Available online at http://prosiding.pnj.ac.id

eISSN 2685-9319

Prosiding A/B Seminar Nasional Teknik Mesin
Politeknik Negeri Jakarta (2026), p1-p2

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian , penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Analisis Pengendalian Kualitas Produk *Underbracket* pada Proses *Hot Forging* Menggunakan Metode Statistical Process Control (SPC) dan Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) di PT. Intermesindo Forging Prima

Zhofar Sulistyo Firmansyah[1], Muslimin[1*,] Sepriandi Parningotan [2*]

[1]*Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425*

[2]*Program Studi Teknik Mesin, Jurusan Teknik Mesin, Politeknik Negeri Jakarta, Jl. Prof. G. A. Siwabessy, Kampus UI, Depok, 16425*

*Corresponding author *E-mail address:*[1)] muslimin@mesin.pnj.ac.id [2)]sepriandi.parningotan@mesin.pnj.ac.id

Abstrak

Underbracket atau segitiga bawah adalah komponen sistem kemudi sepeda motor yang menopang garpu depan sekaligus meredam getaran. Karena menahan beban dinamis secara terus-menerus, komponen ini diproduksi melalui proses *hot forging* dengan tuntutan presisi geometri yang ketat [1]. Pada lini produksi *underbracket* tipe HK2F0-505 di PT. Intermesindo Forging Prima, rijek *underbracket* sepanjang 2025 menimbulkan rata-rata *downtime* 74,2 jam per bulan, dengan *dies* yang melampaui usia pakai dan konsistensi operator menjalankan SOP sebagai dua faktor penyumbang utama. Penelitian ini menerapkan *Statistical Process Control* (SPC) untuk memetakan jenis dan pola rijek, dilanjutkan dengan *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA) untuk menemukan akar penyebab dan menetapkan prioritas perbaikan. Dari 696.619 unit produksi periode Januari–Desember 2025, tercatat 3.148 unit rijek (0,45%). Diagram Pareto menempatkan rijek M.Forging sebagai jenis dominan dengan 2.305 unit (73,22%), sedangkan peta kendali p menunjukkan proses belum stabil karena bulan Maret melampaui *Upper Control Limit*. Analisis FMEA menghasilkan nilai *Risk Priority Number* (RPN) tertinggi sebesar 245 untuk faktor kurangnya konsistensi operator menjalankan SOP, diikuti *dies* yang melampaui usia pakai dengan RPN 210. Perbaikan diusulkan melalui penguatan pengawasan operator per *shift* dan penerapan jadwal penggantian *dies* berbasis jumlah *shot*.

Kata-kata kunci: Hot Forging, Underbracket, Statistical Process Control (SPC), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Risk Priority Number (RPN).

Abstract

The underbracket is a motorcycle steering component that supports the front fork while dampening vibration under continuous dynamic loading, so dimensional precision and material strength are non-negotiable requirements [1]. Produced through hot forging, its quality depends on die condition as well as machine and operator performance. At PT. Intermesindo Forging Prima's underbracket (type HK2F0-505) production line, rejects throughout 2025 caused an average of 74.2 hours of downtime per month, with dies operated beyond their service life and inconsistent operator adherence to SOP as the two leading contributors. This study applies Statistical Process Control (SPC) to map reject types and patterns, then Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) to identify root causes and rank corrective actions. Of 696,619 units produced from January to December 2025, 3,148 were rejected (0.45%). The Pareto diagram shows M.Forging as the dominant defect at 2,305 units (73.22%), and the p control chart reveals process instability, with March exceeding the Upper Control Limit. FMEA produces a Risk Priority Number (RPN) of 245 for inconsistent operator

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

adherence to SOP, and RPN 210 for dies operated beyond their service life. Corrective measures proposed include closer shift-level supervision and a shot-count-based die replacement schedule.

Keywords: *Hot Forging, Underbracket, Statistical Process Control (SPC), Failure Mode and Effects Analysis (FMEA), Risk Priority Number (RPN).*

PENDAHULUAN

Underbracket, atau segitiga bawah, adalah komponen kemudi sepeda motor yang menahan garpu depan sekaligus menyerap getaran saat kendaraan melaju di berbagai kondisi jalan. Beban yang diterima komponen ini bersifat berulang dan bervariasi, sehingga kekuatan material dan presisi dimensinya menjadi syarat mutlak [1]. Untuk memenuhi syarat tersebut, *underbracket* diproduksi melalui proses *hot forging*, yang menghasilkan struktur logam lebih padat dan ulet karena bilet ditekan dalam kondisi padat hingga mengisi rongga cetakan [2].

