

## ANALISIS KECACATAN PRODUK AIR MINUM DALAM KEMASAN SEBAGAI UPAYA PERBAIKAN KUALITAS DENGAN METODE DMAIC

**Ratnanto Fitriadi, Much Djunaidi, Chodariyanti**

Jurusan Teknik Industri Fakultas Teknik

Universitas Muhammadiyah Surakarta

Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271-717417

Email: [ratnanto23@yahoo.com](mailto:ratnanto23@yahoo.com)

### Abstrak

*PT.Tirta Investama merupakan salah satu perusahaan Air Minum Dalam Kemasan (AMDK) yang menempatkan kualitas sebagai salah satu bagian dari strategi perusahaan. Ada beberapa permasalahan yang dihadapi perusahaan diantaranya masalah kualitas pada produk air minum dalam kemasan merek AQUA kemasan 240 ml yang tidak memenuhi spesifikasi pada proses filling. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi cacat yang terjadi, menemukan penyebab terjadinya cacat, menganalisa pengaruh yang paling signifikan dari suatu kegagalan, dan memberikan usulan perbaikan. Dengan menggunakan pendekatan metode (DMAIC) Define, Measure, Analyze, Improve, Control diharapkan perbaikan kualitas dapat dicapai. Berdasarkan pengukuran yang dilakukan diketahui bahwa proses yang mempunyai kontribusi terbesar terhadap kecacatan produk merek AQUA dengan kemasan 240 ml yaitu proses filling. Dengan menggunakan diagram pareto maka dapat diketahui critical to quality (CTQ) kunci yaitu cacat lid, cacat cup, cacat volume. Setelah itu dengan FMEA (Failure Mode Effect Analyze) diketahui faktor yang paling berpengaruh menyebabkan cacat yaitu pemberhentian mesin saat produksi, untuk menanggulangi permasalahan tersebut perlu dilakukan upaya perbaikan yaitu dengan penambahan tambatan pada body mesin dan upaya pengendalian berupa pembuatan form analisis masalah untuk memantau jalannya produksi dan menganalisa setiap masalah yang ada dilantai produksi oleh semua operator yang terlibat.*

**Kata kunci:** Kualitas, Air Minum Dalam Kemasan, DMAIC, FMEA

### Pendahuluan

PT. Tirta Inverstama adalah salah satu perusahaan yang bergerak di bidang industri air minum dalam kemasan (AMDK). Hasil produksi PT. Tirta Investama yaitu produk merek AQUA dan MIZONE. Produk merek AQUA terdiri dari beraneka ragam kemasan dan ukuran yaitu Botol PET 1500 ml, 600 ml, 330 ml, kemasan gelas plastik PP 240 ml dan kemasan galon. Dalam bisnisnya PT.Tirta Investama (AQUA group) mempunyai misi untuk memproduksi air minum beserta kemasannya dengan mutu tinggi, halal, aman dikonsumsi, melalui proses yang ramah lingkungan dengan memperhatikan upaya tindakan pencegahan pencemaran, mematuhi segala peraturan yang berlaku dan selalu memperbaiki dan meningkatkan mutu, keamanan pangan dan kinerja lingkungan secara berkesinambungan dalam rangka memenuhi dan memuaskan kebutuhan serta harapan pelanggan dalam segala aspek. Sehingga salah satu konsekwensi dalam strategi produksinya adalah upaya untuk mencapai/ mendekati *zero defect*.

Dari observasi awal terhadap data yang ada di perusahaan terutama pada bagian produksi AQUA dengan kemasan 240 ml banyak produk cacat ditemukan dalam proses *filling*, proses *filling* sendiri ada beberapa proses yaitu proses pemasukan *cup* pada *holder*, proses pengisian air produk pada *cup*, proses pelekatan *lid* pada *cup* dengan menggunakan panas dan proses pemotongan *lid*. Proses inspeksi pada proses *filling* dilakukan secara visual sebelum produk disusun ke dalam box, pada proses ini ditemukan beberapa kriteria cacat yaitu cacat *cup*, cacat *lid*, cacat *volume*, cacat *sliding* mesin dan cacat kotor air.

