

Perencanaan Sistem *Water Recycle* Dalam Pengolahan *Blowdown Cooling Tower* dan *Reject Water Reverse Osmosis* Pada Industri *Non-Woven* di Sidoarjo

Adinda Permata Salsabila¹ and Novirina Hendrasarie^{1*}

¹Universitas Pembangunan Nasional “Veteran” Jawa Timur

*Correspondence author: novirina@upnjatim.ac.id;

Received: 22 January 2025; Accepted: 4 February 2025; Published: 31 May 2025

Abstract

Industrial wastewater treatment, particularly blowdown water from cooling towers and reject water from reverse osmosis (RO) systems, presents unique challenges in maintaining water quality suitable for reuse as make-up water in cooling towers. This plan aims to design an effective water recycling system strategy for processing blowdown water and RO reject water in the non-woven industry in Sidoarjo. The methods used include analyzing the characteristics of inlet water, evaluating appropriate treatment technologies, and designing a recycling system capable of producing high-quality water for cooling tower needs. The wastewater treatment planning analysis results in the non-woven industry in Sidoarjo show that combining physical, chemical, and membrane processes, such as multimedia filtration, activated carbon, softener, and reverse osmosis, can enhance treatment efficiency and the quality of recycled water. Moreover, managing rejected water from the RO process is critical in reducing environmental impacts and ensuring system sustainability. This study recommends implementing a water recycling system to minimize raw water consumption and improve operational sustainability in the non-woven industry.

Keywords: *RO reject water; Cooling Tower Blowdown; Wastewater treatment; Water recycle system.*

Abstrak

Pengolahan air limbah dari industri, khususnya air *blowdown cooling tower* dan *reject water* dari sistem *reverse osmosis* (RO), memiliki tantangan tersendiri dalam menjaga kualitas air yang layak digunakan kembali sebagai *make-up water* pada *cooling tower*. Perencanaan ini bertujuan untuk merancang strategi perencanaan sistem *water recycle* yang efektif dalam mengolah air *blowdown* dan *reject water* RO pada industri *non-woven* di Sidoarjo. Metode yang digunakan meliputi analisis karakteristik air *inlet*, evaluasi teknologi pengolahan yang sesuai, serta perancangan sistem daur ulang yang dapat menghasilkan air berkualitas tinggi untuk kebutuhan *cooling tower*. Dari hasil analisis perencanaan pengolahan limbah pada industri *non-woven* di Sidoarjo menunjukkan bahwa penggunaan kombinasi proses fisika, kimia, dan membran, seperti filtrasi multimedia, karbon aktif, *softener*, dan *reverse osmosis*, dapat meningkatkan efisiensi pengolahan dan kualitas air daur ulang. Selain itu, pengelolaan *reject water* dari proses RO menjadi aspek penting dalam mengurangi dampak lingkungan dan memastikan keberlanjutan sistem. Studi ini memberikan rekomendasi untuk implementasi sistem *water recycle* yang dapat mengurangi konsumsi air baku dan meningkatkan keberlanjutan operasional di industri *non-woven*.

Kata kunci: *Air reject RO; Blowdown Cooling Tower; Pengolahan air limbah; Sistem daur ulang air.*

1. Pendahuluan

Penggunaan air dalam sektor industri merupakan elemen esensial yang berpengaruh signifikan terhadap kelangsungan dan kinerja operasional. Salah satu aplikasi vital adalah *cooling tower* atau menara pendingin yang berfungsi sebagai sistem penukar panas untuk menjaga suhu optimal mesin dan peralatan selama proses produksi (1). Dalam operasional *cooling tower*, air digunakan untuk menyerap dan membuang panas melalui proses evaporasi. Namun, kebutuhan air dalam jumlah besar berpotensi menimbulkan tantangan, terutama dalam hal biaya, ketersediaan air bersih, dan pengelolaan limbah. Dengan meningkatnya kebutuhan akan efisiensi dan keberlanjutan, industri perlu menerapkan strategi pengelolaan air yang optimal untuk menekan penggunaan air baru (*freshwater*) sekaligus mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (2). Salah satu solusi yang relevan adalah pemanfaatan air daur ulang sebagai sumber *make-up water* untuk *cooling tower* menggunakan membran *reverse osmosis* yang telah banyak diterapkan di beberapa industri. Pengolahan dengan membran merupakan upaya pemenuhan salah satu parameter yang wajib dipenuhi dari standar kebutuhan air bersih untuk *make-up water cooling tower* yakni nilai kandungan TDS maksimal 200 mg/L CaCO_3 (3).

Sebagai bagian dari proses produksinya, industri *non-woven* membutuhkan sistem *cooling tower* untuk menjaga stabilitas suhu operasional. Namun, tingginya kebutuhan air menimbulkan tantangan efisiensi dan kepatuhan lingkungan. Perusahaan merencanakan pembangunan IPAL dan integrasi *Water Recycle Treatment Plant* (WRTP) untuk mendaur ulang air limbah sebagai *make-up water cooling tower*. Langkah ini bertujuan memperpanjang siklus konsentrasi air, menekan ketergantungan pada pasokan air eksternal, serta mendukung efisiensi operasional secara keseluruhan.

