



Pembuatan Cangkul Baja Ukuran 35×22×0,7 cm, Kapasitas 0,5 Biji/Jam

Akmal Robby Syadana¹, Syamsul Hadi^{2*}, Satrio Riesqi Saputra³, Muhammad Agil Ramadhan⁴

^{1,3,4}Program Studi Diploma IV, Teknik Mesin Produksi dan Perawatan, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

²Program Studi Doktor Terapan Optimasi Desain Mekanik, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Malang, Indonesia

Email: akmalrobby3@gmail.com¹, syamsul.hadi@polinema.ac.id², satrioriesqi@gmail.com³, agil61322@gmail.com⁴

*Penulis Korespondensi: sympol2003@yahoo.com

Abstract. *This study was motivated by the limited quality of locally manufactured hoes, which are considered insufficiently strong and hard for soil cultivation activities such as digging, clearing, and leveling land, making them less competitive than imported products. The study aimed to produce a steel hoe measuring 35 × 22 × 0.7 cm with adequate strength, hardness, and wear resistance for soil cultivation. The manufacturing process included designing the hoe, selecting AISI 1020 low-carbon steel as the raw material, conducting the forging process at a temperature of 1,150–1,250°C, applying a carburizing heat treatment at 900°C for one hour, testing the product's hardness and chemical composition, installing a wooden handle, and inspecting product quality and dimensions according to applicable standards. The results showed that the manufactured steel hoe met the requirements of SNI 0331:2018 and achieved a hardness value of 37.842 HRC. The production cost was Rp150,000.00 per unit, with a manufacturing time of approximately 120 minutes per unit. The resulting hoe demonstrated adequate strength, hardness, and wear resistance, making it suitable for soil cultivation activities, particularly digging, clearing, and leveling agricultural land..*

Keywords: AISI 1045; Hardening; Hoe; Hot Forging; SNI 0331-2018.

Abstrak. Penelitian ini dilatarbelakangi oleh kualitas cangkul lokal yang dinilai belum cukup kuat dan kurang keras dalam proses pengolahan tanah, seperti untuk kegiatan menggali, membersihkan, dan meratakan lahan, sehingga masih kalah dibandingkan produk impor. Penelitian ini bertujuan untuk menghasilkan cangkul baja berukuran 35 × 22 × 0,7 cm yang memiliki kekuatan, kekerasan, dan ketahanan aus sesuai kebutuhan pengolahan tanah. Metode pembuatan meliputi perancangan desain cangkul, pemilihan material baja karbon rendah (*low carbon steel*) AISI 1020, proses penempaan (*forging*) pada temperatur 1.150–1.250°C, perlakuan pengerasan melalui proses *carburizing* pada temperatur 900°C selama 1 jam, pengujian kekerasan dan komposisi kimia produk, pemasangan tangkai kayu, serta pemeriksaan mutu dan dimensi sesuai standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa cangkul baja berukuran 35 × 22 × 0,7 cm yang dihasilkan memenuhi persyaratan SNI 0331:2018 dengan tingkat kekerasan sebesar 37,842 HRC. Produk memiliki biaya produksi sebesar Rp150.000,00 per unit dengan durasi proses pembuatan sekitar 120 menit per unit. Cangkul yang dihasilkan memiliki karakteristik cukup kuat, cukup keras, dan tahan terhadap keausan sehingga mampu digunakan secara optimal dalam kegiatan pengolahan tanah, khususnya untuk menggali, membersihkan, dan meratakan lahan.

Kata kunci: AISI 1045; cangkul; penempaan panas; pengersan; SNI 0331-2018).

1. LATAR BELAKANG

Tidak kuat dan kurang kerasnya cangkul pertanian dalam pengolahan tanah untuk menggali, membersihkan, dan meratakan lahan daripada buatan asing atau produk impor banyak dijumpai di lapangan. Cangkul merupakan alat pertanian yang digunakan dalam pengolahan tanah, untuk menggali, membersihkan, dan meratakan lahan sebelum kegiatan budidaya dilakukan (Sulaeman et al., 2020). Hal tersebut menunjukkan bahwa cangkul memiliki peran yang sangat krusial dalam mendukung produktivitas sektor pertanian, sehingga mutu produknya harus memenuhi standar yang ditetapkan. Tingginya kebutuhan terhadap alat tersebut di sektor pertanian menuntut adanya peningkatan mutu produk, khususnya dalam

aspek kekuatan dan ketahanan bahan (Yusuf & Drastiawati, 2021), jadi ketahanan aus dan kekuatan menjadi prioritas dalam pembuatan cangkul.

Produk cangkul lokal masih menghadapi kendala dalam bersaing dengan produk impor, terutama dari segi nilai kekerasan dan daya tahan, yang mana cangkul impor umumnya memiliki mutu mekanik yang lebih baik dibandingkan produk dalam negeri (Yusuf & Drastiawati, 2021). Kondisi tersebut menunjukkan bahwa manufaktur yang diterapkan pada industri lokal belum sepenuhnya optimal, baik dari segi pemilihan bahan maupun penerapan teknologi produksi (Satito et al., 2021). Hal tersebut mempertegas bahwa penerapan teknologi mesin tempa sederhana yang sudah terbukti meningkatkan produktivitas perlu diadopsi secara lebih luas oleh industri cangkul berskala kecil dan menengah. Oleh karenanya, manufaktur yang lebih terencana dan berbasis teknologi perlu diterapkan untuk meningkatkan daya saing produk cangkul lokal.

