

Usulan Efisiensi Pemakaian Energi Listrik dengan Pendekatan *Green Lean Six Sigma* dan *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (Studi Kasus : Divisi Billet Steel Plant Di PT. XYZ)

Prisman Cahya Nugraha¹, Faula Arina², Putro Ferro Ferdinant³

^{1,2,3}Jurusan Teknik Industri Universitas Sultan Ageng Tirtayasa
prismancahya_177@ymail.com¹, faulaarina@yahoo.com², putro_ferro@ft-untirta.ac.id³

ABSTRAK

PT. XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dibidang manufaktur yang dalam proses produksinya menggunakan energi listrik yang cukup besar. Pada salah satu divisinya yaitu Billet Steel Plant mengkonsumsi energi listrik dengan rata-rata pemakaian energi listrik yaitu 900 KWh/ton yang sangat jauh sekali dengan pemakaian energi listrik untuk pengolahan besi baja di Indonesia menurut Kementrian Perindustrian RI yaitu 650 KWh/ton. Tujuan penelitian ini adalah menentukan critical to quality pada proses pembuatan Baja Billet yang berpengaruh terhadap pemakaian energi listrik, menghitung baseline pemakaian energi listrik yang dapat dicapai perusahaan dengan mengurangi waste pada proses, menentukan penyebab utama yang menyebabkan inefisiensi pemakaian energi listrik, dan memberikan usulan perbaikan dari penyebab utama yang menyebabkan inefisiensi pemakaian energi listrik. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan pendekatan green lean six sigma dan metode multi attribute failure mode analysis (MAFMA) dalam penentuan penyebab yang diprioritaskan. Hasil penelitian didapatkan lima CTQ waste yang berpengaruh yang jika dihilangkan akan menghasilkan baseline pemakaian energi listrik sebesar 554,259 KWh/ton, sehingga dapat disimpulkan bahwa dalam prosesnya terdapat inefisiensi yang setelah dianalisis terdapat 18 penyebab dengan penyebab utama yaitu problem KDL, dan usulan perbaikan yang diberikan yaitu operasi satu dapur atau dilakukan revitalisasi terhadap permesinan yang menggunakan pemakaian energi listrik yang besar.

Kata kunci: Efisiensi Pemakaian Energi Listrik, Green Lean Six Sigma, Value Stream Mapping (VSM), Process Cycle Efficiency (PCE), Waste, Level Sigma (DPMO), Multi Attribute Failure Mode Analysis

ABSTRACT

PT. XYZ is a company engaged in manufacturing in production process uses electrical energy is large enough. in one of its division namely billet steel plant consumed electrical energy with average of the electric energy consumption is 900 KWh/ton there is very far away from electrical energy consumption for processing of steel in Indonesia according to the Ministry of industry Republik Indonesia there is 650 KWh/ton. The purpose of this study were determine the critical to quality on the process of billet steel making process that affect the electrical energy consumption, calculate the baseline of the energy consumption of electricity within the company with reduce the waste on the process, determine the main cause that lead to inefficiencies of electrical energy consumption, and provide proposed improvement of the main causes that lead to inefficiency of electrical energy consumption. This study was carried out by using green lean six sigma approach and multi attribute failure mode analysis (MAFMA) method in determining the priority cause. Result from this study indicated that five CTQ of waste that affected, if that removed will produced baseline electric energy consumption there is 554,259 KWh/ton, it can be concluded that in the process there are inefficiencies which when analyzed there were 18 possible causes with the main cause is KDL Problem, and proposed improvement given that the operation only one furnace or do the revitalization of the machinery that uses electrical energy consumption is quite large.

Keywords: Electrical Energy Consumption Efficiency, Green Lean Six Sigma, Value Stream Mapping (VSM), Process Cycle Efficiency (PCE), Waste, Level Sigma (DPMO), Multi Attribute Failure Mode Analysis

PENDAHULUAN

Energi menjadi suatu kebutuhan yang sangat penting khususnya dalam dunia industri. Pemakaian energi yang cukup besar bisa jadi suatu pertimbangan dalam kinerja produktifitas suatu perusahaan. Dengan kemajuan yang ada saat ini kebutuhan terhadap energi terus melaju, dalam mengatasi hal tersebut maka diperlukan pemecahan masalah antara lain bisa dengan melakukan eksploitasi lebih lanjut sumber energi terbaru salah satu contohnya yaitu dengan tenaga tata surya dan dapat pula dengan melalui konservasi energi secara menyeluruh agar terefisiensikannya pemakaian energi. Berbagai pendekatan standar telah dikembangkan dalam mengevaluasi kinerja dari pemakaian energi tujuannya untuk memperoleh pemakaian energi yang seefisien mungkin. Salah satu pendekatan tersebut adalah dengan melakukan audit energi. Thumann (1998) mendefinisikan audit energi sebagai kegiatan penelitian pemanfaatan energi untuk mengetahui keseimbangan energi dan mengidentifikasi peluang-peluang penghematan energi.

