

Kajian Springback pada OP20 Komponen Striker Read Seat Back Suzuki dan Penyesuaian Radius Insert Dies

Erlangga Guswan Valen¹, Rizal Hanifi², Boni Sena³, Ujiburrahman⁴
¹²³⁴ Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang
E-mail: erlanggaguswanvaldn@gmail.com

Abstrak

Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi masalah springback pada operasi pembungkakan OP20 komponen Striker Read Seat Back 63332–68P30 untuk mobil Suzuki di PT. XYZ serta menelaah penyesuaian radius insert dies sebagai tindakan koreksi. Penelitian menggunakan studi kasus deskriptif berdasarkan observasi dan wawancara yang dilaporkan dalam kegiatan kerja praktik, telaah dokumentasi teknis, serta perbandingan dengan literatur. Dokumentasi mencantumkan material SS400 dengan diameter bahan 8,0 mm, tahapan pembentukan OP10 dan pembungkakan OP20, serta batas toleransi pemeriksaan $\pm 0,5$ mm menggunakan check fixture. Pada OP20, laporan memuat pelebaran dengan angka 0,5–2,5 mm dan tindakan koreksi berupa pengecilan radius insert dies. Namun, angka tersebut belum dilengkapi definisi dimensi ukur, data tiap sampel, nilai radius awal dan akhir, maupun hasil pengukuran setelah koreksi. Karena itu, besarnya penurunan penyimpangan dan keberhasilan pemenuhan toleransi setelah modifikasi belum dapat ditentukan secara kuantitatif. Kajian ini memetakan masalah OP20, dasar pertimbangan koreksi geometri perkakas, dan kebutuhan verifikasi dimensi. Evaluasi lanjutan perlu menggunakan pengukuran sebelum dan sesudah modifikasi dengan acuan dimensi dan kondisi pembentukan yang sama.

Kata kunci: *springback; OP20; radius insert dies; SS400; inspeksi dimensi.*

Abstract

This study aims to identify the springback problem in the OP20 bending operation of the Striker Read Seat Back 63332–68P30 component for Suzuki vehicles at PT. XYZ and to examine die insert radius adjustment as a corrective action. A descriptive case study was conducted using observations and interviews reported during an industrial placement, a review of technical documentation, and comparison with the literature. The documentation specifies SS400 material with an 8.0 mm stock diameter, OP10 forming and OP20 bending operations, and an inspection tolerance of ± 0.5 mm using a checking fixture. For OP20, the report describes widening using values of 0.5–2.5 mm and identifies a reduction in the die insert radius as the corrective action. However, these values are not accompanied by a definition of the measured dimension, individual specimen data, initial and final radius values, or post-correction measurements. Consequently, neither the magnitude of dimensional improvement nor post-modification tolerance compliance can be quantified. This study maps the OP20 problem, the rationale for tool geometry correction, and the dimensional verification requirements. Further evaluation should compare measurements before and after modification using the same dimensional reference and forming conditions.

Keywords: *springback; OP20; die insert radius; SS400; dimensional inspection.*

1. Pendahuluan

Ketepatan dimensi komponen otomotif diperlukan agar komponen dapat dirakit sesuai rancangan. Striker Read Seat Back 63332–68P30 merupakan komponen pengunci sandaran kursi yang menjadi objek kerja praktik pada departemen tool making PT. XYZ. Laporan kerja praktik mendokumentasikan tahapan pembuatan perkakas, pembentukan komponen, perakitan, dan pemeriksaan menggunakan check fixture [1]. Dalam artikel ini, nama komponen mengikuti dokumen sumber, sedangkan kode 63332–68P30 digunakan untuk mengidentifikasi objek kajian.

Permasalahan yang dilaporkan terjadi pada OP20, yaitu penyimpangan bentuk setelah proses pembengkokan. Springback adalah perubahan bentuk yang didorong pemulihan elastis ketika beban pembentukan dilepaskan, sehingga tidak selalu berarti benda kerja kembali sepenuhnya ke bentuk awal [2]. Pada kasus ini, laporan menyebut pelebaran dengan angka 0,5–2,5 mm, sedangkan batas toleransi inspeksi dinyatakan $\pm 0,5$ mm [1]. Kedua informasi tersebut menunjukkan perlunya pemeriksaan dimensi lebih rinci, tetapi belum cukup untuk menghitung perubahan penyimpangan sebelum dan sesudah koreksi.

