

Pendampingan Industri Kecil Pengecoran Logam Ceper Untuk Meningkatkan Kemandirian Pasokan Peralatan Tambang

Towip^{1}, Yuyun Estriyanto², Herman Saputro³, Taufik Wisnu Saputra⁴*

^{1,2,3,4}Pendidikan Teknik Mesin, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Sebelas Maret, Surakarta, Indonesia

Corresponding email: towip@staff.uns.ac.id

ABSTRACT

Developing substitution products for mining equipment parts in local industries will have a significant economic impact. In addition, it will create independence in the supply of mining components, not relying on imports. However, Ceper metal casting area is still using traditional methods. This community service aims to improve product design and skills to support the supply chain availability of consumable mining equipment parts. Designing from existing components is not easy for small industries; therefore, it needs assistance from university experts. The method used design assistance in the production of bucket-adaptor consumable parts. The mechanical engineering study program team assists with three stages of the process: scanning, triangulation, and CAD modeling. The results showed that consumable parts had been successfully submitted to an industry partner to proceed to the following stages: (4) CAM and (5) machining. The consumable parts design improves quality and independence in manufacturing mining equipment parts. The local industry appreciated this activity because a good design can improve the process of developing consumable mining equipment parts.

Keywords: *Ceper Metal Industry area, Small industry assistance, Supply Independence*

ABSTRACT

Mengembangkan produk substitusi untuk suku cadang peralatan pertambangan di industri lokal akan memiliki dampak ekonomi yang signifikan. Selain itu, akan menciptakan kemandirian dalam penyediaan komponen pertambangan, tidak bergantung pada impor. Namun, area pengecoran logam Ceper masih menggunakan metode tradisional. Pengabdian kepada masyarakat ini bertujuan untuk meningkatkan desain produk dan keterampilan untuk mendukung ketersediaan rantai pasok suku cadang peralatan pertambangan habis pakai. Merancang dari komponen yang ada tidak mudah bagi industri kecil; oleh karena itu, perlu bantuan dari para ahli universitas. Metode ini menggunakan bantuan desain dalam produksi bagian habis pakai adaptor bucket. Tim program studi teknik mesin membantu dengan tiga tahap proses: (1) pemindaian, (2) triangulasi, dan (3) pemodelan CAD. Hasil penelitian menunjukkan bahwa suku cadang habis pakai telah berhasil diserahkan kepada mitra industri untuk melanjutkan ke tahap-tahap berikut: (4) CAM dan (5) pemesinan. Desain suku cadang habis pakai meningkatkan kualitas dan kemandirian dalam pembuatan suku cadang peralatan

pertambangan. Industri lokal mengapresiasi kegiatan ini karena desain yang baik dapat meningkatkan proses pengembangan suku cadang peralatan pertambangan habis pakai.

Kata kunci: *Industri Logam Ceper, Kemandirian Pasokan, Pendampingan Industri Kecil.*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara besar yang memiliki potensi sumber daya alam melimpah. Terdiri dari ribuan pulau yang tersebar dari Sabang sampai Merauke, Indonesia memiliki kekayaan budaya, hasil alam, dan juga pariwisata yang luar biasa. Indonesia memiliki hasil tambang yang sangat beragam di banyak pulau, baik kategori minyak bumi dan gas (migas) maupun non migas. Pertambangan menyumbang penghasilan negara yang signifikan, namun selama ini terlalu banyak uang berputar dari pengolahan bahan tambang ini dikerjakan di negara lain sehingga nilai ekonomi yang berputar dari pengolahan hasil tambang di dalam negeri masih cukup rendah. Selain pengolahan bahan tambang yang dikerjakan di luar negeri, banyak juga pekerjaan pertambangan dikerjakan oleh kontraktor asing. Jika pun ada kontraktor dalam negeri maka peralatan tambang yang dipergunakan mayoritas adalah mesin impor dengan suku cadang dan komponen habis pakai dari luar.

