

Pemanfaatan Limbah Rambut Manusia dan Penambahan H₂O₂ Untuk Pengolahan Oli Mesin *Clipper*

Gatot Prio Anggoro. Endi Adriansyah*, Asih Suzana, Marhadi

Program Studi Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik, Universitas Batanghari

*Correspondence: endi.adriansyah@unbari.ac.id

ABSTRAK

Limbah oli mesin *clipper* dari kegiatan *barbershop* merupakan limbah cair berbahaya yang mengandung minyak dan lemak, padatan tersuspensi, serta dapat mengubah pH lingkungan perairan apabila tidak diolah dengan baik. Penelitian ini bertujuan menganalisis efektivitas pemanfaatan limbah rambut manusia sebagai adsorben yang dikombinasikan dengan penambahan hidrogen peroksida (H₂O₂) dalam memperbaiki parameter pH limbah oli mesin *clipper*. Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan *Magnetic stirrer* pada variasi berat adsorben 5 g, 10 g, dan 15 g serta waktu kontak 30, 60, dan 90 menit. Hasil penelitian menunjukkan nilai pH awal limbah sebesar 6,37 mengalami perubahan setelah pengolahan. Kondisi paling mendekati netral diperoleh pada variasi 10 g dengan waktu kontak 30 menit yaitu pH 6,96 (efisiensi 9,26%), sedangkan berat 5 g cenderung menaikkan pH hingga bersifat basa (pH 8,48) dan berat 15 g menurunkan pH menjadi lebih asam (pH 6,14). Pada parameter *Total Suspended Solids* (TSS), nilai awal sebesar 3.282,08 mg/L mengalami penurunan yang signifikan setelah pengolahan, dengan hasil terendah pada berat 5 g waktu kontak 60 menit yaitu 334,16 mg/L (efisiensi 89,82%). Penambahan H₂O₂ berperan dalam proses oksidasi yang memengaruhi kestabilan pH limbah olahan.

Kata kunci : Rambut Manusia, Hidrogen Peroksida, Oli Mesin Clipper, pH, TSS, Adsorpsi

ABSTRACT

Waste lubricating oil from hair clipper machines generated by barbershop activities is a hazardous liquid waste containing oil and grease, suspended solids, and can alter the pH of aquatic environments if left untreated. This study aims to analyze the effectiveness of utilizing human hair waste as an adsorbent combined with the addition of hydrogen peroxide (H₂O₂) in improving the pH parameter of clipper engine oil waste. The research used an experimental method with a Magnetic stirrer at adsorbent weight variations of 5 g, 10 g, and 15 g and contact times of 30, 60, and 90 minutes. The results showed that the initial pH of 6.37 changed after treatment. The condition closest to neutral was obtained at the 10 g variation with a 30-minute contact time, namely pH 6.96 (9.26% efficiency), while the 5 g weight tended to raise the pH to alkaline (pH 8.48) and the 15 g weight lowered the pH to more acidic (pH 6.14). For the Total Suspended Solids (TSS) parameter, the initial value of 3,282.08 mg/L decreased significantly after treatment, with the lowest result at 5 g and a 60-minute contact time, namely 334.16 mg/L (89.82% efficiency). The addition of H₂O₂ played a role in the oxidation process affecting the pH stability of the treated waste.

Keywords : Human Hair, Hydrogen Peroxide, Clipper Engine Oil, pH, TSS, Adsorption

PENDAHULUAN

Minyak pelumas atau oli *clipper* merupakan cairan yang digunakan sebagai pembersih, pelindung, dan pelicin untuk mengurangi terjadinya benturan antar logam pada komponen bagian dalam mesin sehingga dapat mencegah kerusakan (Kusnadi et al, 2021). Oli yang telah digunakan untuk perawatan mesin akan menghasilkan limbah oli bekas. Limbah oli bekas ini mengandung zat-zat yang dapat mencemari lingkungan dan akan sangat membahayakan apabila tidak diolah kembali dengan baik (Sumasto et al., 2024).

Salah satu sumber limbah oli mesin *clipper* berasal dari kegiatan *barbershop* yang menggunakan mesin cukur (*clipper*) secara rutin. Limbah cair berminyak ini apabila langsung dibuang ke lingkungan dapat meningkatkan kadar minyak dan lemak, *Total Suspended Solids* (TSS), serta mengubah nilai pH perairan. Nilai pH merupakan salah satu parameter penting kualitas air karena menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan. pH merupakan

ukuran konsentrasi ion hidrogen pada suatu larutan dengan rentang 0–14, di mana nilai 7 merupakan titik netral; nilai di atas 7 bersifat basa dan di bawah 7 bersifat asam (Kohlmann, 2003).

Untuk menurunkan kandungan pencemar pada air limbah laboratorium maupun limbah oli *clipper*, diperlukan unit pengolahan. Pengolahan air limbah oli *clipper* dapat dilakukan dengan beberapa cara, baik secara fisika (filtrasi dan flotasi) maupun biologis (proses aerobik dan anaerobik) (Perkasa, 2025). Salah satu pendekatan yang dapat dikembangkan adalah pemanfaatan adsorben alami. Rambut manusia merupakan biosorben alami yang memiliki struktur keratin berpori, bersifat hidrofobik dan oleofilik, sehingga efektif menyerap minyak dari air tanpa ikut menyerap airnya (Chenxi et al, 2022).

Pengendalian nilai pH menjadi penting karena pH yang terlalu asam maupun terlalu basa dapat mengganggu keseimbangan lingkungan perairan dan membahayakan organisme akuatik. Air limbah yang

dibuang ke badan air seharusnya memiliki nilai pH yang mendekati netral agar tidak menimbulkan pencemaran. Oleh karena itu, selain menurunkan kadar minyak dan lemak serta padatan tersuspensi, proses pengolahan limbah oli mesin *clipper* juga perlu memperhatikan kestabilan nilai pH limbah hasil olahan.

Hidrogen peroksida dengan rumus H₂O₂ dan pH sekitar 4,5 merupakan cairan bening, tidak berwarna, dan tidak berbau yang berfungsi sebagai bahan pemutih sekaligus desinfektan (Adriansyah et al, 2023). Hidrogen peroksida merupakan oksidator kuat yang efektif untuk pengolahan air, bekerja optimal pada kondisi asam hingga netral, serta mampu menguraikan kontaminan menjadi air dan oksigen sekaligus memengaruhi nilai pH air yang diolah (Adriansyah et al, 2019a).

