

# ANALISIS *COST OF POOR QUALITY* PROYEK PERBAIKAN *AUXILIARY POWER UNIT (APU)* PESAWAT UDARA

Rahayu Eka Sulistiyani\*, Sriyanto

Jurusan Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro,  
Jl. Prof. Soedarto, SH, Kampus UNDIP Tembalang, Semarang, Indonesia 50275

## Abstrak

*PT XYZ merupakan salah satu anak bisnis dari PT ABC yang bergerak di bidang perbaikan pesawat udara atau Maintenance, Repair, and Overhaul (MRO). Dalam menjalankan kegiatan bisnisnya, PT XYZ mengacu pada Civil Aviation Safety Regulations (CASR) Part 145. Prinsip perusahaan dalam menjaga kualitas produknya dimana salah satunya yaitu jasa perbaikan engine/Auxiliary Power Unit (APU) pesawat udara adalah dengan konsisten menjalankan segala ketentuan, namun pada realisasinya masih banyak deviasi yang terjadi hingga seringkali jasa yang diberikan tidak sesuai spesifikasi yang justru menimbulkan kerugian. Maka pada penelitian ini, akan dikaji salah satu proyek perbaikan APU yang mengalami kegagalan hingga menimbulkan biaya perbaikan kualitas atau Cost of Poor Quality (COPQ) dan ditelusuri akar permasalahannya. Pada akhirnya, ditemukan bahwa total COPQ yang dihabiskan yaitu sebesar \$103,174 atau 21,46% dari total revenue. Kemudian diperoleh bahwa ketidaksesuaian produk jasa disebabkan oleh material komponen yang tidak sesuai, human error, dan adanya proses yang terlewatkan.*

**Kata kunci:** *Cost of Poor Quality (COPQ); Root Cause Analysis; 5 Whys Analysis; Cause and Effect Diagram*

## Abstract

**[Cost of Poor Quality Analysis for Auxiliary Power Unit Maintenance Project]** *PT XYZ is one of business unit owned by PT ABC which serve airplane Maintenance Repair, and Overhaul (MRO). In order to operate its business activity, PT XYZ refers to Civil Aviation Safety Regulations (CASR) Part 145. Company principle for taking care of the good quality on its product which is service of maintenance for airplane engine/Auxiliary Power Unit (APU), perform all of the regulation consistently, but in the real case, there are many deviation happened that cause disadvantages. So in this research, Cost of Poor Quality (COPQ) and the root cause will be traced. Then finally, COPQ found is \$103,74 or 21.46% of revenue and some unconformity of service caused by material, human error, and the passed process.*

**Keywords:** *Cost of Poor Quality (COPQ), Root Cause Analysis, 5 Whys Analysis, Cause and Effect Diagram*

## 1. Pendahuluan

Sebuah perusahaan tentu akan terus menerus berupaya agar usahanya dapat berlangsung dalam jangka waktu yang lama dan mampu mencapai profit sesuai target. Untuk itu, perusahaan perlu melakukan usaha terbaik dalam hal menjaga kepercayaan konsumen dengan diiringi meningkatkan citra perusahaan agar mampu menjangkau pasar yang lebih luas lalu *revenue*

akan meningkat pula. Terdapat tiga hal penting yang menjadi tolak ukur bagi konsumen untuk memutuskan apakah ia akan menggunakan produk dari suatu perusahaan atau tidak, yaitu aspek kualitas (*Quality*), harga (*Cost*), dan penyampaian (*Delivery*). Maka perusahaan perlu mencari titik optimal supaya ketiga hal tersebut sesuai dengan keinginan konsumen dimana ketiga hal tersebut saling terkait.

Oleh karena itu, pengendalian kualitas penting dilakukan sebagai usaha untuk mempertahankan kualitas produk yang dihasilkan agar sesuai dengan spesifikasi yang telah ditetapkan sebelumnya berdasarkan kebijakan

---

\*) Penulis Korespondensi.  
E-mail: reslstyn07@gmail.com

perusahaan (Assauri, 2004). Kegiatan perbaikan kualitas yang dilakukan perusahaan akan sedikit banyak membutuhkan biaya hingga timbullah istilah biaya kualitas, yaitu seluruh biaya yang dikeluarkan dalam kegiatan pengendalian maupun perbaikan kualitas. Biaya pengendalian kualitas terdiri dari *prevention* dan *appraisal cost*, sedangkan biaya perbaikan kualitas terdiri dari *internal* dan *external failure cost*.

Penting bagi manajemen perusahaan untuk menjaga *record* biaya kualitas tersebut karena biaya kualitas masuk ke dalam biaya produksi yang dikeluarkan. Dari laporan biaya kualitas perusahaan juga dapat melihat seberapa efektif dan efisien kah kegiatan pengendalian kualitas yang telah dilakukan, dengan kondisi ideal seharusnya biaya perbaikan tidak lebih besar dari biaya pengendalian kualitas, karena ketika biaya perbaikan lebih besar dari biaya pengendalian kualitas, maka berarti perusahaan masih menghasilkan banyak produk cacat atau kesalahan produksi.

Dengan diikuti analisis permasalahan atas kegagalan produksi tersebut untuk menemukan tindakan perbaikan dan pencegahan kesalahan tersebut akan terulang kembali, diharapkan biaya kualitas periode berikutnya akan menjadi lebih kecil dibandingkan dengan yang sebelumnya, sehingga perusahaan akan memperoleh nilai profit yang lebih besar. Walaupun perusahaan tidak akan serta merta langsung merasakan dampak dari efektivitas biaya kualitas dengan mengoptimalkan biaya pencegahan karena akan memperbesar pengeluaran perusahaan pada satu periode, hal ini akan baik untuk periode berikutnya karena angka kegagalan produksi akan semakin kecil dan untuk jangka waktu yang lama, sehingga biaya perbaikan kualitas terhadap produk gagal pun menjadi semakin pula hingga akhirnya biaya kualitas akan menurun pula dan memaksimalkan keuntungan perusahaan.

