

# **PENENTUAN PENGGANTIAN PIPA API KETEL UAP PG PANGKA SEBAGAI TINDAKAN PREVENTIF DALAM PERAWATAN KOREKTIP UNTUK MEMINIMALKAN TOTAL BIAYA STOP OPERASIONAL GILING**

Suharjo<sup>1)</sup>, Mustaqim<sup>2)</sup>, M.Fajar Nurwildani<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup> Mahasiswa Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

<sup>2)</sup> Prodi Teknik Mesin Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

<sup>3)</sup> Prodi Teknik Industri Fakultas Teknik Universitas Pancasakti Tegal

Email : *boiler\_suharjo@gmail.co.id, danifajar@yahoo.co.id*

## **ABSTRACT**

PG Pangka merupakan salah satu perusahaan yang bergerak dibidang industri pertanian dengan hasil utamanya berupa gula. Keberadaan Ketel Uap dalam industri gula sangatlah vital sebagai pemasok energi uap baik untuk power maupun proses produksi. Program perawatan korektif ketel uap tidak dapat terlepas dari aturan dan undang-undang uap tahun 1930 yang didalamnya mengatur pemeriksaan ketel. Penentuan penggantian pipa ketel ditentukan oleh tim pemeriksa dari disnaker/PJK3 yang didasarkan pada pengalaman individu pemeriksa sehingga standart penggantian pipa ketel kurang jelas. disisi lain kerusakan pipa ketel pada saat sedang dioperasikan akan berdampak pada stop total proses produksi. Rumusan masalahnya adalah: Bagaimana cara penentuan penggantian pipa api ketel uap yang ada dan berapa biaya penggantian dan biaya stop operasional giling karena pipa bocor/oper ketel. Tujuan dari penelitian ini Untuk dapat menentukan dasar penentuan penggantian suatu komponen ketel uap (Pipa ketel) dan Dapat menghitung biaya penggantian komponen secara preventif dan biayastop aktivitas produksi (*down time*). Manfaat diharapkan dapat menghitung untuk sebuah rumusan dalam membuat patokan yang mengkombinasikan antara praktek dengan teori yang ada guna masukan dalam penentuan penggantian pipa api ketel uap. Dalam penelitian ini, metode yang digunakan adalah pengamatan langsung, mendata dan mengukur komponen yang diganti, meneliti sebab/alasan pipa diganti dengan wawancara langsung pada 5 operator yang ikut menangani penggantian pipa, serta uji fisik (tarik) terhadap kekuatan bahan pipa yang diganti. Hasil dari penelitian ini antara lain: Dalam penentuan penggantian pipa harus melalui kriteria: ketebalan pipa minimal dari 2,3 mm, luasan korosif maksimal 20% dari luasan pipa dengan kedalaman korosif maksimal 28,1% untuk sebuah cacat korosif, pipa terpasang harus tahan terhadap uji padat dengan air minimal 1,5 kali tekanan kerja ketel, bengkok dan cacat lain tidak lebih dari 20 %. Biaya penggantian pada masa perawatan korektip sebagai tindakan preventif lebih kecil daripada biaya stop operasional giling akibat dari oper ketel karena pipa bocor dengan selisih sebesar Rp 124.584.628,- atau setara dengan mengganti pipa pada masa perawatan korektip sejumlah 91 batang pipa dengan harga tahun 2012

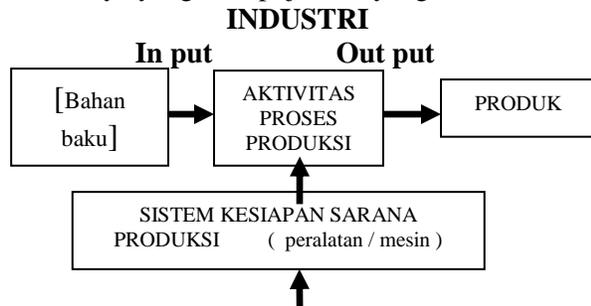
**Kata kunci :** *Perawatan, preventif, Ketebalan, korosif, tahan Hydrotest*

