

DESAIN DAN PEMBUATAN ALAT MONITORING KEBOCORAN RESIN PADA SOFTENER INTERNAL WATER TREATMENT DI SUNGAI BUAYA MILL

Aditya Prambudi^{1*}, Idad Syaeful Haq¹, Novelita Wahyu Mondamina¹,

¹Program Studi Teknologi Pengolahan Sawit, Institut Teknologi Sains Bandung, Indonesia

Abstrak. *Water softener system* adalah sistem pengolahan air untuk menghilangkan kalsium dan magnesium pada air melalui tangki *softener* sebagai umpan *boiler*. Air yang telah diolah pada *external water treatment* akan melalui *softener*, *feed water tank*, *deaerator*, dan menuju ke *boiler*. Masalah yang muncul yaitu kebocoran resin pada *softener* yang masuk ke dalam *feed water tank* dan dikhawatirkan terikut sampai ke *upper drum boiler*. Kondisi ini disebabkan oleh pecahnya *strainer* pada *softener*. Resin yang terikut hingga ke *upper drum* mengandung *hardness* dan menyebabkan pertukaran ion *hardness* pada *softener* tidak maksimal yang berdampak timbulnya kerak pada *boiler*. Atas dasar itu, perlu dirancang alat untuk mendeteksi dini kebocoran resin *softener*. Penelitian ini bertujuan mengetahui cara mendeteksi dini kebocoran resin *softener*, mengetahui perancangan dan pembuatan alat deteksi dini kebocoran resin *softener* (*resin trap*) pada saat proses berjalan, mengetahui kebutuhan biaya dan perbandingan potensi penghematan jika terjadi kebocoran resin. Metode penelitian menggunakan metode eksperimen dengan menyusun diagram *Ishikawa* untuk mengetahui akar permasalahan. *Resin trap* dibuat melalui tiga tahap yaitu, pembuatan *casing*, pembuatan saringan, dan perakitan resin *trap*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa setelah alat dipasang, tidak ada resin yang terdeteksi karena *strainer* pada *softener* dalam keadaan baik. Selain itu telah dilakukan uji coba pada *wire mesh* yang digunakan sebagai penyaring resin menunjukkan bahwa resin tetap tertahan oleh *wire 40 mesh* karena resin berukuran $\pm 1-2\text{mm}$ sedangkan diameter tiap lubang *wire mesh* $\pm 0,42\text{mm}$. Biaya yang dihabiskan dalam pembuatan alat sebesar Rp3.996.227,00 dengan potensi kerugian jika resin bocor 10 liter Rp437.580,00; 20 liter Rp875.160,00; 50 liter Rp2.187.900,00; 100 liter Rp4.375.800,00; 200 liter Rp8.751.600,00. Dengan kapasitas *softener* 2000 liter. Alat ini akan berfungsi dengan baik untuk waktu yang lama karena pipa yang dipilih telah melebihi kekuatan yang dibutuhkan.

Kata Kunci : *Softener*, Resin, Indikator kebocoran, *Wire Mesh*.

^{1*} Corresponding author: adityaprambudi50@gmail.com

1. Pendahuluan

1.1 Latar Belakang

Pabrik kelapa sawit (PKS) adalah tempat pengolahan Tandan Buah Segar (TBS) menjadi *Crude Palm Oil* (CPO). Dalam pengolahannya, TBS harus melewati stasiun-stasiun yang ada di PKS dengan parameter nya masing-masing. Di PKS terdapat stasiun utama dan stasiun pendukung. Stasiun utama terdiri dari stasiun penerimaan, stasiun *sterilizer*, stasiun *threshing*, stasiun *pressing*, dan stasiun klarifikasi. Sedangkan stasiun pendukung terdiri dari stasiun *nut and kernel*, stasiun *Water Treatment Plant (WTP) & boiler*, stasiun *engine room*, laboratorium, dan *workshop*.

