

Pembuatan 3D model *disc refiner* dengan *reverse engineering* untuk mendukung substitusi impor

Anugrah Erick Eryantono¹, Shinta Virhdian¹, Deny Cahyadi², Evi Oktavia³

¹Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Logam dan Mesin, Kementerian Perindustrian
Jl. Sangkuriang No. 12, Kota Bandung, Jawa Barat 40135

²Pusat Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri, Kementerian Perindustrian
Jl. Gatot Subroto Kav. 52-53, Jakarta Selatan, DKI Jakarta 12950

³Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Selulosa, Kementerian Perindustrian
Jl. Raya Dayeuhkolot No. 132, Kabupaten Bandung, Jawa Barat 40258
Email Korespondensi: ae_eryantono@yahoo.com

Abstrak

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil produk pulp dan kertas terbesar di dunia. Namun, sektor industri ini masih bergantung pada teknologi dari luar negeri. Sehubungan dengan kebijakan pemerintah untuk mendukung substitusi impor, penggunaan barang dalam negeri harus ditingkatkan termasuk dari sektor industri ini. Oleh karena itu, teknik *reverse engineering* harus diimplementasikan dalam upaya menghasilkan komponen mesin *disc refiner* di industri lokal. Teknik ini merupakan suatu rangkaian proses yang dimulai dengan mengidentifikasi produk yang tersedia, kemudian memilih proses manufaktur yang sesuai dan menghasilkan produk yang sama atau modifikasi produk sebelumnya. Kajian ini akan menjelaskan cara menghasilkan model 3D dari *disc refiner* menggunakan 3D scanner dan perangkat lunak CAD sebagai tahapan penting dari teknik *reverse engineering*. Selain itu juga akan ditampilkan hasil uji komposisi material sebagai tahapan awal untuk menghasilkan modifikasi produk *disc refiner*. Hasil dari kajian ini juga dapat digunakan sebagai pedoman bagi industri manufaktur dalam negeri untuk meningkatkan daya saing, khususnya di sektor industri manufaktur mesin pengolah pulp dan kertas.

Kata kunci: model 3D, *disc refiner*, rekayasa peniruan, manufaktur, substitusi impor.

Abstract

Indonesia is known as one of the largest pulp and paper manufacturers in the world. However, it still relies too heavily on technology from foreign countries. In relation to the government's policy to support import substitution, the use of domestic goods should be increased including in this sector. Therefore, the inverse of engineering design or reverse engineering technique should be implemented in an effort to manufacture the *disc refiner* in the local industry. This technique is a long process that started by identifying the existing product then choosing the suitable manufacturing method and finally generate the same product or even the enhanced version. This paper will present how to build the 3D model of the pulp *disc refiner* using 3D-scanner and CAD software as the essential step in reverse engineering technique. In addition, it will also provide the material composition of the *disc refiner* for the preparation to manufacture the improved product. The result of this research can be used as guidance for the local machinery manufacturers to strengthen their competitiveness, especially in manufacturing the machines for pulp and paper industries.

Keywords: 3D model, *disc refiner*, reverse engineering, manufacture, import substitution.

1. Pendahuluan

Secara umum, industri pulp dan kertas dapat diartikan sebagai kegiatan usaha dari mulai pengolahan bahan baku tumbuhan berselulosa menjadi bubur kertas (pulp), hingga kemudian menjadi kertas dan produk derivatifnya. Indonesia dikenal sebagai salah satu negara penghasil pulp dan kertas terbesar di dunia. Kapasitas produksi Indonesia dalam setahun dapat mencapai angka 11 juta ton untuk produk pulp dan 16 juta ton untuk produk kertas yang diperoleh dari 14 unit industri pulp dan 79 perusahaan industri kertas. Capaian produksi tersebut menempatkan Indonesia pada peringkat kesepuluh produsen pulp dan posisi keenam produsen kertas terbesar di dunia pada Tahun 2019. Di wilayah Asia, Indonesia menempati

peringkat ketiga untuk industri pulp dan peringkat keempat untuk industri kertas [1].