Kualitas produk hasil tempa sangat bergantung pada kondisi *dies*. Karena bersentuhan langsung dengan logam bersuhu tinggi dan menerima tekanan berton-ton secara berulang, *dies* rentan mengalami keausan, deformasi plastis, retak termal, hingga patah [3]. Penurunan performa *dies* berpengaruh langsung pada konsistensi dimensi dan kelengkapan bentuk produk, meskipun kondisi dies bukan satu-satunya penentu; konsistensi operator dalam menjalankan prosedur kerja dan kestabilan parameter mesin turut menentukan hasil akhir tempa.

Kondisi tersebut terjadi pada lini produksi *underbracket* tipe HK2F0-505 (kode order HA-K1A) di PT. Intermesindo Forging Prima. Berdasarkan data produksi periode Januari–Desember 2025, umur pakai *dies* (*die life*) kerap tidak mencapai target standar perusahaan sebesar 15.000 *shot*. Tabel 1 merangkum data produksi, rijek, dan *downtime* mesin selama periode tersebut.

Tabel 1. Data produksi, rijek, dan *downtime* mesin Januari–Desember 2025

Bulan	Produksi (pcs)	Rijek (pcs)	Rijek (%)	Downtime (jam)
Januari	61.356	232	0,38%	45,9
Februari	74.580	355	0,48%	70,1
Maret	96.600	1.081	1,12%	197,3
April	38.984	214	0,58%	40,5
Mei	62.666	260	0,38%	83,5
Juni	65.885	223	0,34%	49,2
Juli	49.837	173	0,35%	67,5
Agustus	38.068	98	0,26%	32,5
September	53.729	106	0,20%	50,0
Oktober	24.163	40	0,17%	104,1
November	71.301	178	0,25%	94,4
Desember	59.450	188	0,32%	55,4
Total	**696.619**	**3.148**	**0,45%**	**890,4**

Dari Tabel 1 terlihat bahwa selama tahun 2025, rijek merata terjadi di setiap bulan dengan puncak pada Maret (1,12%), jauh di atas bulan-bulan lainnya. *Downtime* akibat penanganan *dies* dan penyesuaian proses tempa rata-rata mencapai 74,2 jam per bulan. Angka ini cukup besar untuk membenarkan investigasi sistematis.

Penerapan gabungan SPC dan FMEA untuk pengendalian kualitas sudah banyak didokumentasikan, tetapi sebagian besar mengambil objek di luar proses hot forging komponen otomotif. Hanum menerapkan SPC dan FMEA pada proses finishing baseplate hasil zinc plating dan menemukan cacat White Rush sebagai prioritas perbaikan utama dengan RPN 392 [9]. Alifka dan Apriliani menggunakan kombinasi metode yang sama pada produk garmen dan menemukan sebagian besar titik data peta kendali p berada di luar batas kendali akibat variasi proses yang tidak konsisten [10]. Penelitian FMEA pada objek forging maupun komponen logam

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

otomotif, seperti pompa sentrifugal dan kain jadi polyester, umumnya baru sebatas analisis risiko tunggal tanpa didahului pemetaan pola cacat secara statistik [7], [8]. Studi-studi tersebut belum menyentuh proses hot forging komponen struktural kendaraan roda dua yang menahan beban dinamis berulang, seperti underbracket, sehingga karakteristik cacat akibat interaksi dies, operator, dan parameter mesin pada proses ini belum banyak terpetakan. Kebaruan penelitian ini terletak pada penerapan SPC dan FMEA secara berurutan pada proses hot forging underbracket sepeda motor, menggunakan data produksi riil selama satu tahun penuh, untuk memetakan pola cacat sekaligus menelusuri akar penyebabnya secara terstruktur.

Penelitian ini menggunakan SPC untuk memetakan pola rijek secara statistik [4], lalu FMEA untuk menelusuri akar penyebab dan menetapkan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN).

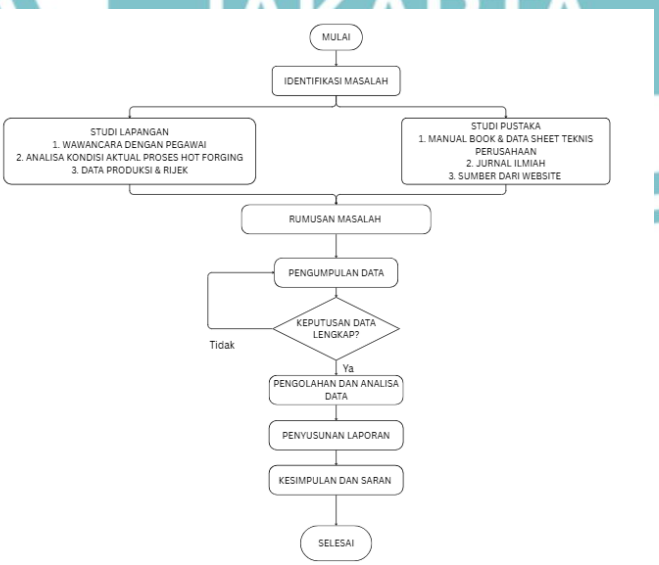
Penelitian ini bertujuan menganalisis pengendalian kualitas produk underbracket pada proses hot forging menggunakan metode SPC dan FMEA, untuk memetakan jenis dan pola cacat dominan sepanjang tahun 2025, mengidentifikasi akar penyebab cacat tersebut melalui diagram fishbone, serta merumuskan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan nilai RPN tertinggi.

