

ANALISIS KUALITAS *FEED WATER BOILER* MENGUNAKAN PETA KENDALI VARIABEL DI PT X

¹Muhamad Rizki Maulana, ²Didit Damur Rochman

^{1,2}Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Widyatama, Bandung

Alamat email: ¹rizki.maulana@widyatama.ac.id, ²diditdr@widyatama.ac.id

Abstrak

Feed Water Boiler adalah air yang digunakan untuk umpan *boiler*. *Boiler* adalah alat yang dapat menghasilkan uap panas untuk berbagai kebutuhan dalam sebuah industri. *Boiler* harus dijaga agar efisiensinya cukup tinggi, sehingga kualitas air yang diumpankan harus memenuhi standar. Kandungan yang dianalisa pada *feed water boiler* adalah pH, klorin, dan *hardness*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisa dan pemantauan kadar *hardness* pada *feed water boiler* dengan pengukuran sebanyak tiga kali dalam satu hari. Pengolahan data dilakukan untuk menentukan mutu kualitas *feed water boiler* dengan menggunakan peta kendali X dan R dengan 25 sampel. Banyaknya titik yang keluar batas kontrol menunjukkan bahwa mutu kualitas *feed water boiler* tersebut tidak baik. Peta kendali X dan R dapat digunakan untuk pemantauan mutu kualitas *feed water boiler* dengan hasil yang dapat dilihat pada grafik. Kadar *Hardness* tidak terkendali secara statisti karena dipengaruhi oleh *valve* yang tidak berfungsi, proses regenerasi terpakai pada jadwal dan kurangnya pasokan air yang menghambat proses regenerasi.

Kata Kunci: *Hardness*, *Feed Water Boiler*, Kualitas, Peta Kendali X, Peta Kendali R

I. Pendahuluan

Ketel Uap (*boiler*) merupakan suatu alat untuk mengubah air menjadi uap air yang memiliki tekanan dan temperatur tertentu yang selanjutnya akan digunakan untuk proses pemanasan atau untuk di konversi menjadi tenaga penggerak. Untuk melakukan proses tersebut diperlukan proses pembakaran bidang-bidang tertentu pada ketel uap. Bahan Bakar yang di gunakan bermacam-macam dari yang populer seperti batubara, cangkang dan fiber, minyak bakar, listrik, gas, sampah, dan lain sebagainya. Ketel Uap merupakan bagian terpenting dari penemuan teknologi yang merupakan pemicu lahirnya revolusi industri.

Dalam proses mengubah air menjadi uap, air yang masuk kedalam ketel harus memiliki persyaratan kualitas tertentu sehingga produksi uap dan kekuatan peralatan ketel uap dapat dijaga sesuai dengan ketentuan. Pengolahan air sebelum masuk ketel uap merupakan salah satu masalah yang perlu mendapat perhatian dalam perencanaan sebuah ketel uap. Secara garis besar, air yang berasal dari waduk yang di pompakan ke suatu bak yang diberi sekat/*baffle* dengan sistem aliran *overflow* dan *underflow* dengan tujuan untuk mendapatkan zat-zat padat yang berikuk dalam air sungai. Selanjutnya di tambahkan tawas *aquaflock AN-9* dan soda ash ke dalam air, agar zat padat yang melayang menjadi *flock* dan mengkogulasi, sehingga mudah untuk dipisahkan. Banyaknya penambahan zat kimia ini tergantung pada kualitas air yang digunakan.

PT X sebagai salah satu perusahaan yang bergerak di bidang farmasi, menggunakan boiler sebagai mesin utama yang berperan penting pada proses produksi selanjutnya. Penelitian dilakukan pada area *water treatment plant* dengan job desc pemantauan *feed water boiler*. Pemantauan dilakukan dengan cara melakukan pengukuran kadar air pada *feed water boiler* dan dilakukan identifikasi parameter yang telah ditentukan oleh perusahaan secara kimiawi. Parameter yang dilakukan pengecekan adalah kadar pH, Klorin, dan *Hardness*. Berdasarkan hasil pengamatan awal yang ditunjukkan pada Tabel 1, dari ketiga parameter yang digunakan didapat kadar *Hardness* yang tidak sesuai dengan spesifikasi. Hasil yang didapat dari pengukuran kadar *Hardness* jauh dari spesifikasi yang bisa mengakibatkan terjadinya kerak pada boiler. Sehingga diperlukan perbaikan sistem untuk memperbaiki mutu kualitas *feed water boiler*.