Kontribusi industri pengolahan pulp dan kertas di Indonesia sangat baik terhadap pendapatan kas negara. Pada Tahun 2019, ekspor sektor industri pulp dan kertas Indonesia berdasarkan kode *International Standard Industrial Classification* (ISIC) berada pada urutan ketujuh dengan nilai sebesar US\$ 7 Miliar, naik 0,64% dibandingkan dengan Tahun 2018. Nilai tersebut memberikan kontribusi sebesar 4,19% terhadap total ekspor nasional [2]. Kegiatan ekspor dinilai mampu mendongkrak pendapatan per kapita masyarakat atau dengan kata lain kegiatan ekspor secara tidak langsung menjadi mesin pertumbuhan ekonomi (*engine of growth*) pada suatu negara [3].

Industri pengolahan pulp dan kertas sangat erat kaitannya dengan beragam sektor industri, seperti sektor industri pengemasan dan pengepakan, percetakan, makanan, minuman, dan sebagai penunjang pada kegiatan perkantoran dan kearsipan.

Permintaan produk pulp dan kertas khususnya kertas kemasan, kardus, dan tisu mengalami kenaikan yang signifikan. Hal ini disebabkan oleh menjamurnya kegiatan usaha *e-commerce* yang mengandalkan produk-produk tersebut sebagai kemasan. Data dari Bank Indonesia menunjukkan bahwa nilai transaksi *e-commerce* sepanjang Tahun 2020 mencapai Rp 253 triliun, naik 23,1% dari tahun sebelumnya sebesar Rp 205,5 triliun. Kegiatan tersebut mampu mempertahankan kinerja industri pengolahan industri pulp dan kertas tetap positif sepanjang Tahun 2020 dengan nilai 0,72% terhadap PDB nasional [4].

Program Peningkatan Penggunaan Produk Dalam Negeri (P3DN) merupakan salah satu upaya pemerintah untuk mewujudkan substitusi impor sebesar 35% pada Tahun 2022. Hal ini bertujuan untuk meningkatkan daya saing seluruh sektor industri nasional dan mengurangi ketergantungan terhadap barang modal dan bahan baku asing serta melengkapi struktur pohon industri tanah air [5]. Sektor industri pengolahan pulp dan kertas merupakan sektor industri yang diprioritaskan untuk melaksanakan kebijakan tersebut. Namun, sektor industri ini masih bergantung pada teknologi mesin produksi luar negeri. Nilai impor mesin dan komponen mesin pengolah pulp dan kertas mencapai Rp 2,2 triliun (US\$ 156,763,501) pada Tahun 2020. Ditampilkan pada Tabel 1, nilai impor industri pulp dan kertas Indonesia untuk Tahun 2020 berdasarkan *Harmonized System Code* komoditi [6]. Oleh karena itu, perlu dilakukan inovasi teknologi untuk mengurangi volume ekspor tersebut dengan cara menggunakan mesin atau komponen mesin buatan dalam negeri.

Tabel 1. Nilai impor mesin dan komponen pada industri pulp dan kertas nasional tahun 2020.

Kode HS	Deskripsi Komoditi	Nilai C.I.F (US\$)
84391000	Mesin pengolahan pulp	7,758,849
84392000	Mesin pengolahan kertas tahap awal	9,899,341
84393000	Mesin pengolahan kertas tahap akhir	23,313,256
84399100	Komponen mesin pengolahan pulp	21,759,188
84399900	Komponen mesin pengolahan kertas tahap awal/akhir	94,032,867
TOTAL		156,763,501

Seperti ditampilkan pada Tabel 1, nilai impor untuk komponen mesin pengolahan pulp dan kertas lebih besar daripada mesinnya. Hal ini disebabkan karena

Original Equipment Manufacturer (OEM) dari luar negeri menetapkan harga yang tinggi. Ketergantungan atas komponen atau suku cadang impor menyebabkan perusahaan industri pulp dan kertas nasional terpaksa membeli komponen tersebut, jika ingin pabriknya terus beroperasi dengan baik. Bahkan terkadang perusahaan harus menghentikan proses produksi dalam waktu yang cukup lama karena terjadi kerusakan (*unscheduled shutdown*) pada peralatan vital pabrik dan harus menunggu komponen pengganti datang dari luar negeri.

