

## **ANALISIS KUALITAS PADA KOMPONEN PROYEK *HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR* DENGAN *DMAIC IMPROVEMENT CYCLE* BERDASARKAN KRITERIA FREKUENSI DAN *COST OF POOR QUALITY***

### ***QUALITY ANALYSIS OF HEAT RECOVERY STEAM GENERATOR PROJECT COMPONENTS WITH DMAIC IMPROVEMENT CYCLE BASED ON FREQUENCY AND COST OF POOR QUALITY CRITERIA***

Debrina Puspita Andriani<sup>1</sup>, Sugiono<sup>2</sup>, Amanda Nur Cahyawati<sup>3</sup>, Roby Kurniawan<sup>4</sup>  
1,2,3,4 Teknik Industri, Universitas Brawijaya, Jl. MT. Haryono No. 167, Malang (65145) – Indonesia

Telp./Fax: (0341) +62341 587710, 587711 psw. 1283/ +62341 551430

E-mail: debrina@ub.ac.id

#### **Abstract**

*Perusahaan pembuatan boiler dan Heat Recovery Steam Generator (HRSG) sedang berupaya untuk meningkatkan kualitas produknya, karena diketahui dalam selang waktu 2011 hingga 2016 masih banyak komponen yang mengalami kecacatan atau kerusakan, sehingga mempengaruhi proyek pembuatan HRSG. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui komponen manakah yang sering tidak sesuai, mengidentifikasi akar masalah dan menentukan perbaikan yang akan diterapkan pada perusahaan. Berdasarkan hasil analisis menggunakan metode DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve, dan Control) Improvement Cycle dengan mempertimbangkan kriteria frekuensi kecacatan dan cost of poor quality, diketahui komponen field piping adalah yang paling sering mengalami kerusakan. Akar penyebab utamanya adalah kesalahan fabrikasi dan desain yang tidak sesuai. Oleh karena itu, rekomendasi perbaikan yang dapat disarankan untuk perusahaan ini adalah pengoptimalan kegiatan pengecekan atau inspeksi di seluruh aspek perusahaan agar standar kualitas komponen dengan spesifikasi yang ada dapat tercapai.*

**Keywords:** *analisis kualitas, cost of poor quality, DMAIC cycle, frekuensi kecacatan, steam generator.*

#### **PENDAHULUAN**

Dalam kaitannya pada industri manufaktur, kualitas merupakan kondisi dimana barang yang diproduksi sesuai ketentuan, spesifikasi, dan tujuan yang telah ditetapkan [1]. Sistem tersebut tentunya perlu untuk diterapkan di semua perusahaan untuk menjaga citra perusahaan di mata konsumen. Sistem pengendalian kualitas bisa diwujudkan dengan beberapa cara mulai dari perencanaan, desain, penggunaan prosedur dan peralatan yang tepat sesuai permasalahan. Salah satunya penerapan standar kualitas komponen di pada perusahaan penghasil unit pembuatan boiler dan Heat Recovery Steam Generator (HRSG) yang berada di Indonesia.

Sejalan dengan visi dan misi perusahaan, yaitu memaksimalkan bisnis melalui kepuasan pelanggan dan pengurangan biaya karena

kualitas yang buruk, maka perusahaan ini merasa perlu untuk menerapkan sistem pengendalian kualitas dengan mengontrol kualitas produk yang dihasilkan untuk meminimalkan komponen-komponen yang cacat agar produk HRSG yang diproduksi dapat terhindar dari kerusakan, sehingga dapat memenuhi kebutuhan produk yang sesuai dengan standar dan spesifikasi. Gambar 1 merupakan contoh produk HRSG.

Dalam kenyataannya pada *database non conformances reports* (NCR) yang dimiliki oleh perusahaan masih banyak komponen yang mengalami kecacatan atau kerusakan. *Database NCR* merupakan suatu kumpulan pelaporan ketidaksesuaian antara spesifikasi yang sudah ditentukan dengan keadaan yang sebenarnya mengenai semua aspek yang ber-



**Gambar 1.** Produk HRSG

kaitan dengan pelaksanaan proyek. Data-data komponen yang memiliki ketidaksesuaian terhadap standar dapat dilihat pada Tabel 1.

Dari data NCR didapatkan bahwa masih banyak komponen yang sering mengalami kecacatan atau tidak sesuai dengan standar spesifikasi yang sudah disediakan dalam menyelesaikan suatu proyek HRSG, sehingga dapat menimbulkan biaya karena adanya kualitas yang buruk (*cost of poor quality*). Biaya ini merupakan biaya yang timbul sebagai akibat menghasilkan produk yang memiliki mutu yang rendah [2]. Kesalahan ter-

**Tabel 1.** Data Komponen HRSG yang Memiliki Kesalahan pada Tahun 2011-2016

No.	Component	NC Qty
1.	Heat Recovery Steam Generator	1
2.	Auxiliary Equipment	2
3.	Balance of Equipment	1
4.	Safety valves	2
5.	Control valves	1
6.	Tubing	1
7.	Header & Nozzle Pipe	4
8.	Main Steel	13
9.	Casing Plate & Stiffener (incl. filler panels)	1
10.	Studs & Insulation Pins	1
11.	Casing Liner	1
12.	Assembly	1
13.	Drums	16
14.	Cable Gland	1
15.	Field Pipe Supports	3
16.	Field Piping	48
17.	Inlet Duct	14
18.	Instruments	4
19.	Main Steel & Casing	20
20.	Modules	26
21.	Secondary Steel	3
22.	Silencers & Shrouding	1
23.	Stack	5
24.	Valves	13
25.	Insulation	1
<b>TOTAL</b>		<b>184</b>

