

IMPLEMENTASI NEW SEVEN TOOLS DAN FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS BERBASIS SIX SIGMA GUNA PENINGKATAN KUALITAS DEMINERALIZED WATER

(Studi Kasus: Unit Demin III A - PT Petrokimia Gresik)

Ali Albana¹, Said Salim Dahda²

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Muhammadiyah Gresik
Jl. Sumatera 101 GKB, Gresik 61121, Indonesia
e-mail : ali3903375@gmail.com

ABSTRAK

PT Petrokimia Gresik memerlukan pasokan *demineralized water* berkualitas tinggi untuk mendukung kinerja turbin dan *boiler* dalam proses produksi. Kualitas *demineralized water* berperan penting terhadap efisiensi energi dan keberlangsungan operasional. Penelitian ini bertujuan menganalisis jenis, penyebab, serta pengendalian kecacatan air demin melalui integrasi metode *Six Sigma*, *New Seven Tools*, dan *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA). Hasil menunjukkan bahwa kecacatan tertinggi terjadi pada parameter *Total Hardness* (TH), SiO_2 , dan *Conductivity*. Penyebab utama mencakup proses regenerasi resin yang tidak optimal, ketidakstabilan parameter operasional, serta lemahnya pengendalian mutu dan kalibrasi alat. Nilai DPMO sebesar 20.673,48 dan level sigma 3,5 mengindikasikan bahwa proses belum mencapai kualitas optimal, meskipun masih dalam batas kendali statistik. Usulan perbaikan meliputi optimalisasi SOP regenerasi resin, pelatihan *operator*, penjadwalan kalibrasi dan inspeksi alat, pengembangan sistem *monitoring* online, serta *preventive maintenance* rutin pada unit kation, anion, dan filter. Pendekatan ini diharapkan mampu meningkatkan kualitas *demineralized water* secara berkelanjutan.

Kata kunci : *New Seven Tools*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Six Sigma*, Peta Kontrol, *Demineralized water*

ABSTRACT

PT Petrokimia Gresik requires a high-quality supply of *demineralized water* to support the performance of turbines and boilers in the production process. The quality of *demineralized water* plays a crucial role in energy efficiency and operational continuity. This study aims to analyze the types, causes, and control of defects in *demineralized water* by integrating the *Six Sigma* method, *New Seven Tools*, and *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA). The results indicate that the highest defect rates occur in the parameters of *Total Hardness* (TH), SiO_2 , and conductivity. The main causes include suboptimal resin regeneration processes, instability in operational parameters, and weak quality control and instrument calibration. A Defect per million opportunities (DPMO) value of 20,673.48 and a sigma level of 3.5 indicates that the process has not yet reached optimal quality, although it remains within statistical control limits. Proposed improvements include optimizing Standard Operating Procedures (SOPs) for resin regeneration, retraining operators, scheduling regular calibrations and equipment inspections, developing an online quality monitoring system, and implementing routine preventive maintenance on key units, such as cation, anion, and filter systems. This approach is expected to sustainably enhance the quality of *demineralized water*.

Keywords : *New Seven Tools*, *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA), *Six Sigma*, Control Chart, *Demineralized water*

Jejak Artikel

Upload artikel : 15 Juni 2025

Revisi : 20 Juni 2025

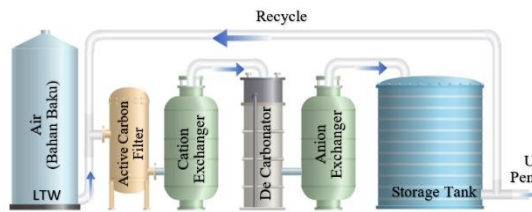
Publish : 3 Juli 2025

1. PENDAHULUAN

Demineralized water memiliki peran vital dalam menunjang kinerja *boiler* dan turbin di lingkungan industri proses, termasuk di PT Petrokimia Gresik. Air ini digunakan sebagai

umpan utama pembangkit steam yang mendukung operasional produksi pupuk dalam skala besar. Kualitas *demineralized water* sangat menentukan efisiensi energi, stabilitas sistem, serta keandalan peralatan

seperti *boiler* dan turbin (Radianza & Mashabai, 2020). Proses demineralisasi dilakukan untuk menghilangkan mineral terlarut seperti kalsium, magnesium, dan silika, guna menghasilkan air dengan tingkat kemurnian tinggi dan mencegah risiko kerak, korosi, maupun *foaming* pada sistem (Harjadi & Arraniri, 2021). Konfigurasi proses produksi *demineralized water* sebagaimana pada Gambar 1.1



Gambar 1.1 Diagram proses produksi *demineralized water*

Ketidaksesuaian dalam proses ini dapat menyebabkan penurunan kualitas *demineralized water*. Kondisi ini menjadikan tingginya konsekuensi biaya perbaikan akibat proses yang belum mampu dikendalikan dengan maksimal (Albana & Salim Dahdah, 2023). Oleh karena itu, dibutuhkan pendekatan analitis untuk mengidentifikasi akar masalah kualitas secara menyeluruh (Tania et al., 2021)(Arianti et al., 2020). Parameter kualitas *demineralized water* meliputi pH, suhu, *Conductivity*, *Total Hardness* (TH), dan SiO_2 . Berdasarkan data produksi Januari–Desember 2024, dari total produksi *demineralized water* sebesar 134.133,2 ton, tercatat 13.865,0 ton atau sebesar 10,34% mengalami kecacatan. Pada bulan februari, maret dan oktober tidak ada produksi dikarenakan tercapainya target produksi (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Jumlah produk cacat *demineralized water* periode Januari – Desember 2024

Bulan	Produksi (ton)	Good Product (ton)	Jumlah cacat (ton)
Jan	9.771,8	8.699,6	1.072,2
Apr	10.513,4	9.453,7	1.059,7
Mei	16.102,2	14.251,8	1.850,4
Juni	14.362	12.941,2	1.420,8
Juli	11.321	10.064,7	1.256,3
Agu	16.232,1	14.776,4	1.455,7
Sept	15.431,6	13.887,5	1.544,1
Nov	17.832,8	15.835,2	1.997,6

Des	22.566,3	20.358,1	2.208,2
Total	134.133,2	120.268,2	13.865,0

Selanjutnya Jenis kecacatan pada *demineralized water* selama periode Januari – Desember 2024 sebagaimana pada Tabel 1.2.

