanjutnya. Jika data tidak cukup maka penulis akan kembali mengumpulkan data literatur, (5) merangkum, menyimpulkan dan menganalisis topik untuk menentukan kerangka dari penulisan jurnal.

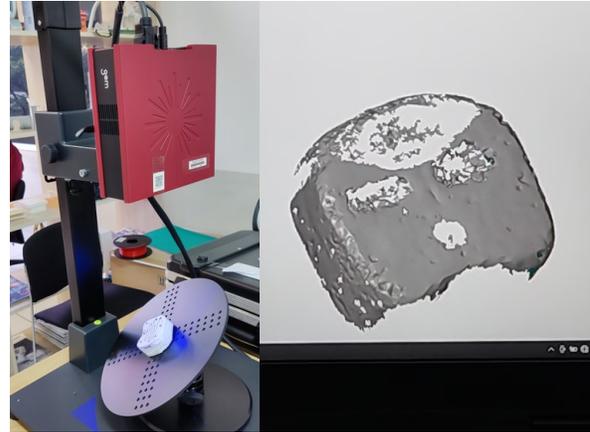
3. Hasil dan pembahasan

Konsep *Reverse Engineering* (RE) atau rekayasa balik dapat dipahami dengan terlebih dahulu memahami tentang aktivitas *engineering*. *Engineering* (Rekayasa) berdasarkan Raja dan Fernandes (2008) merupakan proses mendesain, manufaktur, merakit, merawat suatu produk atau sistem. Proses rekayasa dibagi menjadi 2, yaitu Rekayasa Maju (*Forward Engineering*) dan Rekayasa Balik (*Reverse Engineering*). *Forward Engineering* (FE) secara prinsip merupakan aktivitas untuk menghasilkan luaran sesuatu hal yang konkret/ fisik, khususnya produk dengan masukan (input) yang dimulai dari pemahaman abstrak dan logika terhadap sesuatu.

Sebagai contoh, untuk merancang sebuah kursi (benda fisik-konkret), desainer akan perlu merumuskan ide dengan memahami apa kebutuhan dan keinginan konsumen (abstrak). Sementara, RE secara prinsip merupakan aktivitas untuk menghasilkan luaran sesuatu hal yang abstrak berupa pengetahuan (*knowledge*) atau ide dengan menganalisis sesuatu yang konkret/fisik (Messler, 2014). Sebagai contoh, untuk dapat memahami rancangan sebuah kursi, maka seseorang mempelajari dengan melihat, menyentuh hingga membongkar kursi. Dalam definisi lainnya, RE merupakan aktivitas untuk menemukan prinsip dasar cara kerja, material, struktur, perakitan melalui analisis yang sistematis baik struktur, fungsi dan operasi yang umumnya dengan aktivitas pembongkaran produk (Messler, 2014). Secara lebih spesifik, definisi RE menurut Raja dan Fernandes (2008) merupakan aktivitas mengekstrak 3D Model fisik menjadi 3D Model digital melalui proses pemindaian 3 dimensi (3D Scan) untuk beragam keperluan baik rekonstruksi data part yang telah hilang maupun mengekstrak model dari *clay* untuk rancangan produk baru (Ye et al, 2008).