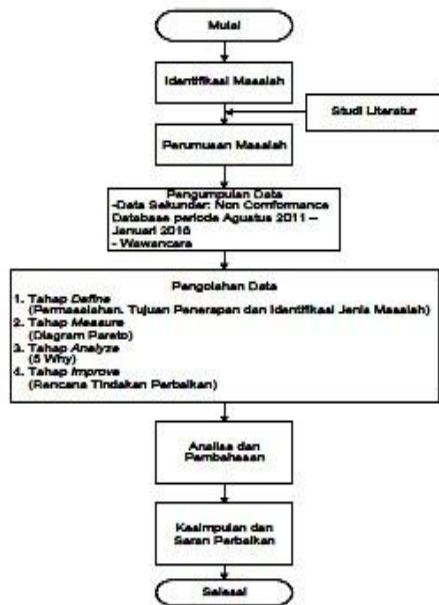
sebut dapat disebabkan oleh berbagai pihak, diantaranya *supplier*, *customer*, ataupun pihak internal dari perusahaan sendiri. Oleh karena itu, pada penelitian ini dilakukan analisis terhadap berapa banyak kesalahan yang pernah dilakukan komponen-komponen pada proyek pembuatan produk HRSG dalam kurun waktu 2011-2016 dengan jumlah keseluruhan 4.464. Dengan menggunakan data NCR, bantu pengendalian kualitas yaitu metode DMAIC dapat diketahui komponen manakah yang sering mengalami kecacatan atau ketidaksesuaian. Selain itu dengan metode tersebut dapat membantu mengidentifikasi akar masalah dan menentukan perbaikan yang akan diterapkan pada perusahaan demi menghasilkan standar kualitas komponen dengan spesifikasi yang ada pada produk HRSG perusahaan ini.

#### METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini merupakan jenis penelitian penelitian deskriptif, dimana penelitian dilakukan dengan cara mengumpulkan data-data sesuai dengan kondisi yang sebenarnya, kemudian data-data tersebut disusun, diolah, dan dianalisis untuk dapat memberikan gambaran mengenai masalah yang ada [3]. Pengumpulan data dilakukan berdasarkan hasil observasi dan wawancara, serta diskusi dengan pimpinan dan karyawan di perusahaan yang bersangkutan. Selain itu dalam menunjang komprehensi dari solusi yang dihasilkan juga dilakukan tinjauan pustaka yang terkait dengan metode pendekatan yang digunakan, yaitu DMAIC. Gambar 2 adalah diagram alir untuk penelitian yang telah dilakukan.

#### Pengendalian Kualitas

Pengendalian kualitas adalah aktivitas pengendalian proses untuk mengukur ciri-ciri kualitas produk, membandingkan dengan spesifikasi atau persyaratan, dan mengambil tindakan penyehatan yang sesuai apabila ada perbedaan antara penampilan yang sebenarnya standar [4]. Kualitas adalah sebagai konsistensi peningkatan dan penurunan variasi karakteristik produk, agar dapat memenuhi spesifikasi dan kebutuhan, guna meningkatkan kepuasan pelanggan internal dan eksternal [5]. Menurut ISO 8402



**Gambar 2.** Diagram alir penelitian

dan Standar Nasional Indonesia, kualitas adalah keseluruhan ciri dan karakteristik produk atau jasa yang kemampuannya dapat memuaskan kebutuhan. Banyak ahli yang mendefinisikan kualitas secara garis besar orientasinya yaitu kepuasan pelanggan yang adalah tujuan perusahaan/ organisasi yang berorientasi pada kualitas [6].

Dari beberapa definisi yang ada, bahwa secara garis besar kualitas adalah keseluruhan ciri atau karakteristik produk/ jasa yang dalam tujuannya adalah untuk memenuhi kebutuhan dan keinginan pelanggan. Setiap produk memiliki beberapa unsur yang menggambarkan kecocokan penggunaannya. Parameter-parameter ini yang dikatakan ciri-ciri kualitas. Ciri-ciri kualitas terdiri dari beberapa jenis seperti fisik, indera, dan orientasi waktu [7].

### **Cost of Poor Quality**

*Cost of poor quality* (COPQ) merupakan biaya yang terjadi akibat produk dan proses yang tidak memenuhi persyaratan standar kualitas [8]. Sebagai salah satu elemen dalam *quality assessment*, menganalisis COPQ ini dapat menjadi kunci untuk mengetahui kemajuan kegiatan perbaikan kualitas dan

mengidentifikasi peluang untuk peningkatan perbaikan kualitas.

Melalui analisis COPQ ini, dapat diketahui seberapa besar biaya yang dikeluarkan akibat adanya produk yang cacat atau tidak memenuhi standar mutu perusahaan. Apabila dengan kegiatan perbaikan kualitas yang dilakukan perusahaan mampu memperkecil COPQ, maka berarti perusahaan mampu mengurangi produk yang cacat atau yang tidak memenuhi standar kualitas yang dapat merugikan perusahaan. Oleh sebab itu, kegiatan perbaikan kualitas perusahaan yang telah dilakukan dapat dinilai telah berhasil. Kategori COPQ mencakup *internal* dan *external failure costs* [9].

*Internal failure costs* adalah biaya yang dikeluarkan akibat ketidakmampuan memenuhi persyaratan atau kebutuhan *customer* dan biaya yang dikeluarkan akibat proses yang tidak efisien. Biaya ini muncul sebelum produk atau layanan dikirimkan ke *customer*. Contohnya adalah biaya karena ketidakmampuan memenuhi persyaratan atau kebutuhan *customer*, seperti scrap, rework, dan lain-lain. Selain itu juga biaya karena proses yang tidak efisien, misalnya biaya karena *variation of process characteristics, non-value added activities*, dan lain-lain.