Tabel 1.2 Data jenis-jenis kecacatan produk (Januari – Desember 2024)

No	Jenis Cacat	Jumlah (ton)	Persentase
1	pH	1.378,2	9,94%
2	<i>Conductivity</i>	2.485,9	17,93%
3	Suhu	970,6	7,00%
4	<i>Total Hardness</i> (TH)	4.859,7	35,05%
5	SiO_2	4.170,6	30,08%
Total		13.865,0	100,00%

Berdasarkan hasil evaluasi data produksi, diketahui bahwa proporsi kecacatan tertinggi pada *demineralized water* terjadi pada parameter *Total Hardness* (TH), SiO_2 , dan *Conductivity*. Ketidakterkendalinya parameter-parameter ini menyebabkan peningkatan biaya perbaikan dan menurunkan efisiensi peralatan, yang menandakan belum optimalnya sistem pengendalian proses yang berjalan saat ini. Mengingat PT Petrokimia Gresik bergerak di bidang industri kimia berbasis proses, maka kestabilan kualitas sangat krusial untuk menjaga keberlangsungan produksi.

Dalam mengatasi permasalahan kualitas *demineralized water*, diperlukan pendekatan pengendalian proses yang sistematis dan berbasis data. Metode *Six Sigma* menjadi salah satu pendekatan yang efektif karena mampu menurunkan tingkat kecacatan melalui lima tahapan utama: *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control* (DMAIC) (Gilligan et al., 2023). Metode ini bersifat fleksibel dan telah banyak diterapkan di berbagai industri, termasuk industri proses (Reddy et al., 2024).

Integrasi alat bantu seperti *New Seven Tools* dalam tahapan *Six Sigma* membantu menganalisis akar penyebab kecacatan secara lebih akurat (Sutrisno, 2022)(Rozi, Fahrul; Nugroho, 2022), serta mendukung perumusan solusi perbaikan yang lebih efektif dan terarah (De Mast et al., 2021).

Tanpa pengendalian kualitas yang menyeluruh, kecacatan pada *demineralized water* dapat berdampak pada meningkatnya *downtime*, konsumsi energi yang tidak efisien, dan potensi kerusakan peralatan utama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan menerapkan *Six Sigma* yang terintegrasi dengan *New Seven Tools* dan FMEA guna menurunkan tingkat cacat dan meningkatkan efisiensi serta keberlanjutan proses produksi.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini dilakukan di PT Petrokimia Gresik, yang berlokasi di Jl. Jenderal Ahmad Yani, Gresik, Jawa Timur, selama periode Januari hingga Maret 2025. Jenis penelitian yang digunakan adalah survei deskriptif kuantitatif, dengan pendekatan observasi langsung, wawancara teknis, dan pengumpulan data historis guna memperoleh informasi terkait penurunan kualitas *demineralized water*.

Proses dimulai dengan melakukan kajian awal terhadap permasalahan yang dihadapi perusahaan, dan diakhiri dengan penyusunan rekomendasi, sebagaimana ditampilkan dalam diagram alir berikut:

Gambar 2.1 Flow Chart penelitian



Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif dengan metode *Six Sigma* yang berfokus pada peningkatan kualitas air demineralisasi di PT Petrokimia Gresik. Tahapan utama dalam metodologi ini mengikuti siklus DMAIC, yaitu *Define*, *Measure*, *Analyze*, *Improve*, dan *Control*. Pada tahap *Define*, dilakukan identifikasi permasalahan serta penentuan *Critical to Quality* (CTQ) berdasarkan keluhan pelanggan dan data historis. Tahap *Measure* mencakup pengumpulan data kualitas air, penghitungan nilai *Defects per Million Opportunities* (DPMO), serta perhitungan sigma level guna mengetahui kapabilitas proses secara kuantitatif (Palací-López et al., 2020).

Tahap *Analyze* menggunakan pendekatan *New Seven Tools*, yaitu *Pareto diagram*, *Affinity diagram*, *Interrelationship diagram*, *Tree diagram*, *Activity network diagram*, dan *Process decision program chart* (PDPC). Alat-alat ini digunakan mengidentifikasi akar penyebab utama dari kegagalan suatu proses atau cacat pada produk, serta menentukan faktor-faktor dominan apa saja yang mempengaruhi, agar perbaikan proses dapat dilakukan pada proses tersebut (Suhartini et al., 2020). Tahap *Improve* menggunakan metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk menentukan prioritas tindakan perbaikan berdasarkan nilai *Risk Priority Number* (RPN). Pada tahap *Control*, disusun rencana pengendalian mutu untuk menjamin keberlanjutan hasil perbaikan. Pendekatan ini dipilih karena mampu mengintegrasikan analisis data, identifikasi resiko, dan pengendalian mutu dalam satu kerangka kerja yang menyeluruh dan berbasis data.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Tahap *Define*

Dalam penelitian ini, permasalahan utama yang diangkat adalah ketidaksesuaian kualitas *demineralized water* di Unit Demin III A PT Petrokimia Gresik, ditunjukkan oleh beberapa parameter kualitas yang tidak memenuhi spesifikasi standar.

3.1.1 *Critical to Quality* (CTQ)

Penetapan *Critical to Quality* (CTQ) dilakukan berdasarkan data historis hasil

pengujian laboratorium terhadap produk *demineralized water*. Identifikasi CTQ bertujuan untuk menentukan karakteristik kualitas yang berpengaruh signifikan terhadap mutu produk akhir, berdasarkan jumlah ketidaksesuaian (*defect*) yang tercatat selama periode produksi.