2. Metode

Perencanaan ini menggunakan metode kualitatif deskriptif dan perhitungan *basic design* IPAL sesuai alur pengolahan yang dipilih untuk menganalisis strategi perencanaan sistem *water recycle* pada pengolahan air *blowdown cooling tower* dan *reject water reverse osmosis* sebagai *make-up water cooling tower* di industri *non-woven*. Data primer diperoleh melalui bermacam pendekatan yakni observasi langsung terhadap sistem *cooling tower* dan proses pengolahan air. Data sekunder meliputi dokumen teknis perusahaan, laporan operasional, serta literatur terkait teknologi *water recycle*. Dari hasil karakteristik limbah yang akan menjadi *influent* IPAL maka analisis yang digunakan dalam perencanaan ini dilakukan dengan menganalisis karakteristik, kualitas, dan kuantitas air limbah serta memberikan rekomendasi alur pengolahan yang strategis bagi implementasi sistem *Water Recycle Treatment Plant* (WRTP) di industri *non-woven*. Hasil pengujian sampel *influent* IPAL dari *blowdown cooling tower* dan *reject water reverse osmosis* menunjukkan bahwa parameter kualitas air seperti TDS, BOD, COD, kesadahan, sulfat, ion klorida, konduktivitas, dan total organik masih berada di atas baku mutu yang digunakan sebagai acuan. Selain itu, ditemukan adanya variasi konsentrasi beban pencemar yang signifikan, terutama pada kadar TDS dan COD, yang memerlukan pengolahan lebih lanjut untuk memastikan air layak digunakan kembali sebagai *make-up water* pada *cooling tower*.

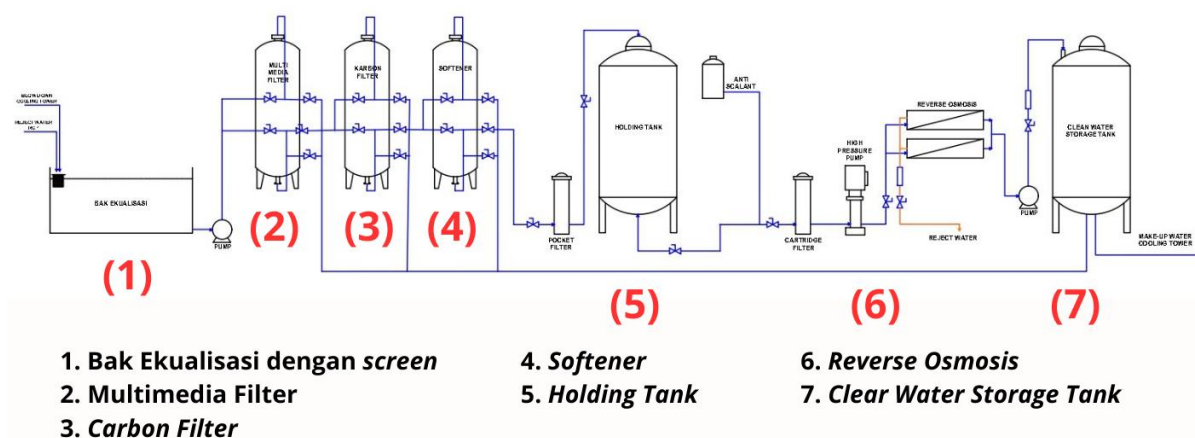
Tabel 1. Hasil Pengujian Sampel *Influent* IPAL WRTTP

Parameter	Satuan	Baku Mutu	Acuan	Hasil Uji ¹	Status
pH	-	pH 8-10	(3)	9.74	Tidak Melampaui
TDS	mg/L	200		1470	Melampaui
BOD	mg/L	2	(4)	602	Melampaui
COD	mg/L	10		1205	Melampaui
DO	mg/L	>6		6.2	Tidak Melampaui
TSS	mg/L	100	(5)	1.2	Tidak Melampaui
Kesadahan Total	ppm SO ₄	60	(6)	410.20	Melampaui
Kesadahan Kalsium	ppm Cl ⁻	60		209.20	Melampaui
Sulfat	µs/cm	67.8		185.4	Melampaui
Ion Klorida	ppm CaCO ₃	7.1		57.9	Melampaui
Konduktivitas	ppm CaCO ₃	150		2546.20	Melampaui
P-Alkalinitas	ppm CaCO ₃	>2.5 SiO ₂	(7)	57.20	Tidak Melampaui
M-Alkalinitas	ppm CaCO ₃	800		656.00	Tidak Melampaui
Silika	ppm SiO ₂	150		116.90	Tidak Melampaui
Besi Total	ppm Fe	2		0.24	Tidak Melampaui
Kekeruhan	NTU	3		1.81	Tidak Melampaui
Mangan	ppm Mn	1	(8)	0.33	Tidak Melampaui
Organik	KMnO ₄	10	(9)	11.91	Melampaui

¹ karakteristik beban pencemar berdasarkan sampel *blowdown cooling tower* dan *reject water reverse osmosis* pada ekualisasi tahun 2024

3. Hasil Perencanaan

3.1 Unit dan Efisiensi Instalasi Pengolahan Air Limbah



Gambar 1. Rancangan Instalasi Pengolahan Air Limbah *base on Reverse Osmosis*

Kapasitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada pengolahan daur ulang air kali ini adalah sebesar 300 m³ per hari. Rancangan alur pengolahan air limbah industri *non-woven* disajikan pada Gambar 1. Air limbah direncanakan akan dialirkan sekaligus dihomogenkan

pada bak ekualisasi, kemudian air limbah akan melalui penyaringan pada multimedia filter, *carbon filter*, dan *softener* sebagai *primary treatment* sebelum masuk ke *Reverse Osmosis* WRTP. *Permeate reverse osmosis* nantinya akan disalurkan dan ditampung pada *clean water storage tank* untuk *make-up water cooling tower*, sedangkan untuk *reject water RO* dapat diolah pada pengolahan lanjutan. Hasil perhitungan efisiensi penurunan parameter air limbah disajikan pada Tabel 2.