Secara umum proses pengolahan kertas dibagi menjadi dua proses utama yaitu pengolahan bahan baku/*raw material* menjadi bubur kertas (*pulping*), kemudian dari bubur kertas diolah menjadi kertas sesuai dengan kualitas yang diinginkan (*stock preparation and papermaking*). Proses *pulping* dapat dibedakan menjadi empat jenis yaitu secara kimia, semi kimia, mekanika, dan *recycle pulping*. Sedangkan proses pengolahan kertas terdiri dari proses *beating, refining, dewatering, pressing and drying*, dan *finishing* [7]. Salah satu mesin vital yang digunakan baik dalam proses pengolahan pulp maupun kertas adalah mesin *refining (refiner)*. Proses *refining* merupakan proses modifikasi serat dengan tujuan untuk meningkatkan ikatan serat, sehingga dapat meningkatkan kekuatan kertas. Peningkatan kekuatan serat secara mekanis dapat terjadi dikarenakan munculnya gaya geser pada serat akibat adanya kontak antara serat dengan komponen *disc refiner*, maupun kontak antar serat ketika proses *refining* [8]. Namun mesin ini sering mengalami *unscheduled shutdown*, sehingga target produksi tidak tercapai [9].

Dengan fakta nilai impor mesin dan komponen mesin pengolah pulp dan kertas yang bernilai besar serta waktu tunggu pengadaan barang tersebut yang relatif lama sehingga dapat menghambat bahkan menghentikan proses produksi maka diperlukan penguasaan teknologi agar dapat membuat ulang mesin dan komponen tersebut di industri manufaktur dalam negeri. Hal ini juga sejalan dengan kebijakan pemerintah untuk meningkatkan substitusi impor.

Tidak tersedianya dokumen teknik dan spesifikasi desain komponen dan mesin *refiner* dari OEM menjadi sebuah tantangan dalam usaha untuk meningkatkan substitusi impor. Oleh karena itu, rekayasa peniruan (*reverse engineering*) merupakan solusi optimal untuk mengatasi permasalahan ini. *Reverse engineering* banyak digunakan pada bidang manufaktur untuk mengevaluasi produk yang baru diproduksi, serta untuk memperbaiki komponen lama yang sudah tidak diproduksi [10],[11]. *Reverse engineering* merupakan suatu rangkaian proses pengukuran, analisis, dan pengujian untuk merekonstruksi dan memperoleh data teknis dari suatu komponen. Data teknis tersebut meliputi: geometri komponen, identifikasi material,

pengembangan desain, proses manufaktur, dan produksi [12]-[14].

Mengingat pentingnya teknologi rekayasa peniruan, maka dalam kajian ini akan dijelaskan tahapan prosesnya pada kasus komponen *disc refiner* sampai terbentuk 3D model yang siap dilanjutkan ke tahapan selanjutnya. Beberapa kajian di dalam negeri mencoba melakukan *reverse engineering* untuk peralatan di sektor industri lain seperti pemodelan 3D *intake manifold* untuk industri otomotif dan pembuatan 3D model *fire safe valve body* untuk industri kimia [15],[16]. Dengan semakin banyak peneliti ataupun akademisi yang melakukan penelitian dengan *reverse engineering* di berbagai sektor industri akan mempercepat tercapainya kebijakan pemerintah untuk meningkatkan substitusi impor.