*External failure costs* adalah biaya ketidaksesuaian produk atau layanan setelah *customer* menerima produk. Biaya ini dapat timbul dikarenakan ketidakmampuan memenuhi persyaratan atau kebutuhan *customer*, seperti *warranty charges, complaint adjustments*, dan lain-lain. Selain itu biaya kegagalan eksternal juga dapat terjadi karena hilangnya kesempatan untuk menjual, seperti *customer defection* dan *new customer lost because of lack of capability*.

### **DMAIC Improvement Cycle**

DMAIC (adalah akronim untuk *Define, Measure, Analyze, Improve* dan *Control*) merupakan proses peningkatan terus menerus pada proses bisnis yang bertujuan untuk menemukan dan mengurangi faktor-faktor penyebab kecacatan dan kesalahan, mengurangi waktu siklus dan biaya operasi, meningkatkan produktivitas, memenuhi kebutuhan pelanggan dengan lebih baik, mencapai tingkat pendayagunaan asset yang lebih tinggi, serta mendapat imbal hasil atas

investasi yang lebih baik dari segi produksi ataupun pelayanan. DMAIC dilakukan secara sistematis berdasarkan pengetahuan dan fakta. DMAIC merupakan suatu proses *closed-loop* yang menghilangkan langkah-langkah proses yang tidak produktif, sering berfokus pada pengukuran-pengukuran baru dan menerapkan teknologi untuk peningkatan kualitas menuju target *six sigma* [10]. Berikut adalah tahapan pada siklus DMAIC ini.

#### *Fase Define*

Pada tahap ini dilakukan penentuan proses kunci, identifikasi permasalahan, menentukan tujuan proyek (pengurangan cacat/biaya, dan target waktu), dan mengidentifikasi area proses yang akan di *improve* [11]. Tahap ini merupakan tahap awal dalam tahap *six sigma*. Langkah yang akan dilakukan adalah *process mapping* dan pendefinisian proses kunci, identifikasi masalah, dan penetapan tujuan.

#### *Fase Measure*

Pada tahap kedua ini dilakukan penetapan karakteristik kualitas kunci atau *critical to quality* (CTQ), pengukuran terhadap performansi, dan memvalidasi permasalahan, mengukur, serta menganalisis permasalahan dari data yang ada. Dalam manajemen kualitas, pengukuran terhadap fakta-fakta akan menghasilkan data, yang kemudian diolah dan dianalisis. Jika data tersebut diolah dan dianalisis secara tepat, akan memberikan informasi yang akurat, yang selanjutnya informasi tersebut akan berguna bagi manajer untuk mengambil keputusan atau tindakan manajemen untuk meningkatkan kualitas [12].

#### *Fase Analyze*

Pada tahap ini dilakukan analisis data dan dilakukan pengolahan data dengan berdasar pada akar permasalahan yang menyebabkan performansi dalam proses menurun. Selain itu, mendaftar semua faktor yang berpengaruh (*significant few opportunities*) terhadap kualitas yang akan di *improve*, kemudian dipilih beberapa faktor yang dianggap paling berpengaruh dan dianalisa lebih lanjut seberapa besar pengaruhnya terhadap kualitas produk biasanya *statistic tools*.

#### *Fase Improve*

Pada tahap ini dilakukan seleksi solusi dan tindakan yang diharapkan dapat meningkatkan performansi. Langkah ini dapat dilakukan dengan memberikan usulan yang dapat mengurangi jumlah cacat berdasarkan akar masalah yang telah dijabarkan pada tahap *analyze*. Tahap ini diakhiri dengan pemahaman mengenai akar masalah dari proses yang akan dikembangkan [13].

#### *Fase Control*

Untuk menjaga perbaikan agar dapat terus berlangsung dan mengevaluasi hasil dari perbaikan dalam kurun waktu tertentu serta dapat mengetahui hasil perbaikan, maka dalam penelitian ini akan disajikan beberapa usulan pengendalian agar proses perbaikan dapat berjalan dengan lancar [14].

#### **Alat bantu yang digunakan dalam tahap DMAIC**

Dalam siklus DMAIC banyak alat bantu yang bisa digunakan untuk melakukan analisis dalam sebuah permasalahan perusahaan. Sebagian besar diantaranya banyak alat bantu statistik dan diagram-diagram pada proses produksi. Berikut adalah beberapa alat bantu yang dipergunakan dalam makalah ini untuk analisis kualitas tersebut.

#### *Diagram Pareto*

Diagram Pareto digunakan untuk memperbandingkan berbagai kategori kejadian yang disusun menurut ukurannya, dari yang paling besar di sebelah kiri ke yang paling kecil di sebelah kanan. Susunan tersebut membantu menentukan pentingnya atau prioritas kategori kejadian-kejadian atau sebab-sebab kejadian yang dikaji atau untuk mengetahui masalah utama proses [15].

#### *Diagram Pancar*

Diagram pancar ini berguna untuk mendeteksi korelasi (hubungan) antara dua variabel (faktor), sekaligus juga memperlihatkan tingkat hubungan tersebut (kuat atau lemah). Pada pemanfaatannya, *scatter chart* membutuhkan data berpasangan sebagai bahan baku analisisnya, yaitu sekumpulan nilai  $x$  sebagai faktor yang

independen berpasangan dengan sekumpulan nilai y sebagai faktor dependen [16].

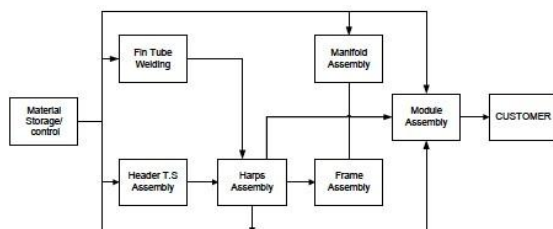
### 5 Why's

Salah satu suatu alat bantu *root cause analysis* untuk *problem solving* adalah 5 Why's [17]. *Tool* ini membantu mengidentifikasi akar masalah atau penyebab dari sebuah ketidaksesuaian pada proses atau produk. *Tool* ini juga menggunakan teknik iterasi dengan bertanya MENGAPA (*Why*) dan diulang beberapa kali sampai menemukan akar masalahnya, dan kemudian melakukan perbaikan.

