



Sistem Kondensasi Berbasis Tenaga Surya Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit

Luther Kadang^{*1}, Johanes Nasur*, Sherlly M.F. Ledoh*

¹Program Studi Kimia, Fakultas Sains dan Teknik, Universitas Nusa Cendana, Kupang

*Corresponding author, email: 0015106806@staf.undana.ac.id

ABSTRACT

Hospitals are health institutions that provide medical services, care, and treatment to improve public health. A side effect of hospital activities is the production of waste. One of the main types of waste produced by hospitals is wastewater, which can cause pollution problems. This issue is a challenge that must be overcome. One alternative for managing wastewater is to use a condensation system. This alternative is an effective option for managing wastewater using heat energy from sunlight. Research conducted in September-October 2025 evaluated the quality of condensed water using a solar-powered device with a condensation surface area of 6,738.44 cm², producing an average of 194.8 mL of water per day in 7 hours. Physical (temperature, TDS) and chemical (pH, TSS, ammonia) parameters were tested according to applicable SNI standards and compared with Minister of Environment Regulation No. 5 of 2014. The results show that the condensation system has the ability to reduce temperature, TDS by 99.16%, pH by 21.04%, TSS by 83.33%, and ammonia by 91.37%, proving that the condensation of hospital wastewater meets the hospital wastewater quality standards in accordance with Regulation of the Minister of Environment of the Republic of Indonesia No. 5 of 2014.

Keywords: Condensation System, Solar Energy, Wastewater, Hospital

ABSTRAK

Rumah sakit adalah sebuah institusi kesehatan yang menyediakan layanan medis, perawatan, dan pengobatan untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Hasil samping dari aktivitas rumah sakit, tentunya akan menghasilkan limbah. Salah satu limbah utama yang dihasilkan oleh rumah sakit adalah air limbah, yang dapat menyebabkan masalah pencemaran. Persoalan ini menjadi tantangan yang harus diatasi. Salah satu alternatif untuk mengelola air limbah yaitu menggunakan sistem kondensasi. Alternatif ini merupakan pilihan yang efektif untuk mengelola air limbah menggunakan energi panas dari sinar matahari. Penelitian pada September-Oktober 2025 ini mengevaluasi kualitas air hasil kondensasi menggunakan alat berbasis tenaga surya dengan luas permukaan kondensasi 6.738,44 cm², menghasilkan rata-rata 194,8 mL air per hari dalam 7 jam. Parameter fisik (suhu, TDS) dan kimia (pH, TSS, amonia) diuji sesuai SNI yang berlaku dan dibandingkan dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup No. 5 Tahun 2014. Hasil menunjukkan sistem kondensasi memiliki kemampuan untuk mereduksi suhu, TDS 99,16%, pH 21,04%, TSS 83,33% dan amonia 91,37%, membuktikan hasil kondensasi air limbah rumah sakit telah memenuhi baku mutu limbah rumah sakit sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

Kata kunci: Sistem Kondensasi, Tenaga Surya, Air Limbah, Rumah Sakit

PENDAHULUAN

Indonesia memiliki jutaan penduduk dengan berbagai usaha atau kegiatan seperti rumah tangga, perhotelan, industri, rumah sakit dan lain-lain. Dengan berbagai aktivitas ini umumnya akan menghasilkan limbah. Limbah adalah sisa atau buangan dari suatu kegiatan yang umumnya mengandung bahan berbahaya dan beracun (B3) karena sifat, konsentrasi dan jumlahnya, baik secara langsung maupun tidak langsung berdampak negatif bahkan membahayakan lingkungan, kesehatan, dan makhluk hidup²⁴.

Rumah sakit adalah sebuah institusi kesehatan yang menyediakan layanan medis, perawatan, dan pengobatan untuk meningkatkan derajat kesehatan masyarakat. Hasil samping dari aktivitas rumah sakit, tentunya akan menghasilkan limbah, baik berupa padatan maupun cairan yang menyebabkan masalah pencemaran. Hal ini sering menjadi konflik antar pihak rumah sakit dengan masyarakat yang berada di sekitarnya²⁵. Salah satu limbah utama yang dihasilkan oleh rumah sakit adalah air limbah. Air limbah rumah sakit biasanya mengandung bahan kimia dan zat beracun, serta radioaktif¹².

Rumah sakit merupakan sumber penghasil air limbah B3 yang berpotensi mencemari tanah dan sumber air yang sangat berbahaya bagi kesehatan dan lingkungan. Mikroorganisme dalam air limbah dapat menyebabkan berbagai penyakit pada manusia seperti diare dan kolera yang dapat mengakibatkan kematian. Selain itu dapat menyebabkan oksigen terlarut serta suplai oksigen yang masuk ke dalam air menjadi berkurang sehingga dapat mengakibatkan organisme dalam air akan mati¹⁶.

Air limbah yang dihasilkan mengandung berbagai zat kimia, baik organik maupun anorganik. Senyawa organik dan anorganik dapat berasal dari obat-obatan, antiseptik, urine dan tinja pasien serta bahan kimia laboratorium yang digunakan dalam proses pengobatan. Apabila zat kimia yang terkandung dalam air limbah melebihi ambang batas dapat menyebabkan berbagai permasalahan²⁵. Sehingga, air limbah tidak dapat langsung dibuang ke lingkungan dan harus diolah terlebih dahulu agar memenuhi baku mutu air limbah¹¹. Oleh karena itu, sistem pengolahan air limbah sangat penting pada setiap rumah sakit. Salah satu pengolahan air limbah di rumah sakit yaitu sistem lumpur aktif. Namun kekurangannya harus ada proses pengembalian lumpur, sehingga akan menambah biaya operasional dan biasanya hasil penyisihan bahan organik air limbahnya tidak optimal disebabkan kompleksitas penggunaan bahan kimia¹⁸.