PT XYZ merupakan perusahaan BUMN salah satu unit bisnis PT ABC menyediakan fasilitas perbaikan dan perawatan pesawat udara (*Maintencane, Repair, and Overhaul*). Pada PT XYZ, yang dimaksud dengan menjaga kualitas adalah bagaimana agar segala kegiatan dalam perusahaan dapat sesuai dengan regulasi yang telah ditetapkan. Seluruh kegiatan perbaikan pesawat udara sebenarnya telah memiliki pedomannya sendiri yang wajib ditaati, perusahaan tidak dapat melakukan inovasi dalam hal ini, karena produk yang dihasilkan oleh PT XYZ yang tidak lain adalah jasa perbaikan pesawat udara itu sendiri, menyangkut kehidupan orang banyak juga nantinya, yaitu para penumpang pesawat udara. Maka yang dapat dilakukan oleh perusahaan adalah agar bagaimana kegiatan bisnis perusahaan berjalan dengan *profit* yang telah direncanakan. Ketika kegiatan perbaikan pesawat udara justru menimbulkan kerugian akibat terjadi kesalahan mekanisme perbaikan yang ditandai dengan kegagalan *testing* ketika perbaikan pesawat udara selesai dilakukan

sehingga harus dilakukan pengerjaan ulang atau istilahnya adalah *reinduction*, maka tentu ada ketidaksesuaian yang terjadi.

Pada penelitian ini, peneliti berusaha mempelajari sistem kualitas secara umum di PT XYZ dan melaporkan biaya perbaikan kualitas *Cost of Poor Quality* (COPQ) satu proyek perbaikan di unit *Engine Maintenance*, yaitu perbaikan *overhaul* APU (*Auxiliary Power Unit*) Tipe 131-9B. Munculnya COPQ tersebut diakibatkan oleh kegagalan APU dalam menunjukkan performa yang seharusnya ketika *testing* pada tahap akhir, sehingga perlu dilakukan pengerjaan ulang (*reinduction*) terhadap APU tersebut untuk mengatasi penyebab kegagalan *testing* tersebut.

## 2. Bahan dan Metode

### Biaya Kualitas

Menurut Horngren *et al.* (2003) biaya kualitas dapat didefinisikan "*The cost of quality (COQ) refer to the costs incurred to prevent, or costs arising as a result of, producing a low-quality product. This costs focus on conformance quality and are incurred in all business functions of the value chain.*"

Berdasarkan definisi tersebut, yang termasuk biaya kualitas bukan hanya biaya-biaya yang terjadi karena kualitas yang tidak baik yang tidak memenuhi standar/spesifikasi. Tetapi juga mencakup biaya-biaya untuk mencegah timbulnya biaya karena kualitas yang buruk. Oleh karena itu, diperlukan penanganan yang cermat agar semua biaya-biaya tersebut dapat ditekan.

Menurut American Society for Quality Control (2000), biaya kualitas digolongkan menjadi empat kategori:

1. Biaya pencegahan (*prevention costs*) adalah biaya-biaya yang terjadi untuk mencegah dihasilkannya produk yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Biaya ini meliputi biaya riset pasar, perencanaan kualitas, merancang produk dan proses produksi, program pelatihan, kerja sama dengan pemasok untuk meningkatkan kualitas dari bahan baku yang dikirimkan dan biaya menyeleksi pemasok, serta perawatan peralatan dan mesin untuk membuat produksi.
2. Biaya penilaian (*appraisal costs*) adalah biaya-biaya yang terjadi dalam mendeteksi unit-unit produk mana yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Dengan kata lain, biaya yang terjadi karena usaha untuk memastikan bahwa bahan baku dan produk memenuhi standar kualitas. Menurut Besterfield (1998), biaya ini meliputi *purchasing appraisal costs, operations (manufacturing or service), external appraisal costs, review of test and inspection data, dan miscellaneous quality evaluations*.
3. Biaya kegagalan internal (*internal failure costs*) adalah biaya-biaya yang terjadi sebagai akibat dari

memproduksi produk yang tidak memenuhi standar kualitas dan ditemukan sebelum dikirim ke pelanggan. Biaya ini antara lain biaya *rework*, *spoilage*, *scrap*, dihentikannya proses produksi atau biaya perbaikan fasilitas produksi karena terjadinya kegagalan produk, *product or service design failure costs (internal)*, dan biaya potongan penjualan untuk produk yang tidak memenuhi standar kualitas.

- Biaya kegagalan eksternal (*external failure costs*) adalah biaya-biaya yang terjadi karena mengirimkan produk yang tidak memenuhi standar kualitas kepada pelanggan. Biaya ini antara lain meliputi biaya penanganan keluhan dan klaim pelanggan, penggantian garansi (*returned goods*), perbaikan dan ongkos kirim produk yang dikembalikan, tuntutan lebih jauh dari pelanggan karena menerima produk yang tidak memenuhi standar kualitas, *penalty cost*, dan *lost sales*.

### Root Cause Analysis (RCA)

RCA adalah teknik analisis yang bertahap dan terfokus pada penemuan akar penyebab suatu masalah, dan bukan hanya melihat gejala-gejala dari suatu masalah. Tujuan RCA adalah untuk menemukan apa yang sebenarnya telah terjadi, mengapa masalah tersebut bisa terjadi, hingga apa yang bisa dilakukan untuk menghindari masalah tersebut supaya tidak terjadi lagi di masa depan. Walaupun RCA memiliki banyak variasi pendekatan, namun pada dasarnya prinsipnya tetap sama, yaitu menelaah sedalam-dalamnya hingga ditemukan akar dari suatu masalah yang terjadi. RCA dapat dilakukan dengan menggunakan berbagai tools, seperti analisa *5 Whys Analysis*, *Fishbone (Ishikawa) diagram*, diagram sebab-akibat, *pareto chart*, dan sebagainya.

- 5 whys analysis* adalah suatu metode yang digunakan dalam RCA dalam rangka untuk *problem solving* yaitu mencari akar suatu masalah atau penyebab dari *defect* supaya sampai ke akar penyebab masalah.
- Cause and effect diagram* atau diagram sebab akibat adalah alat yang membantu mengidentifikasi, memilah, dan menampilkan berbagai penyebab yang mungkin dari suatu masalah atau karakteristik kualitas tertentu. Diagram ini menggambarkan hubungan antara masalah dengan semua faktor penyebab yang mempengaruhi masalah tersebut.