2. Metode

Tahapan proses kajian ini dimulai dengan pengumpulan informasi mengenai produk komponen *disc refiner* yang akan direkayasa ulang. Pengumpulan informasi ini penting dilakukan agar diketahui fungsi dasar dari keseluruhan mesin *refiner* dan komponen *disc refiner*. Kemudian dilakukan pengukuran dan pemodelan geometrik (3D) dari *disc refiner*. Proses pengukuran geometrik dilakukan dengan alat ukur pencitraan yaitu pemindaian seluruh bagian dari *disc refiner* hingga dihasilkan data kumpulan titik dalam koordinat tiga dimensi (*points cloud*) menggunakan kamera 3D *scanner* (*non-contact 3D digitizer* merk Vivid 9i). Proses pemindaian dilakukan dengan menempatkan dan memposisikan produk *disc refiner* pada meja bantu agar tetap stabil pada posisi yang diinginkan. Proses pemindaian 3D dilakukan berulang-ulang pada sudut pemindaian yang berbeda-beda dengan tujuan agar setiap *point cloud* dapat dirangkai (*fitting and merge*) hingga terbentuk data model kumpulan titik-titik yang mirip dengan produk yang dipindai. Kemudian data tersebut diproses lebih lanjut sehingga menjadi data numerik dengan menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Design (CAD)*, sehingga terbentuk 3D model dari produk *disc refiner* yang siap untuk dianalisis keberfungsian dan keterbuatannya pada tahapan selanjutnya.

Pada kajian ini juga dilakukan pengujian komposisi material penyusun komponen *disc refiner* agar mempermudah analisis seperti yang telah disebutkan di atas agar proses dapat diteruskan ke tahapan *reverse engineering* selanjutnya.

3. Hasil dan Pembahasan

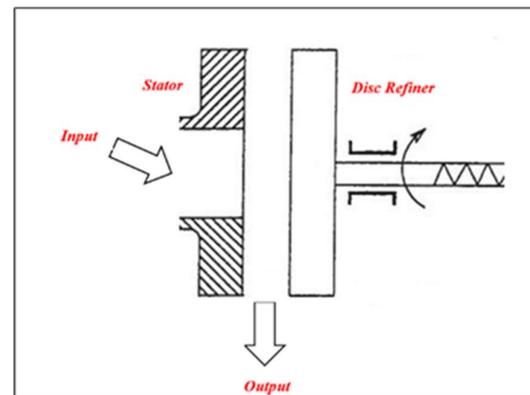
Komponen *disc refiner* yang digunakan pada kajian ini merupakan bagian dari *refiner* yang digunakan dalam proses *mechanical pulping*. Berikut ditampilkan pada Gambar 1 *refiner* yang digunakan. Fungsi dari *refiner* adalah menguatkan serat atau fiber, sehingga didapatkan kualitas pulp dan kertas

yang diinginkan. Secara mekanik, proses *refining* meliputi proses hidrasi, fibrilasi, pemotongan, penyikatan serat, pembentukan fines, dan pembentukan debris koloidal.



Gambar 1. Refiner pada proses mechanical pulping.

Seperti terlihat pada Gambar 1, komponen utama *refiner* terdiri dari stator dan *disc refiner* (rotor) yang terhubung dengan motor oleh *belt*. Cara kerjanya adalah produk input yang berupa pulp *slurry* dari peralatan sebelumnya (*mechanical digester*) masuk ke dalam rongga antara stator dan *disc refiner* melalui corong di atasnya. Motor pada bagian bawah menggerakkan *disc refiner* dengan kecepatan angular tertentu. Pulp *slurry* yang berada dalam rongga antara stator dan *disc refiner* mengalami gaya geser akibat gesekan profil/relief permukaan kedua komponen tersebut. Produk outputnya adalah pulp *slurry* dengan ukuran yang lebih kecil dan kekuatan ikat serat yang lebih tinggi. Adapun skema aliran pulp *slurry* pada proses *refining* ditampilkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Skema aliran pulp slurry di refiner.

Dari cara kerja dan skema aliran pulp *slurry* tersebut, *refiner* dikatakan dapat berfungsi dengan baik jika memiliki relief permukaan *disc refiner* yang sesuai, gap antara *disc refiner* dan stator yang pas, dan kecepatan putar *disc refiner* yang sesuai dengan target kualitas produk output. Parameter gap dan kecepatan putar dapat diatur saat proses perakitan peralatan. Namun relief dan ukuran geometri *disc refiner* harus dibuat saat proses manufaktur komponen tersebut. Bentuk geometri dan relief permukaan komponen *disc refiner* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Komponen disc refiner di atas meja bantu.

