

# Optimasi Pengolahan Limbah Cair Industri *Nata de coco* Menggunakan *Fine bubble* Diffuser Berbasis Membrane

*Optimization of Nata de Coco Industrial Liquid Waste Processing Using Membrane-Based Ultrafine Bubble Diffuser*

Lukito Hasta Pratopo<sup>1</sup>, Ahmad Thoriq<sup>1</sup>, Drupadi Ciptaningtyas<sup>1</sup>, Muhammad Rifaldhy<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Staf Pengajar Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Sumedang Bandung Km 21 Jatinangor, Sumedang Jawa Barat 45363

<sup>2</sup>Alumni Program Studi Teknik Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jl. Sumedang Bandung Km 21 Jatinangor, Sumedang Jawa Barat 45363

\*Corresponding Email: [lukito.hasta@unpad.ac.id](mailto:lukito.hasta@unpad.ac.id)

Article Info	Abstract
<p>Submitted: Septeber 22, 2023 Accepted: January 9, 2024</p> <p><b>Keywords:</b> Aeration; micro bubble; Taguchi; ultra fine bubble</p>	<p>The nata de coco industry produces liquid waste which, if thrown directly into water bodies (rivers) without prior processing, has the potential to pollute the surrounding environment. Laboratory test results show that the parameters BOD 1145 mg/L, COD 1737 mg/L, and TSS 206 mg/l are far above the thresholds set by the government. The aim of this research is to determine the optimum conditions for fine bubble and micro bubble treatment of nata de coco liquid waste in reducing the characteristic values of nata de coco liquid waste. This research was carried out using experimental methods with test samples of 40 liters and 60 liters. Data collected through direct observation includes DO, TDS, pH, temperature whit measured every 2 hours, while data collected through laboratory testing of BOD, COD and TSS which are tested every 12 hours and 24 hours. The data was then processed using the Taguchi method with the aim of optimizing the fine bubble treatment for changes in the characteristics of nata de coco liquid waste. The research results showed that the optimum conditions were found in the fine bubble treatment with an aeration period of 24 hours and a volume of 40 liters. The best percentage reduction in BOD was found to be 94% or 68 mg/L. COD reduction obtained the best percentage reduction of 93% and/or became 121 mg/L and TSS obtained the best percentage reduction of 69% or became 77 mg/L. These results are in accordance with the Regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia Number 5 of 2014 concerning Wastewater Quality Standards.</p>

Doi: <https://doi.org/10.19028/jtep.012.1.117-127>

## 1. Pendahuluan

Pertambahan jumlah penduduk berbanding lurus dengan peningkatan kebutuhan pangan. Pangan hasil pertanian merupakan produk pangan yang mudah rusak dengan ukuran yang beragam. Peningkatan nilai tambah pangan hasil pertanian dapat dilakukan melalui pengolahan. Industri pengolahan pangan memiliki peran strategis dalam meningkatkan ketersediaan, akses dan kualitas konsumsi pangan (Hariyadi, 2012). Industri pangan berperan dalam mengeksplorasi sumber pangan

lokal dan mengembangkannya menjadi produk pangan yang aman, bermutu dan bergizi tinggi dalam rangka memberikan aneka pilihan pangan bagi konsumen (Hariyadi, 2014). Namun demikian, luaran dari industri pangan tidak hanya berupa produk pangan tetapi limbah yang berasal dari proses produksi. Terdapat dua jenis limbah industri pangan yaitu limbah padat dan limbah cair. Pada umumnya limbah padat industri pangan dapat dimanfaatkan kembali menjadi pakan ternak tetapi limbah cair belum banyak yang memanfaatkannya. Pada industri skala besar telah memiliki Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) sehingga limbah yang akan dibuang ke lingkungan memiliki beban pencemar yang rendah sesuai dengan baku mutu air limbah yang telah ditetapkan pemerintah (Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014). Namun pada industri pangan skala kecil dan menengah pada umumnya tidak memiliki IPAL sehingga seringkali limbah cair hasil produksi pangan dibuang secara langsung ke lingkungan (Agustina, 2018).