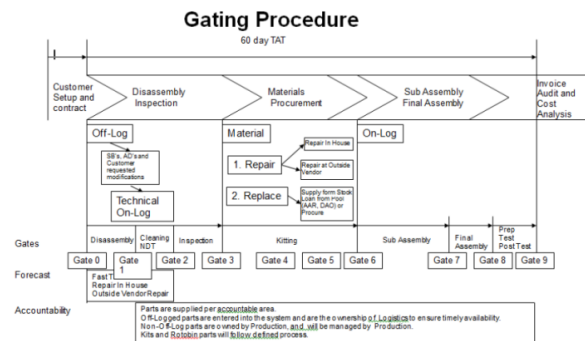
### Teori Dasar APU

*Auxiliary Power Unit (APU)* merupakan mesin turbin gas yang berfungsi sebagai supporting engine pada pesawat. APU tergolong dalam jenis turboshaft, yaitu turbin gas yang hanya menghasilkan daya poros saja, berbeda dengan engine pesawat yang menghasilkan

*thrust* atau daya dorong. Daya poros ini digunakan untuk memutar kompresor dan menjalankan siklus Brayton pada APU. Selain itu, putaran poros juga digunakan untuk memutar generator sehingga dapat menghasilkan listrik selama engine belum menyala.

### 3. Hasil dan Pembahasan

Proses perbaikan mesin pada pesawat udara di Unit *Engine Maintenance* PT XYZ menggunakan sistem *Gating Procedure*, yaitu membagi per proses dengan *gate* yang terpisah dimana masing-masing *gate* memiliki estimasi waktu masing-masing dan saling mempengaruhi. Gambar 1 berikut merupakan bagan *Gating Procedure* tersebut.



**Gambar 1.** *Gating procedure* proses perbaikan mesin (*Quality Procedure*, 2017)

#### 1. Gate 0

Setelah unit perbaikan memegang kesepakatan dengan *customer* atau *airlines* yang pesawat udaranya hendak diperbaiki, maka kemudian akan dilakukan pelepasan *engine/APU* dari pesawat udara di hangar, kemudian *engine* dibawa ke *Engine Shop*. Begitu *engine/APU* diterima oleh *Engine Shop*, selanjutnya akan dilakukan *preliminary inspection* untuk memastikan bagian yang mengalami kerusakan dan mengkomunikasikannya kepada *customer*. Setelah *workscope* atau ruang lingkup kerja benar-benar disepakati, maka proyek perbaikan dimulai atau istilahnya adalah *induction*, dimana telah dihitung sebagai hari pertama *Turn Around Time (TAT)*, yaitu waktu yang disepakati dengan *customer* sebagai batas masa pengerjaan proyek perbaikan *engine/APU*. Proses yang dimulai dari *Gate 0* adalah pembongkaran *engine/APU* menjadi *base part* atau bagian terkecil sesuai *workscope*. Kemudian melakukan *dirty inspection* atau inspeksi secara visual untuk memutuskan *part* mana yang *condemned* (*part* sudah tidak bisa diperbaiki lagi dan harus diganti dengan *part* lain), *repairable* (kerusakan *part* yang masih bisa diperbaiki), dan *serviceable* (*part* masih layak

- dipakai). *Planner* kemudian melakukan pemesanan atas komponen yang harus diganti atau mengirimkan *repairable part* yang tidak bisa diperbaiki oleh *Engine Shop* sehingga harus dikirim ke *Outside Vendor* atau MRO pihak ketiga.
2. *Gate 1*  
Mulai *gate* ini dilakukan pembersihan (*cleaning*) pada *part* yang sudah di-*disassembly* dengan melalui dua proses, yaitu proses *chemical cleaning* (menggunakan larutan kimia) dan *mechanical cleaning* (menggunakan mesin tertentu). Kemudian dilakukan inspeksi secara *Non Destructive Test* (NDT) menggunakan metode *Fluorescence Penetrant Inspection* (FPI) dan *Magnetic Particle Inspection* (MPI).
  3. *Gate 2*  
Pada *Gate 2*, komponen selanjutnya akan diinspeksi untuk merincikan kerusakan. Komponen yang masih dalam kondisi baik (*serviceable*) akan dikirim langsung ke bagian *kitting* atau *material preparation*. Komponen yang kondisinya kurang baik dan masih bisa diperbaiki (*repairable*) akan dikirim ke bagian *repair* untuk diperbaiki, sedangkan komponen yang kondisinya dalam kategori *condemned* harus diganti dengan komponen yang baru. Pada *Gate 2*, semua *part* yang hendak dikirim ke *Outside Vendor* harus sudah siap.
  4. *Gate 3*  
Mulai *gate* ini *part* dalam kategori *repairable* harus sudah selesai diinspeksi dan masuk ke bagian *part repair* untuk diperbaiki sesuai dengan langkah-langkah (prosedur) perbaikan yang telah ditetapkan. *Part* tersebut akan melalui tahapan-tahapan proses sesuai dengan kerusakan masing-masing. Beberapa proses dalam tahap repair sebagai berikut; *shotpeening*, *electroplating*, *anodizing*, *painting*, *miscellaneous*, *thermal spray*, *machining*, *welding*, dan *heat treatment*.
  5. *Gate 4*  
Pada *gate* ini, semua *part* yang diperbaiki, baik diperbaiki sendiri (*inhouse*) maupun oleh *Outside Vendor* harus sudah dapat dipastikan tanggal selesai perbaikan dan dikumpulkan untuk dirakit kembali. Tahap tersebut dinamakan proses *kitting*, yaitu tahap pengumpulan *part* yang sudah dalam kategori *serviceable* dan persiapan kelengkapan material sebelum dirakit kembali.
  6. *Gate 5*  
Ketika *part* yang diperbaiki tidak dapat selesai pada tanggal yang telah ditentukan sejak *Gate 4* tadi, mulai *gate* ini *part* tersebut harus dicarikan jalan keluarnya agar proses perakitan kembali tidak mundur. Pilihannya adalah ditukar dengan *part* dari APU lain sejenis yang sudah *serviceable*, menyewa dari tempat lain, atau membeli *part* baru.  
Dengan kata lain, *Gate 5* merupakan titik maksimal komponen yang dikirim ke *Outside Vendor* telah sampai kembali di *Engine Shop* dan dari *inhouse repair part* selesai diperbaiki atau mendapat tanggal pasti kapan perakitan kembali dapat dilakukan.
  7. *Gate 6*  
Titik semua komponen dari satu *engine/APU* telah terkumpul dalam *kitting* secara utuh adalah *Gate 6*. Komponen yang telah lengkap pada tahap *kitting* kemudian akan mulai dirakit kembali menjadi sub-sub modul kemudian menjadi tiga modul utama (*fan module*, *core module*, dan *LPT module*).
  8. *Gate 7*  
Tiga modul utama yang telah dirakit kemudian disatukan menjadi satu APU utuh pada *gate* ini. Pada tahap ini dilakukan beberapa proses seperti: *linipot*, *leak check*, *rigging*, *flow test*, dan *pressure test*. *Engine/APU* yang sudah jadi bergerak menuju *Gate 8* untuk kemudian dilakukan *testing*.
  9. *Gate 8*  
*Engine Test* merupakan tahapan yang dapat dikatakan sebagai uji kelayakan terhadap *engine* yang telah selesai di-*repair*. *Testing* dilakukan di tempat khusus bernama *Engine Test Cell*. Jika dari hasil *test* dinyatakan *engine* tersebut *serviceable* akan menuju ketahap *buildup* atau pemasangan kembali ke pesawat udara, namun jika *engine* tersebut dinyatakan *unserviceable*, maka *engine* akan dilakukan *troubleshooting* terlebih dahulu sebelum diputuskan kembali ke proses *disassembly* untuk dilakukan *repair* pada *part* yang menjadi penyebab *engine* tersebut *unserviceable* (tidak layak untuk diinstall pada pesawat).
  10. *Gate 9*  
Berakhirnya proses *engine test* adalah pada *Gate 9* untuk kemudian *engine/APU* yang selesai diperbaiki telah siap dipasang ke pesawat udara untuk dipergunakan kembali.
  11. *Gate 10*  
Dilakukan *Engine Exit Meeting*, yaitu pertemuan final antara *Engine Shop* dengan *customer* untuk menjelaskan proses perbaikan yang dilakukan beserta permasalahan dan total biayanya. Dari situ kemudian bagian *Account Manager and Sales* (AMS) membuat *invoice* untuk *customer* dan *planner* membuat analisis biaya untuk dijadikan bahan pertimbangan *planning* proyek perbaikan APU sejenis selanjutnya.