Air merupakan komponen penting bagi pabrik kelapa sawit. Air digunakan untuk berbagai keperluan, seperti sebagai pendingin, pembersihan, dan yang paling vital adalah air sebagai bahan baku utama guna keperluan *boiler* sebagai jantung pabrik atau pembangkit energi bagi pabrik kelapa sawit. Secara umum air merupakan senyawa kimia yang tersusun dari hidrogen dan oksigen dengan rumus H_2O . Air dapat bereaksi dengan molekul di berbagai fasa yang berbeda dan juga salah satu komponen yang paling stabil. Berdasarkan sifat tersebut, maka air yang terdapat di bumi tidak pernah dalam keadaan murni, tetapi banyak mengandung *impurities*/kontaminan seperti padatan tersuspensi, padatan terlarut dan gas. Melihat hal diatas maka pabrik kelapa sawit memiliki bagian untuk mengolah air yaitu *water treatment plant*. *Water treatment plant* berguna untuk memproduksi air yang bersih dan jernih, mengurangi biaya *raw water treatment*, mengurangi biaya *boiler water treatment* dengan hasil air yang bersih dan jernih dan memperpanjang umur operasional *boiler* sehingga dapat mengurangi biaya perbaikan.

Proses yang terjadi pada *internal water treatment* salah satunya adalah *water softener system*. *Water softener system* adalah sistem pengolahan air untuk menghilangkan kalsium dan magnesium pada air melalui tangki *softener*. Pada tangki ini menggunakan bahan kimia NaCl yang digunakan untuk regenerasi. Pada tangki *softener* terdapat resin yang mengandung H^+ dan Na^+ . *Softener* bertujuan untuk menghilangkan kesadahan pada air, yang kita kenal kesadahan dapat menyebabkan terbentuknya kerak. Di Sungai Buaya Mill terdapat dua tangki *Softener*, tangki no. 1 dan 2. Tangki no. 1 menggunakan *strainer* berbahan *stainless steel* dan tangki no. 2 menggunakan *strainer* berbahan plastik. Berdasarkan *history breakdown* tangki *softener*, telah dilakukan beberapa kali penggantian *strainer* pada tangki no. 2 karena *strainer* yang pecah. Ketika *strainer* pecah maka resin dapat keluar dan lolos masuk ke *feed water tank*. *Strainer* dapat pecah kemungkinan disebabkan oleh *life time* yang sudah habis atau karena tekanan yang berlebih pada *strainer*. Pecahnya *strainer* dapat diketahui melalui air keluaran proses regenerasi yang mengandung resin, memeriksa langsung *box* yang ada diatas *feed water tank* dan ketika pencucian tangki *feed water tank*.

Masalah utamanya adalah tidak ada indikator atau pun alat yang bisa mengindikasikan bahwa resin telah bocor ketika *strainer* pecah pada saat proses produksi berjalan. Maka dari itu perlunya dibuat "Saringan dan *Monitoring* Kebocoran Resin Pada *Internal Water Treatment* Sungai Buaya Mill".

1.2 Rumusan Masalah

Beberapa rumusan masalah yang menjadi acuan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana cara mendeteksi dini kebocoran resin *softener* ?
2. Bagaimana mendesain dan membuat alat deteksi kebocoran resin *softener* (*resin trap*) pada saat proses berjalan ?
3. Berapa kebutuhan biaya dan perbandingan potensi penghematan jika terjadi kebocoran resin?

1.3 Tujuan Penelitian

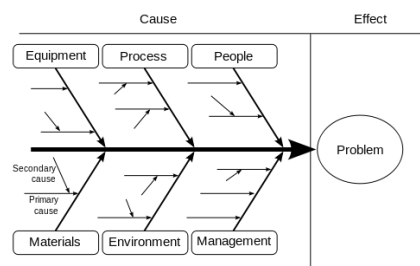
Penelitian ini dilakukan dengan tujuan untuk:

1. Mengetahui cara mendeteksi dini kebocoran resin *softener*.
2. Mengetahui desain dan pembuatan alat deteksi dini kebocoran resin *softener* (*resin trap*) pada saat proses berjalan.
3. Mengetahui kebutuhan biaya dan perbandingan potensi penghematan jika terjadi kebocoran resin.