Tabel 1 Data Pengukuran Hardness Air

Tanggal	Hasil Pengukuran Hardness (ppm)			Tanggal	Hasil Pengukuran Hardness (ppm)		
	Shift 1	Shift 2	Shift 3		Shift 1	Shift 2	Shift 3
3/10/2023	19	21	25	18/10/2023	15	17	21
4/10/2023	33	14	18	19/10/2023	25	28	32
5/10/2023	22	26	29	20/10/2023	35	15	18
6/10/2023	31	25	15	21/10/2023	22	25	28
7/10/2023	19	23	27	22/10/2023	31	35	14
8/10/2023	31	35	39	24/10/2023	19	24	28
10/10/2023	16	19	22	25/10/2023	33	37	41
11/10/2023	24	27	32	26/10/2023	15	19	21
12/10/2023	36	16	19	27/10/2023	24	27	32
13/10/2023	21	23	27	28/10/2023	36	15	18
14/10/2023	31	34	14	29/10/2023	23	26	29
15/10/2023	18	22	26	1/11/2023	32	36	15
17/10/2023	31	36	41				

Berdasarkan latar belakang yang telah dipaparkan, tujuan dari penelitian ini diantaranya adalah mengidentifikasi permasalahan pengendalian kualitas air *feed boiler* serta menentukan cara untuk melakukan pemantauan kualitas air *feed boiler* yang konsisten sesuai dengan syarat spesifikasi. Pemantauan peralatan dan deteksi kesalahan yang terjadi pada *feed boiler*, memungkinkan adanya transisi dari *preventive maintenance* ke *predictive maintenance* (Moleda dkk., 2020).

Untuk menghindari penelitian yang terlalu luas, maka beberapa batasan penelitian ini diantaranya adalah hanya dilakukan di area *water treatment plant* dan *boiler plant*, serta pengumpulan data dilakukan dengan cara identifikasi air *feed boiler* pada area *water treatment plant*.

II. Studi Literatur

Kualitas merupakan sebuah bentuk dan karakteristik barang dan jasa yang menunjukkan kemampuan untuk memuaskan kebutuhan yang tampak secara jelas maupun tersembunyi (Heizer & Render, 2011). Dalam sebuah perusahaan, kualitas produk atau jasa perlu dijaga untuk memastikan keinginan konsumen terpenuhi dan perusahaan dapat berjalan secara berkelanjutan.

Pengendalian kualitas merupakan sebuah sistem untuk melakukan verifikasi derajat kualitas produk atau proses yang dikehendaki dengan cara perencanaan yang seksama, serta tindakan yang diperlukan (Wignjosoebroto, 2003). Salah satu tools yang sering digunakan dalam pengendalian kualitas diantaranya adalah peta kendali dan fishbone diagram. Peta kendali merupakan alat untuk mengawasi penyimpangan kualitas secara cepat, sehingga dapat dengan mudah untuk menentukan keputusan apa yang harus diambil jika terjadi produk yang menyimpang. Peta kendali juga ditentukan untuk membuat batas-batas dimana hasil produksi menyimpang dari mutu yang diinginkan. Selain penyimpangan kualitas, variasi produk merupakan sebuah faktor yang perlu dikendalikan, semakin besar variasi maka produk yang dihasilkan menjadi kurang baik.

Peta kendali X dan R digunakan untuk melakukan pengendalian proses yang mempunyai karakteristik kontinyu, sehingga disebut sebagai peta kendali untuk data variabel. Peta kendali X menunjukkan perubahan yang terjadi dalam ukuran titik pusat atau rata-rata, sedangkan peta kendali R menunjukkan variasi produk yang dihasilkan (Gaspersz, 2001). Penelitian Wardhana, dkk., (2018), melakukan analisis pada pengolahan minyak sawit dengan menggunakan peta kendali variabel, dengan menggunakan fishbone diagram didapatkan faktor-faktor penyebab simpangan kualitas dari proses pengolahan minyak sawit. Penelitian (Wibowo, Khikmawati, & Sagala, 2019), melakukan analisis bahan olahan karet dengan peta kendali variabel X dan R, dimana hasilnya adalah sebanyak 22,5% data dari peta kendali X dan 10% data dari peta kendali R tidak memenuhi standar mutu yang ditetapkan. Penelitian (Hamsah, Purnamasari, & Satriya, 2019), melakukan penerapan peta kendali dalam pengendalian kualitas produk dengan menggunakan peta

kendali Exponentially Weight Moving Average (EWMA) dan Double Exponentially Weight Moving Average (DWMA). Hasil yang didapatkan adalah data tidak ada yang berada di luar batas kendali sehingga dapat disimpulkan bahwa kualitas produk terjaga dengan baik.

