

Analisa Air Umpan Boiler Dengan Parameter *Potential Hydrogen* (pH) Dan Kesadahan Studi Kasus di PT. XYZ

Sigit Arrohman¹, Dzikri Sabiqul Ula^{2*}

¹Program Studi Teknik Mesin, Universitas Jenderal Soedirman, Purbalingga, Jawa tengah, Indonesia

²Program Studi Teknik Mesin, Universitas Muria Kudus¹, Kudus, Jawa Tengah, Indonesia

*E-mail: 202254031@std.umk.ac.id (corresponding author)

Abstrak

Perusahaan XYZ merupakan perusahaan yang bergerak dalam bidang hasil tembakau. Perusahaan ini memerlukan air yang akan digunakan untuk proses boiler. Keberadaan air umpan boiler ini sangat penting dikarenakan untuk mengoptimalkan kinerja boiler. Tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini mengoptimalkan kinerja air umpan boiler dengan parameter PH dan kesadahan sehingga dapat bekerja optimal. Metode penelitian di lakukan dengan melakukan pengujian langsung pada hari yang sama proses boiler beroperasi. Pengujian yang dilakukan adalah uji pH dan kesadahan air. Pengujian pH dan Kesadahan nantinya menjadi titik ukur air sebelum masuk ke dalam boiler. Hasil penelitian yang diperoleh adalah 9,4- 9,9 dan kesadahan berkisar 15-20 ppm. Kesadahan dan pH yang masuk dalam air umpan boiler menunjukkan trace/aman sesuai dengan standar dari PT XYZ.

Kata kunci: Boiler, Kesadahan, pH, Kualitas Air Umpan.

1. Pendahuluan

Air merupakan kebutuhan penting bagi manusia dan makhluk hidup. Perusahaan XYZ adalah perusahaan yang bergerak di bidang industri hasil tembakau yang memerlukan air untuk proses produksinya. Industri hasil tembakau memerlukan air untuk proses produksi Perusahaan yaitu menggerakkan boiler. Standar air yang bisa masuk ke dalam boiler perlu dikaji lebih lanjut agar boiler dapat bekerja dengan optimal. Adapun standar uji air minimal harus sudah memenuhi standar yang ditentukan oleh perusahaan. Pengujian ini dilakukan dengan proses kimia untuk membuat air yang tidak memenuhi air yang masuk ke boiler [1].

Industri hasil tembakau menggunakan boiler untuk mengeringkan hasil tembakau melalui uap air hasil proses pemanasan. Boiler bekerja dengan cara menstransfer panas dari proses pembakaran air dan menghasilkan uap air dan mentransfer panas nya. Uap air hasil dari pemanasan dalam boiler perlu diatur. Pengaturan ini diperlukan untuk panas yang digunakan bisa stabil, perawatan boiler menjadi lebih jarang. Tekanan hasil pembakaran air dalam boiler memiliki tekanan yang besar dan sebanding dengan ledakan mesiu [2]. Uap air memiliki berat jenis yang lebih rendah sehingga bergerak ke atas dalam boiler dan kotoran nya akan ke bawah. Kotoran ini akan mengendap dan menyebabkan boiler menjadi cepat berkarat. Hal ini perlu adanya perawatan boiler dan dapat mempengaruhi kinerja perusahaan.

Air dapat melarutkan semua komponen yang terdapat di alam, walaupun zat lain memiliki tingkat kelarutan yang berbeda. Jenis dan jumlah komponen yang terkandung dalam air tergantung pada kondisi sumber air di sekitar perusahaan [3]. Jenis dan komponen yang beragam membuat air dalam proses umpan boiler akan berpengaruh pada kinerja boiler. Kualitas air dalam proses umpan boiler perlu diperhatikan agar kinerja boiler dan menjaga produksi perusahaan terjaga. Pengujian pH dan kesadahan dalam proses umpan boiler diperlukan untuk menjaga kualitas air yang masuk ke dalam boiler.

Ada beberapa parameter pengujian yang dapat menentukan bahwa air tersebut kualitasnya layak untuk digunakan, yaitu pengujian fisik seperti warna, uji kimia seperti jumlah padatan terlarut (TDS), dan uji pH serta kesadahan. Jadi, kualitas air mengacu pada kesesuaian dan kepastian air untuk tujuan penggunaannya. Nilai pH merupakan indikator

parameter penting untuk menentukan kualitas air karena mempengaruhi proses biologis dan kimia dalam air. Nilai keasaman atau pH menunjukkan aktivitas dan konsentrasi ion H^+ dalam suatu larutan [4].