Rambut manusia telah terbukti sangat efektif sebagai biosorben minyak karena dapat menyerap antara 3 hingga 9 kali beratnya sendiri dalam berbagai jenis minyak, baik minyak nabati, minyak bumi, maupun diesel. Dalam konteks pengolahan limbah cair berminyak seperti limbah oli, rambut dapat dimanfaatkan sebagai media penyaring sekaligus adsorben untuk menyerap minyak dari campuran air-oli. Pemanfaatan limbah rambut manusia ini sekaligus menjadi solusi pengelolaan sampah rambut yang banyak dihasilkan dari kegiatan *barbershop* sehingga memiliki nilai tambah secara ekonomis dan lingkungan (Ifelebeugu et al, 2015).

Selain aspek penyerapan secara fisik, perbaikan kualitas limbah juga memerlukan proses kimia untuk mendegradasi polutan terlarut. Hidrogen peroksida dikenal sebagai senyawa pengoksidasi yang banyak digunakan pada industri kimia, di antaranya sebagai *bleaching agent* pada industri pulp, kertas, dan tekstil, serta sebagai senyawa pengoksidasi yang bersifat *nonpolluting agent*. Karakter oksidatif inilah yang dimanfaatkan untuk membantu memperbaiki kualitas limbah oli mesin *clipper*, termasuk dalam memengaruhi kestabilan nilai pH (Adriansyah et al, 2019b).

Penelitian yang dilakukan sekarang ini difokuskan pada analisis perubahan parameter pH limbah oli mesin *clipper* setelah pengolahan, dengan tujuan menganalisis efektivitas kombinasi adsorpsi rambut manusia dan penambahan H₂O₂ dalam menstabilkan nilai pH serta mengetahui pengaruh variasi berat adsorben dan waktu kontak terhadap perubahan nilai pH limbah oli mesin *clipper* (Adriansyah et al, 2023). Limbah oli bekas pada umumnya terdiri atas dua jenis, yaitu oli bekas industri (*Light industrial oil*) dan oli hitam (*black oil*). Oli bekas industri biasanya lebih bersih sehingga cukup ditangani dengan perlakuan sederhana seperti penyaringan dan pemanasan, sedangkan oli hitam berasal dari pelumasan otomotif (Hidayat & Basyirun, 2020).

Oli mesin bekas memiliki kandungan logam yang lebih tinggi dibandingkan oli baru, antara lain aluminium (Al), besi (Fe), tembaga (Cu), mangan (Mn),

dan seng (Zn) (Hasyim, 2016). Kandungan tersebut menjadikan limbah oli mesin *clipper* berpotensi mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Selain kandungan logam, limbah oli mesin *clipper* juga memiliki kadar minyak dan lemak serta padatan tersuspensi (*Total Suspended Solids/TSS*) yang tinggi. TSS merujuk pada partikel dalam air yang berukuran lebih besar dari dua mikron dan memengaruhi tingkat kejernihan air, sehingga semakin tinggi kandungan TSS maka air semakin keruh. Tingginya kadar minyak, lemak, dan TSS pada limbah oli mesin *clipper* menjadikan limbah ini perlu diolah terlebih dahulu sebelum dibuang ke lingkungan agar tidak menurunkan kualitas badan air penerima (Adriansyah et al, 2023).

Pemilihan rambut manusia sebagai adsorben didasarkan pada strukturnya yang tersusun atas keratin, yaitu protein berserat yang memiliki gugus fungsi dan permukaan berpori. Sifat hidrofobik dan oleofilik keratin menjadikan rambut mampu menarik dan menahan minyak sambil menolak air, sehingga sesuai digunakan sebagai media penyerap pada limbah cair berminyak. Di sisi lain, hidrogen peroksida (H₂O₂) berperan sebagai oksidator yang membantu menguraikan senyawa organik terlarut. Kombinasi kedua bahan ini diharapkan dapat bekerja secara sinergis, yaitu penyerapan minyak secara fisik oleh rambut dan degradasi polutan secara kimia oleh H₂O₂, yang pada akhirnya turut memengaruhi nilai pH limbah olahan (Adriansyah et al, 2019b).

METODE

Jenis penelitian ini adalah penelitian eksperimen menggunakan metode *Magnetic stirrer*. Penelitian bertujuan menguji efektivitas adsorpsi limbah rambut manusia yang dikombinasikan dengan penambahan H₂O₂ dalam memperbaiki parameter limbah oli mesin *clipper*, khususnya kadar minyak dan lemak, TSS, dan pH. Sampel oli mesin *clipper* sebanyak ±180 ml bersumber dari sebuah *barbershop* di Kota Jambi, dan pengujian dilakukan di laboratorium.

Sampel limbah oli mesin *clipper* yang digunakan dalam penelitian ini diperoleh dari sebuah *barbershop* di Kota Jambi dengan volume awal sekitar 180 ml. Sampel tersebut merupakan limbah cair hasil pencucian dan perawatan mesin cukur (*clipper*) yang secara rutin dihasilkan dari kegiatan *barbershop*. Pemilihan sumber sampel ini didasarkan pada pertimbangan bahwa limbah oli mesin *clipper* dari *barbershop* selama ini belum dikelola secara khusus, sehingga relevan untuk dijadikan objek penelitian pengolahan limbah.

Alat yang digunakan meliputi *Magnetic stirrer*, *UV-Vis Spectrophotometer*, oven, alat uji pH, timbangan, gelas ukur, dan peralatan gelas laboratorium pendukung. Bahan yang digunakan terdiri atas air limbah oli mesin *clipper*, limbah rambut manusia sebagai adsorben, hidrogen peroksida (H₂O₂), dan *aquadest*. Variabel bebas pada penelitian ini adalah berat adsorben rambut manusia (5 g, 10 g, dan 15 g) serta

waktu kontak pengadukan (30, 60, dan 90 menit). Variabel terikat adalah efektivitas penurunan kadar minyak dan lemak, TSS, serta perubahan nilai pH limbah oli mesin *clipper*. Dosis H₂O₂ yang ditambahkan dijaga tetap sebesar 5 ml, dengan oli mesin *clipper* 10 ml dan *aquadest* 300 ml pada setiap perlakuan.

Tahapan penelitian dimulai dengan pengumpulan limbah rambut manusia yang kemudian dicuci untuk menghilangkan kotoran, dibilas hingga bersih, dan dikeringkan pada suhu kamar hingga kelembaban hilang. Rambut selanjutnya dipotong sesuai ukuran dan ditimbang sesuai variasi berat (5 g, 10 g, dan 15 g). *Aquadest* 300 ml, H₂O₂ 5 ml, dan oli mesin *clipper* 10 ml dimasukkan ke dalam wadah sampel, kemudian rambut ditambahkan dan diaduk menggunakan *Magnetic stirrer* sesuai variasi waktu kontak (30, 60, dan 90 menit). Sebelum dan sesudah pengolahan, sampel diuji untuk mengetahui karakteristik awal serta perubahan parameter, dengan fokus analisis pada parameter pH menggunakan alat uji pH.