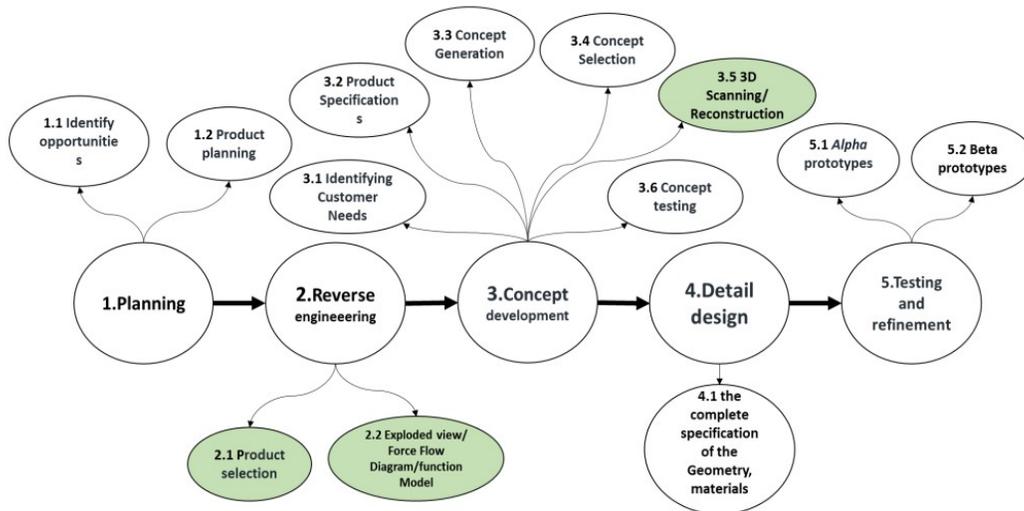
Aplikasi metode RE pun beragam. Dalam konteks pengembangan produk di industri, RE umumnya digunakan untuk mempelajari produk kompetitor, mempersingkat waktu dan meminimalisasi biaya pengembangan produk (Nusantara, 2016). Dalam konteks pendidikan, RE menjadi salah satu metode pengajaran dan topik riset, khususnya di jurusan teknik dan desain (Barr et al, 2014 dan Xia, 2014). Proses dari aktivitas RE bergantung kepada tergantung tujuan yang ingin dicapai. Beberapa tujuan aktivitas RE diantaranya adalah untuk memahami rancangan produk, mengekstrak model fisik menjadi model digital dan mencari ide pengembangan produk baru.

Pada tujuan untuk memahami suatu rancangan produk dan menilai aspek kompetitif (*benchmarking*) maka proses RE menurut Messler (2014) adalah dapat dirangkum sebagai berikut: (1) menentukan tujuan atau motivasi dalam aktivitas pembongkaran dan analisis produk, (2) membongkar produk secara sistematis hingga tingkat *subassemblies* maupun tingkat *part/component*, (3) menyimpulkan peran, tujuan dan fungsi dari tiap *part/component* pada produk. Luarannya dapat berupa pembuatan gambar unguah (*exploded view*), gambar komponen dan diagram skematik untuk melihat fungsi dan hubungan antar *part/component*, (4) mengidentifikasi material yang digunakan pada tiap *part/component* (*Bill of Material*), (5) menyimpulkan metode fabrikasi dan perakitan pada *part/component*, (6) menilai



Gambar 2. Proses 3D Scan dari sebuah benda fisik dan hasil *point cloud* data (sumber : pribadi)

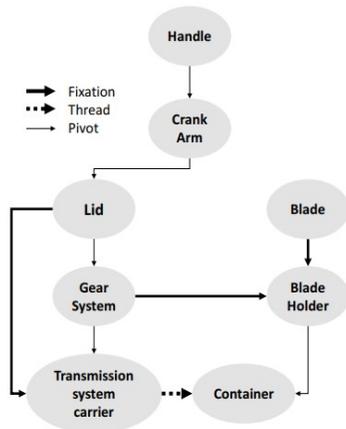
antara hasil evaluasi keseluruhan desain dengan spesifikasi barang yang ditawarkan. Pada tujuan RE untuk mengekstrak data fisik menjadi digital, umumnya dikaitkan dengan penggunaan *3D Scanner*, *3D Printer* dan *software Computer Aided Design (CAD)*. Tujuan ini pun sebetulnya dapat menjadi bagian dari tujuan di paragraf sebelumnya. Proses RE untuk tujuan tersebut berdasarkan Raja dan Fernandes (2008); Junk, Matt (2014) dan Saiga et al (2021) adalah sebagai berikut: (1) pemilihan produk fisik, (2) pemindaian produk fisik dengan *3D Scanner* dan *software pengoperasian 3D Scanner* menjadi data digital mentah (*Point Cloud*) seperti pada Gambar 2, (3) Pembuatan 3D Model digital dengan *software CAD* berdasarkan data *Point Cloud*, (4) membuat tiruan *part* dengan *3D Printer*. Pada aktivitas RE (3) pembuatan 3D Model digital dengan *software* yang bertujuan untuk mengembangkan suatu produk baru, maka proses RE diintegrasikan ke dalam proses desain produk untuk mendapatkan pengetahuan untuk kemudian menjadi dasar dalam perancangan. Berdasarkan jurnal dari Wibowo (2006), Akerdad et al (2020) seperti pada Gambar 3, Anggoro et al (2021), Daywin, et al. (2020), Junk (2014), Xia (2014) dan Wang et Al (2021) secara umum aktivitas RE yang diintegrasikan dalam proses desain produk sebagai berikut: (1) *planning*. Penentuan peluang pasar yang akan dituju dan pemilihan produk sampel yang akan dipelajari, (2) RE. Pembongkaran produk untuk dapat dipelajari di evaluasi untuk mendapatkan berbagai pengetahuan teknis terkait produk seperti pada Gambar 4. Luarannya dapat berupa gambar unguah, “*Force Flow Diagram*” (Gambar 5) dan “*Functional Model*”. Selain pembongkaran bisa juga dilakukan proses *3D Scanning* untuk mendapatkan data referensi *3D digital point cloud*, baik dari produk sampel maupun tubuh manusia (Wang et al (2021),