Peluang-peluang penghematan energi dapat diketahui melalui analisa lebih lanjut terhadap efisiensi pemakaian energi. Penghematan energi ini dapat dicapai dengan penggunaan energi secara efisien. Efisiensi energi sendiri menurut Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (2012) merupakan istilah umum yang mengacu pada penggunaan energi lebih sedikit untuk menghasilkan jumlah layanan atau berguna yang sama. Hal tersebut berarti apabila terjadinya inefisiensi energi yang berarti terdapatnya pemborosan dalam hal pemakaian energi yang dapat dijadikan tinjauan untuk mendapatkan peluang-peluang penghematan energi dengan mencari penyebab dari inefisiensi pemakaian energi pada suatu aktivitas proses.

Agar dalam melakukan efisiensi energi bisa berjalan secara berkelanjutan sehingga diperoleh perbaikan kinerja secara terus menerus salah satu pendekatan yang dapat diaplikasikan yaitu dengan menggunakan konsep *lean six-sigma*. Dengan pendekatan tersebut diharapkan akan didapatkannya pemecahan masalah yang memberikan peluang dalam hal penghematan energi secara berkelanjutan dengan pertimbangan kinerja proses dan kualitas dari suatu sistem dapat tetap dipertahankan dengan baik, dimana hal demikian sesuai dengan fungsi dari dilakukannya audit energi.

Pendekatan *lean six sigma* yang dikombinasikan dengan manajemen lingkungan akan menghasilkan *green lean six sigma* yang dapat menghilangkan pemborosan dan meminimasi cacat serta mengukur dampak lingkungan dari proses produksi yang terjadi, (Gasperzs, 2007). Namun, menurut Raymond (2009) dalam aplikasi *green lean six sigma* tidak hanya dapat mengukur dampak lingkungan saja tetapi juga dapat diaplikasikan untuk mengatasi permasalahan pemakaian energi, permasalahan dalam hal *packaging & logistics*, serta *solid waste* untuk mencapai performansi yang optimal.

PT. XYZ merupakan salah satu perusahaan besar yang bergerak dibidang manufaktur yang memproduksi baja berkualitas tinggi. Dalam peningkatan kualitasnya perusahaan ini terus menerus melakukan perbaikan proses dengan memfokuskan kepada kepuasan pelanggan. Namun demikian dalam prosesnya perusahaan ini tergolong kedalam industri yang menggunakan energi cukup besar, yaitu melebihi 6000 TOE (*Ton Oil Equivalent*) yang setara dengan 69.780 MWh per-tahun yaitu sebesar 1.205 Giga Watt Hour (GWh) pada tahun 2012 sehingga ada kewajiban perusahaan untuk melakukan audit energi secara berkala sebagaimana diamanatkan dalam Peraturan Pemerintah No 70/2009 pasal 12-13 yang dilakukan oleh auditor energi internal dan/atau lembaga yang terakreditasi. (Laporan Audit Energi SSP 1, 2013)

Berdasarkan buku akuntansi pabrik di divisi *Billet Steel Plant* PT.XYZ pada tahun 2006 – 2013 rata-rata pemakaian energi listrik untuk tahun 2006 s/d 2013 berkisar diantara 900 KWh/Ton sangat jauh sekali dengan pemakaian energi listrik dalam pengolahan besi baja dengan proses yang sama di indonesia dimana total pemakaian listriknya berkisar pada nilai 650 KWh/Ton (Kementerian Perindustrian RI, 2012). berdasarkan hal tersebut perlu dilakukan audit energi untuk menentukan berapakah *baseline* atau standar dari pemakaian energi yang dapat digunakan pada proses dan mencari tahu penyebab dari *inefficiency* pemakaian energi listrik. Terdapat banyak faktor yang dapat mempengaruhi tinggi rendahnya pemakaian energi listrik di industri Billet Baja diantaranya, kualitas bahan baku perbandingan penggunaan scrap dengan DRI, volume pemakaian oksigen, metalisasi DRI, efektivitas dari permesinan, utilitas waktu operasi, dan % Yield. (Laporan Audit Energi SSP 1, 2013).

Dalam meningkatkan kinerja energi faktanya suatu perusahaan telah melihat ditemukannya pengurangan pemakaian energi

yang besar setelah menerapkan *lean* dengan mengidentifikasi *waste* yang terjadi didalam aktivitas proses produksi. (U.S *Environtmental Protection Agency*, 2011). *Waste* atau pemborosan menurut Gasperz (2007) adalah aktivitas kerja yang tidak memberikan nilai tambah dalam proses input menjadi *output* sepanjang *value stream*. Pemborosan ini berkaitan dengan aktivitas proses yang dapat menyebabkan *inefficiency cycle time* sepanjang *value stream* sehingga terjadi pemborosan energi listrik, selain itu juga pemborosan berupa penggunaan bahan baku dari upaya penurunan pemakaian energi listrik yang akan menurunkan kualitas, menghambat proses produksi, dan % *Yield* yang akan dihasilkan dalam penurunan pemakaian energi sebagai *output* dari sistem.