Air pengisi boiler yang digunakan adalah air yang tidak menimbulkan korosi pada boiler selama digunakan. jenis pengotor dapat mempengaruhi kinerja boiler. Pengotor dapat mengakibatkan korosi pada boiler jika ada zat pengotor yang masuk dalam boiler melalui air. Pada suhu dan tekanan tinggi zat pengotor dapat membahayakan kinerja boiler. PT XYZ menerapkan uji pH dan Kesadahan untuk merawat dan memperbaiki air umpan boiler yang masuk. Kesadahan dalam air yang tinggi nantinya akan menghasilkan kerak dan korosi saat proses pemanasan pada boiler. Korosi ini dapat menghambat aliran air, kebocoran dan penipisan pipa pada boiler [5]. Oleh karena itu, unsur-unsur yang dapat menimbulkan sedimentasi dan akibatnya menimbulkan korosi dan endapan kerak kapur harus dihindari. Jika air yang digunakan mengandung unsur-unsur ini, air tersebut harus diolah terlebih dahulu agar tidak memengaruhi fungsi boiler [6].

Melalui penelitian ini, bertujuan untuk mengetahui pentingnya melakukan pengecekan air umpan boiler untuk memastikan bahwa kondisi air boiler sesuai dengan standar yang sudah ditentukan, sehingga boiler dapat beroperasi dengan aman dan efisien, serta mengurangi biaya perawatan dan penumpukan kerak pada pipa.

2. Metodologi

Metode pendekatan dalam penelitian ini dengan deskriptif kualitatif yang bersifat observasi. Pengumpulan data selama 3 minggu di PT XYZ. Pengambilan sampel air dilakukan selama 1 minggu sekali berdasarkan peraturan PT XYZ. Sampel air yang dibutuhkan sebanyak 10 ml untuk uji pH dan 400 ml untuk uji kesadahan air umpan boiler.

2.1 Alat Dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu pH meter, *Water Test Kit*, Botol Batas 10 ml, botol minum *aquadest* dan laptop. Bahan penelitian ini adalah air *internal treatment*.

2.2 Pengujian Sampel pH

Pengujian pH dengan cara mengambil air umpan boiler kemudian memasukkan kedalam botol *aquadest*, kemudian hidupkan pH meter, lakukan pembilasan elektroda pada pH dengan air bersih. Setelah bersih elektroda dikeringkan dengan tisu atau lab tipis. Masukkan elektroda pH meter kedalam air umpan boiler. Tunggu beberapa saat sampai menunjukkan hasil pH secara konstan dan catat hasil pada alat tulis.

2.3 Pengujian Sampel Kesadahan

Pengujian Kesadahan dengan cara membilas botol batas 10 ml beberapa kali dengan air yang akan diukur kesadahannya, masukkan sampel air umpan boiler kedalam botol batas, tambahkan 2 tetes Reagent A lalu aduk dengan baik, tambahkan 2 tetes Reagent B aduk dengan baik, apabila larutan air berwarna biru kesadahan total air dapat dikatakan “trace” sedangkan apabila larutan air berwarna ungu atau merah anggur lanjutkan dengan titrasi dengan Reagent C1 tetes demi tetes kemudian aduk, lalu amati perubahan warna pada setiap tetes hingga larutan berwarna biru. Jumlah sampel dalam penelitian ini adalah 5 buah sampel air yang akan dilakukan proses test PH dan Kesadahan.

3. Hasil dan pembahasan

Hasil uji pH dan kesadahan PT XYZ untuk mengukur air umpan boiler setelah dilakukan proses pengambilan data selama 3 minggu penelitian. Hasil uji pH dan kesadahan air di PT XYZ adalah sebagai berikut.

Tabel 1. Hasil Analisa Air Umpan Boiler dengan Parameter pH dan Kesadahan di PT XYZ.