Gambar 3. RE pada proses desain produk (Akerdad et al, 2020)



Gambar 4. Salah satu contoh aktivitas pembongkaran dan evaluasi produk oleh mahasiswa (Akerdad et all (2021))



Gambar 5. Contoh “Force Flow Diagram” dari produk Blender Tangan oleh mahasiswa pada sebuah aktivitas RE (Akerdad et all (2021))

(3) *Concept Development*. Pembuatan konsep rancangan baru maupun modifikasi berdasarkan ide yang telah di dapat dari fase RE berupa sketsa, spesifikasi dan sebagainya. (4) *Detail Design*. Mahasiswa membuat rancangan detail 3D model, (5) *Prototyping*. Pembuatan prototipe dari rancangan yang telah dibuat baik secara manual ataupun penggunaan *3D printing*.

Dari beberapa jurnal tersebut, RE, baik pengajaran maupun riset, pada umumnya digunakan pada latar belakang pendidikan teknik mesin (*mechanical engineering*), teknik industri (*industrial engineering*) dan desain produk (*industrial design/product design*).

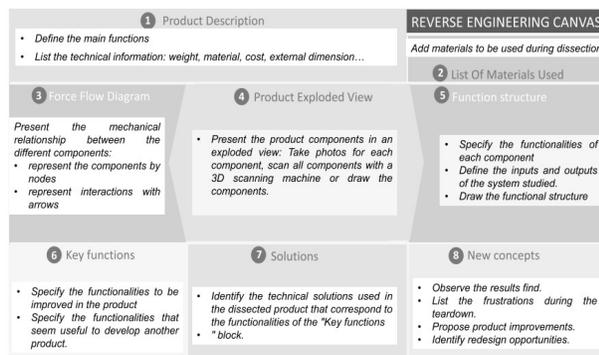
Peralatan untuk melakukan RE berdasarkan rangkuman dari Messler (2014), Raja dan Fernandes (2008) adalah sebagai berikut: (1) *Hardware*; (2) *Software*; dan (3) Perangkat lainnya. Perangkat keras (*Hardware*) terdiri dari (a) alat pertukangan: obeng, tang, *wrenches*, (b) alat ukur dimensi: penggaris, *vernier calipher*, *radius gauge*, *pitch gauge*, (c) alat ukur berat: timbangan dsb, (d) kamera, (e) *3D Scanner* atau *CMM*: Untuk memindai properti geometri fisik produk menjadi data digital (*point cloud*), (f) *3D Printer*: perangkat keras untuk menduplikasi model 3 dimensi fisik

Perangkat Lunak (*software*) yang terdiri dari (a) *hardware control*. Perangkat lunak untuk mengoperasikan *hardware* dalam akuisisi data. (contoh: *software* untuk mengoperasikan *3D Scanner*), dan (b) *CAD entity manipulation*: perangkat lunak untuk mengevaluasi dan merekonstruksi data model 3 dimensi digital. Sedangkan perangkat lainnya yaitu (a) *RE canvas*: media untuk memandu dan memetakan aspek-aspek yang dipelajari dari sebuah

produk saat *reverse engineering* (dirumuskan oleh Akerdad, Aboutajeddine, Elmajdoubi (2021)), dan (b) alat tulis: pensil, pulpen, kertas.