Peningkatan teknologi dalam pembuatan cangkul, untuk optimalisasi penempaan dan perlakuan panas, diperlukan guna menghasilkan produk dengan mutu yang lebih unggul dan mampu memenuhi standar SNI 0331-2018 yang berlaku (Setiawan & Khoeron, 2024). Selain hal tersebut, penerapan metode analisis pengaruh dan moda kegagalan (FMEA) dapat dipakai identifikasi peluang cacat selama produksi dan penentu keutamaan penyempurnaan guna meningkatkan mutu produk secara signifikan (Suryono et al., 2025). Penerapan metode tersebut sangat relevan untuk memastikan setiap tahapan produksi cangkul berjalan sesuai standar yang ditetapkan. Penerapan teknologi produksi yang lebih modern juga dapat meningkatkan efisiensi dan produktivitas, mengingat produksi yang masih dilakukan secara tradisional memiliki keterbatasan dalam kapasitas dan konsistensi hasil (Satito et al., 2021). Kondisi tersebut mendorong perlunya kajian sistematis mengenai seluruh tahapan pembuatan cangkul baja agar dapat diidentifikasi peluang peningkatan yang konkret.

2. KAJIAN TEORITIS

Metode pembuatan cangkul berbahan baja terkait dengan hasil studi terdahulu yang telah teruji secara ilmiah (Sulaeman et al., 2020). Pendekatan tersebut disusun melalui sintesis dari berbagai temuan ilmiah untuk mengidentifikasi hubungan antar variabel secara sistematis. Informasi yang dihimpun dari berbagai kajian sebelumnya mencakup aspek material baja, proses penempaan (*forging*), perlakuan panas (*heat treatment*), pengujian mutu produk, dan metode analisis risiko dalam proses produksi. Identifikasi hubungan antara parameter proses dan sifat mekanik bahan, khususnya dalam meningkatkan kekerasan dan ketahanan cangkul (Yusuf & Drastiawati, 2021; Suryono et al., 2025) menunjukkan keterkaitan antara parameter

proses dan sifat mekanik bahan menjadi dasar dalam menentukan strategi produksi yang optimal.

Selain hal tersebut, analisis terhadap penelitian terdahulu juga digunakan untuk mengevaluasi perkembangan teknologi produksi, untuk penerapan mesin tempa dalam meningkatkan efisiensi dan kapasitas produksi dibandingkan metode tradisional (Satito et al., 2021). Analisis tersebut memberikan gambaran bahwa adopsi teknologi manufaktur yang tepat dapat menjadi solusi konkret bagi pelaku industri tempa lokal yang selama ini mengandalkan proses manual, sehingga dapat memberikan gambaran yang sistematis dan berbasis ilmiah mengenai proses pembuatan cangkul baja dan faktor-faktor yang mempengaruhi mutunya. Studi mengenai pengaruh waktu penahanan pada proses *carburizing* terhadap pengerasan AISI 1025 sebagai variabel bebas durasi 1; 1,5; dan 2 jam, lalu pencelupan cepat, *normalizing*, dan *annealing* dan variabel terikat berupa struktur mikro dan kekerasannya (Yusuf & Drastiawati, 2021). Temuan tersebut menjadi dasar acuan dalam menentukan kondisi optimal perlakuan panas untuk bahan cangkul baja.

3. METODE PENELITIAN

Bahan pembuatan cangkul dari baja karbon, yang dikenal memiliki kombinasi sifat mekanik berupa kekuatan dan ketahanan yang baik terhadap beban kerja selama penggunaan (Yusuf & Drastiawati, 2021). Baja karbon menengah umumnya dipilih karena memiliki sifat keuletan yang tinggi dan kemudahan dalam proses pembentukan, sehingga sesuai untuk proses manufaktur untuk penempaan (*forging*) (Satito et al., 2021). Keuletan bahan yang baik menjadi pertimbangan utama karena cangkul bekerja pada kondisi beban kejut yang tinggi selama penggunaan di lapangan.

Bahan penyusun cangkul dianalisis melalui uji komposisi kimia untuk mengetahui kadar unsur yang terdapat di dalamnya. Pengujian komposisi dilakukan guna mengukur persentase unsur kimia penyusun bahan, khususnya kadar karbon yang menjadi penentu jenis baja yang digunakan pada cangkul. Semakin tinggi kadar karbon, maka sifat mekanik baja semakin berbeda, terutama pada tingkat kekerasannya (Sulaeman et al., 2020). Pemahaman atas komposisi kimia bahan sangat penting agar perlakuan panas yang dipilih dapat disesuaikan dengan karakteristik baja yang digunakan.

Hasil pengujian komposisi kimia menggunakan alat spektrometer PMI Master Pro menunjukkan bahwa bahan cangkul memiliki kadar karbon senilai 0,135%. Berdasarkan kadar unsur tersebut, bahan yang digunakan dikategorikan sebagai baja yang dipadu dengan unsur lain dalam jumlah kecil, karena berkadar paduan kurang dari atau sama dengan 2% (Sulaeman

et al., 2020). Pengkategorian bahan tersebut penting karena menentukan macam perlakuan panas untuk peningkatan sifat mekaniknya.

