

UPAYA MENGURANGI CACAT PRODUK TEMBAGA PADA PROSES PRODUKSI PT. XYZ DENGAN PENDEKATAN METODE SIX SIGMA DAN ANALISA 5W+1H

Eka Haris Setyawan¹, Akhmad Wasiur Rizqi²

Universitas Muhammadiyah Gresik^{1,2}

harissetyawan2323@gmail.com¹

Abstract: This study aims to minimize product defects in the copper production process at PT. XYZ. The Six Sigma method was used with the 5W+1H analysis approach. The data analysis results show that from the Refinery Plant production during May–June 2025, with a total of 1,249,320 units, 1,903 units were defective, or 15%. The main types of defects include Nodular Copper (31%), Thin Cathodes (22%), Moldy Cathodes (11%), Bent Cathodes (10%), and Broken Edge Strips (6%). In conclusion, through the DMAIC process, the causes of defects were analyzed using Pareto diagrams, fishbone diagrams, and RCA. The results showed that human, machine, material, method, and environmental factors contributed to product defects. Recommendations for improvement include operator training, routine machine maintenance, material control, and improving work environment conditions. The implementation of this method is expected to reduce the defect rate, improve product quality, and support the company's competitiveness.

Keywords: DMAIC, Quality, Defective Products, Six Sigma, 5W+1H

Abstract: Penelitian ini bertujuan untuk upaya meminimalkan cacat produk pada proses produksi tembaga di PT. XYZ. Metode yang digunakan adalah Six Sigma dengan pendekatan Analisa 5W+1H. Hasil penelitian data menunjukkan bahwa dari produksi Plant Refinery selama Mei–Juni 2025, dengan total 1.249.320 unit dan 1.903 unit cacat atau 15%. Jenis cacat utama meliputi Tembaga Bernodul (31%), Katoda Tipis (22%), Katoda Berjamur (11%), Katoda Bengkok (10%), dan Edge Strip Pecah (6%). Kesimpulannya melalui tahapan DMAIC, penyebab cacat dianalisis menggunakan diagram Pareto, fishbone, serta RCA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa faktor manusia, mesin, material, metode, dan lingkungan berkontribusi terhadap kecacatan produk. Rekomendasi perbaikan meliputi pelatihan operator, pemeliharaan mesin rutin, kontrol material, serta peningkatan kondisi lingkungan kerja. Penerapan metode ini diharapkan mampu mengurangi tingkat cacat, meningkatkan kualitas produk, dan mendukung daya saing Perusahaan.

Key words: DMAIC, Kualitas, Produk Cacat, Six Sigma, 5W+1H

PENDAHULUAN

Setiap perusahaan mempunyai tanggung jawab utama untuk memastikan bahwa produk yang dihasilkan sesuai dengan standar kualitas yang telah ditetapkan serta mampu memenuhi permintaan pelanggan. Upaya menjaga kualitas produk menjadi aspek krusial dalam operasional perusahaan, sebab pengendalian kualitas bertujuan utama untuk menekan jumlah produk cacat yang dihasilkan (Siswanto et al., 2022). Oleh karena itu, pengawasan kualitas harus dilakukan sejak tahap awal, yaitu mulai dari Pengelolaan bahan mentah, proses manufaktur, hingga produk akhir yang siap dipasarkan. Jika tidak terdapat sistem pengawasan mutu yang efektif, perusahaan

berisiko mengalami kerugian besar akibat adanya penyimpangan dalam proses produksi yang tidak terdeteksi. Ketidakterdeteksian ini membuat perbaikan menjadi sulit dilakukan, sehingga penyimpangan akan terus berulang jika tidak segera ditangani melalui tindakan kontrol kualitas yang memadai (Hakim & Al-faritsy, 2024).

Suatu proses produksi dapat dikategorikan baik apabila mampu menciptakan produk yang memenuhi persyaratan kualitas yang telah ditentukan (Yulianti & Hananto, 2025). Namun, dalam praktiknya, Seringkali ditemukan ketidaksesuaian atau penyimpangan dalam proses produksi yang berujung pada cacatnya produk. Selama kegiatan produksi

berlangsung, diharapkan adanya peningkatan yang berarti dapat mengurangi potensi penurunan laba yang mungkin ditanggung pihak manajemen.

Kualitas produk merupakan salah satu aspek penting yang menentukan daya saing dan keberlangsungan perusahaan manufaktur, khususnya di industri pengolahan logam. Dalam era globalisasi dan persaingan yang semakin ketat, konsumen menuntut produk dengan kualitas tinggi, konsistensi mutu, serta harga yang kompetitif (Fujawati et al., 2024). Hal ini menjadikan pengendalian kualitas sebagai salah satu fokus utama perusahaan untuk menjaga reputasi sekaligus meningkatkan kepuasan pelanggan. Dalam konteks industri tembaga, kualitas produk menjadi faktor krusial karena tembaga yang dihasilkan akan digunakan sebagai bahan baku dalam berbagai sektor strategis, seperti industri kelistrikan, konstruksi, hingga elektronika.

Namun, permasalahan yang masih dihadapi oleh perusahaan pengolahan tembaga adalah tingginya tingkat cacat (*defect*) pada proses produksinya. Cacat produk dapat berupa ketidaksesuaian dimensi, perubahan warna, kerusakan fisik, maupun kandungan kimia yang tidak sesuai dengan standar mutu (Kencana et al., 2024). Kondisi ini tidak hanya berdampak pada menurunnya nilai jual produk (Grade A), tetapi juga meningkatkan biaya produksi akibat aktivitas rework dan scrap, memperlambat proses distribusi, serta menurunkan tingkat produktivitas secara keseluruhan. Jika tidak dikendalikan dengan baik, tingginya tingkat cacat akan menimbulkan kerugian finansial yang signifikan dan mengancam keberlangsungan usaha dalam jangka Panjang (Adi juwito, 2022).

PT. XYZ sebagai salah satu perusahaan pengolahan dan pemurnian (smelter) tembaga menghadapi tantangan yang serupa. Data produksi Plant Refinery periode bulan Mei hingga Juni 2025, ditemukan beberapa permasalahan terkait

defect produk tembaga. Hasil observasi dan pengumpulan data selama periode tersebut menunjukkan adanya fluktuasi jumlah defect yang cukup signifikan. Berikut adalah data produksi dan defect:

Tabel 1.