Penelitian Buang et al. [3] menunjukkan pengaruh radius die dan punch terhadap springback pada air V-bending lembaran baja tahan karat. Şen dan Taşdemir [4] mengkaji springback lembaran CP800 melalui eksperimen dan analisis numerik. Gan dan Wagoner [5] mengembangkan penyesuaian geometri dies secara iteratif berdasarkan perbedaan antara bentuk target dan bentuk hasil simulasi. Studi tersebut memberikan landasan untuk menelaah geometri perkakas, tetapi kondisi material dan penampangnya berbeda dari batang SS400 yang didokumentasikan pada objek kajian ini. Hasilnya tidak dapat langsung digunakan untuk menetapkan radius optimal OP20.

Kajian pada batang berpenampang lingkaran dilakukan oleh Bonfanti et al. [6] melalui model analitis pembengkokan dengan pembebanan aksial yang memperhitungkan perilaku elastoplastis dan pengerasan material. Kajian tersebut relevan sebagai dasar pemilihan representasi penampang, tetapi tidak mereplikasi geometri perkakas OP20. Pada material SS400, Hai et al. [7] menggabungkan eksperimen dan simulasi V-bending untuk menelaah springback serta pengaruh parameter pembentukan. Karena benda ujinya berupa lembaran, hasil numeriknya tidak dapat langsung diterapkan pada batang SS400 berdiameter 8,0 mm. Kedua studi memperkuat kebutuhan mengevaluasi geometri penampang, perilaku material, dan kondisi proses secara bersamaan.

Penelitian ini bertujuan mendeskripsikan alur pembentukan komponen Striker Read Seat Back 63332–68P30, mengidentifikasi masalah dimensi pada OP20, serta menelaah penyesuaian radius insert dies berdasarkan dokumentasi inspeksi dan literatur. Kontribusi penelitian terletak pada pemetaan hubungan antara operasi pembentukan, masalah yang dilaporkan, dan tindakan koreksi pada komponen tersebut. Ruang lingkup analisis dibatasi pada kajian kasus deskriptif karena dokumentasi belum memuat hasil pengukuran individual sebelum dan sesudah perubahan radius.

2. Metode penelitian

2.1 Rancangan dan sumber data

Penelitian menggunakan pendekatan studi kasus deskriptif pada proses pembuatan komponen Striker Read Seat Back 63332–68P30 di PT. XYZ. Sumber utama adalah dokumentasi kerja praktik tahun 2024 [1]. Kegiatan kerja praktik disebut berlangsung kurang lebih satu bulan. Tanggal mulai dan selesai observasi tidak tercantum secara tegas sehingga tahun penyusunan laporan tidak digunakan sebagai pengganti tanggal pelaksanaan penelitian.

Data lapangan berasal dari observasi proses pada departemen tool making serta wawancara dengan pembimbing lapangan dan karyawan terkait, yang menjadi dasar dokumentasi penelitian. Dokumentasi yang ditelaah meliputi uraian proses, gambar perkakas, part list, foto komponen, uraian pemeriksaan, dan catatan masalah OP20. Informasi wawancara digunakan sebagai penjelasan proses; jumlah informan, rincian jabatan seluruh informan, pedoman pertanyaan, dan transkrip tidak terdokumentasi dalam bahan yang tersedia. Dengan demikian, wawancara tidak diperlakukan sebagai bukti mandiri untuk mengukur pengaruh modifikasi.

2.2 Objek dan kondisi teknis yang terdokumentasi

Objek kajian adalah komponen berbahan SS400. Header part list OP10 dalam laporan mencantumkan diameter 8,0 mm [1]. Ukuran tersebut diperlakukan sebagai diameter bahan batang, bukan ketebalan pelat. Gambar komponen pada naskah juga memperlihatkan bentuk batang yang dibengkokkan. Identifikasi material didasarkan pada dokumen, tanpa pengujian komposisi atau sifat mekanik tambahan.