Wilayah Solo Raya memiliki potensi pengembangan produk logam yang menjanjikan. Didukung oleh berbagai lembaga pendidikan vokasi yang kuat, Sekolah menengah Kejuruan (SMK) Teknik dan Rekayasa, dan juga perguruan tinggi besar menjadikan Solo Raya siap mendorong pertumbuhan industri logam di Solo Raya. Kota Solo, sebagai jantung wilayah Solo Raya lebih dahulu mendeklarasikan diri sebagai Kota Vokasi pada era kepemimpinan Wali Kota Joko Widodo. Hal itu merupakan keberanian untuk menjual kekuatan potensi pendidikan vokasional di Kota Solo. Pembangunan jalan tol Trans Jawa juga mengubah peta sebaran industri di Pulau Jawa. Saat ini, daerah industri tidak hanya berpusat di kota yang memiliki pelabuhan, melainkan hampir seluruh Jawa memiliki akses yang mudah ke seluruh wilayah industri dan pelabuhan. Oleh karena itu, sepatutnya daerah-daerah di sepanjang pulau Jawa memanfaatkan kondisi ini untuk membuat kemajuan-kemajuan bagi daerahnya.

Kawasan industri ceper, merupakan Kawasan industri kecil dan menengah (IKM) pengecoran logam yang terletak di Klaten, Jawa Tengah. Kawasan IKM Ceper, merupakan bagian penting dari industri pengecoran logam di Indonesia. Terdapat sekitar 300 unit usaha di pusat IKM logam ceper dengan kemampuan proses produksi sebesar 3000 ton per bulan dengan penyerapan tenaga kerja sekitar 3.200 orang. Untuk itulah, sentra IKM Ceper menjadi salah satu program Nasional sebagai industri unggulan di bidang pengecoran logam (Kementerian Perindustrian, 2016). Masyarakat Ceper seolah memiliki garis keturunan yang mewariskan kompetensi pengecoran logam dari sang pencipta. Di kawasan ini tumbuh berbagai industri pengecoran logam mulai dari skala rumahan hingga skala besar, ada yang bergerak dalam bidang produk dekoratif non-ferro dan ada juga yang bergerak dalam bidang produk komponen berbasis besi (Fe). Beberapa inisiatif program

telah dan akan digulirkan pemerintah untuk pengembangan industri Ceper, seperti: *bilateral supply chain*, *export coaching program* dan pendidikan vokasi. Program-program tersebut bertujuan untuk meningkatkan kemampuan industry local dan membuka pasar global (Kementerian Perindustrian, 2017).

Salah satu industri yang bisa dipasok oleh IKM pengecoran Ceper adalah industri alat berat untuk sektor pertambangan, khususnya komponen-komponen suku cadang alat berat, seperti *undercarriage*, *tooth*, *adapter*, *bucket*, dan lain-lain. Komponen-komponen tersebut merupakan komponen habis pakai (*consumable*) sehingga kebutuhannya sangat besar di industri alat berat. Kondisi saat ini, industri alat berat mayoritas dipasok oleh produk-produk dari luar negeri seperti Jepang, Cina, Eropa dan Amerika. Hal ini menyebabkan ketersediaan (*availability*) pasokan suku cadang melalui proses rantai pasok yang panjang, yang kadang menyebabkan terkendala pengiriman. Selain itu, harga suku cadang tersebut tergantung dari konversi kurs rupiah yang bisa lebih mahal jika nilai tukar rupiah merosot. Untuk itu, diperlukan rantai pasok (*supply chain*) yang lebih sederhana dengan tersedianya pasokan suku cadang dari dalam negeri dengan tingkat komponen dalam negeri (TKDN) mendekati 100%. Pemerintah Indonesia, saat ini sedang mendorong industry untuk meningkatkan tingkat TKDN nya, agar industry dalam negeri semakin berdaya saing di kancah global (Kementerian Perindustrian, 2022). Pasokan suku cadang yang bisa diproduksi di sentra IKM Ceper merupakan pilihan alternatif di tengah persoalan rantai pasok suku cadang alat berat tersebut.

Industri mitra pendampingan PT. X merupakan salah satu industri yang berada di sentra IKM Ceper. Industri ini didirikan pada tahun 1976 yang berlokasi di Ngawonggo, Ceper-Klaten Jawa Tengah. Perusahaan memproduksi material berbasis *ferro*, dengan teknologi *Medium Frequency Induction Furnace Inductoterm* yang mampu menghasilkan campuran tuangan baja, lamelar serta, besi cor. Alasan dipilihnya industri tersebut sebagai mitra kegiatan Program Pengabdian Masyarakat (P2M) dikarenakan industri tersebut telah menjadi mitra dalam menerima mahasiswa magang Prodi PTM. Selain itu, lokasinya tidak jauh dari kampus program studi Pendidikan Teknik Mesin (PTM) yang masuk terhadap *coverage* industri mitra binaan.