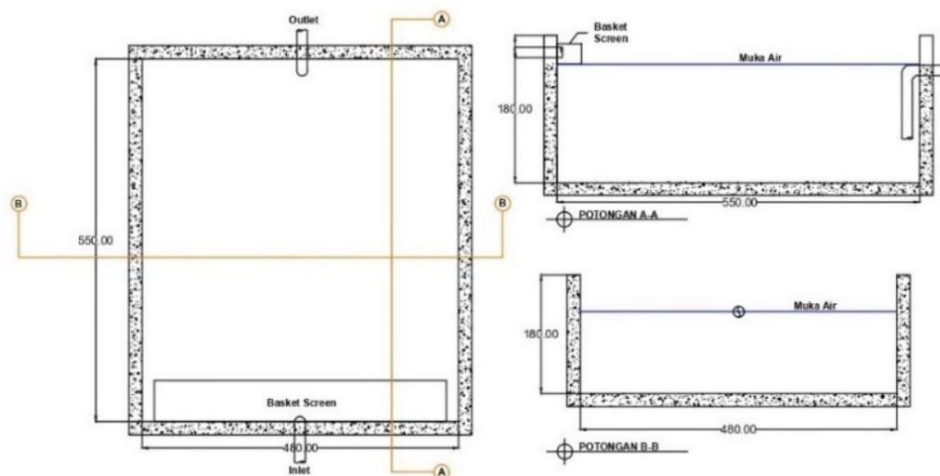
Tabel 2. Persen *Removal* Unit Pengolahan

Unit	Beban Pencemar	% <i>Removal</i>
Multimedia filter	BOD	88%
	COD	94%
	Besi	50%
	Kekeruhan	50%
	Organik	70%
	Mangan	50%
<i>Carbon filter</i>	Mangan	65%
	TDS	72%
	Kesadahan	75%
	TSS	65%
	COD	75%
	Kekeruhan	88%
<i>Softener</i>	Mangan	92%
	Kesadahan	90%
<i>Reverse osmosis</i>	TSS	99%
	TDS	94%
	BOD	98%
	COD	98%
	Kekeruhan	98%
	Klorida	98%
	Konduktivitas	98%
	Sulfat	99%
	Kesadahan	94%
	Besi	81%
	Silika	98%
	Alkalinitas	88%

3.2 Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah

Dari data limbah di atas maka direncanakan bahwa air limbah diolah dengan pengolahan secara fisik, kimia, dan membran. Pengolahan secara fisik menggunakan bak ekualisasi dengan *screen* dan unit multimedia filter dengan tiga macam jenis media yakni antrasit, pasir silika, dan media penyangga gravel. Untuk pengolahan kimia menggunakan unit *carbon filter* dengan media filter karbon aktif granular (GAC) dan media penyangga gravel. Pengolahan selanjutnya menggunakan unit *softener* dengan resin penukar ion kation. Kemudian untuk pengolahan membran direncanakan menggunakan sistem 1 *stage* unit *Reverse osmosis*.

1) Bak ekualisasi dengan screen



Gambar 2. Detail denah dan potongan unit bak ekualisasi dengan screen

Blowdown cooling tower sering mengandung padatan tersuspensi dan fluktuasi aliran, bak ekualisasi memastikan air limbah masuk ke proses berikutnya dengan karakteristik yang lebih homogen. Waktu tinggal pada bak ekualisasi menurut kriteria perencanaan adalah 4 – 8 jam. Untuk kriteria ukuran tinggi atau kedalaman dari bak ekualisasi sedalam 1,5 – 2 meter (10). *Screen* yang terpasang di *inlet* bak berfungsi menyaring material berukuran besar seperti serpihan plastik, daun, atau partikel lain yang dapat mengganggu proses reduksi IPAL (11). Berdasarkan Gambar 2 yang telah disajikan, nilai volume bak ekualisasi didapatkan sebesar 48 m³. Selanjutnya untuk tinggi kedalaman bak direncanakan 1,5 m dengan penambahan *freeboard* sebanyak 20% untuk mencukupi debit air limbah jika mengalami fluktuasi (12), sehingga nilainya bertambah sebesar 0,3 m atau kedalaman total bak sebesar 1,8 m. Untuk perencanaan serta hasil perhitungan, ukuran panjang bak 5,5 m dan lebar 4,8 m. Waktu detensi yang direncanakan pada bak ekualisasi adalah 4 jam sehingga memenuhi kriteria perencanaannya.

