



Analisis Dan Perbaikan Penyebab Cacat Produk Bearing Menggunakan Metode PCA (*Principal Component Analysis*) Di PT NSBM Indonesia

Ilham Firmansyah^{1*}, Ahcmad Fauzan², Erwin Barita Maniur Tambunan²

¹ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta
Raya

² Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta
Raya

³ Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Bhayangkara Jakarta
Raya

*Penulis Korespondensi: 202210215156@mhs.ubharajaya.ac.id

Abstract. *This study aims to identify the dominant factors causing bearing product defects and evaluate the effectiveness of corrective actions on Line F2 at PT. NSBM Indonesia. The study uses a comparative case study approach utilizing production data from March to August 2025, which includes production volume, defect types (shield dented and seal scratch), process parameters, and machine maintenance data. The analysis was conducted using Principal Component Analysis (PCA) to reduce the variables causing defects. The PCA results showed two main components with a cumulative variance contribution of 66.34%, where PC1 (40.13%) was influenced by machine condition, process parameters, and work methods, while PC2 (26.21%) was influenced by operator and work environment factors. Based on these results, corrective actions were focused on improving machine conditions, standardizing process parameters, and strengthening work methods and maintenance. Evaluation after countermeasure implementation showed a 100% reduction in defect rates, achieving zero defects. The results of this study prove that the combination of the PCA method and countermeasures is effective in improving the quality and control of the bearing production process in a sustainable manner.*

Keywords: *Bearing, Product Defects, Principal Component Analysis (PCA), Countermeasure, Quality Control.*

Abstrak. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi faktor dominan penyebab cacat produk bearing serta mengevaluasi efektivitas tindakan perbaikan pada Line F2 PT. NSBM Indonesia. Penelitian menggunakan pendekatan studi kasus komparatif dengan memanfaatkan data produksi periode Maret–Agustus 2025 yang mencakup jumlah produksi, jenis cacat (*shield dented* dan *seal scratch*), parameter proses, serta data perawatan mesin. Analisis dilakukan menggunakan *Principal Component Analysis* (PCA) untuk mereduksi variabel penyebab cacat. Hasil PCA menunjukkan dua komponen utama dengan kontribusi varians kumulatif sebesar 66,34%, di mana PC1 (40,13%) dipengaruhi oleh kondisi mesin, parameter proses, dan metode kerja, sedangkan PC2 (26,21%) dipengaruhi oleh faktor operator dan lingkungan kerja. Berdasarkan hasil tersebut, tindakan perbaikan difokuskan pada peningkatan kondisi mesin, standarisasi parameter proses, serta penguatan metode kerja dan pemeliharaan. Evaluasi setelah implementasi *countermeasure* menunjukkan penurunan tingkat kecacatan sebesar 100% hingga mencapai *zero defect*. Hasil penelitian membuktikan bahwa kombinasi metode PCA dan *countermeasure* efektif dalam meningkatkan kualitas dan pengendalian proses produksi bearing secara berkelanjutan.

Kata kunci: Bearing, Cacat Produk, *Principal Component Analysis* (PCA), *Countermeasure*, Pengendalian Kualitas

1. LATAR BELAKANG

Perkembangan globalisasi dan kemajuan teknologi informasi telah mendorong peningkatan persaingan industri secara signifikan, baik pada tingkat regional maupun internasional. Kondisi tersebut menuntut perusahaan manufaktur di Indonesia untuk

menerapkan sistem manajemen yang efektif untuk mempertahankan daya saing. Salah satu faktor kunci dalam meningkatkan persaingan pasar adalah kualitas produk. Berdasarkan sudut pandang konsumen, produk dikatakan berkualitas apabila mampu memenuhi kebutuhan dan harapan sesuai dengan fungsinya, sedangkan dari sisi produsen, kualitas diartikan sebagai kesesuaian produk terhadap standar spesifikasi yang telah ditetapkan. Dengan demikian, kualitas produk mencerminkan keberhasilan proses produksi sekaligus menjadi indikator kepercayaan pelanggan terhadap perusahaan.

PT. NSBM Indonesia merupakan perusahaan manufaktur yang memproduksi komponen otomotif, salah satunya bearing. Bearing memiliki peran vital sebagai elemen mesin yang memungkinkan pergerakan dan perputaran komponen secara presisi, sehingga kualitasnya sangat menentukan kinerja dan keandalan kendaraan. Dalam proses produksinya, bearing melewati beberapa tahapan pada line F1, F2, dan F3 yang saling berkesinambungan. Setiap tahapan memiliki potensi terjadinya cacat produk yang dapat berdampak pada peningkatan biaya produksi, penurunan produktivitas, serta berkurangnya kepercayaan pelanggan.