III. Metodologi Penelitian

Tahapan langkah yang dilakukan dalam penelitian ini secara garis besar adalah:

1. Melakukan pengumpulan data dengan cara observasi dan wawancara terkait kadar hardness pada feed water boiler.
2. Melakukan pengolahan data dengan peta kendali X dan peta kendali R.
3. Analisis hasil peta kendali dan masalah dengan menggunakan *fishbone diagram*.
4. Melakukan usulan perbaikan dan perhitungan kembali peta kendali X dan peta kendali R
5. Analisis keseluruhan dan penarikan kesimpulan serta saran.

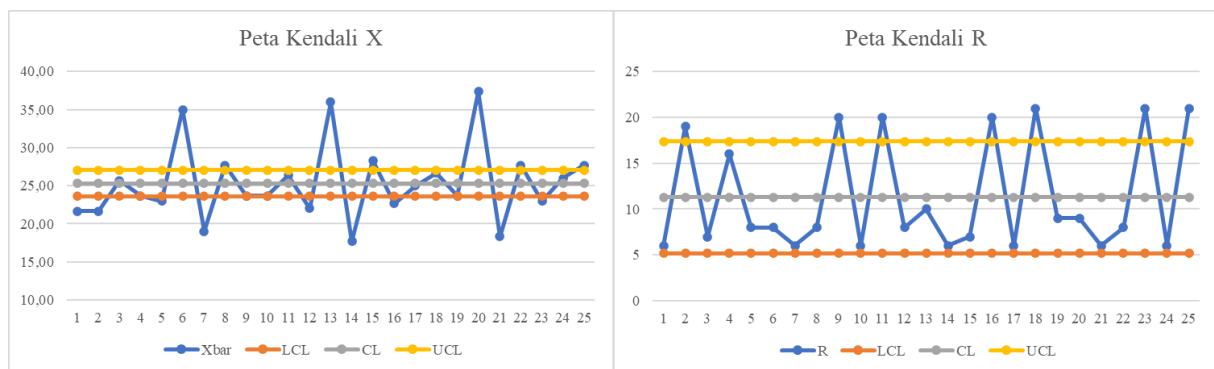
IV. Hasil dan Pembahasan

Langkah pertama dalam penelitian ini adalah dengan menentukan nilai R dan X berdasarkan hasil pengumpulan data yang telah dilakukan. Hasil pengolahan data ditunjukkan pada Tabel 2. Data pengukuran tersebut dilakukan pengolahan data menggunakan Peta Kendali X dan R.

Tabel 2 Pengolahan Data Peta Kendali X dan R

No Sampel	Tanggal	Xbar	R	Peta X			Peta R		
				LCL	CL	UCL	LCL	CL	UCL
1	03/10/2022	21,67	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
2	04/10/2022	21,67	19	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
3	05/10/2022	25,67	7	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
4	06/10/2022	23,67	16	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
5	07/10/2022	23,00	8	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
6	08/10/2022	35,00	8	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
7	10/10/2022	19,00	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
8	11/10/2022	27,67	8	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
9	12/10/2022	23,67	20	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
10	13/10/2022	23,67	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
11	14/10/2022	26,33	20	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
12	15/10/2022	22,00	8	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
13	17/10/2022	36,00	10	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
14	18/10/2022	17,67	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
15	19/10/2022	28,33	7	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
16	20/10/2022	22,67	20	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
17	21/10/2022	25,00	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
18	22/10/2022	26,67	21	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
19	24/10/2022	23,67	9	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
20	25/10/2022	37,33	9	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
21	26/10/2022	18,33	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
22	27/10/2022	27,67	8	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
23	28/10/2022	23,00	21	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
24	29/10/2022	26,00	6	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38
25	01/11/2022	27,67	21	23,59	25,32	27,05	5,18	11,28	17,38

Data hasil perhitungan kemudian dipetakan dalam Grafik Peta Kendali X dan Grafik Peta Kendali R yang ditunjukkan pada Gambar 2. Dilihat dari grafik kendali X dan R untuk pengukuran *Hardness feed water boiler* menunjukkan bahwa proses diluar batas kontrol kendali, yang berarti mutu kendali kualitas kadar Hardness air tidak terkendali dengan baik. Nilai *hardness* standar yang ditetapkan oleh perusahaan yaitu lebih kecil dari 10 ppm, dimana nilai tersebut merupakan standar rekomendasi dari *vendor boiler*.