Tabel 1 Informasi teknis objek kajian

Parameter	Informasi terdokumentasi
Komponen	Striker Read Seat Back 63332–68P30
Material dan ukuran bahan	SS400; diameter 8,0 mm pada header part list OP10
Operasi yang menjadi fokus	OP10 pembentukan dan OP20 pembengkokan
Perangkat inspeksi	Check fixture dan pemeriksaan visual
Batas toleransi	±0,5 mm menurut uraian pemeriksaan; fitur ukur tidak dirinci
Koreksi perkakas	Pengecilan radius insert dies OP20; nilai awal dan akhir tidak tercantum

Sumber: laporan kerja praktik [1], halaman tercetak 19–23. Parameter mesin press, gaya pembentukan, langkah penekanan, pelumasan, sudut target, serta data kalibrasi dan resolusi alat pemeriksaan tidak dilaporkan. Parameter tersebut tidak diasumsikan nilainya.

2.3 Langkah analisis

Analisis dilakukan dengan menelusuri urutan operasi dari pembuatan perkakas sampai inspeksi, mengekstraksi informasi material dan kriteria penerimaan, kemudian mencocokkan uraian masalah OP20 dengan tindakan koreksi yang dilaporkan. Informasi numerik dipisahkan dari

pernyataan kualitatif agar batas toleransi, angka pelebaran, dan hasil pemeriksaan tidak diperlakukan sebagai besaran yang sama. Selanjutnya, tindakan pengecilan radius ditelaah dengan literatur springback dan kompensasi geometri perkakas, dengan memperhatikan perbedaan material serta bentuk penampang.

Alur produksi perusahaan ditempatkan sebagai hasil deskripsi kasus pada Bagian 3.1. Langkah penelitian adalah telaah dan perbandingan bukti dokumenter, bukan pelaksanaan eksperimen variasi radius. Tidak dilakukan uji signifikansi, perhitungan persentase perbaikan, atau estimasi variasi hasil karena data pengukuran per sampel tidak tersedia.

2.4 Kriteria pemeriksaan dan batas analisis

Uraian inspeksi pada laporan menetapkan toleransi $\pm 0,5$ mm dan pemeriksaan visual terhadap goresan serta penyok [1]. Untuk menilai kepatuhan dimensi, hasil ukur harus dinyatakan relatif terhadap dimensi nominal pada fitur yang sama. Karena dimensi nominal, datum, lokasi ukur, jumlah sampel, dan catatan hasil ukur sebelum–sesudah modifikasi tidak tersedia, artikel ini hanya menyajikan kriteria yang dilaporkan dan status kelengkapan buktinya. Foto check fixture digunakan untuk menunjukkan perangkat pemeriksaan, bukan sebagai bukti nilai pengukuran.

3. Hasil dan pembahasan

3.1 Alur pembuatan perkakas dan komponen

Pembuatan perkakas diawali dari penerimaan gambar produk dan penyusunan rancangan dies beserta part list. Bagian desain pada laporan menyebut penggunaan perangkat lunak NX [1]. Komponen perkakas kemudian dikerjakan melalui pemesinan, termasuk penggunaan CNC, pengeboran, dan pengetapan sesuai kebutuhan perakitan. Perakitan dies membentuk pasangan bagian atas dan bawah yang digunakan pada operasi pembentukan. Perakitan perkakas ini dibedakan dari perakitan komponen produk setelah pembengkokan.

Tabel 2 Tahapan proses yang relevan terhadap kajian OP20

Tahap	Kegiatan dan kaitannya dengan pemeriksaan
Desain dan pembuatan dies	Penyusunan geometri perkakas dan part list, pemesinan, serta perakitan perkakas.
OP10	Pembentukan awal benda kerja menggunakan perkakas dan mesin press.
OP20	Pembengkokan untuk memperoleh geometri lanjutan; lokasi masalah springback yang dilaporkan.
Perakitan komponen	Penggabungan komponen pendukung menjadi unit rakitan.
Inspeksi	Pemeriksaan kesesuaian menggunakan check fixture serta pemeriksaan visual sebelum proses selanjutnya.

Sumber: disarikan dari [1]. Tabel ini merangkum operasi yang dijelaskan pada pembahasan laporan, bukan menetapkan seluruh rute produksi setiap komponen pendukung.



Gambar 1 Komponen berbentuk batang hasil pembengkokan dalam dokumentasi penelitian

Gambar 1 memperlihatkan bentuk komponen yang relevan terhadap pembahasan pembengkokan. Foto tersebut tidak dilengkapi skala atau titik ukur, sehingga tidak digunakan untuk menentukan diameter, sudut, atau besarnya springback. Diameter bahan diambil dari part list sebagaimana dijelaskan pada Tabel 1.

