

Artikel Penelitian (Teknik Industri)

Analisis Efektifitas Blowdown Rate dan Blowdown Time pada Boiler Kapasitas 24 Ton/Jam dengan Metode Statistical Process Control

Lilis Fitri Handayani Damanik^{*}, Abdurrozzaq Hasibuan, Mahrani Arfah

Fakultas Teknik, Teknik Industri, Universitas Islam Sumatera Utara, Medan, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Diterima Redaksi: 24 Maret 2025
Revisi Akhir: 25 April 2025
Diterbitkan Online: 06 Mei 2025

KATA KUNCI

Permasalahan pada Boiler
Statistical Process Control (SPC)
Blowdown Rate dan Blowdown Time

KORESPONDENSI^(*)

Phone: +62 812-6014-7914
E-mail: lilisfitri046@gmail.com

A B S T R A K

Penelitian ini bertujuan untuk melihat pengaruh *blowdown rate* dan *blowdown time* pada *boiler*. Permasalahan yang sering terjadi pada *boiler* yaitu jika air tidak memenuhi standar yang telah ditetapkan maka akan terjadi dan terbentuknya kerak, korosi, deposit dan *steam carry over* (terjadi terbawanya uap) yang disebabkan oleh parameter yang tidak memenuhi standar pabrik. Dalam penelitian ini dilakukan di laboratorium dengan menggunakan analisa TDS air *boiler* dan *feed tank* dan dicatat, diolah menjadi data. Kemudian hasil rekapitulasi data yang didapat diolah dengan menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) dan dilanjutkan dengan hasil UCL dan LCL menggunakan bantuan aplikasi *microsoft excell*. Dari hasil penelitian yang didapat dengan menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) bahwa nilai TDS pada air *boiler* dan *feed tank* akan berpengaruh dengan nilai *blowdown rate* tertinggi diperoleh 1019,95 Kg/Jam dan *blowdown time* tertinggi diperoleh 0,52 liter/menit yang dapat menyebabkan efisiensi kinerja pada boiler berkurang dan dapat menimbulkan terjadinya kerusakan pada pipa *boiler*.

PENDAHULUAN

Dalam sebuah pabrik industri, dibutuhkan beragam perangkat dan komponen yang fungsinya berkaitan satu sama lain. Pabrik kelapa sawit yang merupakan salah satu industri hasil pertanian yang merupakan perusahaan industri yang bergerak dibidang pengolahan bahan baku Tandan Buah Segar (TBS) kelapa sawit dengan tujuan memproduksi *Crude Palm Oil* (CPO) dan *palm kernel* (PK) sebagai produk utama dan kemudian akan diolah untuk menjadi bahan baku industri hilir seperti akan menjadi campuran dalam produk kosmetik, sabun dan cat. Pabrik kelapa sawit membutuhkan air bersih untuk pengolahan dan kebutuhan rumah tangga. Air umpan *boiler* membutuhkan kemurnian yang memenuhi persyaratan air minum. Sumber air untuk kualitas tersebut sudah jarang dijumpai di perkebunan kelapa sawit. Oleh karena itu, diperlukan *water treatment* (pengolahan air) pada pabrik kelapa sawit agar air yang digunakan dapat memenuhi standar. (Maruli Pardamean, 2014).

Pada pabrik kelapa sawit air yang digunakan berasal dari air sungai yang terdekat dengan lokasi pabrik. Air yang akan masuk kedalam *boiler* harus diolah untuk menyesuaikan kualitas sumber air dengan kualitas kegunaannya dari air umpan *boiler* diubah menjadi uap. Jika tekanan tidak tercapai maka, tahapan proses pembuatan minyak akan terhambat. (Rahayu, 2019).