Data jumlah produksi dan jumlah cacat pada periode bulan Mei-Juni 2025

Tanggal	Jumlah Produksi	Jumlah Defect	Persentase Defect
27/04/2025	155.588	482	31%
4/5/2025	100.345	328	33%
11/5/2025	180.862	226	12%
18/05/2025	352.557	230	7%
25/05/2025	110.813	209	19%
1/6/2025	206.301	243	12%
8/6/2025	142.854	185	13%
Total	1.249.320	1.903	15%

Standar kualitas tembaga PT. XYZ menetapkan produk defect tidak lebih dari 4%. Data di atas menunjukkan bahwa total produksi tembaga selama periode Mei-Juni 2025 adalah sebanyak 1.249.320 pcs dengan total defect sebanyak 1.903 pcs. Persentase cacat tertinggi meliputi: Tembaga Bernodul sebesar 31%, Katoda Tipis sebesar 22%, Katoda Berjamur sebesar 11%, Edge Strip Pecah sebesar 10%, dan Katoda Bengkok sebesar 6%. Tingginya angka defect ini menimbulkan dampak terhadap timing proses dan manpower, peningkatan biaya produksi, dan potensi keterlambatan pengiriman kepada pelanggan karena harus di treatment ulang agar dapat meningkatkan nilai jual.

Tingginya tingkat defect juga memengaruhi efektivitas operasional perusahaan, menambah beban biaya, serta menghambat pencapaian standar internasional yang menjadi acuan dalam perdagangan global (James et al., 2024). Oleh sebab itu, diperlukan suatu metode yang mampu menganalisis sumber masalah secara mendalam dan memberikan solusi

yang efektif untuk meminimalkan cacat produk.

Salah satu pendekatan yang relevan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah metode Six Sigma. Six Sigma merupakan metodologi manajemen kualitas yang berorientasi pada pengurangan variasi proses, peningkatan efisiensi, serta pengendalian kualitas yang terukur. Dengan menggunakan tahapan DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), Six Sigma memungkinkan perusahaan untuk melakukan perbaikan berkelanjutan yang berfokus pada penurunan tingkat cacat. Dalam tahap *Analyze*, seringkali digunakan 5W+1H Analisis sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi akar penyebab terjadinya defect. 5W+1H bekerja dengan menggali permasalahan secara sistematis, sehingga solusi yang ditetapkan benar-benar menyentuh penyebab utama, bukan hanya gejala yang terlihat di permukaan. Melalui penerapan 5W+1H, Perusahaan juga mengungkap faktor mendasar yang memicunya. Dengan demikian, tindakan perbaikan dapat difokuskan pada sumber masalah sebenarnya, bukan sekadar mengatasi dampak yang muncul. Hal ini berdampak pada berkurangnya frekuensi dan tingkat kecacatan produk, meningkatnya konsistensi kualitas tembaga, serta efisiensi proses produksi secara keseluruhan.

Integrasi antara Six Sigma dan Analisis 5W+1H memberikan pendekatan yang lebih komprehensif dalam meminimalkan cacat produk (Reynanda, 2023). Six Sigma menyediakan kerangka metodologis yang terstruktur, sedangkan 5W+1H melengkapi dengan teknik analisis mendalam untuk menemukan akar masalah (Burhanudin & Cahyana, 2024). Melalui penerapan metode ini pada proses produksi tembaga di PT. XYZ, diharapkan mampu menurunkan tingkat defect, meningkatkan kualitas produk, serta memperkuat daya saing perusahaan di industri pengolahan logam.

Beberapa studi sebelumnya telah menerapkan Six Sigma dalam peningkatan kualitas. Winata & Rosyidi (2025) meneliti cacat botol 100 ml menggunakan Six Sigma dan RCA, sementara Akbar et al. (2025) menerapkan FTA dan FMEA untuk mengurangi cacat pada produk serat rayon. Hasil kedua penelitian menunjukkan efektivitas analisis akar masalah, namun keduanya masih berfokus pada industri plastik dan tekstil, bukan pada proses elektrefining logam.

Kebaruan penelitian ini adalah penggabungan metode Six Sigma (DMAIC) dengan analisis 5W+1H pada proses elektrefining tembaga, yang belum banyak digunakan dalam industri peleburan logam di Indonesia. Studi ini juga memetakan lima jenis cacat utama pada katoda tembaga dan menghitung DPMO serta level sigma masing-masing cacat, sehingga menghasilkan analisis yang lebih komprehensif. Dengan latar belakang tersebut, penelitian ini disusun untuk memberikan kontribusi ilmiah dan praktis dalam penerapan pengendalian kualitas pada industri tembaga.

LANDASAN TEORI

Kualitas merupakan kemampuan dalam memenuhi standar yang telah ditetapkan oleh perusahaan. Bagi perusahaan, kualitas menjadi aspek penting dalam mencapai keberhasilan, sedangkan bagi pelanggan, kualitas adalah bentuk kepuasan terhadap produk yang dihasilkan (Prihatiningrum, 2020).

Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas (Quality Control) merupakan upaya untuk menjaga kualitas produk yang telah ada agar tetap sesuai dengan spesifikasi (Yusmiati, 2025). Oleh karena itu, pengendalian kualitas memiliki peran yang sangat penting, karena menjadi salah satu indikator utama keberhasilan perusahaan dalam mempertahankan mutu produk yang dihasilkannya.

Pengertian Six Sigma

Six Sigma adalah penerapan kualitas yang terbukti efektif dengan tujuan agar kinerja perusahaan terbebas dari kesalahan (Hermawan, 2025). Dengan demikian, Six Sigma merupakan suatu metodologi peningkatan mutu produk yang berfokus pada penghapusan cacat serta pengurangan variasi (Lintas et al., 2025).

Six Sigma dapat dimanfaatkan sebagai tolok ukur kualitas. Tingkat kualitas Six Sigma menunjukkan seberapa besar data yang memenuhi persyaratan pelanggan, dan semakin tinggi level sigma maka semakin banyak output, produk, maupun layanan yang sesuai (Desi, Edwin, 2025). Dengan demikian, persyaratan pelanggan terpenuhi serta jumlah cacat (defect) menjadi lebih sedikit. Dalam konsep statistik, six sigma digunakan untuk menilai suatu proses yang berkaitan dengan produk cacat pada level sigma. Adapun tingkatan six sigma dapat dilihat pada Tabel 2 berikut:

Tabel 2.
Sigma Level

Tingkat Pencapaian sigma	DPM O	Persentase %	Keterangan
1 σ	691,462	31%	Sangat Tidak Kompetitif
2 σ	308,538	69,2%	
3 σ	66,807	93,32%	Rata" industri USA
4 σ	6,210	99,397%	
5 σ	233	99,977%	Industri Kelas Dunia
6 σ	3,4	99,9997%	

Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa Six Sigma adalah upaya perbaikan kualitas produk dari adanya pemborosan maupun cacat, agar mampu meningkatkan profit perusahaan serta mutu, dengan target hanya terdapat 3,4 cacat dari satu juta peluang (3,4 DPMO).