Data primer diperoleh langsung dari pengamatan dan pengukuran selama proses pengadukan dengan *Magnetic stirrer*, meliputi pengukuran nilai pH pada setiap variasi berat adsorben dan waktu kontak. Pengukuran pH dilakukan dengan alat uji pH yang sebelumnya telah dikalibrasi menggunakan larutan buffer untuk memastikan keakuratan hasil pembacaan. Nilai pH menggambarkan tingkat keasaman atau kebasaan limbah, di mana nilai 7 menunjukkan kondisi netral, nilai di bawah 7 menunjukkan kondisi asam, dan nilai di atas 7 menunjukkan kondisi basa.

Data hasil pengukuran pH kemudian dibandingkan dengan nilai pH awal limbah untuk menghitung efisiensi perubahan pH. Hasil perhitungan disajikan dalam bentuk tabel serta grafik garis guna menggambarkan kecenderungan perubahan nilai pH

terhadap variasi berat adsorben dan waktu kontak, sehingga dapat diketahui kombinasi perlakuan yang menghasilkan nilai pH paling mendekati kondisi netral (Adriansyah & Syaiful, 2024).

Pengukuran nilai pH dilakukan secara berulang pada setiap kombinasi perlakuan untuk memperoleh data yang representatif. Sebelum digunakan, alat ukur pH dikalibrasi terlebih dahulu menggunakan larutan buffer standar agar pembacaan nilai pH akurat. Setiap sampel hasil pengadukan dengan *Magnetic stirrer* didiamkan sejenak sebelum diukur untuk memastikan kondisi larutan telah stabil. Nilai pH yang diperoleh kemudian dicatat dan dibandingkan dengan nilai pH awal limbah sebagai dasar perhitungan efisiensi perubahan pH.

Efisiensi perubahan pH dihitung berdasarkan selisih antara nilai pH hasil pengolahan dengan nilai pH awal limbah, dinyatakan dalam bentuk persentase. Nilai efisiensi ini digunakan untuk menggambarkan besarnya perubahan pH yang terjadi pada setiap variasi berat adsorben dan waktu kontak. Seluruh data hasil pengukuran selanjutnya disajikan dalam bentuk tabel dan grafik garis agar kecenderungan perubahan nilai pH terhadap variasi perlakuan dapat dianalisis secara lebih jelas dan sistematis.

HASIL

Tabel 1 hasil uji laboratorium terhadap sampel awal menunjukkan nilai pH sebesar 6,37 yang berarti limbah bersifat sedikit asam dan mendekati kondisi netral, serta nilai *Total Suspended Solids* (TSS) sebesar 3.282,08 mg/L yang tergolong tinggi. Tabel 2 hasil pengolahan menggunakan metode *Magnetic stirrer* dengan adsorpsi rambut manusia dan penambahan H₂O₂, nilai pH mengalami perubahan yang berbeda pada setiap variasi berat adsorben dan waktu kontak.

Tabel 1
Hasil Uji Laboratorium Sampel Awal

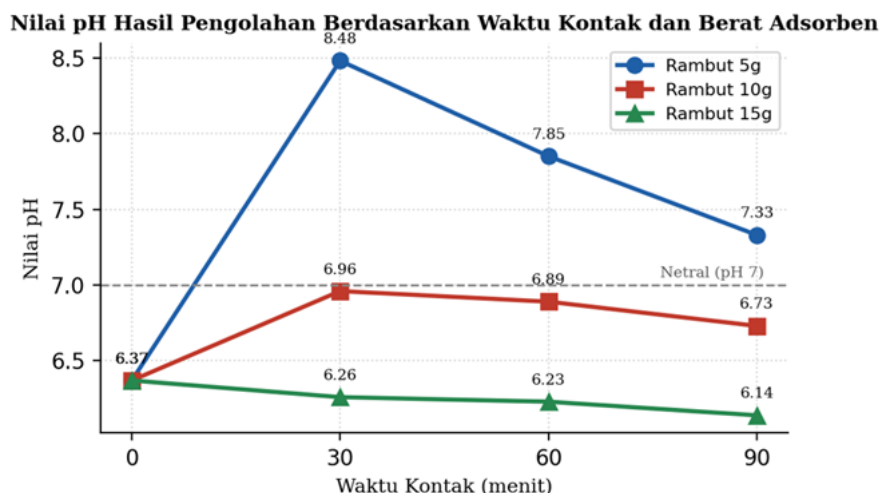
No	Parameter	Satuan	Sampel Awal
1	TSS	mg/L	3282,08
2	pH	-	6,37

Sumber: data olahan

Tabel 2
Hasil Pengujian Parameter pH

Waktu (menit)	Berat (g)	pH Awal	Efisiensi (%)	Hasil Uji pH
30	5	6,37	33,12%	8,48
60	5		23,23%	7,85
90	5		15,07%	7,33
30	10		9,26%	6,96
60	10		8,16%	6,89
90	10		5,65%	6,73
30	15		1,72%	6,26
60	15		2,19%	6,23
90	15		3,61%	6,14

Sumber: data olahan

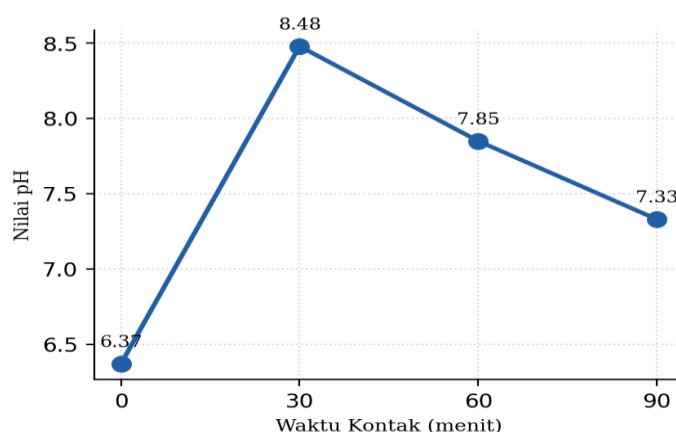


Sumber: data olahan

Gambar 1
Grafik nilai pH hasil pengolahan terhadap waktu kontak dan berat adsorben

Berdasarkan Gambar 1, terlihat bahwa berat adsorben memberikan pengaruh yang jelas terhadap arah perubahan pH. Pada berat 5 g, nilai pH meningkat tajam menjadi 8,48 pada waktu kontak 30 menit, kemudian menurun menjadi 7,85 pada 60 menit dan 7,33 pada 90 menit, sehingga limbah cenderung bersifat basa. Pada berat 10 g, nilai pH relatif stabil dan paling mendekati netral, yaitu 6,96 pada 30 menit, 6,89 pada 60 menit, dan 6,73 pada 90 menit. Sebaliknya, pada berat 15 g nilai pH justru menurun di bawah nilai awal menjadi 6,26; 6,23; dan 6,14 sehingga limbah menjadi lebih asam (Adriansyah et al, 2026a).

