

Analisa Perancangan Alat Desalinasi Air Laut Menggunakan Filter Pasir Silika Dengan Metode Taguchi

Rivaldy Benediktus Darlin^{1,*}, Febi Rahmadianto¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Desalinasi
Pasir Silika
Metode Taguchi
TDS dan pH

ABSTRAK

Ketersediaan air bersih sangat penting di era modern, terutama di daerah dengan kekurangan sumber daya air. Air merupakan bagian vital dari ekosistem yang mendukung kehidupan makhluk hidup. Salah satu alternatif untuk mengatasi kekurangan air bersih adalah dengan memanfaatkan air laut, meskipun secara fisik air laut terlihat keruh dan tidak layak untuk dikonsumsi. Untuk menjadikan air laut dapat dipakai, diperlukan proses pengolahan yang disebut desalinasi. Penelitian ini memfokuskan pada desalinasi air laut menggunakan filter pasir silika dengan menerapkan metode Taguchi untuk merancang percobaan dengan variasi faktor-faktor yang mempengaruhi efisiensinya. Terdapat tiga variasi yang diuji, yaitu ketebalan filter (4 cm, 7 cm, 10 cm), pemanasan suhu (50°C, 80°C, 100°C), dan holding time (1, 2, 3 menit). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek filter pasir silika terhadap nilai Total Dissolved Solids (TDS) dan pH. Hasil penelitian menunjukkan bahwa filter pasir silika efektif dalam menurunkan TDS dan meningkatkan pH air laut. Temuan ini menyimpulkan bahwa filter pasir silika adalah media yang baik untuk proses desalinasi, karena dapat mengurangi zat berbahaya dalam air laut.

* Corresponding author:

Rivaldy Benediktus Darlin (email: rivaldydarlin@gmail.com)

Diterima: 12 September 2024

Disetujui: 22 September 2024

Dipublikasikan: 31 Oktober 2024

1 Pendahuluan

Ketersediaan air yang cukup serta memenuhi standar kebersihan dan keamanan merupakan faktor penting dalam mendukung tercapainya kondisi kesehatan yang optimal. Untuk kebutuhan konsumsi, air yang diperlukan rata-rata mencapai 5 liter per hari, sementara kebutuhan air secara keseluruhan dalam sebuah rumah tangga di Indonesia diperkirakan sebesar 120 liter per hari [7].

Air yang dikonsumsi manusia harus memenuhi standar fisik, kimia, dan biologi. Standar fisik air mencakup kriteria tidak berwarna, tidak berbau, tidak berasa, serta kejernihan. Selain itu, standar kimia air mencakup parameter-parameter seperti kadar Total Dissolved Solids (TDS) dan pH. Selain kedua standar tersebut, standar biologi mengharuskan air bebas dari bakteri patogen [8].

Air laut mengandung berbagai zat terlarut dalam konsentrasi berkisar antara 35.000 hingga 42.000 ppm, dengan dominasi garam NaCl. Sebagai suatu substansi kimia, air laut bersifat korosif. Selain itu, air laut juga mengandung ion-ion logam yang dapat menyebabkan pembentukan kerak. Kekeruhan yang relatif tinggi menunjukkan adanya berbagai kandungan yang berpotensi berbahaya bagi kesehatan. Oleh karena itu, proses desalinasi diperlukan untuk menjadikan air laut layak konsumsi bagi masyarakat [1].

Desalinasi adalah proses pemurnian air payau atau air laut untuk mengurangi total padatan terlarut hingga batas yang dapat diterima untuk konsumsi, yaitu antara 200 hingga 500 ppm atau kurang dari 500 ppm. Proses desalinasi memainkan peran penting dalam produksi air minum. Selama enam dekade terakhir, metode desalinasi termal telah berkembang, sementara teknologi membran telah mengalami kemajuan signifikan dalam empat dekade terakhir [10].