Lima parameter kualitas utama yang ditetapkan sebagai CTQ dalam penelitian ini meliputi:

1. pH
2. *Conductivity*
3. Suhu
4. *Total Hardness* (TH)
5. Silika (SiO_2)

Kelima parameter tersebut dipilih karena mewakili indikator utama mutu *demineralized water* dan berdampak langsung terhadap kinerja peralatan proses di instalasi hilir.

3.2 Tahap *Measure*

Tahap *Measure* dalam pendekatan *Six Sigma* bertujuan untuk memperoleh gambaran kondisi aktual proses melalui pengumpulan data yang valid dan reliabel sebagai dasar analisis. Dalam penelitian ini, pengukuran difokuskan pada lima parameter CTQ, yaitu pH, *Conductivity*, suhu, *total hardness* (TH), dan SiO_2 .

3.2.1 Pengumpulan dan Pengolahan Data

Pengumpulan data dilakukan melalui kerja sama antara *operator* unit dan tim laboratorium Pabrik III PT Petrokimia Gresik. Sampel *demineralized water* diambil dari titik pengambilan representatif yang mencerminkan mutu akhir produk. Proses sampling dilakukan setiap hari selama tujuh hari berturut-turut dalam seminggu, dan berlangsung selama 12 minggu, menghasilkan total 84 data pengamatan.

Setiap *sample* diambil menggunakan botol steril untuk menghindari kontaminasi, kemudian dikirim ke laboratorium untuk dianalisis. Selain itu, parameter *Flow Quantity* (FQ) dicatat saat pengambilan untuk memperkirakan volume produksi yang mewakili kondisi mutu saat itu.

3.2.2 Analisis Data

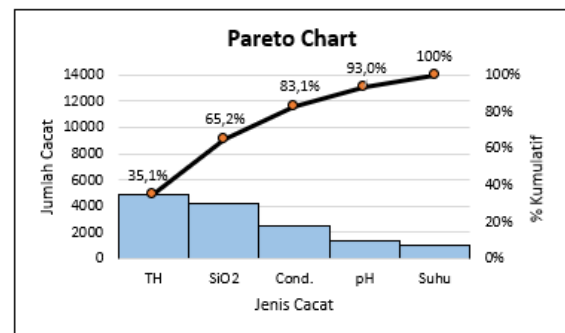
Data yang dikumpulkan dianalisis untuk mengidentifikasi tren kecacatan kualitas. Hasil analisis ditampilkan dalam bentuk

diagram Pareto guna mengetahui parameter dengan kontribusi ketidaksesuaian tertinggi selama periode pengamatan (Januari–Desember 2024).

Hasil persentase cacat produk selama satu tahun disajikan pada Tabel 3.2, yang menjadi dasar penetapan prioritas perbaikan pada tahap selanjutnya.

Tabel 3.1 Persentase kecacatan produk

No	Jenis Cacat	Jumlah Produk (ton)	Jumlah Cacat (ton)	% Cacat	% Kumulatif
1	<i>Total Hardness</i> (TH)	134133,2	4859,7	35,1 %	35,1 %
2	SiO_2		4170,6	30,1 %	65,2 %
3	<i>Conductivity</i>		2485,9	27,9 %	83,1 %
4	pH		1.378,2	9,9 %	93,0 %
5	Suhu		970,6	7,0 %	100 %
Total		134133,2	13865,0	100,0 %	



Gambar 3.1 Pareto Diagram Kecacatan analisa produk *demineralized water*

Berdasarkan prinsip Pareto (80/20), diketahui bahwa tiga parameter TH, SiO_2 , dan *Conductivity* menyumbang lebih dari 80% terhadap total ketidaksesuaian kualitas. Oleh karena itu, penelitian difokuskan pada perbaikan terhadap tiga parameter ini guna mencapai dampak perbaikan yang maksimal terhadap kualitas *demineralized water*.

3.2.3 Perhitungan Nilai *Defect per Million Opportunities* (DPMO)

Standar mutu *Six Sigma* dari Motorola menyasar DPMO sebesar 3,4 yang mengartikan rata-rata 3,4 kesalahan pada setiap sejuta peluang kecacatan.

Data kecacatan hasil pengamatan selama periode Januari hingga Desember 2024 digunakan untuk perhitungan DPMO disajikan dalam Tabel 3.2.

Tabel 3.2 Data Jenis-jenis kecacatan produk

Bulan	Minggu	Produksi (ton)	Total Produksi (ton)	Jenis Cacat (ton)					Jumlah Cacat (ton)	Jumlah cacat (ton)
				pH	Concl	Sulph	TH	SiO ₂		
Jan	1	2439,5	9771,8	29,3	46,3	18,2	94,3	77,4	265,5	1072,2
	2	2467,7		29,7	47,9	18,4	95,0	81,7	272,7	
	3	2440,4		28,1	49,7	19,8	94,7	82,8	275,1	
	4	2424,2		19,5	48,4	18,6	91,8	80,6	258,9	
April	1	2626,4	10513,4	24,5	46,3	15,8	91,9	80,6	259,1	1059,7
	2	2641,3		28,4	48,8	20,4	94,5	79,9	272,0	
	3	2558,7		26,8	47,4	19,3	92,6	78,5	264,6	
	4	2687,0		25,6	47,5	18,7	92,4	79,8	264,0	
Mei	1	4023,4	16102,3	46,9	80,1	33,2	164,7	138,7	463,6	1850,4
	2	4113,8		45,7	83,3	31,8	162,6	140,9	464,3	
	3	4017,3		46,1	84,9	32,4	160,9	138,6	462,9	
	4	3947,7		45,2	83,5	32,1	160,4	138,4	459,6	
Juni	1	3675,3	14362,0	34,9	64,8	25,3	126,4	106,4	357,8	1420,8
	2	3608,1		37,5	63,4	24,9	123,7	107,2	336,7	
	3	3576,4		34,9	63,7	24,6	124,5	106,8	354,5	
	4	3502,2		33,9	62,8	24,7	123,4	107,0	331,8	
Juli	1	2843,3	11321,0	31,3	56,5	21,8	111,1	94,1	315,0	1256,3
	2	2876,6		30,8	56,7	21,4	110,7	95,1	314,7	
	3	2834,0		31,5	56,2	22,0	108,5	94,7	312,9	
	4	2817,1		31,3	55,9	22,7	110,0	93,8	313,7	
Agust	1	4075,2	16232,1	36,8	66,2	25,6	128,1	109,6	366,3	1455,7
	2	4038,7		35,9	66,0	26,3	127,6	109,3	365,1	
	3	4002,4		36,7	64,7	25,4	127,2	108,9	362,9	
	4	4035,8		35,3	64,1	24,6	127,3	110,1	361,4	
Sept	1	3972,7	15431,6	36,4	70,2	27,5	135,4	116,6	386,1	1544,1
	2	3841,4		39,1	69,7	26,2	136,3	116,4	387,7	
	3	3857,9		38,8	69,1	27,1	134,8	115,8	385,6	
	4	3759,6		39,2	67,9	27,3	134,6	115,7	384,7	
Nov	1	4258,6	17832,8	50,5	89,9	34,2	177,3	148,2	500,1	1997,6
	2	4489,2		48,7	89,3	36,4	174,9	149,7	499,0	
	3	4568,7		49,6	88,6	34,4	175,1	151,6	499,3	
	4	4516,3		49,8	90,4	34,8	172,9	151,3	499,2	
Des	1	5578,4	22566,3	55,3	100,3	39,2	194,0	167,1	555,9	2308,2
	2	5643,9		53,5	98,5	38,4	192,3	165,4	548,1	
	3	5581,6		54,8	99,0	38,7	194,9	166,8	554,2	
	4	5762,4		55,9	98,1	38,3	192,8	164,9	550	
Total		134133,2	134133,2	1378,2	2486,1	970,5	4839,6	4170,6	13865	13865

