

Artikel Penelitian (Teknik Mesin)

Proses Pembuatan Bagian Body pada Proyek SU2ID Face Lift (BRKT-HEAD LAMP MTG, LH) 64172-I7500

Sahlur Rizki *, Oleh, Iwan Nugraha Gusniar, Boni Sena

Fakultas Teknik, Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, Karawang, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 08 Mei 2025
Revisi Akhir: 28 Juli 2025
Diterbitkan Online: 03 Agustus 2025

KATA KUNCI

Departemen Pembuat Alat
Proyek SU2ID FACE LIFT
BRKT-HEAD LAMP MTG
Pembuatan Komponen Tubuh
Efisiensi Produksi

KORESPONDENSI (*)

E-mail: sahlurrizki26@gmail.com

A B S T R A K

Implementasi penelitian ini dilakukan di PT X, sebuah perusahaan yang bergerak dalam industri stamping, yang memproduksi dan mendistribusikan cetakan stamping serta komponen tubuh kendaraan. Penelitian ini dilakukan melalui observasi langsung, pengumpulan data, serta analisis terhadap cara merancang dan memproduksi cetakan stamping dan komponen tubuh kendaraan di perusahaan tersebut. Dari berbagai departemen yang terlibat dalam proses stamping, penulis memfokuskan perhatian pada Departemen Pembuat Alat. Departemen ini bertanggung jawab dalam merencanakan dan memproduksi cetakan stamping sesuai dengan permintaan pelanggan perusahaan. Dalam penelitian ini, penulis menitikberatkan pada proses pembuatan komponen tubuh pada proyek SU2ID FACE LIFT (BRKT-HEAD LAMP MTG, LH) 64172-I7500. Proyek ini melibatkan beberapa tahapan penting dalam perancangan dan pembuatan cetakan, yang menjadi fokus utama dalam meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi cetakan stamping untuk produk body parts yang dipesan oleh pelanggan.

PENDAHULUAN

Industri otomotif merupakan salah satu sektor yang mengalami pertumbuhan pesat di Indonesia, dengan peningkatan signifikan dalam permintaan kendaraan bermotor, yang pada gilirannya mendorong inovasi dalam teknologi dan desain produk. Seiring dengan perkembangan ini, proses manufaktur, terutama dalam pembuatan komponen body part kendaraan, menjadi sangat penting untuk menjamin kualitas dan efisiensi produksi. Proses ini melibatkan serangkaian tahapan kritis, termasuk stamping, yang sangat bergantung pada penggunaan dies yang tepat dan presisi untuk menghasilkan produk sesuai spesifikasi yang diinginkan [1]

Penelitian ini difokuskan pada analisis proses pembuatan komponen body pada proyek SU2ID Face Lift (BRKT-HEAD LAMP MTG, LH) 64172-I7500, yang merupakan bagian dari proyek facelift untuk kendaraan tertentu. Proyek ini berfokus pada pengembangan dan perbaikan proses produksi dies untuk komponen lampu depan (headlamp) kendaraan. Peningkatan dalam proses stamping dan efisiensi manufaktur sangat penting untuk memenuhi tuntutan pasar akan produk dengan kualitas tinggi dan biaya produksi yang terjangkau [2]

Masalah yang sering ditemukan dalam proses manufaktur body part pada tahap stamping antara lain adalah ketidaksejajaran dies, keausan komponen, serta masalah teknis lain yang mempengaruhi hasil akhir produk. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab masalah tersebut dan memberikan rekomendasi perbaikan yang dapat meningkatkan kualitas dan efisiensi dalam proses produksi.

