

ANALISIS EFEKTIVITAS KINERJA SEPARATOR PADA UNIT PENGOLAHAN LIMBAH (UPL) 1 PGT REJOWINANGUN TRENGGALEK

Atma Gusti Amanda Putri¹, Prayitno¹, Andik Iswarayudha²

¹Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang, Jl. Soekarno Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

²PGT Rejowinangun Trenggalek, Jl. Kanjeng Jimat No. 1, Trenggalek 66316, Indonesia

amandaputri516@gmail.com ; [prayitno@polinema.ac.id]

ABSTRAK

Pada industri gondorukem dan terpentin menghasilkan air limbah yang mengandung jonjot dan minyak terpentin terlarut. Pada tahap awal pengolahan air limbah di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), air limbah diolah dalam suatu *separator* guna memisahkan jonjot dan minyak terpentin dari air limbah. Namun demikian, proses pemisahan dalam separator masih belum efektif sehingga *effluent separator* masih memiliki kandungan minyak terpentin tinggi, dimana kondisi demikian mengakibatkan gangguan dan penurunan kualitas kinerja IPAL. Oleh karena itu, diperlukan proses *pre-treatment* sebelum *separator* melalui penggunaan proses demulsifikasi. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh kecepatan pengadukan dan dosis *demulsifier* pada proses demulsifikasi terhadap efektifitas kinerja *separator*. Penelitian dilakukan menggunakan alat *aeration apparatus* dengan variasi kecepatan pengadukan serta penambahan dosis *demulsifier*. Variabel yang digunakan adalah kecepatan pengadukan pada 787 rpm, 905 rpm, dan 1088 rpm, dan dosis *demulsifier* 1000 ppm, 2000 ppm, dan 3000 ppm. Parameter yang diuji adalah *Total Suspended Solid* (TSS), *Non-volatile* (NV), dan *Dissolved Oxygen* (DO). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada kecepatan 787 rpm, dan dosis *demulsifier* 2000 ppm mampu menurunkan kadar *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 88,43%. Sedangkan pengadukan 1088 rpm dan dosis *demulsifier* sebesar 3000 ppm mampu menurunkan konsentrasi *Non-volatile* (NV), dan *Dissolved Oxygen* (DO) masing-masing sebesar 35% dan 61,76%. Kombinasi kecepatan pengadukan 1088 rpm dengan dosis *demulsifier* 3000 ppm memberikan hasil terbaik secara keseluruhan dalam proses demulsifikasi.

Kata kunci: air limbah, demulsifikasi, dosis, minyak terlarut, pengadukan

ABSTRACT

The rosin and turpentine industry produces wastewater containing fibrous impurities (jonjot) and dissolved turpentine oil. In the initial stage of treatment at the Wastewater Treatment Plant (WWTP), a separator unit is employed to remove these contaminants. However, the current separation process remains ineffective, as the separator effluent still contains high concentrations of dissolved turpentine oil, which disrupts the subsequent biological treatment processes and decreases the overall performance of the WWTP. To address this issue, a pre-treatment process utilizing chemical demulsification is proposed. This study aims to evaluate the influence of agitation speed and demulsifier dosage on the effectiveness of the demulsification process as a pre-treatment method. The experiment was conducted using an aeration apparatus under varied stirring speeds (787 rpm, 905 rpm, and 1088 rpm) and demulsifier concentrations (1000 ppm, 2000 ppm, and 3000 ppm). The parameters evaluated were *Total Suspended Solids* (TSS), *Non-volatile* content (NV), and *Dissolved Oxygen* (DO). The results showed that a stirring speed of 787 rpm combined with a demulsifier dosage of 2000 ppm achieved the highest *Total Suspended Solids* (TSS) removal efficiency of 88.43%. Meanwhile, agitation at 1088 rpm with 3000 ppm demulsifier reduced *Non-volatile* content (NV) and *Dissolved Oxygen* (DO) concentrations by 35% and 61.76%,

Corresponding author: Prayitno

Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang

Jl. Soekarno-Hatta No. 9, Malang 65141, Indonesia

E-mail: prayitno@polinema.ac.id



respectively. Overall, the combination of 1088 rpm agitation speed and 3000 ppm demulsifier dosage was identified as the most effective configuration for improving the demulsification process, thus enhancing separator performance in the treatment of wastewater from the rosin and turpentine industry.