Pada Gambar 3 terlihat bagian dari *disc refiner* (seperempat bagian simetris) yang memiliki relief memanjang ke arah radial. Relief ini yang mengarahkan aliran pulp *slurry* ke arah luar radial saat terjadi gaya sentrifugal akibat putaran *disc refiner*. Relief permukaan ini juga berfungsi untuk memberikan gaya geser pada fiber atau selulosa sedemikian hingga kekuatan ikat pulp *slurry* meningkat. Mengingat sangat pentingnya bagian dari *disc refiner* tersebut, maka dilakukan pengukuran geometri dengan menggunakan 3D scanner seperti terlihat pada Gambar 4 agar didapatkan data ukur geometri yang akurat. 3D scanner ini menggunakan sinar laser untuk memindai produk.

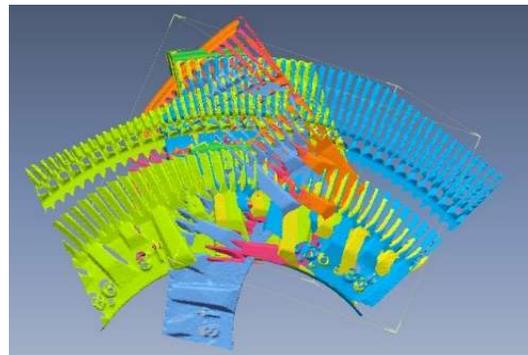


Gambar 4. Proses pemindaian dengan 3D scanner.

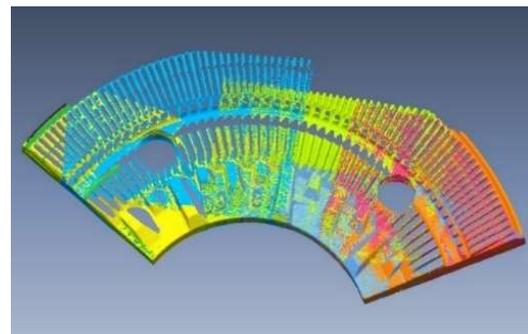
Gambar 5 menampilkan urutan proses pemindaian dan jenis data yang diolah dalam alat 3D scanner dan perangkat lunak bawaannya. Setelah *disc refiner* disemprot dengan cairan *penetrant* dan diletakkan di atas meja bantu seperti pada Gambar 3, kemudian alat 3D scanner diatur sedemikian hingga seperti jarak dan sudut pemindaian agar dapat memindai seluruh bagian dari *disc refiner*. Namun alat 3D scanner jenis ini memiliki keterbatasan dalam cakupan area produk yang dipindai, sehingga diperlukan beberapa kali pemindaian dengan sudut dan area yang berbeda-beda. Hasil pemindaian ini berupa data *points cloud*

sebanyak jumlah pemindaian seperti terlihat pada Gambar 5(a).

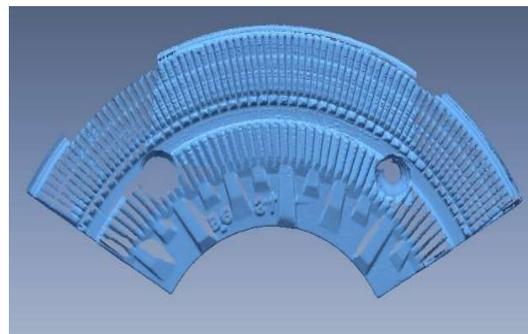
Setelah didapatkan data *points cloud* setiap permukaan *disc refiner*, dilakukan penjahitan (*fitting*) setiap bagian tersebut hingga menjadi data *points cloud* yang menyerupai bentuk dan ukuran produk *disc refiner* aslinya seperti terlihat pada Gambar 5(b). Data hasil *fitting* ini masih tumpang tindih antar bagiannya, sehingga menyebabkan ukuran file data menjadi besar dan sulit untuk diproses lebih lanjut. Oleh karena itu, dilakukan proses penggabungan, sehingga didapatkan data *merged points cloud* seperti terlihat pada Gambar 5(c).