Baja karbon rendah memiliki keterbatasan dalam hal kekerasan permukaan, sehingga diperlukan perlakuan tambahan untuk meningkatkan sifat mekaniknya. Satu metode perlakuan panas untuk *carburizing* untuk difusi karbon pada permukaanya, sehingga dapat meningkatkan kekerasan dan ketahanan aus tanpa mengurangi keuletan inti bahan (Yusuf & Drastiawati, 2021; Setiawan & Khoeron, 2024). Kombinasi antara keuletan inti dan kekerasan permukaan menjadikan bahan tersebut ideal untuk aplikasi alat pertanian yang membutuhkan ketahanan tinggi. Dengan demikian, pemilihan bahan baja karbon rendah yang dikombinasikan dengan perlakuan panas yang tepat menjadi faktor penting dalam menghasilkan cangkul yang memiliki keseimbangan antara kekuatan, kekerasan, dan daya tahan terhadap penggunaan di lapangan (Haryanto & Wahyudi, 2024). Hasil akhir dari kombinasi proses tersebut sangat menentukan mutu dan umur pakai cangkul yang diproduksi.

Penempaan (*forging*) merupakan satu proses utama dalam pembuatan cangkul, yang dilakukan dengan memanaskan bahan baja hingga temperatur berkisar antara 1.150°C dan 1.250°C, kemudian dibentuk melalui gaya tekan atau pukulan untuk memperoleh bentuk yang diinginkan (Suryono et al., 2025; Satito et al., 2021). Rentang temperatur tersebut dipilih karena pada kondisi tersebut baja berada dalam fase austenit yang plastis, sehingga mudah dibentuk tanpa mengalami keretakan. Proses tersebut tidak hanya berfungsi untuk membentuk geometri produk, tetapi juga berperan dalam memperbaiki struktur mikro bahan, sehingga dapat meningkatkan kekuatan, ketangguhan, dan ketahanan terhadap beban kerja (Yusuf & Drastiawati, 2021; Siahaan et al., 2023; Setiawan & Khoeron, 2024). Perbaikan struktur mikro akibat penempaan tersebut telah dibuktikan secara eksperimental pada berbagai jenis logam, termasuk bahan berbasis baja karbon, sehingga berkontribusi langsung pada peningkatan sifat mekanik cangkul secara keseluruhan.

Pada industri *pande besi* tradisional, penempaan umumnya masih manual memakai tenaga tangan, sehingga memiliki keterbatasan dalam hal kapasitas produksi, konsistensi mutu, dan efisiensi waktu (Satito et al., 2021). Keterbatasan tersebut berimplikasi pada variasi dimensi dan kekerasan produk yang dihasilkan. Keterbatasan teknologi yang digunakan juga dapat menyebabkan variasi mutu produk yang dihasilkan, terutama pada aspek dimensi dan kekerasan bahan (Sulaeman et al., 2020). Studi terbaru menunjukkan bahwa peningkatan teknologi pada manufaktur logam mampu mengurangi variasi produk dan meningkatkan mutu secara signifikan (Nurjannah & Setianingrum, 2025; Hamdi & Donoriyanto, 2023). Temuan tersebut memperkuat urgensi adopsi teknologi dalam penempaan cangkul skala industri.

Seiring dengan perkembangan teknologi, penggunaan mesin tempa sederhana mulai diterapkan untuk meningkatkan produktivitas. Dalam proses tersebut, pengaturan parameter untuk kecepatan konveyor dan temperatur bahan menjadi sangat krusial untuk mencegah terjadinya cacat produk akibat deformasi atau benturan (Suryono et al., 2025). Pengendalian parameter proses secara ketat merupakan prasyarat utama dalam menghasilkan cangkul yang memenuhi standar mutu. Penerapan teknologi tersebut terbukti mampu meningkatkan efisiensi produksi, menyingkat durasi kerja, dan mereduksi keterikatan pada tenaga tangan (Satito et al., 2021; Yuliawati, 2019). Pendekatan *lean manufacturing* yang diterapkan pada sistem produksi plat baja terbukti mampu mengurangi pemborosan proses dan meningkatkan efisiensi secara keseluruhan, sehingga prinsip yang sama sangat relevan diterapkan pada industri produksi cangkul baja. Penelitian terbaru juga menunjukkan bahwa penerapan sistem produksi yang terencana dan berbasis teknologi dapat meningkatkan kapasitas produksi secara optimal pada industri manufaktur skala kecil dan menengah (Nurjannah & Setianingrum, 2025). Dengan demikian, penempatan yang didukung oleh terapan teknologi yang cocok berperan sebagai elemen esensial untuk membuat cangkul dengan mutu mekanik yang baik sekaligus meningkatkan efisiensi produksi.

Perlakuan panas adalah satu tahapan krusial untuk manufaktur baja dalam menaikkan sifat mekanik baja, khususnya kekerasan dan ketahanan terhadap keausan. Proses tersebut dilakukan dengan mengatur siklus pemanasan dan pendinginan bahan, sehingga terjadi perubahan pada struktur mikro yang berpengaruh langsung terhadap sifat mekanik baja (Yusuf & Drastiawati, 2021; Tafrant et al., 2022; Setiawan & Khoeron, 2024; Hamdi & Donoriyanto, 2023). Perubahan struktur mikro yang terjadi ditentukan oleh kombinasi antara temperatur pemanasan, lama waktu tahan, dan media pendingin yang digunakan, sehingga pemilihan parameter yang tepat sangat menentukan sifat akhir bahan.