Keywords: waste water, demulsification, dosage, dissolved oil, stirring

1. PENDAHULUAN

Pabrik Gondorukem dan Terpentin Rejowinangun merupakan unit produksi di bawah Perum Perhutani melalui KBM IHHBK Jawa Timur Divisi Komersial HHBK yang mengolah hasil hutan bukan kayu yaitu getah pinus menjadi produk gondorukem dan terpentin [1]. Gondorukem dan terpentin diperoleh melalui proses distilasi getah pohon *Pinus merkusii* [2, 3]. Pengolahan getah pinus terdiri atas dua tahap utama, yaitu pemurnian dan pemasakan (distilasi) [4]. Tahap pemurnian dimulai dengan peleburan 2500 kg getah pada suhu 70–80°C dalam tangki *melter* dengan penambahan 900–1100 L terpentin (hasil *recycle*) per *batch* untuk menurunkan viskositas. Selanjutnya, larutan dipindahkan ke tangki *mixer* dan dicampur dengan asam oksalat sebagai agen pengikat untuk mengurangi *impurities* dan mengendapkan ion Fe guna menjaga kestabilan larutan dan mencegah korosi [5]. Selanjutnya, larutan dicuci dengan air dalam tangki *scrubber* guna menghilangkan sisa kotoran sebelum masuk tahap pemasakan. Setiap tahapan pemurnian getah pada tangki *melter*, *mixer*, dan *scrubber* melibatkan proses pengendapan selama 5–10 menit untuk memisahkan air limbah dari larutan getah, yang kemudian dialirkan ke tahap distilasi, sementara air limbah dialirkan ke Unit Pengolahan Limbah (UPL) 1 [6]. Limbah yang dihasilkan berupa campuran air, jonjot, dan minyak terpentin [7], dan selanjutnya dipisahkan menggunakan alat *separator* berdasarkan perbedaan berat jenis, di mana minyak akan mengapung dan air berada di bawah [8]. Minyak terpentin yang terpisah ditampung di UPL 2 untuk didaur ulang, sedangkan air limbah diteruskan ke UPL 3 dan kemudian diproses lebih lanjut di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) melalui penetrasi dan penyaringan agar sesuai standar lingkungan. Namun, permasalahan utama yang dihadapi adalah proses pemisahan dengan *separator* belum optimal, terbukti dengan masih adanya minyak terpentin yang terlarut dalam air limbah. Hal ini berisiko mencemari lingkungan karena minyak terpentin dalam air limbah dapat meningkatkan nilai BOD dan COD, mengganggu ekosistem perairan, serta menimbulkan efek toksik seperti risiko karsinogenik, mutagenik, dan penghambatan pertumbuhan tanaman [9]. Oleh karena itu, diperlukan penelitian lebih lanjut untuk meningkatkan efektivitas proses pemisahan dan pengolahan air limbah.

Widyastuti (2024), pada pengolahan limbah cair di PT Inhutani V Trenggalek menggunakan metode demulsifikasi menggunakan alat *jar test* menunjukkan hasil yang paling efektif ketika *demulsifier* ditambahkan sebanyak 20% (v/v) dan dilakukan pengadukan cepat pada 115 rpm, serta pengadukan lambat dengan kecepatan 25 rpm. Kondisi ini menghasilkan penurunan optimal pada parameter *turbidity* sebesar 44,51%, *Total Suspended Solid* (TSS) sebesar 16%, dan kadar *Non-volatile* (NV) sebesar 48,11%. Sedangkan penurunan *Biological Oxygen Demand* (BOD) yang paling signifikan sebesar 29,67%, dicapai pada penggunaan *demulsifier* Phasetreat 14750 dengan konsentrasi 15% (v/v) [10].

Alkhazraji dan Ali (2021) dalam *Journal of Engineering and Sustainable Development* meneliti pengaruh dosis koagulan *ferric sulfate* dan *flocculant polyacrylamide* terhadap pengolahan limbah cair berminyak menggunakan metode *jar test*. Menunjukkan hasil bahwa

dosis optimal *ferric sulfate* 20 ppm dan *polyacrylamide* 3 ppm menghasilkan penurunan *turbidity* dari 187 NTU menjadi 8,5 NTU, serta penurunan kadar minyak dari 288 ppm menjadi 14,4 ppm [11].