Berdasarkan penggambaran permasalahan di proses produksi AQUA dengan kemasan 240 ml khususnya pada proses *filling* yang masih ditemukan cacat terbesar maka munculah upaya untuk menyelesaikan masalah dengan penerapan metode DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*), konsep ini memiliki sistematika yang jelas dalam memperbaiki proses yang diharapkan, mulai dari mengidentifikasi masalah, melakukan pengukuran, analisa pada akar permasalahan dan memberikan usulan perbaikan serta rencana pengendalian yang jelas terhadap kualitas.

---

## Metodologi Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan berikut ini:

1. Melakukan observasi awal, hal ini dilakukan dalam menentukan perumusan masalah, mencari data awal dan kondisi aktual objek penelitian
2. Melakukan studi pustaka
3. Menentukan tujuan penelitian
4. Melakukan pengumpulan data, diantaranya mengenai data kecacatan produk, data produksi, data mesin, serta beberapa wawancara (mengenai prosedur dan kebijakan), serta kuesioner (mengenai *level of severity, occurrence, detection*)
5. Melakukan pengolahan data dan melakukan analisa, beberapa tahapan dari DMAIC (*Define, Measure, Analyze, Improve, Control*) untuk mencapai tujuan penelitian
6. Mengambil kesimpulan dan saran

## Pengolahan Data dan Analisa

Pada tahap ini dilakukan tahapan dari metode DMAIC (*define, measure, analyze, improve, control*) sebagai berikut:

### 1. Tahap Define

Tahap *define* atau pendefinisian, adalah tahap awal dari *Six Sigma* tahap ini mempunyai tujuan untuk mencari proses yang mempunyai kontribusi terbesar dalam penyebab kecacatan atau buruknya kualitas akhir produk AQUA dalam kemasan 240 ml. Pada tahap *define* ini terdiri dari beberapa langkah sebagai berikut:

#### a. Pemetaan Proses Produksi

Pemetaan bertujuan untuk mengetahui dan mengidentifikasi proses produksi AQUA dengan kemasan 240 ml secara umum dan khususnya di bagian *filling*. Ada tiga proses dalam proses produksi AQUA dengan kemasan 240 ml yaitu proses pembuatan *Cup*, proses *Filling* dan *Packaging*.

#### b. Identifikasi Karakteristik Kualitas AQUA dengan Kemasan 240 ml

Pada tahap ini yang dilakukan adalah menentukan *Critical to Quality* (CTQ) untuk mengetahui apa saja yang menjadi karakteristik kualitas AQUA dengan kemasan 240 ml. Berdasarkan hasil keterangan dari laporan kualitas yang diperoleh dari bagian produksi dan bagian *quality control* karakteristik kualitas dan kecacatan yang terjadi pada produk AQUA dengan kemasan 240 ml dari segi kualitas visual yaitu:

##### a. Cacat *Cup*

Cacat berupa *cup* penyok dan *cup* kosong tanpa *lid*.

##### b. Cacat *Lid*

*Lid* adalah penutup atas dari produk, *lid* tidak dibuat oleh PT Tirta Investama melainkan memesan dari perusahaan lain, cacat *lid* berupa pemasangan *lid* pada *cup* yang sudah terisi air produk yang tidak tepat atau kurang tepat, yaitu: bocor *lid*, *lid* miring, *lid* dalam dan *lid* luar.

##### c. Cacat Volume

Volume standar dari pengisian produk AQUA dengan kemasan 240 ml adalah 240 ml. Cacat volume berupa volume yang kurang dan volume yang lebih, produk dikatakan volume kurang bila pada pengisian produk volume kurang dari 240 ml dengan batas bawah tidak boleh melebihi garis pada *cup*, produk dikatakan volume lebih jika pada pengisian penuh tanpa ada rongga.