## A. Pendahuluan

### 1. Latar Belakang Masalah

Untuk bertahan hidup dalam era global ini, suatu perusahaan haruslah berani bersaing, baik dalam mutu produk, pantas harganya, kemudahan produk di dapat, pengaruh terhadap dampak lingkungan dan lain lain. Untuk memenuhi kondisi tersebut, Proses produksi harus dilaksanakan dengan se efisien mungkin, pabrik harus beroperasi secara efektif dan dapat memenuhi tingkat kebutuhan produksi yang telah ditetapkan. Dalam upaya memenuhi hal tersebut diatas, peranan program perawatan mutlak dibutuhkan sebagai pendukung aktivitas produksi. Program perawatan harus benar-benar direncanakan sehingga waktu terhentinya aktivitas produksi (*down time*) yang merugikan dapat dikurangi menjadi seminimal mungkin. Perawatan yang tidak memadai dapat mengakibatkan kehancuran fasilitas dan mesin yang sangat merugikan, tidak hanya biaya perbaikan yang mahal, tetapi juga kerugian produksi serta dapat membahayakan tenaga kerja dan orang lain disekitarnya

Proses produksi sarat dengan aktivitas kegiatan tenaga kerja dan operasional peralatan, ditambah lagi adanya peningkatan produksi yang tentu adanya penambahan peralatan canggih dengan perlengkapan yang semakin modern, maka fungsi perawatan merupakan suatu bagian yang tak terpisahkan dari sistem produksi. Kelancaran kegiatan produksi akan sangat bergantung pada ketrampilan dan organisasi yang baik (tersedianya tenaga terampil, peralatan dan workshop yang memadai, biaya yang cukup, jadwal yang tertib)



Gambar 1.1 Peranan program perawatan sebagai pendukung aktivitas produksi

Menurut Thomas R Hoffman (1967:237), Tujuan dari perawatan yang paling prinsip adalah mempertahankan mesin dan peralatan dapat beroperasi dengan baik dan mencegah terjadinya kerusakan. Salah satu bentuk perawatan adalah perawatan pencegahan (*Preventive maintenance*). Melihat fungsi perawatan tersebut diatas, tidaklah sulit apabila modal / biaya sudah direncanakan dan dalam batas menguntungkan, Banyak permasalahan dalam pengoperasian ataupun perawatan ketel uap

Pada permasalahan perawatan, terutama dalam penentuan penggantian pipa ketel, sering terjadi tarik ulur antara kepentingan tim inspeksi yang berdasar pada standart keamanan operasi dan keselamatan dengan pihak perusahaan yang tentunya banyak pengalaman dan sering yang direkomendasikan setelah dibongkar pipa masih tebal, juga melihat kondisi keuangan, lamanya birokrasi dan lain-lain membuat pertimbangan para supervisor bagaimana dapat mengakomodir dua kepentingan, dengan tetap mengedepankan keselamatan dan kepentingan perusahaan yang lain, disisi lain kerusakan pipa ketel saat sedang dioperasikan akan berdampak pada stop total proses produksi. Mengingat dampak serta biaya yang timbul perlu diperhitungkan serta kebijakan pada perusahaan berkaitan dengan kesiapan anggaran

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dalam penelitian ini peneliti mengambil judul "**Penentuan penggantian Pipa api Ketel Uap PG Pangka sebagai tindakan preventip dalam perawatan korektip untuk meminimalkan total biaya stop operasional giling**"

### 2. Rumusan Masalah

- Bagaimana cara penentuan penggantian komponen pipa ketel yang ada ?
- Berapa besar biaya yang timbul dalam penggantian pipa api ketel uap dan berapa besar biaya akibat stop aktivitas produksi karena pipa rusak/bocor ?