METODOLOGI

Penelitian dilaksanakan di lini produksi *underbracket* tipe HK2F0-505 PT. Intermesindo Forging Prima dengan data produksi dan *downtime dies* periode Januari–Desember 2025. Data dikumpulkan melalui observasi lapangan, wawancara dengan operator dan staf *quality control*, serta studi dokumentasi historis. Alur penelitian ditunjukkan pada Gambar 1.

Secara garis besar penelitian berjalan dalam tiga tahap. Tahap pertama adalah pengumpulan dan rekapitulasi data produksi, rijek, dan downtime dies bulanan sepanjang 2025. Tahap kedua adalah analisis SPC terhadap data tersebut menggunakan check sheet, histogram, diagram Pareto, dan peta kendali p untuk menentukan jenis cacat dominan serta kestabilan proses. Tahap ketiga adalah analisis FMEA terhadap jenis cacat dominan hasil tahap kedua, mencakup penyusunan diagram fishbone, penilaian Severity, Occurrence, dan Detection, serta perhitungan RPN untuk menetapkan prioritas tindakan perbaikan. Ketiga tahap tersebut digambarkan secara ringkas pada diagram alir penelitian (Gambar 1).

Pengolahan data dilakukan menggunakan Microsoft Excel, mencakup rekapitulasi data produksi dan rijek bulanan, perhitungan batas kendali peta p, serta pembuatan histogram dan diagram Pareto. Data yang digunakan merupakan data sekunder produksi dan rijek bulanan periode Januari–Desember 2025 yang diperoleh dari catatan quality control PT. Intermesindo Forging Prima, dilengkapi data primer hasil wawancara dengan kepala produksi mengenai faktor penyebab cacat untuk keperluan penyusunan FMEA.



Gambar 1. Diagram alir penelitian

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Statistical Process Control (SPC)

SPC adalah metode analisis data statistik yang digunakan untuk mengamati jalannya proses produksi dan membedakan variasi akibat sebab khusus [5]. Dalam penelitian ini, SPC diterapkan melalui empat alat bantu: *check sheet*, histogram, diagram Pareto, dan peta kendali p.

Check Sheet

Check sheet adalah formulir terstruktur untuk mencatat data hasil produksi secara sistematis, mencakup waktu, jenis masalah, dan jumlah produk cacat tiap kategori [6]. Di sini, *check sheet* digunakan untuk merekam jumlah produksi dan rijek per bulan.

Histogram

Histogram menampilkan distribusi frekuensi data ke dalam kelas-kelas tertentu [6]. Pada penelitian ini, histogram digunakan untuk melihat sebaran persentase rijek berdasarkan jenisnya.

Diagram Pareto

Diagram Pareto menyusun kategori masalah dari frekuensi tertinggi ke terendah sehingga prioritas perbaikan dapat segera diidentifikasi. Prinsip ini berakar dari konsep Vilfredo Pareto yang kemudian diadaptasi Joseph Juran sebagai alat kontrol kualitas, dengan asumsi sekitar 80% masalah berasal dari 20% penyebab utama.

Peta Kendali p

Peta kendali p memantau apakah proporsi produk cacat berada dalam batas kendali yang ditetapkan [6]. Karena jumlah produksi tiap bulan berbeda, batas kendali dihitung per periode menggunakan ukuran sampel (n) masing-masing bulan:

$$\bar{p} = \text{jumlah produk cacat} \div \text{jumlah produksi} \quad (1)$$

$$CL = \bar{p} \quad (2)$$

$$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{(\bar{p}(1-\bar{p})/n)} \quad (3)$$

$$LCL = \bar{p} - 3\sqrt{(\bar{p}(1-\bar{p})/n)} \quad (4)$$

Diagram Fishbone

Diagram *fishbone* menelusuri akar penyebab suatu masalah dengan mengelompokkan faktor ke dalam kategori manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan [6]. Alat ini digunakan untuk mengidentifikasi faktor-faktor yang melatarbelakangi rijek dominan pada proses *hot forging*.