Desalinasi air laut menggambarkan pentingnya perangkat desalinasi dalam memenuhi kebutuhan pasokan air global. Proses ini menjadi dasar dalam perancangan dan pengembangan alat desalinasi yang murah dan efisien. Selain meningkatkan ketersediaan air bersih siap minum di tingkat global, perangkat ini diharapkan dapat menawarkan alternatif desalinasi dengan biaya dan konsumsi energi yang lebih rendah, sehingga lebih terjangkau untuk berbagai lapisan masyarakat [2].

Reverse Osmosis didefinisikan sebagai proses pemisahan menggunakan membran semipermeabel yang dapat memisahkan air tawar dari larutan garam dengan menerapkan tekanan yang melebihi tekanan osmosis larutan garam [6].

Pada kondisi osmosis balik, tekanan yang diterapkan digunakan untuk melawan tekanan osmotik dan sifat koligatif yang timbul akibat perbedaan potensial kimiawi pelarut, yang merupakan parameter termodinamika [9].

Membran Reverse Osmosis efektif dalam memisahkan komponen terlarut dengan ukuran antara 0,001 hingga 0,01 μm serta partikel dengan berat molekul rendah. Selama proses ini, difusi terjadi melalui membran semipermeabel, yang mengencerkan larutan garam. Proses ini dikenal sebagai osmosis [4].

Metode Taguchi bertujuan untuk membuat produk atau proses menjadi “tidak sensitif” terhadap berbagai faktor seperti material, peralatan manufaktur, tenaga kerja, dan kondisi lainnya yang dapat mengganggu. Oleh karena itu, metode ini sering disebut sebagai perancangan kokoh (robust design) [5].

Tujuan metode taguchi adalah untuk meningkatkan kemampuan proses serta mengurangi penyebab variabilitas dalam produksi. Metode ini mengintegrasikan hasil eksperimen untuk menentukan faktor dan level faktor optimal, sekaligus menghemat waktu dan biaya [3].

2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode desalinasi sederhana berbasis reverse osmosis. Pembuatan alat desalinasi air laut memiliki dimensi 150 mm x 150 mm x 250 mm dengan ketebalan 3 mm.

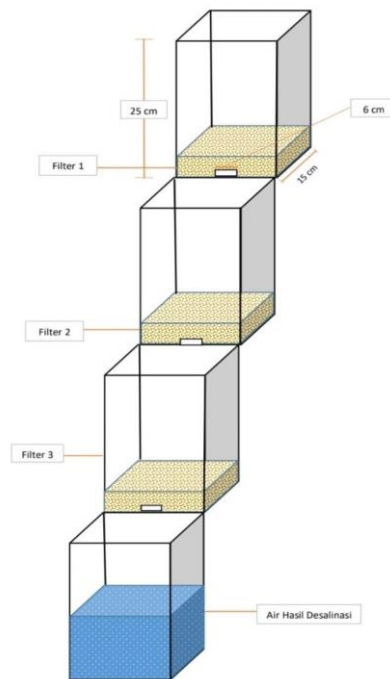
Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengurangi kadar garam dalam air laut melalui penggunaan filter pasir silika. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengukur nilai pH dan Total Dissolved Solids (TDS) air setelah proses desalinasi menggunakan metode reverse osmosis sederhana. . Material dari alat desalinasi menggunakan mika acrylic jenis PVC (*Polyvinylchloride*). Pengambilan sampel untuk uji penelitian dilakukan di Kampus 2 Institut Teknologi Nasional, Jalan Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kecamatan Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur.

Prosedur yang diterapkan dalam pembuatan sampel uji dimulai dengan memanaskan air laut hingga mencapai suhu tertentu sebelum menuangkan air tersebut ke dalam filter yang telah disiapkan. Penelitian ini menggunakan variasi suhu sebesar 50 °C, 80 °C, dan 100 °C. Diharapkan bahwa selama proses pemanasan, kandungan garam terlarut dalam air laut dapat dipisahkan. Dengan demikian, setelah proses pemanasan selesai, air yang dituangkan ke dalam acrylic diharapkan memiliki kemurnian yang lebih tinggi dibandingkan sebelumnya.