2) Multimedia filter

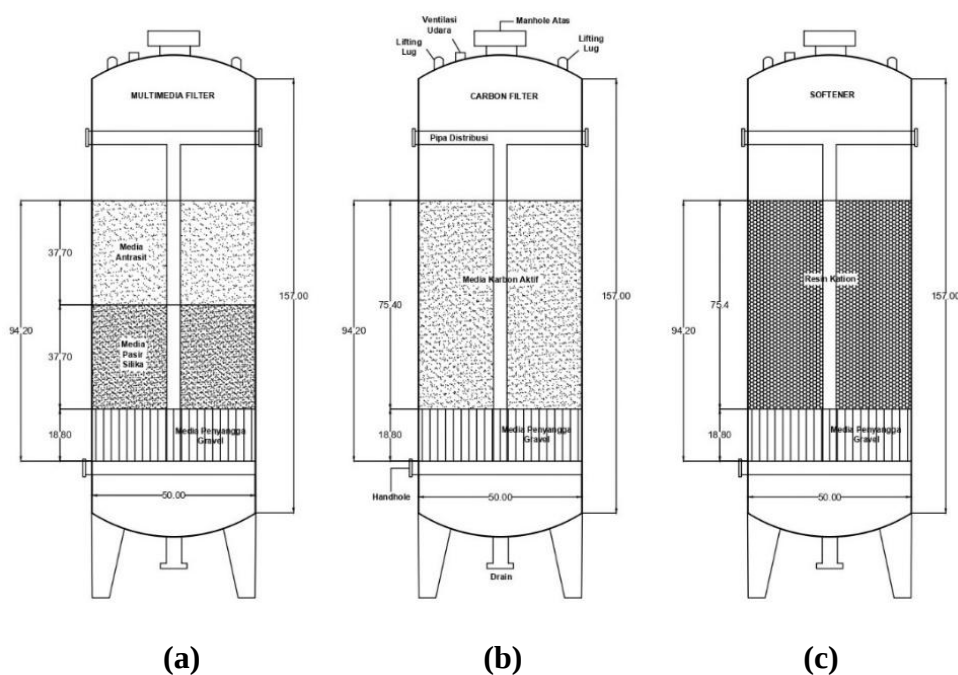
Air limbah dari bak ekualisasi selanjutnya dialirkan ke multimedia filter (MMF) guna menghilangkan partikel tersuspensi, koloid, dan sedimen dengan menggunakan media granular seperti pasir silika, antrasit, dan gravel sebagai media penyangga (13). Media filtrasi yang digunakan mampu menangkap partikel dengan ukuran mikron, memastikan air menjadi lebih jernih dan siap masuk ke unit *carbon filter*. Berdasarkan katalog unit tangki filter FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) milik *Chunke Water Plant* untuk volume air 300 m³ digunakan model CK-2072 dengan diameter reaktor 50 cm, tinggi reaktor 157 cm, dan laju aliran sebesar 3/5 m³/jam (14). Banyaknya media yang dibutuhkan adalah 60% dari ketinggian reaktor serta direncanakan menggunakan komposisi 40% pasir silika, 40% antrasit, dan 20% gravel (15). Kriteria perencanaan unit filtrasi untuk saringan biasa (gravitasi) adalah memiliki ketebalan media pasir antara 300 – 700 mm dan media antrasit 400 – 500 mm (16). Sehingga berdasarkan hasil perhitungan untuk tinggi media filter total adalah 94,2 cm dengan komposisi media pasir silika 37,7 cm, media antrasit 37,7 cm, dan media penyangga gravel 18,8 cm. Untuk besar volume media filter multimedia berdasarkan kalkulator volume media filter milik *Mapurna Water Treatment* yang mengacu pada dimensi reaktor didapatkan volume gravel 62 liter, pasir silika 185 liter, dan antrasit 123 liter (17). Detail gambar unit multimedia filter disajikan pada Gambar 1 (a).

3) Carbon filter

Carbon filter berfungsi menyerap senyawa organik, klorin, dan bahan kimia lain yang dapat mempengaruhi kualitas air (18). Media yang digunakan adalah karbon aktif granular (GAC) dengan kapasitas adsorpsi yang baik. Unit ini meningkatkan kualitas air dengan mengurangi bau, warna, dan rasa yang tidak diinginkan, serta melindungi membran RO dari *fouling* akibat bahan organik. Berdasarkan katalog unit tangki filter FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) milik *Chunke Water Plant* untuk volume air 300 m³ digunakan model CK-2072 dengan diameter reaktor 50 cm, tinggi reaktor 157 cm, dan laju aliran sebesar 3/5 m³/jam (14). Komposisi media yang diperlukan adalah 60% dari ketinggian reaktor kemudian untuk pembagiannya adalah 80% karbon aktif dan 20% gravel (15). Menurut kriteria perencanaan untuk ketebalan reaktor dengan *single media* adalah 60 – 70 cm (16). Nilai yang didapat dari perhitungan untuk tinggi media filter adalah 94,2 mm dengan ketebalan media penyangga gravel 18,8 cm dan media karbon aktif setinggi 75,4 cm (19). Detail gambar unit multimedia filter disajikan pada Gambar 1 (b).