3.2 Kondisi masalah dan bukti inspeksi OP20

Catatan masalah pada halaman tercetak 23 laporan menyebut pelebaran setelah pembentukan dengan angka 0,5 mm sampai 2,5 mm [1]. Namun, istilah pelebaran pada catatan tersebut tidak disertai identifikasi jarak antartitik, datum, dimensi nominal, atau urutan pengukuran. Angka 0,5 mm juga muncul sebagai besar batas toleransi pada uraian inspeksi. Oleh sebab itu, angka 0,5–2,5 mm disajikan sebagai informasi yang dilaporkan, bukan sebagai pasangan hasil pengukuran sebelum dan sesudah koreksi atau distribusi hasil beberapa sampel.

Tabel 3 Bukti evaluasi dimensi dan status hasil koreksi

Aspek	Informasi yang tersedia	Batas interpretasi
Kriteria penerimaan	Toleransi $\pm 0,5$ mm	Fitur ukur dan dimensi nominal tidak dirinci.
Kondisi masalah OP20	Uraian pelebaran dengan angka 0,5–2,5 mm	Belum dapat ditetapkan sebagai rentang pengukuran sampel atau pasangan sebelum–sesudah.
Tindakan koreksi	Memperkecil radius insert dies	Nilai radius awal dan akhir serta tahapan pengerjaannya tidak dilaporkan.
Dimensi setelah koreksi	Tidak tersedia tabel hasil ukur	Besar penurunan penyimpangan dan pemenuhan toleransi belum dapat dihitung.
Pengulangan pemeriksaan	Jumlah sampel tidak tercantum	Rata-rata, simpangan baku, dan persentase komponen lolos belum dapat ditentukan.

Sumber: telaah dokumentasi [1]. Ketiadaan data dalam tabel menunjukkan batas bukti penelitian, bukan bukti bahwa pemeriksaan atau tindakan koreksi tidak pernah dilakukan di perusahaan.



Gambar 2 Check fixture dalam dokumentasi pemeriksaan komponen

Pemeriksaan dengan check fixture dimaksudkan untuk menilai kesesuaian bentuk atau posisi komponen terhadap acuan pemeriksaan. Dokumentasi pada Gambar 2 memperlihatkan perangkat yang digunakan, sedangkan uraian laporan menyebut pemeriksaan setelah pressing dan ketika perakitan [1]. Tidak tersedia lembar inspeksi yang menghubungkan setiap hasil ukur dengan identitas sampel dan kondisi radius perkakas. Karena itu, pernyataan bahwa seluruh produk bebas cacat atau mencapai akurasi 100% tidak dapat ditetapkan dari dokumentasi ini.

3.3 Pertimbangan penyesuaian radius insert dies

Pengecilan radius insert dies OP20 merupakan tindakan koreksi yang disebut dalam laporan. Secara mekanis, perubahan geometri kontak perkakas dapat mengubah lintasan pembengkokan dan kondisi deformasi benda kerja. Pemulihan elastis setelah pelepasan beban kemudian menentukan perbedaan antara bentuk saat dibebani dan bentuk akhir [2]. Dalam kasus ini, radius merupakan parameter yang dipilih untuk koreksi, tetapi belum terbukti sebagai satu-satunya penyebab penyimpangan.

Pada pembengkokan lembaran, Buang et al. [3] melaporkan pengaruh radius die dan punch terhadap springback. Temuan tersebut mendukung perlunya mengevaluasi geometri perkakas, tetapi tidak menetapkan hubungan kuantitatif untuk batang SS400 berdiameter 8,0 mm. Perbedaan penampang lingkaran dan lembaran membatasi penerapan langsung hasil V-bending lembaran. Rasio radius terhadap ketebalan yang lazim dibahas pada lembaran juga tidak boleh dihitung dengan memperlakukan diameter batang sebagai ketebalan pelat. Untuk kajian lanjutan pada batang, geometri penampang dan perbandingan radius dengan diameter perlu ditetapkan secara tersendiri.