Prosedur selanjutnya dalam penelitian ini melibatkan persiapan filtrasi dengan ketebalan yang telah ditetapkan sesuai dengan variabel yang ditentukan, yaitu 4 cm, 7 cm, dan 10 cm. Filter yang digunakan dalam penelitian ini adalah pasir silika. Sementara menunggu proses pemanasan air selesai, peneliti memasukkan pasir silika ke dalam mika acrylic yang telah disiapkan.

Langkah selanjutnya adalah menerapkan proses Holding Time dengan cara menahan air yang dituangkan ke dalam filtrasi agar tetap berada di lapisan acrylic pertama selama jangka waktu tertentu, yaitu 1 menit, 2 menit, dan 3 menit. Tujuan dari Holding Time ini adalah untuk memungkinkan proses pengendapan, di mana zat-zat berbahaya yang terlarut dalam air diharapkan mengendap pada lapisan pasir silika. Dengan demikian, setelah proses penahanan selesai, air yang keluar diharapkan lebih bersih dan murni dibandingkan sebelumnya.

Setelah proses desalinasi air laut selesai, langkah selanjutnya adalah menguji kualitas air tersebut di laboratorium yang terverifikasi. Pengujian TDS dilakukan dengan menggunakan “**Metode SM APHA Edisi ke-23, C, 2017**” di Laboratorium Lingkungan, Jalan Surabaya 2A, Malang, sedangkan pengujian pH dilakukan dengan metode “**pH Meter**” di Laboratorium Universitas Malang.



Gambar 1 Skema Filter Acrylic Desalinasi

3 Hasil dan Pembahasan

Pada tahap ini, hasil dan pembahasan terkait proses desalinasi dengan variasi ketebalan filter : 4 cm, 7 cm, 10 cm, holding time : 1 menit, 2 menit, 3 menit, serta pemanasan suhu : 50 °C, 80 °C, 100 °C yang menggunakan metode taguchi akan disajikan, di mana analisis dilakukan menggunakan aplikasi Minitab

3.1 Uji TDS

Uji TDS dilakukan untuk mengetahui tingkat kekeruhan yang terdapat pada air yang telah mengalami proses desalinasi dimana pengujian tersebut dilakukan pada laboratorium. Hasil data uji tersebut kemudian akan diolah menggunakan metode taguchi untuk mengetahui pengaruh dari setiap variasi mulai dari ketebalan filter, holding time, pemanasan suhu.

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Ketebalan Filter	Holding Time	Suhu
1	-91.02	-90.74	-90.62
2	-90.99	-90.91	-90.96
3	-90.36	-90.73	-90.60
Delta	0.67	0.18	0.37
Rank	1	3	2

#	C1-T Ketebalan Filter	C2-T Holding Time	C3 Suhu	C4 Uji TDS 1	C5 Uji TDS 2	C6 Uji TDS 3	C7	C8	C9	C10	C11	C12
1	4cm	1menit	50	34500	24500	44500						
2	4cm	2menit	80	35700	25700	45700						
3	4cm	3menit	100	33800	23800	43800						
4	7cm	1menit	80	35200	25200	45200						
5	7cm	2menit	100	34100	24100	44100						
6	7cm	3menit	50	34200	24200	44200						
7	10cm	1menit	100	30800	20800	40800						
8	10cm	2menit	50	32700	22700	42700						
9	10cm	3menit	80	32300	22300	42300						

Gambar 2 Data Hasil Uji TDS

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

	Ketebalan Filter		Holding Time	
Level	Filter	Time	Suhu	
1	-91.03	-90.74	-90.82	
2	-90.99	-90.91	-90.96	
3	-90.36	-90.73	-90.60	
Delta	0.67	0.18	0.37	
Rank	1	3	2	

(a)

Response Table for Means

	Ketebalan Filter		Holding Time	
Level	Filter	Time	Suhu	
1	34667	33500	33800	
2	34500	34167	34400	
3	31933	33433	32900	
Delta	2733	733	1500	
Rank	1	3	2	