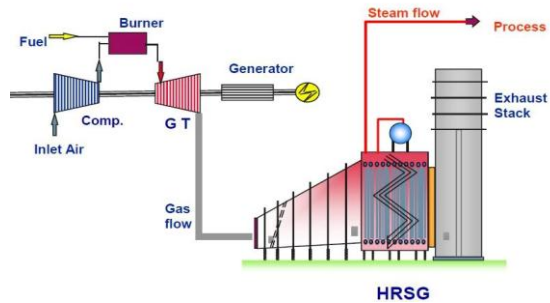
### Proses Produksi Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

Proses produksi diawali dengan mengolah bahan baku menjadi produk jadi. Selanjutnya dilakukan proses mekanis yaitu pemotongan, pembentukan perangkian, proses optimasi (penyempurnaan) bahan baku seperti *tubes* dipotong sesuai ukuran yang direncanakan sebelum dilakukan *blasting*, kemudian dirangkai sesuai ukuran yang telah dirancang.

Setiap *tube* maupun *plate* dilakukan *scurfing* di mana proses tersebut merupakan penghalusan pipa besi serta pelapisan bahan tahan korosif dan tekanan tinggi. Adapun tes terkait kesempurnaan sambungan (*las*) dilakukan dengan mengisi air yang telah diberi bahan kimia, bahan anti korosif, dan bahan anti jamur. Setelah digunakan, larutan ini akan menjadi limbah B3 dengan volume maksimum 45 m<sup>3</sup>/bulan. Rangkaian yang telah sempurna diberi perlengkapan pengaman seperti *safety valve*, barometer, sesuai kebutuhan sehingga memperoleh produk akhir yang sesuai permintaan konsumen. Gambar 3 menjelaskan alur kegiatan produksi HRSG perusahaan.



Gambar 3. Alur kegiatan produksi.



Gambar 4. Cara kerja HRSG.

### Cara Kerja Heat Recovery Steam Generator (HRSG)

Dalam gas buang panas/kalor akan dipindahkan seluruhnya dengan cara konveksi ke air yang berada dalam pipa. Gas buang turbin mengalir memanasi komponen HRSG mulai dari *super-heater*, *economiser* dan *preahter*, dan selanjutnya keluar melalui cerobong. Didalam gas buang/*exhaust turbin*, energi panas gas yang temperaturnya masih cukup dialirkan masuk kedalam HRSG untuk memanaskan air di dalam pipa-pipa pemanas, selanjutnya keluar ke cerobong. Air dari drum yang mengalir dan tertampung di dalam pipa-pipa pemanas akan mendapat pemanasan dari gas panas tersebut. Hasil pemanasan akan mengakibatkan sebagian besar air akan berubah menjadi uap dan yang lain masih berbentuk air. Campuran air dan uap ini selanjutnya masuk kembali kedalam drum. Ketika uap dan air sudah terpisah, uap akan digunakan untuk menggerakkan turbin uap, sedangkan air yang tidak menjadi uap akan disirkulasikan kembali kedalam pipa-pipa pemanas bersama-sama dengan air pengisi yang baru. Proses ini berlangsung terus menerus selama unit beroperasi.

Berdasarkan prinsip kerja dan fungsinya, HRSG dan *boiler* adalah sama, yaitu suatu peralatan yang digunakan untuk mengubah air menjadi uap dengan bantuan panas. Perbedaannya hanya terletak pada sumber panas yang digunakan untuk membangkitkan uap. Jika pada HRSG, sumber panas utama yang digunakan untuk membangkitkan uap berasal dari energi panas yang terkandung di dalam gas buang yang dialirkan masuk kedalam HRSG. Sedangkan pada *boiler*, sumber panas yang digunakan untuk membangkitkan uap berasal dari pembakaran

bahan bakar didalam ruang bakar, bisa berupa bahan bakar padat, cair atau gas. Gambar 4 menjelaskan secara skematis cara kerja HRSG.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### *Pengumpulan Data*

Pengumpulan data diambil dari NC *database* pada periode 2011- 2016 yang telah didapatkan dan selanjutnya dilakukan analisis untuk mengetahui komponen manakah yang sering mengalami ketidaksesuaian. Tabel 2 merupakan data komponen beserta kuantitas kesalahan dan cost yang diperoleh dari *non conformance reports (NCR) database* pada periode 2011- 2016.

### *Pengolahan Data dengan DMAIC Improvement Cycle*

Metode DMAIC merupakan langkah penyelesaian masalah dengan tahap-tahap diantaranya *define* (merumuskan), *measure* (mengukur), *analyze* (menganalisa), *improve* (meningkatkan/memperbaiki), dan *control* (mengendalikan). Berikut ini merupakan analisa mengenai tahapan-tahapan berdasarkan metode DMAIC.

### *Fase Define*

Perusahaan telah menetapkan beberapa spesifikasi standar kualitas untuk produk HRSG guna memenuhi kepuasan pelanggan. Namun, dari spesifikasi standar yang telah ditetapkan tersebut, masih ada hasil produksi dari komponennya mengalami kecacatan atau dengan kata lain tidak memenuhi standar kualitas yang telah ditetapkan, kumpulan dari permasalahan tersebut dituliskan pada data NCR guna mengetahui sebab akibat dari kecacatan komponen yang terjadi.