### 3. Batasan Masalah

Pokok permasalahan yang dibahas pada penelitian ini adalah:

- Pembangkit energi uap (Ketel Uap) PTPN IX (Persero) PG.Pangka, Kab. Tegal
- Salah satu Komponen yang dapat menyebabkan stop aktivitas ketel uap sekaligus dapat menyebabkan stop produksi yaitu pipa ketel.
- Variabel yang mungkin berpengaruh dalam menentukan kebijakan antara lain Umur teknis, cacat fisik (keausan, korosif, bengkok, bergelombang, lendung dan lain lain )



Korosif Tipis/aus      Lendung      Bengkok

Gambar 3.1. Macam- macam Alasan Penggantian Pipa Ketel

- Biaya pengadaan bahan, Biaya pengerjaan, dan biaya akibat stop operasi Ketel karena pipa rusak

### 4. Tujuan Penelitian

- Menentukan dasar penentuan penggantian suatu komponen ketel uap (pipa ketel)
- Menghitung biaya penggantian komponen secara preventif dan biaya stop aktivitas produksi (*down time*)

### 5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menghitung untuk sebuah rumusan dalam membuat patokan yang mengkombinasikan antara praktek dengan teori yang ada guna masukan dalam penentuan penggantian komponen sebagai tindakan preventif dalam perawatan korektif untuk meminimalkan total biaya stop aktivitas giling

### B. Landasan Teori

Definisi perawatan/*Maintenance* adalah : Semua tindakan atau kombinasi dari kegiatan yang dilaksanakan dalam rangka mempertahankan / mengembalikan suatu peralatan /mesin pada kondisi yang dapat

diterima Setiaji (2011, hal. 5) Lpp Yogyakarta. Perawatan adalah : suatu konsepsi dari semua aktivitas yang diperlukan untuk menjaga atau mempertahankan kualitas peralatan agar tetap dapat berfungsi dengan baik seperti kondisi sebelumnya . Supandi ganeca exact Bandung (hal. 26).Dari penjelasan tersebut diatas dapat ditarik beberapa kesimpulan bahwa Fungsi perawatan sangat berhubungan erat dengan proses produksi (peralatan yang dapat digunakan terus untuk memproduksi adalah hasil adanya perawatan), Aktivitas perawatan banyak berhubungan erat dengan pemakaian peralatan, bahan pekerjaan, cara penanganan dan lain- lain. Aktivitas perawatan harus dikontrol berdasar pada kondisi yang terjaga.

Frekuensi aktivitas perawatan.

Pekerjaan perawatan adalah untuk melakukan perbaikan yang bersifat kualitas, meningkatkan suatu kondisi ke kondisi lain yang lebih baik.

Banyaknya pekerjaan perawatan yang dilakukan tergantung pada :

batas kualitas terendah yang diijinkan dari suatu komponen, sedang batas kualitas yang lebih tinggi dapat dicapai dari hasil pekerjaan perawatan.Waktu pemakaian atau lamanya operasi menyebabkan berkurangnya kualitas peralatan, dalam hal ini komponen (Peralatan) dapat menjadi sasaran untuk terkena tekanan-tekanan beban pakai, korosi, dan pengaruh – pengaruh lain yang bisa mengakibatkan menurunnya atau kehilangan kualitas sehingga kemampuan komponen berkurang ketahanannya, sehubungan dengan kenyataan diatas, maka industri selalu mempertimbangkan sarana produksi yang dimilikinya. Pertimbangan tersebut antara lain : Kemampuan mesin, jenis rancangan, Pembuat mesin dan lain – lain.