TINJAUAN PUSTAKA

Industri Otomotif Indonesia

Industri terus berkembang dengan pesat, menuntut proses produksi yang semakin efisien dan berkualitas tinggi. Salah satu bagian penting dalam proses manufaktur kendaraan adalah stamping, yang melibatkan penggunaan dies untuk membentuk komponen body part. Beberapa penelitian sebelumnya telah membahas proses stamping dan tantangan yang dihadapi dalam memastikan kualitas produk akhir. Namun, meskipun berbagai solusi telah diusulkan, masih banyak masalah yang tetap muncul dalam proses produksi stamping, seperti ketidaksejajaran dies, keausan komponen, dan masalah springback pada proses forming. Hal ini membuka celah penelitian untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas dalam proses stamping, yang menjadi fokus dari studi ini [3]

Optimasi Proses Stamping

Proses stamping melibatkan tahapan-tahapan kritis seperti blanking, forming, bending, dan piercing yang mempengaruhi kualitas dan efisiensi produksi. Penelitian ini mengusulkan solusi untuk meningkatkan akurasi dan mengurangi cacat produk dengan memperhatikan optimasi parameter mesin, seperti pengaturan tekanan mesin, kecepatan spindle, dan pemilihan material yang lebih sesuai untuk menghindari masalah seperti springback, goresan, atau ketidakakuratan dimensi [4]

Inovasi dalam Pemilihan Material

Salah satu tantangan utama dalam proses stamping adalah pemilihan material yang tepat untuk memastikan kualitas produk akhir. Penelitian ini menyoroti pentingnya pemilihan material dengan elongasi yang lebih tinggi untuk mengurangi masalah seperti springback pada proses forming, serta penggunaan material baja yang lebih tahan aus untuk memperpanjang umur dies dan meningkatkan konsistensi hasil [5]

Pengaruh Pengaturan Mesin terhadap Kualitas

Pengaturan mesin, seperti tekanan dan kecepatan spindle, memiliki dampak signifikan terhadap hasil produk akhir. Penelitian ini meneliti bagaimana pengaturan mesin yang tepat dapat meningkatkan akurasi dan mengurangi cacat produk, terutama dalam tahapan forming dan bending [6]

Teknik Pemeliharaan dan Penggantian Dies

Die maintenance menjadi kunci untuk menjaga keandalan dan umur panjang dies. Penelitian ini menganalisis pentingnya pemeliharaan rutin dan penggantian dies sesuai siklusnya untuk mencegah keausan yang dapat menyebabkan ketidakakuratan dalam proses stamping. Selain itu, penelitian ini juga mengeksplorasi penggunaan coating pada dies untuk meningkatkan daya tahan dan presisi [7]

Tabel 1. Penelitian terdahulu

Penelitian	Metode yang Digunakan	Masalah yang Ditemukan	Solusi yang Diberikan	Keterbatasan Studi
B. Mulyanto and D. S. Khaerudini [8]	Simulasi dan eksperimen pengujian pada dies dan material	Masalah springback dan keausan dies	Optimasi dimensi blanking dan pemilihan material yang tepat	Tidak mengatasi masalah ketidaksejajaran dies dan setting mesin
Tri Widodo Besar Riyadi et al [9]	Analisis dimensi blank dan optimasi parameter operasi	Masalah springback pada forming	Optimasi dimensi blank dan penggunaan material dengan elongasi tinggi	Tidak membahas penerapan solusi pada industri otomotif
Riansyah & Darajatun [10].	Pengujian proses stamping dengan pelumas dan pemeriksaan dies	Mark pada permukaan part akibat gesekan berlebih	Penggunaan pelumas anti-gores dan inspeksi rutin	Tidak membahas pengaruh setelan mesin pada proses stamping

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan di PT X, dengan menggunakan pendekatan observasi langsung dan wawancara untuk mengumpulkan data terkait dengan proses pembuatan body part pada proyek SU2ID Face Lift (BRKT-HEAD LAMP MTG, LH). Proses penelitian ini melibatkan beberapa tahap penting yang dijelaskan secara rinci berikut ini:

Pengumpulan Data

Data dikumpulkan melalui:

1. Observasi langsung terhadap proses produksi di PT X.
2. Wawancara dengan pekerja dan supervisor di departemen terkait untuk mendapatkan wawasan mengenai tantangan yang dihadapi dalam proses produksi.
3. Dokumentasi yang mencakup laporan produksi, Bill of Materials (BOM), dan data terkait lainnya.