Tujuan dari permasalahan ini adalah untuk melihat komponen manakah yang paling bermasalah ditinjau dari *cost* dan *occurrence* serta menjamin kepuasan pelanggan akan produk yang dihasilkan dengan tetap menjaga kualitas, atau bahkan mengurangi produk bermasalah pada setiap proyek yang nantinya kerugian akibat produk tersebut dapat diatasi oleh perusahaan.

Dari Tabel 2, NCR *database*, terdapat total 184 data dari berbagai komponen yang mengalami kecacatan dan menimbulkan biaya sebesar 238,5 KUSD yang terdapat pada pro-

**Tabel 2.** Data Komponen Periode 2011-2016

NO	Component	NC Qty	NC Cost (KUSD)
1	Instruments	4	53.30
2	Control valves	1	12.30
3	Cable Gland	1	8.97
4	Casing Liner	1	5.60
5	Secondary Steel	3	9.57
6	Valves	13	34.54
7	Tubing	1	2.24
8	Heat Recovery Steam Generator	1	1.68
9	Auxiliary Equipment	2	3.04
10	Inlet Duct	14	19.72
11	Drums	16	21.86
12	Assembly	1	1.00
13	Field Pipe Supports	3	3.00
14	Stack	5	4.43
15	Modules	26	16.88
16	Field Piping	48	27.22
17	Main Steel & Casing	20	8.03
18	Header & Nozzle Pipe	4	1.31
19	Main Steel	13	3.72
20	Casing Plate & Stiffener (incl. filler panels)	1	0.11
21	Studs & Insulation Pins	1	0.01
22	Balance of Equipment	1	0.00
23	Silencers & Shrouding	1	0.00
24	Safety valves	2	0.00
25	Insulation	1	0.00
<b>TOTAL</b>		<b>184</b>	<b>238.5</b>

yek Sengkang, Tuas, North Bangkok 2, Keppel Merlimau, Connaught Bridge dan Thai Oil Block 2 pada periode 2011-2016. Berbagai macam kecacatan disebabkan dari berbagai pihak, misalkan dari supplier, internal, dan lain-lain. Selain itu, juga menimbulkan nilai *cost of poor quality* sebesar 59,5 dimana didapatkan dari pembagian antara biaya NC per item dibagi dengan kuantitas NC per item. Tabel 3 merupakan data dari NCR *database* beserta nilai COPQ dari setiap komponen.

### *Fase Measure*

Berdasarkan data yang diperoleh maka akan ditampilkan dalam diagram pareto berdasarkan frekuensi NC (NC Qty), NC Cost, dan Indeks COPQ yang masing-masing ditampilkan pada Gambar 5 hingga Gambar 7.

Selain itu juga dilakukan pengukuran berdasarkan grafik COPQ NC komponen dan selanjutnya akan dilakukan seleksi dengan plot data sesuai data yang dibutuhkan untuk dianalisa. Gambar 8 merupakan plot data komponen disertai dengan indeks COPQ.

Berdasarkan penyajian dalam diagram pareto diketahui bahwa terdapat trade-off antar kriteria dari urutan peringkat komponen. Sebagai contoh pada Gambar 5 komponen *field piping* memiliki kontribusi terbesar dibandingkan komponen yang lain untuk kriteria NC Qty. Sedangkan untuk kriteria NC Cost dan Indeks COPQ diketahui bahwa *instruments* memiliki kontribusi terbesar dibandingkan yang lainnya. Oleh karena itu, dilakukan analisis lebih lanjut untuk mengetahui komponen manakah yang dipilih untuk dianalisis.

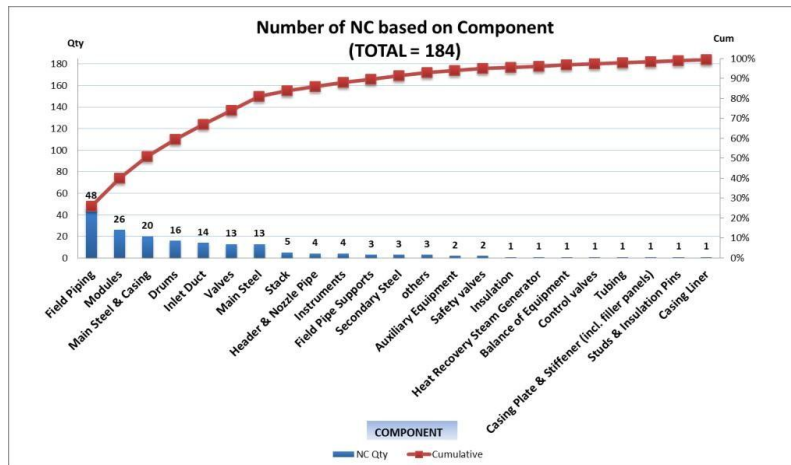
Dari Gambar 8 diketahui bahwa komponen yang terpilih untuk dianalisis lebih lanjut adalah komponen *instruments*, *secondary steel*, *valves*, dan *field piping*. Komponen *instruments* memiliki indeks COPQ paling tinggi sebesar 13.3 KUSD dengan kejadian/ kesalahan yang pernah dilakukan 4 kali. Komponen *Secondary Steel* terdapat 3 kali kejadian dengan indeks COPQ sebesar 3.2 KUSD. Komponen *valves* terdapat 13 kali kejadian dengan indeks COPQ sebesar 2.7 KUSD. Komponen *Field Piping* memiliki indeks nilai COPQ sebesar 0.6 KUSD dan terdapat 48 kali kejadian.