Penelitian sebelumnya yang berkaitan dengan penelitian ini adalah Raymond (2009) dalam penelitiannya mengenai pendekatan Six Sigma yang diaplikasikan dalam manajemen energi dimana tujuannya adalah untuk meningkatkan integrasi operasi *supply chain*, pendekatan tersebut diberi nama *Green SigmaTM* yaitu dengan menerapkan metode *Lean Six Sigma* untuk isu-isu lingkungan. Penelitian tersebut dilakukan untuk mereduksi pemakaian energi yang dianalisis dari *enrgy use report* yang secara umum dapat dilakukan dengan melakukan identifikasi KPI lalu mengukur *baseline* energi kemudian melakukan optimisasi dengan melihat kepada proses dan faktor biaya. Penelitian yang akan dilakukan ini merupakan penelitian dengan pendekatan yang sama dengan penelitian sebelumnya, namun pada penelitian kali ini akan dilakukan analisa yang hanya berfokus pada aspek pemakaian energinya yaitu energi listrik. Penelitian ini akan dilakukan di divisi *Billet Steel Plant* dengan menetapkan *baseline* pemakaian energi listrik yang akan dibandingkan dengan pemakaian energi listrik aktual sebagai dasar terdapatnya *inefficiency* pemakaian energi listrik setelah itu menentukan prioritas penyebab kegagalan dengan menggunakan metode *multi attribute failure mode anlysis* yang selanjutnya dirancang usulan perbaikannya dengan menggunakan 5W + 1H.

Kontribusi penelitian adalah mengusulkan perbaikan yang dapat menghemat penggunaan energi sebagai peluang untuk menjaga daur hidup dari lingkungan dengan tetap mempertahankan kualitas produk dan meningkatkan produktifitas bagi perusahaan. Dalam penelitian ini akan memperhatikan kegiatan yang dapat dikategorikan sebagai aktivitas *waste* yang berupa aktivitas

proses produksi yang tidak memberikan nilai tambah terhadap sistem di perindustrian Billet Baja dan alternatif – alternatif perbaikannya dengan dilandaskan pada persefektif kualitas dan energi yang difokuskan pada pemakaian energi listrik sehingga nantinya diharapkan perusahaan dapat mencapai performansi produktifitas yang optimal.

Tujuan penelitian ini adalah menentukan *critical to quality* pada proses pembuatan Baja Billet yang berpengaruh terhadap pemakaian energi listrik, menghitung *baseline* pemakaian energi listrik yang dapat dicapai perusahaan dengan mengurangi *waste* pada proses, menentukan penyebab utama yang menyebabkan inefisiensi pemakaian energi listrik, dan memberikan usulan perbaikan dari penyebab utama yang menyebabkan inefisiensi pemakaian energi listrik.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan pendekatan *green lean six sigma* yang menggunakan alur konsep DMAIC, alur tahapan DMAIC terdiri dari 5 tahapan yaitu, (Gasperz,2011): (1) Mendefinisikan secara formal sasaran peningkatan proses yang kosnisten dengan permintaan pelanggan (*Define*), (2) mengukur kinerja proses pada saat sekarang agar dapat dibandingkan dengan target yang ditetapkan (*Measure*), (3) menganalisis hubungan sebab-akibat dan mengetahui faktor-faktor dominan yang perlu dikendalikan (*Analyze*), (4) mengoptimisasikan menggunakan analisis seperti *design of experiment* dll, untuk mengoptimasi dan mengendalikan kondisi optimum (*Improve*), (5) melakukan pengendalian proses secara terus menerus (*control*). Pada penelitian kali ini dilakukan hanya sampai pada tahapan *improve* dengan analisa menggunakan *multi attribute failure mode analysis*.

Adapun tahapannya yaitu: *Define* yang dilakuakn pertama melakukan pemilihan proyek, kemudian identifikasi proses mayor, lalu pemetaan proses *current state mapping*, setelah itu identifikasi *waste*, kemudian identifikasi *critical to quality* dan terakhir identifikasi dampak lingkungan; *Measure* pertama dilakukan pengukuran *process cycle efficiency*, kemudian pengukuran DPMO-Sigma *waste* yang paling berpengaruh, lalu pengukuran inefisiensi pemakaian energi listrik, dan terakhir pengukuran dampak lingkungan; *Analyze* melakukan analisa dengan pertama pareto diagram, *root cause analysis*, dan terakhir *multi attribute failure mode analysis*; *Improve* yang dilakukan dengan 5W + 1H dan pemetaan *future state mapping*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil dan pembahasan ini dilakukan dengan menggunakan tahapan *Define, Measure, Analyze*, dan *Improve*. Berikut ini merupakan hasil dan pembahasan yang diperoleh dari penelitian ini.