Proses Stamping

Proses stamping, yang mencakup tahapan blanking, forming, bending, dan piercing, dilakukan menggunakan mesin stamping press dengan parameter yang telah ditentukan. Proses ini juga melibatkan pengaturan dies yang sesuai untuk memastikan hasil yang presisi. Keberhasilan setiap tahapan sangat bergantung pada pemilihan material yang tepat dan pengaturan parameter mesin yang optimal.

Analisis Kualitas Produk

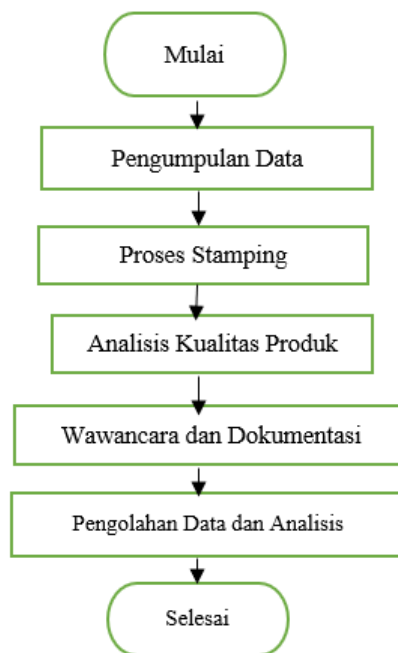
Setiap tahapan proses produksi dianalisis untuk menentukan tingkat cacat (defect rate), dengan menggunakan alat checking fixture untuk memeriksa dimensi dan kualitas produk akhir.

Wawancara dan Dokumentasi

Wawancara dilakukan dengan pekerja dan supervisor untuk mendapatkan masukan terkait permasalahan yang sering terjadi dalam proses produksi. Selain itu, dokumentasi yang dihasilkan selama proses produksi, seperti data material, parameter mesin, dan hasil inspeksi kualitas, dianalisis untuk mendapatkan pemahaman yang lebih mendalam tentang hubungan antara variabel-variabel tersebut.

Pengolahan Data dan Analisis

Setelah data terkumpul, dilakukan analisis untuk mengidentifikasi pola atau masalah yang sering muncul selama proses manufaktur, serta memberikan rekomendasi perbaikan untuk meningkatkan efisiensi dan kualitas produk akhir.

Diagram alir penelitian

Gambar 1. Diagram Alir penelitian

HASIL DAN PEMBAHASAN**Data Material dan Spesifikasi**

1. Jenis Material: Baja lembaran (sheet) dan gulungan (coil) dengan ketebalan 1.2 mm dan 1.5 mm.
2. Spesifikasi Material:
3. Kekuatan tarik (tensile strength): 340 MPa.
4. Elongasi: 22%.
5. Komposisi kimia: C 0.08%, Mn 0.45%, P 0.025%, S 0.025%.
6. Sumber Material: PT X, dengan sertifikasi ISO 9001:2015.

Data Proses Stamping

Parameter Mesin Stamping:

1. Tekanan kerja: 150 ton.
2. Kecepatan spindle mesin CNC: 3000 rpm.
3. Jenis pahat: Carbide insert dengan diameter 10 mm.
4. Waktu Proses per Tahap:
5. Blanking (OP05): 15 detik/part.
6. Forming (OP10): 20 detik/part.
7. Bending (OP20): 18 detik/part.
8. Piercing (OP30): 12 detik/part.
9. Toleransi Dimensi: ± 0.1 mm untuk semua operasi.

Data Kualitas Produk

Tingkat Cacat (Defect Rate):

1. Blanking: 2% (karena material tersangkut).
2. Forming: 1.5% (karena springback).
3. Bending: 3% (karena radius dies tidak presisi).
4. Piercing: 0.5% (karena pahat tumpul).

5. Hasil Pengecekan Akurasi:
6. 98% part memenuhi spesifikasi setelah proses assembly.
7. 2% part dikategorikan Not Good (NG) karena toleransi melebihi batas.

