

## Analisis Teknik dan Uji Kinerja Pembangkit Gelembung Mikro dan Nano Tipe Venturi untuk Penanganan Limbah Cair

Mochamad Anfasa Nurrachman<sup>1\*</sup>, Asep Yusuf<sup>2</sup>, Muhammad Achirul Nanda<sup>3</sup>  
<sup>1,2,3</sup>Departemen Teknik Pertanian dan Biosistem, Fakultas Teknologi Industri Pertanian,  
Universitas Padjadjaran  
\* Corresponding author: [anfasa.nurrachman@gmail.com](mailto:anfasa.nurrachman@gmail.com)

---

### Abstrak

Kualitas air dapat menurun akibat meningkatnya kegiatan yang tidak terkontrol sehingga terjadi pencemaran air. Akibatnya, sumber air menjadi tercemar dan beracun yang dapat mengganggu aktivitas dan kebutuhan makhluk hidup. Selain itu, pembuangan limbah juga dapat mengurangi kandungan oksigen yang mengakibatkan makhluk hidup kekurangan oksigen. Agar kualitas air membaik, maka perlu perlakuan seperti metode gelembung nano. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menguji metode gelembung nano tipe venturi untuk pemisahan air dan minyak pada sampel limbah cair, dan meningkatkan kualitas air yang meliputi pH, suhu, kadar oksigen, dan padatan terlarut. Venturi pada gelembung nano sendiri bekerja dengan adanya perubahan tekanan dan kecepatan aliran, di mana tekanan air pada pipa menyempit menurun sehingga kecepatan aliran air bertambah. Hasil penggelembungan atau *bubbling* pada sampel sendiri dipengaruhi oleh jenis gas yang digunakan untuk menyuplai perangkat gelembung nano, dan gas ozon lebih efektif karena dapat sebagai disinfektan yang efektif untuk menghilangkan bau dan membasmi virus dan bakteri. Pada pengukuran awal sebelum perlakuan, kadar pemecahan oksigen (DO) sampel air sebesar 6.4 mg/L dengan TDS sebesar 165 ppm. Setelah 15 menit pengujian, terjadi kenaikan kadar DO dan TDS masing-masing sebesar 7.3 mg/L dan 231 ppm, yang dapat disimpulkan bahwa metode gelembung nano menggunakan pipa Venturi ini dapat memperbaiki kualitas air dan memisahkan kandungan zat yang tercampur pada sampel air.

Kata kunci: Gelembung nano, Limbah, Venturi

---

### Abstract

*The water quality may be degraded due to uncontrolled activity's increasing which leading into water pollution. It results water sources became polluted and poisoned which may harmed organism's activity and needs. Besides of that, the liquid waste disposal may degrade oxygen content as well that leading into lack of oxygen needs. To increasing water quality, need a treatment such a nanobubble method. The purpose of this research is testing a venturi-based nanobubble method for water and oil separation on the wastewater sample, and increasing water quality, which consist of pH, temperature, oxygen (DO), and total dissolved solid (TDS). Venturi's application on nanobubble works by pressure changes and flow speed, where the water pressure at narrowed pipe decreased, leading into flow speed's increase. Sample's bubbling result itself was affected by the gas types and the ozone was more effective due to disinfection's effectiveness for eliminates odours and eradicates viruses and bacteria. On before treatment's test, the (DO was 6.4 mg/L with TDS was 165 ppm. After 15 minutes test, the DO and TDS was increased with DO at 7.3 mg/L and TDS at 231 ppm respectively, which may conclude that Venturi-type nanobubble may improve water quality and separating content of substances mixed in the water.*