Berdasarkan data produksi periode Maret hingga Agustus 2025, ditemukan jumlah kecacatan produk yang cukup signifikan dan bahkan melebihi batas maksimum yang ditetapkan perusahaan sebesar 2%. Total kecacatan selama periode tersebut mencapai 594 pcs dengan estimasi kerugian finansial sebesar Rp21.175.000. Lonjakan kecacatan terutama terjadi pada bulan Juni hingga Agustus 2025. Jenis cacat dominan yang muncul secara konsisten adalah *shield dented* dan *seal scratch*. Line F2 tercatat sebagai line dengan jumlah cacat tertinggi dibandingkan line lainnya, yang mengakibatkan tidak tercapainya target produksi dan menurunnya efektivitas pencapaian output.

Analisis kesenjangan (*gap analysis*) antara kondisi yang diharapkan dan kondisi aktual menunjukkan adanya perbedaan signifikan pada aspek tingkat kecacatan, stabilitas proses produksi, frekuensi pergantian seal, serta pencapaian target kualitas bulanan. Selain itu, faktor penyebab cacat belum teridentifikasi secara sistematis dan terstruktur. Kondisi ini mengindikasikan adanya permasalahan proses yang bersifat sistemik, sehingga diperlukan pendekatan analitis yang mampu mereduksi kompleksitas variabel penyebab dan mengidentifikasi faktor dominan secara objektif.

Salah satu metode yang relevan untuk mengatasi permasalahan tersebut adalah *Principal Component Analysis (PCA)*. Menurut Ian T. Jolliffe (2016), PCA merupakan teknik statistik yang mentransformasikan sekumpulan variabel menjadi kombinasi linear baru yang saling ortogonal untuk memaksimalkan variasi data pada komponen utama. Metode ini efektif dalam mereduksi dimensi data serta mengidentifikasi pola dominan dalam suatu fenomena. Penelitian yang dilakukan oleh Saepurohman (2019) menunjukkan bahwa PCA mampu mengatasi permasalahan multikolinearitas melalui pembentukan komponen utama. Sementara itu, penelitian Sigalingging (2026) membuktikan bahwa PCA efektif mereduksi kompleksitas variabel dan menjelaskan sebagian besar variansi data dalam dua komponen utama.

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini bertujuan untuk pertama, Mengidentifikasi dan menganalisis penyebab utama terjadinya produk cacat pada proses produksi bearing dengan menggunakan metode *Principal Component Analysis (PCA)*. Kedua, Menentukan tindakan perbaikan yang dapat diterapkan pada proses produksi bearing berdasarkan hasil analisis *Principal Component Analysis (PCA)* guna mengurangi tingkat produk cacat. Ketiga, Mengevaluasi efektivitas penerapan metode *Principal Component Analysis (PCA)* serta tindakan perbaikan yang dilakukan terhadap peningkatan kualitas produksi bearing yang ditinjau dari penurunan jumlah dan persentase produk cacat.

2. KAJIAN TEORITIS

Mesin Produksi

Mesin produksi merupakan elemen utama dalam sistem manufaktur yang berfungsi mengubah bahan baku menjadi produk jadi sesuai spesifikasi. Kinerja mesin dipengaruhi oleh kondisi teknis seperti getaran, suhu, tekanan, keausan komponen, serta stabilitas sensor dan sistem kontrol. Ketidaksesuaian parameter tersebut dapat menyebabkan penyimpangan mutu dan meningkatnya jumlah produk cacat. Oleh karena itu, pemeliharaan, kalibrasi, dan monitoring performa mesin menjadi faktor krusial dalam menjaga konsistensi kualitas produksi.

Proses Produksi

Proses produksi adalah rangkaian aktivitas terstruktur yang melibatkan mesin, metode kerja, material, dan tenaga kerja untuk menghasilkan produk. Parameter seperti waktu proses, kecepatan putaran, tekanan, dan suhu operasi harus dikendalikan agar

sesuai standar. Variasi yang tidak terkendali dalam proses dapat memicu cacat produk. Dengan demikian, stabilitas dan standarisasi proses menjadi fondasi dalam pencapaian mutu yang optimal.

Kualitas

Kualitas merupakan tingkat kesesuaian produk terhadap standar atau spesifikasi yang telah ditetapkan. Produk dikatakan berkualitas apabila memenuhi persyaratan teknis, fungsional, dan kebutuhan pelanggan. Dalam konteks manufaktur, kualitas tidak hanya berkaitan dengan hasil akhir, tetapi juga konsistensi proses yang menghasilkan produk tersebut. Penyimpangan kecil dalam parameter produksi dapat berdampak signifikan terhadap mutu produk akhir.

Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah upaya sistematis untuk memastikan bahwa proses produksi berjalan sesuai standar sehingga menghasilkan produk yang memenuhi spesifikasi. Kegiatan ini mencakup pengawasan parameter proses, inspeksi produk, serta analisis data produksi. Tujuan utama pengendalian kualitas adalah mengurangi variasi, meminimalkan cacat, dan meningkatkan efisiensi operasional.

Pendekatan Pengendalian

Pendekatan pengendalian kualitas dapat dilakukan melalui analisis berbasis data untuk mengidentifikasi sumber variasi dan penyebab cacat. Pendekatan ini menekankan identifikasi faktor dominan, analisis akar penyebab, serta tindakan korektif dan preventif. Dengan pendekatan yang sistematis, perusahaan dapat memfokuskan sumber daya pada faktor yang paling berpengaruh terhadap mutu.

Sistem Manajemen Mutu

Sistem manajemen mutu merupakan kerangka kerja terstruktur yang mengintegrasikan kebijakan, prosedur, dan standar untuk menjamin konsistensi kualitas. Sistem ini mendorong perbaikan berkelanjutan (*continuous improvement*) melalui evaluasi kinerja, dokumentasi, serta standarisasi proses. Implementasi sistem manajemen mutu yang efektif membantu perusahaan dalam mengendalikan risiko, meningkatkan efisiensi, dan menjaga daya saing.

Principal Component Analysis (PCA)

Principal Component Analysis (PCA) adalah metode statistik multivariat yang digunakan untuk mereduksi dimensi data dengan tetap mempertahankan informasi utama.

Secara matematis, PCA dilakukan dengan mencari nilai eigen dan vektor eigen dari matriks kovarians. Rumus umum PCA adalah:

$$Z = XW$$

di mana X adalah matriks data terstandarisasi, W adalah matriks vektor eigen, dan Z adalah komponen utama. Setiap komponen merupakan kombinasi linear dari variabel asal.

Dalam penelitian ini, PCA digunakan untuk mengelompokkan variabel seperti waktu proses, jumlah cacat, parameter mesin, dan faktor operator ke dalam faktor utama, misalnya faktor mesin, faktor proses, dan faktor manusia. Metode ini membantu mengidentifikasi variabel dominan penyebab cacat produk secara lebih efisien.

Countermeasure

Countermeasure merupakan tindakan korektif dan preventif yang dirancang untuk menghilangkan akar penyebab masalah serta mencegah terulangnya kembali. Tahapannya meliputi identifikasi masalah, analisis akar penyebab, penyusunan rencana tindakan, implementasi, evaluasi efektivitas, serta standarisasi. Dalam industri manufaktur, *countermeasure* dapat berupa kalibrasi mesin, perbaikan prosedur, atau pelatihan operator untuk menekan tingkat kecacatan.

Metode 5 Whys

Metode 5 *Whys* adalah teknik analisis akar penyebab dengan mengajukan pertanyaan “mengapa” secara berulang hingga ditemukan sumber masalah yang mendasar. Teknik ini membandingkan kondisi aktual dengan standar, lalu menelusuri penyimpangan secara bertahap. Dalam penelitian ini, 5 *Whys* digunakan untuk memperdalam hasil analisis PCA sehingga tindakan *countermeasure* yang disusun lebih tepat sasaran dan berkelanjutan.

3. METODE PENELITIAN

Metode penelitian yang digunakan adalah studi komparatif dengan pendekatan studi kasus yang difokuskan pada proses produksi bearing di PT. NSBM Indonesia yang berlokasi di Kawasan Industri MM2100 Cibitung, Bekasi, Jawa Barat. Penelitian dilakukan secara mendalam dan terstruktur terhadap lini produksi bearing, khususnya pada cacat produk berupa *shield dented* dan *seal scratch* selama periode Maret hingga Agustus 2025. Data yang digunakan meliputi data produksi, data jumlah dan jenis cacat, parameter proses (suhu, tekanan, kecepatan, getaran, waktu operasi), serta catatan

perawatan mesin. Penelitian ini bersifat komparatif-deskriptif karena tidak hanya menggambarkan kondisi aktual di lapangan, tetapi juga membandingkan tingkat kecacatan sebelum dan sesudah penerapan metode perbaikan untuk menilai efektivitasnya dalam meningkatkan kualitas proses produksi. Teknik pengumpulan data dilakukan melalui penelitian lapangan dan studi literatur. Penelitian lapangan mencakup observasi langsung terhadap proses produksi serta wawancara dengan pihak terkait, yaitu supervisor produksi, leader produksi, *staff quality control*, dan operator. Wawancara dilakukan secara terstruktur untuk menggali informasi mengenai kestabilan proses, faktor dominan penyebab produk *non good* (NG), performa mesin, penerapan SOP, serta metode inspeksi kualitas. Selain itu, dibentuk tim brainstorming yang terdiri dari unsur produksi dan *quality control* untuk memperkuat analisis penyebab masalah dan penyusunan tindakan perbaikan. Studi literatur dilakukan dengan menelaah buku dan jurnal yang relevan terkait pengendalian kualitas, *Principal Component Analysis* (PCA), *Countermeasure*, dan metode *5 Whys* sebagai dasar teoritis dan analitis penelitian.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengumpulan Data

