

Analisa Perancangan Alat Desalinasi Air Laut Menggunakan Filter Batu Zeolit dengan Metode Taguchi

Taufik Handiwijaya^{1,*}, Febi Rahmadian¹

¹ Program Studi Teknik Mesin S1 Institut Teknologi Nasional Malang

Kata kunci

Desalinasi
Batu Zeolit
TDS dan pH
Metode Taguchi

ABSTRAK

Desalinasi air laut merupakan solusi penting dalam menghadapi krisis air bersih yang terjadi di berbagai wilayah di seluruh dunia. Dengan meningkatnya permintaan akan air tawar dan kemajuan teknologi, desalinasi menjadi alternatif utama untuk memenuhi kebutuhan air manusia. Penelitian ini mengeksplorasi penggunaan batu zeolit sebagai filter dalam proses desalinasi, dengan fokus pada pengukuran pH dan TDS air hasil desalinasi. Batu zeolit dipilih karena kemampuannya yang efektif dalam menyerap kontaminan yang tidak diinginkan, sehingga berpotensi meningkatkan kualitas air yang dihasilkan. Hasil analisis menunjukkan bahwa meskipun desalinasi air laut mampu menyediakan air bersih secara signifikan, tantangan masih ada, terutama terkait dengan nilai TDS yang belum memenuhi standar layak konsumsi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lanjutan serta inovasi teknologi untuk meningkatkan efisiensi proses desalinasi. Dengan pengembangan teknologi yang lebih maju dan strategi desalinasi yang inovatif, diharapkan krisis ketersediaan air bersih dapat diatasi secara berkelanjutan di masa depan."

* **Corresponding author:**

Nama corresponding author (email: handi970948@gmail.com)

Diterima: 18 September 2024

Disetujui: 17 Agustus 2025

Dipublikasikan: 11 November 2025

1 Pendahuluan

Sekitar 16,42 juta jiwa penduduk Indonesia merupakan masyarakat yang hidup di kawasan pesisir. Pilihan untuk hidup di kawasan pesisir tentu sangat relevan mengingat banyaknya potensi sumber daya alam hayati maupun non hayati, sumber daya buatan serta jasa lingkungan yang sangat penting bagi penghidupan masyarakat. Kurangnya ketersediaan air bersih secara kuantitatif disebabkan karena 97 % air di bumi merupakan air laut, sehingga dengan kadar garam sekitar 35000 mg/l menyebabkan air tersebut tidak dapat langsung dipergunakan tanpa adanya pengolahan terlebih dahulu. Air payau atau brackish water merupakan air yang mempunyai salinitas (kandungan garam) 0,5-17 ppt pada musim kemarau panjang kualitas air tanah dangkal akan lebih menurun sebagai akibat intrusi air laut, sehingga air payau akan terasa lebih asin karena meningkatnya kadar garam [10].

Kebutuhan air secara global diperkirakan akan terus meningkat, sementara ketersediaan sumber air bersih semakin berkurang akibat pencemaran dan dampak perubahan iklim. Hal ini menyebabkan kelangkaan air bersih, terutama di daerah-daerah gersang, kering, dan pesisir pantai. Desalinasi merupakan proses pengolahan air yang memisahkan garam dari larutan garam untuk menghasilkan air minum atau air dengan tingkat TDS yang rendah. Desalinasi air laut dan air payau dapat menjadi solusi yang efektif dalam meningkatkan ketersediaan sumber air bersih [1]. Air laut adalah jenis air yang tidak pernah habis, namun pemanfaatan air laut masih sangat kurang. Khususnya untuk mengolah air laut menjadi air tawar atau air bersih yang layak dikonsumsi, jadi desalinasi bisa menjadi salah satu metode pemanfaatan air laut. Desalinasi air laut merupakan proses memisahkan kandungan berbahaya di dalam air dengan tujuan membuat air tersebut menjadi lebih bersih hingga layak untuk dikonsumsi [8].