(a)



(b)



(c)

Gambar 5. Aliran data proses pemindaian disc refiner (a) *points cloud*, (b) fitted data, dan (c) merged data.

Data *points cloud* ini harus diubah menjadi bentuk data yang lebih bermanfaat yaitu 3D model untuk tahapan selanjutnya di *reverse engineering*. Cara

mengubah data *points cloud* menjadi 3D model adalah dengan cara membuat atau memodelkan ulang gambar produk tersebut berdasarkan ukuran-ukuran geometri yang didapat pada data *points cloud* tersebut. Dalam kasus *disc refiner* ini contoh ukuran geometri *points cloud* yang didapat adalah ketebalan produk, jari-jari, ataupun diameter lubang di permukaan *disc refiner*.

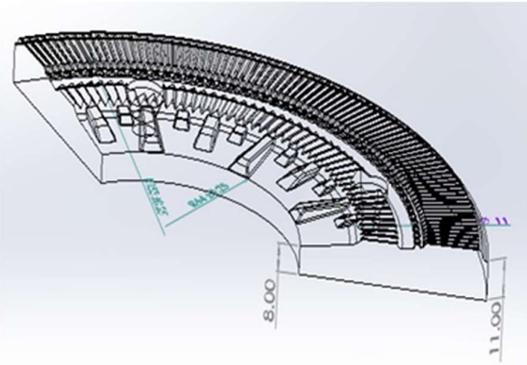
Dilakukan validasi ukuran geometri *points cloud* pada beberapa bagian *disc refiner* dengan menggunakan jangka sorong. Namun tidak semua bagiannya dapat diukur dengan menggunakan jangka sorong. Faktor ini juga merupakan salah satu alasan digunakannya 3D scanner untuk mendapatkan data ukuran geometri *disc refiner* yaitu untuk mengukur bagian-bagian yang tidak terjangkau alat ukur lain. Contoh bagian *disc refiner* yang dapat diukur menggunakan jangka sorong adalah diameter yang ditampilkan pada Gambar 6.



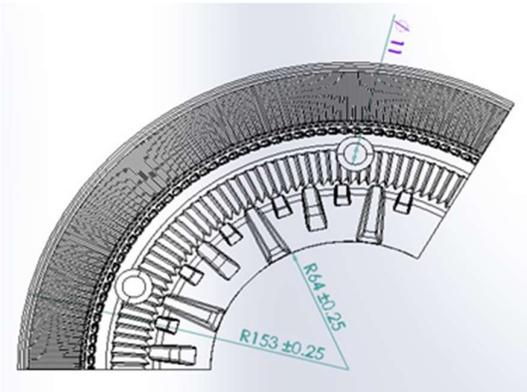
Gambar 6. Validasi ukuran geometri dengan jangka sorong.

Hasil perbandingan pengukuran geometri *disc refiner* dengan jangka sorong menunjukkan angka yang sama (sesuai toleransi) dengan hasil pengukuran *points cloud* di perangkat lunak 3D scanner, sehingga data *merged points cloud* produk *disc refiner* ini valid dan dapat dijadikan acuan dalam pembuatan 3D model.

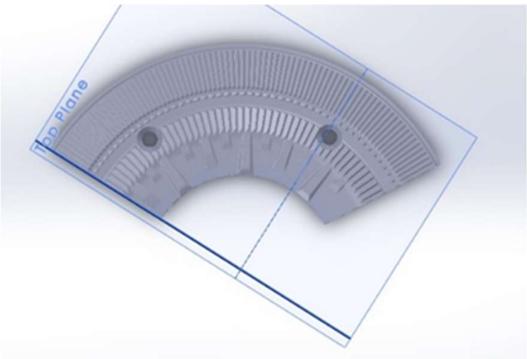
Kemudian dibuat pemodelan geometrik dengan menggunakan perangkat lunak CAD. *Modelling* ulang ini dilakukan untuk mendapatkan 3D model *disc refiner* yang tepat dengan berbasis fitur hasil 3D model produk *disc refiner* ditampilkan pada Gambar 7- Gambar 10. Selanjutnya 3D model ini menjadi pedoman tahapan selanjutnya di *reverse engineering*.