Tabel 1 Data Jumlah Cacat Produk periode 2025

LINE F1, F2, F3									
Bulan	No Grease	Grease Low	Grease High	Seal Scratch	Shield Dented	Shield Open	Innering Sealipe	Outring Sealipe	Total (Pcs)
Maret	0	3	3	32	31	1	3	1	75
April	3	3	2	36	37	3	3	1	88
Mei	3	4	3	29	34	4	3	1	81
Juni	4	4	3	47	47	1	2	2	110
Juli	5	3	3	48	58	4	2	2	125
Agustus	3	4	4	49	49	3	3	3	115

Jumlah Cacat : 594 Pcs

Sumber: Data Analisis

Berdasarkan rekapitulasi data kecacatan produk bearing tahun 2025 pada Tabel 1, tercatat bahwa total produk cacat mencapai 594 unit. Temuan tersebut menjadi dasar dilakukannya analisis lanjutan menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) agar proses pengolahan data lebih sistematis, terfokus, dan menghasilkan kesimpulan yang konsisten. Analisis difokuskan pada dua jenis cacat utama, yaitu *shield dented* dan *seal scratch*, karena keduanya secara berulang menjadi penyumbang terbesar terhadap total kecacatan serta berdampak signifikan terhadap kerugian perusahaan.

Penetapan Objek dan Fokus

Tabel 2 Variabel Analisis PCA

Kode	Variabel	Keterangan
X1	Kondisi Mesin	Stabilitas dan performa mesin produksi
X2	Parameter Proses	Tekanan, kecepatan, dan setting proses
X3	Metode Kerja	Cara dan urutan kerja operator
X4	Faktor Operator	Ketelitian dan keterampilan operator
X5	Lingkungan Kerja	Kondisi area kerja (kebersihan, suhu, dll)

Sumber: Data Analisis

Tabel 3 Loading Factor

Variabel	PC1	PC2
X1 Kondisi Mesin	0.91	0.21
X2 Parameter Proses	0.93	0.18
X3 Metode Kerja	0.89	0.32
X4 Faktor Operator	0.87	0.41
X5 Lingkungan Kerja	0.62	0.71

Sumber: Data Analisis

PC1 didominasi faktor **mesin**, **proses** dan metode kerja sedangkan PC2 dipengaruhi faktor **manusia** dan lingkungan kerja.

Interpretasi *Principal Component Analysis* (PCA)

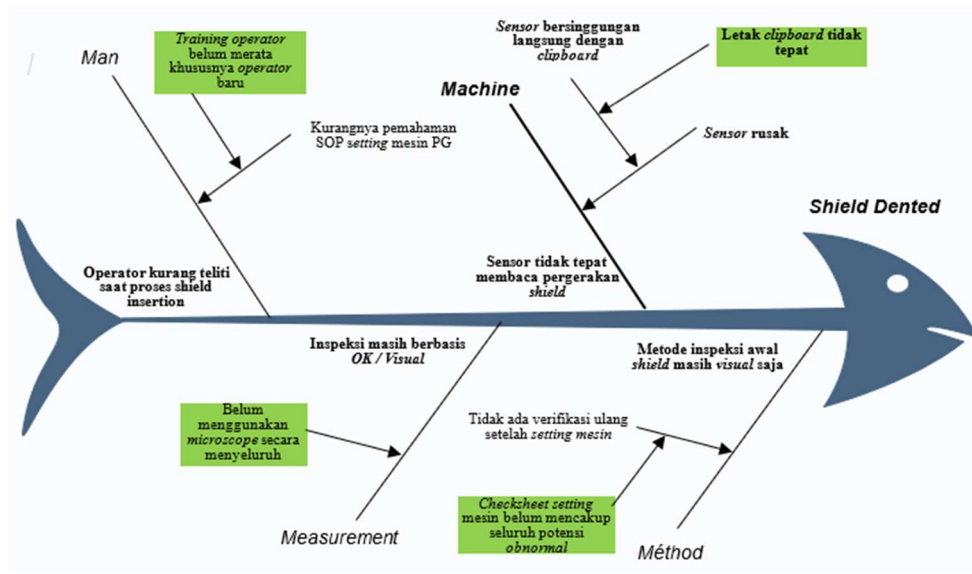
Hasil analisis menggunakan metode *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan bahwa komponen utama pertama (PC1) memiliki nilai eigenvalue paling besar dengan kontribusi varians sebesar 40,13%. Hal tersebut menandakan bahwa PC1 merupakan komponen yang paling dominan dalam menjelaskan penyebab terjadinya cacat *shield dented* dan *seal scratch* pada Line F2.