Berdasarkan studi terdahulu, penelitian ini bertujuan untuk menurunkan kandungan minyak terlarut dalam air limbah Pabrik Gondorukem dan Terpentin Rejowinangun. Analisis difokuskan pada evaluasi pengaruh variasi dosis *demulsifier* serta variasi kecepatan pengadukan pada alat *aeration apparatus* terhadap efektivitas proses demulsifikasi dalam memisahkan minyak terlarut. Hasil dari proses ini diharapkan dapat menghasilkan limbah cair yang memenuhi standar baku mutu lingkungan, dengan mengacu pada parameter *Total Suspended Solid* (TSS), *Non-volatile* (NV), dan *Dissolved Oxygen* (DO).

2. METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimental kuantitatif dengan percobaan pada skala laboratorium yang dilakukan di Laboratorium Pengolahan Air Limbah, Jurusan Teknik Kimia, Politeknik Negeri Malang. Tahapan penelitian dilakukan dengan pengambilan sampel air limbah, proses demulsifikasi, dan pengujian sampel. Sampel air limbah diambil dari bak Unit Pengolahan Limbah (UPL) 1 Pabrik Gondorukem dan Terpenin Rejowinangun Trenggalek. Penelitian dilakukan secara *batch* dengan menggunakan alat *aeration apparatus*. Parameter yang diuji pada sampel air limbah meliputi uji *Total Suspended Solid* (TSS), uji *Non-volatile* (NV), dan uji *Dissolved Oxygen* (DO).

2.1. Metode Demulsifikasi

Tahapan demulsifikasi dalam penelitian ini menggunakan alat *aeration apparatus* sebagai media untuk proses pengadukan dan aerasi air limbah, sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Peralatan Percobaan (Unit *Aeration Apparatus*)

Proses diawali dengan mengukur volume air limbah sebanyak 5 liter, kemudian dimasukkan ke dalam peralatan *aeration apparatus*. Detergen sebagai *demulsifier*

ditambahkan sesuai dosis yang telah ditentukan yaitu 1000 ppm, 2000 ppm, dan 3000 ppm dilanjutkan dengan pengadukan menggunakan *agitator* selama 1 menit pada kecepatan 787 rpm, 905 rpm, dan 1088 rpm. Setelah pengadukan, *agitator* dimatikan dan proses aerasi dilakukan dengan mengatur laju alir *aerator* sebesar 1 L/menit selama 5 menit. Selanjutnya, air limbah dilakukan pengendapan selama 10 menit untuk memisahkan minyak dan kotoran yang terpisah dari air limbah. Dilakukan sampling dari titik tengah larutan hasil demulsifikasi dan dilakukan analisis.

2.2. Analisis Total Suspended Solid (TSS)

Analisis sampel *Total Suspended Solid* (TSS) dilakukan sesuai dengan SNI 06-6989.3-2004 dengan metode gravimetri. Metode ini didasarkan pada prinsip bahwa sampel uji yang telah dihomogenkan disaring menggunakan kertas saring yang telah ditimbang sebelumnya. Residu yang tertahan pada kertas saring kemudian dikeringkan pada suhu 103–105°C hingga mencapai berat konstan. Kenaikan berat saringan mewakili *Total Suspended Solid* (TSS) [12].

$$\text{TSS } \left(\frac{\text{mg}}{\text{L}} \right) = \frac{(W_1 - W_0)}{V} \times 1000 \quad (1)$$

Keterangan:

W_1 : berat kertas saring dan residu zat endapan setelah pemanasan (mg)

W_0 : berat kertas saring kosong setelah pemanasan (mg)

V : volume sampel (mL)

1000 : konversi dari mL ke liter

2.3. Analisis Non-volatile (NV)

Pengujian kandungan *Non-volatile* (NV) dilakukan guna menentukan konsentrasi komponen yang tidak menguap, dengan merujuk pada standar SNI 7633:2020. Uji ini bertujuan untuk mengukur kadar residu non-volatile dalam air limbah, seperti logam berat, mineral, dan partikel padat, yang tersisa setelah proses pemanasan hingga air menguap sepenuhnya. Tahapan pengujian meliputi penguapan sampel air limbah hingga kering dan penimbangan residu yang tertinggal. Evaluasi terhadap kandungan *Non-volatile* (NV) memiliki peran penting dalam menilai kualitas air limbah serta mengidentifikasi potensi dampaknya terhadap lingkungan. Selain itu, pengujian ini juga bertujuan untuk memastikan bahwa karakteristik air limbah memenuhi standar mutu yang telah ditetapkan dalam proses pengolahan limbah cair. Penentuan kadar *Non-volatile* (NV) dilakukan berdasarkan metode yang diacu dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 7633:2020. [13].