Mengingat produk yang dikembangkan adalah produk yang harus *plug-and-play* dengan komponen *excavator bucket*, maka pengembangan produk ini harus mengacu pada komponen pasangan lainnya. Oleh Karena itu, dalam pengembangan produk ini diperlukan analisis geometri dan material agar dapat dipasangkan dengan komponen pasangan dan juga dapat bekerja dengan kinerja yang handal. Dalam kegiatan ini, akan difokuskan pada pendampingan aspek desain karena hal ini sangat diperlukan untuk masuk ke proses produksi. Jika desain dalam bentuk model CAD telah terbentuk, maka industri mitra dapat melanjutkan ke proses produksi pola produk cor dengan menggunakan mesin CNC.

Berdasarkan analisis situasi dan diskusi dengan pihak pemakai dan dengan mitra, diidentifikasi beberapa permasalahan yang dihadapi dalam proyek pengembangan komponen *adapter bucket excavator* ini.

1. Untuk proses produksi komponen yang dibutuhkan adalah gambar teknik dan/atau model CAD 3 dimensi, sedangkan yang disodorkan oleh calon pemakai adalah benda jadi.
2. Komponen substitusi yang dikembangkan harus *plug-and-play* dengan *existing* komponen, yaitu *adapter*, *tooth bucket* harus bisa dipasangkan ke *excavator bucket* yang sudah ada.
3. Produk substitusi yang dikembangkan tidak boleh sama persis dengan produk yang sudah ada di pasaran karena akan berpotensi masalah dengan aspek pelanggaran paten.
4. Format *file* CAD haruslah format *file* yang bisa mengakomodir berbagai geometri kompleks dan dapat diimpor ke *software* CAM untuk dibawa menuju ke pemesinan CNC.
5. Industri mitra perlu saran mengenai material dan proses produksi, khususnya kemungkinan proses perlakuan untuk menghasilkan komponen dengan beban impak dan gesek yang tinggi karena komponen bekerja untuk menggali tanah/batuan tambang dalam kondisi operasi 24 jam non-stop. Dengan kata lain, aspek *durabilitas* komponen menjadi konsen yang sangat besar.

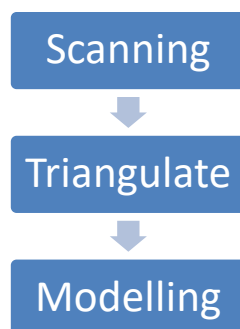
Dari berbagai permasalahan tersebut, yang akan menjadi fokus dalam program pengabdian masyarakat (P2M) ini adalah pendampingan dalam aspek desain, yaitu menghasilkan alternatif desain yang dapat mengakomodir permasalahan No. 1 s.d. 4.

Menurut Undang-Undang Republik Indonesia Nomor 20 Tahun 2008 Tentang Usaha Mikro, Kecil Dan Menengah (Presiden RI, 2008), pengembangan dan pemberdayaan UKM diperlukan dalam peranannya yang penting dan strategis untuk mewujudkan struktur dunia usaha nasional yang kokoh dan berdaya saing sehingga menjadi usaha yang tangguh, mandiri dan unggul. Selain itu, peran strategis UKM dalam penyerapan tenaga kerja lokal, dan peningkatan produk domestik bruto. Oleh karena itulah, Tim Pengabdian Masyarakat Prodi PTM melakukan pengabdian masyarakat “Pendampingan Industri Kecil Pengecoran Logam Ceper Untuk Meningkatkan Kemandirian Pasokan Peralatan Tambang” ini karena peran strategis UKM tersebut.