Define

Tahap awal pada *define* pada penelitian ini yaitu melakukan pemilihan proyek dengan membandingkan pemakaian energi listrik dari kedua *plant* yang kemudian dibandingkan dengan standar kementerian perindustrian dari tahapan ini didapatkan bahwa *plant* yang dipilih untuk pengamatan yaitu *Billet Steel Plant* dikarenakan pemakaian energi listrik menunjukkan rata-rata pemakaian energi listriknya mencapai 900 KWh/ton sehingga masih perlu diperbaiki kinerja pemakaian energi listriknya.

Setelah didapatkan bahwa *plant* yang dipilih untuk ditindak lanjuti pemakaian energi listriknya kemudian dilakukan identifikasi proses mayor dengan menjabarkan *supplier, input, proses, output*, dan *costumer*.

Dari identifikasi proses diketahui bahwa secara umum aktivitas proses pada divisi *Billet Steel Plant* di PT. XYZ yaitu dimulai dari *preparation*, kemudian proses di *Electric Arc Furnace, Ladle Furnace, Continuous Casting Machine*, dan terakhir *Finshing*. Setelah diketahui aktifitas secara umum kemudian dilakukan identifikasi proses *current state map* untuk mengidentifikasi aktivitas yang memberi nilai tambah dan tidak. Setelah dilakukan pengamatan langsung di lapangan aktivitas yang memberi nilai tambah (*Value-Added, VA*) yaitu: pengisian bahan baku ke *bucket, charge* bahan baku ke EAF, pelubaran di EAF (*melting*), pemurnian (*Refining*), *pouring* ke *ladle* di EAF, pembersihan *slag* (*skimming*), *alloying* dan *rinsing*, proses pencetakan di *mould*, pencetakan dan pemotongan *billet* sepanjang *strand guide*, dan proses dingin. Aktivitas yang penting namun tidak memberi nilai tambah (*Necessary-Non-Value-Added, NNVA*) yaitu terdiri dari: *set-up* dan *reparasi*, dan *nspeksi billet*. Aktivitas yang tidak memberi nilai tambah (*Non-Value-Added, NVA*) yaitu: *delay* proses sebelum peleburan, pemeriksaan visual *sample* baja cair, pemindahan *ladle* ke proses *ladle furnace*, persiapan atau menunggu proses *ladle furnace*, dan *ladle* dibawa ke *tundish*.

Kemudian dilakukan identifikasi terhadap *waste*, *Waste* teridentifikasi berdasarkan data pengamatan yang ada di perusahaan. Yang kemudian diidentifikasi dampaknya terhadap pemakaian energi listrik berdasarkan pendekatan

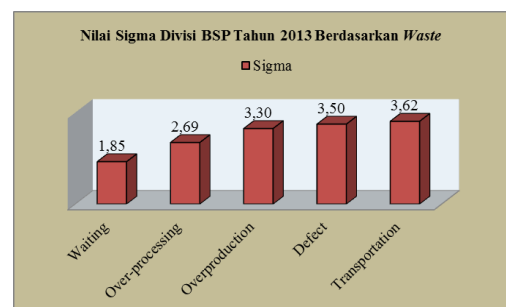
U.S *Environtmental Protection Agency* (2011) Adapun hasil identifikasinya diketahui *waste* yang berpengaruh yaitu *waiting* 19,18%, *over-processing* 10,34%, *overproduction* 5,77%, *defect* 2,57% dan *tranpostraion* 1,57%. Kemudian berdasarkan persepektif pelanggan diketahui *critical to quality* yaitu: untuk *waste waiting* yaitu Waktu *delay* proses, kemudian untuk *over-processing* yaitu Waktu dari proses yang tidak sesuai dengan *standard operation procedure* (SOP), untuk *over-production* yaitu Jumlah produksi yang melebihi permintaan konsumen, kemudian untuk *defect* yaitu Jumlah produksi yang cacat, dan untuk *transportation* yaitu berupa waktu transportasi yang melebihi standar. Adapun persentase untuk tiap CTQ sama dengan *waste*.

Dari data yang telah didapat untuk dampak lingkungan yang teridentifikasi dihasilkan proses produksi yaitu kebisingan, tekanan panas, kandungan debu, dan untuk emisi sumber tidak bergerak yaitu opasitas dan partikulat, dan juga limbah cair, serta untuk *utilitas* yaitu pemakaian air, energi listrik, dan gas alam.

Measure

Pada tahapan ini yang pertama dilakukan adalah melakukan perhitungan *Process Cycle Efficiency* (PCE) dilakukan untuk melihat apakah proses sudah dapat dikatakan efisien. Berdasarkan datadari waktu tiap aktivitas dengan waktunya yaitu *Value Added* (VAA) yaitu 334,5 menit, *Necessasry Non-Value Added* (NNVA) yaitu 21,7 menit, dan *Non-Value Added* (NVA) yaitu 67,77 menit. Maka didapatkan hasil PCE yaitu 78,9%.

Setelah itu dilanjutkan dengan melakukan pengukuran DPMO-Sigma untuk tiap *waste* untuk melihat kinerja proses dari *critical to quality* yang telah diukur. Masing-masing pengukuran tersebut dikonversikan kedalam bentuk unit (*attribute*). Sehingga dihasilkan nilai DPMO-Sigma untuk tiap *waste* pada Gambar 1.