Zeolit merupakan mineral alumino-silikat yang memiliki struktur rangka tiga dimensi. Di Indonesia, zeolit tersedia dalam jumlah yang melimpah, sering kali ditemukan dalam bentuk yang hampir murni, dan dapat diperoleh dengan biaya yang relatif rendah [5]. Berdasarkan sumbernya, zeolit dapat dibagi menjadi dua jenis: pertama, zeolit yang berasal dari alam, yang disebut sebagai zeolit alam, dan kedua, zeolit sintesis, yaitu zeolit yang diproduksi oleh manusia [6].

Kemudian pH adalah ukuran yang digunakan untuk menentukan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. Air yang tampak jernih tidak selalu memiliki kadar pH (*Puissance de Hydrogen*) yang ideal [11]. Memantau pH air sangat penting untuk menilai kualitas air. Air bersih yang memiliki kualitas buruk dapat berdampak negatif pada kesehatan tanaman dan ikan, menyebabkan timbulnya berbagai penyakit. Perubahan pH air juga dapat memengaruhi bau, rasa, dan warna air [9]. Nilai pH masuk ke dalam parameter kimia. Nilai dari pH berkisar antara 0-14. Nilai pH yang kurang dari 7 menandakan bahwa air tersebut bersifat asam. Untuk nilai pH sama dengan 7 menandakan bahwa air bersifat netral, dan untuk nilai pH yang lebih dari 7 menandakan bahwa air tersebut bersifat basa [4].

Total Dissolved Solids (TDS) merupakan ukuran jumlah zat padat yang terlarut dalam air, termasuk ion, senyawa, maupun koloid. Batas maksimal TDS yang diizinkan oleh standar kesehatan untuk kualitas air adalah 500 mg/L [3].

Genichi Taguchi (1949) mengembangkan metode Taguchi. Metode ini menggunakan matriks khusus yang dikenal sebagai Matriks Ortogonal atau Orthogonal Array (OA). Matriks ini merupakan alat untuk menentukan jumlah eksperimen yang minimal dan penting dalam pemilihan kombinasi level variabel input untuk setiap eksperimen. Tahapan sistematis dalam metode ini memungkinkan pemecahan masalah secara terstruktur dan efektif dalam perancangan sistem [2].

Metode ini mengintegrasikan hasil eksperimen dengan faktor dan level faktor yang optimal, sekaligus menghemat waktu dan biaya [7].

2 Metode Penelitian

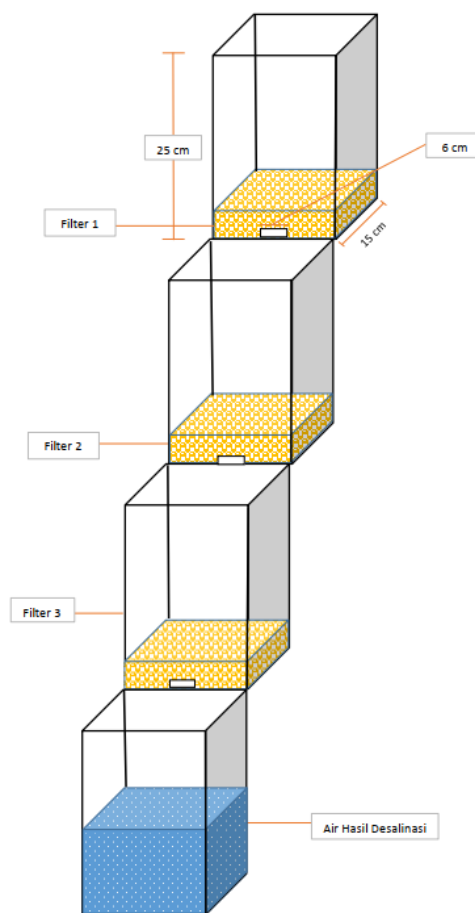
Metode penelitian ini menggunakan metode Desalinasi *reverse osmosis* sederhana. Penelitian ini dilakukan dengan tujuan menurunkan kadar garam (desalinasi) air laut menggunakan filter batu *zeolite*. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui berapa nilai pH dan TDS air setelah dilakukan proses desalinasi dengan metode *reverse osmosis* sederhana. Lokasi pembuatan sample uji penelitian ini dilakukan di Kampus 2 Institut Teknologi Nasional JL. Raya Karanglo KM. 2, Tasikmadu, Kec. Lowokwaru, Kota Malang, Jawa Timur.