perhitungan DPMO untuk data atribut dapat dilakukan.

Total Cacat = 13865

Total Produksi = 134133,2

Jumlah Kesempatan Potensi Kecacatan = 5

Rumus DPMO = $\frac{\sum \text{Kecacatan Produksi} \times 1.000.000}{\sum \text{Produksi} \times \sum \text{Kesempatan Total Cacat}}$

Langkah perhitungan :

$$\text{DPMO} = \frac{13865,0 \times 1.000.000}{134133,2 \times 5}$$

$$\text{DPMO} = \frac{13.865.000.000}{670.666}$$

$$\text{DPMO} = 20.673,48$$

$$\begin{aligned} \text{Rumus Sigma} &= \text{NORMSINV}((1000000 - \text{DPMO})/1000000) + 1,5 \\ &= \text{NORMSINV}((1000000 - 20.673,48)/1000000) + 1,5 \\ &= 3,5 \end{aligned}$$

Hasil pengolahan data menunjukkan bahwa nilai DPMO mencapai 20.673,48, yang mengindikasikan terdapat sekitar 20.673 cacat pada setiap satu juta peluang produksi. Berdasarkan nilai tersebut, diperoleh level sigma sebesar 3,5.

Level sigma ini merepresentasikan kapabilitas proses pada kategori menengah, di mana tingkat kualitas produk masih dapat ditingkatkan melalui pengendalian terhadap parameter-parameter kritis. Oleh karena itu, strategi perbaikan yang diarahkan pada parameter dengan kontribusi cacat tertinggi menjadi kunci dalam menurunkan tingkat

kegagalan dan meningkatkan performa proses menuju standar *Six Sigma*.

3.2.4 Pengujian Batas Kontrol Menggunakan X Bar Chart

Sebanyak 84 data hasil pengamatan diperoleh dari proses sampling harian *demineralized water* selama Januari hingga Maret 2025. *Sampling* dilakukan terhadap parameter TH, SiO₂, dan *Conductivity* satu kali per hari selama 28 hari setiap bulan.

Tabel 3.3 Data hasil analisa TH periode januari – maret 2025

Tahun	Bulan	Tanggal	Hasil Analisa (ppm)							X	R	X̄	R̄
			1	2	3	4	5	6	7				
2025	Januari	1 - 7	0	1	0	0	1	1	0	0,4	1	0,4405	1,5
		8 - 14	1	0	2	1	0	0	0	0,6	2	0,4405	1,5
		15 - 21	0	0	0	1	0	1	0	0,3	1	0,4405	1,5
		22 - 28	0	0	1	0	0	1	0	0,3	1	0,4405	1,5
	Februari	1 - 7	0	1	0	0	1	0	0	0,3	1	0,4405	1,5
		8 - 14	0	2	0	1	0	0	0	0,4	2	0,4405	1,5
		15 - 21	0	0	1	2	1	0	0	0,6	2	0,4405	1,5
		22 - 28	1	0	0	1	1	0	0	0,4	1	0,4405	1,5
	Maret	1 - 7	0	1	0	0	0	0	1	0,3	1	0,4405	1,5
		8 - 14	0	0	1	0	2	1	0	0,6	2	0,4405	1,5
		15 - 21	0	0	2	1	0	0	1	0,6	2	0,4405	1,5
		22 - 28	1	2	0	0	0	1	0	0,6	2	0,4405	1,5

Peta Kendali $\bar{X}$ (X-Bar Chart)

$$\text{UCL} = \bar{X} + (A2 \times \bar{R}) = 0,4405 + (0,419 \times 1,5) = 0,4405 + 0,6285 = 1,069$$

$$\text{CL} = \bar{X} = 0,4405$$

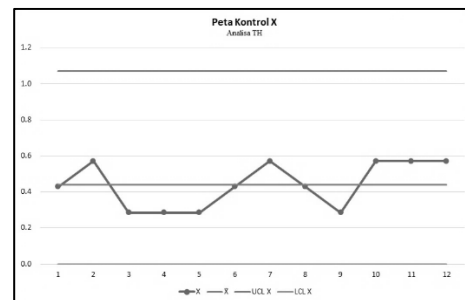
$$\text{LCL} = \bar{X} - (A2 \times \bar{R}) = 0,4405 - 0,6285 = -0,188 \rightarrow \text{d disesuaikan menjadi } 0$$

Peta Kendali R (Range Chart)