Keywords: Nanobubble, Venturi, Wastewater

---

## PENDAHULUAN

Salah satu penyebab akibat menurunnya kualitas air adalah meningkatnya kegiatan manusia yang tidak terkontrol sehingga terjadi pencemaran air yang ditimbulkan dari sampah yang dibuang tanpa pemilahan jenis sampah. Akibatnya, sumber-sumber air seperti sungai tercemar dan keruh akibat tercampur sampah dan limbah, serta mengakibatkan sumber air terkontaminasi racun yang dapat mengganggu sistem kehidupan, mengingat makhluk hidup membutuhkan air dengan kualitas yang baik dan ketersediaannya harus berkelanjutan. Kondisi ini juga dapat terjadi karena air menerima beban pencemaran yang melampaui daya dukungnya (Barang & Saptomo, 2019). Selain itu, limbah yang terbuang ke perairan akan menimbulkan masalah baru, seperti meningkatnya kebutuhan oksigen kimiawi (*Chemical Oxygen Demand*) yang juga mengakibatkan makhluk hidup di dalam air akan kekurangan oksigen karena kandungan oksigen dalam air terkontaminasi oleh limbah cair dan racun yang bercampur (Said *et al.*, 2015). Pada dasarnya limbah masih dapat digunakan kembali dengan menetralkan zat beracun pada limbah agar tidak berbahaya, namun perlu metode pemisahan dan penjernihan untuk memisahkan kandungan air dan minyak pada limbah cair tersebut agar dapat memastikan bahwa limbah tersebut bersih dan bebas dari kandungan berbahaya.

Salah satu cara penanganan limbah cair yaitu menggunakan metode gelembung nano atau *nanobubble*, yang bekerja dengan menyuplai gelembung dalam ukuran nano dan menghasilkan oksigen dari udara yang masuk untuk mengurai zat organik dalam air sehingga air yang terkontaminasi tersebut dapat kembali bersih dari zat kimia yang berbahaya bagi makhluk hidup. Gelembung nano atau *nanobubble* adalah teknologi generator yang berfungsi untuk memperbaiki kualitas air dengan meningkatkan kualitas oksigen dalam air. Gelembung nano bekerja dengan memasukkan oksigen dari udara di permukaan air ke dalam generator yang kemudian mengubah oksigen yang masuk menjadi ozon yang mampu mengurai zat organik (Saraswati, 2022). Teknologi gelembung nano menyajikan karakteristik gelembung berukuran kurang dari 200 nm sehingga kadar oksigen terlarut tetap stabil dan tahan lama di perairan, ukuran gelembung yang lebih kecil dari 100  $\mu\text{m}$  dapat bertahan di sumber air selama beberapa minggu (Azevedo *et al.*, 2016). Kelebihan gelembung nano yaitu dapat menangkap polutan tersuspensi, di mana gelembung nano mengikat polutan dengan menembus rongga kecil dan membuatnya terangkat. Oksigen terlarut digunakan untuk mengurai bahan organik agar kadar amonia ( $\text{NH}_3$ ) tidak meningkat dan mengancam biota air (Jauharah, 2020). Gelembung mikro dan

nano memiliki fungsi dan kegunaan yang cenderung berbeda meskipun digunakan pada bidang yang sama. Pada pengolahan air, keduanya memiliki kemampuan untuk membunuh bakteri baik bakteri yang hidup secara aerob maupun anaerob, keduanya terbukti dapat mengurangi jumlah cemaran pada air dan dapat meningkatkan kualitas air. Pada bidang pertanian dan perikanan keduanya memiliki kemampuan untuk meningkatkan produktivitas, akan tetapi Gelembung nano memiliki kemampuan yang lebih baik karena kemampuan bertahan gelembung dalam air yang cenderung lama. Gelembung nano juga memiliki keunggulan sebagai preservasi dalam pengiriman daging ikan tuna dan dapat dimanfaatkan pada pertanian hidroponik dan akuaponik untuk meningkatkan produktivitas dari komoditi yang dikembangkan (Widiastuti, 2021).