Kemudian prosedur yang dilakukan selama pembuatan sample uji adalah pertama dengan memanaskan air laut sampai suhu tertentu sebelum menuangkan air laut kedalam filter yang telah disiapkan. Penelitian ini menggunakan suhu tempratur 50°C, 80°C dan 100 °C. Setelah air selesai dipanaskan maka air yang dituang kedalam akrelik dapat menjadi lebih murni dari sebelumnya.

Adapun prosedur selanjutnya dalam penelitian ini adalah menyiapkan filtrasi dengan ketebalan yang telah ditentukan sesuai dengan variabel yang telah ditentukan yaitu 4 cm, 7 cm, dan 10 cm. Filter yang digunakan didalam penelitian ini adalah batu zeolit. Jadi selama menunggu proses pemanasan air selesai, yang dilakukan peneliti adalah memasukkan batu zeolit kedalam mika akrelik yang telah disiapkan.

Prosedur selanjutnya yang dilakukan adalah proses *Holding Time* dengan cara menahan air yang dituang kedalam filtrasi agar tetap berada di akrelik pertama selama waktu yang telah ditentukan yaitu 1 menit, 2 menit, dan 3 menit. Tujuan *Holding Time* atau penahanan air ini adalah supaya selama proses ini pengendapan yang terjadi diharapkan memisahkan zat-zat berbahaya yang terlarut didalam air dapat mengendap pada batu zeolit, sehingga setelah penahanan airnya selesai maka air yang turun dapat lebih bersih dan murni dari sebelumnya.

Setelah air laut hasil desalinasi siap, langkah selanjutnya adalah menguji kualitas air tersebut di laboratorium terverifikasi. Proses uji TDS air dilakukan dengan metode “Metode SM APHA 23rd Ed., C, 2017” di Laboratorium Lingkungan, Jalan Surabaya 2A Malang, lalu untuk uji pH dilakukan dengan metode “**pH Meter**” di Laboratorium Universitas Malang.



Gambar 1 Skema filter Akrelik Desalinasi

3 Hasil dan Pembahasan

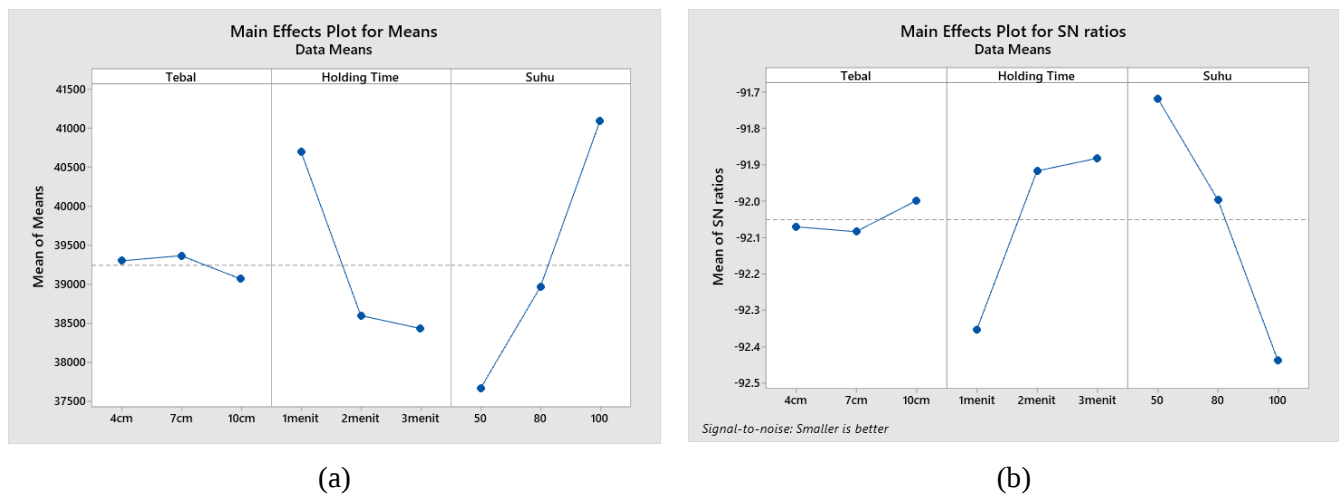
Penjelasan dibawah menunjukan hasil dari proses penelitian desalinasi yang dilakukan dengan menggunakan metode Taguchi yang dikerjakan dengan aplikasi minitab dan menggunakan sample uji desalinasi air laut dari variasi ketebalan filter, lalu suhu, juga variasi penahanan air atau *holding time*.