Satu metode perlakuan panas yaitu *carburizing* untuk difusi unsur karbon pada lapisan permukaan baja untuk meningkatkan kekerasan tanpa mengurangi keuletan inti bahan (Setiawan & Khoeron, 2024). Proses tersebut efektif dalam menghasilkan permukaan yang lebih tahan terhadap gesekan dan keausan, sehingga banyak diterapkan pada komponen yang bekerja pada kondisi beban tinggi (Yusuf & Drastiawati, 2021; Afolalu et al., 2021). Karakteristik tersebut sangat relevan untuk cangkul yang bersentuhan langsung dengan tanah dan bebatuan selama penggunaan.

Pengerasan dilakukan dengan cara pendinginan cepat menggunakan media tertentu, untuk air atau minyak, yang bertujuan untuk mengunci struktur mikro hasil pemanasan, sehingga menghasilkan tingkat kekerasan yang lebih tinggi. Kombinasi antara *carburizing* dan

quenching terbukti mampu meningkatkan kekerasan permukaan sekaligus mempertahankan ketangguhan inti bahan, sehingga menghasilkan produk yang lebih kuat dan tahan lama (Yusuf & Drastiawati, 2021; Afolalu et al., 2021). Dengan demikian, penerapan perlakuan panas yang tepat menjadi faktor kunci dalam meningkatkan mutu cangkul baja, terutama dalam hal daya tahan terhadap keausan dan umur pakai produk di lapangan.

Pengujian lentur pada baja ST60 menunjukkan bahwa perlakuan panas setelah pengelasan atau *post weld heat treatment* (PWHT) dapat meningkatkan nilai tegangan lentur bahan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa baja ST60 yang diberi perlakuan PWHT memiliki tegangan lentur sebesar 713,83 MPa, lebih tinggi dibandingkan baja tanpa PWHT yang hanya sebesar 711 MPa atau mengalami peningkatan sekitar 0,39% (Winata et al., 2026). Hasil tersebut menegaskan bahwa perlakuan panas terstruktur mampu menaikkan sifat mekanik terukur pada berbagai macam baja karbon.

Pengujian mutu merupakan tahapan penting dalam produksi cangkul yang bertujuan meyakinkan bahwa produknya masuk standar teknis dan spesifikasinya. Pengujian tersebut dilakukan sistematis untuk evaluasi kesesuaian dimensi, sifat mekanik, dan komposisi bahan yang digunakan, sehingga mutu produk dapat terjamin sebelum dipasarkan (Sulaeman et al., 2020; Yusuf & Drastiawati, 2021; Hamdi & Donoriyanto, 2023). Pelaksanaan pengujian yang komprehensif menjadi standar mutu yang tidak dapat dihilangkan dalam industri peralatan pertanian.

Selain pengujian fisik, penerapan metode FMEA sangat disarankan untuk diterapkan dalam lini produksi. Metode tersebut dipakai identifikasi peluang kegagalan tiap proses, menghitung nilai prioritas risiko (RPN), dan menetapkan keutamaan perbaikan guna meminimalkan cacat produk (Suryono et al., 2025). Penggunaan FMEA secara proaktif memungkinkan deteksi dini potensi cacat sebelum produk sampai ke tangan konsumen. Beberapa aspek pengujian yang perlu dikontrol meliputi:

Pengujian dimensi dilakukan untuk memastikan bahwa ukuran dan bentuk cangkul sesuai dengan standar yang berlaku, sehingga dapat digunakan secara optimal dalam kegiatan pertanian (Sulaeman et al., 2020; Yusuf & Drastiawati, 2021). Ketidaksesuaian dimensi dapat mempengaruhi kenyamanan penggunaan dan efektivitas kerja alat, terutama dalam hal efisiensi tenaga dan hasil pengolahan tanah. Selain hal tersebut, kesesuaian dimensi juga berpengaruh terhadap aspek ergonomi alat, yang berkaitan dengan kenyamanan dan keamanan pengguna selama proses kerja berlangsung (Nurjannah & Setianingrum, 2025). Aspek ergonomi yang terpenuhi akan meningkatkan produktivitas petani dalam jangka panjang.

Pengujian kekerasan dengan metode Rockwell merupakan indikator penting dalam menentukan ketahanan cangkul terhadap keausan dan deformasi selama penggunaan (Sulaeman et al., 2020; Yusuf & Drastiawati, 2021; Suryono et al., 2025). Pengujian tersebut dilakukan dengan menerapkan beban bertahap melalui indentor untuk mengukur kedalaman penetrasi, yang mana kemampuan bahan lebih baik, jika nilai kekerasan lebih tinggi dalam menahan goresan dan perubahan bentuk akibat beban kerja di lapangan (Suryono et al., 2025; Prabowo et al., 2023; Hamdi & Donoriyanto, 2023). Studi pada baja AISI 1018 yang diproses dengan *pack carburizing* menggunakan media batok kelapa menunjukkan peningkatan nilai kekerasan permukaan yang signifikan, membuktikan relevansi karburisasi untuk bahan sejenis cangkul (Prabowo et al., 2023). Nilai kekerasan minimal yang disyaratkan oleh SNI 0331-2018 menjadi acuan utama dalam mengevaluasi kelayakan produk.