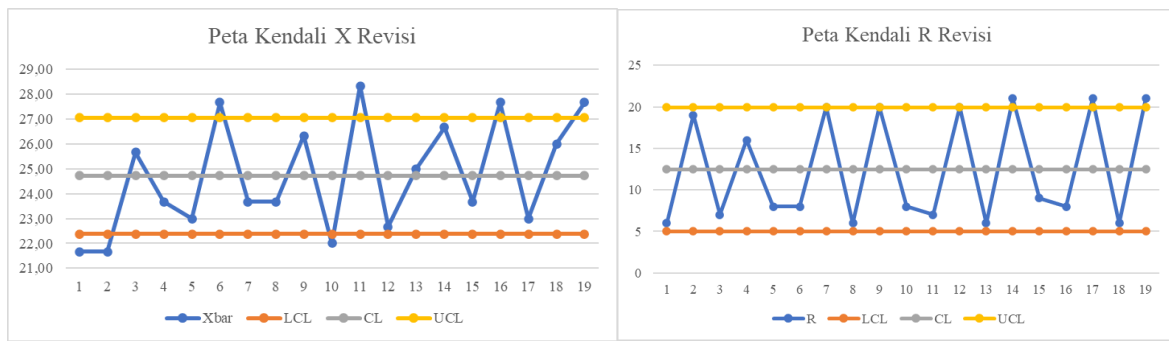
Gambar 1 Peta Kendali X dan R

Sampel dengan ukuran yang terlalu besar menyebabkan grafik menjadi *out of control*. *Control chart* harus diperbaiki jika ditemukan data *out of control*. Memperbaiki (revisi) *control chart* dengan membuang data-data yang di luar kendali yaitu data yang melebihi batas kendali kontrol, kemudian dihitung kembali dan ditampilkan dalam *control chart*. Pembuangan data tersebut dilakukan pada data yang *out of control* yaitu sampel ke 6, 7, 13, 14, 20, 21. Hasil perbaikan data ditunjukkan pada Tabel 3.

Tabel 3 Pengolahan Data Peta Kendali X dan R Revisi

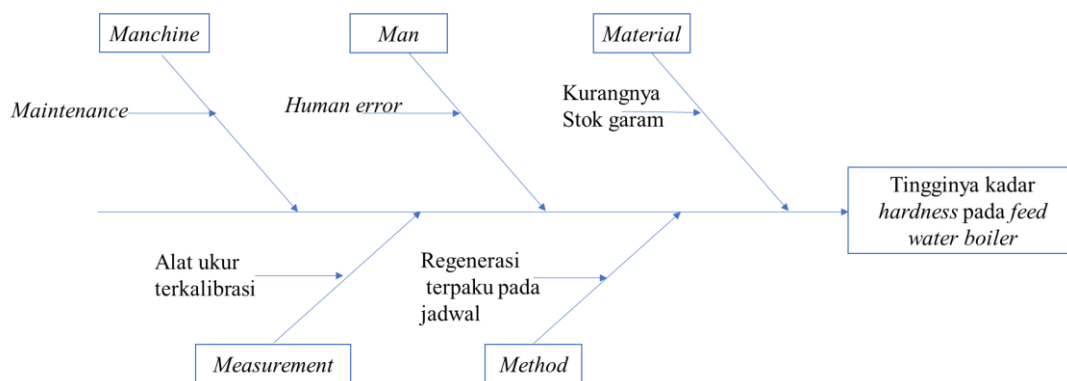
Tgl	Xbar	R	Peta X			Peta R		
			LCL	CL	UCL	LCL	CL	UCL
03/10/2022	21,67	6	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
04/10/2022	21,67	19	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
05/10/2022	25,67	7	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
06/10/2022	23,67	16	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
07/10/2022	23,00	8	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
11/10/2022	27,67	8	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
12/10/2022	23,67	20	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
13/10/2022	23,67	6	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
14/10/2022	26,33	20	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
15/10/2022	22,00	8	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
19/10/2022	28,33	7	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
20/10/2022	22,67	20	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
21/10/2022	25,00	6	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
22/10/2022	26,67	21	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
24/10/2022	23,67	9	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
27/10/2022	27,67	8	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
28/10/2022	23,00	21	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
29/10/2022	26,00	6	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92
01/11/2022	27,67	21	22,39	24,72	27,05	5,03	12,47368	19,92