No.	Minggu	Parameter		Standar Perusahaan	
		pH	Kesadahan	pH	Kesadahan
1.	Pertama	9,4	trace	9,2 - 12	<20ppm
2.	Kedua	9,6	40 ppm	9,2 - 12	<20ppm
3.	Ketiga	9,9	trace	9,2 - 12	<20ppm

3.1. Analisa pH air umpan boiler

Hasil pH air umpan boiler di PT. XYZ menunjukkan nilai berkisar antara 9,4 hingga 9,9. Pemeriksaan ini menunjukkan hasil yang sesuai dengan standar perusahaan yaitu berkisar antara 9,2 hingga 12. Pentingnya memperhatikan pH air boiler adalah agar boiler dapat berjalan dengan lancar dan meningkatkan efisiensi pengoperasian, sehingga biaya operasional lebih optimal. Dengan memantau pH, dapat mencegah terjadinya korosi, deposit, dan *carry over* yang terjadi ketika padatan/kotoran seperti pasir silika dari air boiler dibawa ke dalam uap, yang bisa membentuk kerak pada boiler dan pipa boiler.

pH air pada minggu pertama sampai ketiga menunjukkan posisi yang aman dari standar yang telah diterapkan di PT XYZ. PT XYZ sudah melakukan upaya untuk memproses agar pH air umpan yang masuk ke boiler sesuai standar. Proses filtrasi air yang masuk ke boiler memberikan sistem pemurnian air berjalan dengan baik. Namun, pada minggu ke 3 pelaksanaan penelitian kadar pH air yang digunakan meningkat. Hal ini dikarenakan pada minggu ini terjadi hujan. Sehingga terjadi perubahan air di PT XYZ. Stabilitas pH air umpan air boiler dapat menurunkan laju korosi dan pembentukan zat asam. pH yang rendah dapat memicu timbulnya kerak dan berpotensi korosi semakin besar [7]. Sehingga PT XYZ berupaya untuk memperbaiki system air umpan boiler ini untuk kinerja boiler dan keberlanjutan Perusahaan dan usahanya.

Menurut Muktar Ali dkk., pH yang rendah merupakan salah satu kondisi yang dapat memicu terjadinya korosi. Hal ini sangat berbahaya karena pada pH rendah, ion hidrogen terendapkan pada permukaan logam, menyebabkan gas keluar dari permukaan logam dan menyebabkan korosi. Ion hidrogen yang terbentuk akan menembus kapur dan mengalami dekarbonisasi segera setelah mengenai permukaan pipa. Pada pH tinggi, material pipa di dalam boiler menjadi sangat rapuh karena meningkatnya konsentrasi alkali. Air boiler, yang sudah bersifat basa, perlahan-lahan masuk ke dalam ruang-ruang material pipa dan memicu reaksi kimia, menyebabkan bagian pipa (seperti siku/lengkungan) menjadi rapuh [8].

3.2. Analisa Kadar Kesadahan

Kesadahan adalah suatu keadaan dimana terdapat kandungan kapur yang berlebihan di dalam air. Pada dasarnya, prinsip dari kesadahan ialah terkontaminasinya air dengan unsur logam seperti kalsium (Ca) dan magnesium (Mg). Jadi, jika kedua zat tersebut bersama-sama membentuk sebuah ion, maka kesadahan total dapat terjadi [9]. Hal ini diperkuat oleh pernyataan Effendi, H. (2003), bahwa semakin tinggi nilai Kalsium dan Magnesium semakin tinggi pula nilai kesadahannya [10]. Dari hasil analisis Tabel 1 kesadahan air *boiler* di PT. XYZ dengan pemeriksaan 1 kali dalam seminggu selama 3 minggu menghasilkan warna biru menandakan kesadahan total berada pada nilai *Trace* atau Nol (<20 ppm) untuk analisa pertama dan ketiga, sedangkan pada analisa kedua pada tanggal 3 februari menghasilkan warna ungu dengan nilai 40ppm. Nilai kesadahan yang didapat pada analisa pertama dan ketiga masih memenuhi standar pH yang

telah ditetapkan oleh PT. XYZ. Sedangkan pada analisa ketiga kesadahan tidak memenuhi standar yang di tentukan oleh PT. XYZ.

Nilai standar kesadahan total untuk air umpan boiler di PT. XYZ adalah <20ppm. Menurut Amri and Harmawan menyatakan bahwa apabila kesadahan total pada air umpan *boiler* lebih dari <20ppm maka akan menyebabkan terbentuknya kerak pada boiler yang disebabkan oleh adanya pengendapan. Jika pada *boiler* terdapat lapisan kerak yang tebal maka akan lebih sulit dalam pembersihannya. Pembersihan yang mudah dapat dilakukan dengan menggunakan bahan kimia seperti larutan asam dan dilakukan dengan hati-hati agar boiler tidak mengalami kerusakan [9].