Gambar 1. Nilai Sigma Divisi BSP Tahun 2013 Untuk Tiap Waste

Dari hasil pengukuran *Process Cycle Efficiency* dan DPMO-Sigma tiap *Waste* dapat dikatakan adanya inefisiensi karena kerjanya yang belum cukup baik. maka dilakukan perhitungan *baseline* pemakaian energi listrik sebagai target usulan yang dapat dicapai perusahaan target ini didapatkan berdasarkan persentase *waste*. adapun hasil perhitungannya dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Inefisiensi dan *Baseline* Pemakaian Energi

Waste	% Bobot	Rata-rata Pemakaian Energi (KWh/ton)	Inefisiensi (KWh/ton)	Total Inefisiensi (KWh/ton)	Baseline (KWh/ton)
Waiting	19,18%	934,339	179,217	380,080	554,259
Over-Processing	11,49%		107,356		
Over-Production	5,77%		53,911		
Defect	2,57%		24,013		
Transportation	1,67%		15,603		

Untuk dampaknya terhadap lingkungan dilakukan perbandingan dengan beberapa standar yang telah ditetapkan berdasarkan data yang ada untuk kebisingan, tekanan panas, dan kandungan area yang tidak memenuhi standar baku mutu menurut keputusan menteri kesehatan republik indonesia NOMOR 1405/MENKES/SK/XI/2002 yaitu area *EAF*, *LF*, dan *CCM* jika dilihat secara keseluruhan. Kemudian untuk emeisi udara seperti opasitas dan partikulat menurut keputusan menteri Negara lingkungan hidup No.13 tahun 1995 mengenai baku mutu emisi sumber tidak bergerak sudah memenuhi standar baku mutu yang telah ditetapkan dan untuk limbah cair apabila dibandingkan dengan standar menurut keputusan menteri Negara lingkungan hidup NOMOR : KEP-51/MENLH/10/1995 mengenai baku mutu limbah cair secara keseluruhan sudah memenuhi. Untuk penggunaan debit air juga telah memenuhi baku mutu yang telah ditetapkan. Tetapi untuk pemakaian energi listrik jika dibandingkan dengan standar yang ditetapkan Kementerian Perindustrian RI masih belum memenuhi standar. Dan pada gas alam karena belum adanya penjelasan mengenai batas atau baku mutu penggunaannya dapat diasumsikan masih berada dalam batas kewajaran tetapi walaupun demikian tetap perlu pengawasan terhadap pemakaiannya.

Analyze

Pada tahapan analisa ini dilakukan dengan menganalisa penyebab-penyebab pada tiap *waste* sebagai peluang dalam penghematan energi..

pada tahapan awal yaitu dengan mencari penyebab dari tiap *waste* berdasarkan data kejadian yang ada diperusahaan yang berhubungan dengan proyek ini. Kemudian di tentukan kembali untuk dianalisa lebih lanjut dengan menggunakan *pareto chart* atau diagram pareto. Sehingga secara keseluruhan penyebabnya yaitu ada 24 penyebab dari tiap *waste* yang teridentifikasi yaitu: problem *KDL/PLTU*, *over houl EAF*, *matching/standby*, *prefentive repair maintenance*, tunggu *concast*, *tunggu concast* karena *lf* ada 2 *ladle*, pengaturan % carbon, *prefentive LF*, tunggu *ladle*, *press* muatan, tunggu bahan baku, *matching CCM problem*, program *revetment*, tunggu *LF*, dan mekanik persiapan atau menunggu proses pada proses *LF*, *Delay* proses sebelum peleburan, kelebihan permintaan produksi, *slag* tidak merata, goresan memanjang kedalaman > 3mm, pin hole, cembung > 4mm, bekas potongan billet (potongan jelek), dan perpindahan *ladle* ke *tundish*.

Kemudian dari 24 penyebab tersebut dicari akar permasalahannya dengan menggunakan *root cause analysis* berupa pendekatan “5 Why”, Akar permasalahan ini akan dijadikan *cause* ditahapan *multi attribute failure mode analysis*.

Multi Attribute Failure Mode Analysis

Penentuan kegagalan potensial sebagai penyebab yang diprioritaskan untuk diberikan usulan perbaikan menggunakan *Multi Attribute Failure Mode Analysis* (MAFMA), dengan pertimbangannya berdasarkan kriteria *Severity*, *Chance Of Failure*, *Chance Of Non-Detection*, dan *Expected Cost*. MAFMA ini merupakan pengembangan dari *Failure Mode and Effect Analysis* (FMEA) yang digabungkan dengan *Analytic Hierarchy Process* (AHP) yang diperkenalkan oleh M. Braglia (2000). AHP ini digunakan untuk penilaian secara kualitatif untuk antar kriteria MAFMA dan kriteria *Expected Cost*

Penentuan kegagalan potensial dengan pertimbangan berdasarkan kriteria *Severity*, *Chance Of Failure*, dan *Chance Of Non-Detection*, dilakukan dengan pembuatan *form FMEA* yang diperoleh dari tahapan *brainstorming* dan penilaian yang ditujukan kepada lima orang pakar pada proses produksi yang berkaitan dengan penelitian ini,. Setelah didapatkan hasil penilaian dengan menggunakan konsep FMEA kemudian dibuat struktur MAFMA dapat dilihat pada Gambar 2.