Air *boiler* dipanaskan dan menghasilkan uap panas yang bertekanan, dan mampu menjadi sumber tenaga untuk menggerakkan sesuatu pesawat uap yang berubah dari tenaga uap menjadi tenaga kinetis dan pada akhirnya menjadi tenaga putar dan seterusnya. *Boiler* yang kita kenal saat ini secara umum dibagi dua yaitu itu:

1. *Boiler* yang menggunakan pipa api (*fire tubes steam boiler*) yaitu sebuah ketel yang menggunakan ratusan pipa untuk dilalui api atau gas panas yang memanaskan sejumlah air di balik dinding pipa api tersebut.
2. Uap yang menggunakan pipa air (*water tubes steam boiler*) sebuah ketel yang menggunakan ratusan atau ribuan pipa berisi air tawar yang terletak di dalam dapur dan di panaskan oleh sejumlah api dan gas panas dari dapur api tersebut (Johan, 2014).

Proses pengolahan air umpan *boiler* terdapat mineral-mineral yang terkandung didalam air harus dihilangkan. Jika komponen dalam air tidak dihilangkan terlebih dahulu maka saat proses pemanasan komponen dalam air akan mengendap didalam pipa *boiler*, akibatnya akan membuat kineja *boiler* kurang maksimal (Andhika, 2019).

Akibat dari kurangnya penanganan terhadap air umpan *boiler* maka akan menimbulkan masalah-masalah pada *boiler* sebagai berikut :

1. Kerak terbentuk karena kalsium karbonat dan magnesium karbonat menjadi penyebab kesadahan dan alkalinitas air. Kerak dapat menyebabkan terhambatnya proses perpindahan panas dari dinding ke pipa pada *boiler*, dapat menurunkan efisiensi *boiler*, terjadinya *overheating* (pemanasan yang berlebih) pada metal *boiler* dan juga dapat menyebabkan pecahnya pipa *boiler*.
2. Korosi dapat disebabkan oleh oksigen dan karbon dioksida yang terdapat dalam uap yang terkondensasi. Akibat terjadinya peristiwa korosi ini dapat berupa penipisan dinding logam pada pipa dan drum *boiler* serta pecah/bocornya pipa *boiler*.
3. Deposit merupakan peristiwa penggumpalan zat dalam air umpan *boiler* yang disebabkan oleh adanya zat padat tersuspensi misalnya oksida besi, oksida tembaga dan lain-lain. Deposit dapat menyebabkan beberapa masalah pada *boiler* seperti, terhambatnya proses perpindahan panas dari dinding ke air pada *boiler*, menurunnya efisiensi *boiler*, terjadinya *overheating* (pemanasan yang berlebihan) pada metal *boiler* dan pecahnya pipa *boiler*.
4. Terjadi Terbawanya Uap (*Steam Carry over*) terjadi jika mineral dari *boiler* ikut keluar bersama dengan uap ke alat seperti *super heater*, turbin dan lainnya. *Steam carry over* dapat dihindari dengan menahan zat padat terlarut pada air *boiler* dibawah tingkat tertentu melalui suatu analisa sistematis dan kontrol pada pemberian zat kimia dan *blowdown*. *Carry over* karbon dioksida dapat mengembalikan uap dan asam terkondensasi. (Fatimura,2016)

Air yang akan digunakan sebagai air *boiler* harus memiliki nilai TDS yang ditetapkan yaitu dengan nilai maksimal 2100 ppm. Jika sudah mencapai nilai maksimal maka segera dilakukan *blowdown* untuk menghindari terjadinya kerusakan pada *boiler*. (Agnes, 2018).

Boiler blowdown adalah pembuangan sebagian dari air dalam ketel uap yang telah tinggi konsentrasi TDS (*Total Dissolved Solid*) dan menggantikannya dengan air umpan ketel yang baru sehingga akan menurunkan konsentrasi *suspended* atau *dissolved solid* air dari ketel uap.

Air umpan boiler yang digunakan untuk menghasilkan steam ini harus bebas kandungan mineral atau garam yang biasanya berupa garam bikarbonat, klorida, sulfat, nitrat, kalsium sulfat, karbonat, dan silikat. Mineral dan garam tersebut dapat menyebabkan pengendapan, korosi, dan terbentuknya kerak di dalam boiler. Masalah – masalah pada sistem boiler yang dapat disebabkan oleh air umpan boiler dapat dihindari dengan cara yang dilakukan melalui Water Treatment sesuai dengan spesifikasi atau standar air umpan boiler.(Erliani,2019).