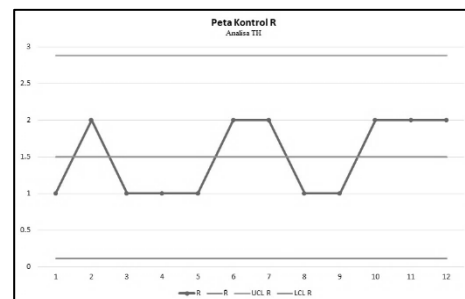
$$\text{UCL} = D4 \times \bar{R} = 1,924 \times 1,5 = 2,886$$

$$\text{CL} = \bar{R} = 1,5$$

$$\text{LCL} = D3 \times \bar{R} = 0,076 \times 1,5 = 0,114$$



Gambar 3.2 Peta kontrol X pada analisa TH



Gambar 3.3 Peta kontrol R pada analisa TH

Dari Gambar 3.2 dan 3.3 menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu pada periode tersebut berada dalam kondisi yang stabil dan terkendali secara statistik.

Tabel 3.4 Data hasil analisa SiO_2 periode januari – maret 2025

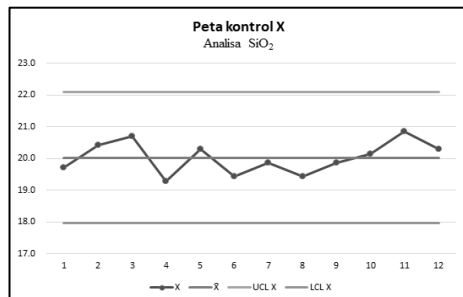
Tahun	Bulan	Tanggal	Hasil Analisa (ppm)							X	R	$\bar{X}$	R
			1	2	3	4	5	6	7				
2025	Januari	1 - 7	21	18	23	20	19	18	19	19,7	5	20,024	4,9167
		8 - 14	23	20	20	19	21	22	18	20,4	5	20,024	4,9167
		15 - 21	22	18	21	23	19	23	19	20,7	5	20,024	4,9167
		22 - 28	18	19	19	22	21	17	19	19,3	5	20,024	4,9167
		1 - 7	20	21	18	19	21	20	23	20,3	5	20,024	4,9167
		8 - 14	21	18	19	17	19	23	19	19,4	6	20,024	4,9167
	Februari	15 - 21	22	20	18	21	20	20	18	19,9	4	20,024	4,9167
		22 - 28	17	18	18	22	18	22	21	19,4	5	20,024	4,9167
		1 - 7	19	20	18	20	18	23	21	19,9	5	20,024	4,9167
		8 - 14	19	19	23	21	18	18	23	20,1	5	20,024	4,9167
		15 - 21	22	20	19	23	21	20	21	20,9	4	20,024	4,9167
		22 - 28	20	19	18	21	20	23	21	20,3	5	20,024	4,9167
	Maret	1 - 7	19	20	18	20	18	23	21	19,9	5	20,024	4,9167
		8 - 14	19	19	23	21	18	18	23	20,1	5	20,024	4,9167
		15 - 21	22	20	19	23	21	20	21	20,9	4	20,024	4,9167
		22 - 28	20	19	18	21	20	23	21	20,3	5	20,024	4,9167

Peta Kendali $\bar{X}$ (X-Bar Chart)

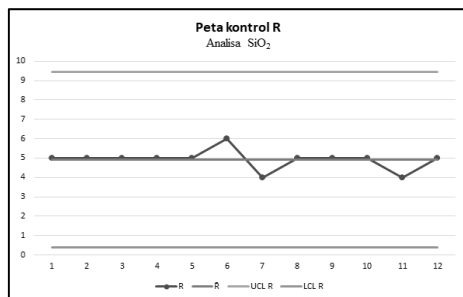
$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{X} + A_2 * \bar{R} = 20,024 + 0,419 \times 4,9167 = 22,089 \\ \text{CL} &= \bar{X} = 20,024 \\ \text{LCL} &= \bar{X} - A_2 * \bar{R} = 20,024 - 0,419 \times 4,9167 = 17,959 \end{aligned}$$

Peta Kendali R (Range Chart)

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= D_4 * \bar{R} = 1,924 \times 4,9167 = 9,461 \\ \text{CL} &= \bar{R} = 4,9167 \\ \text{LCL} &= D_3 * \bar{R} = 0,076 \times 4,9167 = 0,373 \end{aligned}$$



Gambar 3.4 Peta kontrol X pada analisa SiO_2



Gambar 3.5 Peta kontrol R pada analisa SiO_2

Dari Gambar 3.4 dan 3.5 menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu pada

periode tersebut berada dalam kondisi yang stabil dan terkendali secara statistik.

Tabel 3.5 Data hasil analisa *Conductivity* periode januari – maret 2025

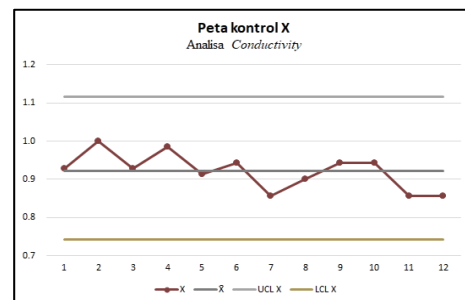
Tahun	Bulan	Tanggal	Hasil Analisa (mmhos)							X	R	$\bar{X}$	R
			1	2	3	4	5	6	7				
2025	Januari	1 - 7	0,8	0,9	1,3	0,9	0,8	0,8	1,0	0,9	0,5	0,9214	0,425
		8 - 14	1,2	1,0	0,7	1,0	0,9	1,2	1,0	1,0	0,5	0,9214	0,425
		15 - 21	1,0	0,9	0,8	1,2	0,7	1,1	0,8	0,9	0,5	0,9214	0,425
		22 - 28	1,0	0,8	0,9	1,3	1,0	0,9	1,0	1,0	0,5	0,9214	0,425
	Februari	1 - 7	0,9	0,7	1,0	0,9	0,9	0,8	1,2	0,9	0,5	0,9214	0,425
		8 - 14	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	1,1	0,9	0,9	0,3	0,9214	0,425
		15 - 21	0,7	1,0	0,8	0,8	0,9	1,0	0,8	0,9	0,3	0,9214	0,425
		22 - 28	0,8	1,0	0,9	0,9	1,0	0,7	1,0	0,9	0,3	0,9214	0,425
	Maret	1 - 7	1,0	0,9	1,0	0,9	1,0	1,1	0,7	0,9	0,4	0,9214	0,425
		8 - 14	0,9	0,7	1,1	1,0	0,8	0,9	1,2	0,9	0,5	0,9214	0,425
		15 - 21	0,7	0,8	0,7	1,2	0,7	1,0	0,9	0,9	0,5	0,9214	0,425
		22 - 28	0,8	0,9	0,9	0,7	0,9	0,8	1,0	0,9	0,3	0,9214	0,425