Tahapan berikutnya yaitu menghitung bobot kriteria MAFMA yang didapatkan melalui *software super decision* adapun hasilnya diperoleh bahwa bobot *chance of failure* yaitu 0,17013, bobot *chance of non-detection* yaitu 0,14640,

bobot *expected cost* yaitu 0,34223, dan bobot *severity* yaitu 0,34125.

Untuk bobot kriteria *expected cost* yang dihasilkan dengan menggunakan *software decision* diketahui bobot tertinggi ada pada *cause A* yaitu 0,07935 diantara bobot lainnya .

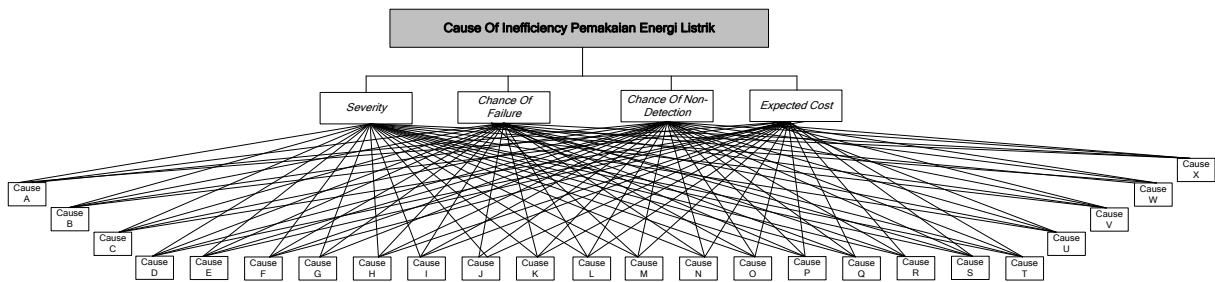
Untuk nilai *Inconsistency* jika $< 0,1$ maka dapat dikatakan Responden memberikan nilai yang konsisten. Pada hasil Kriteria MAFMA nilai inconsitensinya 0,07568 dan untuk kriteria *Expected Cost* 0,03494 keduanya bernilai $< 0,1$ sehingga penilaiannya dapat dikatakan konsisten.

Selanjutnya adalah dengan melakukan perhitungan *local priority* untuk kriteria *Severity* dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil *Local Priority* Penyebab-Penyebab Kegagalan Untuk Kriteria *Severity*

<i>Cause Of Failure</i>	Score	Priority
<i>Cause A</i>	7 / 7/111 =	0,06306
<i>Cause B</i>	4 / 4/111 =	0,03604
<i>Cause C</i>	5 / 5/111 =	0,04505
:	:	:
<i>Cause X</i>	2 / 2/111 =	0,01802
Total	111	

Perhitungan pada Tabel 2 ini berlaku pula pada *Chance Of Failure* dan *Chance Of Non-Detection*. Untuk *Expected Cost* bobot *local priority* didapatkan secara kualitatif melalui pendekatan AHP. Setelah didapatkan nilai *local priority* kemudian dilakukan perhitungan *total priority* yang dapat dilihat pada Tabel 3.



Gambar 2. Struktur Hirarki MAFMA

Tabel 3. Nilai *Total Priority* Dari Tiap Penyebab-Penyebab Kegagalan Pada Sub Kriteria

Criterion	Alternative	Local Priority	Total Priority	Criterion	Alternative	Local Priority	Total Priority
<i>Chance of failure</i>			0,17013	<i>Severity</i>	<i>Cause A</i>	0,06306	0,02152
	<i>Cause A</i>	0,04673	0,00795		<i>Cause B</i>	0,03604	0,01230
	<i>Cause B</i>	0,04673	0,00795		<i>Cause C</i>	0,04505	0,01537
	:	:	:		:	:	:
	<i>Cause X</i>	0,01869	0,00318		<i>Cause X</i>	0,01802	0,00615
<i>Chance of non-detection</i>			0,14640	<i>Expected Cost</i>	<i>Cause A</i>	0,07935	0,02716
	<i>Cause A</i>	0,03846	0,00563		<i>Cause B</i>	0,04084	0,01398
	<i>Cause B</i>	0,03846	0,00563		<i>Cause C</i>	0,05677	0,01943
	:	:	:		:	:	:
	<i>Cause X</i>	0,03846	0,00563		<i>Cause X</i>	0,06058	0,02073

Setelah didapatkan nilai *total priority* kemudian dilakukan perhitungan *overall priority* yang kemudian diranking untuk dilakukan pemilihan prioritas perbaikan. Dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. *Ranking Cause Of Failure*