### **Report Proyek Perbaikan APU**

*Auxiliary Power Unit* (APU) yang akan diperbaiki yaitu APU model GTCP131 dengan tipe 131-9B dipasangkan pada pesawat udara Boeing 737. Menurut kontrak, proyek perbaikan akan diselesaikan (*Turn Around Time*) dalam kurun waktu 45 hari kerja.

Pada prakteknya, proyek perbaikan mulai dilakukan pada 23 Mei 2017 dan selesai pada 9 Agustus 2017 (79 hari kalender). Ruang lingkup proyek adalah *overhaul* atau *major repair* dilakukan dalam rangka perawatan berkala dengan ukuran *Mean Time Between Removal* (MTBR), yaitu rata-rata yang diperoleh dalam satu periode ada berapa APU yang harus turun untuk dilakukan perbaikan, maka untuk APU 131-9B diperoleh angka 10,090 jam. MTBR ditetapkan oleh *manufacturer* APU terkait, dalam kasus ini *manufacturer* adalah Honeywell. Artinya, setelah pesawat udara dioperasikan maksimal 10,090 jam harus dibawa ke MRO untuk dilakukan perawatan dan perbaikan untuk meminimalisir tingkat kerusakan.

Kejadian khusus pada proyek perbaikan ini adalah pada tahap *testing*. Tahap terakhir dalam perbaikan APU adalah melakukan *testing* di *Engine Test Cell*. Pada proyek perbaikan P-9932 ini, terjadi dua kali *reject* setelah *testing*. *Reject* yang pertama terjadi akibat adanya bunyi yang setelah dilakukan *Borescope Inspection* (BSI) diketahui bahwa terjadi sedikit *rub* pada *Engine Compressor Shroud* namun masih dalam batas wajar. Bagian yang dicurigai menjadi penyebab bunyi adalah *Engine Compressor Impeller* dan *engine compressor case*. Selain itu, sempat terjadi permasalahan pada *software Engine Test Cell*.

*Reject* yang kedua terjadi ketika melakukan *testing* APU dengan OHC *serviceable impeller* dengan RPM 8,000-1,000 namun masih terdengar bunyi lagi. Lalu dilakukan *motoring test* terhadap APU selama 30 menit dan bunyi masih terdengar sebelum APU akhirnya dimatikan. Bunyi *grinding* dan percikan muncul dari *engine compressor section*. Akhirnya APU dikembalikan ke *Engine Shop* dan dilakukan BSI kembali untuk memeriksa hasil *rubbing* tersebut. Karena dampak *rubbing* menjadi lebih luas, maka APU dibongkar.

## Pengolahan Biaya Perbaikan Kualitas

### Biaya Kegagalan Internal

#### Biaya Rework

Proses perbaikan yang dilakukan untuk memperbaiki kerusakan adalah dengan melakukan pembongkaran ulang kemudian mengganti *Engine Compressor Shroud* tersebut dengan yang telah *serviceable* (*EC shroud* APU lain sejenis yang telah diperbaiki sebelumnya). Sedangkan *Engine Compressor Impeller* diperbaiki dengan *hand blend raised material* pada *leading edge* dan *balancing* kembali komponen *rotating group*. Serta mengganti Matched Duplex Ball Bearing P/N 3822666-2 dan Bearing Roller Cylindrical P/N 3840242-1 untuk mengurangi vibrasi dan menjauh dari batas vibrasi.

Menurut data pada sistem, proses perbaikan mulai dari pembongkaran hingga perakitan ulang memakan waktu sebanyak 522.4149 jam, dengan \$47

untuk tiap *man hours*. Kemudian pada *rework* dilakukan penggantian beberapa komponen, sehingga biaya yang timbul pada proses *rework* menjadi seperti berikut:

**Tabel 1.** Rekapitulasi biaya *rework*

Kegiatan	Biaya
522.4149 <i>man hours</i> x \$47/ <i>man hours</i>	\$24,553.5
Match Duplex Ball Bearing P/N 3822666-2	\$25,658
Bearing Roller Cylindrical P/N 3840242-1	\$3,608
Total	\$53,819.5

#### Biaya *Failure Analysis*

Begitu mengetahui bahwa terjadi ketidaksesuaian ketika *testing*, tim langsung melakukan *troubleshooting* di tempat yang melibatkan *Engine Owner*, *Engineer*, *Certifying Staff*, dan Produksi, serta kemudian melakukan *meeting* yang melibatkan mekanik *Test Cell*, *Engine Owner*, *Certifying Staff*, *Production Planning and Controlling*, dan *Purchasing*. *Troubleshooting* memakan waktu selama 2 hari, sedangkan *meeting* dilakukan selama 30 menit. Sehingga biaya yang ditimbulkan yaitu menjadi sebagai berikut:

**Tabel 2.** Rekapitulasi biaya *failure analysis*

Kegiatan	Biaya
2x <i>Troubleshooting</i> (2 x 32 <i>man hours</i> x \$47/ <i>man hours</i> x \$1,504)	\$3,008
<i>Meeting</i> (2.5 <i>man hours</i> x \$47/ <i>man hours</i> )	\$117.5
Total	\$3,125.5

#### Biaya *Reinspection* dan *Retest*

Kegiatan inspeksi berupa *Borescope Inspection* yang dilakukan oleh dua orang *Borescope Authorized Person* dan *Preliminary Inspection* yang dilakukan oleh seorang *Certifying Staff* dan seorang inspektor. *Borescope Inspection* membutuhkan waktu selama 3 jam, begitu pula dengan *Preliminary Inspection*. Kegiatan inspeksi ulang dilakukan setelah *reject* pertama dan *Borescope Inspection* dilakukan setelah *reject* pertama dan kedua. Kegiatan *testing* ulang melibatkan dua orang mekanik *Test Cell*. Sekali *testing* ulang membutuhkan waktu 5 jam dilakukan oleh dua orang, sehingga total biaya inspeksi dan *testing* ulang yaitu menjadi seperti berikut:

**Tabel 3.** Rekapitulasi biaya *reinspection* dan *retest*

Kegiatan	Biaya
2x <i>Borescope Inspection</i> (2 x 6 <i>man hours</i> x \$47/ <i>man hours</i> )	\$564
<i>Inspection</i> (2 orang x 3 jam x \$47/ <i>man hours</i> )	\$282

hours)	
2x Testing (2 x 10 man hours x \$47/man hours)	\$940
Bahan bakar (2 kali x \$73)	\$146
<b>Total</b>	<b>\$1,932</b>

#### Biaya Unplanned Downtime of Equipment

Mencakup biaya akibat berkurangnya kapasitas dikarenakan ketidaksesuaian, dimana selama kapasitas waktu 34 hari pengerjaan ulang APU seharusnya dapat digunakan untuk mengerjakan APU lainnya. Untuk satu APU, baik itu *heavy* maupun *medium repair*, biasanya membutuhkan waktu 40 hari, namun tidak menutup kemungkinan bahwa APU dapat selesai diperbaiki dalam waktu 30 hari karena juga pernah terjadi, sehingga diestimasi sebenarnya sumber daya selama 34 hari tersebut dapat diutilisasi untuk pengerjaan satu APU. Maka biaya menjadi seperti berikut:

**Tabel 4.** Rekapitulasi biaya *unplanned downtime of equipment*

Kegiatan	Biaya
1x proyek perbaikan APU	\$320,000
<b>Total</b>	<b>\$320,000</b>

#### Biaya Variation of Process Characteristics from "Best Practice"

Mencakup kegiatan yang menghabiskan biaya di atas *budget*. Perencanaan *budget* meliputi *labour*, *material*, dan *Outside Vendor budget*. Kelebihan (*overrun*) *labour* dan *material budget* telah dicantumkan pada poin *rework*. Sedangkan biaya *overrun Outside Vendor* yang dianggarkan \$150,000, aktualnya adalah sebesar \$191,473, sehingga biaya yang timbul dari poin variasi proses ini menjadi seperti berikut:

**Tabel 5.** Rekapitulasi biaya *variation of process characteristics from "best practice"*

Kegiatan	Biaya
<i>Outside Vendor actual cost</i>	\$191,743
<i>Outside Vendor budget cost</i>	\$150,000
<b>Total</b>	<b>\$41,743</b>

#### Biaya Kegagalan Eksternal

##### Biaya Warranty Charges

Garansi ini diberikan kepada *customer* dalam jangka waktu 6 bulan, apabila terjadi kerusakan pada komponen setelah *Shop Visit* dan terekam secara dokumen, maka PT XYZ akan menanggung segala biaya perbaikan kembali atas komponen tersebut. Namun pada proyek perbaikan APU yang diteliti ini, kegagalan tidak terjadi ketika telah sampai pada *customer*.

#### Biaya Complaint Adjustments

*Feedback* diberikan oleh *customer* kepada PT XYZ mengenai performansi yang meliputi aspek *quality*, *Turn Around Time*, *Price*, *Post Delivery*, *Customer Service*, dan *Documentation* dengan skala 1-5. Pada proyek perbaikan APU ini, penilaian dari *customer* untuk aspek-aspek tersebut baik, hanya pada bagian *reject* ketika *testing* dan keterlambatan TAT yang menjadi catatan.

#### Biaya Returned Material

Termasuk ke dalam biaya garansi, PT XYZ akan menanggung biaya penerimaan dan penggantian kembali komponen *defect* apabila benar ditemukan setelah diperbaiki di *Engine Shop*.

#### Biaya Penalties Due to Poor Quality

Di dalam kontrak dengan *customer*, *Turn Around Time* (TAT) yang disepakati adalah 45 hari kerja, sedangkan pada aktualnya menjadi 79 hari kalender (23 Mei – 9 Agustus 2017). Biaya penalti yang harus dibayarkan oleh PT XYZ kepada *customer* jika terjadi keterlambatan pengembalian mesin kepada *customer* adalah \$450 per hari kerja. Pada interval 23 Mei – 9 Agustus 2017, terdapat 51 hari kerja, sedangkan berdasarkan kontrak TAT yang disepakati yaitu 45 hari kerja, sehingga terdapat selisih keterlambatan 6 hari kerja. Sehingga biaya yang timbul akibat penalti ini adalah menjadi seperti berikut:

**Tabel 6.** Rekapitulasi biaya *penalties due to poor quality*

Kegiatan	Biaya
6 hari x \$450/hari	\$2,700
<b>Total</b>	<b>\$2,700</b>

#### Biaya Customer Defections

Biaya ini mencakup keuntungan yang seharusnya bisa diperoleh ketika tidak terjadi *rework*, dengan terlebih dahulu menemukan apakah setelah terjadi *rework* proyek masih memberikan keuntungan. Maka biaya menjadi seperti berikut:

**Tabel 7.** Rekapitulasi biaya *customer defections*

Kegiatan	Biaya
<i>Planned net profit</i>	\$198,716.25
<i>Actual net profit</i>	\$7,571.25
<b>Total</b>	<b>\$191,145</b>

#### Total Cost of Poor Quality

Tabel 8 berikut merupakan rekap *cost of poor quality* dari proyek perbaikan APU.