Untuk komponen seperti *control valves*, *cable gland*, *casing linier*, *tubing*, dan *assembly*, meskipun beberapa memiliki nilai indeks COPQ yang tinggi tetapi tidak perlu untuk dianalisis lebih lanjut, karena berdasarkan pertimbangan perusahaan dapat diminimalisir dengan pencegahan dini, sebab selama ini hanya terjadi 1 kali kesalahan saja. Sedangkan untuk komponen seperti *auxiliary equipment*, *inlet duct*, *drums*, *field pipe supports*, *stack*, *modules*, *main steel and casing*, *header and nozzle pipe*, dan *main steel* juga tidak dianalisis lebih lanjut, meskipun ada yang memiliki frekuensi > 1 ataupun indeks COPQ yang tinggi. Hal ini

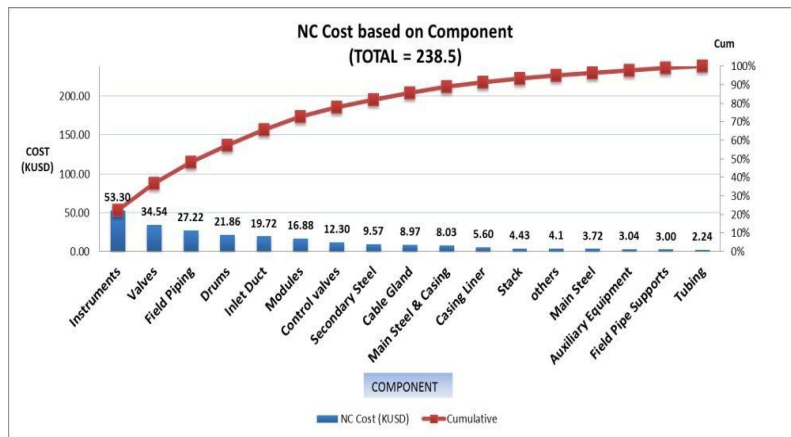
dikarenakan kondisi NC terjadi di luar kendali dari perusahaan, mungkin dari *supplier* atau konsumen.

**Tabel 3.** Data Komponen dan Indeks COPQ

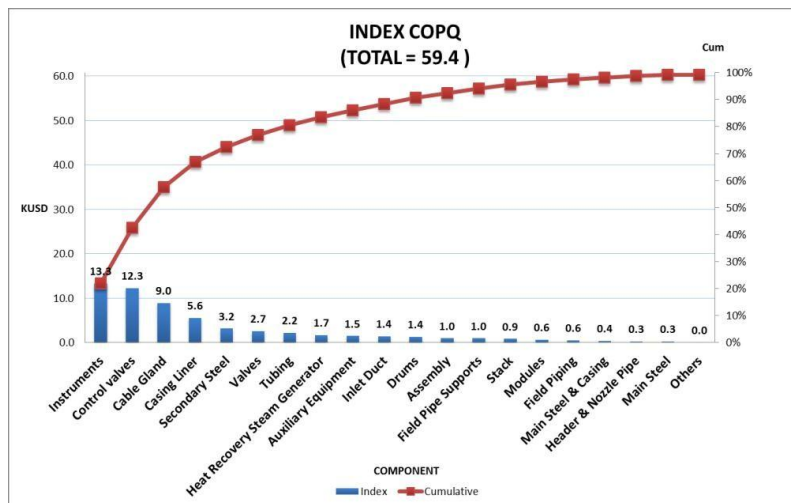
NO	Component	NC Qty	NC Cost (KUSD)	Indeks COPQ
1	Instruments	4	53.30	13.3
2	Control valves	1	12.30	12.3
3	Cable Gland	1	8.97	9.0
4	Casing Liner	1	5.60	5.6
5	Secondary Steel	3	9.57	3.2
6	Valves	13	34.54	2.7
7	Tubing	1	2.24	2.2
8	Heat Recovery Steam Generator	1	1.68	1.7
9	Auxiliary Equipment	2	3.04	1.5
10	Inlet Duct	14	19.72	1.4
11	Drums	16	21.86	1.4
12	Assembly	1	1.00	1.0
13	Field Pipe Supports	3	3.00	1.0
14	Stack	5	4.43	0.9
15	Modules	26	16.88	0.6
16	Field Piping	48	27.22	0.6
17	Main Steel & Casing	20	8.03	0.4
18	header & Nozzle Pipe	4	1.31	0.3
19	Main Steel	13	3.72	0.3
20	Casing Plate & Stiffener (incl. filler panels)	1	0.11	0.1
21	Studs & Insulation Pins	1	0.01	0.0
22	Balance of Equipment	1	0.00	0.0
23	silencers & Shrouding	1	0.00	0.0
24	Safety valves	2	0.00	0.0
25	Insulation	1	0.00	0.0
<b>TOTAL</b>		<b>184</b>	<b>238.5</b>	<b>59.5</b>