$$\text{NV}(\%) = \frac{W_2 - W_0}{W_1 - W_0} \times 100\% \quad (2)$$

Keterangan:

W_0 : bobot cawan porselen kosong (g)

W_1 : bobot sampel + cawan porselen kosong (g)

W_2 : bobot sisa penguapan + cawan porselen kosong (g)

2.4. Analisis *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengukuran kadar *Dissolved Oxygen* (DO) bertujuan untuk menentukan konsentrasi oksigen yang tersedia dalam air, yang berperan penting dalam mendukung proses respirasi dan kelangsungan hidup organisme akuatik [14]. Pengukuran *Dissolved Oxygen* (DO) dilakukan menggunakan metode elektrokimia menggunakan alat DO meter HI98192. Prosedur pengukuran diawali dengan mengaktifkan alat melalui tombol daya hingga layar menampilkan angka awal. Sebelum probe dimasukkan ke dalam sampel, layar alat harus menunjukkan nilai 0,0 mg/L. Selanjutnya, probe dimasukkan ke dalam sampel air hingga nilai *Dissolved Oxygen* (DO) yang terbaca stabil [15]. Oksigen berperan sebagai salah satu faktor pembatas dalam ekosistem perairan. Ketidakcukupan oksigen terlarut dapat menghambat aktivitas biologis, menurunkan laju pertumbuhan organisme akuatik, dan dalam kondisi tertentu, berpotensi menyebabkan kematian biota perairan [16].

2.5. Perhitungan Efektifitas Pengolahan

Perhitungan hasil pengolahan ditiap parameter akan dibandingkan dengan sampel sebelum pengolahan untuk mengetahui efektivitas dari pengolahan yang telah dilakukan. Persentase penurunan kadar *Total Suspended Solid* (TSS), *Non-volatile* (NV), dan *Dissolved Oxygen* (DO) dihitung menggunakan persamaan 3 [17].

$$\text{Efektifitas pengolahan}(\%) = \frac{C_0 - C_1}{C_0} \times 100\% \quad (3)$$

Keterangan:

C_0 : Konsentrasi sebelum pengolahan (mg/L)

C_1 : Konsentrasi setelah pengolahan (mg/L)

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Demulsifikasi adalah proses pemisahan dua fase yang sebelumnya teremulsi, seperti air dan minyak [18]. Emulsi minyak dan air dapat terbentuk karena adanya pengadukan cepat dan pemanasan selama proses di dalam tangki. Pengadukan dengan kecepatan tinggi meningkatkan homogenitas campuran, sementara pemanasan menurunkan viskositas cairan, mempermudah pembentukan emulsi yang stabil [19]. Proses demulsifikasi bertujuan untuk memecah stabilitas emulsi sehingga dua fase tersebut dapat dipisahkan kembali [20]. Pada industri terpentin, minyak yang terlarut dalam limbah sering kali mengandung senyawa yang dapat mencemari lingkungan dan berdampak negatif pada ekosistem akuatik dan kualitas tanah [21].