Peta Kendali $\bar{X}$ (X-Bar Chart)

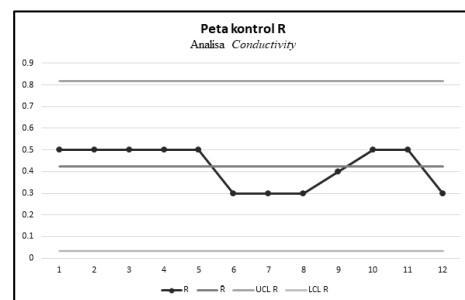
$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{X} + A_2 * \bar{R} = 0,9214 + 0,419 \times 0,425 = 1,117 \\ \text{CL} &= \bar{X} = 0,9214 \\ \text{LCL} &= \bar{X} - A_2 * \bar{R} = 0,9214 - 0,419 \times 0,425 = 0,743 \end{aligned}$$

Peta Kendali R (Range Chart)

$$\begin{aligned} \text{UCL} &= D_4 * \bar{R} = 1,924 \times 0,425 = 0,818 \\ \text{CL} &= \bar{R} = 0,425 \\ \text{LCL} &= D_3 * \bar{R} = 0,076 \times 0,425 = 0,032 \end{aligned}$$



Gambar 3.6 Peta kontrol X pada analisa *Conductivity*

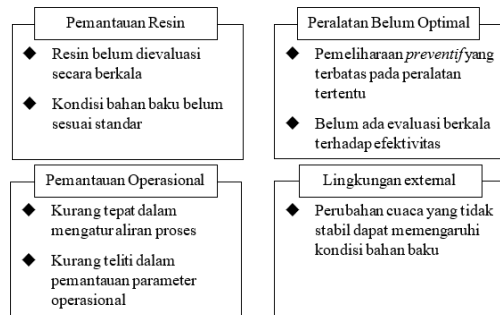


Gambar 3.7 Peta kontrol R pada analisa *Conductivity*

Dari Gambar 3.6 dan 3.7 menunjukkan bahwa proses pengendalian mutu pada periode tersebut berada dalam kondisi yang stabil dan terkendali secara statistik.

3.3 Analyze

3.3.1 Affinity diagram



Gambar 3.8 Affinity diagram

Berdasarkan Gambar 3.8, permasalahan kualitas *demineralized water* dikelompokkan ke dalam empat kategori utama melalui analisis *affinity diagram*. Kategori tersebut meliputi:

1. Pemantauan Resin, terkait belum dilakukannya evaluasi berkala terhadap kondisi resin dan mutu air baku yang belum memenuhi standar.
2. Peralatan Belum Optimal, mencakup terbatasnya kegiatan *preventive maintenance* dan belum adanya evaluasi prosedur operasional secara menyeluruh.
3. Pemantauan Proses Operasional, berkaitan dengan pengaturan aliran yang kurang tepat dan ketidaktelitian *operator* dalam memonitor parameter kritis.
4. Pengaruh Lingkungan Eksternal, seperti perubahan cuaca yang memengaruhi kestabilan proses dan mutu air baku.

Klasifikasi ini mempermudah identifikasi akar masalah secara sistematis, serta menjadi dasar dalam merumuskan strategi perbaikan yang lebih terfokus dan efektif.

3.3.2 Interrelationship diagram



Gambar 3.9 Interrelationship diagram

Hasil analisis menggunakan *Interrelationship Diagram* (Gambar 3.9) menunjukkan bahwa cacat kualitas *demineralized water* disebabkan oleh interaksi kompleks antar berbagai faktor. Faktor dominan meliputi keterbatasan supervisi, pergantian *shift* (terutama sore ke malam), kondisi resin yang mendekati jenuh, serta pengaruh cuaca yang tidak stabil.

Faktor-faktor tersebut berdampak langsung terhadap ketidakteraturan aliran proses, terbatasnya *preventive maintenance*, serta fluktuasi kualitas bahan baku akibat tingginya kandungan mineral dan logam berat. Kontribusi terbesar terhadap cacat terjadi pada parameter *Total Hardness* (TH), SiO_2 , dan *Conductivity*.

Pemahaman hubungan sebab-akibat ini menjadi dasar dalam penentuan prioritas perbaikan (Harahap, Bonar; Parinduri, Luthfi; Fitria, 2020). Fokus diarahkan pada peningkatan pengawasan operasional, pengaturan *shift* yang lebih efektif, evaluasi berkala resin, serta pengendalian kualitas bahan baku. Strategi ini diharapkan mampu menurunkan tingkat cacat dan meningkatkan konsistensi mutu produk.

3.3.3 Tree diagram

Ketiga parameter tersebut digabungkan ke dalam satu Tree Diagram karena memiliki keterkaitan proses yang erat dalam proses *demineralisasi*.