3.1 Uji TDS

Uji TDS dilakukan dengan cara membuat sample air yang sudah di desalinasi yang kemudian diserahkan ke Laboratorium pengujian untuk diketahui nilai dari TDS airnya, Kemudian data TDS dari hasil labnya akan diolah data yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari setiap variasi yang digunakan di dalam penelitian ini yaitu variasi ketebalan filter, suhu dan penahanan air atau *holding time*.

	C1-T	C2-T	C3	C4	C5	C6	C7	C8
	Tebal	Holding Time	Suhu	uji 1	uji 2	uji 3		
2	4cm	2menit	80	39500	29500	49500		
3	4cm	3menit	100	40100	30100	50100		
4	7cm	1menit	80	40300	30300	50300		
5	7cm	2menit	100	39700	29700	49700		
6	7cm	3menit	50	38100	28100	48100		
7	10cm	1menit	100	43500	33500	53500		
8	10cm	2menit	50	36600	26600	46600		
9	10cm	3menit	80	37100	27100	47100		
10								

Gambar 2 data hasil uji TDS



Gambar 3 hasil Taguchi Pengaruh variasi penelitian terhadap hasil TDS Desalinasi

Response Table for Means

Level	Tebal	Holding Time	Suhu
1	39300	40700	37667
2	39367	38600	38967
3	39067	38433	41100
Delta	300	2267	3433
Rank	3	2	1

(a)

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Tebal	Holding Time	Suhu
1	-92.07	-92.35	-91.72
2	-92.08	-91.92	-92.00
3	-92.00	-91.88	-92.44
Delta	0.09	0.47	0.72
Rank	3	2	1

(b)

Gambar 4 Hasil Taguchi nilai pengaruh variasi penelitian terhadap nilai TDS

Pembahasan :

TDS terendah pada variasi suhu berada pada variasi suhu 50°C yaitu (37667). angka itu lebih rendah dibandingkan dengan variasi suhu lainnya. Itu membuktikan bahwa menggunakan suhu 50°C lebih baik dibandingkan dengan variasi suhu lainnya.

TDS terendah pada variasi *Holding Time* berada pada variasi *Holding Time* dengan waktu 3 menit yaitu (38433) sedangkan TDS tertinggi pada variasi *Holding Time* adalah (40700) di variasi *Holding Time* dengan waktu 1 menit. Itu menandakan bahwa semakin lama proses *Holding Time* maka semakin baik nilai TDS desalinasi.