Persoalan ini menjadi tantangan yang harus diatasi. Salah satu alternatif untuk mengelola air limbah yaitu menggunakan sistem kondensasi. Alternatif ini merupakan pilihan yang efektif untuk mengelola air limbah menggunakan energi panas dari sinar matahari. Sinar matahari yang ramah lingkungan dan tidak menimbulkan limbah sangat efektif untuk alat kondensasi sehingga sangat berpotensi baik terhadap lingkungan dan keberhasilan alat²².

Berbagai penelitian telah dilakukan dengan menggunakan metode kondensasi untuk menghasilkan air bersih diantaranya, penelitian yang dilakukan oleh Cabelen¹⁰, yang mampu meningkatkan kualitas air payau menjadi air tawar sehingga tidak berbau dan tidak berasa. Penelitian lainnya dilakukan oleh Widodo²⁸ terbukti efektif dalam meningkatkan kualitas air laut menjadi air minum dengan mampu mengurangi kadar TDS hingga 99,44% dan kadar amonia sebesar 84,85%.

Dalam upaya memperoleh air yang ramah lingkungan, air limbah ditampung pada wadah alat kondensasi yang kemudian disimpan di bawah sinar matahari. Proses transfer kalor yang dikenakan pada air akan dilanjutkan dengan transfer massa dalam wujud uap. Uap yang bergerak ke atas ditangkap dinding plastik yang kemudian mengalami pengembunan. Hasil pengembunan merambat mengikuti dinding plastik, turun ke bawah, dan ditampung dalam suatu wadah yang merupakan air kondensasi¹⁴. Selanjutnya, air hasil kondensasi kemudian dianalisis parameternya agar air limbah aman dilepas ke lingkungan atau dapat dimanfaatkan kembali sebagai bentuk efisiensi penggunaan air seperti digunakan untuk menyiram tanaman, mencuci kendaraan dan lain-lain⁸.

Maka dari itu, desain teknologi kondensasi yang murah dan mudah diaplikasikan menjadi salah satu alternatif yang diharapkan. Berdasarkan uraian di atas maka peneliti tertarik untuk melakukan penelitian dengan judul: "Sistem Kondensasi Berbasis Tenaga Surya Sebagai Alternatif Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit", penelitian ini dilakukan dengan beberapa tahapan yaitu perancangan alat kondensasi, aplikasi alat kondensasi untuk mengelola air limbah dan analisis standar fisik dan kimia sebelum dan sesudah pengolahan air limbah rumah sakit.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gambaran Umum Lokasi Penelitian

Lokasi pengambilan sampel air limbah yaitu di salah satu rumah sakit di Kota Kupang, Provinsi Nusa Tenggara Timur. Air limbah yang di ambil dalam penelitian ini yaitu semua limbah cair yang dihasilkan dari aktivitas rumah sakit meliputi limbah domestik, klinis, laboratorium, gedung perawatan baik rawat jalan hingga rawat inap, kegiatan perkantoran, *laundry*, dapur dan setiap aspek kegiatan rumah sakit yang menyumbangkan air limbah dan ditampung dalam bak penampungan air limbah. Pengambilan sampel air dilakukan pada satu titik yaitu pada inlet atau bak penampungan awal dari instalasi pengolahan air limbah (IPAL), dimana semua limbah cair yang berasal dari berbagai jenis kegiatan dalam rumah sakit ditampung dan belum dilakukan pengolahan⁷.

Kondensasi Air Limbah

Sistem kondensasi terbuat dari bahan *stainless steel* sebagai tempat evaporasi dan menggunakan plastik sebagai penutup serta tempat kondensasi. Penggunaan bahan *stainless steel* dengan diameter 48 cm dan tinggi 19 cm sebagai wadah evaporasi karena dapat menyerap dan mempertahankan panas dengan sangat baik¹⁰. Wadah ini sebagai tempat penampungan air limbah sebelum terjadi proses evaporasi. Volume wadah evaporasi sebesar 28,9 liter dihitung menggunakan rumus setengah bola. Selang sepanjang 193 cm dengan ukuran $\frac{1}{2}$ in terletak di dalam wadah evaporasi yang berfungsi sebagai jalur utama aliran air bersih yang telah mengalami kondensasi.

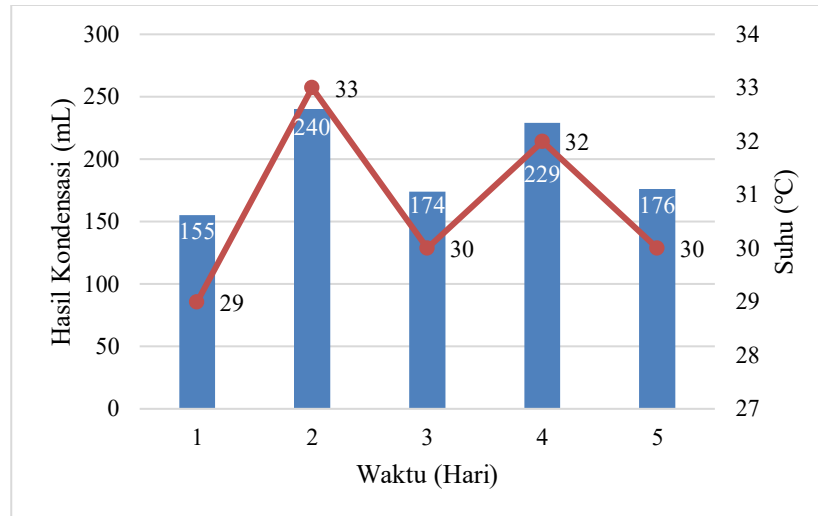
Tempat kondensasi terbuat dari plastik dengan ketebalan 0,3 mm yang berbentuk kerucut. Bahan ini dipilih karena murah, ringan dan memiliki ketahanan terhadap panas yang baik²⁸. Tempat kondensasi memiliki tinggi 43 cm, selimut kerucut 45 cm, diameter 58 cm dan kemiringan 60°. Air yang menguap akan terkondensasi pada dinding plastik dan mengalir mengikuti kemiringan menuju pipa penampung. Permukaan kondensasi memiliki luas sebesar 6.738,44 cm² dihitung menggunakan rumus luas kerucut.