Berdasarkan observasi lapangan pada industri pengolahan *nata de coco* skala menengah di Kabupaten Bandung, diketahui bahwa proses produksi *nata de coco* menghasilkan limbah cair dan limbah padat (Ariyanti et al., 2014). Pengolahan *nata de coco* menggunakan air cukup besar dapat menyebabkan jumlah limbah cair yang dihasilkan lebih besar dari pada limbah padat. Limbah cair yang dihasilkan oleh industri dapat menimbulkan pencemaran lingkungan seperti timbulnya bau yang mengganggu lingkungan masyarakat sekitar dan pencemaran air lingkungan jika tidak ditangani dengan baik dan benar (Sakinah & Purwanti, 2018; Said & Widayat, 2020). Limbah cair *nata de coco* masih mengandung bahan organik seperti protein, karbohidrat yang jika masuk terus menerus ke dalam perairan akan menurunkan kualitas air. Limbah cair industri *nata de coco* memiliki karakteristik berupa nilai COD sekitar 2.320-9.810 mg/L, BOD sekitar 219-7.750 mg/L, TSS sekitar 747-980 mg/L, dan nilai pH berkisar 3,95-6,12 (Nayenggita, 2017). Limbah cair *nata de coco* bersifat asam karena mengandung asam asetat dengan konsentrasi yang tinggi (Lubis et al., 2017). Limbah cair yang dihasilkan oleh industri dapat menimbulkan pencemaran lingkungan contohnya menimbulkan bau yang menyengat yang mengganggu masyarakat sekitar bila pencemaran air lingkungan jika tidak ditangani dengan baik dan benar (Said & Widayat, 2020) Dampak yang ditimbulkan oleh limbah *nata de coco* bila dibuang langsung ke sungai tanpa adanya pengolahan akan membahayakan biota air dan ekosistem di dalamnya (Lubis et al., 2017). Menurut Sukiya et al (2017) limbah cair *nata de coco* berpengaruh terhadap mortalitas ikan. Semakin banyak limbah cair *nata de coco* maka semakin tinggi presentase mortalitas ikan.

Salah satu pengaplikasian penggabungan kombinasi pengolahan limbah cair industri pengolahan pangan yaitu pengolahan kimia-fisik menggunakan teknologi *fine bubble* (Ahmed et al., 2018). Teknologi *fine bubble* berfungsi untuk meningkatkan oksigen terlarut dalam limbah cair industri pengolahan pangan (Shiyang et al., 2020). Menurut Akli et al. (2022), metode aerasi menggunakan *fine*

*bubble* berperan penting dalam mengubah nilai karakteristik BOD, COD, DO, TSS, TDS pH, dan suhu pada limbah cair industri pengolahan pangan sehingga memiliki beban pencemar yang rendah dan dibawah baku mutu limbah yang telah ditetapkan pemerintah. Penelitian ini bertujuan melakukan optimasi penggunaan *fine bubblediffuser* berbasis membrane pada instalasi pengolahan limbah cair industri *nata de coco*.

## 2. Metode Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April hingga Agustus 2023 yang dilakukan pada beberapa lokasi penelitian antara lain 1) Laboratorium Teknik Biosistem, Universitas Padjadjaran sebagai tempat pengukuran nilai karakteristik limbah cair industri *nata de coco* serta pengolahan data dan analisis data, 2) Laboratorium PT. Sucofindo, Cabang Bandung Jawa Barat sebagai tempat pengujian karakteristik limbah cair industri *nata de coco* (COD, BOD, TSS).

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain pH meter, thermometer, TDS meter, DO meter, *fine bubblediffuser*, dan laptop, sedangkan bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair *nata de coco* yang berasal dari pabrik pengolahan *nata de coco* di Kabupaten Bandung. Pada penelitian kali ini menggunakan *fine bubblediffuser* dengan dua ukuran gelembung yaitu 336,1 nm (*fine bubble1*) dan 560,3 nm (*fine bubble2*). Metode yang dapat digunakan untuk mengetahui rancangan penurunan karakteristik limbah adalah metode taguchi. Metode Taguchi umum digunakan karena dapat menyederhanakan jumlah eksperimen sehingga dapat meminimalisir waktu dan biaya dan dapat mengetahui faktor dan level optimal untuk peningkatan kualitas (Pundir et al., 2018). Penggunaan metode taguchi maka dapat diketahui faktor mana saja yang mempengaruhi penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco* secara optimum. Tahapan penelitian sebagai berikut:

### 2.1 Perencanaan Percobaan Perlakuan *Fine Bubble*

Perencanaan percobaan perlakuan *fine bubble* dilakukan menggunakan metode taguchi dengan *software* Minitab 20. Pendekatan metode ini menghasilkan banyak percobaan yang akan diuji dalam perlakuan *fine bubble*. Rancangan percobaan perlakuan *fine bubble* perlu memperhatikan beberapa faktor yaitu faktor kendali (kontrol) dan *orthogonal array*.

### 2.2 Penentuan Faktor Kendali

Faktor kendali merupakan suatu nilai parameter yang dapat dikendalikan batasan-batasannya. Faktor kendali pada penelitian ini yaitu ukuran *bubble*, waktu perlakuan dan volume limbah cair. Pemilihan faktor kendali ini berdasarkan adanya potensi pengaruh kinerja *fine bubble* terhadap penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco*. Penentuan batasan nilai ukuran *bubble* dilihat berdasarkan hasil uji *particle size analysis* (PSA) oleh HORIBA Scientific SZ-100 dimana *fine bubble1* dan

*fine bubble 2* berturut-turut menghasilkan ukuran gelembung 336,1 nm (*fine bubble 1*) dan 560,3 nm (*fine bubble 2*). Batasan waktu nyala *fine bubble* pada penelitian ini yaitu 12 jam dan 24 jam sedangkan nilai volume limbah cair yang ditreatment sebanyak 40 liter dan 60 liter. Batasan-batasan nilai faktor kendali pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Batasan Faktor Kendali

Faktor	Nama	Level Values	
		Level 1	Level 2
A	Ukuran <i>Bubble</i> (nm)	336,1	560,3
B	Waktu Perlakuan (jam)	12	24
C	Volume Limbah (liter)	40	60

### 2.3 Penentuan *Orthogonal Array*

*Orthogonal array* dapat ditentukan berdasarkan batasan faktor kendali yang ditetapkan sebelumnya. Penggunaan matriks *orthogonal array* pada penelitian ini diperoleh dengan notasi  $L8(2^3)$  dimana notasi tersebut menyatakan percobaan dilakukan sebanyak 8 perlakuan. Masing-masing 8 perlakuan disusun berdasarkan 4 parameter faktor kendali yang divariasikan menjadi 2 level. Kombinasi percobaan perlakuan *fine bubble 1* (336,1 nm) dan *fine bubble 2* (560,3 nm) dengan notasi  $L8(2^3)$  dapat dilihat pada Tabel 2.

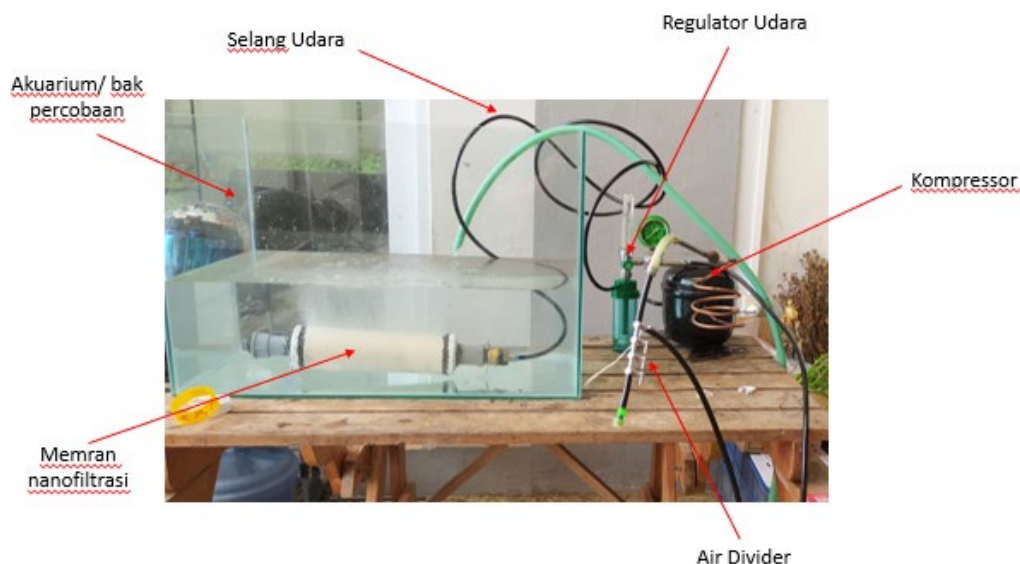
Tabel 2. Kombinasi Percobaan Perlakuan *Fine Bubble*