Tantangan penggunaan RE pada mata kuliah perancangan produk pada jurusan teknik dan desain ialah sebagai berikut: (1) Manfaat RE pada bidang pendidikan teknik dan desain berdasarkan Wibowo (2006), Rad (2012), Akerdad et al (2020) adalah sebagai berikut: (a) memberikan pengajaran praktek yang mampu meningkatkan pemahaman mahasiswa, (b) mahasiswa mampu memahami kegiatan rekayasa (baik FE dan RE), (c) mahasiswa mampu menganalisis berbagai hal teknis dari rancangan produk yang ada (*benchmarking*), (d) mahasiswa mampu membuat rancangan untuk menghasilkan produk baru dengan batasan yang realistis (seperti biaya, waktu, kualitas dsb), (e) mempersingkat waktu pengembangan produk mahasiswa.

Sementara itu, tantangan penerapan RE pada kuliah-kuliah pengembangan produk berdasarkan Wibowo (2006), Akerdad et al (2020), Barr et al (2014) adalah sebagai berikut: (a) kompleksitas proses karena memadukan kegiatan pembongkaran, evaluasi, dan mendesain, (b) terbatasnya waktu kuliah, (c) keterbatasan biaya untuk menyediakan produk sampel dan peralatan produksi, (d) membatasi topik perancangan produk, karena harus produk yang kecil dan tidak terlampau rumit, (e) penilaian kelebihan dan kekurangan produk berdasarkan penilaian mahasiswa, bukan pasar, (f) kesulitan dalam membuat prototipe produk karena keterbatasan fasilitas produksi, (g) pada kegiatan RE berbasis 3D *scan* memiliki tantangan pada memindai bentuk-bentuk rumit agar dapat menghasilkan *point cloud* data yang layak, (8) pada penggunaan *Reverse Engineering Canvas* (REC), tidak semua informasi dapat masuk ke media tersebut, (9) Kompatibilitas perangkat lunak dan keras, (10) *Crash/error* pada *software* CAD.



Gambar 6. Template Reverse Engineering Canvas (Akerdad et al (2021))

4. Kesimpulan

Berdasarkan bahasan tersebut maka dapat disimpulkan beberapa hal sebagai berikut: (1) metode RE memberikan pemahaman kepada mahasiswa teknik dan desain tentang rancangan produk dari perspektif industri seperti prinsip kerja/mekanisme/sistem, desain *part/component*, material dan manufaktur secara praktek kepada mahasiswa, (2) metode RE memberikan kemampuan kepada mahasiswa untuk mempelajari kelebihan dan kekurangan suatu produk (*benchmarking*), (3) metode RE dapat diintegrasikan ke dalam proses desain produk agar mahasiswa dapat memahami dan mengevaluasi rancangan produk dan kemudian dijadikan dasar untuk perancangan produk baru, (4) peralatan yang digunakan dalam metode RE mengkombinasikan perangkat keras dan perangkat lunak. Alat perbengkelan, alat pengukuran dan alat tulis menjadi perangkat keras dasar dalam membongkar dan mengevaluasi produk. Dalam aplikasi RE yang lebih kompleks, perangkat keras elektronik seperti *3D Scan* dan dikombinasikan dengan *software CAD* dapat digunakan untuk RE spesifik untuk mendapatkan data *3D Model* digital dari suatu benda fisik. Selain itu, ada *tools* lainnya yang membantu pembelajaran RE yaitu *Reverse Engineering Canvas* yang dapat digunakan pada mahasiswa (Gambar 6), (5) meski RE memiliki beragam manfaat tersebut, RE juga memiliki tantangan, khususnya tantangan biaya dalam pembelian produk sampel dan penyediaan fasilitas yang relevan dan batasan waktu kuliah, (6) untuk kedepannya penulis menyimpulkan bahwa masih terbuka peluang-peluang riset penggunaan metode RE pada bidang pendidikan misalnya: (a) aplikasi metode RE untuk mata kuliah selain perancangan produk, (b) pengembangan lebih lanjut untuk *Reverse Engineering Canvas* untuk mahasiswa.