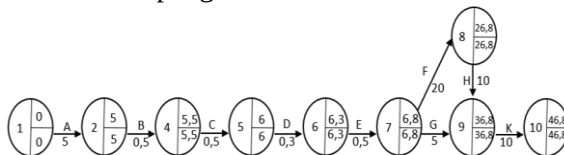
Gambar 3.10 Tree diagram

Dalam upaya menurunkan jumlah produk cacat terkait parameter TH, SiO_2 , dan *Conductivity* pada *demineralized water*, dilakukan perencanaan tindakan perbaikan yang sistematis melalui *Tree Diagram* dengan tiga cabang utama: peningkatan

kinerja operator melalui intensifikasi pengawasan dan digitalisasi pelaporan; evaluasi bahan baku dan resin melalui pengujian teknis berkala serta pemantauan kondisi penyimpanan; serta peningkatan performa mesin lewat pemeliharaan terjadwal dan evaluasi rutin terhadap komponen produksi, di mana seluruh solusi saling mendukung untuk memastikan proses berjalan optimal.

3.3.4 Activity network diagram

Untuk memastikan kualitas *demineralized water* sesuai standar, dilakukan pemetaan proses menggunakan data operasional aktual dari observasi lapangan, pencatatan harian, dan wawancara dengan operator serta *supervisor*. Data ini diolah menjadi *Activity Network Diagram* yang menggambarkan urutan aktivitas produksi dari pengambilan air baku hingga produk akhir (Damayanti & Aziza, 2024)(Widjajanto & Hardi Purba, 2021). *Activity Network Diagram* tidak hanya menunjukkan alur kerja, tetapi juga membantu mengidentifikasi kontribusi tiap tahapan terhadap kualitas output. Dengan demikian, dapat ditentukan titik-titik kritis yang berpotensi menimbulkan cacat dan memerlukan pengendalian lebih ketat.



Gambar 3.11 Activity network diagram

Tabel 3.5 Aktivitas pada proses produksi *demineralized water*

Kode	Aktivitas	Estimasi Waktu (Menit)	Keterangan
A	Pengambilan air (bahan baku)	5	Mengisi atau mengalirkan air ke unit pertama
B	Filtrasi melalui <i>Active Carbon Filter</i>	0,5	Menghilangkan senyawa organik dan logam berat
C	<i>Cation Exchanger</i> (penghilangan TH)	0,5	Resin penukar kation, fokus ke Ca^{2+} & Mg^{2+}
D	<i>De-carbonator</i>	0,3	Mengurangi CO_2 bebas
E	<i>Anion Exchanger</i> (penghilangan SiO_2)	0,5	Resin penukar anion, menghilangkan SiO_2 dan anion lain
F	Sampling & verifikasi laboratorium	20	Pengujian manual kualitas akhir
G	Penyimpanan di tangki penampungan	5	Waktu pengisian ke tangki
H	Penyesuaian proses	10	Penyesuaian terhadap hasil analisa
I	Penyaluran ke proses produksi	10	Distribusi <i>demineralized water</i> ke unit pengguna

3.3.5 Process decision program chart (PDPC)



Gambar 3.12 Process decision program chart

Setiap langkah teknis dilengkapi identifikasi potensi masalah dan alternatif solusi yang realistis, seperti sistem pengingat otomatis untuk maintenance dan penggunaan termonitor dalam penyimpanan resin. Dengan pendekatan hierarkis ini, PDPC memberikan arahan konkret yang mendukung pengambilan keputusan proaktif guna meningkatkan efektivitas kontrol kualitas secara menyeluruh.

3.4 Improve

Tahapan *Improve* pada penelitian ini dilaksanakan berdasarkan hasil analisis pada tahap *Analyze*, dengan mengacu pada nilai *Risk Priority Number* (RPN) yang diperoleh melalui metode *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) (Risalahudin & Rukmi, 2021).

Penentuan prioritas perbaikan dilakukan dengan mengidentifikasi faktor-faktor penyebab cacat yang memiliki nilai RPN tertinggi, sehingga upaya perbaikan lebih terfokus pada penyebab yang paling berisiko dan berdampak besar terhadap kualitas.

Tabel 3.6 Nilai RPN Peningkatan Kinerja Operator

Peningkatan Kinerja Operator					
Masalah Potensial	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (S x O x D)	Tindakan
Kurangnya pemahaman teknologi	6	5	7	210	Menyusun jadwal <i>refresh training</i> tiap 6 bulan
Lemahnya pengawasan	6	5	5	150	Pengawasan secara rutin 1 - 2 jam sekali
Pelaporan masih manual	5	5	5	125	Digitalisasi pelaporan guna mempermudah pemantauan oleh atasan dan pejabat terkait.

Tabel 3.7 Nilai RPN Evaluasi Bahan Baku dan Resin

Evaluasi Bahan Baku dan Resin					
Masalah Potensial	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (S x O x D)	Tindakan
Diperlukan penetapan jadwal pengujian resin	7	6	6	252	Jadwalkan pengujian kualitas resin bulanan
Sumber air bahan baku tidak stabil	8	5	5	200	Monitoring kualitas berkala dan validasi sumber
Kelembapan penyimpanan tidak stabil	6	6	6	216	Gunakan sistem penyimpanan tertutup dan termonitor

Tabel 3.8 Nilai RPN Peningkatan Performa Mesin

Peningkatan Performa Mesin					
Masalah Potensial	Severity (S)	Occurrence (O)	Detection (D)	RPN (S x O x D)	Tindakan
Perlu pengembangan jadwal preventive maintenance	9	5	5	225	Buat SOP PM dan sistem reminder otomatis
Belum ada evaluasi performa alat	8	5	5	200	Kalibrasi alat setiap 3 bulan
Lingkungan penyimpanan belum sesuai	6	5	6	180	Lakukan inspeksi tempat penyimpanan

Tiga permasalahan utama yang diidentifikasi melalui analisis FMEA memiliki nilai RPN tertinggi dan menjadi prioritas perbaikan. Pertama, tidak adanya pengujian rutin resin (RPN 252) berisiko menurunkan efektivitas proses, sehingga disarankan dilakukan pengujian berkala bulanan untuk memantau kinerja resin. Kedua, ketiadaan jadwal *preventive maintenance* (RPN 225) dapat menyebabkan kerusakan tak terdeteksi; oleh karena itu, perlu disusun jadwal perawatan dengan sistem pengingat otomatis untuk menjaga konsistensi operasional. Ketiga, kondisi kelembapan penyimpanan resin yang tidak terkontrol (RPN 216) berpotensi menurunkan kualitas media penyaring, sehingga direkomendasikan penggunaan ruang penyimpanan tertutup dengan pengendali suhu dan kelembapan untuk menjaga stabilitas performa resin.