Percobaan	Faktor Kendali		
	Bubble (nm)	Waktu (jam)	Volume (liter)
1	-	-	40
2	-	-	60
3	336,1	12	40
4	336,1	12	60
5	336,1	24	40
6	336,1	24	60
7	560,3	12	40
8	560,3	12	60
9	560,3	24	40
10	560,3	24	60

### 2.4 Pelaksanaan Percobaan Perlakuan *Fine Bubble*

Percobaan perlakuan *fine bubble* dilakukan berdasarkan rekomendasi rancangan kombinasi

percobaan dengan perulangan sebanyak 3 kali. *Fine bubble diffuser* yang digunakan yaitu pada *fine bubble* 1 berbahan keramik dengan bentuk *tube* sedangkan *fine bubble* 2 berbahan batu dengan bentuk disc. Kedua alat ini diinjeksi udara oleh kompresor udara melalui sarana instalasi selang udara, *air divider* dan regulator udara. Kontruksi alat *fine bubblediffuser* dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kontruksi Alat *Fine bubble* Diffuser

## 2.5 Pengolahan Data

### 2.5.1 Perhitungan Signal to Noise Ratio (SNR)

Perhitungan *Signal to Noise Ratio* (SNR) bertujuan untuk mengukur kualitas masing-masing level faktor kendali terhadap faktor *noise* sehingga dihasilkan formula yang optimum dalam penurunan nilai karakteristik limbah cair *nata de coco*. Perhitungan SNR dihasilkan berdasarkan karakteristik SNR yang disarankan metode taguchi dimana terdapat 4 pilihan karakteristik SNR, yaitu *Nominal the Best* (NTB), *Larger the Best* (LTB) dan *Smaller the Best* (STB). Karakteristik SNR pada penelitian ini yaitu *larger the best* dimana nilai terbaik berdasarkan selisih nilai awal dan akhir karakteristik limbah cair *nata de coco*. Semakin besar selisih penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco* maka semakin baik pengaruh dari percobaan perlakuan *fine bubble* tersebut. Rumus perhitungan SNR *larger the best* dapat dilihat pada persamaan 1.

$$SNR_{LTB} = \log \left[ \frac{1}{N} \sum \frac{1}{y_i^2} \right] \quad (1)$$

### 2.5.2 Uji ANOVA

Uji ANOVA bertujuan untuk mengidentifikasi pengaruh faktor kendali terhadap nilai karakteristik

limbah cair *nata de coco*. Uji ANOVA pada penelitian ini hanya ANOVA rasio S/N. Tabel hasil uji ANOVA menampilkan hasil analisis derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat dan F-rasio. Hasil uji ANOVA rasio S/N digunakan untuk hipotesis uji F dengan membandingkan F tabel dan F hitung. Hipotesis uji F memberikan pilihan hasil H0 dan H1 dimana H0 menyatakan tidak ada pengaruh perlakuan faktor kendali terhadap variabel terikat sedangkan H1 menyatakan ada pengaruh perlakuan faktor kendali terhadap variabel terikat. Pengujian ini menggunakan tingkat probabilitas atau signifikan sebesar 0,05 atau 5%.