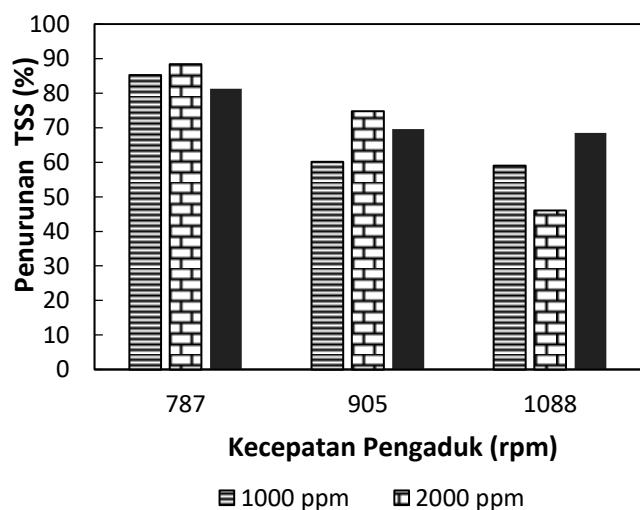
Penggunaan detergen sebagai *demulsifier* dalam pengolahan air limbah berminyak didasarkan pada kemampuannya menurunkan tegangan antarmuka antara minyak dan air. Detergen merupakan senyawa amfipatik yang terdiri dari gugus hidrofilik dan hidrofobik, sehingga dapat berinteraksi dengan kedua fasa. Gugus hidrofobik berikatan dengan minyak, sementara gugus hidrofilik berinteraksi dengan air, yang menyebabkan minyak terdispersi menjadi partikel-partikel kecil dalam air [22]. Proses ini membentuk emulsi yang lebih stabil dan mendukung pemisahan minyak secara lebih efisien selama tahap pengolahan limbah. Dengan demikian, penambahan detergen dapat meningkatkan efisiensi pemisahan minyak dan lemak dalam sistem pengolahan air limbah [23]. Sebagai lanjutan dari proses pemisahan emulsi, pengadukan memainkan peran penting dalam mempercepat proses demulsifikasi

emulsi minyak dalam air. Proses ini bekerja dengan memfasilitasi tumbukan antar tetesan minyak, yang menyebabkan tetesan-tetesan tersebut bergabung (koalesensi), sehingga ukurannya membesar dan memudahkan pemisahan dari fase air [24]. Namun demikian, perlu diperhatikan bahwa jika kecepatan pengadukan terlalu tinggi, hal ini justru dapat menyebabkan re-emulsifikasi. Re-emulsifikasi terjadi akibat rusaknya struktur emulsi awal secara mekanis, yang menghambat proses pemisahan dan dapat memperburuk kestabilan emulsi tersebut [19].

Salah satu metode yang digunakan untuk meningkatkan efisiensi proses demulsifikasi adalah penerapan aerasi, di mana udara atau oksigen dipompakan ke dalam sistem untuk mempercepat pemisahan fasa minyak dan air. Aerasi berfungsi meningkatkan kontak antar fasa serta menyediakan energi kinetik yang dapat mengganggu kestabilan emulsi [25]. Penggunaan alat aerasi mampu meningkatkan efisiensi pemisahan emulsi minyak-air, baik pada pengolahan air limbah industri maupun air yang tercemar minyak, karena aerasi dapat memfasilitasi oksidasi, koalesensi partikel minyak, dan percepatan reaksi pemisahan [26].

3.1. Efektivitas Pengolahan Berdasarkan Nilai *Total Suspended Solid* (TSS)

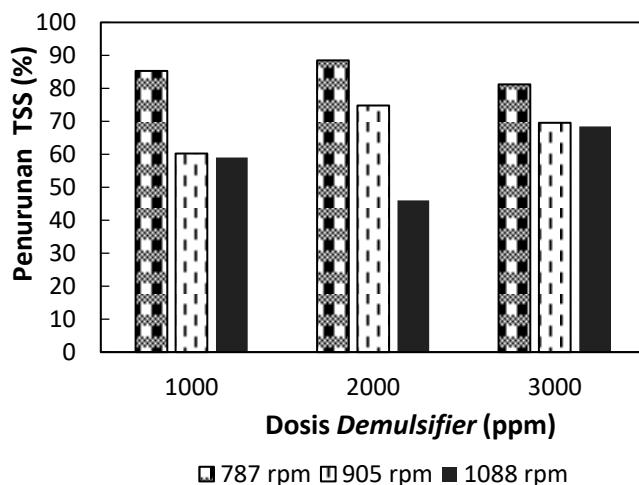
Total Suspended Solid (TSS) merujuk pada massa partikel padat tersuspensi dalam air yang tidak dapat larut, yang dinyatakan dalam satuan mg/L setelah proses filtrasi menggunakan membran berpori 0,45 mikron [27]. Tingginya konsentrasi *Total Suspended Solid* (TSS) menyebabkan kekeruhan air, yang menghambat penetrasi cahaya matahari ke dalam perairan. Hal ini mengganggu proses fotosintesis organisme akuatik seperti fitoplankton, yang pada akhirnya menurunkan kadar oksigen terlarut dan mengganggu keseimbangan ekosistem perairan [28].