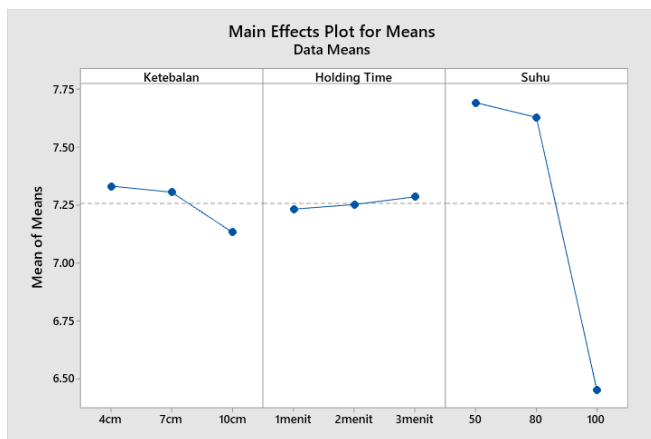
TDS terendah pada variasi ketebalan berada pada variasi ketebalan 10 cm yaitu (39067). Angka itu lebih rendah dibandingkan dengan variasi ketebalan lainnya. Itu membuktikan bahwa menggunakan ketebalan filter 10 cm lebih baik dibandingkan dengan variasi ketebalan yang lainnya.

3.2 Uji pH

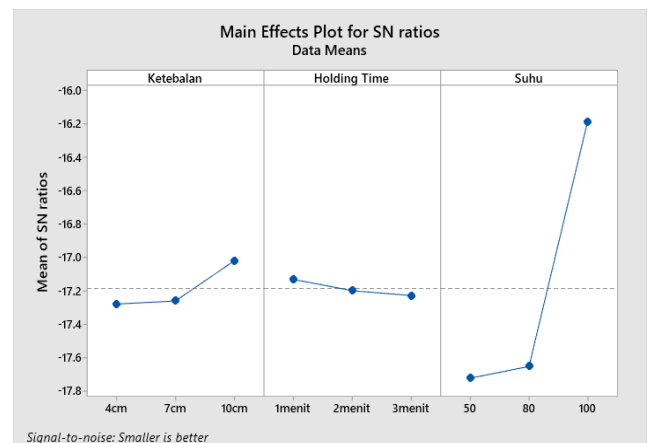
Uji pH dilakukan dengan cara membuat sample air yang sudah di desalinasi yang kemudian diserahkan ke Laboratorium pengujian untuk diketahui nilai dari pH airnya, Kemudian data pH dari hasil labnya akan diolah data menggunakan metode Taguchi yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh dari setiap variasi yang digunakan di dalam penelitian ini yaitu variasi ketebalan filter, suhu dan penahanan air atau *holding time*.

#	C1-T	C2-T	C3	C4	C5	C6	C7
	Ketebalan	Holding Time	Suhu	Uji pH 1	Uji pH 2	Uji pH 3	
3	4cm	3menit	100	6.54	6.44	6.64	
4	7cm	1menit	80	7.64	7.54	7.74	
5	7cm	2menit	100	6.70	6.60	6.80	
6	7cm	3menit	50	7.58	7.48	7.68	
7	10cm	1menit	100	6.11	6.01	6.21	
8	10cm	2menit	50	7.55	7.45	7.65	
9	10cm	3menit	80	7.74	7.64	7.84	
10							

Gambar 5 data hasil uji pH



(a)



(b)

Gambar 6 hasil Taguchi Pengaruh variasi penelitian terhadap hasil pH Desalinasi

Response Table for Means

Level	Ketebalan	Holding Time	Suhu
1	7.333	7.233	7.693
2	7.307	7.253	7.630
3	7.133	7.287	6.450
Delta	0.200	0.053	1.243
Rank	2	3	1

(a)

Response Table for Signal to Noise Ratios

Smaller is better

Level	Ketebalan	Holding Time	Suhu
1	-17.28	-17.13	-17.72
2	-17.26	-17.20	-17.65
3	-17.02	-17.23	-16.19
Delta	0.26	0.10	1.54
Rank	2	3	1

(b)

Gambar 7 Hasil Taguchi nilai pengaruh variasi penelitian terhadap nilai pH

Pembahasan :

Nilai pH air yang baik untuk diminum berada dikisaran 6,5 sampai 8,5. Pada variasi suhu 50°C dan 80°C mendapatkan pH yang aman untuk diminum yaitu 50°C (7,693) dan 80°C (7,630). Sedangkan 100°C (6,450) yaitu pH air yang lebih asam. Kemudian untuk variasi suhu level 2 yaitu 80°C adalah pH air yang paling mendekati pH Netral (7).