### 3. Hasil dan Pembahasan

#### 3.1 Hasil Treatment *Fine bubble 1* dan *Fine bubble 2*

*Fine bubble diffuser* yang digunakan pada penelitian menggunakan metode membrane. Metode ini merupakan metode sederhana, murah, efisien, stabil, dan terukur dalam menghasilkan gelembung halus (Ahmed et al., 2018; Călușaru et al., 2012; Xie et al., 2021). Membran pada *fine bubble 1* berbahan keramik dengan bentuk tube sedangkan *fine bubble 2* berbahan batu yang berbentuk *disc*. Berdasarkan hasil pengujian, diketahui bahwa ukuran gelembung nano yang dihasilkan oleh *fine bubble 1* adalah 336,1 nm sedangkan *fine bubble 2* sebesar 560,3 nm. Menurut ISO/TC 281 Fine Bubble Technology, (2013) Fine bubble (FB) merupakan gelembung halus yang memiliki ukuran kurang dari 100 mikrometer sedangkan ultrafine bubble adalah gelembung halus yang memiliki ukuran kurang dari 1,0 mikrometer. Hasil penurunan penggunaan pada pengolahan limbah nata de coco menggunakan *fine bubble 1* dan *fine bubble 2* pada parameter COD, BOD dan TSS disajikan dalam tabel berikut:

Tabel 3. Hasil Pengujian Parameter Limbah Cair Nata de Coco

Parameter	<i>Fine bubble 1</i>		<i>Fine bubble 2</i>	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir
BOD	1145 mg/L	68 mg/L	1145 mg/L	140,75 mg/L
COD	1737 mg/L	121 mg/L	1737 mg/L	334 mg/L
TSS	206 mg/l	77 mg/L	206 mg/l	127 mg/L

Keterangan; awal = karakteristik limbah sebelum perlakuan *fine bubble*; akhir = karakteristik limbah setelah perlakuan *fine bubble*

Dari hasil pengujian limbah cair nata de coco didapati bahwa *fine bubble 1* lebih efektif dalam menurunkan karakteristik limbah. Hal tersebut disebabkan oleh *fine bubble* memiliki ukuran gelembung yang kecil dan memiliki nilai DO yang cukup tinggi yaitu disekitaran 7-8 ppm. Penurunan nilai BOD dipengaruhi oleh pasokan oksigen yang tinggi mampu menopang pertumbuhan populasi organisme yang baik sehingga proses penguraian air limbah semakin cepat (Arsawan, 2007).

### 3.2 Analisis Optimasi Limbah Cair *Nata de coco* dengan Metode Taguchi

Hasil dari treatment *fine bubble1* dan *fine bubble 2* data yang telah diperoleh dari hasil eksperimen selanjutnya diolah untuk mendapatkan nilai rata-rata dan signal to noise ratio (SNR) dengan klasifikasi larger is better. Adapun kedua nilai tersebut nantinya akan dilakukan uji ANOVA untuk mendapatkan faktor mana saja yang memiliki pengaruh yang signifikan terhadap optimasi perubahan karakteristik limbah cair *nata de coco*. Pada tabel 4, 5 dan 6 menunjukkan nilai dari selisih antara nilai akhir pengujian dengan nilai awal dari pengujian pada setiap percobaan. Hasil akhir pengujian dikurangi dengan hasil awal pengujian, hal tersebut dilakukan untuk mengetahui perubahan terbesar pada setiap parameter yang sesuai dengan tujuan taguchi yaitu *large is better* Dari eksperimen taguchi yang telah dilakukan untuk BODs, TSS serta maka didapatkan data eksperimen yang dapat dilihat pada Tabel 4, 5 dan 6 berikut ini.

Tabel 4. Hasil perhitungan mean BOD pada eksperimen taguchi

Bubble	Volume	Waktu	Replikasi			Jumlah	Mean
			BOD 1	BOD 2	BOD 3		
336,1	40	12	1062	1025	1067	3154	1051,33
336,1	40	24	1077	1049	1090	3211	1070,33
336,1	60	12	993	1026	1053	3072	1024,00
336,1	60	24	1024	1002	1000	3026	1008,67
560,3	40	12	1013	985	1048	3046	1015,33
560,3	40	24	1036	1005	1056	3097	1032,33
560,3	60	12	1003	919	961	2883	961,00
560,3	60	24	1013	964	1004	2981	993,67