Data hasil perhitungan revisi dipetakan kembali dalam Grafik Peta Kendali X dan Grafik Peta Kendali R yang ditunjukkan pada Gambar 4. Setelah dilakukan revisi penghilangan data *out of control* pertama dan dilakukan perhitungan ulang, didapat hasil bahwa proses tidak terkendali secara statistik. Hal ini ditunjukkan dengan masih adanya data yang *out of control* sehingga perlu dilakukan investigasi lebih lanjut serta *improvement* untuk memperbaiki kualitas mutu *feed water boiler*.



Gambar 2 Peta kendali X dan R Revisi

Untuk menentukan penyebab tingginya nilai kadar hardness pada feed water boiler diidentifikasi dengan menggunakan fishbone diagram. Hasil identifikasi fishbone diagram ditunjukkan pada Gambar 6.

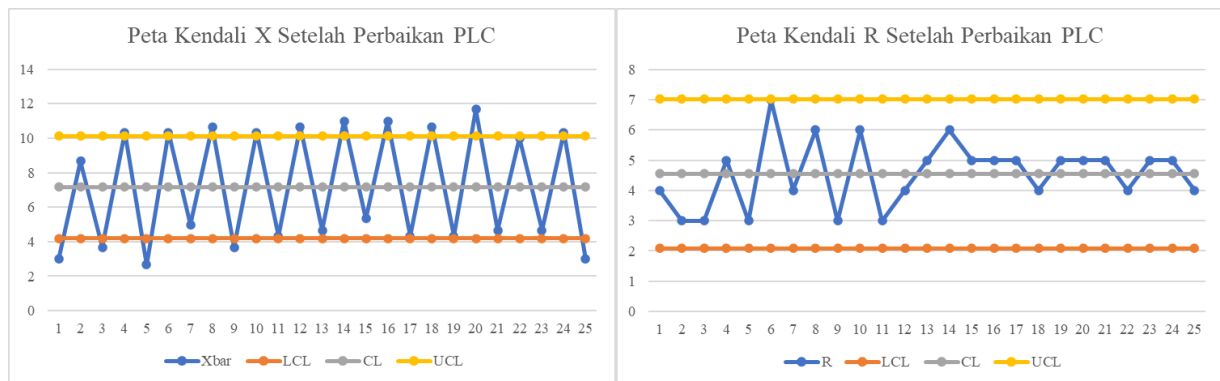


Gambar 3 Fishbone Diagram Penyebab Tingginya Kadar Hardness pada Feed Water Boiler

Terjadinya data *out of control* diamati dengan bagan diagram fishbone yang diakibatkan oleh beberapa faktor. Berdasarkan hasil diskusi dan wawancara, didapat dua faktor utama penyebab tingginya kadar hardness pada air yaitu dari faktor perawatan yaitu pada salah satu *valve* yang tidak terbuka sehingga menyebabkan proses regenerasi tidak berjalan dengan baik. Dari faktor metode, diketahui proses regenerasi terpaku pada jadwal, yang seharusnya dilakukan ketika kadar *hardness* tinggi.

Berdasarkan hasil investigasi menggunakan diagram *fishbone* dan hasil diskusi, maka perlu dilakukan *improvement* yang lebih lanjut yaitu perlu dilakukannya perbaikan fungsi *valve* yang tidak berfungsi karena adanya kesalahan komunikasi pada *Programmable Logic Control* (PLC). Perbaikan dilakukan dengan cara diperbaiki pada program agar *valve* tersebut berfungsi kembali. *Valve* yang tidak berfungsi menjadi penyebab tingginya kadar *hardness* karena proses regenerasi tidak maksimal. Hasil peta kendali X dan R setelah dilakukan perbaikan PLC ditunjukkan pada Gambar 5.