Pengujian komposisi kimia dilakukan untuk mengetahui kadar unsur dalam bahan baja yang digunakan. Komposisi kimia yang tepat sangat berpengaruh terhadap sifat mekanik bahan, untuk kekuatan, kekerasan, dan ketangguhan (Sulaeman et al., 2020; Afolalu et al., 2021). Analisis tersebut penting untuk memastikan bahwa bahan yang digunakan sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan dalam pembuatan cangkul bermutu (Haryanto & Wahyudi, 2024). Ketepatan komposisi kimia menjamin bahwa respons bahan terhadap proses perlakuan panas akan sesuai dengan yang diharapkan.

Dengan demikian, rangkaian pengujian mutu yang meliputi pengukuran dimensi, uji kekerasan, dan uji komposisi kimia merupakan langkah krusial dalam menjamin kelayakan produk sebelum dipasarkan. Pengujian yang dilakukan secara menyeluruh tidak hanya memastikan mutu produk, tetapi juga meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap alat yang dihasilkan (Sulaeman et al., 2020; Yusuf & Drastiawati, 2021). Kepercayaan pengguna terhadap mutu produk lokal merupakan kunci daya saing di tengah persaingan dengan produk impor.

Kapasitas produksi merupakan kemampuan perusahaan dalam menghasilkan produk dalam jangka waktu tertentu. Pada industri manufaktur, kapasitas produksi dipengaruhi oleh jumlah mesin, waktu kerja, utilisasi, efisiensi sistem, dan kemampuan setiap stasiun kerja (*work station*) dalam mengolah bahan (Subchan & Wiwi, 2022). Pemahaman atas kapasitas produksi yang tersedia menjadi dasar dalam menyusun jadwal produksi yang realistis dan terukur. Berdasarkan data penelitian Subchan & Wiwi (2022), kapasitas produksi berbeda pada setiap mesin dan stasiun kerja, yang mana perbedaan tersebut menunjukkan bahwa kemampuan produksi sangat dipengaruhi oleh jenis mesin dan proses kerja yang digunakan (Subchan &

Wiwi, 2022). Kondisi tersebut mempertegas bahwa perencanaan kapasitas tidak dapat dilakukan secara seragam untuk setiap stasiun kerja.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis kapasitas produksi menggunakan metode RCCP (*Rough Cut Capacity Planning*), produksi cangkul dapat dianalisis melalui peningkatan permintaan produk dan kesiapan kapasitas produksi perusahaan. Data permintaan menunjukkan adanya kenaikan kebutuhan produksi dari tahun ke tahun, sehingga perusahaan harus melakukan perencanaan kapasitas agar proses produksi berjalan optimal dan tidak terjadi keterlambatan pengiriman produk kepada konsumen (Subchan & Wiwi, 2022). Kenaikan permintaan yang tidak diimbangi dengan peningkatan kapasitas akan mengakibatkan penumpukan (*bottleneck*) yang berdampak pada keterlambatan produksi secara keseluruhan.

Pada proses produksi, setiap *work station* memiliki kapasitas dan waktu pengerjaan yang berbeda. Mesin produksi untuk *cutting*, *drilling*, *grinding*, dan *welding* memiliki kontribusi penting terhadap kelancaran proses pembuatan produk logam untuk cangkul. Perbedaan kapasitas mesin menyebabkan adanya stasiun kerja yang mampu bekerja secara optimal dan ada pula yang mengalami kekurangan kapasitas, sehingga menghambat proses produksi secara keseluruhan (Subchan & Wiwi, 2022). Identifikasi atas kondisi tersebut menjadi dasar bagi manajemen untuk menentukan prioritas investasi mesin dan pengaturan jadwal kerja yang lebih efisien.

Hasil analisis kapasitas menunjukkan bahwa beberapa *work station* mengalami kekurangan kapasitas produksi. Kekurangan kapasitas terbesar terjadi pada Work Station I, III, dan VIII. Kondisi tersebut menyebabkan proses produksi menjadi kurang maksimal karena kapasitas tersedia lebih kecil dibandingkan kapasitas yang dibutuhkan. Dalam produksi cangkul, kekurangan kapasitas dapat menyebabkan keterlambatan penyelesaian produk dan menurunkan kemampuan perusahaan dalam memenuhi permintaan pasar (Subchan & Wiwi, 2022). Fenomena tersebut memperkuat pentingnya penerapan perencanaan kapasitas produksi yang komprehensif dan berbasis data.

Untuk mengatasi kekurangan kapasitas tersebut, dilakukan alternatif jangka pendek berupa penambahan jam lembur (*overtime*). Penambahan jam kerja mampu meningkatkan kapasitas produksi pada beberapa mesin, terutama pada mesin brander otomatis. Namun, hasil analisis menunjukkan bahwa metode lembur belum sepenuhnya mampu mengatasi kekurangan kapasitas pada seluruh *work station*, sehingga masih diperlukan solusi tambahan agar produksi dapat berjalan lebih efektif (Subchan & Wiwi, 2022; Septriani et al., 2021). Keterbatasan

metode lembur dalam mengatasi kekurangan kapasitas menunjukkan perlunya solusi struktural yang lebih permanen. Penelitian pada perusahaan panel listrik menunjukkan hasil yang sejalan, yang mana penambahan jam lembur hanya efektif mengatasi kekurangan kapasitas pada stasiun kerja tertentu, sementara stasiun kerja dengan defisit kapasitas yang besar tetap memerlukan penambahan mesin sebagai solusi jangka panjang (Septriani et al., 2021). Temuan tersebut memperkuat kesimpulan bahwa lembur tidak dapat dijadikan satu-satunya solusi dalam mengatasi permasalahan kapasitas produksi yang bersifat struktural.