Tabel 5. Hasil perhitungan mean COD pada eksperimen taguchi

Bubble	Volume	Waktu	Replikasi			Jumlah	Mean
			COD 1	COD 2	COD 3		
336,1	40	12	1528	1954	1908	5390	1796,67
336,1	40	24	1616	2114	1943	5673	1891,00
336,1	60	12	1496	2056	1830	5382	1794,00
336,1	60	24	1539	1855	1888	5282	1760,67
560,3	40	12	1395	1948	1738	5081	1693,67
560,3	40	24	1439	1962	1877	5278	1759,33
560,3	60	12	1366	1889	1590	4845	1615,00
560,3	60	24	1536	2059	1847	5442	1814,00

Tabel 6. Hasil perhitungan mean TSS pada eksperimen taguchi

Bubble	Volume	Waktu	Replikasi			Jumlah	Mean
			TSS 1	TSS 2	TSS 3		
336,1	40	12	168	168	130	155,33	155,33
336,1	40	24	176	172	141	163,00	163,00
336,1	60	12	149	159	131	146,33	146,33
336,1	60	24	156	148	114	139,33	139,33
560,3	40	12	145	139	106	130,00	130,00
560,3	40	24	154	147	115	138,67	138,67
560,3	60	12	106	129	85	106,67	106,67
560,3	60	24	134	132	110	125,33	125,33

Berdasarkan hasil perhitungan tabel respon tiap pengaruh faktor, selanjutnya akan disajikan ke dalam Tabel 7, 8 dan 9. Pada tabel 7, 8 dan 9 menunjukkan nilai uji anova rata-rata bukan hasil uji akhir pada parameter BOD, COD dan TSS. Nilai uji rata-rata (mean) ANOVA menunjukkan nilai prediksi pada setiap populasi. Tujuan dibuat ke dalam tabel respon rata-rata adalah untuk mempermudah mengidentifikasi serta menghitung rata-rata respon di setiap level serta melakukan pengurutan level faktor terbesar sampai terkecil. Kondisi optimal dapat dipilih sesuai dengan karakteristik kualitas *larger is better* yaitu dipilih berdasarkan penilaian responden yang memiliki nilai yang tinggi.

Tabel 7. Respon nilai rata-rata BOD terhadap penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco*

Level	Bubble	Volume	Waktu
1	1042,3	1038,6	1012,9
2	996,8	1000,6	1026,3
Delta	45,5	38,0	13,3
Rank	1	2	3

Tabel 8. Respon nilai rata-rata COD terhadap penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco*

Level	Bubble	Volume	Waktu
1	64,99	64,82	64,51
2	64,47	64,64	64,95
Delta	0,51	0,18	0,44
Rank	1	3	2



Tabel 9. Respon nilai rata-rata TSS terhadap penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco*

Level	Bubble	Volume	Waktu
1	43,40	42,26	43,10
2	41,67	42,80	41,97
Delta	1,73	0,54	1,12
Rank	1	3	2

Berdasarkan perhitungan tabel respon pada tabel diatas didapatkan bahwa level faktor yang terpilih karena nilai rata-ratanya tertinggi dari setiap faktor yaitu pada tabel respon BOD faktor yang paling mempengaruhi adalah *bubble* dan volume sementara waktu berada diurutan terakhir. Berbeda dengan BOD nilai respon pada COD dan TSS respon yang paling mempengaruhi yaitu *bubble* dan waktu.

Uji ANOVA dilakukan untuk mengetahui pengaruh dari faktor-faktor utama terhadap nilai rata-rata respon hasil pengujian eksperimen. Uji ANOVA terdiri dari perhitungan derajat kebebasan, jumlah kuadrat, rata-rata jumlah kuadrat dan F-rasio. Tabel 10 menunjukkan ANOVA eksperimen taguchi untuk BOD, COD dan TSS.