Hasil ini menunjukkan bahwa variasi 10 g dengan waktu kontak 30 menit merupakan kondisi paling optimal dari sisi kestabilan pH karena nilai 6,96 sangat dekat dengan kondisi netral (pH 7). Penambahan H_2O_2 berperan dalam proses oksidasi senyawa pencemar yang turut memengaruhi nilai pH, sedangkan jumlah adsorben yang terlalu sedikit (5 g) cenderung menaikkan pH dan jumlah yang terlalu banyak (15 g) menurunkan pH limbah. Kecenderungan ini sejalan dengan penelitian Adriansyah et al (2019a) yang menunjukkan bahwa kombinasi proses oksidasi dan adsorpsi dapat memengaruhi kondisi pH air olahan menuju kondisi yang lebih stabil (Adriansyah et al, 2023).



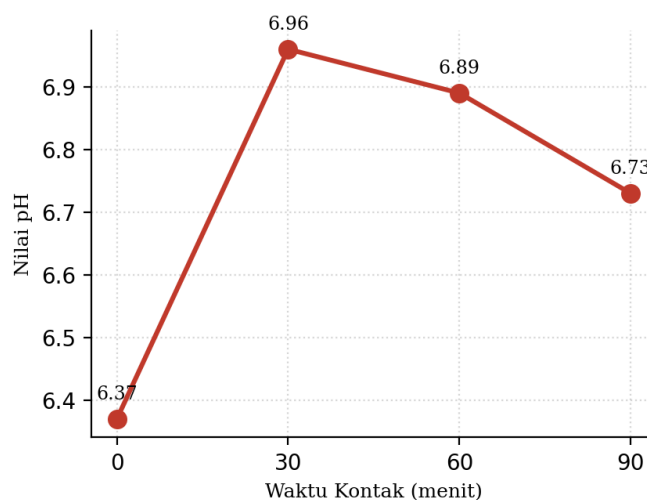
Sumber: data olahan

Gambar 2
Grafik nilai pH pada berat adsorben 5 g

Penggunaan adsorben rambut sebanyak 5 g, nilai pH limbah meningkat cukup tajam dari kondisi awal 6,37 menjadi 8,48 pada waktu kontak 30 menit, kemudian menurun secara bertahap menjadi 7,85 pada 60 menit dan 7,33 pada 90 menit. Peningkatan nilai pH ini menjadikan limbah bersifat basa, terutama pada waktu kontak yang singkat. Kondisi ini menunjukkan

bahwa pada jumlah adsorben yang sedikit, pengaruh oksidasi H_2O_2 dan pelepasan senyawa dari permukaan rambut lebih dominan dalam menaikkan nilai pH limbah. Semakin lama waktu kontak, nilai pH cenderung kembali menurun mendekati kondisi netral, namun tetap berada pada kisaran basa. Hal ini sesuai dengan

kecenderungan pada penelitian Adriansyah et al. (2019a).

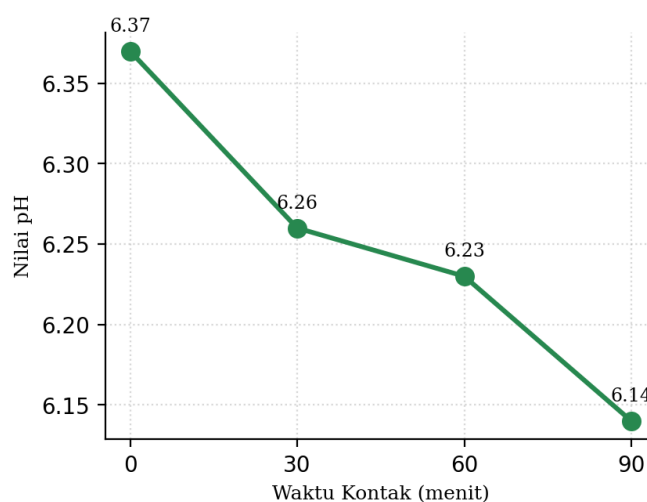


Sumber: data olahan

Gambar 3
Grafik nilai pH pada berat adsorben 10 g

Penggunaan adsorben rambut sebanyak 10 g, nilai pH limbah relatif stabil dan paling mendekati kondisi netral. Nilai pH yang diperoleh adalah 6,96 pada waktu kontak 30 menit, 6,89 pada 60 menit, dan 6,73 pada 90 menit. Nilai pH 6,96 pada waktu kontak 30 menit dianggap sebagai kondisi yang paling optimal karena sangat dekat dengan nilai netral (pH 7), sehingga

limbah hasil olahan berada dalam kondisi yang relatif aman terhadap lingkungan. Stabilitasnya nilai pH pada variasi ini menunjukkan adanya keseimbangan antara proses penyerapan oleh adsorben rambut dengan proses oksidasi H_2O_2 , sehingga perubahan pH tidak terlalu ekstrem ke arah basa maupun asam.

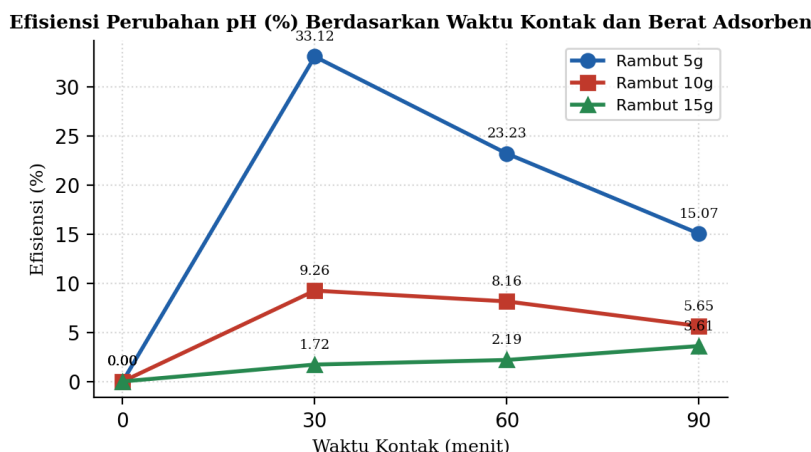


Sumber: data olahan

Gambar 4
Grafik nilai pH pada berat adsorben 15 g

Penggunaan adsorben rambut sebanyak 15 g, nilai pH limbah justru menurun di bawah nilai awal menjadi 6,26 pada waktu kontak 30 menit, 6,23 pada 60 menit, dan 6,14 pada 90 menit. Penurunan nilai pH ini menjadikan limbah bersifat lebih asam dibandingkan kondisi awal. Hal ini diduga karena jumlah adsorben yang besar menyebabkan interaksi yang lebih intensif