Gambar 1. Produk Cangkul Baja Ukuran 35×22×0,7 cm

Alternatif jangka panjang yang dilakukan adalah penambahan jumlah mesin pada *work station* yang mengalami kekurangan kapasitas. Penambahan mesin *plotting*, *cutting*, *radial drilling*, *punch CNC*, dan *sand blasting* terbukti mampu meningkatkan kapasitas produksi, sehingga terjadi perubahan dari kondisi kekurangan kapasitas menjadi kelebihan kapasitas. Dalam produksi cangkul, penambahan mesin tersebut dapat mempercepat proses pengerjaan, meningkatkan jumlah *output* produksi, dan mengurangi hambatan pada proses manufaktur (Subchan & Wiwi, 2022; Septriani et al., 2021). Penerapan solusi penambahan mesin pada industri panel listrik membuktikan bahwa strategi tersebut mampu mengubah kondisi kekurangan kapasitas menjadi kelebihan kapasitas yang dapat dimanfaatkan untuk mengantisipasi lonjakan permintaan di masa mendatang (Septriani et al., 2021). Dengan demikian, investasi pada penambahan mesin bukan sekadar solusi reaktif, melainkan langkah strategis untuk membangun ketahanan kapasitas produksi jangka panjang. Perencanaan kapasitas menggunakan metode RCCP yang dilakukan di CV Baja Mandiri Teknik juga menunjukkan hasil yang sejalan, yang mana identifikasi kekurangan kapasitas secara dini dapat menghindarkan perusahaan dari keterlambatan produksi (Nurjannah & Setianingrum, 2025). Temuan tersebut memperkuat relevansi penerapan metode RCCP sebagai alat perencanaan kapasitas yang efektif di industri manufaktur logam.

Efisiensi biaya dapat dicapai karena penggunaan bahan baku lokal bermutu dan proses manufaktur yang terstandarisasi (Satito et al., 2021). Dengan demikian, cangkul yang diproduksi tidak hanya memenuhi standar teknis SNI 0331-2018. tetapi juga memiliki nilai ekonomis yang kompetitif di pasar alat pertanian nasional.

Pembuatan cangkul baja merupakan rangkaian tahapan yang saling berkaitan dan berpengaruh langsung terhadap mutu akhir produk yang meliputi pemilihan bahan, penempaan (*forging*) pada temperatur optimal, perlakuan panas (*heat treatment*), dan pengujian dan pengendalian mutu, yang masing-masing memiliki peran penting dalam menentukan mutu akhir cangkul (Sulaeman et al., 2020; Yusuf & Drastiawati, 2021; Suryono et al., 2025). Keterpaduan antara seluruh tahapan tersebut menjadi kunci dalam menghasilkan produk cangkul yang memenuhi standar nasional dan mampu bersaing dengan produk impor.

Bahan yang digunakan, khususnya baja karbon rendah, dipilih karena memiliki keuletan yang baik dan mudah dibentuk, namun memerlukan perlakuan tambahan untuk meningkatkan kekerasannya. Oleh karenanya, penerapan perlakuan panas untuk *carburizing* menjadi langkah penting dalam meningkatkan kekerasan permukaan dan ketahanan terhadap keausan tanpa mengurangi ketangguhan inti bahan (Yusuf & Drastiawati, 2021; Darmo et al., 2022); Apriatun et al., 2021; Afolalu et al., 2021; Setiawan & Khoeron, 2024). Proses penempaan yang dilakukan pada temperatur 1.150–1.250°C berfungsi memperbaiki struktur mikro, namun memerlukan pengaturan parameter yang teliti untuk kecepatan konveyor dan mekanisme penanganan untuk mencegah cacat produk (Suryono et al., 2025). Ketelitian dalam pengendalian parameter proses merupakan prasyarat utama untuk menghasilkan produk yang konsisten.

Penempaan terbukti tidak hanya berfungsi dalam pembentukan geometri cangkul, tetapi juga berperan dalam memperbaiki struktur mikro bahan, sehingga meningkatkan kekuatan dan ketahanan terhadap beban kerja. Namun, metode penempaan tradisional masih memiliki keterbatasan dalam hal efisiensi dan konsistensi mutu, sehingga diperlukan penerapan teknologi untuk mesin tempa untuk meningkatkan produktivitas dan mutu produk secara lebih optimal (Satito et al., 2021; Nurjannah & Setianingrum, 2025). Oleh karenanya, modernisasi proses penempaan menjadi investasi strategis yang diperlukan oleh industri cangkul lokal.