Tabel 10. *Analysis of Variance (ANOVA)*

Source	BOD			COD		TSS		F-Value			F
	DF	SS	MS	SS	MS	SS	MS	BOD	COD	TSS	Ratio
Bubble	1	0,22	0,22	0,52	0,52	5,97	5,97	18,05	5,97	17,77	3,47
Volume	1	0,03	0,03	0,06	0,06	0,58	0,58	2,38	0,72	1,73	3,47
Waktu	1	0,31	0,31	0,39	0,39	2,52	2,52	25,42	4,47	7,51	3,47
Error	4	0,05	0,01	0,35	0,09	1,34	0,34				
Total	7										

Berdasarkan Tabel 10 di atas selanjutnya dilakukan pengujian hipotesis dari nilai F-hitung dibandingkan dengan nilai F-tabel. Nilai F-hitung lebih besar dari pada F-tabel terdapat pada bubble dan waktu sedangkan nilai F-hitung lebih kecil dari pada F-Tabel terdapat pada parameter volume. Nilai F-hitung lebih besar dari pada F-tabel menunjukkan bahwa parameter tersebut berperan besar dalam perubahan karakteristik BOD, COD dan TSS dan sebaliknya.

Analisis dan Pembahasan Berdasarkan tahap yang telah dijelaskan sebelumnya maka dapat disimpulkan bahwa dengan menggunakan metode Taguchi didapatkan setting level optimal dari penurunan karakteristik limbah cair *nata de coco*. Hasil penentuan 125actor, derajat kebebasan dan level 125 actor maka penelitian ini menggunakan Orthogonal Array L8 (2)3 dan menggunakan karakteristik kualitas Larger is better, yaitu semakin tinggi nilainya maka akan semakin baik. Terdapat 8 perlakuan eksperimen dengan jumlah faktornya yaitu 3 faktor yaitu diffuser (*bubble*),

waktu dan volume. Hasil pengujian. Selanjutnya dilakukan uji ANOVA. Berdasarkan hasil uji ANOVA dengan menggunakan nilai rata-rata dapat diketahui bahwa dua dari tiga 126 actor memberikan pengaruh terhadap penurunan karakteristik limbah cair. Hal tersebut dapat dilihat dari nilai F-ratio yang lebih besar dari F-tabel. Berdasarkan ketiga 126actor tersebut nilai yang memberikan pengaruh signifikan penurunan nilai karakteristik limbah cair dengan persen kontribusi yang cukup besar adalah 126actor bubble dan waktu. Sedangkan 126actor volume tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap perubahan nilai karakteristik limbah cair.

Berdasarkan Eksperimen Taguchi dan melalui proses 126 actor yang dilakukan dengan menggunakan karakteristik kualitas yang dituju, yaitu larger is better diperoleh hasil kombinasi media filter yang paling optimal untuk BOD, COD dan TSS pada perlakuan 24 jam menggunakan *fine bubble* serta volume 40 liter.

#### 4. Kesimpulan

Percobaan optimum perlakuan fine bubble berdasarkan faktor kendali ukuran bubble, waktu perlakuan dan volume air limbah nata de coco untuk menurunkan nilai BOD, COD dan TSS diperoleh ukuran bubble 336.1 nm (*fine bubble* 1), waktu perlakuan 24 jam dan volume air limbah nata de coco 40 liter.

#### Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Basis Informasi Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan atas kontribusi pembiayaan penelitian dalam skema penelitian fundamental tahun anggaran 2023 – 2024.

#### 5. Daftar Pustaka

- Agustina, T. E., Faizal, M., Aprianti, T., Teguh, D., Rif'at, A. M., Putra, I. G. dan Fitrializa, U. 2018. Pengolahan Limbah Logam Berat Kromium Hexavalen Menggunakan Reagen Fenton dan Adsorben Keramik Zeolit. *Jurnal Rekayasa Kimia & Lingkungan*, 13(1), 60-69.
- Ahmed, A. K. A., C. Sun, L. Hua, Z. Zhang, Y. Zhang, W. Zhang dan T. Marhaba. 2018. *Generation of Nanobubbles by Ceramic Membrane Filters: The Dependence of Bubble Size and Zeta Potential on Surface Coating, Pore Size and Injected Gas Pressure*. *Journal of Chemosphere*, 203: 327-335.
- Akli, K., Y. Aprila, A. Akbar dan M. I. Senjawati. 2022. *Pengaruh Pemasangan Fine bubble Diffuser terhadap Nilai COD dan BOD Limbah Cair Palm Oil Mill Effluent*. *Journal of Reseach on Chemistry and Engineering*, 3 (1): 36-40 e-ISSN 2746-0401.
- Ariyanti, M., Purwanto, P., & Suherman, S. (2014). Analysis of Cleaner Production Implementation for Greening Nata de coco Industry. *Jurnal Riset Teknologi Pencegahan Penemuan Industri*, 5, 45–50.