4) Softener

Softener digunakan dalam pengolahan air untuk menurunkan kadar mangan dan kesadahan dengan metode pertukaran ion. Resin kation dalam softener menukar ion kalsium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), dan mangan (Mn²⁺) dengan ion natrium (Na⁺), sehingga mencegah pembentukan kerak dan meningkatkan kualitas air (20). Berdasarkan katalog unit tangki filter FRP (*Fiberglass Reinforced Plastic*) milik *Chunke Water Plant* untuk volume air 300 m³ digunakan model CK-2072 dengan diameter reaktor 50 cm, tinggi reaktor 157 cm, dan laju aliran sebesar 3/5 m³/jam (14). Sama halnya dengan unit *carbon filter*, nilai yang didapat dari perhitungan untuk tinggi media filter adalah 94,2 mm dengan ketebalan media resin kation setinggi 75,4 cm dan media penyangga gravel 18,8 cm (19). Detail gambar unit multimedia filter disajikan pada Gambar 1 (c).



Gambar 3. (a) Detail unit multimedia filter
(b) Detail unit *carbon filter*
(c) Detail unit *softener*

5) Reverse Osmosis

RO Name	Stg.	Rec.	Avg. Flux	Feed Press.	Total DP	Membrane Age	SPI	FA	Element Type (EL/PV)	Total PV	Stream	Flow Rate	TDS
		%	l/m ² / day	bar	bar	year	%/year	-		pcs		m ³ / day	mg/l
Pass1 RO	1	50.00	335.1	7.31	0.12	3.00	20.00	0.730	TML20D-400(4)	3	Feed	300.0	1470
											Brine	150.0	2923
											Perm. (Front)		
											Perm. (Rear)	150.0	16.34

Gambar 5. Hasil *running* menggunakan aplikasi *Aqua Grid*

Reverse Osmosis (RO) merupakan tahap utama dalam pengolahan ini yang digunakan untuk menghilangkan ion-ion terlarut, seperti garam dan mineral (21), yang tidak tereliminasi oleh proses sebelumnya. Proses RO sangat diperlukan untuk mencapai kualitas air yang sangat murni, sesuai dengan spesifikasi *make-up water cooling tower*. Sebelum memasuki pengolahan RO, kualitas air dari karbon aktif telah memenuhi spesifikasi *inlet* RO untuk mencegah terjadinya *fouling*. Jenis membran RO yang digunakan adalah tipe TML20D – 400 sesuai katalog rekomendasi membran milik *Toray* dengan jumlah *vessel* yakni 4 buah dan setiap *vessel* berisi 4 elemen membran. RO direncanakan dengan 1 *stage* proses pengolahan. *Recovery rate* yang direncanakan adalah 50% *permeate* dan 50% *reject*.

3.3 Mass Balance Instalasi Pengolahan Air Limbah

Mass balance dalam perencanaan IPAL digunakan untuk menghitung efisiensi proses serta memastikan aliran serta massa yang masuk dan keluar dari sistem pengolahan. Dari perencanaan alur pengolahan limbah di atas maka hasil perhitungan *mass balance* pengolahan disajikan pada Tabel 3.

4. Pembahasan

Air blowdown cooling tower (CT) memiliki konsentrasi TDS tinggi akibat akumulasi penguapan, peningkatan *hardness* karena ion kalsium dan magnesium, serta suhu yang lebih tinggi. Selain itu, mengandung bahan kimia pengendali skala, korosi, dan mikroorganisme. *Reject water* dari *reverse osmosis* (RO) juga memiliki TDS tinggi, mengandung zat yang ditolak membran, *hardness* signifikan, dan logam seperti kalsium, magnesium, atau besi. Kedua jenis air ini memiliki konsentrasi padatan terlarut yang tinggi dan komposisi kimia kompleks, yang memerlukan sistem pengolahan air limbah untuk digunakan sebagai *make-up water cooling tower*. Proses pengolahan yang berlangsung yaitu sebagai berikut:

1) Bak Ekualisasi dengan *screen*

Bak ekualisasi memiliki peran penting dalam sistem pengolahan air limbah, terutama untuk menstabilkan fluktuasi debit dan konsentrasi polutan sebelum air limbah diteruskan ke unit pengolahan berikutnya (22). Unit ini mampu meredam variasi debit air limbah, sehingga aliran yang masuk ke unit pengolahan menjadi lebih stabil dan terhindar dari beban berlebih. Selain itu, bak ekualisasi juga membantu menyamakan fluktuasi konsentrasi parameter pencemar seperti BOD, COD, TSS, dan pH, yang umumnya disebabkan oleh variasi proses produksi. Bak ini juga memungkinkan partikel berat (TSS) untuk mengendap secara alami di dasar bak, sehingga mengurangi beban partikel pada unit berikutnya (23).