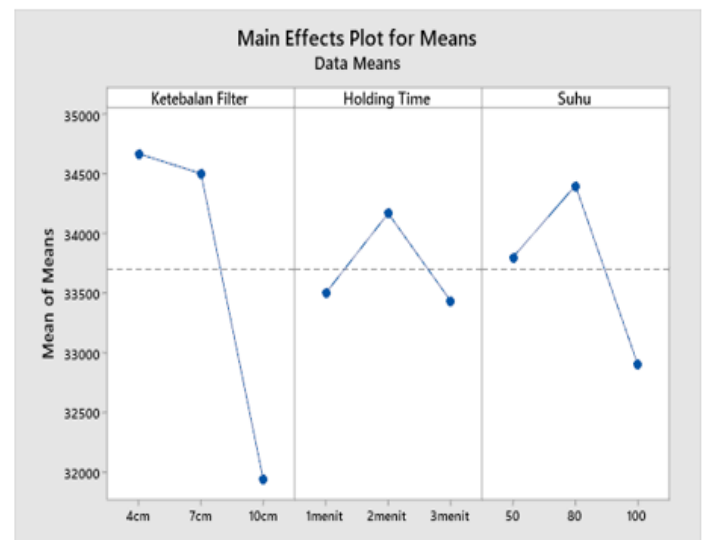
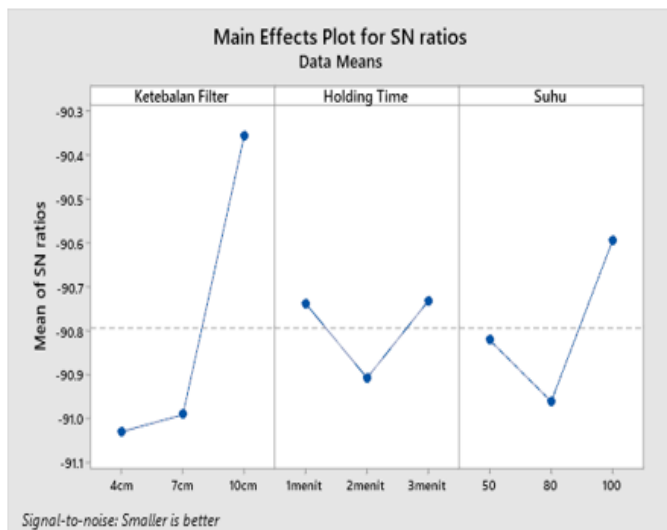
(b)

Gambar 3 Hasil Taguchi Nilai Pengaruh Variasi Penelitian Terhadap Hasil TDS Desalinasi

Terlihat pada gambar yang disajikan dengan rank dan delta. Delta merujuk pada selisih antara nilai respons terbesar dan terkecil untuk setiap faktor yang diuji. Delta menunjukkan pengaruh suatu faktor terhadap hasil eksperimen. Semakin besar nilai delta, semakin besar pengaruh faktor tersebut terhadap variabilitas output atau respons. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tebal filter pada level 3 memberikan nilai TDS terendah sebesar 31,933 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan tebal filter cenderung menurunkan nilai TDS dalam air yang diolah.

Penelitian juga menunjukkan bahwa holding time atau waktu penahanan level 3 menghasilkan nilai TDS terendah sebesar 33,433 mg/L. Ini menunjukkan bahwa meningkatkan waktu penahanan dapat menurunkan nilai TDS. Waktu penahanan yang lebih lama memungkinkan lebih banyak waktu bagi proses penyaringan dan pengendapan partikel-partikel terlarut dalam air, sehingga mengurangi nilai TDS.

Suhu juga menunjukkan pengaruh yang sangat signifikan terhadap nilai TDS. Pada level 3, suhu memberikan nilai TDS terendah sebesar 32,900 mg/L. Ini menunjukkan bahwa peningkatan suhu dapat mengurangi nilai TDS dalam air yang diolah.