Gambar 1. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS)
Sampel Air Limbah Tangki Separator Setelah Proses Demulsifikasi

Gambar 1 menunjukkan pengaruh variasi kecepatan pengadukan terhadap penurunan *Total Suspended Solid* (TSS). Secara umum, grafik memperlihatkan bahwa peningkatan kecepatan pengadukan memberikan pengaruh yang nyata terhadap efisiensi penurunan *Total Suspended Solid* (TSS). Gambar 1 menunjukkan bahwa terjadi penurunan yang signifikan, terutama pada kecepatan pengadukan tertentu. Pengadukan

pada 787 rpm menunjukkan hasil penurunan kandungan *Total Suspended Solid* (TSS) paling optimal dibandingkan dengan sampel pada kecepatan pengadukan 905 rpm dan 1088 rpm. Pada kecepatan 787 rpm, penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) mencapai nilai tertinggi di semua dosis *demulsifier*, yaitu 85,23% (1000 ppm), 88,43% (2000 ppm), dan 81,23% (3000 ppm). Namun, saat kecepatan dinaikkan menjadi 905 rpm, terjadi penurunan efisiensi pada sebagian besar dosis, kecuali pada 2000 ppm yang masih memberikan hasil cukup tinggi (74,76%). Kecepatan 1088 rpm justru menghasilkan penurunan TSS yang lebih rendah dan fluktuatif, dengan nilai terendah pada dosis 2000 ppm (46,08%). Fenomena ini sejalan dengan temuan Yulianti (2019), yang menyatakan bahwa kecepatan pengadukan yang terlalu tinggi dapat merusak struktur emulsi, menurunkan kestabilannya, dan meningkatkan kadar *Total Suspended Solids* (TSS) [29]. Efektivitas *Total Suspended Solid* (TSS) yang melebihi 50% mengindikasikan bahwa proses pengolahan limbah telah berjalan secara baik [30].



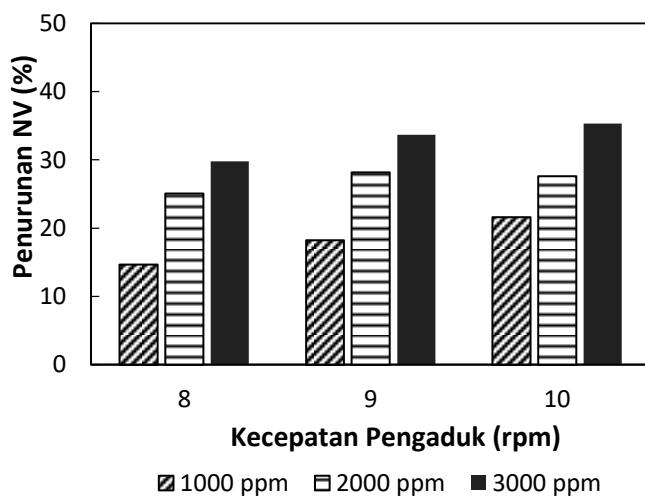
Gambar 2. Pengaruh Dosis *Demulsifier* Terhadap *Total Suspended Solid* (TSS) Sampel Air Limbah Tangki *Separator* Setelah Proses Demulsifikasi

Gambar 2 menunjukkan pengaruh dosis *demulsifier* terhadap *Total Suspended Solid* (TSS). Grafik memperlihatkan hasil bahwa dosis *demulsifier* 2000 ppm memberikan penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) tertinggi pada kecepatan 787 rpm, yaitu 88,43%. Sementara pada dosis 1000 ppm dan 3000 ppm, meskipun cukup efektif di kecepatan 787 rpm, namun mengalami penurunan kinerja signifikan di kecepatan lainnya. Dosis 3000 ppm tidak menunjukkan perbaikan efisiensi yang berarti dibandingkan dosis 2000 ppm, bahkan pada kecepatan 905 rpm dan 1088 rpm cenderung menurun. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan *demulsifier* secara berlebihan tidak selalu memberikan hasil yang lebih baik. Dosis yang terlalu tinggi dapat menyebabkan efek jenuh atau bahkan mengganggu stabilitas sistem, akibat kelebihan molekul aktif permukaan yang tidak terserap optimal [31].