Tujuannya adalah untuk mengendalikan air *boiler* terhadap parameter yang ditentukan antara lain untuk meminimalkan *scale*, *corrosion*, *carry over*, dan masalah khusus lainnya (Andi, 2020).

Jika akumulasi TDS dibiarkan, maka kemungkinan besar terjadinya masalah pada *boiler* seperti penyumbatan dan *overheating*. Oleh karena itu perlu dilakukannya perhitungan *blowdown rate* dan *blowdown time*. *Blowdown rate* adalah Jumlah air kotor harus dibuang pada *boiler*. Dan *blowdown time* merupakan waktu/durasi yang dibutuhkan untuk membuang kotoran pada *boiler*. (Andi, 2020).

Perusahaan untuk mempertahankan dan memperbaiki kualitas produksinya dengan cara menerapkan pengendalian kualitas agar produksi yang tepat dan optimal agar kualitas produksi semakin meningkat dengan menggunakan metode SPC untuk memastikan bahwa semua proses yang dilakukan sesuai dengan standart.(Miftahul, 2021)

Walaupun proses produksi telah dilaksanakan dengan baik, namun pada kenyataannya masih terdapat kesalahan yang terjadi, seperti kualitas produk yang tidak sesuai dengan standar atau dengan kata lain produk mengalami kerusakan atau kecacatan. (Sri, 2019).

Salah satu upaya dalam pengendalian kualitas dapat dilakukan menggunakan alat yang dinamakan *Statistical Process Control* (SPC). *Statistical process control* (SPC) adalah suatu cara pengendalian proses yang dilakukan melalui pengumpulan dan analisis data kuantitatif selama berlangsungnya proses produksi. (Anggica, 2020).

METODOLOGI

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan metode deskriptif dan analisa, yaitu metode yang menggambarkan keadaan yang terjadi di lapangan dan data-data yang ada, kemudian diolah, dianalisa dan diproses lebih lanjut menggunakan Metode *statistic* dengan menggunakan metode *Statistical Process Control* (SPC) dan dilanjutkan dengan hasil *Flow Chart* (Peta Kendali) terhadap efektifitas *blowdown rate* dan *blowdown time*.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan *beaker glass* 250 ml dan TDS meter. Dan bahan yang akan digunakan pada penelitian ini yaitu, air boiler dan air *feed tank*.

Prosedur Kerja

Alat dan bahan disiapkan terlebih dahulu, kemudian air boiler diambil pada drain sampel dan dimasukkan ke dalam jerigen 5L, lalu air boiler didinginkan hingga mencapai suhu ruangan yaitu 26 °C, selanjutnya sampel air *boiler* dan air *feed tank* dimasukkan kedalam TDS meter secara bergantian, Kemudian dicatat hasil dari nilai TDS yang didapatkan, dan hitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut.

$$\text{Blowdown Rate} : q_{BD} = \frac{q_S \times f_c}{bc - f_c}$$

Sumber : *Engineering Tool box*

Ket :

q_{BD} = *Blowdown Rate* (kg/jam)

q_S = *Steam Flow* (kg/jam)

f_c = *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam Air Umpan (ppm)

bc = *Total Dissolved Solid* (TDS) dalam Air Boiler (ppm)

$$\text{Blowdown Time} : = \frac{q_{BD}}{x}$$

Sumber : *Eonchemicals. 2021*

Ket :

q_{BD} = *Blowdown Rate* (kg/jam)

x = *Outlet Water Pipe 1,5"/Pengeluaran air pada pipa 1.5"* (liter/menit).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Data yang dikumpulkan didapatkan dari hasil uji laboratorium yang telah dilakukan oleh penulis. Pengambilan sampel dan pengujian dilakukan selama 29 hari. Sampel yang telah diambil di bawa ke laboratorium untuk dilakukan pengujian. Setiap sampel yang akan dilakukan pengujian, terlebih dahulu dilakukannya proses pendinginan hingga mencapai suhu ruangan, agar dapat menghindari terjadinya kerusakan pada alat yang digunakan dan mempengaruhi reaksi yang akan terjadi. Setelah diperoleh nilai TDS terhadap air *boiler* dan *feed tank* maka dapat dihitung nilai *blowdown rate* sebagai berikut:

Perhitungan Nilai Blowdown Rate

$$\begin{aligned}
 q_{BD} &= \frac{qS \times fc}{bc - fc} \\
 &= \frac{22600 \frac{kg}{jam} \times 55 \text{ ppm}}{1500 \text{ ppm} - 55 \text{ ppm}} \\
 &= \frac{1243000 \text{ kg/jam}}{1445} \\
 q_{BD} &= 860,21 \text{ kg/jam}
 \end{aligned}$$

Perhitungan Nilai Blowdown Time

Setelah diperoleh nilai *blowdown rate* maka dapat dihitung nilai *blowdown time* sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
 \text{Blowdown Time} &= \frac{q_{BD}}{x} \\
 &= \frac{860,21 \text{ kg/jam}}{1974,05 \text{ liter/menit}}
 \end{aligned}$$

$$\text{Blowdown Time} = 0,44 \text{ liter/menit}$$

Untuk menganalisis data dengan metode *statistical process control* akan dibuatkan hasil uji dalam bentuk peta kendali, dan *fishbone*. Pada penelitian ini penulis menggunakan bantuan *Microsoft Excell* dalam menghitung data yang telah diperoleh. Diketahui angka *blowdown rate* tertinggi pada tanggal 12 Desember 2023 yaitu 1019,95 kg/jam dan untuk *blowdown rate* terendah pada tanggal 09 Desember 2023 dan 29 Desember 2023 yaitu 755,62 kg/jam. Hal ini terjadi dikarenakan kondisi kejernihan air di *water basin* yang tidak sesuai dengan norma sehingga kinerja pada proses regenerasi anion dan kation menjadi semakin berat ditambah dengan kondisi dari resin yang sudah jenuh sehingga mengakibatkan tingginya TDS pada air *boiler* dan *feed water*. Dan berdasarkan diketahui angka *blowdown time* tertinggi pada tanggal 12 Desember 2023 yaitu 0,52 menit/jam atau sama dengan 31,2 detik, karena *blowdown rate* yang tinggi hingga membutuhkan waktu yang lebih lama untuk membuang padatan yang terdapat pada air *boiler*. Dan untuk angka *blowdown time* terendah pada tanggal 09 Desember 2023 dan 29 Desember 2023 yaitu 0,38 menit/jam atau sama dengan 22,8 detik. Hal ini terjadi dikarenakan kondisi *blowdown rate* yang rendah sehingga membutuhkan waktu yang lebih singkat untuk membuangnya.

Hasil Pengujian Peta Kendali (UCL dan LCL)

Data *blowdown rate* dan *blowdown time* yang telah diperoleh, selanjutnya dilakukan perhitungan *center line* atau garis tengah yang menunjukkan rata-rata dari data yang dimasukkan dalam grafik. Kemudian dilakukan perhitungan *upper control limit* (UCL) atau batas pengendali atas dan *lower control limit* (LCL) atau batas pengendali bawah untuk menetapkan kondisi proses masih dalam batas kendali atau tidak.

Perhitungan Nilai UCL dan LCL Blowdown Rate

1. Menghitung rata-rata

$$\begin{aligned}
 \bar{x} &= \frac{\sum x}{n} \\
 \bar{x} &= \frac{24412,64 \text{ Kg/Jam}}{28} = 871,88 \text{ Kg/Jam}
 \end{aligned}$$