2. Landasam Teori

2.1 Analisis Akar Penyebab (*Root Cause Analysis*)

Root Cause Analysis (RCA) adalah proses mengidentifikasi faktor-faktor penyebab masalah menggunakan pendekatan terstruktur dengan teknik yang dirancang untuk memberikan fokus untuk mengidentifikasi dan menyelesaikan masalah. Metode ini dilakukan secara berurutan yang mengarah pada penemuan kesalahan atau akar penyebab. Di dalam metode RCA ini terdapat berbagai alat bantu (*tool*), salah satunya adalah diagram *Ishikawa/Fishbone*. Diagram *Ishikawa* merupakan diagram berbentuk tulang ikan yang akan membantu menemukan berbagai penyebab (*causes*) dan variasi kemungkinannya (*possibilities*). Diagram sebab-akibat (*cause-effect*) dapat mengungkapkan hubungan penting dalam sebuah variabel dan kemungkinan penyebab yang memberikan informasi tambahan ke dalam perilaku proses. Penyebab ini dapat diturunkan dari proses curah pendapat (*brainstorming*) yang dimasukkan dalam label kategori tulang ikan tersebut. Teknik untuk membuatnya dengan pertanyaan “mengapa” (*why*). Kategori dalam diagram sebab-akibat pada manufaktur biasanya mencakup 4 M, yaitu Mesin/teknologi, Metode (proses/inspeksi), Material dan Manusia [1].



Gambar 1 Diagram *Ishikawa*

2.2 Stasiun *Water Treatment Plant*

Pabrik kelapa sawit memiliki stasiun pendukung yaitu *water treatment plant*. berfungsi mengolah air dari sungai untuk dijernihkan dan dihilangkan kotorannya sehingga dapat dipakai dalam proses pengolahan. Pada stasiun *water treatment plant* terdapat dua proses, yaitu *eksternal water treatment* dan *internal water treatment* [2].

2.3 *Softener*

Softener merupakan sebuah tangki dimana di dalam tangki tersebut terdapat resin yang mengandung ion positif (H^+). *Softener* berada di *Internal Water Treatment*. *Softener* berfungsi untuk menghilangkan *hardness* (kalsium dan magnesium) dari air umpan *boiler*. *Hardness* dihilangkan agar kemungkinan pembentukan kerak pada *boiler* dapat di minimalisir. Didalam *Softener* terdapat resin pertukaran ion sintesis dimana jika air yang masih sadah melewati lapisan resin ini, maka sodium yang terdapat pada resin akan digantikan dengan *hardness* (ion Ca^{2+} dan Mg^{2+}) yang ada didalam air [3].



Gambar 2. *Softener*

2.3.1 *Strainer*

Strainer adalah alat berfungsi sebagai penahan media atau dalam hal ini adalah resin. *Strainer* menahan resin agar tetap berada didalam tanki *softener* pada saat *softener* beroperasi. *Strainer* yang digunakan pada *softener* berukuran 0,2 mm [4].



Gambar 3. *Strainer*

2.3.2 Resin

Resin adalah suatu polimer yang berperan sebagai medium pada pertukaran ion. Dengan bentuk berupa butiran yang memiliki diameter $\pm 1-2$ mm. Berfungsi menghilangkan *hardness* pada air [5].



Gambar 4. *Resin*

2.4 Wire Mesh

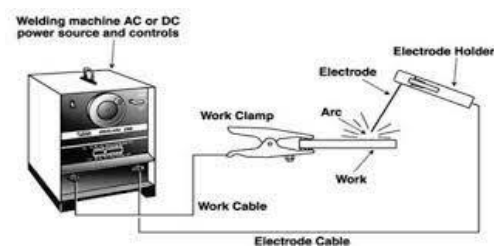
Wire Mesh adalah anyaman kawat berlubang yang merupakan bagian dari *vibrating screen* berfungsi menyaring/memisahkan *Non Oil Solid* (NOS) yang terdiri dari serabut berukuran besar dan pasir yang terikat Bersama dengan *Diluted Crude Oil* (DCO) yang lolos dari *Sand Trap tank*. Pengertian dari 40 *mesh* adalah terdapat 40 lubang dalam satu inchi persegi pada ayakan [6].



Gambar 5. *Wire 40 mesh*

2.5 Pengelasan/Welding

Pengelasan merupakan proses penyambungan antara dua buah logam sampai titik rekristalisasi logam baik dengan menggunakan bahan tambah maupun tidak dan menggunakan energi panas sebagai pencair bahan yang dilas [7].