- Perawatan ketel uap tidak terlepas dari Undang Undang uap tahun 1930 didalamnya mengatur tentang pemeriksaan ketel uap secara periodic yang berujung pada adanya rekomendasi penggantian pipa.dan Ketentuan yang diberlakukan sesuai Peraturan menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.Per.01/Men/1982 pasal 5 ayat 2 bahan bejana tekan yang dibuat dari baja zat arang harus mempunyai kekuatan tarik tidak kurang dari  $35 \text{ kg/mm}^2$  dan pasal 15 ayat 3 perubahan volume 0,2% dari isi

bejana semula. Adapun dasar pemilihan dalam menentukan penggantian adalah pengalaman individu tim pemeriksa yang berdasar pada ketebalan, retak, korosif, dan cacat lain. Waktu perawatan korektip ketel uap di Pabrik Gula adalah disaat masa Revisi (*breakdown maintenance*) Sesuai perhitungan Ketentuan yang diberlakukan sesuai Peraturan menteri Tenaga Kerja dan Transmigrasi No.Per.01/Men/1982 pasal 5 ayat 2 bahan bejana tekan yang dibuat dari baja zat arang harus mempunyai kekuatan tarik tidak kurang dari 35 kg/mm<sup>2</sup> dan pasal 15 ayat 3 perubahan volume 0,2% dari isi bejana semula

2. Pemilihan Kebijakan *Repair Vs Preventive Maintenance*

Fokuskan pada aspek-aspek kunci dari procedure untuk melakukan pemilihan kebijakan jangka pendek di bidang pemeliharaan, dapat diasumsikan bahwa bila suatu organisasi hanya memiliki satu mesin, maka bengkel perusahaan tersebut telah memiliki ukuran yang tertentu. Manajemen tentunya menentukan untuk mengijinkan mesin tersebut beroperasi sampai terjadi *breakdown* setelah *run time T*. *Maintenance crew* kemudian akan melalui *repair time T<sub>r</sub>*

Perhitungan untuk Total *Preventive Maintenance –Policy cost perweek TMC(n)*, *Total Preventive Maintenance – Policy Cost Per Week* yang diekspektasikan akan bergantung pada waktu diantara dua inspeksi *T<sub>p</sub>*. Tanpa memperhatikan *downtime costs*, maka besarnya adalah sbb :

$$TMC(n) = TC_{r(n)} + TC_{m(n)}$$

**C. Metode Penelitian**

Dalam penelitian ini metode yang digunakan adalah pengamatan langsung, mendata dan mengukur komponen yang diganti, meneliti sebab/ alasan pipa diganti, terhadap 105 batang pipa ketel, dan melakukan pengamatan, mengukur terhadap 146 pipa ketel berdasar rekomendasi petugas pemeriksa ketel dari Disnakertrans serta uji fisik (tarik) terhadap kekuatan bahan pipa yang diganti

**D. Hasil dan Pembahasan**

Pengolahan data

Tabel 1  
Rekap Data ketebalan Pipa

Ketebalan (mm)	Jumlah (bh)	Alasan	Keterangan
1,8	2	Ujung tipis&korosif	bahan uji 1
1,9	4	Ujung tipis&korosif	
2,0	3	Ujung tipis&korosif	
2,1	3	Ujung tipis&korosif	
2,2	1	Ujung tipis&korosif	
2,3	21	Ujung tipis&korosif	bahan uji 2
2,4	10	Ujung tipis&korosif	
2,6	5	Ujung tipis&korosif	
2,7	3	Ujung tipis&korosif	
2,8	2	Ujung tipis&korosif	
2,9	2	Ujung tipis&korosif	
3,1	11	Ujung tipis&korosif	
3,2	12	Ujung tipis&korosif	bahan uji 3
3,3	1	Ujung tipis&korosif	
3,4	2	Ujung tipis&korosif	
3,5	1	Ujung tipis&korosif	
4 &6,15	22	Ujung retak	
Jumlah	105		

Hasil penelitian terhadap kekuatan bahan sebelum dan sesudah pipa dipakai seperti tabel berikut.