Data Standar Part

1. Jenis Standar Part: Nut M6, Bolt M8, Weld Nut.
2. Supplier: PT X.
3. Tingkat Kualitas: 99.5% lolos inspeksi kualitas.

Analisis Proses Blanking (OP05)

Masalah: Material sering tersangkut pada dies.

Penyebab:

Ketidakstabilan stopper.

Debu pada permukaan material.

Solusi:

Penambahan sistem pembersih debu otomatis.

Kalibrasi stopper secara berkala.

Analisis Proses Forming (OP10)

Masalah: Springback menyebabkan bentuk part tidak center.

Penyebab:

Parameter tekanan dan kecepatan tidak optimal.

Solusi:

Optimasi tekanan menjadi 160 ton.

Penggunaan material dengan elongasi lebih tinggi (25%).

Analisis Proses Bending (OP20)

Masalah: Mark pada permukaan part.

Penyebab:

Penumpukan material di area bending.

Radius dies tidak sesuai.

Solusi:

Penggunaan radius dies yang lebih presisi (R2 mm).

Penambahan pelumas anti-gores.

Analisis Proses Piercing (OP30)

Masalah: Lubang tidak konsisten.

Penyebab:

Pahat aus setelah 5000 siklus.

Solusi:

Penggantian pahat setiap 4000 siklus.

Pemilihan material pahat yang lebih tahan aus (Titanium Nitride coated).

Analisis Kualitas Akhir

Faktor Penentu:

1. Akurasi mesin CNC.
2. Kualitas material.
3. Konsistensi proses assembly.

Tabel 1. Ringkasan Analisis

Proses	Masalah	Penyebab	Solusi
Blanking	Material Tersangkut	Stopper tidak stabil, debu	Kalibrasi stopper, pembersih debu
Forming	Springback	Tekanan Tidak Optimal	Optimasi tekanan, material elongasi tinggi
Bending	Mark Pada Part	Radius dies tidak presisi	Ganti radius dies, tambah pelumas
Pierching	Lubang Tidak Konsisten	Pahat aus	Ganti pahat berkala, coating Titanium Nitride

Proses Manufactur adalah proses pembuatan dies. Proses pembuatan dies selanjutnya dimulai dengan divisi machining setelah menerima gambar 3D dari divisi design. Dari gambar insert 3D ini dibuat program CNC (CAM). Berbagai parameter harus ditentukan dengan baik, mencakup pengaturan kecepatan spindle mesin CNC yang optimal, pemilihan pahat yang paling sesuai untuk material dan desain insert dies, serta pengaturan alat pemotong yang diperlukan. Semua parameter ini harus diperhitungkan secara hati-hati untuk memastikan bahwa proses permesinan akan berjalan efisien dan menghasilkan produk akhir yang akurat sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan [11].

PT X adalah perusahaan yang menjalankan bisnisnya dengan memproduksi body part mobil. Ketika penulis melakukan praktik industri di Perusahaan ini, penulis diposisikan pada Departement Tool Making, yang mana department tersebut bertanggung jawab memproduksi atau membuat barang sesuai dengan yang direncanakan. Salah satu project yang sedang diproduksi adalah BRKT-HEAD LAMP MTG, LH [12]

BRKT-HEAD LAMP MTG, LH. adalah salah satu part assy atau part hasil dari penggabungan dari part lainnya. Proses pembuatan BRKT-HEAD LAMP MTG, LH. terdiri dari beberapa tahapan, yaitu blanking, forming, bending, pierching, assembly, dan finish good. Bahan baku yang dipakai dalam proses pembuatan BRKT-HEAD LAMP MTG, LH. adalah baja yang berbentuk sheet/plat dan juga coil/gulungan baja.[13]



Gambar 1. BRKT-HEAD LAMP MTG, LH
(Sumber: Dokumen PT X)

Pada Gambar 1 sebelum masuk ke proses manufaktur BRKT-HEAD LAMP MTG, LH. terdapat beberapa proses serta bahan yang dipakai dalam membuat part BRKT-HEAD LAMP MTG, LH. ini. Berikut penjelasan mengenai bahan yang dipakai serta proses yang dilalui.