##### d. *Sliding* Mesin

Cacat proses produksi karena produk yang telah melalui proses pemotongan tidak mau jatuh ke *conveyor* masih melekat pada *holder* sehingga produk akan jatuh pada talang.

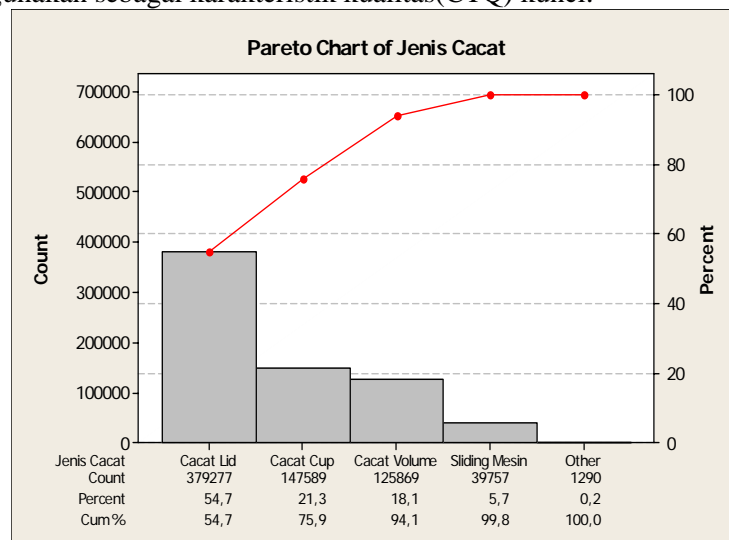
##### e. Kotor Air

Pada produk jadi di dalamnya terdapat kotoran dikarenakan adanya serbuk dari *cup* dan serbuk dari *lid*.

#### c. Pemilihan CTQ Kunci

Karakteristik kualitas/ *critical to quality* (CTQ) kunci adalah CTQ yang paling berpengaruh terhadap kualitas AQUA dengan kemasan 240 ml. Untuk melakukan penentuan karakteristik

kualitas (CTQ) kunci adalah dengan men-*sorting* data kecacatan produk AQUA dengan kemasan 240 ml pada proses *filling* dan *packaging*, dari bulan Januari sampai Oktober 2008. Selanjutnya dengan diagram pareto untuk mengetahui frekuensi kecacatan yang paling tinggi yang nantinya digunakan sebagai karakteristik kualitas(CTQ) kunci.



**Gambar 1 Diagram Pareto cacat pada *filling***

Berdasarkan diagram pareto pada gambar 4.2 diketahui bahwa ada 3 jenis cacat yang menyebabkan 80% total cacat yang terjadi yaitu cacat *lid* yang mempunyai nilai persentase terbesar, cacat *cup* dan volume yang juga mempunyai persentase besar. Maka CTQ kunci pada penelitian ini yaitu cacat *lid*, cacat *cup* dan cacat volume.

## 2. Tahap *Measure*

Tahap *Measure* bisa juga diartikan sebagai tahap mengukur level sigma. Pengukuran level sigma dilakukan untuk mengetahui sejauh mana kualitas hasil produk perusahaan. Karena dengan mengetahui tingkat level sigma dapat dijadikan sebagai salah satu parameter keberhasilan pencapaian target kualitas. Dimana semakin tinggi level sigma akan membuat tingkat kecacatan yang diproduksi per satu juta kesempatan (DPMO) semakin rendah.