sehingga melepaskan senyawa yang menurunkan pH limbah. Dengan demikian, penambahan jumlah adsorben yang terlalu banyak tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik terhadap kestabilan pH, melainkan justru menggeser kondisi limbah ke arah asam (Adriansyah et al, 2024).



Sumber: data olahan

Gambar 5
Grafik efisiensi perubahan pH (%) terhadap waktu kontak dan berat adsorben

Gambar 5 memperlihatkan persentase efisiensi perubahan pH pada setiap variasi. Pada berat 5 g, efisiensi perubahan pH paling besar yaitu 33,12% pada 30 menit, lalu menurun menjadi 23,23% pada 60 menit dan 15,07% pada 90 menit. Nilai efisiensi yang besar ini menunjukkan perubahan pH yang jauh dari nilai awal, yakni ke arah basa. Pada berat 10 g, efisiensi perubahan relatif kecil yaitu 9,26%; 8,16%; dan 5,65% yang justru menandakan nilai pH tetap berada dekat dengan kondisi netral. Pada berat 15 g, efisiensi perubahan pH paling

kecil yaitu 1,72%; 2,19%; dan 3,61%, namun arah perubahannya menuju kondisi asam (Adriansyah et al, 2024). Dengan demikian, efisiensi perubahan pH yang besar tidak selalu menunjukkan hasil yang lebih baik, karena tujuan pengolahan adalah memperoleh nilai pH yang mendekati netral. Kondisi terbaik tetap diperoleh pada variasi berat adsorben 10 g dengan waktu kontak 30 menit, yang menghasilkan nilai pH 6,96 dengan efisiensi perubahan pH sebesar 9,26%.

Tabel 3
Efisiensi Perubahan pH pada Setiap Variasi

Berat (g)	30 menit	60 menit	90 menit
5	33,12%	23,23%	15,07%
10	9,26%	8,16%	5,65%
15	1,72%	2,19%	3,61%

Sumber: data olahan

Secara keseluruhan, hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi adsorpsi rambut manusia dan penambahan H_2O_2 mampu memengaruhi nilai pH limbah oli mesin *clipper*, baik ke arah basa maupun asam, bergantung pada jumlah adsorben dan waktu kontak yang digunakan. Penambahan H_2O_2 berperan dalam proses oksidasi senyawa pencemar, sedangkan adsorben rambut membantu proses penyerapan sehingga turut memengaruhi kestabilan pH. Pengaturan dosis adsorben dan waktu kontak yang tepat menjadi faktor penting untuk menjaga nilai pH limbah olahan tetap berada pada kisaran yang aman bagi lingkungan.

Berdasarkan Tabel 3, terlihat bahwa nilai efisiensi perubahan pH pada berat 5 g menurun seiring bertambahnya waktu kontak, sedangkan pada berat 15 g nilai efisiensi justru meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa arah perubahan pH pada kedua variasi tersebut berlawanan: pada berat 5 g limbah bergerak menjauh dari kondisi basa menuju netral seiring waktu, sementara

pada berat 15 g limbah semakin menjauh dari kondisi netral menuju asam. Adapun pada berat 10 g, nilai efisiensi yang kecil dan stabil menegaskan bahwa kondisi pH limbah relatif terjaga di sekitar titik netral pada seluruh variasi waktu kontak, sehingga variasi ini paling sesuai untuk diterapkan.

Hasil penelitian ini sejalan dengan temuan Adriansyah et al. (2019) yang menunjukkan bahwa kombinasi proses oksidasi dan adsorpsi mampu memperbaiki kondisi pH air olahan menuju nilai yang lebih stabil. Proses oksidasi oleh H_2O_2 berperan dalam mengubah senyawa pencemar menjadi bentuk yang lebih sederhana, sementara adsorben rambut membantu menahan partikel minyak dan zat organik pada permukaannya. Interaksi kedua mekanisme inilah yang menyebabkan nilai pH limbah dapat bergeser, baik ke arah basa maupun asam, bergantung pada proporsi adsorben yang digunakan.

Beberapa penelitian terdahulu juga menunjukkan bahwa proses oksidasi dan adsorpsi mampu

memperbaiki kualitas air limbah. Adriansyah et al. (2023) melaporkan bahwa kombinasi *multilevel filtration* dan fotokatalisis TiO₂ pada limbah cair tahu dapat membawa nilai pH menuju kondisi netral dengan efisiensi tinggi. Demikian pula penelitian Cahyo et al (2025) yang memanfaatkan adsorben berbasis kitosan menunjukkan bahwa kondisi pH turut menentukan efektivitas proses adsorpsi. Hasil-hasil tersebut memperkuat temuan pada penelitian ini, bahwa pengaturan kondisi pengolahan, termasuk dosis adsorben dan penambahan oksidator, berperan penting dalam mengarahkan nilai pH limbah menuju kondisi yang lebih stabil (Adriansyah et al, 2026b).

Pada penelitian ini, kestabilan nilai pH menjadi indikator penting karena limbah oli mesin *clipper* yang akan dibuang ke lingkungan sebaiknya memiliki nilai pH yang mendekati netral. Nilai pH yang terlalu tinggi maupun terlalu rendah dapat mengganggu kehidupan organisme akuatik dan menurunkan kualitas badan air penerima. Oleh karena itu, kombinasi 10 g rambut manusia dengan waktu kontak 30 menit yang menghasilkan nilai pH 6,96 menjadi pilihan yang paling tepat, karena selain mendekati kondisi netral, perubahan pH yang dihasilkan tidak terlalu ekstrem sehingga lebih aman bagi lingkungan.