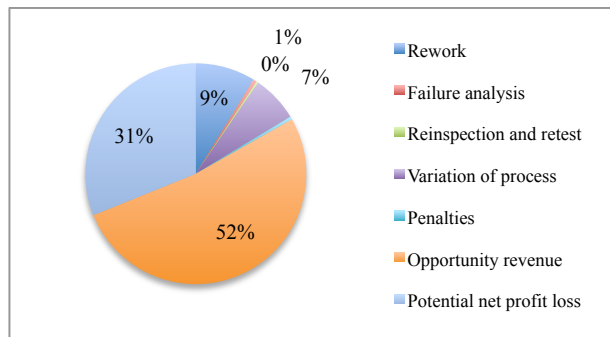
**Tabel 8.** Rekapitulasi *Cost of Poor Quality (COPQ)*

<b>Internal&amp;External Failure Cost</b>	<b>Biaya</b>
<i>Rework</i>	\$53,819.5
<i>Failure analysis</i>	\$3,125.5
<i>Reinspection and retest</i>	\$1,786
<i>Variation of process</i>	\$41,743
<i>Penalties</i>	\$2,700
<b>Total</b>	<b>\$103,174</b>

<b>Opportunity Cost</b>	<b>Biaya</b>
<i>Opportunity revenue</i>	\$320,000
<i>Potential net profit loss</i>	\$191,145
<b>Total</b>	<b>\$511,145</b>

Gambar 2 berikut menjelaskan proporsi dari biaya perbaikan kualitas tersebut.



**Gambar 2.** Proporsi *Cost of Poor Quality (COPQ)*

**Overrun Biaya dari Budget**

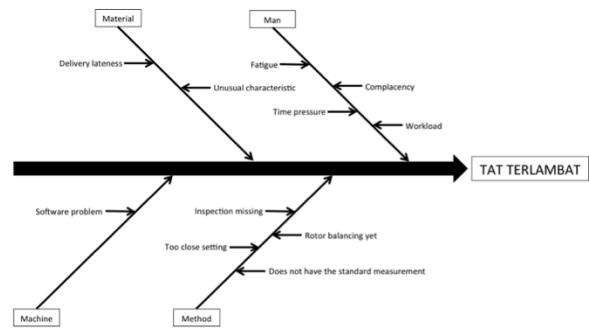
Untuk tiap proyek perbaikan, perencanaan selalu dibuat untuk *material, labour, dan Outside vendor cost* yang dikeluarkan untuk mengestimasi keuntungan bersih yang akan diperoleh perusahaan. Tabel 9 berikut merupakan perbandingan biaya *budget* dan *actual* yang dikeluarkan perusahaan.

**Tabel 9.** *Overrun* biaya dari *budget*

<b>Kegiatan</b>	<b>Budget</b>	<b>Actual</b>	<b>Overrun</b>
<i>Material</i>	\$215,821	\$241,289	\$25,468
<i>Labour</i>	\$18,800	\$35,219	\$16,419
<i>Outside vendor</i>	\$150,000	\$191,743	\$41,743
<i>Other (penalties)</i>	\$0	\$2,700	\$2,700
<b>Total</b>	<b>\$384,621</b>	<b>\$468,251</b>	<b>\$86,330</b>

**Root Cause Analysis Biaya Kegagalan**

Gambar 3 berikut merupakan analisis sebab-akibat kejadian tersebut yang menyebabkan *rework*.



**Gambar 3.** *Fishbone diagram* TAT terlambat

**Material**

Untuk komponen yang PT XYZ tidak memiliki kapabilitas untuk memperbaikinya, akan dikirim ke *Outside Vendor (OV)* atau disubkontrakkan. Perbaikan *Engine Compressor Shroud* adalah salah satu yang dikirim ke OV, komponen tersebut termasuk ke dalam *Fast Track List* atau komponen yang didahulukan untuk diinspeksi supaya dapat segera dikirim ke OV yaitu Honeywell, si *manufacturer* atau pembuat komponen tersebut. Salah satu penyebab keterlambatan adalah ketika pengiriman kembali dimana bertepatan dengan Hari Raya Idul Fitri, sempat terdapat kendala pada *custom clearance* atau pengurusan bea cukai karena sedang cuti bersama, sehingga harus menunggu hingga hari kerja kembali yaitu 5 hari kemudian.

Kemudian penyebab lain yang diduga menjadi contributor terjadinya *rubbing* ketika *testing* adalah ketidaksesuaian pada *Engine Compressor Shroud*. Honeywell tidak memberikan informasi ukuran standar untuk *EC Shroud*, sehingga ketika inspeksi, inspektor tidak dapat memastikan apakah komponen telah *serviceable* atau belum, atau dengan kata lain hanya dapat percaya sepenuhnya pada hasil perbaikan Honeywell.

Selain itu, pada perbaikan *EC Shroud* terdapat tambahan tahapan pengerjaan yang membuat permukaannya menjadi *glossy*, diduga karakteristik tersebut tidak sesuai dengan *Engine Compressor Rotor* selaku pasangannya hingga mengakibatkan *rubbing* tadi. Namun untuk permasalahan ukuran dan karakteristik tersebut belum dapat dipastikan karena butuh data lebih banyak atas kasus tersebut hingga dapat dianalisis.

**Man**

Faktor manusia yang dapat menjadi kemungkinan terjadinya ketidaksesuaian produk adalah kelelahan, Selain kelelahan, ada juga faktor *complacency* atau personnel lupa mengecek manual ketika melakukan pekerjaan karena telah merasa memahami dan terbiasa dengan pekerjaan tersebut. Hal ini menjadi dapat menimbulkan resiko kesalahan pengerjaan apalagi ketika terdapat lebih dari satu

pekerjaan dengan jenis berbeda yang harus dilakukan oleh satu orang yang sama, bisa jadi ketika *Engine Shop* sedang memiliki banyak order perbaikan maupun perawatan sehingga personennya harus bekerja ekstra.

Banyaknya order tersebut juga dapat memberikan tekanan kepada personennal dimana masing-masing mesin memiliki TAT yang berbeda dan sebisa mungkin selesai tepat pada waktunya, sehingga kemungkinan pengerjaan yang terburu-buru hingga mungkin ada pekerjaan yang terlewat. Salah satu komponen yang bermasalah adalah *Engine Compressor Shroud* dimana ukurannya tidak *match* dengan *engine compressor blade*, bisa jadi terdapat kesalahan ketika dilakukan pengukuran pada proses inspeksi atau terdapat bagian yang belum diinspeksi. Atau permasalahan pada *bearing* bisa disebabkan karena belum *balance*, sehingga seharusnya perlu dilakukan *balancing*.