Gambar 2. Material Baja
(Sumber: Dokumen PT X)

Pada Gambar 2 material yang dipakai dalam proses produksi part adalah baja, adapun baja yang dipakai biasanya berbentuk lembaran (sheet) atau gulungan (coil). Tidak semua part yang diproduksi memakai material yang sama, Hal tersebut dikarenakan part-part yang diproduksi memiliki spesifikasi yang berbeda. Oleh karena itu, setiap sheet atau coil memiliki perbedaan baik dalam segi bentuk, dimensi maupun kekuatan bahannya. Bentuk dan dimensi material sudah disesuaikan oleh para engineer atas dasar efektifitas produksi. Hal tersebut dilaksanakan guna meminimalisir jumlah material yang tersisa dari proses stamping yang telah dilaksanakan.



Gambar 3. Standar Part
(Sumber: Dokumen PT X)

Standar part seperti holder, nut, nut weld, bold weld biasanya dibutuhkan untuk melengkapi pembuatan part assy, pada umumnya standar part memiliki ukuran yang jauh lebih kecil dari part assy, antara lain seperti holder, nut, nut weld hingga bold weld. Pembuatan standar part tidak dilaksanakan di PT X melainkan dari Perusahaan luar, jadi bisa disebut bahwa standar part merupakan part supplier. Walaupun standar part tidak diproduksi, PT X tetap melakukan penjualan standar part hingga ke luar negeri, dalam hal ini Perusahaan berperan sebagai distributor yang melakukan pengecekan quality hingga proses pengiriman.

Standar part biasanya dibutuhkan untuk melengkapi pembuatan part assy, pada umumnya standar part memiliki ukuran yang jauh lebih kecil dari part assy, antara lain seperti holder, nut, nut weld hingga bold weld. Pembuatan standar part tidak dilaksanakan di PT X melainkan dari Perusahaan luar, jadi bisa disebut bahwa standar part merupakan part supplier. Walaupun standar part tidak diproduksi, PT X tetap melakukan penjualan standar part hingga ke luar negeri, dalam hal ini Perusahaan berperan sebagai distributor yang melakukan pengecekan quality hingga proses pengiriman.

Pada proses stamping part BRKT-HEAD LAMP MTG, LH ada beberapa tahapan gaya pembentukan, yaitu blanking, forming, bending, piercing. terdapat 4 tahapan/operasi yang harus dilalui oleh part pendukung tersebut, antara lain:

Operasi 05 adalah tahap blanking, yaitu bertujuan untuk memotong part agar terlepas dari lembaran logam. Lembaran logam yang diprofilkan dipisah dari lembaran utama, atau potongan awal lembaran logam yang akan dipotong atau dibentuk pada proses selanjutnya. OP05 ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Dies OP05 Blanking
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Hasil proses dari operasi OP05 atau Blanking



Gambar 5. Hasil Proses OP05 Blanking
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Operasi 10 ialah tahap forming, forming ialah proses yang mengacu pada transformasi dari sheet metal yang merupakan hasil dari kombinasi proses flanging dan bending. Forming menghasilkan bentuk lensa yang dihasilkan melalui proses stretch flanging dengan lekuk garis lurus maupun cembung. Pada proses forming tidak terjadi adanya pengurangan atau penghilangan material seperti yang terjadi pada proses cutting. OP10 ditunjukkan pada Gambar 6.



Gambar 6. Dies OP10 Forming
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Hasil proses dari operasi OP10 atau Forming



Gambar 7. Hasil Proses OP10
(Sumber: Dokumen Pribadi)

Operasi 20 adalah Bending ialah proses penekukan plat dimana hasil dari penekukan ini berupa garis sesuai dengan bentuk sudut yang diinginkan. Tahap bending atau restrik merupakan salah satu proses pembentukan material (metal forming) banyak dipakai di proses manufaktur. Penggunaan radius dies bending dan penyetingan sudut bending yang tidak tepat akan berdampak pada terjadinya kegagalan material dan dimensi. OP20 ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8. Dies OP20 Bending
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Hasil proses dari operasi OP20 atau Bending