Failure Mode and Effects Analysis (FMEA)

FMEA adalah metode untuk mengidentifikasi dan mengevaluasi kegagalan potensial pada proses, desain, atau sistem, lalu menetapkan prioritas penanganan berdasarkan tingkat risikonya [7]. Metode ini pertama digunakan di lingkungan militer Amerika Serikat pada tahun 1940-an dan kemudian diadopsi secara luas dalam industri manufaktur [8]. FMEA dikategorikan menjadi *Design FMEA* (DFMEA) yang fokus pada karakteristik desain, dan *Process FMEA* (PFMEA) yang fokus pada proses produksi. Manfaatnya mencakup peningkatan keamanan produk, kepuasan pelanggan, dan efisiensi biaya pengembangan [9].

Setiap mode kegagalan dinilai berdasarkan tiga aspek: keparahan dampak (*Severity*, S), frekuensi kemunculan (*Occurrence*, O), dan kemampuan deteksi yang sudah berjalan (*Detection*, D), masing-masing pada skala 1–10 [10], [11]. Ketiganya dikalikan untuk memperoleh nilai *Risk Priority Number* (RPN) [9]:

$$RPN = \text{Severity} \times \text{Occurrence} \times \text{Detection} \quad (5)$$

Mode kegagalan dengan RPN tertinggi mendapat prioritas perbaikan pertama.

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Variabel bebas dalam penelitian ini adalah faktor-faktor penyebab kegagalan proses hot forging yang dikelompokkan ke dalam lima kategori FMEA, yaitu manusia, mesin, metode, material, dan lingkungan. Variabel terikat adalah jumlah dan persentase rijek bulanan serta nilai Risk Priority Number (RPN) yang dihasilkan dari perkalian Severity, Occurrence, dan Detection. Variabel kontrol meliputi jenis produk (underbracket tipe HK2F0-505, kode order HA-K1A), mesin forging yang digunakan (Sanes 1000 ton), serta periode pengumpulan data (Januari–Desember 2025), yang dijaga tetap konsisten agar hasil analisis SPC dan FMEA dapat dibandingkan antarbulan secara valid.

PEMBAHASAN

Hasil SPC

Rekapitulasi Data Produksi dan Rijek

Tabel 2 merinci jumlah produksi dan rijek per bulan beserta jenis cacatnya: *Setting*, M.Forging, dan *Underfill*.

Tabel 2. Rekapitulasi produksi dan jenis rijek *underbracket* Januari–Desember 2025

Bulan	Produksi (pcs)	Rijek	Rijek (%)	Setting	M.Forging	Underfill
Januari	61.356	232	0,38%	25	163	44
Februari	74.580	355	0,48%	38	235	82
Maret	96.600	1.081	1,12%	85	865	131
April	38.984	214	0,58%	20	126	68
Mei	62.666	260	0,38%	28	187	45
Juni	65.885	223	0,34%	19	184	20
Juli	49.837	173	0,35%	21	101	51
Agustus	38.068	98	0,26%	10	65	23
September	53.729	106	0,20%	18	66	22
Oktober	24.163	40	0,17%	9	31	0
November	71.301	178	0,25%	21	132	25
Desember	59.450	188	0,32%	29	150	9
Total	**696.619**	**3.148**	**0,45%**	**323**	**2.305**	**520**

Dari 696.619 unit yang diproduksi, 3.148 unit mengalami cacat. Rijek M.Forging yaitu cacat akibat produk tidak terbentuk sempurna saat penempaan menggunakan mesin Sanes 1000 ton tercatat sebanyak 2.305 unit, menjadikannya jenis cacat paling banyak muncul sepanjang periode pengamatan.

Histogram



Gambar 2. Histogram persentase rijek berdasarkan jenis

eISSN 2685-9319

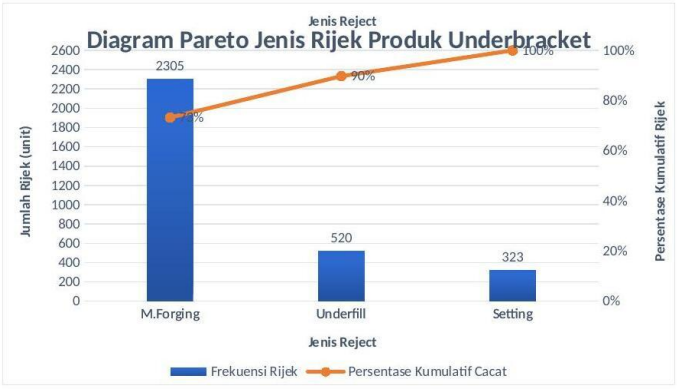
© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Gambar 2 memperlihatkan bahwa M.Forging menguasai 73% dari total rijek, jauh di atas *Underfill* (17%) dan *Setting* (10%). Selisih yang besar ini mengindikasikan sumber masalah terkonsentrasi pada tahap pembentukan di mesin *forging*, bukan pada proses sebelum atau sesudahnya.