Sistem kondensasi yang inovatif ini memanfaatkan sinar matahari dan cermin untuk mengelola air limbah menjadi air bersih. Cermin digunakan untuk memantulkan cahaya dan memfokuskan sinar matahari ke wadah evaporasi agar mempercepat penguapan air¹⁰. Proses kondensasi dapat dilihat secara visual pada Gambar 1.



Gambar 1. Proses Kondensasi

Sebanyak 8 liter air diproses dengan memanfaatkan sinar matahari selama 7 jam per-hari yang dimulai dari jam 08.00-15.00 WITA. Setelah diletakan selama 15 menit di bawah sinar matahari, air mulai menguap dan selama 1 jam air yang terkondensasi pada dinding mengalir mengikuti permukaan dinding menuju pipa penampung dan dikumpulkan dalam wadah. Selama lima hari menghasilkan data terkait kuantitas dan kualitas air bersih yang diperoleh. Hasil air dari proses kondensasi dapat dilihat pada Gambar 2.



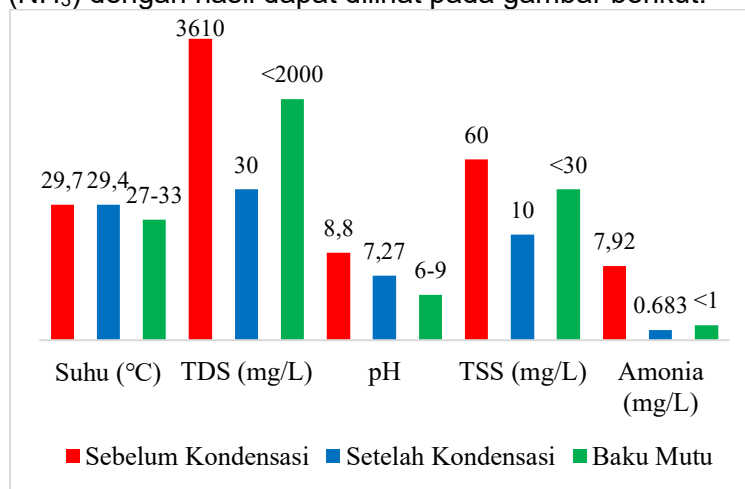
Gambar 2. Diagram Hasil Kondensasi

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa pada hari pertama volume air sebanyak 155 mL dengan suhu 29°C sedangkan pada hari ke dua diperoleh sebanyak 240 mL dengan suhu 33°C yang disebabkan oleh intensitas matahari yang tinggi dibandingkan hari-hari lainnya. Kondisi cuaca selama proses kondensasi memiliki dampak signifikan terhadap hasil yang diperoleh²⁷. Berdasarkan data yang diperoleh pada proses kondensasi, rata-rata air yang dihasilkan per hari sebanyak 194,8 mL dalam waktu 7 jam dengan debit air sebesar 27,828 mL/jam dan nilai efisiensi yang dihasilkan sebesar 2,435%.

Pada penelitian yang telah dilakukan oleh Tamrin *et al.*,²⁶ dengan alat pemurnian air laut model rumah kaca memperoleh hasil rata-rata 87,5 mL air tawar yang di jemur selama 7 jam per hari, jika di bandingkan dengan hasil yang diperoleh pada penelitian ini, maka sistem kondensasi berbasis tenaga surya menunjukkan hasil lebih optimal karena mampu menghasilkan rata-rata 194,8 mL air bersih dalam waktu 7 jam per hari.

Hasil pengukuran dan pengujian parameter fisik dan kimia sampel air limbah sebelum dan sesudah kondensasi

Pengukuran dan pengujian sampel air limbah sebelum dan sesudah kondensasi meliputi parameter fisik dan kimia seperti suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, *Total Suspended Solid* (TSS) dan amonia (NH₃) dengan hasil dapat dilihat pada gambar berikut:



Gambar 3 Hasil Pengukuran dan Pengujian Sampel Air Limbah Sebelum dan Sesudah Kondensasi

Suhu

Pengukuran parameter suhu pada air limbah dilakukan untuk mengetahui temperatur air limbah. Hal ini penting untuk dianalisis karena merupakan indikator bagi keberlangsungan proses penguraian oleh mikroorganisme dalam air limbah. Suhu yang tinggi akan membahayakan kehidupan organisme dan mengakibatkan penurunan kandungan oksigen terlarut dalam air¹⁷.

Hasil penelitian yang diperoleh bahwa suhu pada sampel air limbah sebesar 29,7°C dan setelah proses kondensasi suhu yang dihasilkan sebesar 29,4°C. Hasil pengukuran menunjukkan bahwa suhu pada sampel air limbah sangat efektif dan memenuhi standar baku mutu yaitu sebesar $\pm 3^\circ\text{C}$ dari suhu udara atau 27-33°C, dimana suhu udara sebesar 30,3°C.

Total Dissolved Solid (TDS)

Pengujian TDS merupakan salah satu parameter fisik yang dilakukan untuk mengetahui jumlah total padatan terlarut dalam air. Tingginya kadar TDS apabila tidak dikelola dan diolah dapat mencemari perairan²⁰.

Hasil penelitian diperoleh kadar TDS yang terdapat dalam sampel air limbah sebelum proses kondensasi sebesar 3610 mg/L. Hasil tersebut kemudian dibandingkan dengan baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 kadar maksimum TDS sebesar 2000 mg/L. Nilai TDS melebihi batas maksimum baku mutu air limbah. Tingginya kadar TDS dapat disebabkan oleh kandungan K^+ , Cl^- dan Na^+ yang terlarut dalam air²¹.