Gambar 9. Hasil Proses OP20
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Operasi 30 adalah tahapan piercing, piercing adalah proses pemotongan logam yang menghasilkan lubang bundar, persegi, atau berbentuk khusus dalam lembaran logam datar atau part yang sudah dilaksanakan proses forming. Perbedaan utama antara proses piercing dan blanking ialah bahwa dalam proses blanking, slug ialah bagian yang dipakai, dan dalam proses piercing, slug tidak dipakai dan menjadi scrap. OP30 ditunjukkan pada Gambar 10.



Gambar 10. Dies OP30 Pierching
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Hasil Proses dari operasi OP30 atau Pierching



Gambar 11. Hasil Proses OP30
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Finish Good+Assembly



Gambar 12. Finish Good
(Sumber: Dokumen PT X)

Tahapan ini merupakan tahapan dimana part assy sudah finish good, part sudah memenuhi kualifikasi pengiriman dimana tidak ada cacat ataupun toleransi yang melebihi batas. Proses assembly yaitu proses penyatuan atau penggabungan antara seluruh part-part pendukung dan standar part hingga menjadi part assembly. Penggabungan dilaksanakan memakai robot PSW atau Portable Spot Welding, robot tersebut akan membuat alur las sesuai dengan titik pengelasan yang telah diprogram. Setelah itu, part akan disimpan pada pallet yang telah sesuai dengan standar packing [14].

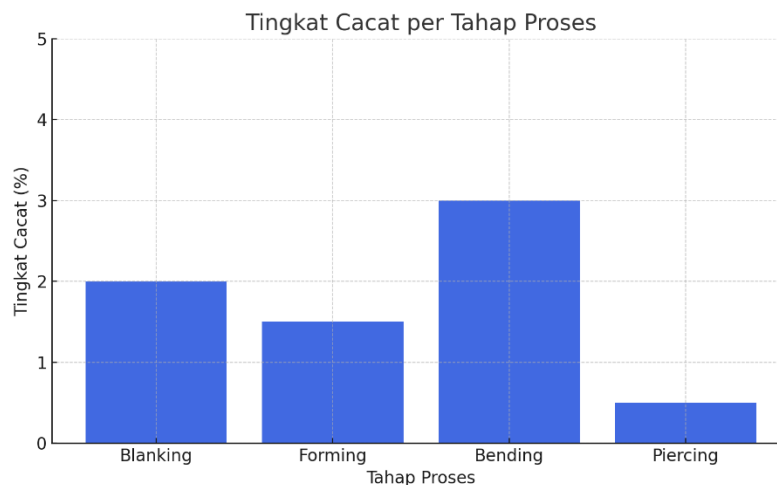
Proses pengecekan akurasi dilaksanakan dengan melihat hasil secara visual pada setiap proses untuk mengetahui terdapat hasil potongan yang masih kurang halus. Pengecekan memakai alat Checking Fixture ini untuk mengetahui ukuran dan bentuk permukaan pada part yang dihasilkan seperti pada Gambar 13.



Gambar 13. Pengecekan dengan Checking Fixture
(Sumber: Dokumentasi Pribadi)

Visualisasi Data dan Analisis

Untuk memperjelas pemahaman pembaca, visualisasi data seperti tingkat cacat dan performa proses dapat disajikan dalam bentuk grafik. Berikut adalah beberapa contoh grafik yang dapat digunakan untuk mendukung analisis [15]



Gambar 14. Grafik Tingkat Cacat per Tahap

Pada Gambar 14 menunjukkan bahwa Grafik tingkat cacat (% cacat) yang terjadi pada berbagai tahap proses dalam suatu produksi atau manufaktur. Setiap batang mewakili persentase cacat yang terjadi pada setiap tahapan, dengan tahapan yang diuji adalah Blanking, Forming.