Tabel 2

DATA PENELITIAN KEKUATAN BAHAN

Uraian	Pipa baru			Pipa lama ( yang diganti)			Keterangan
	Pipa uji 1	Pipa uji 2	Pipa uji 3	Pipa uji 1	Pipa uji 2	Pipa uji 3	
Jenis Pipa	Pipa api	Pipa api	Pipa api	Pipa api	Pipa api	Pipa api	
Ukuran pipa (mm)							
1. Diameter	88,9	101,6	114,3	88,9	101,6	114,3	
2. Tebal	3,2	3,2	4	1,8	2,3	3,2	
Kwalitas	Grade III	Grade III	Grade III	Grade III	Grade III	Grade III	
Bahan	ST 35.8	ST 35.8	ST 35.8	ST 35.8	ST 35.8	ST 35.8	
Uji kekuatan							
1.Tarik (Mpa)	290/305	290/295	295/310	105/115	235/245	255/265	
2.Takik	-	-	-	-	-	-	
Sumber	Xiao Dong Yuan (lampiran 3)			PT Cakra Panca Sakti (lampiran 2)			

Hasil perhitungan tekanan uji padat dengan air (*Hydro test*) sesuai Aturan undang Undang Uap tahun 1930

Tabel 3  
Tekanan Hydro test

Tekanan kerja kg/cm <sup>2</sup> (a)	Pipa baru P+0,5P (b)	% uji terhadap Tekanan kerja (b/a x 100)	Pipa lama P+3 (c)	% uji terhadap Tekanan kerja (c/a x 100)	% Selisih uji antara pipa baru & lama
8	12	150	11	137.5	12.5
10	15	150	13	130.0	20.0
12	18	150	15	125.0	25.0
14	21	150	17	121.4	28.6
16	24	150	19	118.8	31.3
18	27	150	21	116.7	33.3
20	30	150	23	115.0	35.0
	Jumlah =	1050		864.3	185.7
	Rata-rata =	150		123.5	26.5

Biaya penggantian 105 batang pipa = Rp 145.304.412,-

Jumlah biaya apabila satu batang pipa bocor mengakibatkan oper ketel ( $\pm$  8 Jam) terdiri dari :

1. Biaya bahan pipa (TCm) = Rp 996,102,-

2. Biaya Reparasi / tenaga dan alat kerja (TCr) = Rp 387,750,- + Rp 80.000,-  
= Rp 380.000,-

3. Biaya Stop operasi/ oper ketel 8 Jam (TCd) = Biaya stop produksi

Rp 120.371.376,- + Biaya tenaga pemadaman Rp 100.000,- + Biaya bahan bakar untuk memanaskan ketel Rp 4.113.252 = Rp124.584.628,-

Jumlah biaya perawatan (TMC) = TCm+TCr+TCd

TMC= Rp 1.463.851,54,-+ Rp 300.000+ Rp 124.584.628,- =Rp 126.048.480,-

Sedangkan umur teknis pipa sesuai perhitungan pay back (PG Pangka, 2011) adalah 5 tahun

Sesuai informasi yang didapat penentuan anggaran dalam penggantian pipa yang pertama didasarkan pada hasil rekomendasi tahun 2011 (tahun lalu) dikurangi realisasi penggantian tahun 2011 ditambah 10 prosen. Sebagai contoh: rekomendasi th 2011 = 270 batang pipa, realisasi diganti 180 belum direalisasi 90 batang pipa + (10% x 90) sehingga jumlah dianggarkan th 2012 = 100 batang pipa

Dan yang kedua adalah taksiran umur teknis ketel sesuai RAB Perusahaan  $\pm$  20 th ( Pipa produk Jerman ), sebagai contoh jumlah pipa ketel = 3932 btg penggantian pertahun =

3932/20 =  $\pm$  197 batang. Penggantian direncanakan bersumber dari kedua pertimbangan tersebut namun perkembangan 5 tahun terakhir pipa disuply dari produk Cina dengan spesifikasi yang sama yang ternyata usia pakai tidak dapat diprediksi.