Representasi perilaku material juga penting. Yoshida dan Uemori [8] membahas model plastisitas siklik untuk simulasi springback, sedangkan Lee et al. [9] membahas pemodelan konstitutif dan gesekan pada baja lembaran berkekuatan tinggi. Literatur tersebut menunjukkan bahwa analisis tidak cukup hanya memperhatikan radius. Pada objek ini, sifat mekanik aktual material, riwayat pembentukan OP10, kondisi kontak, pengaturan penekanan, dan posisi benda kerja belum dicatat secara memadai untuk memisahkan kontribusi masing-masing faktor.

Faktor-faktor tersebut merupakan hal yang perlu diuji, bukan penyebab tambahan yang telah dibuktikan.

Untuk benda kerja berpenampang lingkaran, model Bonfanti et al. [6] menunjukkan perlunya memasukkan pengaruh pembebanan dan perilaku pengerasan dalam analisis kelengkungan sisa. Studi Hai et al. [7] pada lembaran SS400 juga menempatkan karakterisasi material dan validasi eksperimen sebagai bagian dari prediksi springback. Atas dasar itu, kesamaan kode material SS400 belum cukup untuk memindahkan parameter optimal dari lembaran ke batang. Pada kasus OP20, penyesuaian radius tetap memerlukan perbandingan dimensi hasil pembentukan dengan dimensi target pada kondisi proses yang tercatat.

Prinsip kompensasi geometri melalui perbandingan bentuk target dan bentuk hasil pembentukan dijelaskan oleh Gan dan Wagoner [5]. Pengembangan pendekatan kompensasi juga dibahas oleh Siswanto et al. [10], Cheng et al. [11], dan Lingbeek et al. [12]. Kajian ini tidak menerapkan algoritma numerik tersebut; kesesuaiannya terletak pada kebutuhan menghubungkan perubahan perkakas dengan penyimpangan yang terukur. Dengan demikian, tindakan koreksi OP20 perlu diverifikasi menggunakan acuan yang tetap agar efek perubahan radius dapat dibedakan dari perubahan kondisi proses lainnya.

Penelitian Örneki dan Ekşi [13] pada V-bending aluminium 6061 menjadi pembanding tambahan mengenai ketergantungan springback pada kondisi pembengkokan. Bersama studi baja tahan karat dan CP800 [3], [4], penelitian tersebut memperlihatkan bahwa perbandingan hasil harus mempertimbangkan jenis material dan geometri benda kerja. Artikel ini belum memiliki dasar untuk menyatakan bahwa pengecilan radius selalu menghilangkan springback atau merupakan pengaturan optimal bagi seluruh kondisi produksi.

3.4 Keterbatasan Penelitian

Penelitian ini terbatas pada dokumentasi proses dan tindakan koreksi yang tersedia. Data pengukuran individual serta nilai radius insert dies sebelum dan sesudah modifikasi tidak terdokumentasi, sehingga besarnya perbaikan dimensi dan pemenuhan toleransi setelah koreksi belum dapat ditentukan secara kuantitatif. Temuan penelitian dibatasi pada deskripsi masalah OP20 dan penelaahan teknis tindakan koreksi yang dilaporkan.

4. Kesimpulan

Komponen Striker Read Seat Back 63332–68P30 pada kasus PT. XYZ didokumentasikan menggunakan bahan SS400 berdiameter 8,0 mm dan melalui operasi pembentukan OP10 serta pembengkokan OP20. Masalah yang dilaporkan pada OP20 adalah perubahan bentuk setelah pembengkokan dengan catatan pelebaran 0,5–2,5 mm, sedangkan batas toleransi pemeriksaan disebut $\pm 0,5$ mm. Definisi dimensi ukur dan posisi angka-angka tersebut terhadap kondisi sebelum–sesudah koreksi belum terdokumentasi dengan jelas.

Pengecilan radius insert dies merupakan tindakan koreksi yang dilaporkan dan memiliki dasar untuk ditelaah dari sisi geometri perkakas. Namun, tanpa nilai radius awal–akhir, jumlah sampel, dan hasil ukur setelah koreksi, besarnya perbaikan dimensi serta pemenuhan toleransi belum dapat ditetapkan. Hasil kajian ini mendukung perlunya verifikasi sebelum–sesudah modifikasi pada kondisi proses yang terdokumentasi, bukan klaim bahwa keberhasilan koreksi telah terbukti secara kuantitatif.