Kejenruhan personennal juga dapat menjadi faktor namun kecil kemungkinan karena waktu istirahat yang diberikan telah cukup dan menurut pengamatan, jam istirahat pada *Engine Shop* berjalan sangat efektif, *Engine Shop* memiliki fasilitas mushola dan kantin sendiri.

#### Method

Proses perbaikan telah dilakukan sesuai manual yang ada, namun kemungkinan terdapat proses inspeksi yang terlewat yaitu pada pengukuran *Engine Compressor Shroud*, pemasangan atau perakitan yang terlalu dekat jaraknya antar komponen atau miring, atau belum dilakukan *rotor balancing* pada *bearing*

#### Machine

*Software problem* adalah masalah lain yang terjadi ketika dilakukan *testing*. Seringkali terjadi *lag* atau *hang* pada *software* dikarenakan data yang diinput sudah terlalu banyak atau *software* terserang virus karena sistem *online*, sehingga untuk mengatasinya biasa dilakukan *install* ulang *software* dimana *Engine Test Cell* telah memiliki *backup file*-nya. Permasalahan *software* ini pada beberapa kasus juga dapat mengakibatkan ketidaksesuaian *action* ketika semisal hasil *testing* menunjukkan bahwa level EGT terlalu tinggi, namun sebenarnya masih masuk interval, hal ini disebabkan *measuring tools* pada *software* belum terkalibrasi.

#### 5 Whys Analysis

Setelah mencari kemungkinan penyebab terjadinya ketidaksesuaian hingga memerlukan *rework* tersebut, kemudian satu per satu faktor ditarik kembali apa-apa saja yang dapat menjadi penyebab atas faktor tersebut untuk menemukan akar permasalahan sehingga penyelesaian nantinya dapat langsung tepat sasaran. Tabel 10 berikut merupakan penjabaran dari tiap faktor:

Tabel 10. 5 Whys Analysis

<p><b>1 why: Terdapat perbedaan karakteristik komponen dari yang biasanya oleh OV.</b> OEM sedang berinovasi untuk menemukan komponen dengan fungsi yang lebih baik.</p>
<p><b>2 why: OV sedang berinovasi untuk menemukan komponen dengan fungsi yang lebih baik.</b> Komponen dengan tipe lama menimbulkan masalah. Komponen dengan tipe lama memiliki celah untuk dibuat lebih efektif dan fungsional.</p>
<p><b>1 why: Keterlambatan pengiriman kembali komponen yang diperbaiki pada Outside Vendor.</b> <i>Delay</i> pada <i>custom clearance</i> akibat cuti bersama Hari Raya Idul Fitri.</p>
<p><b>2 why: Delay pada custom clearance akibat cuti bersama Hari Raya Idul Fitri.</b> Jadwal pengiriman luput menyesuaikan tanggal merah.</p>
<p><b>1 why: Personennal merasa kelelahan.</b> Jam biologis manusia pada malam hari yang seharusnya untuk beristirahat. Personennal kurang tidur atau waktu istirahat di rumah. Terlalu banyak pekerjaan yang harus dilakukan oleh personennal tersebut.</p>
<p><b>2 why: Personennal kurang tidur atau waktu istirahat di rumah.</b> Personennal terutama anak-anak muda justru begadang hingga larut malam sehingga keesokan harinya kondisi badan kurang fit.</p>
<p><b>2 why: Terlalu banyak pekerjaan yang harus dilakukan oleh personennal tersebut.</b> Beban kerja personennal yang berlebihan. Pembagian kerja dengan personennal lain yang kurang merata. Kekurangan personennal.</p>
<p><b>3 why: Pembagian kerja dengan personennal lain yang kurang merata dan kekurangan personennal.</b> Perencanaan <i>man power</i> belum mencapai sasaran.</p>
<p><b>3 why: Beban kerja personennal yang berlebihan.</b> <i>Engine Shop</i> banyak menerima order.</p>
<p><b>1 why: Kelalaian dari personennal luput memeriksa manual sehingga ada sesuatu yang terlewat.</b> Personennal sudah terbiasa melakukan pekerjaan tersebut sehingga merasa tidak perlu memeriksa manual kembali. Personennal kesulitan untuk memeriksa manual. Personennal terburu-buru dalam melakukan pekerjaan.</p>
<p><b>2 why: Personennal sudah terbiasa melakukan pekerjaan tersebut sehingga merasa tidak</b></p>



<p><b>perlu memeriksa manual kembali.</b> Manual tidak <i>comply</i> dengan keadaan lapangan. Personnel menyepelkan untuk memeriksa kembali manual atau prosedur.</p>
<p><b>2 why: Personnel kesulitan untuk memeriksa manual.</b> Manual jauh dari jangkauan personnel.</p>
<p><b>2 why: Personnel terburu-buru dalam melakukan pekerjaan.</b> Terkejar-kejar oleh TAT atau pekerjaan lain. Personnel ingin segera menyelesaikan pekerjaannya agar segera beristirahat atau pulang.</p>
<p><b>3 why: Terkejar-kejar oleh TAT atau pekerjaan lain.</b> Kegagalan <i>planning</i>. Kegagalan implementasi <i>planning</i>.</p>
<p><b>1 why: Terdapat proses inspeksi yang terlewatkan dan belum dilakukan rotor balancing pada bearing.</b> Proses inspeksi dan <i>balancing</i> tidak tercantum dalam <i>Maintenance Job Card</i>.</p>
<p><b>2 why: Proses inspeksi dan balancing tidak tercantum dalam Maintenance Job Card.</b> Luput memeriksa dari <i>Inspection Repair Manual</i> (IRM). Ketidaksesuaian tidak terdeteksi sehingga tidak dimasukkan ke dalam <i>Maintenance Job Card</i>.</p>
<p><b>3 why: Ketidaksesuaian tidak terdeteksi sehingga tidak dimasukkan ke dalam Maintenance Job Card.</b> Kurang teliti ketika melakukan inspeksi. Inspektur tidak mengetahui ukuran standard yang seharusnya.</p>
<p><b>4 why: Inspektur tidak mengetahui ukuran standard yang seharusnya.</b> <i>Manufacturer</i> tidak member informasi (menjadi rahasia perusahaan, bagian dari strategi bisnis)</p>
<p><b>1 why: Jarak antar komponen ketika dipasang terlalu dekat satu sama lain atau miring.</b> Personnel salah meletakkan jarak pemasangan (sesuai dengan <i>Illustrated Part Catalogue</i>)</p>
<p><b>2 why: Personnel salah meletakkan jarak pemasangan.</b> Area pemasangan kurang cahaya. Personnel tidak mampu menjangkau pandang hingga area tersebut. Personnel kurang memperhatikan <i>Illustrated Part Catalogue</i>.</p>
<p><b>1 why: Masalah software mengalami lag pada komputer Engine Test Cell.</b> Data yang di-<i>input</i> sudah terlalu banyak. Sistem <i>software</i> terserang virus.</p>
<p><b>2 why: Data yang di-input sudah terlalu banyak.</b></p>

*Engine Test Cell* sudah melakukan banyak *testing*.