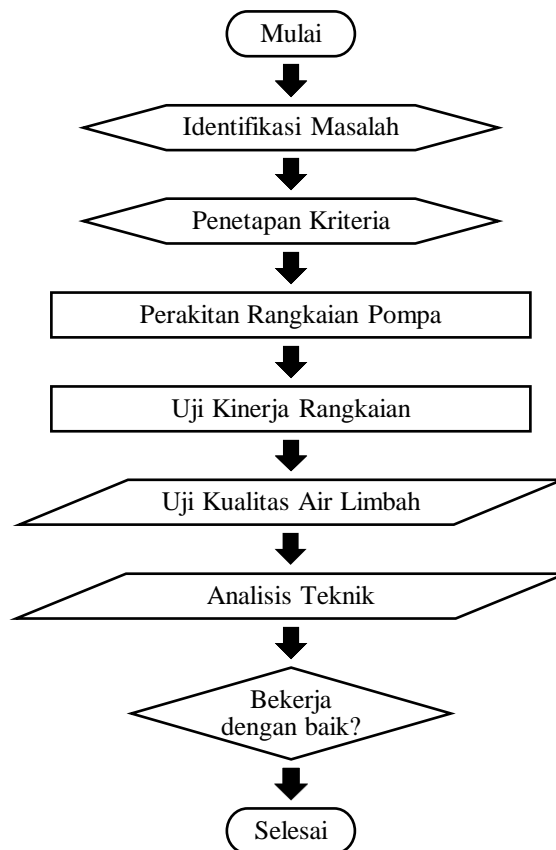
Ada beberapa metode sambungan penghasil gelembung nano yang bisa digunakan, di antaranya venturi, membran berpori (*porous membrane*), elektrolisis, ultrasonik, aliran berputar (*swirl flow*) dan pemecahan bertekanan (*pressurized dissolution*) (Shen *et al.*, 2022). Di antara semua metode di atas, metode venturi lebih sederhana karena hanya memerlukan sedikit komponen dan terdapat penurunan tekanan dan penambahan kecepatan aliran air pada pipa yang menyempit sesuai dengan penerapan Hukum Bernoulli, yang di mana tekanan fluida di dalam pipa bisa berubah-ubah tergantung laju aliran fluida tersebut (Abidin & Wagiani, 2013). Dalam proses menghasilkan gelembung, venturi memiliki tiga komponen utama, yaitu saluran masuk konvergen, silinder tenggorokan (*throat*), dan saluran konvergen (Zhao *et al.*, 2017), yang dalam penelitian tersebut, ada penurunan tekanan di bagian silinder tenggorokan yang menyebabkan kecepatan gelembung meningkat dan kemudian melambat dengan cepat ketika memasuki bagian aliran keluar yang menyimpang karena adanya pemulihan tekanan. Dengan berkurangnya tekanan dan bertambahnya kecepatan aliran air, pompa dapat menghasilkan gelembung lebih banyak dengan ukuran yang lebih kecil. Pada pipa venturi, kecepatan aliran air akan bertambah setelah melalui bagian pipa yang lebih kecil dan tekanan akan berkurang (Abidin & Wagiani, 2013).

Dalam penerapan pompa gelembung nano, perlu dilakukan analisis teknik untuk mengetahui kecepatan aliran air pada pipa venturi mengingat tekanan fluida di dalam pipa bisa berubah-ubah tergantung laju aliran tersebut (Abidin & Wagiani, 2013). Pengamatan kualitas air pada sampel limbah perlu dilakukan untuk mengetahui kondisi cemar atau kondisi baik pada suatu sumber air dalam waktu tertentu dengan membandingkan baku mutu air yang ditetapkan. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kualitas

mutu limbah cair antara lain TSS, pH, COD, BOD. Sementara kualitas air secara biologis ditentukan oleh banyak parameter, yaitu parameter mikroba pencemar, patogen dan penghasil toksin (Dunggio & Musa, 2022; Ramadhani, 2020). Karena bagian tengah pipa dibuat lebih kecil, maka kecepatan aliran air akan menjadi lebih cepat karena adanya pengurangan tekanan pada pipa yang lebih kecil. Evaluasi pembentukan gelembung mikro dan nano diamati menurut stabilitas gas, jumlah gelembung, luas antarmuka, dan ukuran gelembung (Tsuge, 2014). Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu mengaplikasikan metode venturi pada gelembung nano dan mengamati proses pemisahan air dan minyak pada sampel limbah cair.