5. Saran

Evaluasi lanjutan disarankan mencatat radius insert dies sebelum dan sesudah modifikasi, diameter bahan aktual, dimensi nominal, lokasi dan arah pengukuran, serta parameter pembentukan. Hasil ukur setiap sampel perlu dihubungkan dengan kondisi perkakas yang digunakan dan dicatat pada lembar inspeksi yang memuat penyimpangan serta keputusan penerimaan. Pengukuran sebaiknya dilakukan setelah beban dilepaskan menggunakan prosedur, acuan, dan alat pemeriksaan yang konsisten, disertai identitas alat serta status kalibrasinya. Jumlah sampel dan dasar pemilihannya perlu dijelaskan agar variasi hasil dan proporsi komponen yang memenuhi toleransi dapat dievaluasi.

Daftar pustaka

- [1] E. G. Valen, "Proses pembuatan part pada project Striker Read Seat Back 63332–68P30 pada mobil Suzuki," Laporan Kerja Praktik, Program Studi Teknik Mesin, Universitas Singaperbangsa Karawang, 2024.
 - [2] R. H. Wagoner, H. Lim, and M. G. Lee, "Advanced issues in springback," *International Journal of Plasticity*, vol. 45, pp. 3–20, 2013. doi: 10.1016/j.ijplas.2012.08.006.
 - [3] M. S. Buang, S. A. Abdullah, and J. Saedon, "Effect of die and punch radius on springback of stainless steel sheet metal in the air V-die bending process," *Journal of Mechanical Engineering and Sciences*, vol. 8, pp. 1322–1331, 2015. doi: 10.15282/jmes.8.2015.7.0129.
 - [4] N. Şen and V. Taşdemir, "Experimental and numerical investigation of the springback behaviour of CP800 sheet after the V-bending process," *Ironmaking & Steelmaking*, vol. 48, no. 7, pp. 811–818, 2021. doi: 10.1080/03019233.2021.1872466.
 - [5] W. Gan and R. H. Wagoner, "Die design method for sheet springback," *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 46, no. 7, pp. 1097–1113, 2004. doi: 10.1016/j.ijmecsci.2004.06.006.
 - [6] A. Bonfanti, S. Syngellakis, and A. Bhaskar, "Response and residual curvature of bent-stretched circular rods with applications to metal forming: Closed-form solutions for elastic-perfectly plastic and hyperbolic hardening materials," *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 123, pp. 340–349, 2017. doi: 10.1016/j.ijmecsci.2016.12.001.
 - [7] V. G. Hai, N. T. H. Minh, and D. T. Nguyen, "A study on experiment and simulation to predict the spring-back of SS400 steel sheet in large radius of V-bending process," *Materials Research Express*, vol. 7, no. 1, Art. no. 016562, 2020. doi: 10.1088/2053-1591/ab67f5.
 - [8] F. Yoshida and T. Uemori, "A model of large-strain cyclic plasticity and its application to springback simulation," *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 45, no. 10, pp. 1687–1702, 2003. doi: 10.1016/j.ijmecsci.2003.10.013.
 - [9] J. Y. Lee, F. Barlat, and M. G. Lee, "Constitutive and friction modeling for accurate springback analysis of advanced high strength steel sheets," *International Journal of Plasticity*, vol. 71, pp. 113–135, 2015. doi: 10.1016/j.ijplas.2015.04.005.
 - [10] W. A. Siswanto, A. D. Anggono, B. Omar, and K. Jusoff, "An alternate method to springback compensation for sheet metal forming," *The Scientific World Journal*, vol. 2014, Art. no. 301271, 2014. doi: 10.1155/2014/301271.
 - [11] H. S. Cheng, J. Cao, and Z. C. Xia, "An accelerated springback compensation method," *International Journal of Mechanical Sciences*, vol. 49, no. 3, pp. 267–279, 2007. doi: 10.1016/j.ijmecsci.2006.09.008.
-

- [12] R. A. Lingbeek, W. Gan, R. H. Wagoner, T. Meinders, and J. Weiher, "Theoretical verification of the displacement adjustment and springforward algorithms for springback compensation," *International Journal of Material Forming*, vol. 1, no. 3, pp. 159–168, 2008. doi: 10.1007/s12289-008-0369-5.
 - [13] A. O. Örnekci and S. Ekşi, "Experimental study on springback properties of 6061 aluminum in V-bending," *Sakarya University Journal of Science*, vol. 28, no. 3, pp. 646–653, 2024. doi: 10.16984/sofenbilder.1413976.
-