4. KESIMPULAN

Merujuk pada hasil analisis dan pembahasan yang telah dilakukan, maka simpulan dari penelitian ini dapat dirumuskan sebagai berikut:

1. Jenis kecacatan utama pada produk demineralized water di PT Petrokimia Gresik mencakup parameter Total

Hardness (TH), SiO₂, dan conductivity, yang memiliki persentase cacat tertinggi serta dampak signifikan terhadap mutu produk akhir.

2. Faktor penyebab utama kecacatan meliputi ketidaksesuaian proses regenerasi resin, ketidakstabilan laju alir dan suhu, penurunan performa peralatan, kegagalan dalam kalibrasi alat, serta lemahnya kontrol mutu pada proses sampling dan analisis laboratorium.
3. Penerapan metode Six Sigma menunjukkan nilai DPMO sebesar 20.673,48 dan level sigma sebesar 3,5, yang menandakan bahwa proses masih berada pada tingkat kapabilitas menengah, meskipun berada dalam batas kendali statistik sesuai hasil $\bar{X}$ & R Chart. Analisis risiko melalui FMEA berhasil mengidentifikasi titik kritis dan memprioritaskan perbaikan.
4. Usulan perbaikan proses meliputi optimalisasi SOP regenerasi resin dan pelatihan operator, penjadwalan kalibrasi serta inspeksi alat, pengembangan sistem monitoring kualitas secara real-time, revisi prosedur sampling dan uji laboratorium, serta pelaksanaan preventive maintenance secara berkala pada unit-unit kunci seperti anion, kation, dan filter.

DAFTAR PUSTAKA

- Albana, A., & Salim Dahdah, S. (2023). Improving the Quality of Boiler Feed Water Based on the PDCA Cycle by Integrating Seven Tools. *Daengku: Journal of Humanities and Social Sciences Innovation*, 3(6), 907–915. <https://doi.org/10.35877/454ri.daengku.2113>
- Arianti, M. S., Rahmawati, E., Prihatiningrum, D. R. R. Y., Magister,), & Bisnis, A. (2020). Analisis Pengendalian Kualitas Produk Dengan Menggunakan Statistical Quality Control (Sqc) Pada Usaha Amplang Karya Bahari Di Samarinda. *Edisi Juli-Desember*, 9(2), 2541–1403.
- Damayanti, A. P., & Aziza, N. (2024). Six Sigma Dalam Perspektif Akuntansi Manajemen: Peningkatan Manajemen

- Biaya Strategis dan Pengendalian Kualitas Produk. *Owner*, 8(2), 1768–1776.
<https://doi.org/10.33395/owner.v8i2.2050>
- De Mast, J., Lameijer, B. A., Linderman, K., & Van de Ven, A. (2021). Exploring the process of management system implementation: a case of Six Sigma. *International Journal of Operations and Production Management*, 42(13), 1–24. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-09-2020-0645>
- Gilligan, R., Moran, R., & McDermott, O. (2023). Six Sigma application in an Irish meat processing plant to improve process yields. *TQM Journal*, 35(9), 210–230.
<https://doi.org/10.1108/TQM-02-2023-0040>
- Harahap, Bonar; Parinduri, Luthfi; Fitria, A. L. (2020). Penerapan Metode Six Sigma di PT Triangle Motorindo. *Opsi*, 13(2), 113.
<https://doi.org/10.31315/opsi.v13i2.4066>
- Harjadi, D., & Arraniri, I. (2021). *Experiential Marketing & Kualitas Produk dalam Kepuasan*.
- Palací-López, D., Borràs-Ferrís, J., da Silva de Oliveria, L. T., & Ferrer, A. (2020). Multivariate six sigma: A case study in industry 4.0. *Processes*, 8(9), 1–20.
<https://doi.org/10.3390/PR8091119>
- Radianza, J., & Mashabai, I. (2020). Analisa Pengendalian Kualitas Produksi Dengan Menggunakan Metode Seven Tools Quality Di PT. Borsya Cipta Communica. *JITSA Jurnal Industri & Teknologi Samawa*, 1(1), 17–21.
- Reddy, A., Nagpal, D., & Saxena, S. (2024). *A Six Sigma Approach to Pharmaceutical Industry- A Better Insight*.
- Risalahudin, I., & Rukmi, H. S. (2021). Perbaikan Kualitas Produk Seragam Sekolah Di Konveksi Putra Mandiri Menggunakan Metode Failure Mode And Effect Analysis (FMEA). *Prosiding Diseminasi Fakultas Teknologi Industri Semester Genap 2020/2021*, 1–14.
- Rozi, Fahrul; Nugroho, A. J. (2022). *Upaya perbaikan kualitas produk batik di batik allusan menggunakan metode Six Sigma dan new seven tools*. 20(1), 105–123.
- Suhartini, Mochammad Basjir, & Arief Tri Hariyono. (2020). Pengendalian Kualitas dengan Pendekatan Six Sigma dan New Seventools sebagai Upaya Perbaikan Produk. *Journal of Research and Technology*, 6(2), 297–311.
<https://doi.org/10.55732/jrt.v6i2.373>
- Sutrisno, B. (2022). A Systematic Literature Review of Quality Seven Tools. *IJIEM - Indonesian Journal of Industrial Engineering and Management*, 3(1), 72.
<https://doi.org/10.22441/ijiem.v3i1.13551>
- Tania, N. Y., Taufik, M., & Hidayat, Z. (2021). *Butik Fayya Galery Pulo*. 134–140.
- Widjajanto, S., & Hardi Purba, H. (2021). Six Sigma Implementation in Indonesia Industries and Businesses: a Systematic Literature Review. *Journal of Engineering and Management in Industrial System*, 9(1), 23–34.
<https://doi.org/10.21776/ub.jemis.2021.009.01.3>