Gambar 4 Hasil Taguchi Nilai Pengaruh Variasi Penelitian Terhadap Nilai TDS

3.2 Uji pH

Uji pH dilakukan untuk mengetahui tingkat kejernihan dan kenetralan air yang terdapat pada air yang telah mengalami proses desalinasi dimana pengujian tersebut dilakukan pada laboratorium. Hasil data uji tersebut kemudian akan diolah menggunakan metode taguchi untuk mengetahui pengaruh dari setiap variasi mulai dari ketebalan filter, holding time, pemanasan suhu.

Level	Ketebalan Filter	Holding Time	Suhu	Uji pH 1	Uji pH 2	Uji pH 3
1	4cm	1menit	50	7.84	7.74	7.94
2	4cm	2menit	80	7.70	7.60	7.80
3	4cm	3menit	100	7.54	7.44	7.64

Gambar 5 Data Hasil Uji pH

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Ketebalan Filter	Holding Time	Suhu
1	-17.72	-17.62	-17.66
2	-17.58	-17.58	-17.59
3	-17.41	-17.52	-17.47
Delta	0.31	0.10	0.19
Rank	1	3	2

(a)

Response Table for Means

Level	Ketebalan Filter	Holding Time	Suhu
1	7.693	7.607	7.637
2	7.570	7.567	7.580
3	7.423	7.513	7.470
Delta	0.270	0.093	0.167
Rank	1	3	2

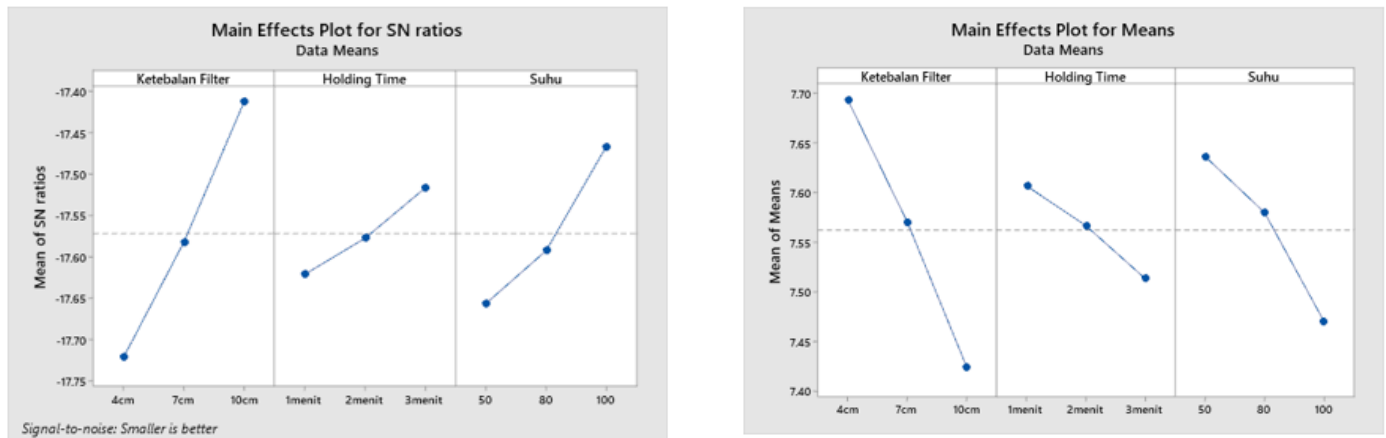
(b)

Gambar 6 Hasil Taguchi Nilai Pengaruh Variasi Penelitian Terhadap Hasil pH Desalinasi

Tebal filter pada level 3 menghasilkan pH sebesar 7,423, yang mendekati pH netral (7). Hal ini menunjukkan bahwa filter yang lebih tebal lebih efektif dalam menyeimbangkan pH air yang diolah. Filter yang lebih tebal mungkin memberikan lebih banyak lapisan penyaringan yang dapat menahan dan menetralkan ion-ion yang mempengaruhi pH, sehingga menghasilkan air dengan pH yang lebih stabil dan mendekati netral.