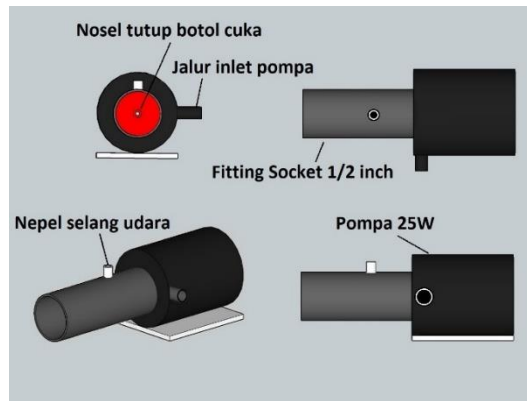
## METODE

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret sampai Juli 2023 dan bertempat di Bengkel Mesin dan Bubut, Fakultas Teknologi Industri Pertanian, Universitas Padjadjaran dan menggunakan metode penelitian eksperimental kuantitatif melalui tahap pengamatan dan pengukuran untuk membandingkan dua variabel atau lebih dengan berbagai perlakuan dalam selang waktu tiap satu menit (*interval*). Variabel bebas pada penelitian eksperimental ini yaitu parameter operasional gelembung nano, di antaranya laju aliran massa (air dan udara) dan perubahan tekanan aliran pada pipa venturi. Variabel terikatnya sendiri di antaranya karakteristik gelembung yang salah satunya diameter gelembung, efisiensi aerasi untuk oksigen gelembung nano, dan konsumsi daya spesifik sistem. Ada pula variabel kontrol yaitu suhu air yang dikendalikan agar tetap stabil dan tidak mempengaruhi variabel bebas dengan variabel terikat. Tahapan dan prosedur penelitian ini disajikan pada diagram alir pada Gambar 1 berikut.



Gambar 1. Diagram alir proses penelitian

Nosel pipa venturi terdiri dari *fitting socket* berukuran 1/2 inch yang di dalamnya dipasang dua tutup botol cuka dengan panjang nosel yang berbeda sebagai komponen utama pipa venturi, kemudian rangkaian pipa venturi disambung menggunakan drat dalam dan luar yang dibentuk (*faucet socket*) dengan drat dalam sebagai sambungan pompa dan drat luar sebagai sambungan rangkaian pipa venturi. Nosel tutup botol cuka menjadi bagian penyempit air untuk menambah kecepatan aliran air setelah tekanan air menurun, sehingga dapat menghasilkan gelembung mikro dan nano yang lebih banyak agar dapat menjernihkan air di dalam akuarium. Proses ini dibantu oleh gas oksigen dan gas ozon yang disalurkan melalui selang yang tersambung dari tabung sumber gas ke bagian atas nosel venturi. Proses pengelembungan sendiri menggunakan pompa air 25 W. Bagan lengkap mengenai bagian-bagian pada rangkaian pipa venturi ini dipaparkan pada Gambar 2 berikut.



Gambar 2. Bagan struktur bagian rangkaian pipa venturi

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan *bubbling* dilakukan untuk menguji DO, suhu, pH, dan TDS selama 15 menit untuk mengetahui perubahan gelembung yang dihasilkan dari pompa. Hasil percobaan *bubbling* menggunakan pipa venturi ditampilkan pada Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Pengujian pipa venturi pada sampel air

Waktu (m)	Suhu (°C)	DO (mg/L)	pH	TDS (ppm)
0	25	6.4	7.9	165
1	25	7.5	7.88	174
2	25	6.8	7.87	166
3	25	7.1	7.89	175
4	25	7.2	7.89	189
5	25	7.1	7.91	191
6	25	7.2	7.92	193
7	25	7.4	7.93	191
8	25	7.3	7.95	194
9	25	7.1	7.96	199
10	25	7.2	7.96	204
11	25	7.2	7.97	210
12	25	7.3	7.98	217
13	25	7.3	7.99	219
14	25	7.3	8.01	226
15	25	7.3	8.02	231

Dari hasil percobaan pada Tabel 1 di atas, TDS sampel air mulai menunjukkan peningkatan pada menit ke-3 setelah pengukuran dan konsisten meningkat selama 15 menit pengukuran, hanya saja terjadi sedikit penurunan TDS sampel air ketika memasuki menit ke-5 dan 7. Sebelum proses *bubbling*, DO awal sampel air yang terukur sebesar 6.4 mg/L, namun ada kenaikan DO setelah proses *bubbling* dengan DO akhir

sebesar 7.3 mg/L. Artinya, proses *bubbling* ini dapat meningkatkan DO dan TDS air yang nantinya dapat mengangkat partikel atau kandungan lain pada sampel air sehingga menjadi endapan yang dapat tersaring dari sampel air pada suhu yang konstan.