Loading factor tertinggi pada PC1 berasal dari variabel kondisi mesin, parameter proses, dan metode kerja. Temuan ini mengindikasikan bahwa aspek teknis dan operasional produksi menjadi faktor yang paling berpengaruh terhadap timbulnya kecacatan. Kondisi mesin yang kurang stabil, pengaturan parameter proses yang tidak sesuai standar, serta metode kerja yang belum sepenuhnya terdokumentasi dan terstandarisasi menjadi sumber utama munculnya cacat tersebut.

Sementara itu, komponen utama kedua (PC2) memberikan kontribusi varians sebesar 26,21% dan didominasi oleh variabel faktor operator serta lingkungan kerja. Kedua faktor ini berperan sebagai variabel pendukung yang dapat memperbesar tingkat kecacatan apabila tidak dikelola dengan baik, meskipun pengaruhnya tidak sebesar faktor mesin dan proses produksi.

Secara keseluruhan, interpretasi hasil PCA menunjukkan bahwa prioritas tindakan perbaikan perlu difokuskan pada peningkatan performa dan kestabilan mesin, pengendalian parameter proses, serta standarisasi metode kerja. Adapun faktor operator dan lingkungan kerja tetap perlu dikendalikan secara konsisten sebagai faktor pendukung agar upaya peningkatan kualitas dapat berlangsung secara optimal dan berkelanjutan.

Analisis Akar Masalah *Shield Dented* Menggunakan Diagram *Fishbone*



Gambar 1 Diagram *Fishbone*

Sumber: Data Analisis

Berdasarkan hasil identifikasi menggunakan diagram *fishbone*, faktor mesin menjadi salah satu penyebab utama terjadinya cacat *shield dented*, karena berkaitan langsung dengan proses pemasangan komponen shield pada mesin PG. Beberapa penyebab yang ditemukan meliputi posisi clipboard yang tidak tepat, sensor rusak, sensor yang tidak akurat dalam membaca pergerakan shield, serta gesekan antara sensor dan *clipboard*. Sensor yang mengalami penurunan sensitivitas atau kurang dikalibrasi dapat menyebabkan kesalahan pembacaan posisi shield sehingga pusher menekan dalam kondisi yang belum stabil dan menghasilkan tekanan tidak merata. Kerusakan sensor akibat umur pakai, gangguan listrik, atau kurangnya pemeliharaan juga menghambat deteksi posisi komponen secara akurat. Selain itu, gesekan antara sensor dan clipboard dapat mengubah posisi sensor dan menurunkan kestabilan pembacaan. Ketidaktepatan letak *clipboard* turut menyebabkan posisi shield tidak sejajar, sehingga tekanan pusher

tidak merata dan memicu deformasi atau penyok pada komponen. Kondisi ini umumnya dipengaruhi oleh getaran mesin serta kurangnya pemeriksaan alignment secara berkala.

Berdasarkan prioritas perbaikan yang telah ditetapkan, tindakan yang diusulkan difokuskan pada peningkatan kinerja sensor dan penyesuaian posisi *clipboard*. Upaya peningkatan akurasi sensor dilakukan melalui kalibrasi berkala, pemeriksaan fungsi sebelum produksi, serta penggantian sensor yang mengalami penurunan sensitivitas. Selain itu, perbaikan posisi *clipboard* dilakukan dengan pemeriksaan *alignment* secara rutin, penambahan alat bantu *positioning*, serta pengecekan dan pengencangan komponen penjepit. Untuk mencegah gesekan antara sensor dan *clipboard*, dilakukan penyesuaian jarak, pemasangan pelindung sensor, serta inspeksi posisi sensor secara berkala. Seluruh tindakan tersebut diperkuat dengan penyusunan jadwal *preventive maintenance* dan pembersihan sensor dari debu maupun partikel guna menjaga kestabilan performa mesin dan meminimalkan potensi terjadinya cacat produk.