Diagram Pareto

Tabel 3. Frekuensi dan persentase kumulatif jenis rijek

No	Jenis Rijek	Jumlah Rijek	Frekuensi Kumulatif	Persentase Kumulatif
1	M.Forging	2.305	2.305	73,22%
2	Underfill	520	2.825	16,52%
3	Setting	323	3.148	10,26%
	Total	**3.148**		**100,00%**



Berdasarkan diagram Pareto pada Gambar 4.3, jenis rijek dengan

Gambar 3. Diagram Pareto jenis rijek produk *underbracket*

Tabel 3 dan Gambar 3 memperkuat temuan histogram. M.Forging saja menyumbang 73,22% rijek, dan jika digabungkan dengan *Underfill*, keduanya mencapai 89,74% dari total. Berdasarkan prinsip Pareto, M.Forging merupakan satu-satunya jenis rijek yang perlu menjadi fokus analisis FMEA berikutnya.

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Peta Kendali p

$$\bar{p} = \frac{232}{61.356} = 0{,}0038 \quad (6)$$

Center Line dihitung dari proporsi rijek keseluruhan:

$$CL = \bar{p} = \frac{3.148}{696.619} = 0{,}0045 \quad (7)$$

Batas kendali bulan Januari:

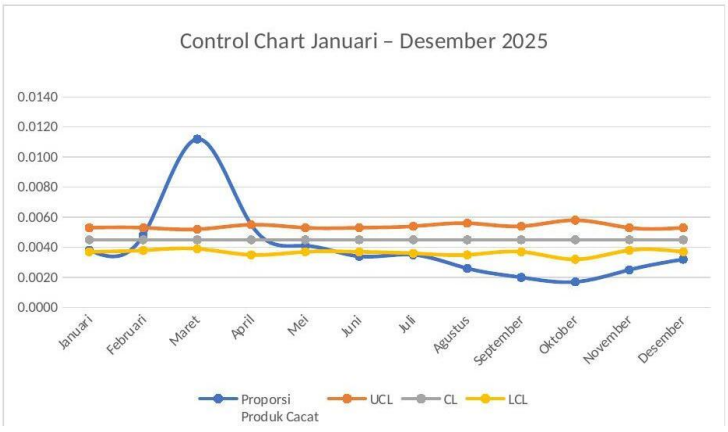
$$UCL = 0{,}0045 + 3\sqrt{\frac{0{,}0045(1-0{,}0045)}{61.356}} = 0{,}0053 \quad (8)$$

$$LCL = 0{,}0045 - 3\sqrt{\frac{0{,}0045(1-0{,}0045)}{61.356}} = 0{,}0037 \quad (9)$$

Perhitungan yang sama diterapkan untuk seluruh bulan, dengan hasil pada Tabel 4.

Tabel 4. Batas kendali peta p Januari–Desember 2025

No	Bulan	Produksi	Rijek	Proporsi	UCL	CL	LCL
1	Januari	61.356	232	0,0038	0,0053	0,0045	0,0037
2	Februari	74.580	355	0,0048	0,0053	0,0045	0,0038
3	Maret	96.600	1.081	0,0112	0,0052	0,0045	0,0039
4	April	38.984	214	0,0055	0,0055	0,0045	0,0035
5	Mei	62.666	260	0,0041	0,0053	0,0045	0,0037
6	Juni	65.885	223	0,0034	0,0053	0,0045	0,0037
7	Juli	49.837	173	0,0035	0,0054	0,0045	0,0036
8	Agustus	38.068	98	0,0026	0,0056	0,0045	0,0035
9	September	53.729	106	0,0020	0,0054	0,0045	0,0037
10	Oktober	24.163	40	0,0017	0,0058	0,0045	0,0032
11	November	71.301	178	0,0025	0,0053	0,0045	0,0038
12	Desember	59.450	188	0,0032	0,0053	0,0045	0,0037