2) Multimedia Filter

Unit multimedia filter, yang terdiri dari lapisan pasir silika, antrasit, dan gravel, berfungsi sebagai salah satu metode filtrasi fisik dan sedikit kimiawi untuk menurunkan berbagai beban pencemar dalam air (24), seperti BOD, COD, besi, mangan, kekeruhan, dan total organik. Partikel tersuspensi yang menyebabkan kekeruhan dan berkontribusi pada BOD serta COD biasanya ditangkap pada lapisan awal media filtrasi, yaitu pasir silika dan antrasit. Multimedia

Tabel 3. Mass Balance Perencanaan IPAL

Beban Pencemar	Influent	Removal					Effluent	Satuan
		Ekualisasi	Multi-media filter	Carbon filter	Softener	Reverse osmosis ¹		
pH	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	9.74	-
BOD	602.00	602	70.25	70.25	70.25	1.20	1.20	mg/L
COD	1205.00	1205	68.20	7.50	7.50	0.18	0.18	mg/L
DO	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	6.20	mg/L
TDS	1470.00	1470	1470.00	411.60	411.60	16.34	16.34	mg/L
TSS	1.20	1.2	1.20	0.42	0.42	0.01	0.01	mg/L
Sulfat	185.40	185.4	185.40	185.40	185.40	1.85	1.85	ppm SO ₄
Ion Klorida	57.90	57.9	57.90	57.90	57.90	1.16	1.16	ppm Cl ⁻
Konduktivitas	2546.20	2546.20	2546.20	2546.20	2546.20	50.92	50.92	μs/cm
P-Alkalinitas	57.20	57.20	57.20	57.20	57.20	6.86	6.86	ppm CaCO ₃
M-Alkalinitas	656.00	656.00	656.00	656.00	656.00	78.72	78.72	ppm CaCO ₃
Kesadahan Total	410.20	410.20	410.20	102.55	10.26	6.15	6.15	ppm CaCO ₃
Kesadahan Kalsium	209.20	209.20	209.20	52.30	5.23	10.46	10.46	ppm CaCO ₃
Silika	116.90	116.90	116.90	116.90	116.90	2.69	2.69	ppm SiO ₂
Besi Total	0.24	0.24	0.12	0.12	0.12	0.02	0.02	ppm Fe
Kekeruhan	1.81	1.81	0.91	0.11	0.11	0.00	0.00	NTU
Mangan	0.33	0.33	0.10	0.04	0.00	0.03	0.03	ppm Mn
Organik	11.91	11.91	5.95	5.95	5.95	5.95	5.95	KMnO ₄

¹ berdasarkan penyesuaian hasil *running* menggunakan aplikasi *Aqua Grid*.

filter mampu mengurangi kadar COD dan BOD. Untuk besi dan mangan, mekanisme penurunan biasanya melibatkan oksidasi yang akan menjadi bentuk padatan (Fe³⁺ dan MnO₂) sehingga dapat dengan mudah tersaring oleh media filtrasi.

3) Carbon filter

Unit *carbon filter*, yang terdiri dari media karbon aktif dan gravel, bekerja dengan mekanisme filtrasi fisik dan adsorpsi kimia untuk menurunkan berbagai parameter pencemar seperti COD, TDS, TSS, kekeruhan, mangan, dan kesadahan. Pada penurunan COD melalui adsorpsi senyawa organik terlarut (25). Kekeruhan dan TSS berkurang melalui filtrasi fisik, dimana partikel tersuspensi tertangkap di pori-pori karbon aktif dan lapisan gravel, sehingga air yang keluar menjadi lebih jernih (26). Penurunan TDS (*Total Dissolved Solids*) oleh *carbon*

filter lebih terbatas, karena TDS biasanya terdiri dari ion terlarut yang tidak dapat sepenuhnya dihilangkan oleh adsorpsi. Namun, senyawa organik terlarut yang berkontribusi pada TDS dapat diserap oleh karbon aktif.

4) *Softener*

Softener merupakan sistem pengolahan air yang berfungsi untuk menurunkan kadar kesadahan dan mangan melalui proses pertukaran ion (27). Dalam proses ini, air dialirkan melalui media resin kation yang memiliki kemampuan menukar ion-ion penyebab kesadahan, seperti kalsium (Ca^{2+}), magnesium (Mg^{2+}), serta mangan (Mn^{2+}) dengan natrium (Na^+). Dengan penggantian ini, air yang dihasilkan menjadi lebih lunak, sehingga dapat mencegah terbentuknya kerak pada peralatan dan pipa sebelum menuju unit *reverse osmosis*. Selain itu, penghilangan mangan melalui *softener* juga membantu mengurangi risiko endapan coklat kehitaman yang dapat menurunkan kualitas air. (28)

5) *Reverse Osmosis* IPAL

Reverse osmosis (RO) menunjukkan efisiensi tinggi dalam menurunkan sebagian besar parameter pencemar. *Reverse osmosis* memiliki kemampuan yang sangat baik dalam menghilangkan ion-ion terlarut, dimana terjadi penurunan sebesar 94% pada parameter TDS dan kesadahan. Penurunan parameter TSS, BOD, COD, ion klorida, sulfat, konduktivitas, dan kekeruhan mencapai angka 98%. Mekanisme utama yang terjadi pada proses *reverse osmosis* adalah penyaringan berbasis membran dengan ukuran pori sangat kecil (sekitar 0.0001 mikron) (29). Mekanisme ini bekerja dengan menggunakan tekanan tinggi untuk memaksa air melewati membran *semipermeabel*, sementara ion, molekul besar, dan senyawa organik terperangkap (30). Ion-ion seperti kalsium, magnesium, sulfat, dan klorida dihilangkan melalui proses penolakan ion berdasarkan ukuran dan muatan, sementara bahan organik dihilangkan berdasarkan ukurannya yang lebih besar dari pori membran. Unit *reverse osmosis* sangat efektif dalam menghilangkan pencemar terlarut seperti ion-ion dan bahan organik, sehingga ideal untuk aplikasi yang membutuhkan air dengan kualitas tinggi seperti *make-up water cooling tower*.