Pengertian Analisa 5W+1H

5W+1H adalah metode sistematis untuk mengidentifikasi akar penyebab masalah atau kejadian tidak diinginkan dalam suatu system (Kerina, 2025). Tujuan utamanya adalah menemukan penyebab mendasar dari masalah, sehingga solusi yang diterapkan dapat efektif mencegah masalah yang sama terulang kembali. 5W+1H didasarkan pada konsep bahwa masalah muncul akibat rangkaian penyebab mendasar, bukan secara spontan. Proses 5W+1H mencakup mengidentifikasi masalah, mengumpulkan data, dan menemukan penyebab langsung maupun akar dari masalah tersebut (Putri & Suryadi, 2025). 5W+1H sering dikaitkan dengan pendekatan system thinking yang melihat masalah secara menyeluruh dan pola interaksi antar elemen system.

METODE PENELITIAN

Pendekatan metode yang digunakan dalam penelitian ini yaitu kuantitatif. Metode kuantitatif merupakan jenis penelitian yang didasarkan pada data berbentuk angka-angka yang bersifat statistik. Data yang digunakan diperoleh dari departemen quality control di PT. XYZ Plant Refinery dengan hasil data jumlah produksi dan jumlah kecacatan pada bulan Mei-Juni 2025.

Pada tahap pelaksanaan akan dijelaskan darimana kita memulai mendapatkan data sampai dengan menganalisis data yang akan diolah secara sistematis berdasarkan alur dibawah ini. Berikut penjelasan alur penelitian:

Survei Pendahuluan

Dilakukan dengan mendatangi lokasi PT. XYZ yang merupakan objek penelitian ini untuk memperoleh data.

Studi Lapangan dan Studi Literatur

Teknik ini digunakan untuk memperoleh data berupa data primer dan data sekunder yang sesuai dengan penelitian yang dilakukan. Data primer diperoleh

melalui pengumpulan informasi secara langsung, yaitu berupa standard operating system. Sementara itu, data sekunder dikumpulkan melalui studi literatur, antara lain dengan menelaah artikel dan buku.

Rumusan Masalah

Mencari suatu permasalahan kualitas tembaga mengalami kecacatan pada proses produksi.

Pengumpulan Data

Teknik pengumpulan data yang digunakan yaitu wawancara dan observasi lapangan langsung di PT. XYZ bertujuan untuk mengetahui profil perusahaan, produk yang dihasilkan, jumlah produksi dan jumlah produk cacat.

Pengolahan dan Analisis Data

Tahap Analisa data menggunakan metode six sigma dan root cause analysis dengan urutan sebagai berikut:

a. Define

Pada tahap pertama peneliti mengumpulkan data keinginan pelanggan terhadap produk yang dihasilkan. Menentukan lingkup ruang kerja untuk mengidentifikasi pihak mana saja yang terkait, sehingga menyebabkan produk cacat dengan menggunakan diagram SIPOC.

b. Measure

Tahap pengukuran menggunakan perhitungan DPOM (Defect Per Million Opportunity), sigma level dan diagram pareto untuk mengukur kapabilitas saat ini.

c. Analyze

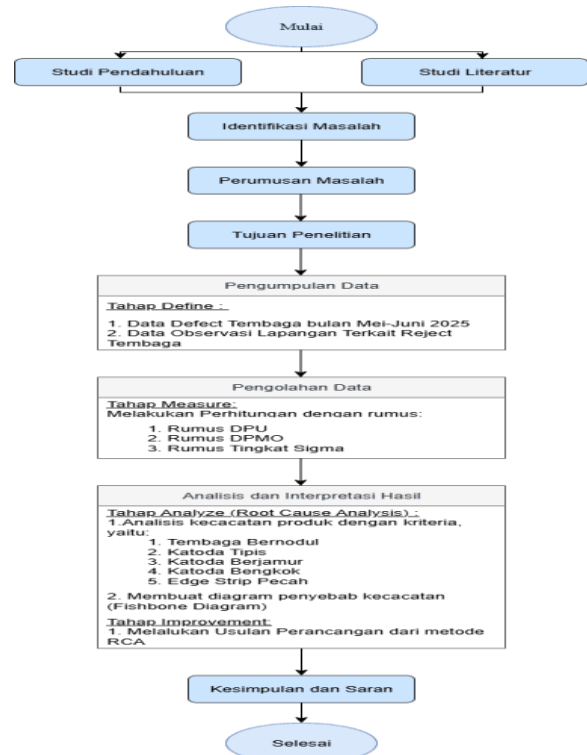
Mengidentifikasi penyebab terjadinya masalah pada produk mengalami kecacatan dengan metode 5W+1H Analisis dan diagram fishbone untuk mencari akar masalah.

d. Improve.

Tahap meningkatkan kualitas dengan merekomendasikan saran perbaikan melalui analisis 5W+1H.

e. Control

Tahap terakhir yaitu pengendalian kualitas. Peneliti hanya bisa memberikan usulan dan perbaikan berkelanjutan yang mampu memperbaiki kinerja, meminimalisirkan kecacatan produk dan meningkatkan keuntungan perusahaan.



Gambar 1.
Flowchart Penelitian

HASIL PENELITIAN

Dapat dilihat berdasarkan Tabel 3. akumulasi cacat tercatat sebanyak 1903 pcs. Jumlah produksi selama bulan Mei 1.249.320 produk, dan presentase cacat total yaitu 0.15%.. Sedangkan pada konsep six sigma terdapat 1.000.000/4 produk yang mengalami produk cacat dengan persentase 0.0004% .Dimana jumlah kecacatan, menunjukkan lima jenis cacat yang paling dominan sebagai berikut:

Tabel 3.

Jenis dan Jumlah Kecacatan Produk

N O	JENIS CACAT	JUMLAH CACAT	KUMULATIF	PRESENTASE (%)
1	Tembaga Bernodul	582	3.582	31%
2	Katoda Tipis	428	1.010	22%
3	Katoda Berjamur	211	1.221	11%
4	Katoda bengkok	190	1.411	10%
5	Edge Strip pecah	109	1.520	6%

Berikut gambar dan penjelasan terkait jenis kecacatan produk:

Tembaga Bernodul



Gambar 2.
Tembaga Bernodul

Katoda tembaga hasil proses elektrolisis yang permukaannya tidak rata, ditandai dengan adanya tonjolan-tonjolan atau benjolan kecil (nodul).