Waktu penahanan, level 3 menunjukkan pH sebesar 7,513, yang mendekati pH netral (7) lebih baik. Ini menunjukkan bahwa waktu penahanan yang lebih lama pada level 3 lebih efektif dalam menyeimbangkan pH air.

Suhu juga menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap nilai pH air yang diolah. Pada level 3, suhu menghasilkan pH sebesar 7,470, yang mendekati pH netral (7) lebih baik. Suhu yang lebih tinggi dapat meningkatkan reaksi kimia dan proses difusi yang membantu menyeimbangkan pH air.



Gambar 7 Hasil Taguchi Nilai Pengaruh Variasi Penelitian Terhadap Nilai pH

4 Kesimpulan

Terdapat Sembilan kali pengujian dengan Sembilan sample hasil dari desalinasi air laut dengan suhu tiap pengujian diantaranya: 50 °C, 80 °C, dan 100 °C dan waktu penahanan 1 menit, 2 menit dan 3 menit dengan ketebalan filter diantaranya 4 cm, 7 cm dan 10 cm. Pada hasil olahan data yang dianalisis menggunakan aplikasi minitab diketahui nilai TDS terendah atau ranking 1 pada data minitab adalah pada variabel ketebalan filter 10 cm yaitu 31. 933mg/l (TDS standar ≤ 500 mg/l). Sedangkan nilai pH air laut terkecil atau pada data minitab ranking 1 adalah pH pada variabel ketebalan filter 10 cm yaitu 7,423 (pH netral = 7).

5 Referensi

- [1] Biyantoro, B., Basuki, K. T., 2021, Pengukuran dan Analisis Unsur-Unsur pada Air Laut Muria untuk Air Primer PWR. *Jurnal Ilmiah Teknik Industri* ISSN: 1412-6869.
- [2] G, Wetterau., I, Moch., V, Frenkel., R, Huehmer., H, Hunt., K, Kiefer., T, Pankratz., S, Sethi., G, Silverman., S, Trussell., L, VandeVenter., N, Voutchkov., 2011, Desalination of Seawater, American Water Works Association.
- [3] Halimah, P., Ekawati, Y., 2020, Penerapan Metode Taguchi Untuk Meningkatkan Kualitas Bata Ringan pada UD. XY Malang. Universitas Ma Chung.
- [4] Ningrum, S, V., 2020, Penggunaan Media Filter Pasir Silika Dan Karbon Aktif Untuk Menurunkan Kekeruhan, TDS, Kesadahan Dan Besi Pada Reaktor Filter. Universitas Pelita Bangsa.
- [5] Octariani I., Virgantari, F., Wijayanti, H., 2021. Metode Taguchi Dalam Analisis Pengendalian Kualitas Produk Furniture. *Jurnal Ilmiah Matematika*, Vol. 1, No.2.
- [6] Sefentry, A., Masriatini, R., 2020, Pemanfaatan Teknologi Membran Reverse Osmosis (RO) Pada Proses Pengolahan Air Laut Menjadi Air Bersih. *Jurnal Redoks*, Vol. 5, No. 1.
- [7] Asmadi, S., Suharno, S., 2012, Dasar-Dasar Teknologi Pengolahan Air Limbah. Yogyakarta: Gosyen Publishing.
- [8] Sutrisno, T., Suciastuti, E., (2010). Teknologi Penyediaan Air Bersih. Jakarta : Rineka Cipta.
- [9] Pratama, A., Rahmadiano, F., 2021, Analisa Perancangan Desalinasi Air Laut Dengan Variasi Filter Tempurung Kelapa Dan Variasi Temperatur Pemanasan, *Jurnal flywheel*, Vol. 12, pp.21-29.
- [10] Ragetisvara, A, A., Titah, H, S., 2021. Studi Kemampuan Desalinasi Air Laut Menggunakan Sistem Sea Water Reverse Osmosis (SWRO) Pada Kapal Pesiar *Jurnal Teknik Its* Vol. 10, No. 2, ISSN: 2337-3539.