Pengujian mutu untuk dimensi, kekerasan, dan unsur kimia merupakan tahapan krusial dalam menegaskan standar teknis produk telah mencukupi dan layak digunakan. Hasil uji kekerasan menunjukkan nilai Rockwell 37,842 HRC yang memenuhi persyaratan SNI 0331-2018, sebagaimana dikonfirmasi juga pada penelitian kekerasan bahan baja karbon rendah serupa (Nurlina, 2019; Prabowo et al., 2023). Pengujian tersebut tidak hanya menjamin mutu

produk, tetapi juga meningkatkan kepercayaan pengguna terhadap cangkul yang dihasilkan (Sulaeman et al., 2020; Yusuf & Drastiawati, 2021). Dengan demikian, mutu cangkul baja sangat ditentukan oleh kombinasi antara pemilihan bahan yang tepat, penerapan manufaktur yang optimal, dan pengujian mutu yang menyeluruh. Selain hal tersebut, aplikasi teknologi dalam produksi menjadi segi krusial untuk peningkat efisiensi, konsistensi, dan daya saing hasil produksi lokal (Satito et al., 2021; Nurjannah & Setianingrum, 2025; Hamdi & Donoriyanto, 2023).

Perencanaan kapasitas produksi menggunakan metode RCCP menunjukkan bahwa kekurangan kapasitas pada beberapa *work station* perlu diatasi melalui penambahan mesin agar target produksi 1 unit/jam dapat tercapai secara konsisten (Subchan & Wiwi, 2022; Nurjannah & Setianingrum, 2025). Implementasi perencanaan kapasitas yang terstruktur menjadi landasan bagi perusahaan manufaktur dalam menjaga keseimbangan antara permintaan pasar dan kemampuan produksi.

Estimasi biaya dan waktu pembuatan cangkul bplat baja sepanjang 35 cm, selebar 22 cm dan setebal, serta panjang tangkai 75 cm sebagaimana Tabel 1.

Tabel 1. Estimasi Biaya Produksi dan Waktu Pembuatan Cangkul Baja Ukuran Panjang 35, Lebar 22 cm, dan Tebal 0,7 cm, serta Panjang Tangkai 75 cm

No.	Tahapan Proses	Biaya Produksi (Rp)	Durasi Proses (Menit)
1	Desain cangkul ukuran 35×22×0,7 cm	10.000	10
2	Pemilihan bahan baja karbon rendah (<i>low carbon steel</i>), AISI 1020	20.000	10
3	Penempaan (<i>forging</i>) pada temperatur 1.150-1.250°C	50.000	20
4	Pengerasan <i>carburizing</i> pada temperatur 900oC selama 1 jam	40.000	60
5	Pemasangan tangkai kayu hasil pesan ke pihak lain	10.000	5
6	Pengujian kekerasan dan komposisi kimia produk	10.000	10
7	Pemeriksaan mutu dan dimensi	10.000	5
	Jumlah	150.000	120
	Pajak 10%	15.000	
	Laba 15%	22.500	
	Total/Harga jual/unit	187.500	

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Hasil pembuatan cangkul pelat baja sepanjang 35 cm, selebar 22 cm dan setebal 0,7 cm dapat digunakan dalam pengolahan tanah yang memenuhi standar SNI 0331-2018 dengan kekerasan 37,842 HR_C dengan total biaya produksi Rp 150.000,-/unit, dan durasi proses 60 menit/unit yang berdampak bahwa cangkul cukup kuat, cukup keras, dan tahan aus dalam pengolahan tanah untuk menggali, membersihkan, dan meratakan lahan.

Saran tindak lanjut atas simpulan adalah perlu dibuat cetakan tempat untuk dapat meningkatkan kapasitas produksi.

DAFTAR REFERENSI

- Afolalu, S. A., Ikumapayi, O. M., Emeteri, M. E., & Ogedengbe, T. S. (2021). Improvement of ASTM A53 steel durability using agrowastes as carburizing agent. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 6(1), 50–61. <https://doi.org/10.14257/ijast.2021.6.1.05>
- Apriatun, Taufikurahman, & Sundari, E. (2021). Analisa pengaruh waktu penahanan pada proses *pack carburizing* terhadap kekerasan baja karbon rendah ST 37. *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, 2(1), 1–10. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/machinery/article/view/3209>
- Darmo, S., Jokosisworo, S., & Budiarto, U. (2022). Pengaruh waktu tahan *pack carburizing* dan penggunaan media *quenching cane molasses* terhadap sifat mekanik dan struktur mikro baja karbon rendah. *Dinamika Teknik Mesin*, 12(1), 1–10. <https://doi.org/10.29303/dtm.v12i1.495>
- Hamdi, M. M., & Donoriyanto, D. S. (2023). Analisis pengendalian kualitas produk paku kawat baja menggunakan metode *statistical quality control* dan *failure mode effect analysis* di PT XYZ. *Ekonomis: Journal of Economics and Business*, 7(2), 969–976. <https://doi.org/10.33087/ekonomis.v7i2.1206>
- Haryanto, R. N., & Wahyudi, H. (2024). Analisis pengaruh media pendinginan pada proses perlakuan panas baja Hadfield terhadap struktur mikro dan kekerasan. *Jurnal Rekayasa Material dan Manufaktur*, 3(1), 1–8. <https://doi.org/10.36040/rmme.v3i1.7839>
- Nurjannah, & Setianingrum, K. (2025). Perencanaan kapasitas produksi as engsel mesin *cutting* menggunakan metode *rough cut capacity planning* di CV Baja Mandiri Teknik. *TEKMA: Teknik dan Kajian Multidisiplin Aplikatif*, 1(1), 24–41. <https://doi.org/10.62622/tekma.v1i1.10>
- Nurlina, N. (2019). Pengaruh pengujian *hardening* pada baja karbon rendah sebagai solusi peningkatan kualitas material. *Jurnal Qua Teknika*, 9(1), 11–20. <https://doi.org/10.35457/quateknika.v9i1.636>
- Prabowo, I., Ichsanudin, M., Wibowo, A. H., Paundra, F., & Pujiyulianto, E. (2023). Peningkatan nilai kekerasan baja karbon rendah AISI 1018 melalui proses *pack karburizing* dengan media batok kelapa. *Journal of Metallurgical Engineering and Processing Technology*, 3(2), 45–52. <https://jurnal.polsri.ac.id/index.php/jmept/article/view/5612>
- Ryski, & Suhaeri. (2019). Penentuan kapasitas produksi dalam mengantisipasi kenaikan jumlah permintaan pembuatan *mini pile* dengan metode RCCP. *Jurnal Teknik Industri Universitas Tanjungpura*, 8(1), 1–10. <https://jurnal.untan.ac.id/index.php/jtinUNTAN/article/view/32051>
- Satito, A., Hadi, S., Setiawan, R., Kusuma, I. F., Firdaus, W. A. D., Fadhlani, A. I., & Fahira, S. N. (2021). Aplikasi teknologi mesin tempa sederhana untuk peningkatan produksi UMKM perajin tempa. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 7(3), 286–294. <https://doi.org/10.24114/jpkm.v7i3.26002>