Berdasarkan hasil pengujian yang diperoleh, kadar TDS setelah kondensasi mengalami penurunan sebesar 99,16% menjadi 30 mg/L. Penurunan kadar TDS dikarenakan partikel padatan dalam air tidak dapat menguap selama proses kondensasi. Hal ini menunjukkan bahwa air hasil proses kondensasi memenuhi standar baku mutu.

pH

Derajat keasaman (pH) merupakan ukuran untuk menentukan sifat asam atau basa pada air. Skala pH berkisar antara 1-14. Kisaran nilai pH 1-7 termasuk kondisi asam, pH 7-14 termasuk kondisi basa, dan pH 7 adalah kondisi netral (Ningrum, 2018). Menurut Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 baku mutu pH untuk air limbah berada antara 6 hingga 9.

Berdasarkan hasil pengukuran yang telah dilakukan pada air limbah sebelum kondensasi diperoleh nilai pH sebesar 8,8. Hal ini menunjukkan bahwa air limbah tersebut memiliki pH yang tinggi sehingga dapat meningkatkan konsentrasi amonia dalam air dan juga bersifat toksik bagi organisme air²³. Tingginya pH pada air limbah disebabkan oleh berbagai aktivitas rumah sakit yang menggunakan bahan kimia, obat-obatan, dan pembersih. Selain itu, tingginya kadar CO_2 terlarut dalam air juga berkontribusi pada peningkatan pH tersebut²⁸.

Hasil yang diperoleh setelah proses kondensasi, air mengalami penurunan sebesar 21,04% menjadi 7,27. Hal ini dikarenakan hanya air murni yang berubah menjadi uap sementara zat terlarut asam dan basa tidak terbawa atau hilang selama penguapan. Dengan membandingkan pH air hasil kondensasi dengan baku mutu, dapat dilihat bahwa air hasil kondensasi masih berada dalam batas yang ditentukan.

Total Suspended Solid (TSS)

TSS yaitu total padatan tersuspensi yang menyebabkan terjadinya kekeruhan pada air. Tingginya konsentrasi TSS yang dibuang ke perairan akan mempengaruhi penetrasi cahaya sehingga mengganggu proses fotosintesis¹⁶. Pengujian TSS dilakukan untuk mengetahui kualitas air sebagai upaya menjaga kesehatan karena dapat membawa dampak buruk bagi lingkungan.

Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan air sebelum kondensasi memiliki kadar yang melebihi baku mutu yaitu 60 mg/L. TSS yang tinggi dapat menghambat cahaya masuk ke dalam air yang selanjutnya dapat memicu penurunan kadar oksigen yang membuat biota perairan tidak mendapatkan oksigen yang akhirnya akan mati dan dapat menimbulkan bau tidak sedap¹⁵. Setelah proses kondensasi kadar TSS mengalami penurunan sebesar 83,33% menjadi 10 mg/L.

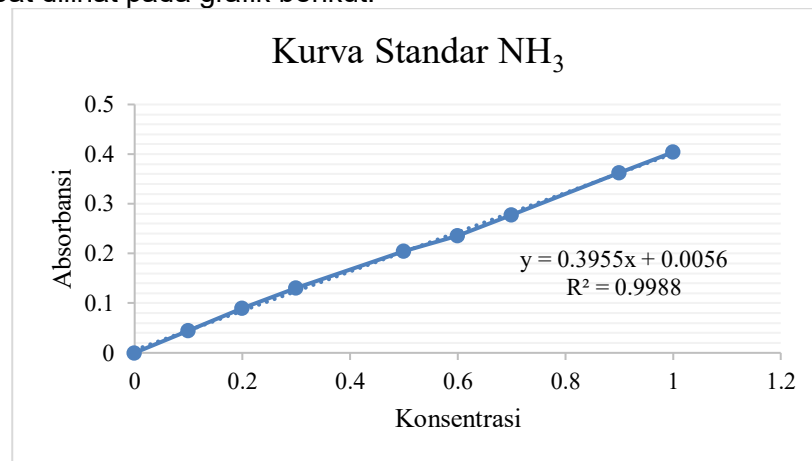
Penurunan kadar TSS terjadi karena saat proses kondensasi, air yang menguap tidak membawa padatan seperti tanah liat, pasir dan lumpur dari air limbah. Hal ini menunjukkan bahwa

proses kondensasi dapat menurunkan kadar TSS sehingga memenuhi standar baku mutu air limbah.

Amonia

Amonia dalam air limbah rumah sakit dapat berasal dari berbagai kegiatan yang berhubungan dengan pasien seperti rawat jalan, rawat inap, laboratorium bahkan juga berasal dari kegiatan perkantoran. Hal ini karena salah satu penyumbang amonia terbesar dalam air limbah adalah akibat urine dan tinja. Dampaknya terhadap lingkungan adalah apabila tidak diturunkan kadarnya sampai batas baku mutu yang diizinkan akan menimbulkan bau yang tidak sedap pada badan air⁹.

Pengujian kadar amonia pada air limbah menggunakan alat spektrofotometer UV-Vis. Penentuan kadar amonia dengan menggunakan kurva standar yang dihasilkan dari larutan standar NH_3 dengan konsentrasi 0, 0,1, 0,2, 0,3, 0,5, 0,6, 0,7, 0,9, dan 1 mg/L. Hasil pengukuran menghasilkan persamaan regresi dengan nilai $y = 0,3955x + 0,0056$ dan nilai $R^2 = 0,9988$. Kurva standar amonia dapat dilihat pada grafik berikut:



Gambar 4. Kurva Standar Amonia

Hasil yang diperoleh setelah dilakukan perhitungan, diperoleh kadar amonia pada air limbah sebelum proses kondensasi sebesar 7,92 mg/L. Setelah proses kondensasi kadar amonia mengalami penurunan sebesar 91,37% menjadi 0,683 mg/L. Kadar amonia yang mengalami penurunan diakibatkan karena pada proses ini, air terpisah dari mineral terlarut dan amonia yang memiliki titik didih -33°C akan menguap dan tetap tertinggal dalam fase uap¹⁰. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa kadar amonia dalam air limbah setelah kondensasi berada dalam batas aman sesuai baku mutu air limbah yang ditetapkan oleh Permen LH RI No. 5 Tahun 2014 yaitu 1 mg/L.