Katoda Tipis



Gambar 3.
Katoda Tipis

Ketidaksempurnaan yang terjadi pada lembaran tembaga tipis (starter sheet) yang digunakan dalam proses elektrolisis.

Katoda Berjamur



Gambar 4.
Katoda Berjamur

Jenis cacat pada katoda tembaga hasil elektrolisis yang ditandai dengan permukaan katoda tertutup endapan berbentuk seperti bercak-bercak putih/abu-abu, menyerupai jamur.

Katoda Bengkok



Gambar 5.
Katoda Bengkok

Cacat pada katoda tembaga (baik katoda tipis maupun katoda hasil akhir) yang ditandai dengan bentuk lembaran tidak rata, melengkung, atau tidak lurus sesuai standar.

Edge Strip Pecah



Gambar 6.
Edge Strip Pecah

Kondisi dimana bagian tepi (edge) dari katoda tembaga mengalami retakan atau pecah saat proses stripping (pengelupasan katoda dari starter sheet/katoda tipis).

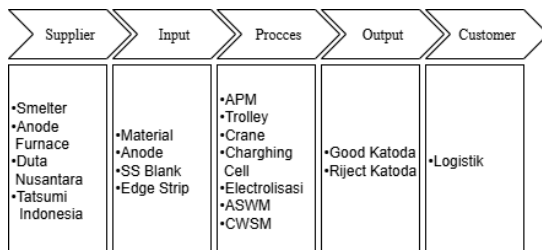
PEMBAHASAN

Teknik analisis data dilakukan menggunakan lean six sigma dengan pendekatan DMAIC dan Analisis 5W+1H sebagai berikut:

Define

Pada tahap ini dilakukan pengidentifikasian terhadap proses pembuatan produksi, proses kunci yang berperan penting, meliputi permintaan pelanggan serta indikator kritis kualitas, pemahaman awal terhadap tahapan utama termasuk proses produksi. Diimplementasikan menggunakan diagram model SIPOC yang mencakup lima elemen utama yaitu pemasok, input, proses, hasil keluaran, serta pelanggan.

Tabel 4.
Diagram SIPOC

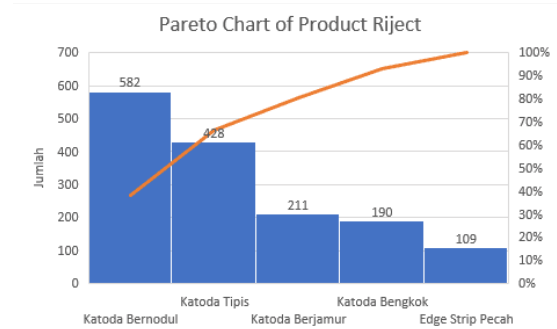


Measure

Tahap pengukuran menggunakan perhitungan DPMO (Defect Per Million Opportunity), sigma level dan diagram pareto untuk mengukur kapabilitas sigma saat ini.

Diagram Pareto

Berdasarkan data yang diambil dari PT. XYZ jumlah produksi bulan Mei yaitu 1.249.320 produk, dan tercatat sebanyak 1903 unit cacat dengan presentase cacat total yaitu 0.15%. Yang disebabkan oleh 5 jenis kecacatan :Katoda Bernodul, Katoda Tipis, Katoda Berjamur, Katoda Bengkok dan Edge Strip Pecah.



Gambar 7.
Diagram Pareto Cacat Produk

Perhitungan DPMO dan Level Sigma

Pada tahap ini dilakukan dengan cara menggunakan rumus serta mengkonversi kedalam bentuk tabel sigma. Dari data hasil perhitungan diatas disajikan bentuk tabel berikut:

Tabel 5.
Perhitungan DPMO Tembaga Bernodul

TGL	Jumlah Kecacatan	Jumlah Produksi	Proporsi Cacat	CI = P Bar	Ucl	Lcl
27/04/2025	80	30000	5	0,00038	375,494	487,025
4/5/2025	90	37000	5	4,02E-05	401,606	544,344
8/5/2025	70	25000	5	5,63E-05	564,972	536,083
11/5/2025	82	32000	5	0,00092	917,969	461,556
18/05/2025	100	40000	5	0,0005	503,549	478,854
25/05/2025	75	35000	5	0,00076	757,363	467,185
1/6/2025	85	36000	5	0,00075	751,852	467,397
Total	582	235000				

Nilai rata- Nilai rata-rata DPMO pada kecacatan Tembaga Bernodul tercatat sebesar 486,1263, disertai dengan level Sigma sebesar 4,91778. Hasil ini menunjukkan bahwa kualitas proses produksi tergolong dalam kondisi yang baik.

Tabel 6.
Perhitungan DPMO Katoda Tipis

TGL	Jumlah Cacat	Jumlah Produksi	Proporsi Cacat	CI = P Bar	Ucl	Lcl
27/04/2025	100	10220	5	0,002352	2,351,779	4,326,665
4/5/2025	45	34760	5	0,000247	2,467,011	4,984,313
8/5/2025	25	17440	5	0,000314	3,139,013	491,931
11/5/2025	20	32260	5	0,000232	2,322,662	5,000,416
18/05/2025	50	30520	5	0,000221	2,213,542	5,013,221
25/05/2025	85	59370	5	0,000243	2,433,254	4,987,998
1/6/2025	48	14170	5	0,000898	8,976,157	462,217
8/6/2025	55	54100	5	0,000115	1,148,148	518,397
TOTAL	428	252840				

Jenis cacat Katoda Tipis memiliki nilai rata-rata DPMO s 577,7197 dengan tingkat Sigma 4,879758. Nominal ini

Mengindikasikan bahwa aktivitas produksi tetap berada dalam kondisi yang baik.

Tabel 7.
Perhitungan DPMO Katoda Berjamur

TGL	Jumlah Cacat	Jumlah Produksi	Proporsi Cacat	CI = P Bar	Ucl	Lcl
27/04/2025	45	34760	5	0,00085	849,802	463,825
4/5/2025	19	37440	5	0,00012	120,482	517,168
8/5/2025	25	22260	5	0,00021	213,005	502,342
11/5/2025	34	30640	5	0,00018	175,769	507,402
18/05/2025	12	59370	5	0,00012	117,188	517,876
25/05/2025	33	14170	5	9,80E-05	980,061	52,241
1/6/2025	30	54200	5	0,00056	561,01	4,758
TOTAL	211	252840				

Jenis cacat Katoda Berjamur memiliki rata-rata nilai DPMO 305,0373 dan nilai Sigma 5,009747. Melalui nilai yang telah dihitung, dapat disimpulkan hal ini menandakan tahapan produksi tetap berada dalam kondisi yang baik.