6) *Reject water*

Reject water adalah limbah yang dihasilkan dari proses pemisahan dalam sistem *reverse osmosis*. Karakteristik utama *reject water* adalah konsentrasi pencemar yang lebih tinggi dibandingkan dengan air limbah awal yang diproses (31). Hal ini terjadi karena proses *reverse osmosis* memisahkan sebagian besar air bersih dari kontaminan, sementara zat yang terhalang oleh membran (seperti ion terlarut, logam berat, dan senyawa organik) terkonsentrasi dalam *reject water*. Oleh karena itu, *reject water* umumnya mengandung TDS (*Total Dissolved Solids*), logam berat, senyawa organik, serta partikel terlarut dan tersuspensi dalam konsentrasi yang tinggi. Penanganan *reject water* juga dapat dipertimbangkan untuk didaur ulang dalam proses lain yang tidak memerlukan air dengan kualitas tinggi, seperti pembersihan atau irigasi, setelah melalui penyaringan dan pemrosesan kimia (32).

5. Kesimpulan

Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) pada industri *non-woven* di Sidoarjo dirancang untuk menghasilkan air daur ulang berkualitas tinggi yang memenuhi kebutuhan *make-up water* pada *cooling tower*, dengan alur pengolahan meliputi bak ekualisasi dan *screen*, multimedia filter, *carbon filter*, *softener*, *reverse osmosis*, hingga *storage tank*. Berdasarkan perhitungan beban pencemar TDS setelah melalui unit *reverse osmosis* menunjukkan bahwa nilai parameter telah memenuhi standar kebutuhan air bersih untuk *make-up water cooling tower* yakni 16,34 mg/L CaCO_3 . Pengolahan air dengan karakteristik air yang tinggi kandungan TDS memerlukan perhatian khusus dalam desain sistem untuk memastikan

efisiensi operasional dan kualitas hasil pengolahan. Proses *reverse osmosis* yang efektif akan menghasilkan air berkualitas tinggi, namun pengelolaan *reject water* dan limbah sisa seperti air *backwash* filter harus direncanakan dengan baik agar tidak mencemari lingkungan. Dengan sistem yang dirancang dan dikelola secara tepat, IPAL ini dapat mendukung keberlanjutan industri dengan mengurangi konsumsi air baru sekaligus memproduksi air daur ulang yang aman digunakan kembali.

Daftar Pustaka

1. Sande ADT, Hidayat R. Perancangan Cooling Tower Sederhana Berbasis Inverter Dengan Bahan Isian Kayu Uru. 2020;
2. Sakti AD. Mengintegrasikan Pengelolaan Air yang Berkelanjutan dalam Strategi ESG Perusahaan. Indonesia Environment & Energy Center. 2024. Available from: <https://environment-indonesia.com/mengintegrasikan-pengelolaan-air-yang-berkelanjutan-dalam-strategi-esg-perusahaan/>
3. Daya AT. Jaga Kualitas Air untuk Cooling Tower dengan WTP. Adika Tirta Daya. 2021. Available from: <https://adikatirtadaya.co.id/jaga-kualitas-air-untuk-cooling-tower-dengan-wtp/>
4. Pemerintah Republik Indonesia. Lampiran VI tentang Baku Mutu Air Nasional - PP Nomor 22 Tahun 2021 Tentang Penyelenggaraan Perlindungan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup Sekretariat Negara Republik Indonesia. 2021;1(078487A):483. Available from: <http://www.jdih.setjen.kemendagri.go.id/>
5. Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia. Baku Mutu Air Limbah Bagi Usaha Dan/Atau Kegiatan Pembangkit Listrik Tenaga Termal Menteri. 2009.
6. Aini NN, Siswanto D, Priyandoko G. Monitoring Kualitas Air pada Cooling Tower untuk Mendukung Pengendalian Proses Blowdown berbasis Internet of Things (IoT). Semin Nas Fortei Reg. 2021;4(1):107–11.
7. Limbong MC, Syndiwati M. Pra Perancangan Pabrik Phenethyl Alcohol Melalui proses Hidrogenasi Stirena Oksida Dengan kapasitas 7.000 Ton/Tahun. Tek Kim ITK. 2023;79–91.
8. Hamidi MR. Sistem Utilitas : Sistem Pengolahan Air. digilab.unila. 2023;(113):122–6.
9. Menteri Kesehatan Republik Indonesia. Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 Tahun 2017 Tentang Standar Baku Mutu Kesehatan Lingkungan Dan Persyaratan Kesehatan Air Untuk Keperluan Higiene Sanitasi, Kolam Renang, Solus Per Aqua dan Pemandian Umum. Peratur Menteri Kesehat Republik Indones. 2017;1–20.