Sedangkan menurut Haryono, penggunaan air sadah yang terlalu tinggi dapat berpengaruh terhadap aspek teknis dan aspek ekonomi yang sangat merugikan, yakni diantaranya dapat menimbulkan karat pada sistem perpipaan, sabun menjadi sulit membusa, dan menimbulkan endapan atau kerak-kerak di dalam wadah-wadah pengolahan, timbulnya kerak pada alat-alat rumah tangga yang dapat mengganggu dalam pemindahan panas dan mengakibatkan penyumbatan pada pipa [11].

3.3. Metode *Water Softener* untuk proses penjernihan air umpan boiler

Berdasarkan analisa hasil menunjukkan pada minggu ke 2 dan ke 3, tingkat kesadahan dan pH mulai naik dan kesadahan tinggi. Hal ini perlunya proses penjernihan air umpan boiler terlebih dahulu. Proses salah satunya adalah dengan proses *softener* air umpan boiler. Sehingga tingkat kesadahan dan pH menjadi lebih terkontrol. *Softener* adalah proses untuk menurunkan kadar konsentrasi. Konsentrasi yang akan diturunkan adalah kesadahan air umpan boiler. Berbagai jenis konsentrasi air seperti kadar kalsium, magnesium perlu dibersihkan. Agar air umpan boiler menjadi lebih lunak/tidak keras. Dalam hal ini menjadi tingkat kesadahan air menjadi normal. Hal ini digunakan untuk menghindari adanya *limescale* pada pipa boiler.

Hasil analisis dari tiap parameter menunjukkan air yang digunakan untuk menghasilkan panas pada boiler masih berada dalam batas standar yang ditetapkan. Saat kondisi air umpan boiler terlampau tinggi maka dilakukan *Softener*. *Softener* merupakan suatu proses yang berfungsi sebagai penurunan konsentrasi kalsium, magnesium, dan ion lainnya di dalam kategori air keras (*hard water*). Ini "ion kekerasan" (*hard-ions*) dapat mengakibatkan berbagai efek yang tidak diinginkan termasuk mengganggu dengan tindakan sabun, membangun dari *limescale*. *Limescale* merupakan kerak putih yang terdapat di dalam boiler, maupun berada pada pipa air panas boiler. Proses penjernihan dengan *softener* pada PT XYZ dapat terlihat pada gambar 1.



Gambar 1. Unit *Softener*

Metode yang digunakan umumnya didasarkan pada penghilangan Ca^{2+} dan Mg^{2+} dari larutan atau menyerap ion-ion ini. Ion-ion ini mengikat molekul, menghilangkan kemampuan mereka untuk membentuk endapan atau mengganggu bahan pembersih. Hal ini dicapai melalui proses pertukaran ion dan pengendapan. Adsorpsi membutuhkan penambahan senyawa yang disebut adsorben (atau pengkelat). Karena Ca^{2+} dan Mg^{2+} ada dalam bentuk garam yang mudah menguap

(ion ringan), mereka dapat dihilangkan dengan menyuling air. Namun, karena penyulingan biasanya terlalu mahal untuk air sadah, maka penyulingan lebih umum dilakukan [12]. Unit softener yang digunakan dalam Perusahaan disajikan dalam Gambar 1.

3.4. Resin

Resin ini berperan untuk menghilangkan zat-zat seperti kapur (CaCO_3), Magnesium (Mg), dan Kalsium (Ca) yang terdapat pada air minum, air tanah, atau bahkan air dari PDAM atau sumber pegunungan. Biasanya, resin kation berfungsi sebagai agen pelembut untuk air yang memiliki tingkat kesadahan yang tinggi. Sangat penting untuk mengingat tingkat kejenuhan resin selama penggunaannya. Salah satu fitur penting dari resin adalah kemampuannya untuk menjadi jenuh dengan cukup cepat, sering kali dalam hitungan hari atau minggu, tergantung pada seberapa keras air yang masuk. Setelah resin mencapai titik jenuh, resin membutuhkan regenerasi, yang dapat dilakukan dengan menggunakan larutan yang terbuat dari garam dapur yang diencerkan (NaCl) atau air laut yang telah disaring [13].