1. Blanking: Menunjukkan tingkat cacat sekitar 2%.
2. Forming: Memiliki tingkat cacat sekitar 1,5%.
3. Bending: Tahap ini menunjukkan tingkat cacat yang paling tinggi, yaitu sekitar 3%.
4. Piercing: Memiliki tingkat cacat paling rendah, yaitu sekitar 0,5%.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan pada proses pembuatan komponen body pada proyek SU2ID Face Lift (BRKT-HEAD LAMP MTG, LH) di PT X, beberapa temuan utama dapat disimpulkan sebagai berikut: Tingkat Cacat Proses Stamping: Tingkat cacat tertinggi ditemukan pada proses Bending (3%), diikuti oleh Blanking (2%), Forming (1.5%), dan Piercing (0.5%). Hal ini menunjukkan bahwa perbaikan lebih lanjut diperlukan pada proses Bending untuk mengurangi cacat yang terjadi. Optimasi Parameter Mesin: Proses stamping sangat dipengaruhi oleh pengaturan mesin yang tepat. Parameter seperti tekanan mesin, kecepatan spindle, dan radius dies perlu dioptimalkan agar menghasilkan produk yang lebih presisi dan mengurangi cacat. Material dan Pemilihan Bahan: Pemilihan material yang tepat dengan elongasi tinggi berkontribusi pada pengurangan masalah springback pada proses Forming. Selain itu, penggunaan material baja yang lebih tahan aus dapat memperpanjang umur dies dan meningkatkan kualitas produk akhir. Proses Pemeliharaan Dies: Pemeliharaan rutin pada dies serta penggantian secara berkala sangat penting untuk menjaga kualitas dan presisi produk. Penggunaan pelumas anti-gores juga membantu mengurangi mark pada permukaan part selama proses Bending.

Saran

Berdasarkan temuan-temuan di atas, beberapa saran untuk penelitian selanjutnya dan aplikasi praktis adalah sebagai berikut: Optimasi Lebih Lanjut pada Proses Bending: Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada optimasi parameter mesin untuk mengurangi cacat pada proses Bending. Hal ini dapat mencakup eksperimen dengan berbagai jenis dies atau pengaturan sudut yang lebih presisi. Penelitian tentang Dampak Finansial dari Peningkatan Kualitas: Penelitian selanjutnya dapat mengeksplorasi dampak finansial dari peningkatan kualitas pada proses stamping. Misalnya, analisis biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan dies atau penggantian material yang lebih mahal, dibandingkan dengan penghematan yang dihasilkan dari mengurangi cacat produk dan meningkatkan efisiensi produksi. Penerapan Teknologi