Kesimpulan

Sistem kondensasi memiliki kemampuan untuk mereduksi parameter fisik dan kimia seperti suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS) 99,16%, pH 21,04%, *Total Suspended Solid* (TSS) 83,33% dan amonia (NH_3) 91,37%. Metode kondensasi air limbah rumah sakit terbukti memenuhi baku mutu limbah rumah sakit sesuai dengan Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia Nomor 5 Tahun 2014.

DAFTAR PUATAKA

1. Badan Standar Nasional. 2005. *SNI 06-6989.30:2005 tentang Pengujian Kadar Amonia Dalam Air Dengan Alat Spektrofotometer Secara metode Nessler*. Teknik Manajemen Lingkungan.

2. Badan Standar Nasional. 2008. *SNI 6989.59:2008 tentang Air dan Air Limbah: Metoda Pengambilan Contoh Air Limbah*. Teknik Manajemen Lingkungan.
3. Badan Standar Nasional. 2019. *SNI 6989.11: 2019 tentang Cara Uji Derajat Keasaman (pH) dengan Menggunakan pH meter*. Teknik Manajemen Lingkungan.
4. Badan Standar Nasional. 2019. *SNI 6989.27: 2019 tentang Cara Uji Padatan Terlarut Total (Total Dissolved Solid, TDS) Secara Gravimetri*. Teknik Manajemen Lingkungan.
5. Badan Standar Nasional. 2019. *SNI 6989.3:2019 tentang Cara Uji Padatan Tersuspensi Total (Total Suspended Solids, TSS) Secara Gravimetri* : Teknik Manajemen Lingkungan.
6. Badan Standardisasi Nasional. 2005. *SNI 06-6989.23:2005 Cara Uji suhu dengan termometer*. Teknik Manajemen Lingkungan.
7. Baeti, M., Raharjo, M., Astorina, N., dan Sulistiyani, S. 2022. Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Rumah Sakit Umum Roemani Muhammadiyah Semarang. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. Vol. 10, No. 3, Hal. 281-289.
8. Bakkara, C. dan Purnomo, A. 2022. Kajian Instalasi Pengolahan Air Limbah Domestik Terpusat Di Indonesia. *Jurnal Teknik Its*. Vol. 11, No. 3.
9. Barus, B. 2019. Analisa Kualitas Limbah Cair Rumah Sakit Sembiring, Deli Tua. *Jurnal Inovasi Kesehatan Masyarakat*. Vol. 1, No. 1.
10. Cabelen, M. 2025. Perancangan dan Evaluasi Sistem Desalinasi Berbasis Tenaga Surya Sebagai Alternatif Produksi Air Bersih Menggunakan Air Payau Di Desa Noelbaki Kecamatan Kupang Tengah. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknik Universtas Nusa Cendana Kupang
11. Fadzy, N., Hidayat, H., dan Erniati, E. 2020. Analisis COD, BOD, dan DO Pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) Balai Pengolahan Infrastruktur Air Limbah dan Air Minum Perkotaan Dinas PUP-ESDM Yogyakarta. *Indonesian Journal Of Chemical Research*. Vol. 5, No. 2, Hal. 80-89.
12. Fardian, E. 2022. Teknologi Biofilter Sebagai Pengolahan Air Limbah Rumah Sakit. *Environmental Engineering Journal ITATS*. Vol. 2, No.1.
13. Timbal Pada Air dan Sedimen Sungai Lesti Kabupaten Malang. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknologi Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim Malang.
14. Krisdiarto, A., Ferhat, A., dan Bimantio, M. 2020. Penyediaan Air Bagi Masyarakat Pesisir Terdampak Kekeringan Dengan Teknologi Desalinasi Air Laut Sederhana. *Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat Dikemas*. Vol. 4, No. 2.
15. Kurniajati, S., Yusiana, M., dan Utami, I. 2023. Literatur Review: Analisis Kualitas Air Limbah Rumah Sakit Menggunakan Indikator Baku Mutu BOD, COD, TSS. *Jurnal Penelitian Keperawatan*. Vol. 9 No. 2. Hal. 243-251.
16. Lumunon, E., Riogilang, H., dan Supit, C. 2021. Evaluasi Kinerja Instalasi Pengolahan Air Limbah Komunal Kiniar Di Kota Tondano. *Tekno*. Vol. 19, No. 77.
17. Mardhia, D. dan Abdullah, V. 2018. Studi Analisis Kualitas Air Sungai Brangbiji Sumbawa Besar. *Jurnal Biologi Tropis*, Vol. 18, No. 2, Hal. 182-189.
18. Masyruroh, A. dan Ramadhan, A. 2024. Penurunan Beban Pencemar Limbah Cair Rumah Sakit Menggunakan Rancang Moving Bed Biofilter Reactor (MBBR) Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Medis Di Provinsi Banten. *Jurnal Kebijakan Pembangunan Daerah*. Vol. 8, No. 1, Hal. 60-77.
19. Ningrum, S. 2018. Analisis Kualitas Badan Air Dan Kualitas Air Sumur Di Sekitar Pabrik Gula Rejo Agung Baru Kota Madiun. *Jurnal Kesehatan Lingkungan*. Vol. 10, No. 1, Hal. 1-12.
20. Pratiwi, I. dan Setiorini. 2023. Penurunan Nilai pH, COD, TDS, TSS Pada Air Sungai Menggunakan Limbah Kulit Jagung Melalui Adsorben. *Jurnal Redoks*. Vol 8, No. 1, Hal. 55-62.
21. Putri, A., Fajarwati, F., dan Rachmadansyah, J. 2021. Analisis Parameter Fisika dan Kimia Outlet IPAL Komunal Domestik Dusun Sukunan Di Pusat Pengembangan Teknologi Tepat