Tabel 8.
Perhitungan DPMO Katoda Bengkok

TGL	Jumlah Cacat	Jumlah Produksi	Proporsi Cacat	CI = P Bar	Ucl	Lcl
27/04/2025	3	10125	5	1,98E-05	1,976,285	5,610,235
4/5/2025	20	34855	5	4,02E-05	4,016,064	5,443,439
8/5/2025	10	17640	5	0,0001233	1,233,184	5,165,727
11/5/2025	20	32060	5	0,000113	1,129,944	5,188,039
18/05/2025	5	30620	5	2,60E-05	2,604,167	5,546,076
25/05/2025	25	59280	5	0,0001757	175,735	5,074,074
1/6/2025	15	14460	5	0,0001262	1,262,272	5,159,757
8/6/2025	6	53800	5	7,41E-06	7,407,407	5,831,424
TOTAL	104	252840				

Untuk kategori cacat Katoda Bengkok, rata-rata nilai DPMO tercatat 78,95594 dengan capaian level Sigma 5,377346. Besaran angka ini mengindikasikan Memberikan gambaran mengenai tahapan produksi berada pada performa yang masih tergolong baik.

Tabel 9.
Perhitungan DPMO Edge Strip Pecah

TGL	Jumlah Cacat	Jumlah Produksi	Proporsi Cacat	CI = P Bar	Ucl	Lcl
27/04/2025	25	10220	5	0,00065	6521,74	398,258
4/5/2025	30	34760	5	0,00016	1606,43	44,466
8/5/2025	15	17440	5	0,00018	1793,72	441,233
11/5/2025	30	32260	5	8,79E-05	878,845	462,839
18/05/2025	20	30520	5	0,0001	1041,67	457,809
25/05/2025	10	59370	5	9,80E-05	980,061	459,621
1/6/2025	30	14170	5	0,00038	3786,82	417,051
8/6/2025	30	54100	5	0,0001	1000	459,023
TOTAL	190	252840				

Jenis cacat Edge Strip Pecah memiliki nilai rata-rata DPMO 2201,159 capaian

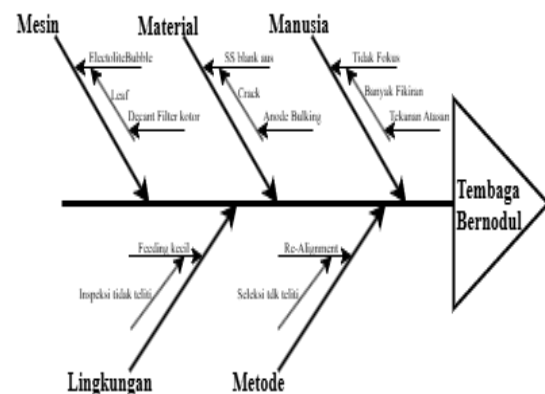
Sigma 4,425617. Hasil perhitungan tersebut menunjukkan bahwa alur proses produksi tetap berada dalam kategori diingkan. Berdasarkan hasil perhitungan sebelumnya, diperoleh nilai rerata DPMO dan Sigma yang kemudian disajikan dalam.

Tabel 10.
Rata-rata DPMO dan Sigma

JENIS KECACATAN	DPMO	SIGMA
Tembaga Bernodul	4,861,263	491,178
Katoda Tipis	5,777,197	4,879,758
Katoda Berjamur	3,050,373	5,009,747
Edge Strip Pecah	2,201,159	4,425,617
Katoda Bengkok	7,895,594	5,377,376

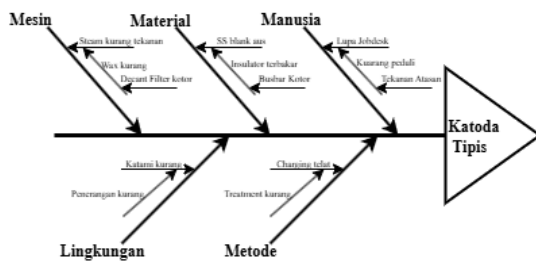
Analyze

Mengidentifikasi penyebab terjadinya masalah pada produk. Selama tahap analyze, digunakan fishbone diagram dan Analisis 5W+1H untuk menelusuri akar penyebab masalah. Diagram berikut menggambarkan berbagai tipe kecacatan yang muncul dalam proses pemurnian meliputi: Tembaga Bernodul 31%, Katoda Tipis 22%, Katoda Berjamur 11%, Katoda Bengkok 10% dan Edge Strip Pecah 6%. Maka diperlukan tindakan pencegahan agar kerusakan yang sama atau lebih parah bisa dihindarkan.

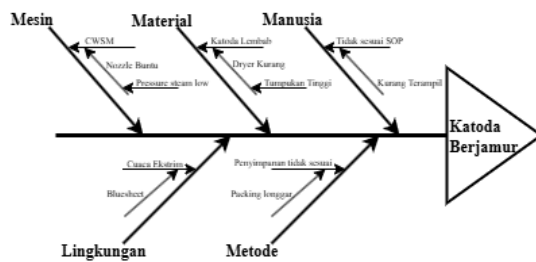


Gambar 8.