- Arsawan, M., Budiarsa Suyasa, I., & Suarna, W. (2012). Pemanfaatan Metode Aerasi Dalam Pengolahan Limbah Berminyak. *Ecotrophic: Journal of Environmental Science*, 2(2), 1–9.
- Călușaru, I. M., Băran, N., & Pătulea, A. 2012. The influence of the constructive solution of fine bubble generators on the concentration of oxygen dissolved in water. *Advanced Materials Research*, 538–541, 2304–2310. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMR.538-541.2304>
- Fitrahani, L.Z., Indrasti, N.S., dan Suprihatin. 2012. Karakterisasi Kondisi Operasi dan Optimasi Proses Pengolahan Air Limbah Industri Pangan. *Jurnal Agroindustri Indonesia*. 1(2) : 110 - 117
- Hariyadi, P. 2012. Pemikiran Guru Besar IPB ; Industri Pangan dalam Menunjuang Kedaulatan Pangan. IPB Pres
- Hariyadi, P.2014. Pengembangan Industri Pangan Sebagai Strategi Diversifikasi dan Peningkatan Daya Saing Produk Pangan. Seminar Nasional Sains dan Teknologi 2014 “Peranan Sains dan Teknologi yang Berwawasan Lingkungan dalam Meningkatkan Kesejahteraan Umat Manusia” 8 | Denpasar - Bali, 18 - 19 September 2014
- Irianto, K. 2016. *Penanganan Limbah Cair*. Edisi 1. Denpasar: PT. Percetakan Bali. Kelapa. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*, 1, 748–755.
- ISO/TC 281 Fine Bubble Technology, S. 2013. No Title. Japanese Industrial Standards Committee. <https://www.iso.org/committee/4856666.html>
- Lubis, D. M., Sukiya, Harjana, T., & Nurcahyo, H. 2017. Toksisitas limbah cair *nata de coco* terhadap mortalitas dan struktur histologik ginjal pada ikan nila (*oreochromis niloticus*). *Jurnal Prodi Biologi*, 6(5), 281–290
- Nayenggita, L. 2017. Karakteristik Kimia Limbah Cair *Nata de coco* [Disertasi]. Universitas Gadjah Mada.
- Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014 tentang Baku Mutu Air Limbah
- Said, N. I., & Widayat, W. 2020. Uji Kinerja Pengolahan Air Limbah Industri *Nata de coco* Dengan Proses Lumpur Aktif. *Jurnal Air Indonesia*, 11(2), 49–59. <https://doi.org/10.29122/jai.v11i2.3938>
- Sakinah, D. S., dan I.F. Purwanti. 2018. Perencanaan IPAL Pengolahan Limbah Cair Industri Pangan Skala Rumah Tangga. *Jurnal Teknik ITS*, 7(1) ; 12 - 17.
- Shiyang, Z., L. Gu, T. Ling dan L. Xiaoli. 2013. *Impact of Different Aeration Approaches on Dissolved Oxygen for Intensive Culture Ponds*. Transaction of the Chinese Society of Agricultural Engineering, 29(4): 169- 172.
- Utami, L. I., Wahyusi, K. N., Utari, Y. K., & Wafiyah, K. (2019). Pengolahan limbah cair rumput laut secara biologi aerob proses batch. *Jurnal Teknik Kimia*, 13(2), 39-43.
- Xie, B. Q., Zhou, C. J., Sang, L., Ma, X. D., & Zhang, J. S. 2021. Preparation and characterization of microbubbles with a porous ceramic membrane. *Chemical Engineering and Processing - Process Intensification*, 159(October). <https://doi.org/10.1016/j.cep.2020.108213>