Gambar 6. Las Listrik

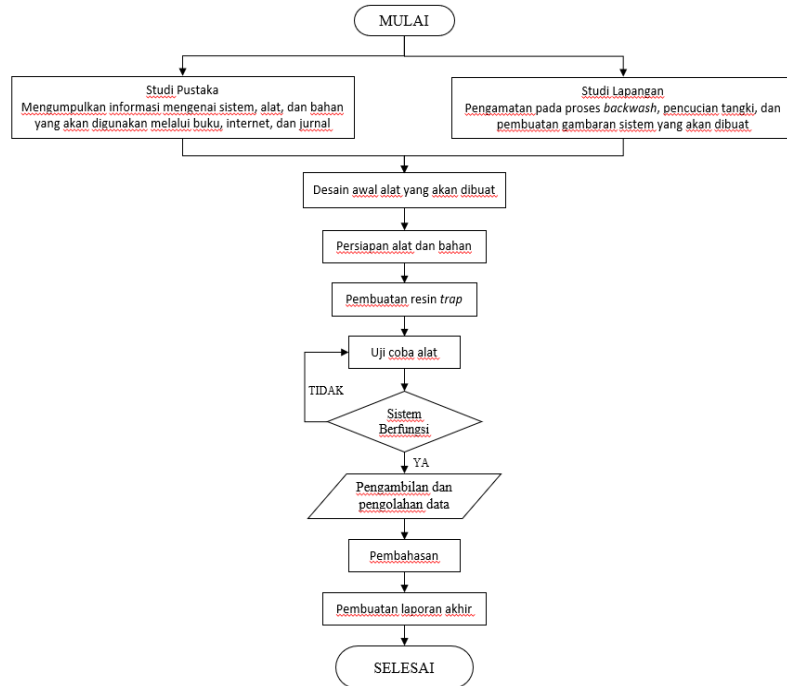
3. Metode Penelitian

Metode penelitian yang digunakan adalah metode kualitatif dan metode kuantitatif.

3.1 Metode Diagram *Ishikawa*

Dalam tahapan penentuan akar penyebab masalah, digunakan *tools* diagram *Ishikawa* [8]. Diagram ini akan mengelompokkan penyebab masalah pada beberapa kategori utama. Terdapat empat kategori utama yang digunakan di diagram *Ishikawa*, yaitu aspek manusia, aspek alat, aspek lingkungan, dan aspek metode.[9].