<i>Cause Of Failure</i>	Nilai Bobot	Persentase	Kumulatif	Rank
<i>Cause A</i>	0,06226	6%	6%	1
<i>Cause J</i>	0,05043	5%	11%	2
<i>Cause K</i>	0,05031	5%	16%	3
:	:	:	:	:
<i>Cause H</i>	0,02765	3%	100%	24
<i>Total</i>	1,0000	100%		

Dari data pada Tabel 5 didapatkan delapan belas penyebab yang akan diberikan usulan perbaikan yaitu: Ketersediaan KDL hanya mengoperasikan satu unit reaktor yang terbagi untuk plant BSP, HSM, dan SSP (*Cause A*), *scrap* berat tidak tersedia (*Cause J*), *supply item scrap minin* atau tidak ada alternative *scrap* lain (*Cause K*), *Treatment* proses yang tidak konsisten di *ladle furnace* (*Cause S*), Baja campuran dari *ladle* yang bermasalah (*Cause N*), proses kurang killed O₂ (*Cause U*), permasalahan pada peralat *casting* (*Cause E*), penyesuaian bahan baku untuk *grade* yang dibuat tidak sesuaimenghambat proses di *electric arc furnace* (*Cause C*), menunggu persiapan operasi di *continuous casting machine* hanya siap tiga *strand* (*Cause P*), kurangnya persiapan dan pengecekan pada saat awal proses (*Cause F*), *opening carbon* tinggi dan kurangantisipasi (*Cause G*), *charging crane* sedang dalam perbaikan atau sedang digunakan dapur lain (*Cause O*), *continuous casting machine* tidak siap atau sedang dalam perbaikan (*Cause L*), *Spare part* yang dibutuhkan pada mesin EAF minim karean alat atau mesin yang sudah lama (*Cause B*), ada kotoran di *sprayer* (*Cause V*), waktu pembersihan di area *strand* kurang atau tidak dilakukan (*Cause T*), ada kotoran di *oxy cutting* sehingga *burner* tidak sempurna (*Cause W*), dan terjadinya *treatment* ulang pada proses di *electric arc furnace* (*Cause M*). Pembobotan tersebut sangat tinggi diakibatkan perusahaan lebih memprioritaskan pada kriteria *expected cost* atau aspek biaya yang memiliki bobot paling tinggi yaitu 0,34223 dan juga melihat pada dampaknya atau *severity* dimana diketahui jika dilihat dari bobotnya yaitu 0,34125.

Improve

Perbaikan dilakukan dengan membuat rancangan perbaikan menggunakan metode 5W + 1H dan pemetaan *future state mapping*. Rancangan perbaikan dengan 5W + 1H ini merupakan usulan perbaikan yang diberikan untuk penyebab dari prioritas perbaikan dengan metode MAFMA.

Pemetaan *future state mapping* adalah gambaran perbaikan yang akan didapatkan dalam penerapan usulan perbaikan. Untuk perbandingan antara kondisi awal dan usulan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Perbandingan Kondisi Awal dan Usulan Perbaikan

Indikator	Kondisi awal	Usulan Perbaikan
PCE	78,90%	94,11%
VAA	334,5 menit	346,5 menit
BNAA	21,7 menit	21,7 menit
NVA	67,77 menit	0 menit
Total Waktu Proses	423,97 menit/heat	368,2 menit/heat

Dan untuk perbandingan pemakaian energi listrik kondisi awal dan usulan perbaikan dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Perbandingan Pemakaian Energi Kondisi Awal Dengan Usulan Perbaikan

Kondisi	Pemakaian Energi Listrik
Kondisi Awal	934,339 Kwh/ton
Usulan Perbaikan	763,612 Kwh/ton
Baseline	554,259 Kwh/ton

Berdasarkan laporan audit SSP diketahui biaya listrik komposit untuk tahun 2013 yaitu RP. 1180/KWh, maka jika dikalikan dengan perbedaan setelah perbaikan yaitu 170,727 KWh/ton didapatkan keuntungan yang didapat perusahaan yaitu sebesar Rp. 201.457,86 per tonase Baja Billet yang dihasilkan dan dapat ditingkatkan lagi hingga mendapatkan penghematan sampai Rp. 448.494,4 per tonase Baja Billet yang dihasilkan jika sampai pada *baseline* pemakaiannya.

Apabila diasumsikan bahwa tiap satu unit Baja Billet memiliki berat 1 ton maka untuk satu kali proses dimana untuk satu kali proses rata-rata dapat menghasilkan 48 unit Baja Billet maka untuk usulan perbaikan penghematan yang didapat adalah sekitar Rp. 9.669.977,28 dan untuk *baseline* dapat mencapai sekitar Rp. 21.527.731,2 untuk penghematan yang akan didapatkan.