Pada variasi *Holding Time* diketahui semua level variasi memiliki pH yang aman untuk diminum. Pada *Holding Time* 1 menit mendapat pH (7,233), kemudian variasi *Holding Time* 2 menit mendapat pH (7,253) dan variasi *Holding Time* 3 menit mendapat pH (7,287). Akan tetapi yang paling mendekati pH Netral (7) adalah variasi *Holding Time* level 1 yaitu 1 menit.

Pada variasi ketebalan diketahui semua level variasi memiliki pH yang aman untuk diminum. Pada variasi ketebalan 4 cm mendapat pH (7,333), kemudian variasi ketebalan 7 cm mendapat pH (7,307) dan variasi ketebalan 10 cm mendapat pH (7,133). Akan tetapi yang paling mendekati pH Netral (7) adalah variasi ketebalan level 3 yaitu 10 cm.

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. Diketahui pada data minitab variasi yang paling mendekati nilai pH air Netral (7) adalah variasi ketebalan 10 cm dengan pH (7,133). Nilai TDS terendah atau *ranking 1* pada data minitab adalah pada variabel temperatur yaitu 37667 mg/l (TDS standar ≤ 500 mg/l).

5 Referensi

- [1] Abdulloh, S. H., 2015, Desalinasi Air dengan Memanfaatkan Energi Terbarukan, Jurnal Teknik Kimia, pp.1-8.
- [2] Anggraini, D., Dewi, S. K., Saputro, T. E., 2015, Aplikasi Metode Taguchi Untuk Menurunkan Tingkat Kecacatan Pada Produk Paving, Jurnal Teknik Industri, Vol. 16, pp.1-9.
- [3] Anwar, N., Widodo, A. M., Tundjungsari, V., Ichwani, Arief., Muiz, K. H., 2021, Sistem Pemantauan Level Keasaman dan *Total Dissolved Solids* Limbah Cair Berbasis *Internet of Things* (IoT), SISFOTEK.
- [4] Chuzaini, F., Dzulkifli., 2022, IoT Monitoring Kualitas Air Dengan Menggunakan Sensor Suhu, pH, dan *Total Dissolved Solids* (TDS), Jurnal Inovasi Fisika Indonesia, Vol. 11, pp.46-56.
- [5] Las, T., Zamroni, H., 2002, Penggunaan Zeolit Dalam Bidang Industri dan Lingkungan, Jurnal Zeolit Indonesia, Vol. 1, pp.27-34.
- [6] Marsidi, R., 2001, Zeolit Untuk Mengurangi Kesadahan Air, Jurnal Teknologi Lingkungan, Vol.2, pp.1-10.
- [7] Maulidia, P. R., Budiharti, N., Adriantantri, E., 2020, Analisis Pengendalian Kualitas Menggunakan Metode Taguchi Pada Umkm Rubber Seal Rm Products *Genuine Parts* Sukun, Malang, Jurnal Teknik Industri ITN Malang.
- [8] 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.
- [9] Rahmanto, Y., Rifaini, A., Samsugi, S., Riskiono, S. D., 2020, Sistem Monitoring Ph Air Pada Aquaponik Menggunakan Mikrokontroler Arduino Uno, JTST, Vol 1, pp.23-28.
- [10] Widayat, W., 2005, Pengolahan Air Payau Menggunakan Teknologi Membran Sistem Osmosa Balik Sebagai Alternatif Pemenuhan Kebutuhan Air Minum Masyarakat Kepulauan Seribu, JAI, Vol 1.
- [11] Zilius, A., 2017, Rancang Bangun Monitoring pH Air Menggunakan *Soil Moisture* Sensor di SMK N 1 Tebing Tinggi Kabupaten Empat Lawang, JUSIKOM, Vol 2.