Daftar Pustaka

- Akerdad, M., Aboutajeddine, A., & Elmajdoubi, M. (2020). *Supporting product development activities by reverse engineering technique*. In Proceedings of the International Conference on Industrial Engineering and Operations Management. IEOM Society.
- Akerdad, M., Aboutajeddine, A. & Elmajdoubi, M. *Reverse engineering canvas (REC): a visual tool for supporting reverse engineering activities*. Int J Interact Des Manuf 15, 249–257 (2021). <https://doi.org/10.1007/s12008-021-00763-3>
- Anggoro, P. W., Tan Wijaya, A. R., Yuniarto, T., Bayuseno, A. P., Jamari, J., Tauviquirrahman, M., & Setyohadi, D. B. (2021). *Reverse engineering from 3D mesh to ceramic product in the form of miranda kerr tea for one teapot in PT doulton*

- Indonesia. Cogent Engineering, 8(1). <https://doi.org/10.1080/23311916.2021.1981522>
- Barr, R., Krueger, T., Wood, B., & Pirnia, M. (2014). Introduction to engineering design through a freshman reverse engineering team project. *Proceedings of the 6th Annual FYEE*.
- Calderon, M. L. (2010). *Application of reverse engineering activities in the teaching of engineering design*. In 11th International Design Conference, DESIGN 2010 (pp. 1249–1258)
- Creswell, J. W. (2014). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches (4th ed.)*. California: SAGE Publications, Inc. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Daywin, F. J., Doaly, C. O., Gozali, L., Kosasih, W., & Guswiyanta. (2020). *Improving the quality of coffee shops in jabodetabek area by application and modification of coffee roaster machine capacity 400-600 gram coffee beans using the reverse engineering and engineering design method*. In IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (Vol. 1007). IOP Publishing Ltd. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1007/1/012132> Application and Modification of Coffee Roaster Machine Capacity 400-600 Gram Coffee Beans Using the Reverse Engineering and Engineering Design Method. Indonesia: Universitas Tarumanagara
- Dieter, G. E., & Schmidt, L. C. (2021). *Engineering design* (Sixth Edition). Boston: McGraw-Hill Higher Education.
- Jovanović, V. (2011). Reverse engineering as a product design tool. In *Proceedings of the XV international scientific conference on industrial systems (IS'11)*. IS, Novi Sad (pp. 66–70).
- Junk, S., & Matt, R. (2014). *New approaches to the application of additive manufacturing and reverse engineering in design education*. In Proceedings of NordDesign 2014 Conference, NordDesign 2014 (pp. 105–114). Aalto University.
- Messler Jr, R. W., & FAWS, P. D. F. (2014). *Reverse engineering: Mechanisms, structures, systems & materials*. McGraw-Hill Education.
- Nusantara, E. (2016). *Monozukuri Rahasia Mencapai Produk Berkelas Dunia*. Penerbit Pena Nusantara.
- Rad, H. (2012). *Reverse engineering as a learning tool in design process*. In *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. American Society for Engineering Education. <https://doi.org/10.18260/1-2--21887>
- Raja, Vinesh; Fernandes, Kiran J. (2008): *Reverse Engineering: Industrial Perspective*. United Kingdom: Springer-Verlag.
- Saiga, K., Ullah, A. S., & Kubo, A. (2021). A Sustainable Reverse Engineering Process. *Procedia CIRP*, 98, 517-522.
- Sha, L. (2011). *The Innovation Design of Product Based on Reverse Engineering*. In 2011 International Conference on Computer Science and Information Technology (ICCSIT 2011). IPCSIT (Vol. 51).
- Wibowo, B. D. (2006). *Memahami Reverse Engineering Melalui Pembongkaran Produk Di Program S-1 Teknik Mesin*. Teknik Mesin, UNDIP, 4(1), 20–31.
- Wang, P., Yang, J., Hu, Y., Huo, J., & Feng, X. (2021). *Innovative design of a helmet based on reverse engineering and 3D printing*. *Alexandria Engineering Journal*, 60(3), 3445–3453. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2021.02.006>
- Xia, Z. (2014). *Application of reverse engineering based on computer in product design*. *International Journal of Multimedia and Ubiquitous Engineering*, 9(5), 343–354. <https://doi.org/10.14257/ijmue.2014.9.5.35>
- Ye, X., Liu, H., Chen, L., Chen, Z., Pan, X., & Zhang, S. (2008). Reverse innovative design—an integrated product design methodology. *Computer-aided design*, 40(7), 812-827.