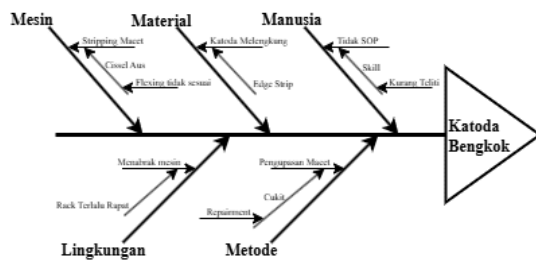
Fishbone Tembaga Bernodul



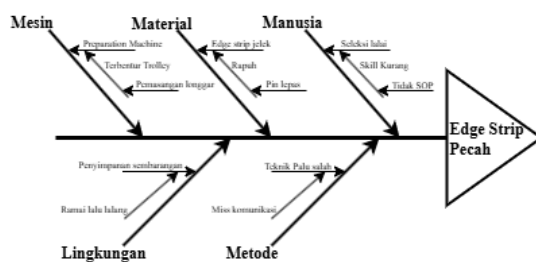
Gambar 9.
Fishbone Katoda Tipis



Gambar 10.
Fishbone Katoda Berjamur



Gambar 11.
Fishbone Katoda Bengkok

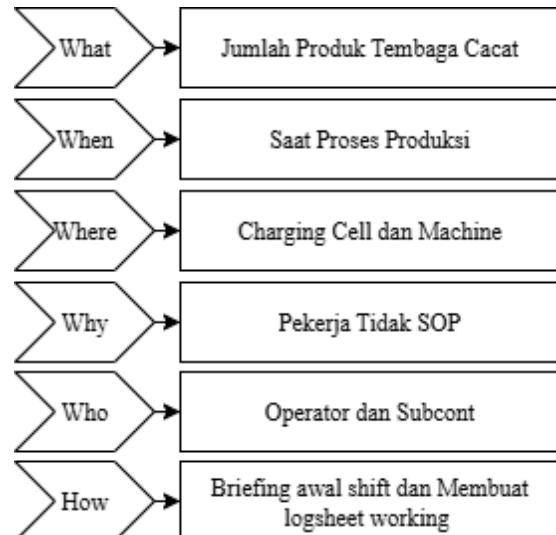


Gambar 12.
Fishbone Edge Strip Pecah

Improve

Pada tahap improve, dilakukan perumusan usulan perbaikan untuk mengatasi akar penyebab defect yang telah diidentifikasi pada tahap Analyze. Usulan perbaikan dirancang untuk mengurangi atau mengeliminasi akar penyebab defect sehingga diharapkan dapat mengurangi

jumlah defect. Tahap usulan perbaikan dalam analisis ini dilakukan dengan metode 5W+1H yang bertujuan untuk menyelidiki dan memahami akar penyebab kecacatan secara menyeluruh.



Gambar 13.
Analisis 5W+1H

Tabel 11.
Usulan Perbaikan Jenis Cacat

No	Sumber Penyebab	Faktor Penyebab Cacat	Usulan Perbaikan
1	Manusia	1. Kurang Sosialisasi SOP 2. Tekanan dari atasan 3. Kelelahan	1. Team Leader harus memastikan sosialisasi SOP sudah sampai ke semua Operator 2. Team Leader mampu mengetahui kinerja operator 3. Setiap operator harus bisa mengatur waktu dan kondisi tubuhnya
2	Material	1. Kurang Teliti saat seleksi Anode 2. Anode Bulking 3. SS Blank kotor	1. Operator harus lebih teliti dalam seleksi anode yard 2. Menandai pada anode yang reject 3. Leader wajib mengecek kembali hasil pekerjaan operator
3	Mesin	1. Belum ada jadwal cleaning dan perawatan yang rutin 2. Masih sering trouble	1. Membuatkan jadwal piket rutin kepada operator dan tim maintenance 2. Perbarui sensor mesin
4	Metode	1. Teknik penanganan 2. Komunikasi 3. Tidak mengikuti standart	1. Pastikan kondisi alat dan mesin aman dipakai 2. Tiap pergantian shift harus ada serah terima 3. Operator perlu

		membaca ulang standar kerja
5	Lingkungan	1. Kurang Pencahayaan 2. Suara bising mesin 1. Leader harus menambahkan lampu di area lapangan yang masih gelap 2. Operator wajib menggunakan earplug

Control

Tahap terakhir adalah pengendalian kualitas. Pada tahap ini, peneliti hanya menyampaikan usulan perbaikan yang diharapkan dapat menurunkan tingkat cacat produk sekaligus meningkatkan keuntungan perusahaan. Namun, penelitian ini tidak berkesempatan untuk menerapkannya secara langsung, sehingga tahap ini sebatas memberikan rekomendasi berupa saran-saran yang dapat membantu perusahaan dalam melaksanakan pengendalian kualitas. Berikut adalah beberapa usulan yang dapat dipertimbangkan serta diterapkan oleh Perusahaan; 1) Team Leader memastikan seluruh karyawan mengikuti pelatihan SOP serta memberikan sanksi tegas bagi karyawan yang tidak mengikuti pelatihan tersebut sebanyak tiga kali berturut-turut; 2) Team Leader wajib memantau Kembali hasil kerja operator secara continue; 3) Melaksanakan pengawasan, perawatan, serta perbaikan mesin secara rutin dan berkelanjutan; 4) Menyediakan ruang kerja yang nyaman beserta lingkungan yang mendukung.

Berdasarkan hasil analisis terhadap permasalahan dalam proses pemurnian tembaga di Plant Refinery PT. XYZ. Ditemukan adanya permasalahan pada proses pemurnian tembaga khususnya pada proses elektrolisisasi, sehingga tercatat sebanyak 5 jenis kecacatan. Persentase cacat tertinggi meliputi Tembaga Bernodul sebesar 31%, Katoda Tipis sebesar 22%, Katoda Berjamur sebesar 11%, Edge Strip Pecah sebesar 10%, dan Katoda Bengkok sebesar 6%. Kelima jenis cacat ini menyumbang 80% dari total kumulatif kecacatan.

Usulan perbaikan yang dapat diterapkan oleh perusahaan yaitu peningkatan kompetensi operator melalui pelatihan berkala, pengawasan proses produksi yang lebih ketat oleh tim engginer dan manajer plant refinery, serta pelaksanaan perawatan mesin secara rutin untuk menjaga kestabilan proses produksi. Selain itu, pengendalian kualitas bahan baku perlu diperkuat dengan pemeriksaan awal terhadap edge strip dan viskositas wax. Pengendalian lingkungan produksi perlu diperhatikan guna menciptakan kondisi kerja yang stabil dan bersih. Dengan penerapan perbaikan-perbaikan tersebut, diharapkan perusahaan mampu menekan tingkat kecacatan produk dan meningkatkan efisiensi proses produksi.

Berdasarkan hasil analisis terhadap permasalahan dalam proses pemurnian tembaga di Plant Refinery PT. XYZ, ditemukan adanya permasalahan pada proses pemurnian tembaga khususnya pada proses elektrolisis (Copper Electrefining), sehingga tercatat sebanyak 5 jenis kecacatan.