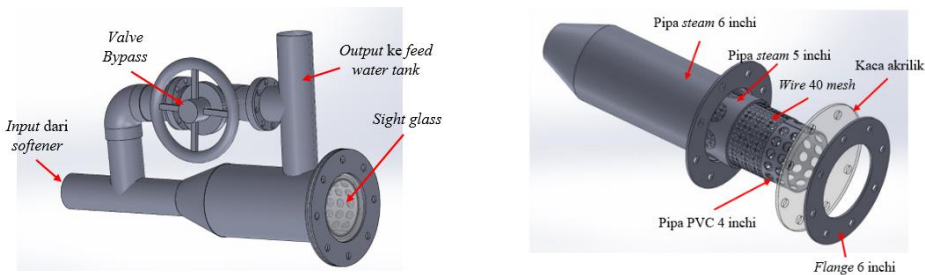
3.2 Alur Prosedur Penelitian



Gambar 7. Diagram Alur Prosedur Penelitian

3.3 Desain Resin Trap

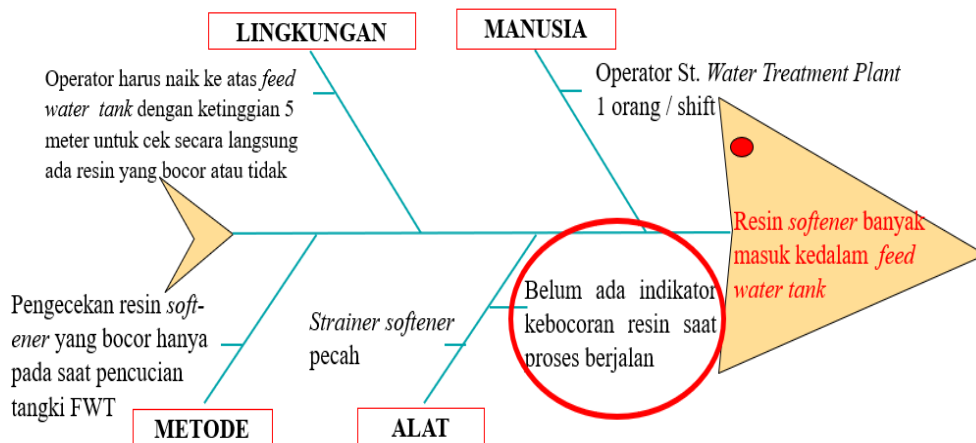
Desain resin trap dibuat menggunakan aplikasi *Solidworks* dengan satuan inci.



Gambar 8. Desain Resin Trap

4. Hasil dan Pembahasan

4.1 Penentuan Akar Penyebab Masalah



Gambar 9. Diagram Ishikawa

4.2 Tahap-tahap Pembuatan Resin Trap

1. Pembuatan *Casing*

Pembuatan *casing* diawali dengan melakukan pembuatan komponen-komponen pembentuk *casing*, seperti melakukan pemotongan pipa, pembuatan *reducer*, pembuatan lubang keluaran air, pembuatan dan pemasangan *flange*, pemasangan pipa dan *valve bypass*, pembuatan karet gasket, pemotongan kaca akrilik,



Gambar 10. Perakitan komponen *casing*

2. Pembuatan Saringan

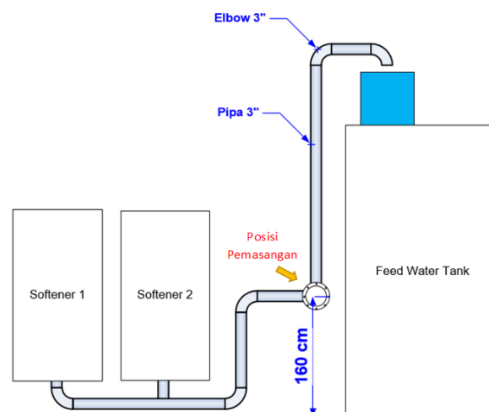
Komponen-komponen saringan terdiri dari *wire 40 mesh* yang berfungsi untuk mensaring resin yang terikut bersama dengan air keluaran *softener*, Pipa *steam* lima inchi dan pipa PVC empat inchi yang masing-masing berfungsi sebagai penjepit bagian luar dan dalam dari *wire 40 mesh* agar memperpanjang *lifetime wire mesh*.



Gambar 11. Perakitan saringan dengan penjepit

3. Perakitan Resin Trap

Casing dan saringan yang telah dibuat akan dirakit dengan cara memasukan saringan kedalam *casing* dan ditutup menggunakan kaca akrilik. Kaca akrilik berfungsi sebagai *monitoring* jika terjadi kebocoran resin maka resin akan terlihat melalui *sight glass* (akrilik). Resin trap yang telah dibuat di ruang fabrikasi akan dibawa menuju stasiun *internal water treatment plant* untuk selanjutnya dilakukan pemasangan.



Gambar 12. Tampak Depan Posisi Pemasangan Resin Trap



Gambar 13. Pemasangan Resin Trap

Hasil pembuatan resin trap menggunakan wire 40 mesh bekas vibrating screen yang kemudian dimasukkan ke dalam pipa enam inci dengan tujuan Wire mesh memerangkap resin jika resin softener bocor. Jika strainer yang ada didalam softener pecah maka resin akan lolos keluar, pada desain sebelumnya ketika strainer pecah maka resin akan keluar dari softener dan masuk kedalam feed water tank sehingga keefektifan penurunan kesadahan dapat menurun dan dikhawatirkan resin akan sampai ke drum boiler dan dapat mengganggu kinerja boiler dalam menghasilkan steam.

Ketika strainer pecah dan resin keluar dari softener, alat ini akan menahan resin tetap didalam casing dan air akan melewati saringan dan masuk kedalam feed water tank. Operator yang mengecek resin trap setiap over shift akan melihat melalui sight glass. Resin yang terperangkap di dalam casing akan terlihat melalui kaca akrilik (sight glass).