Apabila dikaitkan dengan tujuan pengolahan limbah, kondisi pH yang mendekati netral merupakan kondisi yang paling diharapkan karena tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan perairan. variasi berat 5 g menghasilkan persentase perubahan pH yang besar, kondisi tersebut justru kurang diinginkan karena menggeser limbah ke arah basa. Demikian pula variasi berat 15 g yang menjadikan limbah bersifat asam. Dengan demikian, variasi berat adsorben 10 g dengan waktu kontak 30 menit menjadi kondisi yang paling direkomendasikan karena menghasilkan nilai pH 6,96 yang paling mendekati kondisi netral.

Pola perubahan nilai pH pada ketiga variasi berat tersebut menunjukkan bahwa jumlah adsorben memiliki pengaruh yang lebih dominan dibandingkan waktu kontak. Pada berat 5 g, dominasi reaksi oksidasi oleh H₂O₂ menyebabkan nilai pH cenderung naik ke arah basa, sedangkan pada berat 15 g interaksi adsorben yang lebih intensif justru menurunkan nilai pH ke arah asam. Kondisi seimbang diperoleh pada berat 10 g, di mana proses penyerapan oleh rambut dan proses oksidasi oleh H₂O₂ berlangsung secara proporsional sehingga nilai pH tetap terjaga di sekitar titik netral (Riztu et al, 2024).

Secara umum, hasil penelitian ini menunjukkan bahwa pemanfaatan limbah rambut manusia yang dikombinasikan dengan penambahan H₂O₂ berpotensi

dikembangkan sebagai alternatif metode pengolahan limbah oli mesin *clipper*, khususnya dalam menjaga kestabilan nilai pH. masih diperlukan optimasi lebih lanjut terhadap variasi dosis adsorben, konsentrasi H₂O₂, serta waktu kontak agar diperoleh kondisi pengolahan yang benar-benar optimal dan dapat diterapkan secara praktis pada skala yang lebih besar.

Kecenderungan perubahan pH pada penelitian ini juga menegaskan bahwa proses oksidasi oleh H₂O₂ dan interaksi permukaan keratin rambut tidak berlangsung secara linier terhadap penambahan jumlah adsorben. Pada dosis adsorben yang relatif kecil, dominasi reaksi oksidasi menyebabkan kenaikan pH, pada dosis yang besar interaksi adsorben yang lebih intensif justru menurunkan pH. Oleh karena itu, penentuan dosis optimum menjadi kunci dalam memperoleh limbah olahan dengan pH yang stabil dan mendekati netral, sebagaimana ditunjukkan oleh variasi 10 g dengan waktu kontak 30 menit (Marius et al, 2024)

Apabila ketiga variasi berat adsorben dibandingkan, terlihat adanya pola yang konsisten. Berat 5 g menghasilkan rentang nilai pH 7,33–8,48 (basa), berat 10 g menghasilkan rentang 6,73–6,96 (mendekati netral), dan berat 15 g menghasilkan rentang 6,14–6,26 (asam). Pola ini memperlihatkan bahwa peningkatan jumlah adsorben rambut justru menggeser nilai pH dari kondisi basa menuju kondisi asam, dengan titik keseimbangan yang paling mendekati netral berada pada penggunaan adsorben 10 g. Adapun pengaruh waktu kontak terlihat lebih lemah dibandingkan pengaruh berat adsorben, karena pada setiap berat, perubahan nilai pH antara waktu 30, 60, dan 90 menit relatif kecil dan cenderung searah (Hasyim, 2016).

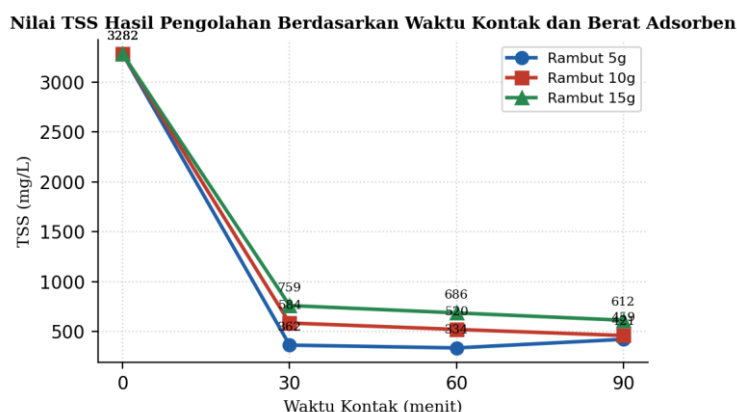
Temuan ini memberikan implikasi praktis bahwa dalam penerapan pengolahan limbah oli mesin *clipper* menggunakan adsorpsi rambut manusia dan penambahan H₂O₂, pengaturan jumlah adsorben perlu diperhatikan secara cermat. Penggunaan adsorben yang berlebih tidak disarankan karena berpotensi menjadikan limbah olahan bersifat asam, sementara penggunaan yang terlalu sedikit dapat menjadikannya bersifat basa. Dengan demikian, kombinasi 10 g rambut dan waktu kontak 30 menit dapat dijadikan acuan kondisi operasi untuk menjaga nilai pH limbah olahan tetap berada pada kisaran yang aman dan mendekati baku mutu lingkungan (Faujiah & Wahyuni, 2022)

Selain parameter pH, penelitian ini juga menganalisis perubahan kadar *Total Suspended Solids* (TSS) limbah oli mesin *clipper* setelah pengolahan. Nilai TSS awal limbah sebesar 3.282,08 mg/L tergolong sangat tinggi sehingga perlu diturunkan.

Tabel 4
Hasil Pengujian Parameter TSS

Waktu (menit)	Berat (g)	TSS Awal (mg/L)	Efisiensi (%)	Hasil Uji (mg/L)
30	5	3282,08	88,95%	362,43
60	5		89,82%	334,16
90	5		87,18%	420,55
30	10	3282,08	82,20%	584,10
60	10		84,16%	519,74
90	10		86,02%	458,55
30	15	3282,08	76,85%	759,46
60	15		79,10%	685,87
90	15		81,36%	612,06

Sumber: data olahan

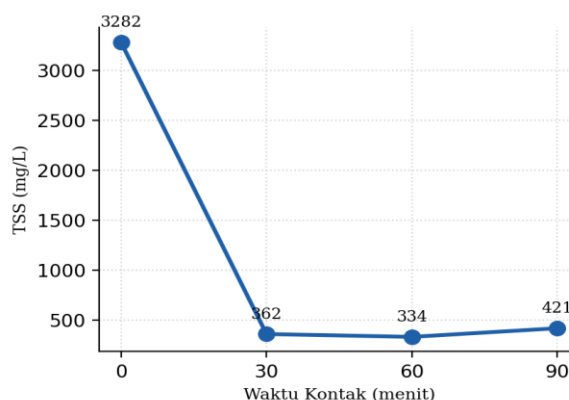


Sumber: data olahan

Gambar 6
Grafik nilai TSS hasil pengolahan terhadap waktu kontak dan berat adsorben

Berdasarkan Gambar 6, terlihat bahwa seluruh variasi berat adsorben mampu menurunkan kadar TSS secara signifikan dari nilai awal 3.282,08 mg/L. Penurunan paling besar terjadi pada berat 5 g, dengan nilai TSS 362,43 mg/L pada 30 menit, 334,16 mg/L pada 60 menit, dan 420,55 mg/L pada 90 menit. Pada berat 10 g, nilai TSS yang diperoleh adalah 584,10 mg/L; 519,74

mg/L; dan 458,55 mg/L, pada berat 15 g nilai TSS adalah 759,46 mg/L; 685,87 mg/L; dan 612,06 mg/L. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan jumlah adsorben yang lebih besar justru menyisakan kadar TSS yang lebih tinggi pada limbah olahan (Adriansyah et al, 2024).