METODE PELAKSANAAN

Pendekatan yang diterapkan dalam program pengabdian masyarakat ini adalah pendekatan rekayasa balik. Rekayasa balik adalah proses menghasilkan data desain Teknik dari komponen yang telah ada /*existing component* (Vijaya Ramnath et al., 2018). Metode rekayasa balik sangat sesuai untuk menyelesaikan persoalan yang disebabkan karena ketidakcukupan data atau informasi melalui analisis model dan rancangan (Budiwanto & Suweca, 2016). Pada dasarnya, metode ini dipergunakan untuk pemesinan produk dari barang jadi. Namun, dalam program ini, peniruan hanya untuk memastikan komponen *plug-and-play* dengan komponen pasangannya. Oleh karena itu diperlukan modifikasi agar tidak melanggar paten

yang telah ada. Proses rekayasa balik harus dilakukan dengan teknik-teknik turunannya agar hasil yang ingin dicapai tidak jauh menyimpang dari produk aslinya. Gambar 1. mendeskripsikan proses dasar rekayasa balik (Várady et al., 1997).



Gambar 1. Tahapan proses pengabdian

Setiap tahapan proses yang dilakukan melibatkan tim pendamping dari kampus dan perwakilan dari tim mitra. Tim pendamping dari kampus meliputi tim *engineering design*, tim *application engineering* dan tim *material engineering*. Tim mitra dilibatkan dalam setiap proses untuk memastikan pekerjaan dilakukan dengan baik, dan terjadinya proses alih pengetahuan. Tujuannya adalah agar proses selanjutnya mitra pendampingan bisa melakukannya secara mandiri dengan proses yang benar dan hasil yang sesuai dengan spesifikasi.

Adapun tahapan-tahapan yang dilakukan adalah sebagai berikut:

1. *Scanning*

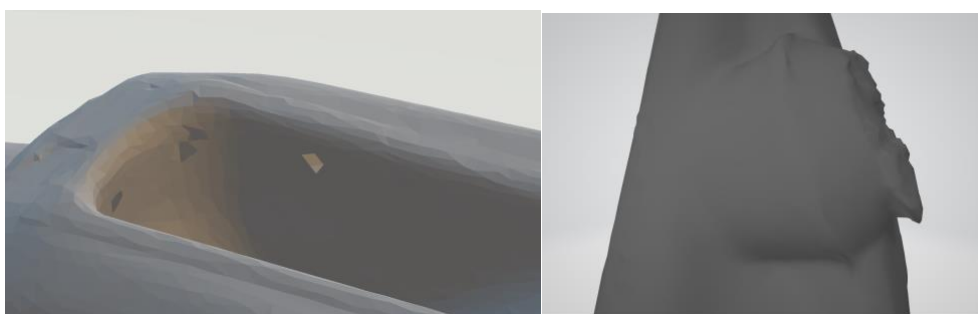
Scanning adalah tahapan merekam objek benda nyata dengan membaca titik-titik pada keseluruhan permukaannya sehingga diperoleh gambaran geometri benda tersebut. Proses ini dilakukan dengan menggunakan *3D scanner*. Secara garis besar, proses scanning meliputi proses: *data digitalization*, *reconstruction of coordinates*, *manipulation of the points cloud*, dan *approximation of the surface* (Mora et al., 2019). Proses *3D scanning* dilakukan di Industri Y di Yogyakarta. Hal ini dilakukan karena harga *3D scanner* yang mahal sehingga masih sedikit tempat yang memiliki alat tersebut. Jenis *3D scanner* yang digunakan adalah jenis *handy-probe*, di mana benda yang akan di-*scan* diletakkan di atas meja *scan*. Jenis *scanner* ini dipilih karena yang paling fleksibel mengingat benda yang di-*scan* memiliki ukuran dan berat yang besar. kemudian alat pemindai digerakkan ke sekeliling benda untuk men-*scan* geometrinya.

Output proses ini adalah hasil *3D scan* dalam bentuk *file* format “.stl”. STL merupakan format *file native* perangkat lunak CAD *stereolitografi* yang dibuat oleh perangkat lunak 3D. Format *file* ini didukung oleh banyak paket perangkat lunak CAD lain dan digunakan untuk pembuatan *rapid prototyping*, *3D printing*, dan manufaktur dengan bantuan komputer (CAM) (Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, 2003). *File* STL hanya menjelaskan geometri permukaan objek tiga dimensi tanpa representasi warna, tekstur, atau atribut CAD lainnya. Untuk itu, hasil proses *scan* 3D memerlukan proses selanjutnya yaitu proses *triangulation*, agar model gambar

CAD 3D sesuai dengan dimensi aslinya komponen yang dilakukan proses rekayasa balik. Tim yang terlibat dalam proses ini adalah semua tim dari pihak pendamping dan tim *engineer* dari pihak mitra.