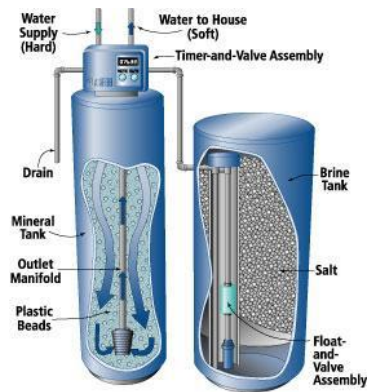
Air yang memiliki kesadahan tinggi dapat menimbulkan endapan kerak dan menghambat efisiensi boiler. Oleh karena itu, penting untuk mengolah air sadah jenis ini (melunakkannya) menggunakan resin kation. Selain itu, air dengan kesadahan yang signifikan tidak cocok untuk penyaringan melalui membran RO, jadi penting untuk terlebih dahulu menggunakan pelembut resin kation sebelum memprosesnya dengan mesin RO (Reverse Osmosis). Prosedur ini membantu mencegah membran RO (Reverse Osmosis) tersumbat terlalu cepat [14].



Gambar 2. Resin

3.5. Cara Kerja *Water Softener*

Air tanah dari pressure tank masuk ke tangki *softener* dan mengalami proses pertukaran ion. Penyaringan penukar ion untuk air sadah menggunakan resin kationik, yang mengikat ion kalsium di dalam air. Hal ini mengurangi kandungan kapur dan kalsium sehingga endapan kerak tidak lagi muncul. Proses pertukaran ion ini dicapai dengan menempatkan resin kationik dalam pipa yang terbuat dari besi atau fiberglass. Air yang mengalir melalui resin kationik diikat oleh ion kalsium dan diubah menjadi garam. Filter *softener* di dalam pipa dapat melunakkan air sadah asli dan mengurangi kandungan kapur, sehingga lebih aman untuk digunakan sebagai air umpan boiler. Gambar 3. menunjukkan alur dari proses pelunakan air sadah.



Gambar 3. Proses Pelunakan Air (*Hard Water*)

Selama fase pertukaran ion ini, resin kationik menjadi jenuh setelah jangka waktu tertentu. Khususnya bila fungsi pelunakan digunakan secara terus menerus, penyaringan air sadah sulit untuk diulang. Bahkan setelah digunakan berulang kali, air sadah masih mengandung banyak kalsium. Untuk mengatasi masalah ini, *softener* air perlu menjalani proses regenerasi garam. Larutan garam yang digunakan harus memiliki konsentrasi 5-20%. Untuk mengembalikan fungsi *softener* air, garam dilarutkan terlebih dahulu ke dalam air. Kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi resin dan didiamkan selama proses regenerasi.

Hal ini sangat penting karena proses regenerasi harus dijalankan dengan benar, dan perhitungan garam harus akurat. Jika langkah-langkah ini tidak diikuti dengan benar dan perhitungannya dilakukan secara acak, hal ini dapat menyebabkan kerusakan pada mesin. Kerusakan seperti itu berarti bahwa kandungan kapur dalam air tidak akan terserap secara efisien, sehingga penyaringan air menjadi tidak efektif. Selain regenerasi, agar *softener* air dapat bekerja secara efektif lagi, pencucian balik secara teratur harus dilakukan. Metode pencucian balik menggunakan sistem aliran balik. Ini berarti bahwa saat membersihkan filter pelembut air, air harus mengalir ke arah yang berlawanan. Pembersihan ini dapat dilakukan secara manual atau melalui sistem otomatis [15].

4. Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan di PT XYZ menunjukkan bahwa kualitas air umpan boiler stabil pada minggu pertama sampai minggu ke tiga. Dengan pH berkisar antara 9,4-9,9 dan tingkat kesadahan air umpan boiler kurang dari 20 ppm pada minggu pertama dan minggu ke tiga. Namun pada minggu ke dua tingkat kesadahan air meningkat dan perlu adanya proses *softener* sehingga pada minggu ke tiga sudah kembali normal. Sehingga perlu adanya proses *softener* ini agar memaksimalkan kerja boiler dan mengurangi adanya kerak dan operasional produksi. Peningkatan dan pengolahan air umpan boiler perlu terus dilakukan jika hasilnya tidak sesuai standar perusahaan agar dapat meningkatkan produktifitas produksi dan efisiensi perawatan boiler. Rekomendasi dalam peningkatan dan pengolahan air umpan boiler perlu diadakan setiap hari. Tidak hanya 1 kali dalam seminggu serta ketika ada kasus tidak standar dalam air umpan boiler langsung dilakukan proses *softener*.