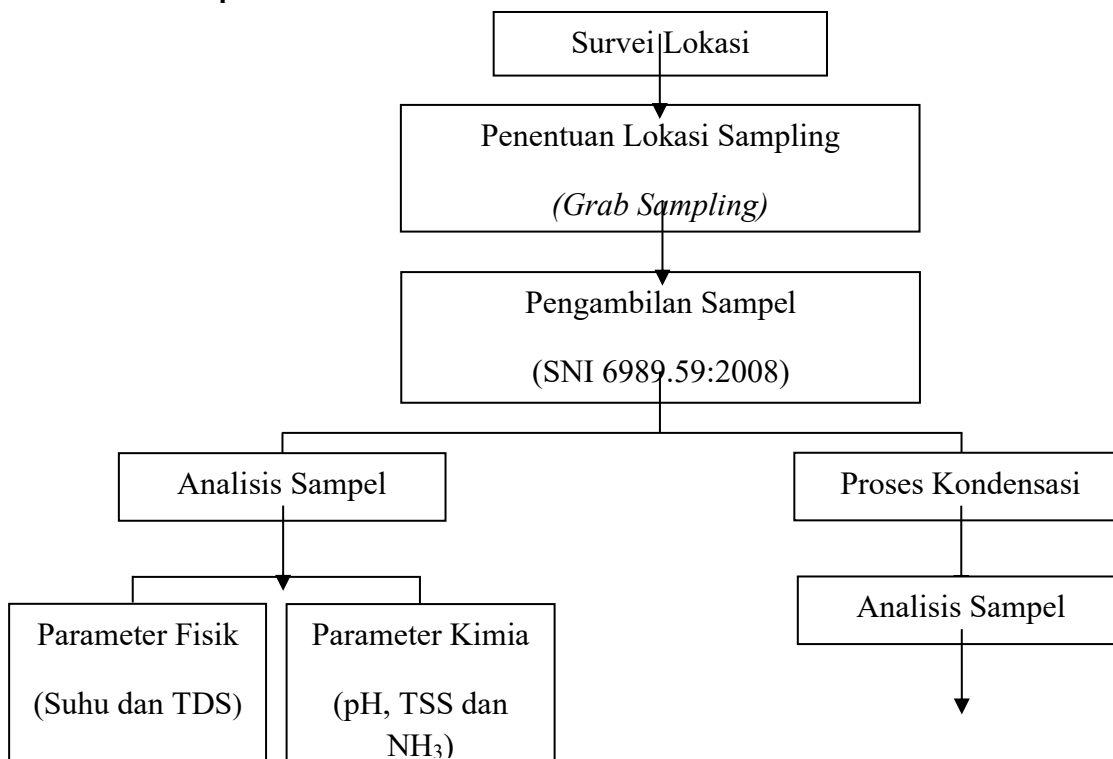
- Guna Pengolahan Air Limbah (PUSTEKLIM) Yogyakarta. *Indonesian Journal Of Chemical Research*. Vol. 6, No. 2, Hal. 98-110.
22. Rahmalina, D., Pane, E., Herdyana, R., Putra, D., dan Rahman, R. 2022. Rancang Bangun Alat Desalinasi Air Laut Skala Lab Tipe Multi Stage Flash. *Jurnal Otopro*. Vol. 17, No. 2, Hal. 48-56.
 23. Ramayanti, D. dan Amna, U. 2019. Analisis Parameter COD (Chemical Oxygen Demand) dan pH (Potential Hydrogen) Limbah Cair Di Pt. Pupuk Iskandar Muda (Pt. Pim) Lhokseumawe. *Jurnal Kimia Sains Dan Terapan*. Vol. 1, No. 1.
 24. Suhartawan, B., Suprihatin, H., Nururrahmah., Hafidawati., Yuniarti, E., Suyasa, W., Asnawi, I., dan Toepak, E. 2023. Pengelolaan Limbah Padat, Limbah Industry dan B3. Get Press Indonesia.
 25. Sukadewi, N., Astuti, N., dan Sumadewi, N. 2020. Efektivitas Sistem Pengolahan Limbah Cair Di Rumah Sakit Bali Med Denpasar Tahun 2020. *Higiene*. Vol. 6, No. 3.
 26. Tamrin., Rivaldo., dan Warji. 2021. Kinerja Alat Kondensasi Uap Air Laut Untuk Mendapatkan Air Murni. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*. Vol. 10, No. 4, Hal. 425-431.
 27. Tyas, M. dan Wirosoedarmo, A. 2014. Analisis Nomografi Suhu, Laju Penguapan dan Tekanan Udara Pada Alat Desalinasi Tenaga Surya Dengan Pengaturan Vakum. *Jurnal Sumberdaya Alam Dan Lingkungan*. Vol.1, No. 3, Hal. 55-61.
 28. Widodo, V. 2025. Perancangan dan Evaluasi Sistem Desalinasi Berbasis Tenaga Surya Sebagai Alternatif Produksi Air Bersih Menggunakan Air Laut. *Skripsi*. Program Studi Kimia Fakultas Sains Dan Teknik Universtas Nusa Cendana Kupang.