Pada tahap ini akan dilakukan pengukuran level sigma pada proses *filling* dalam menghasilkan produk AQUA dengan kemasan 240 ml. Yang perlu dilakukan adalah mengumpulkan data kecacatan produk pada proses *filling* mulai dari bulan Januari - Oktober 2008 seperti pada tabel berikut ini:

**Tabel 1 Data Kecacatan bulan Januari-Oktober 2008**

Bln	Cacat Cup	Cacat Lid	Cacat Volum	Sliding Mesin	Kotor air	HP
Jan	15347	37954	5846	0	137	11102955
Feb	16358	37021	5796	0	117	9726529
Mar	15863	37701	28754	216	71	8489541
Apr	15726	32971	22111	234	48	11137459
Mei	13004	44306	13174	0	389	10749430
Jun	16122	25421	13896	0	94	8661602
Jul	9815	38301	10750	443	75	9589969
Agt	17469	38626	10456	3891	127	9669363
Sep	17435	41062	6481	13178	60	9933606
Okt	10450	45914	8605	21795	172	11012339

Selanjutnya dari tabel 1 dihitung dan dikonversikan menjadi nilai level sigma untuk bulan Januari-Oktober 2008 sebagai berikut:

**Tabel 2 Hasil Perhitungan Nilai Sigma Bulan Januari-Oktober 2008**

Bulan	Unit yang diinspeksi (U)	Unit yang cacat (D)	OP	TOP	DPO	DPMO	Sigma
Jan	11102955	59284	4	44411820	0.001334	1334	4.50
Feb	9726529	59292	4	38906116	0.001523	1523	4.46
Mar	8489541	82605	5	42447705	0.001946	1946	4.39
Apr	11137459	71090	5	55687295	0.001276	1276	4.52
Mei	10749430	70873	4	42997720	0.001648	1648	4.44
Jun	8661602	55533	4	34646408	0.001602	1602	4.45
Jul	9589969	59309	4	38359876	0.001546	1546	4.46
Agt	9669363	70569	5	48346815	0.001459	1459	4.48
Sep	9333606	78216	5	49668030	0.001574	1574	4.45
Okt	11012339	86936	5	55061695	0.001578	1578	4.45

### 3. Tahap Analize

Jenis permasalahan yang ingin dianalisa untuk diketahui penyebabnya diambil sesuai dengan hasil CTQ yang terseleksi yaitu cacat cup, cacat volume, cacat lid. Tingginya angka kecacatan tersebut pada akhirnya akan menyebabkan rendahnya kualitas produksi secara keseluruhan.

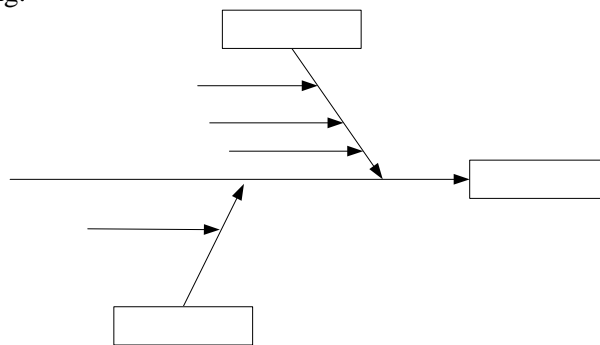
a. Analisis Penelusuran Penyebab Masalah Dengan menggunakan *Cause Effect Diagram*

Diagram sebab akibat disusun dan dibentuk melalui pengamatan dan wawancara. Faktor-faktor munculnya cacat akan dianalisa dari faktor: manusia, mesin, material, hasilnya adalah sebagai berikut:

Salah satu contoh adalah cacat lid dalam

Lid dalam yaitu adanya lid pada roll sampah, penyebab terjadinya lid dalam yaitu:

- Faktor mesin yang berpengaruh yaitu *air cylinder* bocor sehingga tidak dapat menggerakkan sisir *dispencer* yang menyebabkan cup tidak mau jatuh sehingga *holder* kosong tanpa cup, *holder* goyang sehingga *trimming* tidak dapat memotong dengan maksimal dan juga *trimming* tumpul sehingga lid tidak terpotong dan terbawa sampai roll sampah.
- Faktor Manusia, operator kurang teliti dalam pekerjaan, seharusnya operator menaruh cup saat ada *holder* kosong.