Gambar 5. NC Qty berdasarkan komponen

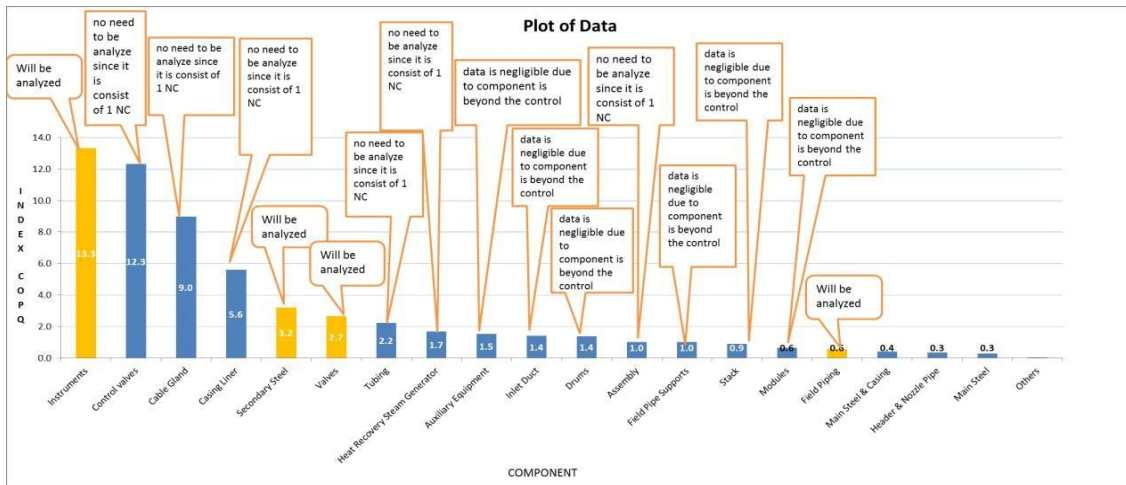


Gambar 6. NC Cost berdasarkan komponen



Gambar 7. Indeks COPQ Komponen





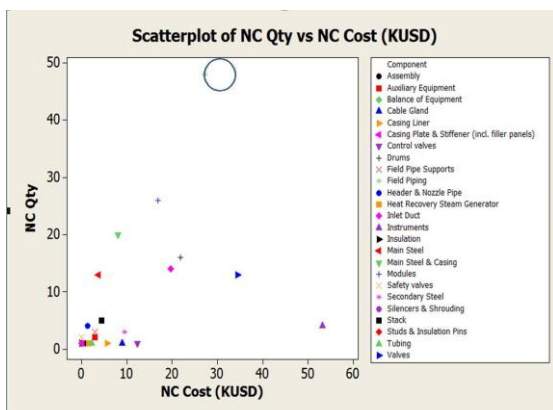
Gambar 8. Plot data komponen

Fase Analyze

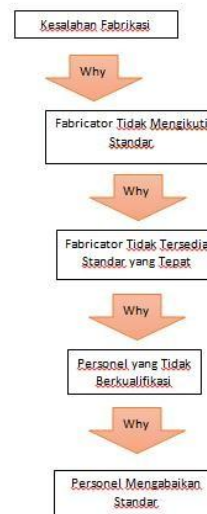
Dari tahap *measure* disimpulkan bahwa komponen *instrument*, *secondary steel*, *valves* dan *field piping* akan dianalisa lebih mendalam mengenai akar permasalahannya baik berdasarkan frekuensi (NC Quantity) ataupun COPQ (NC Cost). Untuk analisa secara valid maka akan dilakukan uji dengan menggunakan Diagram Pencar (*Scatter Chart*) sesuai pada Gambar 9. Dari Gambar 9 dapat dilihat bahwa *field piping* memiliki kuantitas yang paling sering melakukan kesalahan dengan biaya yang relatif tinggi sehingga dapat disimpulkan bahwa *field piping* merupakan komponen utama penyebab permasalahan pada proyek HRSG.

Berdasarkan data historis dan hasil *brainstorming* dengan pihak perusahaan, diketahui faktor-faktor utama penyebab perma-

salahan pada komponen *field piping* adalah kesalahan fabrikasi dan desain yang tidak sesuai. Sehingga langkah berikutnya adalah melakukan analisa dan mengelompokkan dari permasalahan yang ada dengan menggunakan 5 *Why's*. Gambar 10 dan 11 merupakan diagram analisa permasalahan dengan menggunakan 5 *Why's*.



Gambar 9. Scatter plot NC Qty dan NC Cost



Note: kami tidak menganalisis lebih lanjut kasus ini karena kita harus menyelidiki langsung ke personil fabrikator untuk mendapatkan akar penyebab yang tepat.

Gambar 10. Analisa permasalahan 1 dengan 5 *why's*



**Gambar 11.** Analisa permasalahan 1 dengan 5 why's

Berdasarkan penjabaran faktor-faktor permasalahan utama dengan menggunakan metode 5 *Why's* dapat disimpulkan bahwa *root causes* yang didapat adalah fabrikator tidak memiliki standar yang tepat, personel perusahaan mengabaikan standar dan tidak sesuai dengan kualifikasi, serta tidak fokus saat bekerja, dan juga ketidakterediaan alat yang dapat memastikan pemeriksaan yang telah dilakukan dengan benar. Dari *root causes* tersebut akan diambil sebagai dasar untuk rekomendasi pada tahap selanjutnya, yaitu *improve*.

#### Fase Improve

Pada tahap ini akan diberikan rekomendasi sebagai permulaan dalam melakukan perbaikan terhadap *root causes* yang telah didapatkan dari tahapan sebelumnya. Rekomendasi yang dirumuskan adalah berdasarkan hasil diskusi dengan pihak terkait pada perusahaan dan juga atas pertimbangan dari pimpinan perusahaan ini. Tabel 4 merupakan penjabaran rekomendasi yang dirumuskan berdasarkan dengan *root causes* yang teridentifikasi.

Berdasarkan rekomendasi yang dirumuskan, dapat disimpulkan bahwa untuk seluruh *root causes*, rekomendasi utama yang dapat diberikan adalah pengecekan atau inspeksi. Dengan demikian, pengoptimalan kegiatan inspeksi pada seluruh kegiatan proyek sangat dibutuhkan agar dapat meminimalkan *cost of poor quality*.