Analisis mendalam dilakukan untuk mengidentifikasi faktor-faktor penyebab (akar masalah) timbulnya kecacatan produk menggunakan kerangka 5M (*Man, Machine, Material, Method, Environment*):

Aspek Manusia (Man): Kecacatan sering diakibatkan oleh kurangnya pemahaman dan ketelitian operator, terutama dalam pengontrolan ulang katami dan ketidakakuratan pencampuran *dopping* campuran elektrolit. Kesalahan yang dipicu oleh faktor manusia, seperti *error* dalam penentuan aditif, masih menjadi penyebab utama variasi kualitas dalam proses elektrokimia (Luo & Cheng, 2021). Mahmoudi, A., Shakibania, S., Mokmeli, M., & Rashchi, F. (2020).

Faktor Mesin (Machine): Terkait pengaturan kinerja mesin yang lambat, serta kondisi komponen mesin *CWMS cissel* saat *stripping* yang kurang optimal. Perawatan yang berbasis prediktif dan fokus pada optimalisasi komponen kritis mesin

stripping sangat penting untuk menghindari deformasi katoda dan menjaga ketebalan yang seragam (Kaur & Singh, 2023).

Faktor Material (Material): Kualitas bahan baku di bawah standar, seperti *edge strip* yang rapuh dan bahan *wax* dengan viskositas yang tidak stabil. Kontrol kualitas yang ketat pada material pendukung, termasuk integritas *edge strip* dan viskositas *wax*, adalah esensial untuk mencegah cacat mekanis dan *short circuit* (Gao et al., 2020).

Faktor Metode (Method): Meliputi ketidaktepatan dalam pengaturan kecepatan produksi dan ketidakpatuhan terhadap prosedur kerja (SOP) yang berlaku. Inkonsistensi dalam penerapan metode kerja, terutama terkait laju alir dan pengaturan kecepatan, telah dikaitkan dengan peningkatan risiko pertumbuhan nodul dan deposit yang tidak seragam (Xu et al., 2022).

Faktor Lingkungan (Environment): Fluktuasi suhu dan kelembapan area produksi serta adanya kotoran (partikel tersuspensi) yang ikut mengalir dalam elektrolit menjadi penyebab signifikan. Kestabilan suhu operasi dan efisiensi filtrasi untuk menghilangkan partikel padat merupakan prasyarat utama untuk menghasilkan katoda dengan morfologi permukaan yang mulus (Chen & Li, 2024).

Usulan perbaikan difokuskan pada penguatan kontrol di setiap aspek 5M guna menjaga stabilitas proses dan menekan tingkat kecacatan, ada beberapa langkah yang sebaiknya dilakukan oleh perusahaan, yaitu; 1) Peningkatan Kompetensi SDM: Program pelatihan berbasis simulasi dan peningkatan pengawasan perlu diimplementasikan untuk mengurangi kesalahan operator; 2) Perawatan Mesin Rutin: Menerapkan strategi *Condition Based Monitoring* (CBM) pada mesin *stripping* untuk mendeteksi dini keausan komponen dan mencegah defek mekanis; 3) Pengendalian Kualitas Material: Memperkuat prosedur inspeksi penerimaan bahan baku (IQC) terhadap spesifikasi *edge strip* dan melakukan verifikasi viskositas

wax secara berkala; 4) Optimalisasi Metode Kerja: Melakukan standarisasi ulang SOP dengan penekanan pada parameter kontrol kritis untuk memastikan konsistensi proses; 5) Kontrol Lingkungan Produksi: Memastikan sistem ventilasi dan pengontrol suhu berfungsi optimal serta meningkatkan frekuensi dan kualitas filtrasi elektrolit untuk meminimalkan kontaminasi Baratti, R., Alvarez, J., Tronci, S., Grosso, M., & Schaum, A. (2021). Diakhir dapat di ambil tema utama terkait Tingkat kecacatan katoda tembaga di PT. XYZ dapat dikurangi secara signifikan melalui intervensi yang berfokus pada lima faktor penyebab utama, terutama pada Tembaga Bernodul dan Katoda Tipis. Implementasi perbaikan yang didukung oleh sistem manajemen kualitas terintegrasi, seperti yang diusulkan dalam penelitian terbaru, dapat mencapai peningkatan efisiensi proses hingga 90% (Sinha & Gupta, 2023), dengan penerapan perbaikan-perbaikan tersebut secara konsisten, efisiensi proses produksi dan kualitas produk tembaga diharapkan dapat ditingkatkan.

SIMPULAN

Proses pemurnian tembaga di Plant Refinery PT. XYZ mengalami permasalahan pada tahap elektrolisis yang menimbulkan lima jenis cacat utama, yaitu Tembaga Bernodul (31%), Katoda Tipis (22%), Katoda Berjamur (11%), Edge Strip Pecah (10%), dan Katoda Bengkok (6%) yang menyumbang 80% dari total cacat. Penyebab kecacatan berasal dari faktor manusia (kurang teliti dan kurang terampil), mesin (kinerja dan kondisi komponen kurang optimal), material (kualitas tidak sesuai standar), metode (pengaturan produksi dan kepatuhan prosedur), serta lingkungan (suhu, kelembapan, dan kebersihan area). Usulan perbaikan meliputi peningkatan kompetensi operator, pengawasan produksi yang lebih ketat, perawatan mesin rutin, pengendalian kualitas bahan baku, dan penataan lingkungan kerja yang

stabil dan bersih. Penerapan langkah-langkah ini diharapkan menekan tingkat cacat serta meningkatkan efisiensi dan kualitas produksi.