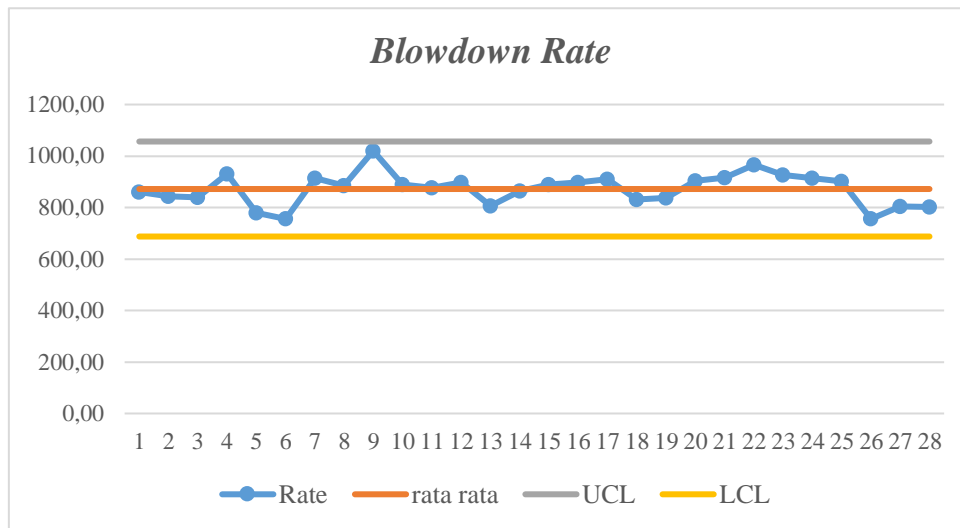
2. Menghitung Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = 61,50$$

2. Menghitung UCL dan LCL

$$\begin{aligned}
 \text{UCL} &= \bar{x} + 3 \cdot \sigma \\
 &= 871,88 + (3 \times 61,50) \\
 &= 1056,39
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{LCL} &= \bar{x} - 3 \cdot \sigma \\
 &= 871,88 - (3 \times 61,50) \\
 &= 687,37
 \end{aligned}$$



Gambar 3. Grafik *Blowdown Rate* Pada *Boiler* Kapasitas 24 ton/jam

Dari nilai UCL dan LCL yang didapatkan maka dapat digambarkan peta kendali pada gambar 3 dapat dilihat bahwa *blowdown rate* pada *boiler* kapasitas 24 ton/jam didapatkan UCL 1056,39% dan LCL 687,37%. Berdasarkan data grafik tersebut terdapat data yang mencapai nilai batas kendali yaitu 1019,95. Tetapi masih terlihat bahwa data berfluktuasi dalam batas kendali, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi/penyebaran datanya terkendali. Hal ini yang menyatakan tidak adanya data yang tersebar di luar *range* dikatakan tingkat keakurasiannya tepat dan data terkendali.