Gambar 4. Peta kendali p Januari–Desember 2025

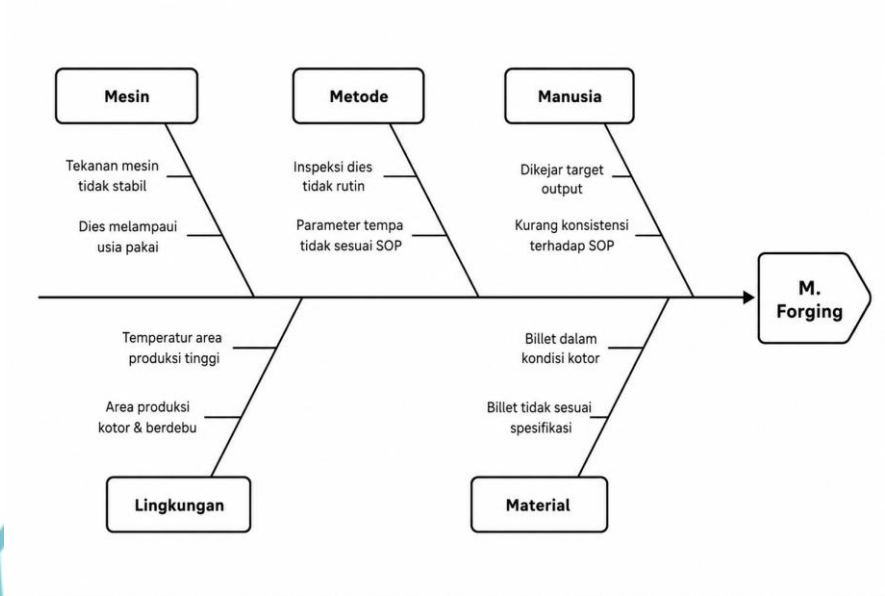
Dari 12 titik data, hanya 3 bulan (Januari, Februari, April) yang berada dalam batas kendali. Bulan Maret melampaui UCL dengan proporsi 0,0112 jauh di atas UCL-nya 0,0052, sedangkan 8 bulan lainnya turun di bawah LCL. Proses *hot forging underbracket* selama 2025 belum stabil, dengan lonjakan rijek terbesar terjadi pada kuartal pertama. Kondisi ini memperkuat perlunya FMEA untuk menelusuri akar penyebabnya.

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Hasil FMEA

Analisis FMEA difokuskan pada rijek M.Forging. Faktor penyebab dikelompokkan ke dalam lima kategori berdasarkan wawancara dengan kepala produksi, seperti disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Diagram *fishbone* rijek M.Forging

Tabel 5. Hasil FMEA rijek M.Forging

No	Kategori	Efek Kegagalan	S	Penyebab Kegagalan	O	Kontrol Saat Ini	D	RPN
1	Manusia	Geometri produk tidak sesuai spesifikasi	7	Operator kurang konsisten menjalankan SOP hot forging	5	Pengawasan aktif kepala produksi terhadap kinerja operator	7	245
				Operator mengejar target output sehingga melewati prosedur tempa	4	Evaluasi target produksi harian disertai sistem reward-punishment	6	168
2	Mesin	Hasil tempa tidak terbentuk sempurna	7	Dies melampaui batas usia pakai (over lifetime)	5	Pemantauan jumlah shot dan jadwal penggantian dies berkala	6	210
				Tekanan mesin tempa tidak stabil saat proses berlangsung	4	Kalibrasi tekanan mesin sebelum produksi	5	140
3	Metode	Aliran material tidak merata dalam cetakan	6	Parameter proses tempa tidak sesuai SOP	4	Pemeriksaan parameter mesin sebelum dan selama produksi	5	120
				Inspeksi kondisi dies tidak dilakukan rutin sebelum produksi	4	Penerapan checklist inspeksi dies tiap awal shift	4	96
4	Material	Aliran logam tidak sempurna saat tempa	5	Billet dalam kondisi kotor sebelum proses tempa	4	Pembersihan billet sebelum preheating	4	80
				Billet tidak memenuhi spesifikasi dimensi/komposisi	3	Inspeksi incoming material dan verifikasi sertifikat bahan	4	60
5	Lingkungan	Konsistensi proses dan umur dies menurun	4	Temperatur area produksi terlalu tinggi	4	Perawatan exhaust dan sirkulasi udara	5	80
				Area produksi kotor dan berdebu	3	Pembersihan area tiap pergantian shift	4	48

RPN tertinggi (245) jatuh pada faktor manusia: kurangnya konsistensi operator menjalankan SOP. Tekanan target output harian mendorong operator melewati tahapan proses yang seharusnya dilakukan dengan teliti. *Dies* yang melampaui usia pakai menempati urutan kedua (RPN 210). *Dies* yang aus tidak lagi mampu membentuk geometri *underbracket* sesuai spesifikasi, dan masalah ini diperburuk oleh tekanan mesin yang tidak stabil (RPN 140).

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

Faktor metode, material, dan lingkungan menghasilkan RPN lebih rendah antara 48 hingga 120, tetapi tetap perlu ditangani agar tidak memperburuk kondisi proses secara kumulatif.

Pola dominasi faktor manusia dan mesin pada hasil FMEA ini sejalan dengan temuan Hanum pada proses finishing baseplate, yang juga menempatkan faktor operasional dan mesin sebagai penyumbang RPN tertinggi meskipun jenis produk dan prosesnya berbeda [9]. Namun demikian, urutan prioritas pada penelitian ini berbeda dengan hasil Alifka dan Apriliani pada produk garmen, yang justru menempatkan faktor metode sebagai penyumbang cacat terbesar [10]. Perbedaan ini wajar mengingat proses hot forging melibatkan interaksi panas, tekanan, dan keausan dies yang tidak dijumpai pada proses finishing atau perakitan garmen, sehingga kontribusi faktor manusia dan mesin terhadap variasi kualitas produk menjadi lebih dominan.