**Gambar 2 Contoh Fishbone Diagram cacat Lid Dalam**

*Potential cause* yang didapatkan dari *fishbone diagram* belum dapat menggambarkan tingkat keseriusan penyebab produk cacat Untuk dapat lebih menggambarkan dan menjelaskan *potential cause* dan efek yang ditimbulkan maka selanjutnya akan digunakan metode FMEA.

b. Membuat FMEA (*Failure Mode and Effect Analysis*)

Berdasarkan diagram sebab akibat pada *cause effect diagram* di atas, dapat diketahui penyebab-penyebab terjadinya kecacatan produk. Langkah selanjutnya adalah merancang kuisisioner yang bertujuan untuk mengetahui tingkat *Severity*, *Occurence*, dan *Detection* dari faktor penyebab kegagalan yang akan digunakan pada tahap analisis pengaruh potensial kegagalan sumber-sumber variasi dengan menggunakan *tool* FMEA.

**Tabel 3 Contoh hasil *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) untuk Cacat *Cup* dan Cacat Volum**

NO	Jenis Cacat	Component/ Item or Process	<i>Potential Failure Mode</i>	<i>Potential Effect</i>	S	<i>Potential Cause</i>	O	<i>Control</i>	D	RPN
1	<i>Cup</i> Penyok	Operator	Operator tidak disiplin	Penumpukan <i>cup</i> yang banyak menyebabkan <i>cup</i> yang berada dibawah penyok	1	Pengawasan yang kurang seharusnya Penumpukan tidak lebih dari 2 tumpukan	5	Operator diberi tahu dengan cara ditegur	2	<b>10</b>
2	<i>Cup</i> kosong tanpa <i>lid</i>		Pemberhentian mesin saat proses produksi	Pemberhentian mesin saat proses produksi sehingga <i>cup</i> yang terdapat di mesin <i>filler &amp; sealer</i> sebelum proses <i>pressing</i> dianggap cacat <i>cup</i> kosong tanpa <i>lid</i>	4	<i>Holder</i> goyang	2	Pemeriksaan dan perbaikan pada mesin	3	<b>36</b>
						Pergerakan <i>holder</i> geser	2			
						<i>Film adjusting</i> tidak <i>interlock</i>	3	Penggantian dan rekondisi komponen	2	
						Suhu terlalu rendah	3			
3	Volume lebih	<i>Filling unit</i>	<i>Valve nozzle</i> menutup tidak maksimal	Pengisian air produk melebihi standar yang ditetapkan (240 ml)	2	Selang bocor	2	Periksa pada <i>filling unit</i>	3	<b>18</b>
								Rekondisi selang	2	
						<i>Valve</i> kran kotor	3	Pembersihan <i>valve</i> dengan direndam ozonia aktif dan klorin lalu direndam dengan alkohol 70%	2	
4	Volume kurang	<i>Filling unit</i>	<i>Valve</i> membuka saat <i>electrode tank</i> belum maksimal	Pengisian air produk tidak maksimal <240 ml	2	<i>Filter</i> kotor oleh Lendir ozon O <sub>3</sub>	3	Pengecekan pada <i>filling unit</i>	3	<b>18</b>
								Pembersihan <i>Filter</i> dengan direndam ozonia aktif dan alkohol 70%	2	
		<i>Holder</i>	<i>Holder</i> goyang	Air produk pada <i>cup</i> tumpah	3	Baut counter tidak kencang	2	Periksa pada <i>holder</i>	3	<b>18</b>
						<i>Bearing indexer</i> aus	2	Penggantian <i>bearing</i>	3	

---

Tabel 4 menunjukkan contoh FMEA, untuk mendapatkan RPN (*risk priority number*) adalah dengan menentukan nilai/skala *severity*, *occurrence* dan *detection* (didapatkan dari hasil kuesioner), perhitungan RPN digunakan untuk mengidentifikasi prioritas *potential failure mode*. Untuk menghitung RPN yaitu dengan cara mengalikan *severity*, *occurrence* dan *detection*. Bila penilaian masing-masing *severity*, *occurrence* dan *detection* lebih dari satu, maka digunakan nilai/skala yang terbesar untuk menghitung RPN.