Perhitungan Nilai UCL dan LCL Blowdown Time

1. Menghitung rata-rata

$$\bar{x} = \frac{\sum x}{n}$$

$$\bar{x} = \frac{12,37 \text{ liter/menit}}{28} = 0,44 \text{ liter/menit}$$

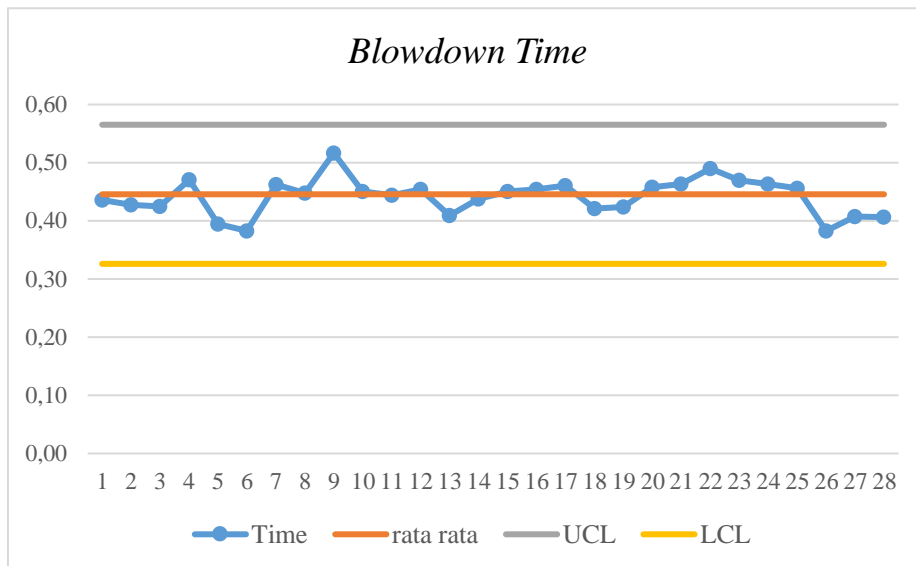
2. Menghitung Standart Deviasi

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (x - \bar{x})^2}{n}} = 0,03$$

3. Menghitung UCL dan LCL

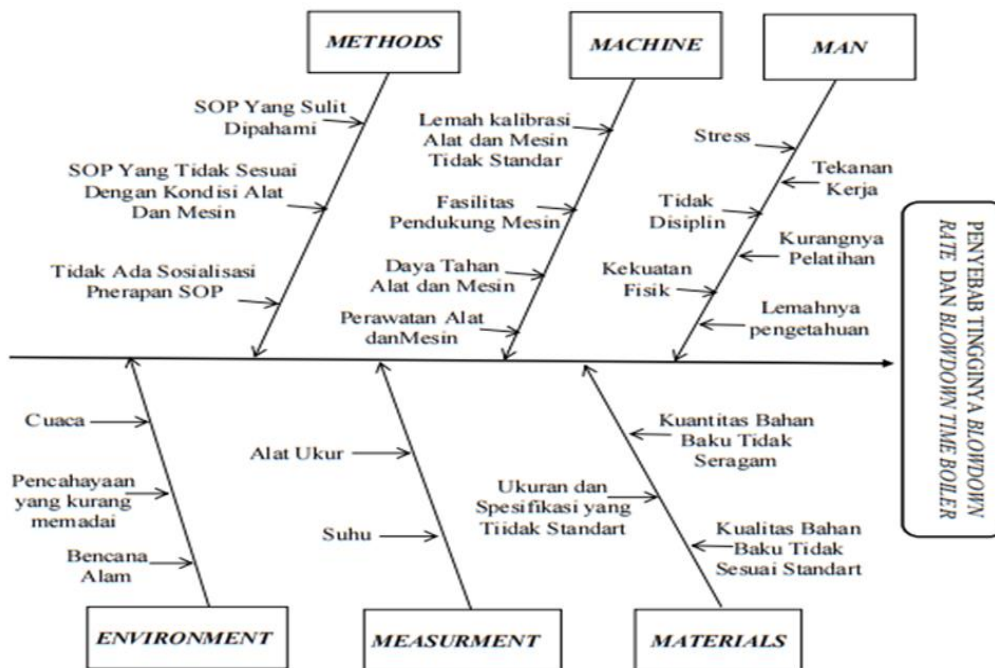
$$\begin{aligned} \text{UCL} &= \bar{x} + 3 \cdot \sigma \\ &= 12,37 + (3 \times 0,03) \\ &= 0,57 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{LCL} &= \bar{x} - 3 \cdot \sigma \\ &= 12,37 - (3 \times 0,03) \\ &= 0,33 \end{aligned}$$



Gambar 4. Grafik Blowdown Time Pada Boiler Kapasitas 24 ton/jam

Dari nilai UCL dan LCL, maka dapat digambarkan peta kendali pada gambar 4 dapat dilihat bahwa blowdown time pada boiler kapasitas 24 ton/jam didapatkan nilai UCL 0,57% dan LCL yaitu 0,33 %. Berdasarkan grafik tersebut seluruh nilai masih dalam batas kendali yaitu berada pada batas UCL dan LCL. Terlihat bahwa data berfluktuasi dalam batas kendali, sehingga dapat dikatakan bahwa variasi/penyebaran datanya terkendali dan tidak adanya data yang tersebar di luar range dikatakan tingkat keakurasiannya tepat dan datanya terkendali. Untuk menganalisa penyebab tingginya blowdown rate dan blowdown time maka perlu dilakukan analisa dengan menggunakan fishbone diagram sebagai berikut:



Gambar 5. Fishbone Diagram

Untuk menganalisa penyebab tingginya *blowdown rate* dan *blowdown time* dilakukan analisa dengan menggunakan *fishbone diagram* yang pada gambar 5 yaitu sebagai berikut:

1. *Man* (Manusia)

Man yang dimaksud disini yaitu merujuk pada sumber daya manusia yang terlibat atau berperan secara langsung dalam kegiatan operasional pabrik, dimana sumber daya manusia sangat mempengaruhi kemungkinan terjadi *blowdown rate* dan *blowdown time* yang tinggi. Beberapa faktor penyebabnya yaitu berupa lemahnya pengetahuan, ketidak disiplin, kekuatan fisik, tekanan kerja, stress dan juga kurangnya pelatihan terhadap bidang tugas yang diberikan.

2. *Machine* (Mesin dan Peralatan)

Mesin yang dimaksud disini yaitu segala peralatan yang digunakan dalam seluruh rangkaian kegiatan operasional pabrik kelapa sawit dimana mesin merupakan salah satu sumber penyebab tingginya *blowdown rate* dan *blowdown time* yang terjadi di pabrik kelapa sawit. Terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab yaitu perawatan alat dan mesin, fasilitas pendukung mesin, ketidak lengkapan mesin dan alat, pengkalibrasian mesin dan alat yang tidak standar, dan juga daya tahan mesin dan alat yang lemah.

3. *Methods* (Metode)

Metode atau tata cara kerja yang baik dapat mempengaruhi lancar dan berjalannya sebuah pekerjaan. Dalam sebuah pabrik kelapa sawit sebuah metode diciptakan dalam bentuk standar operasional prosedur (SOP) yang mana standar ini dijadikan acuan dalam mengoperasikan dan menjalankan untuk mencapai hasil yang telah ditetapkan sebagai standar. Pada aspek metode terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab tingginya *blowdown rate* dan *blowdown time* yaitu tidak adanya sosialisasi antara sesama pekerja dan kurangnya untuk saling mengingatkan terhadap bahaya yang terjadi dilingkungan kerja terhadap penerapan SOP yang tidak dipatuhi.

4. *Materials* (Bahan Baku)

Selain memiliki tenaga kerja yang ahli dalam bidangnya, untuk dapat mencapai hasil yang lebih baik juga harus dapat menggunakan bahan dan material yang disediakan sebagai salah satu sarannya. Pada aspek bahan baku terdapat beberapa faktor yang menjadi penyebab *blowdown rate* dan *blowdown time* yang tinggi yaitu seperti kualitas bahan baku tidak sesuai standar, kuantitas bahan baku tidak seragam, serta ukuran dan spesifikasi yang tidak standar.

5. *Measurement* (Pengukuran)

Proses pengukuran yang dilakukan untuk mendapatkan nilai atau ukuran yang akurat dari suatu objek atau komponen. Dalam dunia industri *measurement* menjadi bagian yang sangat penting karena memastikan bahwa setiap komponen sesuai dengan spesifikasi yang dibutuhkan. Pengukuran bisa tidak konsisten, sehingga sulit menggunakan data untuk membentuk kesimpulan berulang yang membantu menemukan penyebabnya. Sehingga dengan kurangnya akurat alat yang digunakan pada pengecekan sampel air *boiler* dapat menimbulkan hasil yang tidak optimal.

6. *Environment* (Lingkungan)

Dalam dunia industri *environment* (lingkungan) ini mencakup apa pun di luar kendali perusahaan yang dapat memengaruhi hasil. Faktor lingkungan yang tidak dapat diprediksi dan dikendalikan seperti cuaca, banjir, gempa bumi, kebakaran, dan lainnya. Meskipun banyak faktor lingkungan yang dapat diprediksi dan dapat dianggap dapat dikelola, ada beberapa faktor lingkungan yang tidak dapat dihindari yang tidak dapat dipersiapkan oleh beberapa fasilitas. Kurangnya pencahayaan pada pabrik juga dapat mempengaruhi kurang efektifnya karyawan untuk memaksimalkan kinerja, selain dengan bantuan lampu pencahayaan juga berdasarkan dari cuaca yang diluar kendali perusahaan dan kebisingan disertai dengan angin juga akan mempengaruhi efektivitas *boiler*.