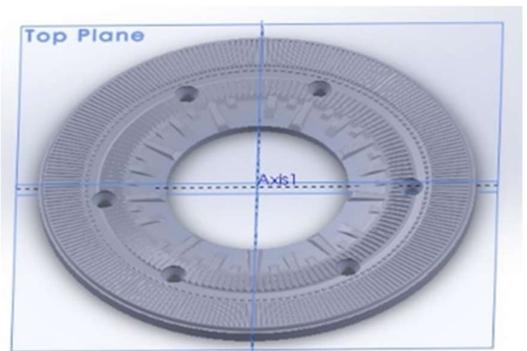
Gambar 7. Model 3D disc refiner tampak samping.



Gambar 8. Ukuran diameter dan lubang disc refiner.



Gambar 9. Model 3D disc refiner tampak depan.



Gambar 10. Assembly model 3D disc refiner.

Format data hasil pemodelan geometrik *disc refiner* dalam bentuk 3D model ini sudah sesuai dan dapat dimanfaatkan untuk tahapan selanjutnya dalam *reverse engineering* yaitu proses analisis keberfungsian menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Engineering* (CAE) dan analisis keterbuatan menggunakan perangkat lunak *Computer Aided Manufacturing* (CAM) jika diperlukan.

Sebelum memasuki tahapan tersebut, diperlukan beberapa informasi tambahan agar proses analisis lebih menggambarkan kondisi yang sebenarnya. Informasi yang dimaksud adalah komposisi material penyusun komponen *disc refiner* seperti ditampilkan pada Tabel 2.

Tabel 1. Hasil uji komposisi material disc refiner.

Unsur	Komposisi Uji
Fe	56,66
C	3,29
Si	0,502
Mn	0,822
P	0,073
S	0,007
Cr	>36,77
Mo	0,254
Ni	<5,0
Al	0,096
Cu	0,551
Sn	0,026
Ti	0,128
V	0,143
Mg	<0,002
Nb	0,015

Berdasarkan hasil uji komposisi, diketahui bahwa produk *disc refiner* ini terbuat dari material *High Chromium White Cast Iron* (HCWCI). Komponen *disc refiner* ini juga dilakukan uji keras dengan hasil pengujian senilai 58,05 HRC.

Dari jenis material tersebut diketahui bahwa proses pembuatan atau manufaktur produk *disc refiner* ini adalah proses pengecoran logam. Kajian ini dapat dilanjutkan dengan analisis keterbuatan produk dengan menggunakan perangkat lunak khusus untuk proses pengecoran logam.

4. Kesimpulan

Potensi sektor industri pengolahan pulp dan kertas di Indonesia sangat besar terutama dengan menjamurnya transaksi *e-commerce* akhir-akhir ini. Untuk meningkatkan daya saing industri, diberlakukan kebijakan substitusi impor khususnya pada sektor industri pulp dan kertas. *Reverse engineering* merupakan teknik yang sangat penting untuk membuat ulang suatu produk impor. Secara umum tahapan *reverse engineering* terdiri dari pengumpulan informasi produk yang akan diproduksi ulang, analisis

fungsi produk dan komponen, pengukuran dan pemodelan geometrik (model 3D) produk, analisis keberfungsian dan keterbuatan, pembuatan prototipe, dan akhirnya produksi ulang secara massal. Hasil akhir dari kajian ini adalah model 3D dari produk *disc refiner* yang dihasilkan oleh perangkat lunak CAD. Pengukuran geometri produk ini dilakukan dengan 3D *scanner* dengan hasil data *points cloud* serta divalidasi dengan hasil pengukuran dengan menggunakan jangka sorong di beberapa bagian yang dapat diukur secara langsung. Hasil model 3D ini dapat dimanfaatkan sebagai pedoman pada tahapan selanjutnya menggunakan perangkat lunak CAE dan CAM. Selain itu, dalam kajian ini juga dilakukan uji komposisi dan kekerasan produk *disc refiner* yang hasilnya sangat berguna pada tahapan proses selanjutnya. Oleh karena itu, hasil dari kajian ini merupakan awalan yang sangat baik dalam upaya peningkatan substitusi impor di sektor industri pulp dan kertas serta sektor industri permesinan dalam negeri.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih penulis sampaikan kepada Kepala Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Logam dan Mesin (BBSPJILM) atas dukungan penuhnya dalam kegiatan penelitian ini. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada Kepala Balai Besar Standardisasi dan Pelayanan Jasa Industri Selulosa (BBSPJIS) atas diberikannya akses untuk menguji objek penelitian kali ini yaitu produk *disc refiner* serta kepada semua pihak yang telah membantu kegiatan penelitian ini.