4.3 Hasil Modifikasi

4.3.1 Uji Coba Resin Trap

Pengambilan sampel air dilakukan mulai dari tanggal 17 Mei 2022 s/d 16 Juni 2022.

Tabel 1. Data Pengumpulan Sampel Air

No	Tanggal	Resin		Tanggal	Resin	
		Ada	Tidak		Ada	Tidak
1	17 Mei 2022		√	2 Juni 2022		√
2	18 Mei 2022	√		3 Juni 2022		√
3	19 Mei 2022	√		4 Juni 2022		√
4	20 Mei 2022	√		5 Juni 2022		√
5	21 Mei 2022	√		6 Juni 2022		√
6	22 Mei 2022			7 Juni 2022		√
7	23 Mei 2022		√	8 Juni 2022		√
8	24 Mei 2022	√		9 Juni 2022		√
9	25 Mei 2022	√		10 Juni 2022		√
10	26 Mei 2022	√		11 Juni 2022		√
11	27 Mei 2022	√		12 Juni 2022		√
12	28 Mei 2022	√		13 Juni 2022		√
13	29 Mei 2022			14 Juni 2022		√
14	30 Mei 2022		√	15 Juni 2022		√
15	31 Mei 2022		√	16 Juni 2022		√

Dari data yang telah diambil, tidak ditemukan resin yang terikut bersama air karena strainer yang ada pada softener masih dalam keadaan baik.

4.3.2 Uji Coba Wire Mesh Terhadap Tingkat Kelolosan Resin

Tabel 2. Ukuran Mesh Terhadap Milimeter [10]

Inci	Millimeter	Mikron	Mesh
0.265	6.73	6730	3
0.187	4.76	4760	4
0.157	4	4000	5
0.132	3.36	3360	6
0.111	2.83	2830	7
0.0937	2.38	2380	8
0.0787	2	2000	10
0.0661	1.68	1680	12
0.0555	1.41	1410	14
0.0469	1.19	1190	16
0.0394	1	1000	18
0.0331	0.841	841	20
0.028	0.707	707	25
0.0238	0.7	700	28
0.0232	0.595	595	30
0.0187	0.5	500	35
0.0165	0.42	420	40
0.0138	0.354	354	45
0.0117	0.297	297	50
0.0098	0.25	250	60
0.0083	0.21	210	70
0.007	0.177	177	80

Diameter resin $\pm 1-2$ mm, berdasarkan Tabel di atas bahwa diameter setiap lubang pada *wire 40 mesh* adalah 0,42 mm. ukuran resin 3-4 kali lebih besar dibandingkan dengan lubang *wire 40 mesh*. Dapat disimpulkan bahwa kemungkinan alat ini tidak dapat menangkap resin sangat kecil. Jadi berdasarkan rancangan dan perhitungan yang telah dilakukan, alat ini akan bekerja dengan baik ketika ada kebocoran resin *softener*.

4.3.3 Potensi Kerugian Jika Terjadi Kebocoran Resin

Berdasarkan data yang diambil dari SAP (*System Application and Processing*) di PKS Sungai Buaya bahwa harga resin yang digunakan adalah Rp43.758,00/liter dengan kapasitas tangki *Softener* adalah 2000 liter. Maka potensi kerugian jika terjadi kebocoran resin dapat dilihat pada Tabel dibawah ini.

Tabel 3. Potensi Kerugian jika terjadi Kebocoran

Barang	Harga	Jumlah kebocoran (liter)	Jumlah kerugian
Resin	Rp 43.758	10	Rp 437.580
Resin	Rp 43.758	20	Rp 875.160
Resin	Rp 43.758	50	Rp 2.187.900
Resin	Rp 43.758	75	Rp 3.281.850
Resin	Rp 43.758	100	Rp 4.375.800
Resin	Rp 43.758	200	Rp 8.751.600

4.4 Data Hasil Kuesioner

Kuesioner merupakan instrumen dalam pengumpulan data penelitian. Kuesioner adalah instrumen penelitian yang terdiri dari kumpulan pertanyaan yang bertujuan untuk mengumpulkan data dari responden yang selanjutnya dikumpulkan dan diolah untuk mendapatkan data pada level mikro [11].