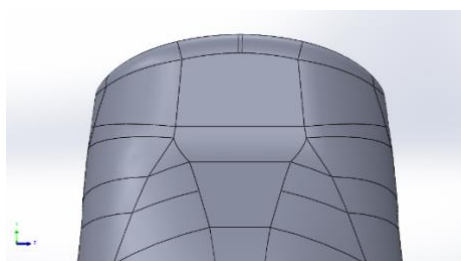
2. *Triangulation*

Proses triangulasi merupakan proses untuk memperoleh keseluruhan permukaan model dengan cara memperbaiki ketidaksempurnaan hasil *scan*. Hasil *scan* sering kali terjadi tidak sempurna yang disebabkan kompleksnya geometri, terhalang oleh geometri lain, atau karena memang kemampuan *scanner* seperti hasil yang ditunjukkan oleh gambar 2.



Gambar 2. Permukaan benda hasil 3D tidak sempurna

Surface mesh yang tidak sempurna dibuat manual hingga permukaan model tertutup. Gambar 3. Menunjukkan salah satu pendekatan bentuk 3D dengan *surface*. Proses ini kadang harus dilakukan dengan manual, sangat lama, dan memerlukan ketelitian. Tahapan ini dilakukan di laboratorium di Prodi PTM. Semua tim pendamping terlibat dalam proses ini dan melibatkan tim *engineer* dari pihak mitra. Proses triangulasi dilakukan dengan membuat model 3D dengan garis permukaan yang paling mendekati bentuk aslinya. *Output* dari proses *triangulation* adalah Model CAD 3D. *File* “.SLDPRT” merupakan format file *native* dari proses *triangulation*. Tujuan dari proses ini adalah untuk membuat model 3D sesuai bentuk yang diinginkan dan memungkinkan serta luwes untuk dilakukan modifikasi di tahap selanjutnya. Pada tahap pembuatan gambar desain, harus jelas dimensi dan ukurannya sehingga mudah diterjemahkan dalam pembuatan pola dan modelling (Sitindaon et al., 2018).



Gambar 3. Pendekatan bentuk 3D dengan *surface*.

3. *Modelling*

Modelling merupakan kelanjutan dari proses *triangulate*. Proses *modelling* masih dilakukan di tempat dan tim yang sama dengan proses sebelumnya (*triangulasi*). Model 3D *surface* yang sudah sempurna menjadi *file solid*. Dengan model solid maka modifikasi model menjadi lebih mudah. Pada tahapan ini, modifikasi dan inovasi produk dilakukan. Pada proses ini perubahan dan penambahan bentuk komponen menjadi sangat penting. Beberapa proses penambahan bentuk seperti *embose* nama komponen, warna, serta bentuk lainnya. Proses ini menjadi proses yang berulang-ulang karena berbagai penyesuaian perlu dilakukan untuk mendapatkan hasil akhir yang diharapkan.

Setelah ditentukan model final, proses selanjutnya adalah proses persiapan pembuatan model menjadi benda nyata. Jika model yang akan dilakukan proses permesinan, maka model CAD tersebutlah produk akhirnya. Namun jika yang harus dibuat adalah cetakannya, maka harus dibuat '*negatifnya*' sehingga bisa dipergunakan untuk pemesinan cetakan dari model tersebut (*mold*). Dikarenakan proses manufaktur yang akan dilakukan mitra menggunakan proses pengecoran, maka *output* proses *modelling* ini adalah desain CAD dengan bentuk *file solid*. Desain tersebut untuk menghasilkan cetakan komponen untuk proses pengecoran. Untuk mendapatkan dimensi akhir yang presisi sesuai ukuran model, perlu dilakukan penyekalaan ukuran model untuk mengakomodir penyusutan hasil cor. Proses penyekalaan ini dilakukan 2 bagian yaitu pembesaran 0,2% pada bagian permukaan luar model dan sebaliknya dilakukan pengecilan ukuran 0,2% pada bagian lubang. Sejatinya penyusutan pasti akan terjadi pada setiap proses pengecoran logam. Penyusutan cor ke arah pusat (tengah) benda, di mana posisi tersebut adalah bagian yang paling akhir membeku. Setelah model yang mengakomodir penyusutan selesai dibuat, selanjutnya model di-*import* ke *software* CAM untuk dilakukan proses pemesinan CNC. Desain model final dibuat gambar kerja untuk selanjutnya desain tersebut disepakati bersama.