**2 why: Sistem software terserang virus.**

Sistem *software* berbasis *online*.

#### 4. Kesimpulan

Proses bisnis proyek perbaikan APU secara ringkas adalah sebagai berikut:

- Pembuatan kesepakatan ruang lingkup kerja
- Penyusunan kebutuhan material dan *workscope template*
- APU dibawa ke *Engine Shop* untuk dilakukan *preliminary* dan *borescope inspection*
- *Workscope Review Board* untuk penetapan *workscope* yang dibangun
- Proyek perbaikan diinduksi atau dimulai, dihitung sebagai TAT hari pertama
- Pembongkaran APU untuk melepas komponen yang termasuk ke dalam *workscope* perbaikan
- *Dirty Inspection*. Komponen dipisahkan, mana yang dapat dilakukan *inhouse repair*, dikirim ke *Outside Vendor*, masih *serviceable*, atau *condemned*.
- Pembersihan komponen kemudian dilanjutkan *Non-Destructive Test*.
- Komponen diinspeksi secara visual dan diukur dimensinya.
- Memperbaiki komponen dengan perlakuan sesuai hasil inspeksi.
- Pengumpulan komponen-komponen yang terpisah hingga lengkap dan dapat dirakit kembali.
- APU diuji di *Engine Test Cell*
- *Final* dan *borescope inspection* untuk memastikan bahwa APU sudah dalam keadaan *serviceable*.
- Penyerahan dokumen dan pengurusan *bill* dengan *customer* hingga APU dipasang kembali

Total *cost of poor quality* atau biaya yang harus dikeluarkan perusahaan untuk pengerjaan kembali APU adalah sebesar \$103,174 atau 21,46% dari total *revenue*, sedangkan *opportunity revenue* yang sebenarnya dapat diperoleh yaitu sebesar \$511,145 diperoleh dari *revenue* pengerjaan 1 APU selama periode *rework* dan selisih *actual* dengan *estimated profit*.

Terjadinya *rework* dapat disebabkan oleh beberapa hal, bisa karena komponen yang dibeli tidak sesuai, perbedaan karakteristik komponen dari OV, personnel luput memeriksa manual, atau terdapat proses yang terlewat seperti inspeksi atau *balancing*.

Untuk mencegah faktor-faktor tersebut terjadi kembali, maka perusahaan dapat mengkomunikasikan ketidaksesuaian dengan OV, memastikan bahwa *Service Bulletin* telah diaplikasikan, meminimalisir ketidaksesuaian akibat *human factor*, dan meningkatkan ketelitian ketika inspeksi.

Berdasarkan analisis kemungkinan penyebab terjadinya ketidaksesuaian hingga perlu *rework* tersebut,

maka beberapa usul yang dapat penyusun sarankan berdasarkan permasalahan-permasalahan tersebut adalah:

1. Menyesuaikan jadwal pengiriman untuk menghindari tanggal merah dan cuti bersama bea cukai.
2. Mengkomunikasikan kepada OV terkait komponen yang mengalami modifikasi.
3. Melakukan perhitungan sendiri atas ukuran yang tidak diberikan oleh *manufacturer* agar menemukan ukuran yang tepat dengan meratakan ukuran komponen yang *serviceable* sebelumnya.
4. Proses inspeksi terutama inspeksi visual sebaiknya dilakukan oleh lebih dari satu orang atau *double inspection* (oleh *engineer* kemudian di *double inspection* oleh *inspector*) untuk menghindari *human error* atau subyektivitas.
5. Pagi hari sebelum aktivitas kerja dimulai, supaya badan dan pikiran menjadi lebih segar, setelah *morning briefing* rutin dilakukan, bersama-sama melakukan olahraga.
6. Pekerjaan dengan resiko bahaya atau dampak tinggi sebaiknya dialokasikan untuk dikerjakan pada pagi hari untuk meminimalisir kesalahan kerja akibat mengantuk atau kelelahan.
7. Pembagian kerja dapat dirincikan secara langsung nama-namanya oleh manager terkait, sehingga dapat terencana dari awal dan masing-masing orang lebih memiliki rasa tanggung jawab terhadap pekerjaannya.
8. Mengingat semua personnel ketika *morning briefing* untuk selalu tidak lupa membaca manual atau prosedur sebelum memulai kerja, mengisi *Maintenance Job Card* setelah pekerjaan dilakukan, serta melakukan *scan barcode* secara tepat waktu, demi memudahkan proses kontrol dan perencanaan selanjutnya.
9. Manager terkait memastikan lingkungan serta peralatan kerja sudah siap untuk kelancaran pengerjaan, dan *Component Maintenance Manual* yang *current* atau terbaru.

#### Daftar Pustaka

- Assauri, Sofjan. (2004). *Manajemen Pemasaran*. Jakarta: PT. Raja Grafindo Persada.
- American Society for Quality Control. (2000). *ANSI/ISO/ASQ Q9000-2000 Quality Management Systems-Fundamentals and Vocabulary*. Milwaukee: ASQ.
- Besterfield, D. H. (1998). *Quality Control*. Edisi 5. Englewood Cliffs: Prentice-Hall International Inc.
- Horngren, C. T., G. Foster, dan S. M. Datar. (2003). *Cost Accounting: A Managerial Accounting*.

Edisi 11. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Kaplan, R. S., dan A. A. Atkinson. (1998). *Advanced Management Accounting*. Edisi 3. New Jersey: Prentice-Hall Inc.

Martusa, Riki. (2011). Peranan Analisis Biaya Kualitas Dalam Meningkatkan Efisiensi Biaya Produksi. *Akurat Jurnal Ilmiah Akuntansi No. 4*.

Tandiontong, Mathius. (2010).. Pengaruh Biaya Kualitas Terhadap Tingkat Profitabilitas Perusahaan. *Akurat Jurnal Ilmiah Akuntansi No. 2*