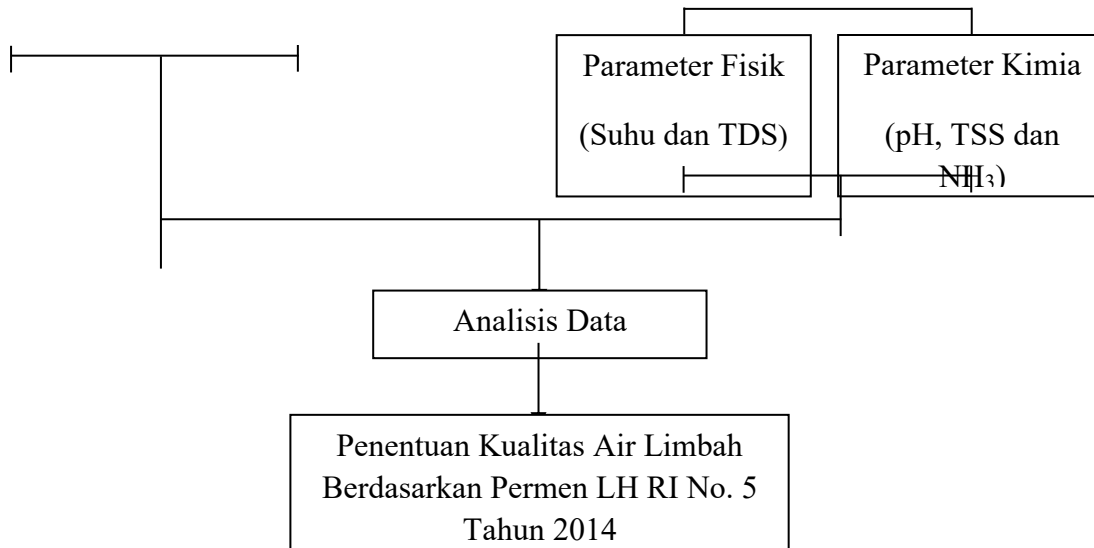
METODOLOGI PENELITIAN

Jenis Penelitian

Jenis penelitian yang digunakan yaitu penelitian yang bersifat deskriptif kuantitatif, yaitu untuk mengetahui kualitas air limbah rumah sakit berdasarkan metode kondensasi. Parameter yang dianalisis antara lain parameter fisik dan kimia seperti suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, *Total Suspended Solid* (TSS) dan amonia (NH_3) sebelum dan sesudah pengolahan air limbah rumah sakit.

Tahapan Penelitian





Pelaksanaan Penelitian

Lokasi, Pengambilan dan Penanganan Sampel

Pengambilan sampel air dilakukan dengan cara pengambilan sampel sesaat (*grab sampling*) dan mengacu pada SNI 8990:2021 tentang metode pengambilan contoh uji air limbah untuk pengujian fisika dan kimia. Pengambilan sampel sesaat atau *grab sampling* merupakan pengambilan sampel secara langsung diambil dari badan air yang akan diuji kualitasnya.

Tahapan pengambilan sampel meliputi persiapan jerigen/botol sesuai dengan saluran pembuangan. Selanjutnya, bilas alat dengan air limbah yang akan diperiksa sebanyak tiga kali. Ambil sampel dengan teknik *grab sampling* dan masukan ke dalam wadah kemudian, dilabeli dengan identitas yang sesuai. untuk parameter suhu dan pH dilakukan pengujian secara langsung dan hasil dicatat pada buku catatan khusus. Untuk parameter pengujian di laboratorium, sampel ditempatkan di dalam kotak berisi es agar terjaga hingga pengujian dilakukan.

Sketsa Alat Kondensasi

Sketsa alat kondensasi seperti yang ditunjukkan pada gambar berikut:



Gambar 5. Sketsa Alat Kondensasi

Keterangan :

1. Tempat Kondensasi Uap Air (Plastik Tebal 0,3 mm) dengan tinggi 43 cm, selimut kerucut 45 cm , diameter 58 cm dan kemiringan 60°.

2. Wadah Evaporasi (*Stainless steel*) dengan diameter 48 cm, tinggi 19 cm, dan volume 28,9 L.
3. Wadah Cadangan Air limbah
4. Wadah Hasil Evaporasi/Kondensasi
5. Sinar Matahari
6. Cermin

Pengukuran dan Pengujian Parameter Fisik

Suhu

Pengukuran suhu dengan memasukkan termometer secara langsung ke dalam air selama 1-2 menit dengan tiga kali pengulangan pada setiap titik lokasi penelitian dan diambil nilai rata-rata. Prosedur pengukuran suhu berdasarkan SNI 06-6989.23:2005. Termometer dicelupkan ke dalam sampel air limbah hingga menunjukkan nilai yang stabil dan pembacaan skala dilakukan tanpa mengangkat termometer dari sampel air.

Total Dissolved Solid (TDS)

Metode gravimetri untuk mengukur kadar TDS dilakukan berdasarkan standar SNI 6989.27:2019. Langkah-langkahnya meliputi pemanasan cawan penguap atau wadah filtrat dan kertas saring dalam oven pada suhu 180°C selama 1 jam untuk menghilangkan air, diikuti dengan penimbangan. Setelah itu, sampel disaring, dan filtrat yang diperoleh dikeringkan di dalam oven pada suhu 180°C selama 1 jam. Cawan penguap yang telah dingin di dalam desikator kemudian ditimbang segera untuk mendapatkan hasil. Kadar TDS dihitung menggunakan rumus:

$$\text{TDS (mg/L)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan: W_1 merupakan berat cawan setelah penguapan, W_0 merupakan berat cawan sebelum penguapan dan V merupakan volume sampel dalam mL.

Pengukuran dan Pengujian Parameter Kimia

pH

Pengukuran pH untuk parameter kimia dilakukan dengan menggunakan pH meter yang telah disesuaikan dengan standar SNI-6989.11:2019. Alat dikalibrasi dengan menggunakan larutan penyangga dan bilas elektroda alat pH meter dengan air suling lalu dikeringkan dengan kertas tisu, kemudian celupkan elektroda ke dalam contoh uji sampai alat pH meter mendapat nilai yang konstan dan dicatat pembacaan angka pada pH meter.