Daftar Pustaka

- [1] W. Volara and S. Nasution Reni, 'Uji Kualitas Air Boiler Pada Proses Pengolahan Kelapa Sawit Di PT. X', Banda Aceh, Aug. 2022.
- [2] M. Hisyam Murtadho, 'Analisa Pemanas Air Umpan Ketel Uap Kapasitas 40 ton Tbs/Jam', Universitas Medan Area, Medan, 2020.
- [3] F. Muhrinsyah, 'Study Analisa Kualitas Air Boiler Menggunakan Standar American Society Of Mechanical Engineers (ASME)', *Jurnal Redoks Teknik Kimia*, no. 1, pp. 49–57, Jan. 2016.

- [4] Supriatna, Mohammad Mahmudi, Muhammad Musa, and Kusriani, 'Hubungan pH Dengan Parameter Kualitas Air Pada Tambak Intensif Udang Vannamei (*Litopenaeus vannamei*)', *Journal of Fisheries and Marine Research*, vol. 4, pp. 368–374, Oct. 2020, [Online]. Available: <http://jfmr.ub.ac.id>
- [5] S. Wilastari and T. N. Hidayat, 'Pencegahan Kerak Dan Korosi Umpan Ketel Uap Di Pg Mojo Sragen', *Jurnal Sains Teknologi Transportasi Maritim*, vol. 3, no. 1, pp. 41–47, May 2021.
- [6] W. Indah Dwi, Silviya Nur Ridha, Caecilia Pujiastuti, and Kindarti Nurma Wahyusi, 'Analisis pH, Kesadahan Dan Tds Pada Umpan Air Boiler Terhadap Korosifitas Industri Pabrik Tahu Tiga Saudara Di Desa Bocek', *Matriks: Jurnal Sosial dan Sains*, vol. 5, pp. 1–6, Jul. 2023.
- [7] Husnawati and B. Bhayu Gita, 'Analisis Air Boiler Dengan Parameter pH, Alkalinitas, Tds, Hardness Dan Silika Di Pt. Beurata Subur Persada', *Amina Journal*, vol. 3, pp. 62–68, 2021.
- [8] Muktar Ali, Ala Asman, and Sepdeya Reza, 'Analisis Penurunan Kualitas Air Ketel Guna Menunjang Performa Ketel Bantu di MV. Tangguh Sago', *Prosiding Seminar Pelayaran dan Teknologi Terapan*, vol. 2, no. 1, pp. 148–154, Oct. 2020, doi: 10.36101/pcsa.v2i1.136.
- [9] Y. Amri and T. Harmawan, 'Analisis pH dan Kesadahan Total pada Air Umpan Boiler di PMKS PT. SISIRAU Aceh Tamiang', *Jurnal Kimia Sains dan Terapan*, vol. 1, no. 1, pp. 1–4, Apr. 2019.
- [10] H. Widodo, Puryadi, and R. Saputra, 'Analisa Power Of Hydrogen Dan Kesadahan Feed Water Boiler Guna Meningkatkan Efisiensi Boiler Di Pt. Djarum Kudus', *Majalah Ilmiah Gema Maritim, e-issn*, vol. 23, no. 2, pp. 164–168, Sep. 2021, [Online]. Available: www.e-journal.akpelni.ac.id,
- [11] Haryono, *Penurunan Kesadahan Air Sumur Dengan Perebusan Dan Penambahan Resin Saset*. Yogyakarta: Poltekes Jogja Pres, 2021.
- [12] Y. A. Siahaan, N. D. Dharmawati, and R. A. Renjani, 'Evaluasi Kinerja Softener Untuk Menghilangkan Kesadahan dan Jadwal Kesesuaian Regenerasi pada Pengolahan Air di Pabrik Kelapa Sawit PT. XYZ', Yogyakarta, 2020. [Online]. Available: <http://ojs.unud.ac.id/index.php/beta>
- [13] L. Aba, Ode Sukmawati Arsyad, Nasarudin, and Sulfa, 'Bimbingan Teknis Penurunan Kesadahan Air Sumur Menggunakan Filter Resin Penukar Kation Bagi Masyarakat Kelurahan Kambu Kecamatan Kambu Kota Kendari', Kendari, Aug. 2022. [Online]. Available: <https://japimas.uho.ac.id/index.php/journal>
- [14] A. Prambudi, I. S. Haq, and N. W. Mondamina, 'Desain Dan Pembuatan Alat Monitoring Kebocoran Resin Pada Softener Internal Water Treatment Di Sungai Buaya Mill', Intitut Teknologi Bandung, Bandung, 2022.
- [15] Rasfa Van Deck, 'Pengertian Water Softener Dan Cara Kerjanya', Academia.