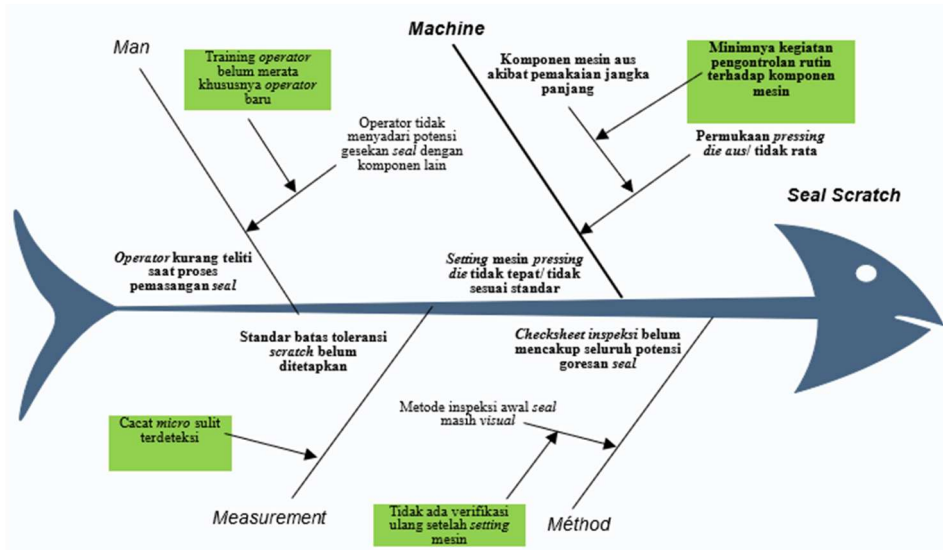
Tabel 4 Analisis 5 Why dan Countermeasure

<i>Prevention & Detection</i>	<i>Problems</i>	1(<i>Why</i>)	2(<i>Why</i>)	3(<i>Why</i>)	4(<i>Why</i>)	5(<i>Why</i>)	<i>Countermeasure</i>
<i>Prevention</i>	Terjadi <i>Shield Dented</i>	Bagian <i>Shield</i> terkena ujung <i>pusher</i> mesin PG	<i>Bearing</i> belum pada posisinya tapi <i>pusher</i> maju duluan	<i>Sensor</i> konfirmasi <i>bearing on</i> terus	Sensitifitas <i>sensor</i> berubah / bergeser sendiri	<i>Ampli</i> terbentur benda disekitarnya (<i>clipboard check sheet PG</i>)	Memindahkan posisi <i>clipboard</i> menjauhi <i>ampli</i>
					<i>Sensor on</i> terus tetapi mesin tidak <i>trouble</i>		Buat <i>interlock</i> Ketika <i>sensor on</i> terus mesin <i>trouble</i>
				<i>Sensor</i> konfirmasi tidak mendeteksi <i>bearing</i> yang saat itu didorong	Posisi <i>sensor</i> mendeteksi <i>bearing</i> dibelakangnya		Memindahkan posisi <i>sensor</i> sesuai <i>bearing</i> yang akan didorong
			Pemasangan <i>pusher</i> tidak sesuai dimensi dan posisinya	Dimensi salah / tidak sesuai			<i>Check</i> kondisi <i>pusher</i> dan perbaikan

<i>Detection</i>	<i>Shield Dented</i> lolos ke <i>next</i> proses	Sudah tidak ada <i>checker</i> pengecekan 100% setelah PG					Pastikan tidak ada potensi masalah setelah mesin ML
------------------	---	---	--	--	--	--	---

Sumber : data analisis

Analisis Akar Masalah Seal Scratch Menggunakan Diagram Fishbone



Gambar 2 Diagram Fishbone

Sumber: Data Analisis

Berdasarkan hasil analisis menggunakan diagram *fishbone*, cacat *seal scratch* dipengaruhi oleh faktor manusia, mesin, metode kerja, dan sistem pengukuran, dengan faktor mesin sebagai penyebab paling signifikan karena berhubungan langsung dengan proses pemasangan seal menggunakan sistem pressing. Permasalahan yang teridentifikasi meliputi setting mesin *pressing die* yang tidak sesuai standar, permukaan *pressing die* yang aus atau tidak rata, keausan komponen mesin akibat pemakaian jangka panjang, serta minimnya kegiatan pengontrolan rutin. Pengaturan tekanan yang tidak tepat dapat menyebabkan deformasi dan gesekan pada seal, sementara permukaan die yang aus menimbulkan tekanan tidak merata sehingga memicu goresan. Selain itu, keausan komponen mesin dapat menurunkan presisi pemasangan dan menyebabkan pergeseran posisi seal selama proses produksi. Kurangnya inspeksi dan pemeliharaan berkala memperbesar risiko perubahan tekanan dan posisi pemasangan, yang pada akhirnya meningkatkan potensi terjadinya cacat goresan pada seal.