#### 4. Tahap *Improve*

Setelah sumber-sumber dan akar penyebab dari masalah cacat teridentifikasi, maka langkah selanjutnya adalah menetapkan suatu rencana perbaikan untuk mencegah penyebab-penyebab cacat itu terulang kembali sehingga dapat menurunkan jumlah cacat. Pada tahap ini juga menggunakan FMEA dalam melakukan usulan rencana perbaikan (*recommended action*). Rencana perbaikan tersebut didapatkan dari hasil diskusi dengan bagian teknik.

Setiap modus kegagalan mempunyai satu nilai RPN. Nilai RPN merupakan hasil perkalian antara skala *severity*, *occurrence* dan *detection*. Kemudian RPN tersebut disusun dari yang terbesar sampai yang terkecil sehingga dapat diketahui modus kegagalan mana yang menjadi prioritas untuk dilakukan tindakan korektif. Usulan rencana perbaikan (*recommended action*) yang dibuat berdasarkan pada penyebab-penyebab kegagalan dan data modus kegagalan yang telah dibuat sebelumnya melalui FMEA. Pelaksanaan tahap ini hanya berupa usulan perbaikan, ditunjukkan pada tabel 4 di bawah.

#### 5. Tahap *Control*

Setelah dilakukan tindakan perbaikan, maka berikutnya adalah melakukan tindakan pengendalian terhadap perbaikan-perbaikan tersebut, terutama yang langsung berhubungan dengan proses. Adapun beberapa tindakan pengendalian yang akan diusulkan, sebagai berikut:

- Melakukan pemeriksaan sebelum proses produksi  
Pemeriksaan disini dilakukan terhadap semua komponen mesin yang terlibat langsung dalam proses. Pemeriksaan ini bertujuan untuk mencegah terjadinya gangguan pada mesin pada saat proses produksi. Pemeriksaan dilakukan oleh operator sebelum proses produksi, seperti pada saat terjadi gangguan pada mesin seperti *holder* goyang karena baut *counter* tidak kencang, *film adjusting* tidak *interlock* karena kabel goyang, dan lain-lain.
- Perlunya mengadakan bimbingan yang tepat dan melakukan pengawasan yang ketat dan disiplin  
Bimbingan dan pengawasan dilakukan bertujuan agar tidak ada kesalahan pekerja dalam proses produksi dan timbul kepribadian pekerja yang tidak bertanggung jawab. Hal ini perlu dilakukan karena masih ditemukannya operator yang kurang disiplin seperti melakukan penumpukan *cup* lebih dari yang ditentukan sehingga terdapat *cup* penyok.
- Menciptakan tim kerja  
Melalui keikutsertaan para pekerja dalam tim, perusahaan mendapatkan keuntungan dari pekerja, kerja sama tim ini dapat menambah rasa saling memiliki, tanggung jawab serta dapat memperkuat keterbukaan, saling berbagi dan komunikasi.
- Memantau jalannya produksi dan menganalisa setiap masalah yang ada dilantai produksi oleh semua pekerja yang terlibat dalam masalah tersebut  
Tindakan ini dapat diartikan sebagai tindakan pengawasan proses dan pencegahan terjadinya permasalahan atau gangguan proses sehingga ketika ditemukan suatu permasalahan pada proses penanganan pada permasalahan tersebut dapat ditangani sedini mungkin dengan kerja sama semua pekerja yang terlibat (tim kerja).