- Septriani, Suryani, & Supriyadi. (2021). Penerapan perencanaan kapasitas produksi dengan perhitungan metode RCCP di perusahaan panel listrik. *Jurnal PASTI (Penelitian dan Aplikasi Sistem dan Teknik Industri)*, 15(1), 59–72. <https://publikasi.mercubuana.ac.id/index.php/pasti/article/view/6326>
- Setiawan, H., & Khoeron, S. (2024). Pengaruh *heat treatment* pada kekerasan material baja SKD 11. *Jurnal Rekayasa Material dan Manufaktur*, 7(4), 22–33. <https://doi.org/10.36040/rmme.v7i4.8852>
- Siahaan, R. A., Siahaan, M. Y., Siregar, A., & Nasution, A. Y. (2023). Effect of forging process on impact strength in brass materials. *Jurnal Dinamis*, 11(1), 20–28. <https://doi.org/10.31289/dinamis.v11i1.12476>
- Subchan, M., & Wiwi, U. (2022). Analisis kapasitas produksi dalam mengantisipasi kenaikan jumlah permintaan pembuatan kerangka baja di PT Ometraco Arya Samanta dengan metode *rough cut capacity planning* (RCCP). *Jurnal Teknik Mesin*, 10(1), 44–52. <https://doi.org/10.33087/jtm.v10i1.412>
- Sulaeman, M., Budiman, H., & Koswara, E. (2020). Proses uji dimensi, uji kekerasan dengan metode Rockwell, dan uji komposisi kimia pada cangkuk di Balai Besar Logam dan Mesin (BBLM) Bandung. *Prosiding Industrial Research Workshop and National Seminar*, 11(1), 539–543. <https://doi.org/10.35313/irwns.v11i1.2238>
- Suryono, E. A., Herlambang, H., & Wiyatno, T. N. (2025). Penurunan cacat *dakon* pada proses *forging* menggunakan metode FMEA di PT Komatsu Undercarriage Indonesia. *Jurnal Teknik Industri dan Komputer Elektro*, 1(1), 1–8. <https://doi.org/10.62395/jtike.v1i1.23>
- Tafrant, D., Hendradinata, H., Mulyadi, M., Sampurno, R. D., Sani, A. A., Karmin, K., Hidayat, R., Muzaffar, M. A., & Fitriani, D. D. (2022). Kekerasan dan struktur mikro baja AISI 1040 sebagai hasil proses *quenching* menggunakan pendingin air garam dan asap cair. *Machinery: Jurnal Teknologi Terapan*, 3(2), 62–68. <https://doi.org/10.5281/zenodo.6857629>
- Winata, M. F., Hadi, S., Kusuma, I. F., Firdaus, W. A. D., Nurhidayat, B. A., Fadhlani, A. I., & Fahira, S. N. (2026). Analisis hasil uji lentur penampang silindris baja karbon, penampang persegi empat kayu usuk, *paving stone*, dan bata ringan. *Konstruksi: Publikasi Ilmu Teknik, Perencanaan Tata Ruang dan Teknik Sipil*, 4(1), 20–28. <https://doi.org/10.61132/konstruksi.v4i1.1309>
- Yuliawati, E. (2019). Evaluasi perbaikan sistem produksi plat baja dengan pendekatan *lean manufacturing*. *Jurnal Teknik Industri*, 10(1), 12–17. <https://doi.org/10.33021/jti.v10i1.548>
- Yusuf, F. A., & Drastiawati, N. S. (2021). Pengaruh waktu tahan pada proses *carburizing* terhadap kekerasan baja AISI 1025 dengan perlakuan pendinginan *quenching*, *annealing*, dan *normalizing*. *JTM (Jurnal Teknik Mesin)*, 9(3), 129–136. <https://ejournal.unesa.ac.id/index.php/jtm-unesa/article/view/38421>