Berdasarkan prioritas perbaikan yang telah ditetapkan, tindakan yang diusulkan difokuskan pada peningkatan kondisi *pressing die*, standarisasi pengaturan mesin, penguatan program preventive maintenance, serta penggantian komponen yang telah aus. Perbaikan kondisi *pressing die* dilakukan melalui inspeksi berkala, polishing atau perataan permukaan, penetapan batas toleransi keausan, serta penggantian die sesuai umur pemakaian. Selain itu, diperlukan standarisasi parameter tekanan pressing, penyusunan checklist setting sebelum produksi, dan verifikasi ulang setelah perubahan pengaturan mesin. Program *preventive maintenance* juga perlu diperkuat dengan jadwal pengontrolan rutin, pemeriksaan kondisi komponen secara berkala, serta peningkatan pengawasan saat proses produksi berlangsung. Komponen mesin yang telah melewati batas toleransi keausan harus segera diganti dan dicatat umur pemakaiannya untuk menjaga stabilitas proses dan mencegah terjadinya cacat seal scratch secara berulang.

Tabel 6 Analisis 5 Why dan Countermeasure

<i>Prevention & Detection</i>	<i>Problems</i>	1 (<i>Why</i>)	2 (<i>Why</i>)	3 (<i>Why</i>)	4 (<i>Why</i>)	5 (<i>Why</i>)	<i>Countermeasure</i>
<i>Prevention</i>	Ada <i>scratch</i> berbentuk radius pada <i>seal</i>	<i>Seal</i> terkena ujung/mata <i>pressing die</i> saat <i>seal insertion</i>	Diameter <i>pressing die</i> lebih kecil dari diameter <i>guide ring</i>	Setelah mengalami gesekan dengan <i>guide ring pressing die</i> tidak kembali ke ukuran semula	<i>Pressing die</i> sudah aus	Kurangnya pengontrolan terhadap <i>pressing die</i> yang akan dipasang (<i>Current control is only by confirmation</i>)	<i>Revisi</i> pengecekan <i>pressing die</i> dan <i>guide ring</i> sebelum dipasang
							<i>Training</i> ke semua operator terkait SOM yang telah direvisi
<i>Detection</i>	<i>Seal Scratch</i> terkirim ke <i>next</i> proses	<i>Seal Scratch</i> tidak terdeteksi saat <i>periodical check</i>	<i>Scratch</i> sangat kecil dan tidak terlihat	Pengecekan hanya dengan <i>visual</i> mata saja	Kesulitan menggunakan <i>mcriscope</i> yang tidak <i>flexible</i>		<i>Order portable microscope</i> untuk semua <i>assembly</i>
							<i>Revisi</i> prosedur <i>visual check</i> 20 pcs bearing saat awal jalan menggunakan <i>microscope</i>

		<i>Seal Scratch</i> tidak terdeteksi saat <i>interval quality check</i>	Ukuran <i>scratch</i> dan pola <i>scratch</i> sulit dideteksi	Metode pengecekan hanya menggunakan mata saja			Mengganti metode <i>visual check</i> 5 pcs/ shift menggunakan <i>microscope</i>
--	--	---	---	---	--	--	---

Sumber: Data Analisis

5. KESIMPULAN

Hasil *Principal Component Analysis* (PCA) menunjukkan bahwa faktor penyebab kecacatan dapat direduksi menjadi dua komponen utama dengan kontribusi variansi kumulatif sebesar 66,34%, yaitu PC1 sebesar 40,13% yang dipengaruhi oleh kondisi mesin, parameter proses, dan metode kerja, serta PC2 sebesar 26,21% yang dipengaruhi oleh faktor operator dan lingkungan kerja. Temuan tersebut menegaskan bahwa faktor teknis dan operasional produksi menjadi prioritas utama dalam upaya perbaikan kualitas. Selanjutnya, analisis akar masalah menggunakan diagram *fishbone* dan metode 5 Whys menjadi dasar dalam penyusunan tindakan perbaikan (*countermeasure*) yang terarah. Evaluasi setelah implementasi *countermeasure* menunjukkan penurunan tingkat kecacatan *shield dented* dan *seal scratch* sebesar 100%, dari kondisi awal dengan tingkat cacat tertinggi menjadi *zero defect* (0 cacat) pada periode evaluasi. Hasil ini membuktikan bahwa kombinasi metode PCA dan *countermeasure* efektif dalam mengidentifikasi faktor dominan penyebab cacat serta meningkatkan kualitas proses produksi bearing di PT NSBM Indonesia secara signifikan dan berkelanjutan.

DAFTAR REFERENSI

- Adyatama. (2018). perbaikan kualitas menggunakan prinsip kaizen dan 5 why analysis: studi kasus pada painting shop karawang plant 1, pt toyota motor manufacturing indonesia. In *Jurnal Teknik Industri* (Vol. 13, Number 3).
- Agung. (2018). perancangan dan penerapan sistem manajemen mutu iso 9001:2015 di pt. siantar top, sidoarjo, jawa timur. In *Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya* (Vol. 7, Number 1).
- Anna. (2021). *bab II tinjauan pustaka anna jurnal mesin*.
- Arifin, S. (2012). pengaruh kualitas produk dan kualitas minat beli pada ranch market. In *Jurnal Riset Manajemen Sains Indonesia (JRMSI) |Vol* (Vol. 3, Number 1).