Tabel 4 Contoh Usulan Rencana Perbaikan (*Recommended Action*) Berdasarkan RPN tertinggi

Prioritas	Jenis Cacat	Item or Process	Potential Failure Mode	Potential Cause of Failure	RPN	Recommended Action
1	Cup kosong tanpa lid		Pemberhentian mesin saat proses produksi	<i>Holder</i> goyang Pergerakan <i>holder</i> geser <i>Film adjusting</i> tidak interlock Suhu terlalu rendah	36	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memeriksa kondisi mesin sebelum melakuakn proses produksi</li> <li>• Memberikan bimbingan (<i>training</i>) dan teguran kepada operator agar tidak melakukan kesalahan</li> <li>• Melakukan inspeksi secara intensif terhadap operator oleh pengawas</li> <li>• Pemberian pelumas khusus industri secara teratur</li> <li>• Penggantian komponen jika <i>life time</i> sudah habis sesuai dengan ketentuan</li> <li>• Penambahan tambatan pada <i>body</i> mesin sehingga <i>cup</i> yang tidak mau jatuh <i>bottum cup</i> tertandok tambatan dan jatuh pada <i>conveyor</i></li> </ul>
2	Bocor lid	<i>Holder</i>	Pergerakan <i>holder</i> geser	<i>Cup</i> jatuh pada <i>sprocket</i>	24	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memeriksa kondisi <i>holder</i> sebelum melakuakn proses produksi</li> <li>• Melakukan inspeksi secara intensif terhadap operator oleh pengawas</li> <li>• Penambahan tambatan pada <i>body</i> mesin sehingga <i>cup</i> yang tidak mau jatuh <i>bottum cup</i> tertandok tambatan dan jatuh pada <i>conveyor</i></li> </ul>
3	Bocor lid	<i>Sealing unit</i>	Permukaan <i>sealing disc</i> tidak rata	<i>Printing block</i> nempel Kerak air	18	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Memeriksa kondisi <i>sealing unit</i> sebelum melakukan proses produksi</li> <li>• Setiap satu minggu sekali mengamplas <i>sealing disc</i> yang permukaan sudah tidak rata</li> <li>• Pembersihan kerak air bisa dengan penambahan <i>posporid acid based detergent</i> yang aman untuk <i>food processing</i></li> </ul>

Tulisan petunjuk penyimpanan yang berada pada bibir cup paling luar



Gambar 3 Cacat *Lid* Miring

Volume terlalu penuh



Volume kurang



Gambar 4 Cacat Volum

### Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan di PT. Tirta Investama pada departemen *filling* produk merek AQUA dengan kemasan 240 ml, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Tahap D: karakteristik kualitas kritis (CTQ) prioritas adalah cacat *lid*, cacat *cup*, cacat volume.
2. Tahap M dan A: diketahui level sigma dari Januari – Oktober 2008, yang selanjutnya dapat dicari *potential cause effect* dan FMEA dari setiap cacat beserta nilai RPN nya.
3. Tahap I: usulan perbaikan (*improve*) untuk RPN tertinggi yaitu cacat *cup* kosong tanpa *lid* akibat pemberhentian mesin saat proses produksi dapat dipreventif dengan penambahan tambatan pada *body* mesin, memeriksa kondisi mesin sebelum melakukan proses, memberikan bimbingan dan teguran pada operator agar tidak melakukan kesalahan, penggantian komponen jika *life time* sudah habis sesuai dengan ketentuan, pemberian pelumas khusus industri secara teratur, melakukan inspeksi secara intensif terhadap operator
4. Tahap C: usulan pengendalian (*control*) adalah melakukan pemeriksaan sebelum proses produksi, mengadakan bimbingan yang tepat dan melakukan pengawalan yang ketat dan disiplin, menciptakan tim kerja, memantau jalannya produksi dan menganalisa setiap masalah yang ada di lantai produksi oleh semua pekerja yang terlibat dalam masalah tersebut.

### Daftar Pustaka

- Gaspersz, Vincent. 2001. *Total Quality Management*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, Vincent. 2007. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama
- Goetsch, David, 2002. Pengantar Manajemen Mutu. Jakarta: PT.Prenhalindo.
- Pande, Peter S. 2000. *The Six Sigma Way*. Yogyakarta: Andi Yogyakarta
- Pyzdek, Thomas. 2002. *The Six Sigma Handbook*. Jakarta: Penerbit Salemba Empat.