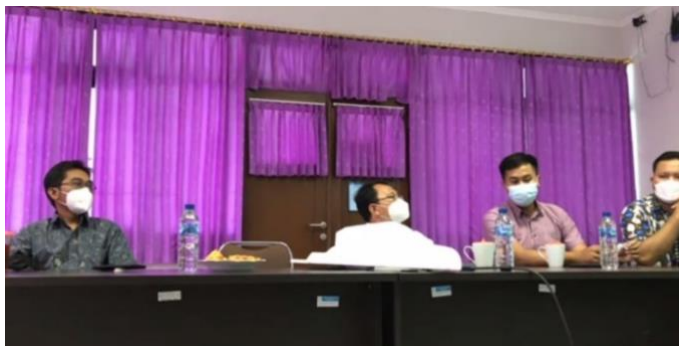
HASIL DAN PEMBAHASAN

Tahapan-tahapan proses pendampingan terhadap pembuatan salah satu komponen habis pakai peralatan tambang dalam hal ini komponen *adapter-bucket* telah selesai dilaksanakan. Tahapan-tahapan mulai proses *scanning*, *triangulate* dan *modelling* selesai dilakukan dengan tingkat kesulitan yang berbeda-beda. Untuk itu, koordinasi, *sharing* informasi dan diskusi selalu diperlukan agar proses pekerjaan bisa berjalan dengan lancar. Diskusi dan rapat secara berkala dilakukan untuk mencari solusi dari permasalahan yang timbul. Dikarenakan kondisi masih pandemi, maka rapat koordinasi dilakukan secara dalam jaringan (*daring*) dan sesekali dilakukan secara luring jika diperlukan, untuk membahas hal-hal yang tidak bisa diselesaikan secara *daring* seperti yang ditunjukkan pada gambar 4.

Desain komponen model CAD 2D komponen *adapter-bucket* telah diserahterimakan ke industri mitra pengabdian, untuk ditindaklanjuti proses produksi menjadi komponen jadi.

Tahapan selanjutnya adalah modifikasi model dengan model CAD 3D untuk menghasilkan prototipe komponen yang sesuai dengan komponen aslinya. Desain

dari model CAD 3D ini merupakan model yang akan menjadi patokan tahapan selanjutnya yaitu proses permesinan/CAM.



Gambar 4. Suasana rapat koordinasi dengan industri yang didampingi

Untuk mengawal proses pengerjaan selanjutnya yang dilakukan oleh pihak mitra industri, maka tim pengabdian prodi PTM melakukan pemantauan dan observasi ke tempat mitra pengabdian (gambar 5). Hal ini bertujuan agar proses produksi yang dilakukan pihak mitra dapat sesuai dengan desain/pola yang dibuat, agar dihasilkan proses produksi yang berkualitas.



Gambar 5. Observasi ke mitra pendampingan

Pembuatan desain dan pola komponen merupakan hal yang sangat penting dalam rangkaian proses produksi di industri kecil logam. Untuk peningkatan efisiensi terbaik, penggunaan metode rekayasa balik harus dipertimbangkan dalam semua proses kerja, tidak hanya untuk proses desain ulang (Ciocănea et al., 2017). *Output* tim pengabdian yang berupa desain komponen, sangat berguna bagi industri mitra. Desain yang baik akan memperkecil tingkat kesalahan dalam pembuatan komponen dan akan lebih mempermudah dalam pengembangan pembuatan produk selanjutnya.