Dari hasil penelitian dan pengamatan setelah pipa diganti dan ketel dioperasikan serta hasil wawancara langsung dengan 5 orang operator yang menangani penggantian, alasan penggantian yang kuat adalah tentang ketebalan pipa terutama pada sisi ujung pipa yang di rol/*Expander* dan korosif sehingga penyusun menganalisa dari kedua alasan tersebut sedangkan alasan ujung retak memang diputuskan harus diganti . Dari data yang ada, untuk alasan tipis sesuai tabel 4.3 diatas, kita tentukan nilai rata- rata ketebalan. Mengingat batasan tebal standar sudah ditentukan pabrik pembuat Dan juga adanya batasan sesuai Peraturan menteri Tenaga kerja dan Transmigrasi No Per.01/men/1982 pasal 5 ayat 2 bahan bejana tekan yang dibuat dari baja zat arang harus mempunyai kekuatan tarik tidak kurang dari 35 kg/mm<sup>2</sup> dan pasal 15 ayat 3 perubahan volume 0,2% dari isi bejana semula.

Dari Hasil uji kekuatan bahan (Tarik) terhadap pipa yang berketebalan 1,8 mm, penurunan kekuatan berkurang sampai 63,8% menjadi 105/115 Mpa dari kekuatan semula 290/305 Mpa dan pada ketebalan 2,3 mm kekuatan bahan berkurang 19,97% dari 290/295 Mpa menjadi 235/245 Mpa serta pada ketebalan pipa 3,2 mm setelah dipakai kekuatan berkurang 13,6%( dari 295/310 Mpa menjadi 255/265 Mpa.

Dari hasil penelitian tabel 3. kekuatan tarik pada pipa lama (sudah dipakai) dengan ketebalan 2,3mm sisa kekuatan tarik 81,02 (23,9 Kg/mm<sup>2</sup>) Sedangkan pada uji padat diperlukan maksimal 0,12 kg/mm<sup>2</sup>) Masih mampu Dilihat dari Spesifikasi teknik ketel penggunaan pipa sesuai jenis dan tekanan kerjanya ( tabel 4.10.) dan juga Sesuai aturan uji padat yang direkomendasi Undang-Undang uap Tahun 1930 yaitu pada ketel yang sudah dipakai adalah P + 3 sehingga pada ketel Tekanan 8 Kg/cm<sup>2</sup> (0,78 Mpa) dilakukan Hydro test dengan tekanan 11 kg/cm<sup>2</sup> (1,08Mpa), untuk ketel tekanan menengah dengan tekanan kerja 20 kg/cm<sup>2</sup> (1,96

Mpa) di hydrotest 23 kg/cm<sup>2</sup>( 2,26 Mpa). 1Mpa= 10,1972 Kg/cm<sup>2</sup>.

Untuk ketebalan minimal, tebal pipa harus mampu tahan terhadap hydro test dan beban operasi, Dari hasil penelitian prosentase kekuatan tarik pipa baru terhadap aturan permenakertrans yang terkecil, yang selama ini dipasang atas rekomendasi petugas pemeriksa adalah 84,3% atau toleransinya adalah 15,7% Kekuatan tarik pipa baru dengan tebal 3,2 mm adalah 290 Mpa dianggap kekuatan penuh atau 100 %, Sedangkan kekuatan tarik pipa lama dengan tebal 1,8 mm adalah 105 Mpa, , atau kekuatannya tinggal 36,27 % dari pipa baru, Dan pipa dengan ketebalan 2,3 mm kekuatan tarik 235 Mpa atau kekuatan tarik masih 81,02 %