Otomatisasi dan AI: Mengingat pentingnya akurasi dan efisiensi dalam proses stamping, teknologi otomatisasi dan kecerdasan buatan (AI) dapat digunakan untuk memonitor dan mengatur parameter mesin secara otomatis, serta mendeteksi masalah sebelum terjadi, sehingga dapat mengurangi tingkat cacat secara signifikan. Pengembangan Material Baru: Penelitian lebih lanjut dapat difokuskan pada pengembangan material baja dengan sifat yang lebih optimal, seperti material dengan ketahanan lebih tinggi terhadap keausan atau yang memiliki karakteristik springback yang lebih rendah, untuk meningkatkan kualitas dan umur panjang dies. Kolaborasi dengan Industri: Penelitian ini dapat diperluas dengan kolaborasi antara pihak akademik dan industri untuk menguji penerapan rekomendasi dalam skala yang lebih besar. Ini akan memberikan wawasan lebih dalam tentang penerapan praktis dalam produksi massal.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] D. Agustin *et al.*, “Analisis Pengaruh Clearance terhadap Hasil Potong pada Proses Stamping Produk Member Floor Side Inner LH,” vol. IX, no. 1, pp. 7603–7608, 2024.
- [2] J. Silva, F. J. G. Silva, R. D. S. G. Campilho, J. C. Sá, and L. P. Ferreira, “A Model for Productivity Improvement on Machining of Components for Stamping Dies,” *International Journal of Industrial Engineering and Management*, vol. 12, no. 2, pp. 85–101, 2021, doi: 10.24867/IJIEM-2021-2-279.
- [3] X. Liu, G. Huang, H. Zhu, and L. Li, “Cause analysis of stamping cracking and concealed cracking of tailgate inner plate,” in *Journal of Physics: Conference Series*, Institute of Physics, 2022. doi: 10.1088/1742-6596/2390/1/012056.
- [4] H. Zhang, W. Wei, S. Long, M. Zhou, and C. Li, “Optimization of Stamping Process Parameters for Sustainable Manufacturing: Numerical Simulation Based on AutoForm,” *Sustainability (Switzerland)*, vol. 17, no. 1, Jan. 2025, doi: 10.3390/su17010341.
- [5] L. F. Folle *et al.*, “A Review on Sheet Metal Forming Behavior in High-Strength Steels and the Use of Numerical Simulations,” Dec. 01, 2024, *Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI)*. doi: 10.3390/met14121428.
- [6] D. Agustin *et al.*, “Redesain Dies Proses Blank-Pierce dengan Penyesuaian Mesin Press Guna Meningkatkan Efisiensi Produk Reinforcement Quarter Panel Extension RH/L,” vol. IX, no. 2, 2024.
- [7] E. Kaya, D. Farioli, and M. Strano, “FEA Approach for Wear and Damage Prediction of Tools for the Progressive Die Stamping of Steel Washers,” in *Key Engineering Materials*, Trans Tech Publications Ltd, 2022, pp. 1168–1177. doi: 10.4028/p-15186x.
- [8] B. Mulyanto and D. S. Khaerudini, “Investigasi simulasi numeris dan eksperimen proses springback berbentuk cup silinder pada lembaran baja karbon Jis-G3141,” *Dinamika Teknik Mesin*, vol. 10, no. 1, p. 60, Jan. 2020, doi: 10.29303/dtm.v10i1.326.
- [9] T. Widodo Besar Riyadi, A. Safaat, B. Waluyo Febriantoko, and J. A. Yani Tromol Pos, “PREDIKSI SPRINGBACK PADA PROSES DEEP DRAWING DENGAN PELAT JENIS TAILORED BLANK MENGGUNAKAN PERANGKAT LUNAK BERBASIS METODE ELEMEN HINGGA”.
- [10] R. Riansyah dan R. A. Darajatun, “Proses Stamping Press Pembuatan Part Bracket Harness,” *J. Ilm. Wahana Pendidik.*, vol. 8, no. 3, Art. no. 3, Mar 2022, doi: 10.5281/zenodo.6301622.
- [11] S. Rozeman, E. Y. T. Adesta, A. Sophian, and S. H. Tomadi, “Improvement Activities in Stamping Die Manufacturing: A Systematic Literature Review,” *International Journal of Engineering Materials and Manufacture*, vol. 8, no. 2, pp. 21–35, Apr. 2023, doi: 10.26776/ijemm.08.02.2023.01.
- [12] Qomaruddin, A. Z. Hudaya, S. Khoeron, and Moh. S. Syamsuddin, “Pembuatan Press Dies Proses Blanking dan Piercing pada Handle Tanam Pintu Geser,” *Integrated Mechanical Engineering Journal*, vol. 2, no. 2, pp. 69–83, Nov. 2024, doi: 10.56904/imejour.v2i2.45.
- [13] E. C. Ufomba, S. W. Gadzama, and L. Seboni, “Manufacturing technique advances in tool and die production,” Jan. 17, 2022. doi: 10.21203/rs.3.rs-1246895/v1.
- [14] A. Irawan and M. Mualif, “ANALISIS PENGENDALIAN KUALITAS PROSES STAMPING PART 16334SF DENGAN PENERAPAN METODE TAGUCHI DI PT. SURYA TOTO INDONESIA, Tbk,” 2018.
- [15] M. M. Abid, “Analisis Kestabilan Proses Manufaktur Part Body Mobil,” *G-Tech: Jurnal Teknologi Terapan*, vol. 7, no. 2, pp. 464–473, Mar. 2023, doi: 10.33379/gtech.v7i2.2034.