KESIMPULAN

Proses pembuatan desain/pola dalam rangkaian proses produksi di industri kecil logam merupakan proses yang cukup panjang dan memerlukan ketelitian dan perhitungan yang seksama. Program pengabdian masyarakat yang dilakukan oleh tim Prodi PTM telah membantu mempermudah pembuatan desain/pola tersebut yang sebelumnya secara umum masih dilakukan dengan cara manual dengan di cetak dari komponen yang akan di produksi. Selain itu, desain yang dibuat melalui program pendampingan ini telah membantu meningkatkan keakuratan dan ketelitian terhadap komponen yang akan di produksi. Untuk itu, kegiatan program pengabdian ini telah memberikan dukungan terhadap keberlangsungan industri kecil logam Ceper untuk meningkatkan kualitas dan daya saing, sehingga mampu bersaing dengan industri lainnya dalam pembuatan komponen habis pakai peralatan tambang.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada LPPM UNS yang telah memfasilitasi kegiatan Pengabdian kepada Masyarakat ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Budiwantoro, B., & Suweca, I. W. (2016). Perancangan Ulang Rumah Z-Peller Studi Kasus Rekayasa Balik. *Repository.Polman-Bandung.Ac.Id*, 4–7. [http://repository.polman-bandung.ac.id/file_publicasi/339677103_Kurniawan_Perancangan Ulang Rumah Z-Peller.pdf](http://repository.polman-bandung.ac.id/file_publicasi/339677103_Kurniawan_Perancangan_Ulang_Rumah_Z-Peller.pdf)
- Chua, C. K., Leong, K. F., & Lim, C. S. (2003). *Rapid Prototyping, Principles and Applications (2nd ed.)*. World Scientific.
- Ciocănea, A., Nicolaie, S., & Băbuțanu, C. (2017). Reverse Engineering for the Rotor Blades of a Horizontal Axis Micro-hydrokinetic Turbine. *Energy Procedia*, 112(October 2016), 35–42. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.1056>
- Kementerian Perindustrian. (2016). *IKM di Ceper Dikembangkan Jadi Sektor Unggulan Pengecoran Logam*. <https://kemenperin.go.id/artikel/16587/IKM-di-Ceper-Dikembangkan-Jadi-Sektor-Unggulan-Pengecoran-Logam>
- Kementerian Perindustrian. (2017). *Kunjungan Kerja Dirjen KPAII Kemenperin di*

- Solo dan Ceper*. <https://kemenperin.go.id/artikel/17003/Kunjungan-Kerja-Dirjen-KPAII-Kemenperin-di-Solo-dan-Ceper-Kementrian-Perindustrian>. (2022). *Kemenperin Ajak Pelaku Industri Tingkatkan TKDN dan Sukseskan Substitusi Impor*. <https://kemenperin.go.id/artikel/23070/Kemenperin-Ajak-Pelaku-Industri-Tingkatkan-TKDN-dan-Sukseskan-Substitusi-Impor>
- Mora, S. M., Gil, J. C., & López, A. M. C. (2019). Influence of manufacturing parameters in the dimensional characteristics of ABS parts obtained by FDM using reverse engineering techniques. *Procedia Manufacturing*, 41, 968–975. <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2019.10.022>
- Presiden RI. (2008). *UNDANG-UNDANG REPUBLIK INDONESIA NOMOR 20 TAHUN 2008 TENTANG USAHA MIKRO, KECIL, DAN MENENGAH*.
- Sitindaon, P., Simanjuntak, J. G., & Pardosi, H. (2018). Rekayasa Nickel Chromium Molybdenum Steel (Scn Cr M2) Sebagai Material Screw Press Kelapa Sawit Dengan Teknik Pengecoran Logam Dan Heat Treatment Untuk Peningkatan Konsistensi Masa Pakai. *Jurnal Teknik Dan Teknologi*, 13(25), 1–9.
- Várady, T., Martin, R. R., & Cox, J. (1997). Reverse engineering of geometric models - An introduction. *CAD Computer Aided Design*, 29(4), 255–268. [https://doi.org/10.1016/s0010-4485\(96\)00054-1](https://doi.org/10.1016/s0010-4485(96)00054-1)
- Vijaya Ramnath, B., Elanchezhian, C., Jeykrishnan, J., Ragavendar, R., Rakesh, P. K., Dhamodar, J. S., & Danasekar, A. (2018). Implementation of Reverse Engineering for Crankshaft Manufacturing Industry. *Materials Today: Proceedings*, 5(1), 994–999. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2017.11.175>