Daftar Pustaka

- [1] Yudha, A.P. (2019). Produktifitas Industri Pulp dan Kertas. Jakarta: Kementerian Perdagangan RI.
- [2] Suryono, A., Baehera, S., Wiguna, M., & Emo, M. (2020). Statistik Perdagangan Luar Negeri Ekspor Menurut Kode ISIC 2018-2019. Jakarta: Badan Pusat Statistik RI.
- [3] Salsabila, D.R.N. (2021). Analisis Pengaruh Ekspor Migas dan Non Migas Terhadap Pertumbuhan Ekonomi Indonesia. Jurnal Akuntansi dan Manajemen, Vol. 18 No. 01.
- [4] Pusat Data dan Informasi Kemenperin. (2020). Analisis Perkembangan Industri Non Migas Indonesia Tahun 2020. Jakarta: Kementerian Perindustrian RI.
- [5] Biro Humas Kemenperin. (2021). Jurus Kemenperin Akselerasi Substitusi Impor 35 Persen. Jakarta: Kementerian Perindustrian RI (Siaran Pers).
- [6] Subdirektorat Statistik Impor BPS. (2020). Statistik Perdagangan Luar Negeri Impor. Jakarta: Badan Pusat Statistik RI.
- [7] Bajpai, P. (2015). Basic Overview of Pulp and Paper Manufacturing Process. Switzerland: Springer International Publishing.

- [8] Gharehkhani, S., Sadeghinezhad, E., Kazi, S.N., Yarmand, H., Badarudin, A., Safaei, M.R., & Zubir, M.N.M. (2015). Basic Effects of Pulp Refining on Fiber Properties - A Review. *Carbohydrate Polymers* Vol. 115: 785–803.
- [9] Sofyarto, B., Bayuseno, A.P., & Nugroho, S. (2013). Identifikasi Material dan Kerusakan Disc Refiner Airaghi di PT. Pura Nusa Persada Unit Paper Mills 8 Kudus. *Rotasi*, Vol. 15, No.3, pp. 8-13.
- [10] Bagci, E. (2009). Reverse engineering Applications for Recovery of Broken or Worn Parts and Re-Manufacturing: Three Case Studies. *Advances in Engineering Software* 40 (6): 407–18.
- [11] Hofmann, R., & Gröger, S. (2019). Closed Loop Geometrical Tolerance Engineering with Measuring Data for Reverse Information Processing. *Procedia CIRP* Vol. 84: 311–315.
- [12] Wang, W. (2010). *Reverse engineering-Technology of Reinvention*. Boca Raton: CRC Press Taylor & Francis Group.
- [13] Kumar, A., Jain, P.K., & Pathak, P.M. (2013). Reverse engineering in Product Manufacturing: An Overview. *DAAAM International Scientific Book*. 665-678.
- [14] Rochim, T. (2012). *Tujuh Tahapan Rekayasa Peniruan*. Makalah Reverse engineering Workshop PT. PLN (persero). Jakarta: FTMD-ITB.
- [15] Wiranegara, H. & Pujiyanto. (2016). *Pemodelan 3D Intake Manifold Berbasis Fitur*. *Metal Indonesia* Vol. 38 No.1 (26-30).
- [16] Koeshardono, F., Rahmaditia, R., & Cahyadi, D. (2020). CAD modelling of fire safe valve body by reverse engineering. *Journal of Physics: Conference Series* 1450 012084.