Karena sekat pada pipa penyempit terlalu rapat, pipa venturi tidak dapat menarik udara bebas sehingga perlu suplai udara menggunakan generator oksigen atau ozon sehingga dapat menghasilkan gelembung yang lebih kecil lagi dari generator. Hasilnya, pipa venturi dapat menghasilkan gelembung dengan ukuran yang lebih kecil lagi hingga berukuran nano, dengan gelembung-gelembung hasil proses *bubbling* tersebut bisa bertahan lebih lama. Pada praktiknya, desain dan rancangan pipa venturi dapat berubah dan dimodifikasi kembali apabila hasil *bubbling* kurang maksimal atau ada masalah pada bagian sambungan udara, dan apabila membutuhkan *output* gelembung udara yang lebih kecil lagi. Karena efek venturi menghasilkan perubahan tekanan yang mempengaruhi kecepatan aliran air, kecepatan debit gelembung yang dihasilkan dihitung dengan mempertimbangkan tinggi fluida yang dihasilkan dari pompa ( $h_1 = h_2$ ) dan luas penampang pipa kecil dan besar. Aliran fluida akan lebih cepat pada bagian pipa yang luas penampangnya kecil setelah adanya penurunan tekanan.

## KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa dengan adanya peningkatan DO, TDS, dan pH setelah proses *bubbling* pada sampel air, maka kandungan yang tercampur pada sampel air dapat terangkat menjadi endapan yang terapung sehingga dapat dibuang dan sampel air dapat kembali bersih. Hanya saja hasil yang didapat dipengaruhi dari jenis udara yang digunakan karena kemampuan menghasilkan gas pada gelembung air yang berbeda-beda. Jika dibandingkan, gas ozon mampu memasok gelembung air yang lebih kecil dan jernih sehingga kandungan yang tercampur dapat terangkat lebih cepat. Sehingga metode gelembung nano dapat menjadi salah satu alternatif penanganan limbah cair (*wastewater treatment*).

## DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, K., & Wagiani, S. (2013). Studi Analisis Perbandingan Kecepatan Aliran Air melalui Pipa Venturi dengan Perbedaan Diameter Pipa. *Jurnal Dinamika*, 4(1), 62-79.
- Azevedo, A., Etchepare, R., Calgaroto, S., & Rubio, J. (2016). Aqueous Dispersions of Nanobubbles: Generation, Properties and Features. *Minerals Engineering*, 94(2), 29-37.

- Barang, M. H., & Saptomo, S. K. (2019). Analisis Kualitas Air pada Jalur Distribusi Air Bersih di Gedung Baru Fakultas Ekonomi dan Manajemen Institut Pertanian Bogor. *Jurnal Teknik Sipil dan Lingkungan*, 4(1), 13-24.
- Dunggio, I., & Musa, W. J. (2022). Pengujian Kualitas Kimia dan Fisika Limbah Cair Pada Industri Kecil dan Menengah di Daerah Aliran Sungai (DAS) Poso Kabupaten Gorontalo Utara. *Jambura: Journal of Chemistry*, 4(2), 36-46.
- Jauharah, N. (2020). *Nanobubble: Teknologi Masa Depan Perikanan Budidaya*. Dipetik Maret 15, 2023, dari <https://www.agroindustri.id/>
- Ramadhani, E. (2020). Aplikasi Pupuk Organik Cair dari Limbah Pertanian dan Perumahan terhadap Produktivitas Kedelai. *Jurnal Triton*, 11(1), 58-64.
- Said, A., Harti, R., Dharmawan, A., & Rahmah, T. (2015). Pemisahan Hidrosol Hasil Penyulingan Minyak Atsiri dengan Metode Elektrolisis untuk Meningkatkan Rendemen Minyak. *Khazanah: Jurnal Mahasiswa UII*, 7(2), 82-94.
- Saraswati, A. W. (2022). *Nanobubble: Gelembung Udara Pulihkan Kualitas Air*. Dipetik Maret 15, 2023, dari <http://greeneration.org>
- Shen, W., Mukherjee, D., Koirala, N., Hu, G., Lee, K., Zhao, M., & Li, J. (2022). Microbubble and Nanobubble-based Gas Flotation for Oily Wastewater Treatment: a Review. *Environmental Reviews*, 30, 359-379.
- Tsuge, H. (2014). *Micro- and Nanobubbles: Fundamentals and Applications*. Singapore: Pan Stanford Publishing.
- Widiastuti, N. A. (2021). *Perbedaan Microbubble dan Nanobubble*. Dipetik Maret 15, 2023, dari <http://nanobubble.id>
- Zhao, L., Mo, Z., Sun, L., Xie, G., Liu, H., Du, M., & Tang, J. (2017). A Visualized Atudy of the Motion of Individual Bubbles in a Venturi-type Bubble Generator. *Progress in Nuclear Energy*, 97, 74-89.