Sesuai penelitian yang kami lakukan, hydro test pada kondisi pipa sudah dipakai adalah P+3 pada ketel bertekanan kerja 8 kg/cm<sup>2</sup> adalah 11 kg/cm<sup>2</sup> atau uji tekanan 137,5% dan untuk pipa baru P+1/2P adalah 12 kg/cm<sup>2</sup> atau 150% dari tekanan kerja, pada tekanan kerja 8 kg/cm<sup>2</sup> selisih uji antara pipa baru dan pipa lama adalah (150 -137,5) = 12,5 %. pada tekanan kerja 20 kg/cm<sup>2</sup> selisih uji tekanan pasda saat hydrotest adalah (150-115) = 35 %. Pada tekanan kerja dari 8 kg/cm<sup>2</sup> sampai dengan 20 kg/cm<sup>2</sup>, selisih uji antara pipa baru dengan lama (sudah dipakai) rata-rata 26,5%

Dan sesuai pengamatan peneliti bahwa rata rata penggantian pipa pada keausan maksimal 20 % dari kekuatan semula, Sehingga kami mengambil batas toleransi antara 15,7 % sampai dengan 20 % sebagai batas minimal dalam penentuan penggantian pipa. Sesuai tabel 4.7. Kekuatan tarik pipa baru dengan tebal 3,2 mm adalah 290 Mpa dianggap kekuatan penuh atau 100 %, Sedangkan kekuatan tarik pipa lama dengan tebal 1,8 mm adalah 105 Mpa, atau kekuatannya tinggal 36,27 % dari pipa baru, sehingga kurang layak. Dan pipa dengan ketebalan 2,3 mm kekuatan tarik 235 Mpa atau kekuatan tarik masih 81,02 % masih diatas 80 % sehingga layak dipertahankan atau sebagai batas ketebalan minimum selama tidak ada keausan lain ) dan apabila kekuatan kurang dari 80 % sudah dipertimbangkan untuk diganti.

Dari sisi biaya, untuk penggantian pipa dapat dijelaskan bahwa biaya pengadaan bahan pipa dan biaya pengerjaan 105 batang adalah Rp

145.304.412,-atau rata-rata per batang = Rp 1.383.852,-. Jika dilihat dari kebocoran pipa 1 satu batang dapat mengakibatkan stop ketel dan stop produksi dengan kerugian sebesar Rp 126.048.480,- maka biaya stop setara dengan Rp 126.048.480,- / 1.383.851.54,- = 91 batang pipa.

**Tabel 4**  
Perbandingan Biaya Perawatan Korektif dengan Perawatan Darurat akibat Stop Produksi karena oper Ketel

Jumlah pipa (Batang)	Biaya penggantian (Rp) dalam masa perawatan korektif			Biaya stop produksi (Rp) dalam perawatan darurat/Emergency				Selisih (b - a) (Rp)	Keterangan	
	Biaya bahan	Biaya pengerjaan	Jumlah (a)	Biaya bahan	Biaya pengerjaan	Biaya stop	Biaya pemadaman & bahan bakar			Jumlah (b)
105	104,390,662	40,713,750	145,104,412	104,390,662	40,713,750	120,371,376	4,213,252	269,689,040	124,584,628	Kelompok
1	996,102	387,750	1,383,852	996,102	387,750	120,371,376	4,213,252	125,968,480	124,584,628	Satuan rata-rata
2	1,992,204	775,500	2,767,704	1,992,204	775,500	120,371,376	4,213,252	127,352,332	124,584,628	Satuan rata-rata
3	2,988,306	1,163,250	4,151,556	2,988,306	1,163,250	120,371,376	4,213,252	128,736,184	124,584,628	Satuan rata-rata
91	90,645,282	35,285,250	125,930,532							

Harga perawatan korektif penggantian pipa 91 batang setara dengan biaya stop aktivitas ketel (oper ketel)

## E. Kesimpulan

Dari hasil penelitian, pengukuran dan pengamatan langsung dilapangan serta uji kekuatan tarik bahan pipa yang diganti dapat disimpulkan bahwa