Dua tindakan prioritas yang diusulkan adalah: (1) penerapan pengawasan aktif kepala produksi tiap *shift* untuk memastikan operator mengikuti prosedur tempa, disertai evaluasi target produksi harian agar tidak menyerbankan ketelitian proses; dan (2) sistem pemantauan jumlah *shot* per *dies* dengan jadwal penggantian terencana sebelum *dies* mencapai batas usia pakainya.

Usulan Formulir Verifikasi Mesin Hammer

Sebagai output konkret dari analisis FMEA, kedua tindakan prioritas tersebut dituangkan ke dalam formulir verifikasi mesin hammer terintegrasi FMEA (Tabel 6). Formulir ini menurunkan penilaian pada Tabel 5 ke level komponen mesin yang diperiksa operator setiap kali verifikasi dilakukan, masing-masing dengan skor Severity (S), Occurrence (O), dan Detection (D) tersendiri.

Tabel 6. Usulan formulir verifikasi mesin hammer terintegrasi FMEA

No	Item Pemeriksaan	S	O	D	RPN	Keterangan
1	Bersihkan sleeding ram dari kotoran	5	4	3	60	Pembersihan rutin dengan majun bersih
2	Periksa celah sleeding ram (0,0–0,5 mm)	6	4	3	72	Adjustment jika celah > 0,5 mm
3	Periksa presisi dies atas-bawah (90°)	5	4	2	40	Pastikan posisi dies sentris sebelum dikunci
4	Periksa stoper/slot/pasak kanan-kiri	5	4	3	60	Pastikan pengunci stoper terpasang kuat
5	Periksa stoper/slot/pasak depan-belakang	4	3	2	24	Pastikan pengunci stoper terpasang kuat
6	Periksa baut stoper kanan-kiri	5	3	2	30	Pastikan pengunci stoper terpasang kuat
7	Periksa baut stoper depan-belakang	4	2	1	8	Kencangkan baut jika terasa longgar
8	Periksa block/protector dies	5	3	2	30	Ganti protector jika ditemukan keausan
9	Periksa bolster/meja mesin hammer	5	3	3	45	Ganti protector jika ditemukan keausan
10	Periksa ram atas mesin hammer	5	4	2	40	Bersihkan dari serpihan logam sisa forging
	Rata-rata	**4,9**	**3,4**	**2,3**	**40,9**	**Monitor suhu permukaan ram secara visual**

Skor tertinggi terletak pada pemeriksaan celah sleeding ram (RPN 72), diikuti kebersihan sleeding ram dan pemeriksaan stoper kanan-kiri (RPN 60) — ketiganya komponen yang bergerak setiap siklus tempa, sejalan dengan dominasi faktor manusia dan mesin pada Tabel 5. Uji coba di lapangan menunjukkan manfaatnya secara langsung: pada satu sesi verifikasi, mesin hammer sempat macet saat produksi berjalan, dan penelusuran menggunakan poin-poin pada Tabel 6 menunjukkan penyebabnya adalah pemeriksaan yang tidak dilakukan lengkap sebelum produksi dimulai. Mesin baru dinyatakan layak produksi setelah seluruh sepuluh poin pada formulir ini diperiksa tanpa ditemukan ketidaknormalan.

Jika kedua tindakan prioritas tersebut diterapkan secara konsisten, potensi penurunan rijek M.Forging dapat diperkirakan dari kontribusi kedua penyebab utamanya. Faktor kurangnya konsistensi operator dan dies yang melampaui usia pakai bersama-sama mendasari sebagian besar kasus M.Forging sepanjang 2025,

eISSN 2685-9319

sehingga pengawasan aktif per shift dan penjadwalan penggantian dies berbasis jumlah shot berpotensi menekan rijek jenis ini mendekati level bulan-bulan dengan kondisi terkendali, seperti September dan Oktober, yang berada di bawah 0,2%. Penurunan tersebut berimplikasi langsung pada penurunan downtime mesin yang selama ini rata-rata mencapai 74,2 jam per bulan. Dari sisi kapabilitas proses, stabilnya proporsi rijek di sekitar center line akan memperkecil rentang UCL-LCL pada peta kendali p bulan-bulan berikutnya, yang menandakan proses hot forging underbracket semakin terkendali secara statistik dan efisiensi lini produksi meningkat karena berkurangnya waktu henti akibat perbaikan dan penggantian dies mendadak.

© Hak Cipta Politeknik Negeri Jakarta

Hak Cipta :

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
   a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
   b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

KESIMPULAN

Dari 696.619 unit *underbracket* yang diproduksi di PT. Intermesindo Forging Prima sepanjang Januari–Desember 2025, tercatat 3.148 unit rijek (0,45%). Rijek M.Forging mendominasi dengan proporsi 73,22% dari total cacat.