Selain perbaikan PLC perlu dilakukan perubahan jadwal regenerasi menjadi 2 hari sekali, regenerasi yang saat ini dilakukan terpaku dengan jadwal yang telah ditentukan yaitu pada hari selasa, kamis, dan minggu. Jarak pada hari kamis ke minggu berselang waktu selama 3 hari yang menyebabkan perubahan spike grafik menjadi lebih besar. Seharusnya proses regenerasi dilakukan pada saat kadar *hardness* melebihi spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan.



Gambar 4 Peta Kendali X dan R Setelah Perbaikan PLC

Setelah dilakukan perbaikan fungsi valve pada saat regenerasi dengan memprogram ulang pada program PLC menghasilkan kadar *hardness* yang turun secara signifikan. Tetapi, spike pada grafik masih berada diluar batas kendali kontrol yang disebabkan karena proses regenerasi dilakukan selama 2 hari sekali, baiknya dilakukan ketika kadar *hardness* melebihi spesifikasi perusahaan. Selain itu, pemakaian debit air yang tinggi untuk pasokan ke boiler mempengaruhi proses regenerasi, karena kurangnya pasokan air kedalam penampungan. Jika proses regenerasi tetap dilanjutkan mengakibatkan *drop water* dan *drop pressure*. Cara mengatasi hal tersebut yaitu dengan memperbesar penampungan air atau menambah tank resin agar produksi dapat tetap berjalan dan proses regenerasi dapat dilakukan.

V Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengolahan data dan pembahasan yang telah dilakukan, maka dapat diambil kesimpulan sebagai bahwa hasil pengukuran *hardness feed water boiler* terjadi penyimpangan data yang signifikan. Kondisi ini berarti perlu dilakukan perbaikan untuk mengendalikan kualitas kadar *hardness* air. Improvement awal yang dilakukan untuk mengendalikan kualitas air *feed boiler* yang konsisten sesuai dengan syarat spesifikasi yaitu dengan perbaikan fungsi *valve* pada saat regenerasi dengan memprogram ulang pada program PLC, proses regenerasi dilakukan pada saat kadar *hardness* melebihi spesifikasi yang telah ditentukan perusahaan yaitu 10 ppm, dan juga dengan memperbesar penampungan air atau menambah tank resin agar produksi dapat tetap berjalan dan proses regenerasi dapat dilakukan. Secara keseluruhan perlu dilakukan analisis investigasi lebih lanjut untuk mempertahankan mutu kualitas *feed water boiler* agar masuk spesifikasi perusahaan sebesar 10 ppm.

Daftar Pustaka

- [1] Gaspersz, V. (2001). *Total Quality Management*. Jakarta: Gramedia Pustaka Utama.
- [2] Hamsah, L., Purnamasari, I., & Satriya, A. M. (2019). Penerapan Peta Kendali Exponentially Weight Moving Average (EWMA) dan Peta Kendali Double Exponentially Weight Moving Average (DEWMA) dalam Pengendalian Kualitas Produk Mie pada UD. Sinar Sulawesi. *Prosiding Seminar Nasional Matematika dan Statistika* (pp. 222-230). Samarinda: Universitas Mulawarman.
- [3] Heizer, J., & Render, B. (2011). *Operation Management*. Jakarta: Salemba Empat.
- [4] Moleda, M., Momot, A., & Mrozek, D. (2020). Predictive Maintenance of Boiler Feed Water Pumps using SCADA Data. *Sensors MDPI*, 571.
- [5] Wardhana, M. W., Sulastri, & Kurniawan, E. A. (2018). Analisis Peta Kendali Variabel pada Pengolahan Produk Minyak Sawit dengan Pendekatan Statistical Quality Control (SQC). *Jurnal Rekayasa Teknologi dan Sains*, 27-34.

- [6] Wibowo, H., Khikmawati, E., & Sagala, M. (2019). Analisis Statistical Quality Control Bahan Olahan Karet (Bokar) Jenis Sir 20 dengan Pendekatan Peta Kendali Variabel. *Seminar Nasional Multi Disiplin Ilmu UNAYA* (pp. 1-10). Aceh: Universitas Abulyatama.
- [7] Wignjosoebroto, S. (2003). *Pengantar Teknik & Manajemen Industri*. Surabaya: Guna Widya.