KESIMPULAN

Efektivitas pada *boiler* yaitu dengan dilakukannya *blowdown* secara rutin yang bertujuan untuk mengendalikan air boiler terhadap parameter yang ditentukan untuk menghindari kurang kinerja pada *boiler*. Semakin tinggi nilai TDS yang terdapat pada *boiler* maka akan semakin lama waktu/durasi yang diperlukan untuk *blowdown* dan akan menyebabkan turunnya efektivitas pada *boiler* sehingga akan membutuhkan waktu yang lama untuk mengembalikan efektivitas *boiler*. Pada penelitian ini nilai TDS air *boiler* mencapai 2200 ppm dan nilai TDS pada *feed tank* mencapai 95 ppm, sehingga didapatkannya nilai *blowdown rate* 1019,95 Kg/jam dan *blowdown time* 0,52 liter/menit. Adapun faktor yang mempengaruhi tingginya nilai *blowdown rate* dan *blowdown time* terjadi dikarenakan tingginya nilai TDS yang terdapat pada boiler yang disebabkan oleh beberapa faktor seperti manusia, mesin dan peralatan, metode, bahan baku, pengukuran, dan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Andhika, Irawan, dkk. 2019. “*Simulasi pH Air untuk Air Boiler dan Air Chiller pada Mesin Produksi Refrigerator dengan Menggunakan Logica Fuzzy Hal 27*”. Semarang : Universitas Semarang

- [2] Elisabeth, Agnes. 2018. "*Analisis pH dan Kesadahan Total Pada Air Umpan Boiler di Pabrik Sinar Sawit Lestari (SSL) Aek Kanopan*". Medan. Politeknik Teknologi Kimia Industri
- [3] Fatimura, Muhrinsyah. 2016. "*Study Analisa Kualitas Air Boiler Menggunakan Standar American Society of Mechanical Engineers (ASME) Hal 49-52*". Palembang. Universitas PGRI Palembang.
- [4] Frastiyo, Andi. 2020. "*Sistem Kerja Blowdown Pada Mesin Boiler*". Institut Teknologi Nasional Yogyakarta
- [5] Helena, Anggica. 2020. "*Penerapan Metode Statistical Process Control Sebagai Pengendalian Kualitas Mortar*". Universitas Negeri Surabaya
- [6] Huda, Miftakul, dkk. 2021 "*Pengendalian Kualitas Dengan Menggunakan Metode Statistical Process Control*". Bekasi. Jurnal Administrasi Kantor Vol. 9, No. 2
- [7] Johan, Jusak. 2014. "*Mesin Penggerak Utama Turbin Uap Ahli Teknik Tingkat – III Hal 10 – 13*". Yogyakarta. Deepublish
- [8] Mukti, Sri. 2019. "*Analisis Pengendalian Kualitas Kemasan Botol Plastik Dengan Metode Statistical Process Control (SPC) di PT. Sinar Sosro KPB Pandeglang*". Jurnal InTent Vol. 2, No.1
- [9] Pardamean, Maruli. 2014. "*Mengelola Kebun dan Pabrik Kelapa Sawit Secara Profesional Hal – 166*". Jakarta. Penebar Swadaya
- [10] Rahayu, dkk. 2019. "*Analisis pH dan Kesadahan Total Pada Air Umpan Boiler di PMKS PT. SISIRAU Aceh Tamiang*". Langsa Aceh. Universitas Samudera
- [11] Siagian, Erliani. 2019. "*Analisis Kualitas Standar Air Umpan Pada Boiler Di PTPN II Pagar Merbau*". Medan. Politeknik Teknologi Kimia Industri