Total Suspended Solid (TSS)

Metode gravimetri untuk mengukur kadar TSS dilakukan berdasarkan SNI 6989.3:2019. Langkah-langkah meliputi pemanasan cawan atau media penimbang dan media penyaring dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam untuk menghilangkan air, diikuti dengan penimbangan. Setelah itu, sampel disaring dan filtrat yang diperoleh dikeringkan di dalam oven pada suhu 105°C selama 1 jam. Cawan yang telah didinginkan di dalam desikator kemudian ditimbang untuk mendapatkan hasil. Kadar TSS dihitung menggunakan rumus:

$$\text{TSS (mg/l)} = \frac{(W_1 - W_0) \times 1000}{V}$$

Keterangan: W_1 merupakan berat cawan setelah penguapan, W_0 merupakan berat cawan sebelum penguapan dan V merupakan volume sampel dalam mL.

Amonia (NH_3)

Berdasarkan SNI 06-6989.30:2005 Penentuan Kadar Amonia Dengan Spektrofotometer UV-Vis.

- a. Pembuatan Larutan Fenol ($\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}$)

- Sebanyak 11,1 mL fenol dicairkan dengan etil alkohol di dalam labu ukur 100 mL. Tambahkan dengan etil alkohol hingga tanda tera, kemudian dihomogenkan.
- Pembuatan Larutan Natrium Nitroprusida ($C_5FeN_6Na_2O$)**
Sebanyak 0,5 gram natrium nitroprusid dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan tambahkan dengan aquades hingga tanda tera, kemudian dihomogenkan.
 - Pembuatan Larutan Alkalin Sitrat ($C_6H_5Na_3O_7$)**
Sebanyak 200 gram trinitrat ditambahkan 10 gram NaOH dimasukkan ke dalam labu ukur 1000 mL dan tambahkan dengan aquades hingga tanda tera, kemudian dihomogenkan.
 - Pembuatan Larutan Pengoksidasi**
Sebanyak 100 mL larutan alkali sitrat dimasukkan ke dalam gelas kimia kemudian tambahkan 25 mL hipoklorit dan dihomogenkan.
 - Pembuatan Larutan Induk Amonia 1000 ppm**
Sebanyak 3,819 gram NH_4Cl dalam labu ukur 1000 mL dilarutkan dengan aquades sampai pada tanda tera, kemudian dihomogenkan.
 - Pembuatan Larutan Baku Amonia 100 ppm**
Pipet 10 mL larutan induk amonia 1000 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tepat pada tanda tera, kemudian dihomogenkan.
 - Pembuatan Larutan Baku Amonia 10 ppm**
Pipet 10 mL larutan induk amonia 100 ppm dan dimasukkan ke dalam labu ukur 100 mL dan ditambahkan aquades sampai tepat pada tanda tera, kemudian dihomogenkan.
 - Pembuatan Larutan Kerja Amonia**
Pipet 0 mL: 1 mL: 2 mL: 3 mL 5 mL larutan baku amonia 10 ppm, kemudian dimasukkan masing-masing ke dalam labu ukur 100 mL ditambahkan dengan aquades hingga tepat pada tanda tera, kemudian dihomogenkan. Sehingga diperoleh kadar amonia 0,0 ppm; 0,1 ppm; 0,2 ppm; 0,3 ppm; 0,5 ppm.
 - Pembuatan Kurva Kalibrasi**
Sebanyak 25 mL larutan kerja masukkan masing-masing ke dalam erlenmeyer 50 mL. Tambahkan 1 mL fenol, dihomogenkan lalu ditambahkan 1 mL natrium nitroprusid, kemudian dihomogenkan dan tambahkan 2,5 mL larutan pengoksidasi, aduk dan biarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna, lalu masukkan ke dalam kuvet dan baca absorbansinya pada panjang gelombang 640 nm. Catat hasil yang diperoleh dan buat kurva kalibrasi dari data tersebut.
 - Pengujian Sampel**
Sebanyak 25 mL sampel air limbah dimasukkan ke dalam erlenmeyer 50 mL. Tambahkan 1 mL fenol, dihomogenkan lalu ditambahkan 1 mL natrium nitroprusid, kemudian dihomogenkan dan tambahkan 2,5 mL larutan pengoksidasi, aduk dan biarkan selama 1 jam untuk pembentukan warna, lalu masukkan ke dalam kuvet dan baca absorbansinya pada panjang gelombang 640 nm. Catat hasil yang diperoleh dan hitung hasil menggunakan persamaan regresi. Menentukan kadar NH_3-N yang diperoleh dari perhitungan regresi maka dapat dihitung menggunakan rumus di bawah ini:

$$Kadar NH_3 - N = \frac{Ar N}{Mr NH_3} \times [NH_3]$$

Keterangan:

Kadar NH_3-N = Kadar NH_3 sebagai N

Ar N = Massa atom relatif N

Mr NH_3 = Massa molekul relatif NH_3

$[NH_3]$ = Kadar amonia yang diperoleh dari persamaan regresi

Analisis Data

Data yang diperoleh dari pengukuran dan pengujian yang dilakukan di lapangan dan laboratorium bisa ditampilkan dalam format tabel dan dihitung persen efisiensi penurunan dari

parameter fisik dan kimia seperti suhu, *Total Dissolved Solid* (TDS), pH, *Total Suspended Solid* (TSS) dan amonia (NH_3) pada air limbah rumah sakit dengan menggunakan rumus:

$$\text{Efisiensi} = \frac{(\text{Kadar awal} - \text{Kadar akhir})}{\text{Kadar awal}} \times 100\%$$

Setelah itu, data tersebut dijelaskan secara narasi dan dibandingkan dengan standar kualitas yang ditetapkan oleh Permen LH RI No. 5 tahun 2014. Sehingga bisa dievaluasi dan ditentukan kualitas air limbah.