Sumber: data olahan

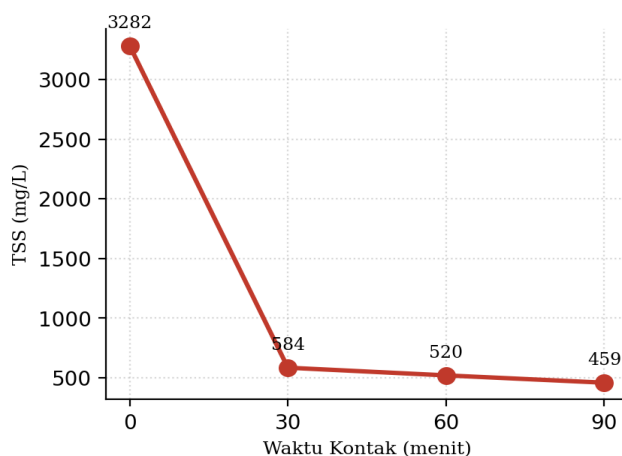
Gambar 7
Grafik nilai TSS pada berat adsorben 5 g

Pada penggunaan adsorben rambut sebanyak 5 g, nilai TSS menurun tajam dari 3.282,08 mg/L menjadi

362,43 mg/L pada waktu kontak 30 menit, lalu turun lagi menjadi 334,16 mg/L pada 60 menit, dan sedikit

meningkat menjadi 420,55 mg/L pada 90 menit. Nilai TSS terendah pada seluruh variasi diperoleh pada berat 5 g dengan waktu kontak 60 menit, yaitu 334,16 mg/L

dengan efisiensi 89,82%. Hal ini sejalan dengan penelitian Adriansyah et al. (2019).

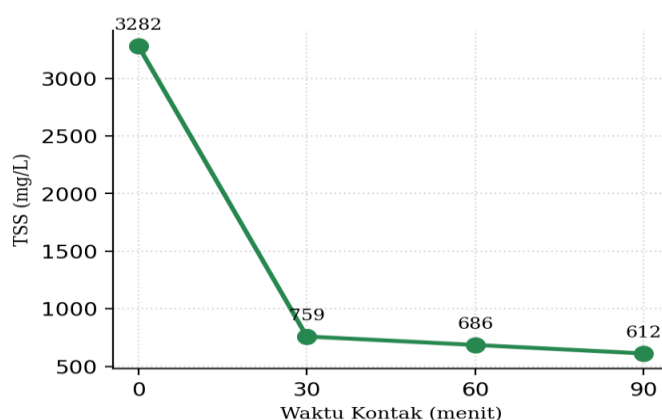


Sumber: data olahan

Gambar 8
Grafik nilai TSS pada berat adsorben 10 g

Pada penggunaan adsorben rambut sebanyak 10 g, nilai TSS pada waktu kontak 30 menit sebesar 584,10 mg/L, kemudian menurun menjadi 519,74 mg/L pada 60 menit, dan terus menurun menjadi 458,55 mg/L pada 90

menit. Berbeda dengan berat 5 g, pada berat 10 g penurunan TSS berlangsung lebih bertahap dan semakin baik seiring bertambahnya waktu kontak (Adriansyah et al, 2024).



Sumber: data olahan

Gambar 9
Grafik nilai TSS pada berat adsorben 15 g

Pada penggunaan adsorben rambut sebanyak 15 g, nilai TSS pada waktu kontak 30 menit sebesar 759,46 mg/L, menurun menjadi 685,87 mg/L pada 60 menit, dan 612,06 mg/L pada 90 menit. mengalami penurunan, nilai TSS pada berat 15 g tetap paling tinggi dibandingkan variasi berat lainnya. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan dosis adsorben yang terlalu besar tidak efektif menurunkan padatan tersuspensi, karena rambut yang berlebih justru berpotensi menambah partikel tersuspensi dalam limbah. Adriansyah et al (2019).

Secara keseluruhan, hasil pengujian parameter TSS menunjukkan bahwa pengolahan dengan adsorpsi

rambut manusia dan penambahan H₂O₂ sangat efektif menurunkan kadar TSS limbah oli mesin *clipper*, dengan efisiensi penurunan berkisar antara 76,85% hingga 89,82%. Kondisi paling optimal untuk penurunan TSS diperoleh pada berat adsorben 5 g, untuk kestabilan pH kondisi paling optimal diperoleh pada berat 10 g. Hal ini menunjukkan bahwa penentuan dosis adsorben perlu mempertimbangkan parameter yang menjadi prioritas dalam pengolahan.

SIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan nilai pH awal limbah sebesar 6,37 mengalami perubahan setelah

pengolahan. Kondisi paling mendekati netral diperoleh pada variasi 10 g dengan waktu kontak 30 menit yaitu pH 6,96 (efisiensi 9,26%), sedangkan berat 5 g cenderung menaikkan pH hingga bersifat basa (pH 8,48) dan berat 15 g menurunkan pH menjadi lebih asam (pH 6,14). Pada parameter *Total Suspended Solids* (TSS), nilai awal sebesar 3.282,08 mg/L mengalami penurunan yang signifikan setelah pengolahan, dengan hasil terendah pada berat 5 g waktu kontak 60 menit yaitu 334,16 mg/L (efisiensi 89,82%). Penambahan H₂O₂ berperan dalam proses oksidasi yang memengaruhi kestabilan pH limbah olahan.