**Tabel 4.** *Root Causes* dan Rekomendasi

No.	<i>Root Causes</i>	Rekomendasi
1.	Fabrikator tidak memiliki standar yang tepat	<ul style="list-style-type: none"> <li>Menentukan standar yang tepat dan sesuai</li> <li>Melakukan pemeriksaan standar pada tim fabrikator yang telah dipilih</li> <li>Pengecekan secara rutin cara bekerja fabrikator</li> </ul>
2.	Personel mengabaikan standar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemeriksaan rutin pekerjaan personel</li> <li>Melakukan evaluasi terhadap pekerjaan personel</li> <li>Pengecekan secara rutin cara personel</li> </ul>
3.	Personel tidak sesuai dengan kualifikasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan <i>training</i> dengan personel</li> <li>Memastikan kesesuaian pekerjaan personel</li> <li>Melakukan pengecekan secara berkala hasil pekerjaan personel</li> </ul>
4.	Personel tidak fokus dalam bekerja	<ul style="list-style-type: none"> <li>Pemberian waktu istirahat yang optimal sesuai dengan beban kerja</li> <li>Melakukan pengecekan silang antar tim proyek</li> </ul>
5.	Ketidakterediaan alat yang dapat memastikan pemeriksaan yang telah dilakukan dengan benar	<ul style="list-style-type: none"> <li>Melakukan pengecekan bahwa daftar pemeriksaan telah sesuai</li> </ul>

#### Fase Control

Fase *control* merupakan tahap terakhir dalam menentukan perbaikan dengan pendekatan DMAIC yang berguna untuk mengontrol kinerja proses. Pada penelitian ini, hanya dilakukan hingga memberikan rekomendasi saja (tahap *improve*), sedangkan untuk mengontrol kinerja proses dilakukan oleh perusahaan setelah rekomendasi diterapkan.

#### KESIMPULAN

Berdasarkan analisis dan pembahasan yang telah dilakukan dapat disimpulkan 3 hal utama. Pertama, berdasarkan analisis pada tahap *define* dan *measure*, komponen yang sering melakukan kesalahan atau ketidaksesuaian adalah komponen *instruments*, *secondary steel*, *valves*, dan *field piping*. Kedua, berdasarkan tahapan *analyze*, *field piping* diketahui sebagai komponen utama

penyebab permasalahan, sedangkan faktor permasalahan utama adalah kesalahan fabrikasi dan desain yang tidak sesuai. Setelah dilakukan identifikasi terhadap 2 faktor tersebut, dijumpai akar permasalahan adalah fabrikator tidak memiliki standar yang tepat, personel perusahaan mengabaikan standar dan tidak sesuai dengan kualifikasi, serta tidak fokus saat bekerja, dan juga ketidakterediaan alat yang dapat memastikan pemeriksaan yang telah dilakukan dengan benar. Terakhir, perbaikan yang dapat diusulkan agar perusahaan dapat menghasilkan standar kualitas komponen dengan spesifikasi yang ada pada produk HRSG adalah pengoptimalan kegiatan pengecekan atau inspeksi di seluruh aspek perusahaan.

#### UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Laboratorium Statistik dan Rekayasa Kualitas, serta Jurusan Teknik Industri dan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya atas segala bentuk dukungan dalam keikutsertaan pada kegiatan Seminar Nasional Sains dan Teknologi (SAINTEK) 2017 yang diadakan oleh Jurusan Teknik Mesin, Universitas Brawijaya.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] Gasperz, V., 2002, *Metode Analisa untuk Peningkatan Kualitas*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [2] Horngren, D.F., 2006, *Cost Management: Accounting and Control*, 5th Edition, Thomson, Sount Western Publishing Co.
- [3] Sugiyono, 2012, *Metode Penelitian Kuantitatif dan R & D*, Penerbit ALFABETA, Bandung.
- [4] Purnomo, H., 2004, *Pengendalian Kualitas Statistik*, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [5] Gasperz, V., 2003, *Total Quality Management (TQM)*, PT. Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [6] Montgomery, D. C., 2009, *Introduction to Statistical Quality Control*, John Wiley & Sons, Inc, United States.
- [7] Ariani, D.W., 2003, *Pengendalian Kualitas Statistik*, Penerbit Andi, Yogyakarta.
- [8] Gryna, F.M., 2001, *Quality Planning and Analysis: from Product Development Through Use*, 4th Edition, McGraw-Hill, New York.
- [9] Kusmaryati, N., Sinuraya, C., dan Calone, V., 2011, Analisis of Poor Quality Sebagai Alat Penilaian Kegiatan Perbaikan Kualitas (Studi Kasus: PT Garuda Budiono Putra Tegal), *Jurnal Riset Akuntansi*, Vol. III, No. 2.
- [10] Samadhi, T.M.A.A., Prudensy, F.O., dan Yudelen, M.I.S., 2008, Penerapan Six Sigma untuk Peningkatan Kualitas Produk BIMOLI Classic (Studi Kasus: PT. Salim Ivomas Pratama, Belitung), *J@TI Undip*, Semarang, Vol III, No 1, pp. 17-25.
- [11] Gasperz, V., 2007, *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries*, Penerbit Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.
- [12] Evan, J.R., dan Lindsay, W.M., 2007, *An Introduction to Six Sigma and Process Improvement*, Edisi Terjemahan, Penerbit Salemba Empat, Jakarta.
- [13] Shankar, R., 2009, *Process Improvement Using Six Sigma: A DMAIC Guide*, American Society for Quality, United States.
- [14] Khamin M., Catur, H., dan Sulistyowati W., 2015, *Pengendalian Kualitas (Aplikasi pada Industri Jasa dan Manufaktur dengan Lean, Six Sigma, dan Servqual)*, Cetakan I, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [15] Andriani, D.P., dan Ghazian, T.M.F., 2016, Analisis Assignable Variation Produk Aluminium Florida (AIF3) dengan Statistical Quality Control Method, *Indonesia Statistical Analysis Conference (ISAC)*, Jurusan Teknik Industri, UNPAR, Vol. 3, No. 1, pp. 37-47.
- [16] Sukron, A., dan Kholil, M., 2013, *Six Sigma: Quality for Bussiness Improvement*, Edisi Pertama, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta.
- [17] Nasution, M.N., 2001, *Manajemen Mutu Terpadu (Total Quality Management)*, Penerbit Ghalia Indah Hill, Jakarta.