Peta kendali p menunjukkan proses belum stabil: satu bulan (Maret) melampaui UCL, dan delapan bulan lainnya berada di bawah LCL. Hanya tiga bulan yang masuk dalam batas kendali yang ditetapkan.

Analisis FMEA terhadap rijek M.Forging menghasilkan RPN tertinggi pada faktor kurangnya konsistensi operator menjalankan SOP (RPN 245), diikuti *dies* yang melampaui usia pakai (RPN 210). Perbaikan diarahkan pada penguatan pengawasan kerja operator per *shift* dan penerapan jadwal penggantian *dies* berbasis jumlah *shot*.

Hasil ini menunjukkan bahwa penerapan SPC dan FMEA secara berurutan mampu menjawab tujuan penelitian, yaitu memetakan pola cacat dominan sekaligus merumuskan prioritas perbaikan berbasis akar penyebab pada proses hot forging underbracket, sekaligus melengkapi kajian SPC-FMEA terdahulu yang belum menyentuh komponen struktural kendaraan roda dua.

eISSN 2685-9319

© Hak Cipta milik Politeknik Negeri Jakarta
Hak Cipta :
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penulisan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah.
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar Politeknik Negeri Jakarta
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin Politeknik Negeri Jakarta

REFERENSI

[1] M. Hawryluk, S. Polak, M. Rychlik, Ł. Dudkiewicz, J. Borowski, and M. Suliga, "Possibilities of measuring and detecting defects of forged parts in die hot-forging processes," *Materials*, vol. 17, no. 1, p. 213, 2024, doi: 10.3390/ma17010213.

[2] N. Rajendran, C. C. Yurgel, W. Z. Misiolek, and R. Alves de Sousa, "Hot forging die design optimization using FEM analysis for near-net forming of 18CrNiMo7-6 steel pinion shaft," *Metals*, vol. 13, no. 4, p. 815, 2023, doi: 10.3390/met13040815.

[3] A. A. Emamverdian, Y. Sun, C. Cao, C. Pruncu, and Y. Wang, "Current failure mechanisms and treatment methods of hot forging tools (dies) - a review," *Eng. Fail. Anal.*, vol. 129, no. 100, pp. 1–39, 2021, doi: 10.1016/j.engfailanal.2021.105678.

[4] Luthfi Alleyda Fadhlullah and Joko Purwadi, "Analisis Pengendalian Kualitas Produksi Beras Dengan Metode Statistical Process Control (Spc)," *J. Ilm. Mat.*, vol. 11, no. 2, pp. 110–123, 2025, doi: 10.26555/jim.v11i2.30893.

[5] F. R. Sorianoa, P. C. Oprimeb, and F. L. Lizarellib, "Impact analysis of critical success factors on the benefits from statistical process control implementation," *Production*, vol. 27, pp. 1–13, 2017, doi: 10.1590/0103-6513.204016.

[6] S. A. Pratama, M. Fahreza, and M. K. Hidayat, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode SQC Dan Kaizen Pada PT. Laksana Tekhnik Makmur," *IMTechno J. Ind. Manag. Technol.*, vol. 6, no. 1, pp. 1–8, 2025, doi: 10.31294/imtechno.v6i1.5388.

[7] A. Wicaksono, E. Dhartikasari Priyana, and Y. Pandu Nugroho, "Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Failure Mode and Effects Analysis (FMEA) Pada Pompa Sentrifugal Di PT. X," *J. Tek. Ind. J. Has. Penelit. dan Karya Ilm. dalam Bid. Tek. Ind.*, vol. 9, no. 1, p. 177, 2023, doi: 10.24014/jti.v9i1.22233.

[8] R. F. Fernandi, "Analisis Resiko Kegagalan Proses Kain jadi Polyester Menggunakan Metode FMEA pada PT XYZ Karawang," *Syntax Idea*, vol. 4, no. 6, pp. 941–950, 2022, doi: 10.46799/syntax-idea.v4i6.1854.

[9] B. Hanum, "Quality control analysis of metal baseplate finishing process using Statistical Process Control (SPC) and Failure Mode and Effect Analysis (FMEA): A case study of Indonesia company," *Int. J. Sci. Appl. Res.*, vol. 2, no. 6, pp. 9–18, 2022, doi: 10.54756/IJSAR.2022.V2.i6.2.

[10] K. P. Alifka and F. Apriliani, "Analisis Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode Statistical Process Control (SPC) dan Failure Mode and Effect Analysis (FMEA)," *Factory J. Ind. Manaj. dan Rekayasa Sist. Ind.*, vol. 2, no. 3, pp. 97–118, 2024, doi: 10.56211/factory.v2i3.486.

[11] R. Wolniak, "Problems of use of FMEA method in industrial enterprise," *Prod. Eng. Arch.*, vol. 23, no. 23, pp. 12–17, 2019.