Gambar 14. Data Hasil Kuesioner

Poin 1 : Desain dan Pembuatan Alat Monitoring Kebocoran resin Pada Softener merupakan temuan yang Inovatif.

Poin 2 : Membantu mengetahui *monitoring* kebocoran resin.

Poin 3 : Setelah dilakukan pemasangan alat dapat mengetahui kebocoran resin lebih mudah.

Poin 4 : Alat ini dapat diterapkan di PKS lain yang menggunakan *softener*.

Dari enam responden memberikan penilaian rata-rata S-SS (Setuju dan Sangat Setuju). Secara umum, hasil pembuatan resin *trap* sudah cukup baik digunakan pada *internal water treatment* dan dapat dikembangkan lebih luas dengan penambahan sensor agar berjalan otomatis.

4.5 Perawatan (Pembersihan) Resin Trap

Perawatan perlu dilakukan untuk menjaga kondisi alat agar tetap bekerja secara normal. Perawatan yang dilakukan seperti pengecekan kondisi *valve*, kebersihan saringan dari kotoran ataupun kerak, kebersihan kaca akrilik dari kerak dan kotoran, kebersihan harus diperhatikan khususnya pada kaca akrilik untuk menjaga keefektifan dalam pengecekan resin yang lolos. Pembersihan resin *trap* dilakukan 1 bulan sekali. Pembersihan resin *trap* dilakukan pada hari minggu atau pada hari libur dengan langkah pembersihan sebagai berikut.

1. Buang air yang ada di dalam jalur pipa dan resin *trap* dengan cara membuka *valve* keluaran *backwash* atau keran untuk pengambilan sampel air;
2. Buka *flange* dan kaca akrilik;
3. Keluarkan saringan dari dalam *casing*;
4. Bersihkan saringan dan kaca akrilik dari kotoran dan kerak;
5. Masukkan kembali saringan kedalam *casing* dan pasang kaca akrilik lalu kunci dengan *flange*.

4.6 Alternatif Upaya Jika Terjadi Kebocoran Resin

Pada saat *strainer softener* pecah dan resin keluar dari *softener* maka langkah-langkah pencegahan yang dapat dilakukan agar dapat meminimalkan banyaknya resin yang masuk *feed water tank* yaitu :

1. Tutup *valve* tangki *softener* yang bocor;
2. Buka *valve* tangki *softener* cadangan;
3. Buka *valve by-pass* resin *trap*;
4. Buat segera laporan kerusakan ke departemen *maintenance*.

4.7 Biaya Bahan yang di Habiskan

Seluruh bahan yang digunakan berasal dari gudang dan besi tua yang ada di PKS Sungai Buaya. Biaya yang dikeluarkan untuk membuat resin *trap* yaitu Rp 1.840.717 dengan *valve* yang digunakan adalah *valve* bekas *bypass modulating valve* dan *wire mesh* bekas *vibrating screen*. Sedangkan biaya yang dikeluarkan jika seluruh bahan baru adalah Rp 3.996.227. *Valve* ini dipilih karena lebih dari cukup untuk menahan tekanan air dan meminimalisir biaya yang dikeluarkan untuk membuat resin *trap*.

5. Kesimpulan

Berdasarkan data hasil dan pembahasan pada bagian sebelumnya dapat dibuat kesimpulan sebagai berikut :

1. Cara mengetahui kebocoran resin yaitu, mengecek langsung pada *strainer* tangki *softener*, atau dengan membuat resin *trap* yang dapat dilihat melalui *sight glass* resin *trap*.
2. Proses pembuatan resin *trap* diawali dengan membuat desain menggunakan aplikasi *Solidworks* lalu pengerjaan terbagi menjadi tiga bagian kerja yaitu pembuatan *casing*, pembuatan saringan, dan perakitan resin *trap*.
3. Biaya yang dihabiskan dalam pembuatan alat sebesar Rp3.996.227,00 dengan potensi kerugian jika resin bocor 10 liter Rp437.580,00; 20 liter Rp875.160,00; 50 liter Rp2.187.900,00; 100 liter Rp4.375.800,00; 200 liter Rp8.751.600,00.