1. Ketentuan yang diberlakukan sesuai Peraturan menteri Tenaga kerja dan Transmigrasi No Per.01/men/1982 pasal 5 ayat 2 bahan bejana tekan yang dibuat dari baja zat arang harus mempunyai kekuatan tarik tidak kurang dari 35 kg/mm<sup>2</sup> dan pasal 15 ayat 3 perubahan volume 0,2% dari isi bejana semula adalah sangat aman. dan dari hasil penelitian kekuatan tarik pada pipa lama (sudah dipakai) dengan ketebalan 2,3mm sisa kekuatan tarik 81,02 (23,9 Kg/mm<sup>2</sup>), Sedangkan pada uji padat diperlukan maksimal 0,12 kg/mm<sup>2</sup>) Masih mampu Maka dalam Penentuan penggantian pipa harus memenuhi kriteria sebagai berikut:
  - a. Tebal Pipa, Pada ketebalan kurang dari 2,3 mm harus dipertimbangkan diganti dan lebih tebal dari 2,3 mm masih layak dipertahankan selama tidak ada keausan lain (Retak, bengkok, lendung karena over heat dll) karena berdampak pada biaya tinggi serta demi keselamatan dan keamanan tenaga kerja maupun orang lain disekitarnya.
  - b. Korosip maksimal 20% dari luasan pipa dengan kedalaman korosip maksimal 28,1%  
{ 100 – (2,3/3,2 x 100)}

- c. Pipa harus mampu terhadap uji padat dengan air (Hydro test) maksimal 1,5 kali tekanan kerja dan tidak ada perubahan bentuk
  - d. Bengkok dan cacat lain tidak lebih dari 20 %
2. Biaya penggantian 1 (satu) batang pipa ketel dalam perawatan korektip = Rp 1.383.852,- dan biaya mengganti 1 (satu) batang pipa pada saat masa operasional (darurat) yang menjadikan stop produksi karena oper ketel = Rp 125.968.480,- atau biaya stop setara dengan Rp 125.968.480,- / 1.383.852,- = 91 batang pipa. artinya pada penggantian pipa 91 batang pada perawatan korektip sama dengan biaya stop ketel ± 8 jam. Selisih biaya antara penggantian secara preventip dengan penggantian pada saat sedang dioperasikan terjadi pipa bocor adalah Rp 124.584.628,- Sehingga penentuan penggantian secara preventip yang tepat dapat meminimalkan total biaya stop operasional giling dengan batasan biaya impas (*break event point*) sampai dengan maksimal 91 batang pipa

## DAFTAR PUSTAKA

- Anggoro, dkk., 2008, *Metode Penelitian*, Jakarta: Universitas Terbuka.
- Anonim, 2011, *Laporan operasional ketel dan kartu instalasi*:PG Pangka
- Djokosetyardjo.MJ.1990 *Pembahasan Ketel Uap*, Jakarta:Pradnya paramita**
- Saptyaji.H 2011, *Bahan bakar & Proses Pembakaran*,Jogya :LPP**
- Sudarto 2011, *Standart maintenance Prosedure* , Jogya : LPP**
- Surbakti. BM 1985 *KetelUap* , Surakarta : Mutiarasolo**
- Anonim , 2010/05/*definisi-populasisample-dan-teknik.html* © 2003 Digitized by USU digital library from: <http://ayrin-luph-gaza.blogspot.com>
- [Anonim,1989,Peraturan Konstruksi Ketel uap,Japan industrial standart](#)
- Supandi , Manajemen perawatan industry, Bandung, ganeca exact
- dikiam12@ yahoo.com *Analisis Penentuan Waktu Perawatan Dan Jumlah Persediaan Suku Cadang Rantai Garu Yang Optimal*
- Dikiam12@ yahoo.com *Penentuan Kombinasi Waktu Perawatan Preventi Dan Jumlah Persediaan Komponen Guna Meningkatkan PeluangSukses MesinDalam Memenuhi Target Produksi*
- Anonim, 2012, Himpunan Undang-Undang Keselamatan dan kesehatan kerja