DAFTAR PUSTAKA

- Andita, S. A., Rahayu, S., & Windyatri, H. (2025). Penerapan DMAIC Six Sigma dan FMEA Untuk Meningkatkan Kualitas Produk di PT XYZ Menuju Zero Defect. *Jurnal KaLIBRASI: Karya Lintas Ilmu Bidang Rekayasa Arsitektur, Sipil, Industri*, 8(2), 58-69. <https://ejournal.borobudur.ac.id/index.php/teknik/article/view/1620>
- Arianti, M. S., Rahmawati, E., & Prihatiningrum, R. R. Y. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Produk dengan Menggunakan Statistical Quality Control (SQC) pada Usaha Amplang Karya Bahari di Samarinda. *Jurnal Bisnis dan Pembangunan*, 9(2), 1-13. <https://ppjp.ulm.ac.id/journal/index.php/bisnispembangunan/article/view/8863>
- Baratti, R., Alvarez, J., Tronci, S., Grosso, M., & Schaum, A. (2021). Characterization with Fokker–Planck Theory of The Nonlinear Stochastic Dynamics of A Class of Two-State Continuous Bioreactors. *Journal of Process Control*, 102, 66–84. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2021.04.004>
- Luo, B., & Cheng, T. (2021). Improving Human Factor Reliability in Complex Chemical Process Operations: A Review and Case Study. *Journal of Process Control*, 103, 1-10. <https://doi.org/10.1016/j.jprocont.2021.04.004>
- Burhanudin, A., & Cahyana, A. S. (2024). Reducing Production Defects in Indonesian Furniture Using Seven Tools and 5W+ 1H: Mengurangi Cacat Produksi pada Furnitur Indonesia dengan Menggunakan Tujuh Alat dan 5W+ 1H. *Indonesian Journal of Innovation Studies*, 25(4), 10-21070. <https://doi.org/10.21070/ijins.v25i4.1189>
- Chen, Y., & Li, J. (2024). The Effect of Electrolyte Filtration and Temperature Stability on Copper Cathode Quality: An Industrial Perspective. *Hydrometallurgy*, 230, 106361. <https://doi.org/10.1016/j.hydromet.2023.106361>
- Desi, Edwin, Z. (2025). *Pengendalian Kualitas Produk Menggunakan Metode Six Sigma dengan Pendekatan DMAIC pada UD. Palapa. JUMAKET*. 2(September). <https://ejournal.arimbi.or.id/index.php/JUMAKET/article/view/839>
- Fitri, Y., & Hasibuan, A. (2025). Quality Control (Qc) Cpo dan Implementasi Dalam Menjamin Kualitas Mutu Produk PT Industri Nabati Lestari Simalungun Sumatera Utara. *Jurnal Inovasi Global Ycpedumelu: Riviera Publishing*, 3(1), 68-76 <https://elibrary.ru/item.asp?id=81087485>
- Fujawati, E., Susnita, T. A., & Ratnasari, N. (2024). Strategi Harga dan Kualitas Produk dalam Meningkatkan Kepuasan Konsumen pada Industri Roti. *Journal of Innovation in Management, Accounting and Business*, 3(1), 11-21. <https://doi.org/10.56916/jimab.v3i1.537>
- Gao, S., et al. (2020). Investigation on the Interface Quality Control of Copper Cathode Stripping. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 51(6), 2824-2831. <https://doi.org/10.1007/s11663-020-01974-x>
- Hakim, I. M., & Al-Faritsy, A. Z. (2024). Pengendalian Kualitas Produk untuk Mengurangi Jumlah Kecacatan dan

- Penyebab pada Produk Kaos Menggunakan Metode Six Sigma dan FMEA di Konveksi XYZ. *Journal Sains Student Research*, 2(4), 95-107..
<https://doi.org/10.61722/jssr.v2i4.1951>
- Hermawan, M. A. (2025). Penerapan Six Sigma Untuk Meningkatkan Kualitas Produk di Industri Manufaktur. *Prosiding Sains dan Teknologi*, 4(1), 687-692.
<https://ejurnal.pelitabangsa.ac.id/index.php/SAINTEK/article/view/5644>
- James, E. E., Ocak, A., & Bernard, S. E. (2024). *Exploring The Dynamics of Product Quality and Failures in Export Trade: A Systematic Literature Review* :
<https://doi.org/10.30574/ijrsra.2024.12.2.1201>.
- Juwito, A., & Al-Faritsy, A. Z. (2022). Analisis Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Cacat Produk dengan Metode Six Sigma di UMKM Makmur Santosa. *Jurnal Cakrawala Ilmiah*, 1(12), 3295-3314.
<https://doi.org/10.53625/jcijurnalcakrawalailmiah.v1i12.3193>
- Kaur, H., & Singh, R. (2023). Review on Predictive Maintenance Techniques in Manufacturing Systems for Quality Enhancement. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 18(3), 200-210.
<https://doi.org/10.22500/jeas.v18i3.1610>
- Kencana, D. S., Chalisyah, E., & Azhari, Y. R. (2024). Analisis Pengendalian Kualitas untuk Mengurangi Defect Pada Glass Bottle dengan Menggunakan Metode Quality Control Circle PT Muliaglass Container Division Cikarang Jawa Barat. *Jurnal Lentera Bisnis*, 13(2), 1176-1198.
<https://doi.org/10.34127/jrlab.v13i2.1151>
- Kerina, P., N. (2025). *Penerapan Root Cause Analysis (Rca) dalam Mengurangi Tingkat Cacat Produk Stick Lolipop di PT XYZ* (Doctoral dissertation, Universitas Pelita Bangsa).
<https://doi.org/10.31004/jutin.v8i1.41003>
- Mahmoudi, A., Shakibania, S., Mokmeli, M., & Rashchi, F. (2020). Tellurium, from Copper Anode Slime to High Purity Product: A Review Paper. *Metallurgical and Materials Transactions B*, 51(6), 2555–2575.
<https://doi.org/10.1007/s11663-020-01974-x>
- Putri, R. A., & Suryadi, A. (2025). Strategies for Reducing Defect Rates in Commercial Feed Production Using the RCA, FMEA, and 5W+ 1H Methods in the Feed Industry at PT XYZ. *Journal of Artificial Intelligence and Engineering Applications (JAIEA)*, 4(2), 847-851.
<https://doi.org/10.59934/jaiea.v4i2.762>
- Rizki, M. R., Imam, S., & Yamin, I. (2023). Penerapan metode Six Sigma dan Analisis 5W+ 1H dalam pengendalian Kualitas Produk A di PT XYZ. In *Seminar Nasional Teknologi Cetak Dan Media Kreatif* (Vol. 2).
<https://prosiding.pnj.ac.id/index.php/etamekraf/article/view/972>
- Sinha, A., & Gupta, P. (2023). Integrated Quality Management Framework for Defect Reduction in Non-Ferrous Metal Processing. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 40(7), 1700-1718.
<https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2022-0294>
- Siswanto, et al. (2022). The Effect of Production Planning and Quality Control on The Final Product. *Journal of Social Science*. 3(6) 2128-2136.
<https://digilib.esaunggul.ac.id/UEU->

- Journal-11_3978/28851/pest-control
- Xu, Z., et al. (2022). Influence of Flow Rate and Current Density Distribution on Copper Electrodeposition Morphology. *Electrochimica Acta*, 402, 139589.
<https://doi.org/10.1016/j.electacta.2021.139589>
- Yulianti, E., & Hananto, D. (2025). Effect of Quality Control and Production Process on Product Quality CV. Sumedang Tofu Factory. *Eduvest-Journal of Universal Studies*, 5(7), 9560-9576.
<https://doi.org/10.59188/eduvest.v5i7.51966-76>.