6. Saran

Berdasarkan hasil dan pembahasan, penulis memberikan beberapa saran yaitu sebagai berikut :

1. Untuk penelitian lebih lanjut dapat ditambahkan sensor HC-SR04 atau sensor laju aliran dan sirene ketika terjadi kebocoran resin.
2. Dapat dikembangkan dengan penambahan dua *valve* agar ketika terjadi resin bocor dapat segera dilakukan pembersihan saringan.
3. Perlu dilakukannya terlebih dahulu perbandingan antara diameter *wire mesh* dengan diameter resin agar resin dapat terperangkap.
4. Dapat dilakukan kajian terhadap penyebab pecahnya *strainer softener*.

Referensi

- [1] I. S. Haq, "Perancangan dan Pembuatan Indikator Volume Kernel di Kernel Storage Bin pada Stasiun Nut and Kernel Pabrik Kelapa Sawit," *J. VOKASI Teknol. Ind. JVTI*, vol. 3, no. 2, Art. no. 2, Nov 2021.
- [2] I. B. Rahardja, A. L. Siregar, dan A. W. Lestari, "PENGARUH PENGGUNAAN SODA ASH TERHADAP PARAMETER pH DAN TURBIDITY PADA EXTERNAL WATER TREATMENT," *J. Teknol.*, vol. 12, no. 1, Art. no. 1, Feb 2020, doi: 10.24853/jurtek.12.1.9-20.
- [3] A. Tuhuloula, "STUDI KASUS : PELUNAKKAN AIR MENGGUNAKAN PENUKAR KATION AMBERLITE IR – 120," vol. 7 No. 2, hlm. 6, Desember 2006.
- [4] P. Meiliyana, "PENGARUH PANJANG FILTER SOFTENER RESIN TERHADAP KUALITAS AIR DI DUKUH TOPRAYAN DESA CAWAS KECAMATAN CAWAS KLATEN," hlm. 15.
- [5] M. E. Kosim, D. Prambudi, dan R. Siskayanti, "Analisis Efisiensi Penukar Ion Sistem Demineralisasi Pada Pengolahan Air di Proses Produksi Electroplating," *Pros. Semnastek*, no. 0, Art. no. 0, Des 2021, Diakses: 28 Juli 2022. [Daring]. Tersedia pada: <https://jurnal.umj.ac.id/index.php/semnastek/article/view/11456>
- [6] H. Mujiyanto dan M. Rahmi, "PENGARUH SUDUT KEMIRINGAN (INKLINASI) TERHADAP UNJUK KERJA AYAKAN GETAR (VIBRATING SCREEN)," *Sigma Tek.*, vol. 2 No.2, hlm. 7.
- [7] H. Saputra, A. Syarief, dan Y. Maulana, "ANALISIS PENGARUH MEDIA PENDINGIN TERHADAP KEKUATAN TARIK BAJA ST37 PASCA PENGELASAN MENGGUNAKAN LAS LISTRIK," *J. Ilm. Tek. Mesin Unlam*, vol. 03, hlm. 8, 2014.
- [8] I. mutu, "Root Cause Analysis Adalah Cara Menganalisis Penyebab Masalah - Labmutu." <https://www.labmutu.com/2020/09/root-cause-analysis.html> (diakses 15 September 2022).
- [9] H. Purba, "Diagram Fishbone Ishikawa - Hardi Purba," *Hardi Purba Blog*. <https://hardipurba.com/diagram-fishbone-ishikawa/> (diakses 6 Agustus 2022).
- [10] A. Thoncionus, "Mesh & Micron Sizes," *andythoncionus*, 14 Februari 2018. <https://andythoncionus.wixsite.com/andythoncionus/single-post/2018/02/14/mesh-micron-sizes> (diakses 17 Agustus 2022).
- [11] R. Ilmiyana, "Cara Membuat Kuesioner dalam Penelitian | Blog IPB Training," 24 Maret 2021. <https://blog.ipbtraining.com/blog/cara-membuat-kuesioner-dalam-penelitian/> (diakses 21 Agustus 2022).