Implikasi penting dari penelitian ini adalah perlunya pengendalian dosis adsorben secara cermat dalam penerapan pengolahan limbah oli mesin *clipper*. Penggunaan adsorben yang berlebihan tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik, karena dapat menggeser nilai pH limbah ke arah asam, sedangkan dosis yang terlalu kecil cenderung menjadikan limbah bersifat basa. Oleh sebab itu, penentuan dosis optimum menjadi salah satu kunci keberhasilan dalam menjaga kualitas pH limbah olahan agar tetap berada pada rentang yang aman bagi lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriansyah, E., Kasman, M., Prabasari, I. G., Permana, E., 2019a, Korelasi parameter pencemar fisika dan mikrobiologi dalam leachate dengan response surface methodology, *Jurnal Teknik Kimia*, 25(3) 86-89
- Adriansyah, E., Agustina, T. E., Rachman, S., 2019b. Leachate Treatment of TPA Talang Gulo, Jambi City by Fenton method and adsorption. *Indonesian Journal of Fundamental and Applied Chemistry*. 4(1). 20-24. DOI: [10.24845/ijfac.v4.i1.20](https://doi.org/10.24845/ijfac.v4.i1.20)
- Adriansyah, E., Marhadi, Herawati, P., Viareco, H., Sufra, R., Agustina, T. E., 2023, Advanced Treatment of Tofu Wastewater using Multilevel Filtration and TiO₂ Photocatalysis as Promising Approach for Effective Wastewater Remediation, *Jurnal Presipitasi: Media Komunikasi dan Pengembangan Teknik Lingkungan*, 20(3), 560-571
- Adriansyah, E., Syaiful, M., 2024. Korelasi Suhu, pH, TSS Terhadap Pengukuran Parameter Besi di Sumur Pantau TPA dengan Minitab 17®. *Jurnal Ilmiah Teknik dan Sains*, 2(1), 20-24. DOI: <https://doi.org/10.62278/jits.v2i1.30>
- Adriansyah, E., Viareco, H., Nalendra, B., Sufra, R., Suzana, A., Hadrah., Akbar, I. F., 2026a. Correlation of Temperature, pH and TSS Pollutant Parameters with BOD₅ and Ammonia Total at The Final Processing Site. *Journal of Environmental Engineering (Jurnal Teknik Lingkungan)*, 32(1), 1-10. <https://doi.org/10.5614/j.tl.2026.32.1.1%20>
- Adriansyah, E., Nalendra, B., Sufra, R., Putri, S. D. E., Syaiful, M., Setiawan, A., 2026b. Correlation between Pollutant Parameters Temperature, pH, and TSS with COD in Landfill. *AJARCODE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*, 10(1), 281-286.
- Cahyo, M., Putri, S., Dian, S., Aksaronas, Z., Thoriq, A., Adriansyah, E., Sufra, R., Setiawan, A., 2025. Solvothermal Development of Chitosan-Based Adsorbent for the Remediation of Nickel (II) Ions. *AJARCODE (Asian Journal of Applied Research for Community Development and Empowerment)*. 9(3). 398-403. DOI: [10.29165/ajarcde.v9i3.851](https://doi.org/10.29165/ajarcde.v9i3.851)
- Chenxi, Y., Jian, W., Haiou, Z., Tingting, C., Hang, Z., Jiawei, W., Bo, B., 2022. Novel fabrication of hydrophobic/oleophilic human hair fiber for efficient oil/water separation through one-pot dip-coating synthesis route. *Scientific Reports*. 12(1). 7632. DOI: [10.1038/s41598-022-11511-2](https://doi.org/10.1038/s41598-022-11511-2)
- Faujiah, I. N., Wahyuni, I. R., 2022. Kelimpahan dan Karakteristik Mikroplastik pada Air Minum serta Potensi Dampaknya terhadap Kesehatan Manusia. *Prosiding Seminar Nasional Kimia 2021: Gunung Djati Conference Series*, 7.
- Hasyim, U. H., 2016. Review: Kajian Adsorpsi Logam dalam Pelumas Bekas dan Prospek Pemanfaatannya Sebagai Bahan Bakar. *Jurnal Konversi*. 5(1). 11-15. DOI: [10.24853/konversi.5.1.11-16](https://doi.org/10.24853/konversi.5.1.11-16)
- Ifelebuegu, A. O., Nguyen, T., Ukotije-Ikwut, P., Momoh, Z., 2015, Liquid-phase sorption characteristics of human hair as a natural oil spill sorbent, *Journal of Environmental Chemical Engineering*, 3(2), 938-943, <https://doi.org/10.1016/j.jece.2015.02.015>
- Hidayat, A. R., Basyirun. 2020. Pengaruh Jenis Oli Bekas sebagai Bahan Bakar Kompor Pengecoran Logam Terhadap Waktu Konsumsi dan Suhu Maksimal pada Pembakaran, *Jurnal Dinamika Vokasional Teknik Mesin*, 5(2), 103-108
- Kohlmann, F. J., 2003. *What is pH and How is it Measured? A Technical Handbook for Industry*. Hach Company.
- Kusnadi, M. R., Gusniar, I. N., Kardiman, 2021, Rancang Bangun Alat Filterisasi Limbah Minyak Pelumas (Oli Bekas) Menggunakan Pasir Zeolit, Karbon Aktif dan Membran Keramik, *Jurnal Rekayasa Material, Manufaktur dan Energi*, 4(2), 99-107.
- Marius, D., Sanusi, Y., Usman, K. M., Abubakar, S., 2024. Effect of olive leaf extract on the physicochemical properties of bio-based hair clipper lubricating oil developed from Neem seed oil. *Cleaner Chemical Engineering*. 10(3). 100128. DOI: [10.1016/j.clce.2024.100128](https://doi.org/10.1016/j.clce.2024.100128)

- Perkasa, T. A. B., 2025. Pengolahan Air Limbah dengan Metode Fisika dan Kimia. *Pengelolaan Sampah Dan Limbah Cair*, Eureka Media Aksara
- Riztu, S., Pradita, N. A., Sufra, R., Adriansyah, Evans P. T. Z. L., Suzana, A., Satria, A. W., Sanjaya, A., 2024. Penurunan Kadar COD Air Limbah Domestik Menggunakan Fly Ash dengan Metode Adsorpsi. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*, 24(3), 2570-2574. DOI: 10.33087/jiubj.v24i3.5677
- Sumasto, F., Imansuri, F., Purwojatmiko, B. Aminudin, M., Saputra, A., 2024. Peningkatan Efisiensi Bisnis: Sosialisasi Teknologi Cloud Untuk Pengelolaan Persediaan Bengkel Motor. *Diseminasi: Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*. 6(1). 59-66. DOI:[10.33830/diseminasiabdimas.v6i1.6591](https://doi.org/10.33830/diseminasiabdimas.v6i1.6591)