- Cahyani, I. A. C., Pulawan, I. M., & Santini, N. M. (2019). Analisis Persediaan Bahan Baku Untuk Efektivitas dan Efisiensi Biaya Persediaan Bahan Baku Terhadap Kelancaran Proses Produksi pada Usaha Industri Tempe Murnisingaraja di Kabupaten Badung. *Wacana Ekonomi (Jurnal Ekonomi, Bisnis Dan Akuntansi)*, 18(2), 116–125.
- Dian. (2024). *peningkatan kualitas pada produk genteng menggunakan six sigma dan metode taguchi (studi kasus di umkm ar genteng ktl) skripsi*.
- Ella siti. (2016). *manajemen berbasis mutu* (Vol. 4, Number 2).
- Haryanto. (2019). *analisis pengendalian kualitas produk bos rotor pada proses mesin cnc lathe dengan metode seven tools*.
- Jolliffe. (2016). principal component analysis: a review and recent developments. In *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences* (Vol. 374, Number 2065). Royal Society of London. <https://doi.org/10.1098/rsta.2015.0202>
- Kurniasari. (2020). dimensi kualitas pelayanan sebagai upaya peningkatan kepuasan pelanggan (studi pada pelanggan hotel x semarang). In *Online) Business Management Analysis Journal (BMAJ)* (Vol. 3, Number 2).
- Methalina Afma, V., Laila, W., Nasirly, R., Budiarto, D., Alfian, A., Hastarina, M., Fajrah, N., Pasmawati, Y., Mesra, T., Desi Kusmindari, C., Sunarni, T., Arsi, F., Wahyudi, B., & Harits, D. (2020). *pengendalian kualitas*. www.freepik.com
- Mulyawan, r. (2025). Software development tentang penjelasan pengertian definisi countermeasure.
- Nasution, M. Z. (2019). penerapan principal component analysis (pca) dalam penentuan faktor dominan yang mempengaruhi prestasi belajar siswa 9 studi kasus : smk raksana 2 medan). *Jurnal Teknologi Informasi*, 3(1).
- Ramadhan, M. Y. (2024). *pengaruh kualitas produk dan harga terhadap loyalitas pelanggan dimediasi kepuasan pelanggan pada es teh indonesia anindhyta budiarti sekolah tinggi ilmu ekonomi indonesia (stiesia) surabaya*.
- Riyadi. (2021). evaluasi ruas jalan h. r. rasuna said menggunakan metode irap untuk mencapai star rating 4 dan 5. In *Agustus* (Vol. 4, Number 3).

- Saepurohman. (2019). *seminar dan konferensi nasional idec analisis principal component analysis (pca) untuk mereduksi faktor-faktor yang mempengaruhi kualitas kulit kikil sapi.*
- Resatya. (2023). *simposium nasional rapi XXII-2023 ft.*
- Setiasih, M. S., Wullur, M., & Sumarauw, J. S. B. (2023). analisis proses produksi di cv. anugrah persada teknik, di sepanjang, jawa timur production process analysis at cv. persada teknik, in sepanjang east java. In *Jurnal EMBA* (Vol. 11, Number 1).
- Sitompul, A. Y., Leonidas, D., & Sanggala, E. (2023). *analisis faktor pengendalian kualitas teh hitam pada pt. abc dengan menggunakan metode principal compnent analysis (pca).*
- Sutrisno. (2024). *pengaruh bahan baku dan proses produksi terhadap kualitas produk pada pt. percetakan gramedia kab. bekasi.*
- Tarigan, P., Ginting, E., & Siregar, I. (2013). perawatan mesin secara preventive maintenance dengan modularity design pada pt. rxz. In *Jurnal Teknik Industri FT USU* (Vol. 3, Number 3).
- Trihatmojo. (2021). evaluasi ruas jalan h.r.rasuna said menggunakan metode irap untuk mencapai star rating 4 dan 5. In *Agustus* (Vol. 4, Number 3).
- Wartuny. (2018). model penerapan sistem manajemen mutu berbasis iso 9001:2015 pada kontrakan di propinsi papua barat. *Jurnal Sipil Statik*, 6(8), 579–588.
- Weenas Steven. (2013). *ft 4.*
- Widiansyah, A. (2019). Penjaminan Mutu: Penerapan, Pemenuhan, Dan Pengendalian Standar Mutu Serta Implementasinya Dalam Dunia Pendidikan. *Cakrawala*, 19(2), 189–194. <https://doi.org/10.31294/jc.v19i2>
- Yoniv. (2017). analisis keselamatan dan kesehatan kerja pada departemen service pt. mega daya motor mazda jatim dengan metode 5 whys dan scat.