10. Cholisoh TN, Ipung Fitri Purwanti. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Depo Pemasaran Ikan Lingkar Timur, Sidoarjo. *J Tek ITS*. 2023;12(3):D170–6.
11. Nathaniel M, Arbaningrum R. Analisis Desain Hidrolik IPAL Sistem Biocord dalam Mengatasi Pencemaran Air Pada Danau Duta Harapan. *J Proy Tek Sipil*. 2021;4(2):72–82. Available from: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/potensi/article/view/11703>
12. Rizki Darmawan D, Rangga Sururi M, Hartati E. Perencanaan Instalasi Pengolahan Air Minum di Kecamatan Bandung Kidul, Kota Bandung. *J Serambi Eng*. 2023;VIII(2):5729–38. Available from: www.google.com
13. Putra IGAGEM, Wibawa IMA. Pengaruh Kepuasan Kerja terhadap Turnover Intention dengan Komitmen Organisasi sebagai Variabel Intervening pada PT. Auto Bagus Rent Car Bali. *E-Jurnal Manaj Unud*. 2015;4(4):1100–18.
14. Chunke WP. Tangki Filter Mekanik Reverse Osmosis FRP. Guangzhou Chunk Environmental Technology Co. Ltd. 2024. Available from: <https://id.chunkerowaterplant.com/product/reverse-osmosis-frp-mechanical-filter-tanks>
15. Made Pura Riana. Multimedia Filter Sebagai Filter Air Bersih dan Pretreatment. Mapurna Water Treatment. 2021. Available from: <https://mapurna.id/blog/media-multimedia-filter/>
16. Badan Standardisasi Nasional. Tata Cara Perencanaan Unit Paket Instalasi Pengolahan Air (SNI 6774:2008). Standar Nas Indones. 2008;
17. Mapurna Water Treatment. Perhitungan Media Pada Tangki Multimedia Filter. Calconic Calculator Builder. 2024. Available from: <https://mapurna.id/kalkulator-volume-media-filter-multimedia/>
18. Badu RR. Pengolahan Air Sumur Gali Menggunakan Filter dengan Karbon Aktif Untuk Mengurangi Parameter pH dan TDS. *CivETech*. 2023;5(2):45–53.
19. Said NI. Pengolahan Air Minum Dengan Karbon Aktif Bubuk Prinsip Dasar Perhitungan, Perencanaan Sistem Pembubuhan Dan Kriteria Disain. *Pus Teknol Lingkung*. 2007;3(2):96–110.
20. Watermart Perkasa. Teknik dan Peralatan Water Softener untuk Sistem Pengolahan Air Rumah Tangga. WMP PT Watermart Perkasa. 2024. Available from: <https://water.co.id/artikel/teknik-dan-peralatan-pelunakan-air-untuk-sistem-pengolahan-air-rumah-tangga>
21. Chaniago MA, Komalasari R. Simulasi Pengolahan Air dengan Reverse Osmosis: Studi Kasus Rawa Danau Serang. *Risenologi*. 2022;7(2):31–5.

22. Purwaningrum SI, Syarifuddin H. Analisis Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) RSUD H. Abdurrahman Sayoeti Kota Jambi. *J Pembang Berkelanjutan*. 2023;6(2):61–8.
23. Sholikin M, Hidayatullah NN. Perancangan Bangunan Pengolahan Air Buangan Industri Kecap PT X Kediri. 2023. Available from: <https://repository.upnjatim.ac.id/32567/>
24. Tiska DF. Pengolahan Limbah Cair Pencucian Kendaraan Menjadi Air bersih Dengan Metode Filtrasi Multimedia Menggunakan Aliran Upflow. 2022.
25. Hendrasarie N, Sekarani F. Reduction of Organic Parameters in Apartment Wastewater using Sequencing Batch Reactor by adding Activated Carbon Powder Reduction of Organic Parameters in Apartment Wastewater using Sequencing Batch Reactor by adding Activated Carbon Powder. *IOP Conf Ser Earth Environ Sci*. 2020;148–58.
26. Ajiputra FA, Hendrasarie N, Kokoh R, Putro H. Kombinasi Green Coagulant dan Adsorben Granular Activated Carbon sebagai Pengolahan Limbah Cair Batik. 2022;VII(4):3733–40.
27. Puretec Industrial Water. The Basics of Reverse Osmosis. Puretec Industrial Water. 2024. Available from: <https://puretecwater.com/resources/the-basics-of-reverse-osmosis/>
28. Watermart Perkasa. Mangan. WMP PT Watermart Perkasa. 2024. Available from: <https://water.co.id/referensi/mangan>
29. Sefentry A, Masriatini R. Pemanfaatan Teknologi Membran Reverse Osmosis (RO) Pada Proses Pengolahan Air Laut menjadi Air Bersih. *J Redoks*. 2020;5(1):58.
30. Ervina DF, Purnomo YS. Efisiensi Terhadap Pemenuhan Ketersediaan Air Bersih dengan Recycle Effluent dari Proses IPAL menggunakan Teknologi Reverse Osmosis di PT. Bumi Menara Internusa Industri Pengolahan Hasil Laut. *Environ Eng J ITATS*. 2023;3(2):106–15.
31. Nurimaba DQ. Pengolahan Air Payau Menjadi Air Baku Untuk Kebutuhan Komplek Industri Pada PT Energi Unggul Persada (Barckish Water Reverse Osmosis). 2023.
32. Taufik Hidayat Ramadhon, Zakijah Irfan, Agung Nugroho. Daur Ulang Air Limbah Menggunakan Reverse Osmosis Untuk Make Up Water Cooling Tower Di Pt Nutricia Indonesia Sejahtera. *DISTILAT J Teknol Separasi*. 2023;9(2):137–45.