KESIMPULAN

Critical to Quality yang berpengaruh terhadap pemakaian energi listrik yaitu waktu *delay* proses produksi, waktu dari proses yang tidak sesuai SOP, jumlah produksi yang melebihi permintaan, jumlah produksi cacat, dan waktu transportasi yang melebihi standar. *Baseline* pemakaian energi untuk penghematan yang diusulkan yaitu 554,259 KWh/ton dari sebelumnya 934,339 KWh/ton. Penyebab utama yang menyebabkan inefisiensi pemakaian energi listrik yaitu problem KDL/PLTU. Usulan perbaikan yang dilakukan yaitu, pertama yang harus dilakukan adalah memastikan kondisi *supply* listrik dari KDL, kedua jika sistem mulai dapat peringatan segera lakukan tindakan operasi satu dapur., Alternatif lain adalah lakukan konservasi energi pada dapur yang memiliki peluang penghematan dan lakukan revitalisasi pada permesinan yang menggunakan pemakaian energi listrik yang cukup besar.

DAFTAR PUSTAKA

- Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi. 2012. *Perencanaan Efisiensi dan Elastisitas Energi 2012*. Tangerang Selatan: BPPT Press.
- Besterfield, D.H., Michina, C.B. 1999. *Total Quality Management*. New Jersey : Prentice-Hall.
- Braglia, Marcello. 2000. MAFMA: Multi Attribute Failure Mode Analysis, *International Journal of Quality & Realibilty Management*, Vol.17 No.9, pp. 1017-1033.
- Gazpers, V. 2002. *Pedoman Implementasi Program Six Sigma Terintegrasi Dengan ISO 9001:2000, MBNQA, dan HACCP*. Jakarta: PT. Gramedia Putaka Utama.
- Gaspersz, V. 2007. *Lean Six Sigma fo Manufacturing and Services Industries*. Jakarta: PT. Gramedia Pustaka Utama.
- Gaspersz, V., dan Fontana, A. 2011. *Lean Six Sigma for Manufacturing and Service Industries Waste Elimination and Continuous Cost Reduction*. Bogor : Vincristo Publication.
- Hafish, F.W.A. 2009. Peningkatan Kualitas Dengan Pendekatan Konsep Lean Dan Multi Attribute Failure Mode Analysis (Studi Kasus: PT. Nestle Indonesia, Pasuruan), *Jurnal Teknik Industri*, Fakultas Teknik, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, hal. 1-13.
- Kementerian Perindustrian RI. 2012. *Perencanaan Kebutuhan Energi Sektor Industri Dalam Rangka Akselerasi Industrialisasi*. Jakarta: Biro Perencanaan Perindustrian Republik Indonesia.
- Muhammad, A. 2009. Perancangan Lean Six Sigma Green Company Dalam Memperbaiki Kinerja Kualitas Proses Industri (Studi Kasus Di PT. XYZ), *Prosiding Seminar Nasional Industrial Srvices*, ISBN 978-979-19280-0-7, hal. 36-45. (tidak dipublikasi)
- Park, C. and D. Linich. 2008. *Green Lean Six Sigma : Using Lean To Help Drive Results In The Wholly Sustainable Enterprise* Deloitte Development LLC
- Pujawan, I, N. 2005. *Supply Chain Management*. Surabaya: Guna Widya.
- Raymond, R. 2009. *A Sigma Approach to Energy Management*. USA: IBM Corporation.
- Rinawati, D.I. 2013. Pengelolaan Produksi Menggunakan Pendekatan Lean dan Green Untuk Menuju Industri Batik Yang Berkelanjutan (Studi Kasus Di UKM Batik Puspa Kencana), *Jurnal Teknik Industri*, Fakultas Teknik, Universitas Diponegoro, Vol VIII, No 1, hal. 43-50.
- Santosa, A. 2013. *Laporan Teknik Audit Energi SSP I*. Cilegon: Divisi Energy & Resources Development PT. Krakatau Steel.
- Smith, Craig B. 1991. *Energy Management Principles : Applications Benefits Savings*. New York : Pergamon Press.
- U.S Environmental Protection Agency. 2007. *The Lean and Environment Toolkit*. Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd.
- U.S Environmental Protection Agency. 2009. *The Environment Professional's Guide to Lean & Six Sigma*. Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd.
- U.S Environmental Protection Agency. 2011. *Lean, Energy & Climate Toolkit*. Ross & Associates Environmental Consulting, Ltd.

DAFTAR BACAAN

- Departemen Tenaga Kerja RI. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup Republik Indonesia No. KEP-51/MENLH/10/1995 tentang Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Industri. Jakarta: Departemen Tenaga Kerja RI.
- Departemen Tenaga Kerja RI. 1995. Keputusan Menteri Negara Lingkungan Hidup RI No. 13 Tahun 1995 tentang Baku Mutu Emisi Sumber Tidak Bergerak. Jakarta: Departemen Tenaga Kerja RI.
- Departemen Tenaga Kerja RI. 2002. Keputusan Menteri Kesehatan Republik Indonesia No. 1405/MENKES/SK/XI/2002 tentang Persyaratan Kesehatan Lingkungan Kerja Perkantoran dan Industri. Jakarta : Departemen Tenaga Kerja RI.