3.2. Efektivitas Pengolahan Berdasarkan Nilai *Non-volatile* (NV)

Analisis kandungan *non-volatile* dalam air limbah dari industri terpentin merupakan indikator penting dalam mengevaluasi keberhasilan proses pemisahan minyak terlarut.

Salah satu teknik analisis yang umum digunakan adalah metode gravimetri, yang melibatkan penguapan sampel air limbah untuk menentukan massa residu yang tidak menguap. Rosalinda dan Sumirat (2024) di Pabrik Gondorukem dan Terpentin (PGT) Sindangwangi, Jawa Barat, mengungkapkan bahwa kandungan *non-volatile* dalam minyak terpentin dapat diidentifikasi melalui karakterisasi kimia serta evaluasi kualitas senyawanya [3].

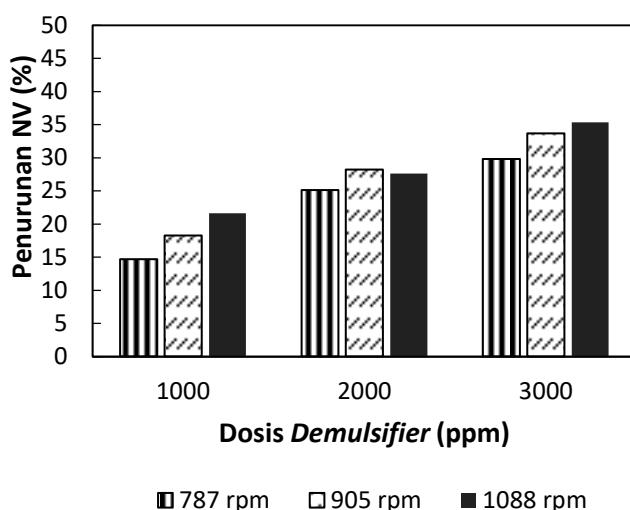


Gambar 3. Pengaruh Kecepatan Pengadukan Terhadap *Non-Volatile* (NV) Sampel Air Limbah Tangki Separator Setelah Proses Demulsifikasi

Gambar 3 menunjukkan peningkatan kecepatan pengadukan memberikan pengaruh signifikan terhadap efektivitas proses demulsifikasi. Grafik menunjukkan bahwa pada setiap dosis *demulsifier* yang digunakan (1000, 2000, dan 3000 ppm), penurunan nilai *Non-volatile* (%) cenderung meningkat seiring bertambahnya kecepatan pengadukan dari 787 rpm ke 1088 rpm. Hal ini mengindikasikan bahwa kecepatan pengadukan yang lebih tinggi mampu meningkatkan distribusi *demulsifier* dalam sistem, serta mempercepat tumbukan antar tetesan, yang memfasilitasi koalesensi dan pemisahan fasa. Hasil terbaik diperoleh pada kecepatan pengadukan 1088 rpm dengan dosis 3000 ppm, menghasilkan penurunan *Non-volatile* (NV) sebesar 35%, tertinggi di antara seluruh kombinasi yang diuji. Hariyatno dkk. (2021), yang menunjukkan bahwa peningkatan intensitas pengadukan dapat mempercepat pemisahan emulsi minyak-air hingga batas tertentu sebelum terjadi *over-shearing* yang justru dapat menstabilkan emulsi kembali [32].

Pengaruh dosis *demulsifier* terhadap penurunan nilai *Non-volatile* (NV) yang terlihat pada Gambar 4 menunjukkan peningkatan dosis *demulsifier* dari 1000 ppm hingga 3000 ppm menunjukkan tren peningkatan efisiensi pemisahan emulsi, yang ditunjukkan oleh peningkatan penurunan *Non-volatile* (%). Pada dosis 1000 ppm, penurunan *Non-volatile* (NV) berkisar antara 15%–22%, sedangkan pada dosis 3000 ppm meningkat signifikan menjadi 30%–35%. Hasil terbaik dicapai pada dosis 3000 ppm, menunjukkan bahwa konsentrasi *demulsifier* yang lebih tinggi meningkatkan kemampuan untuk menurunkan kestabilan emulsi dan mempercepat pemisahan fasa. Huang dkk. (2019), menyatakan

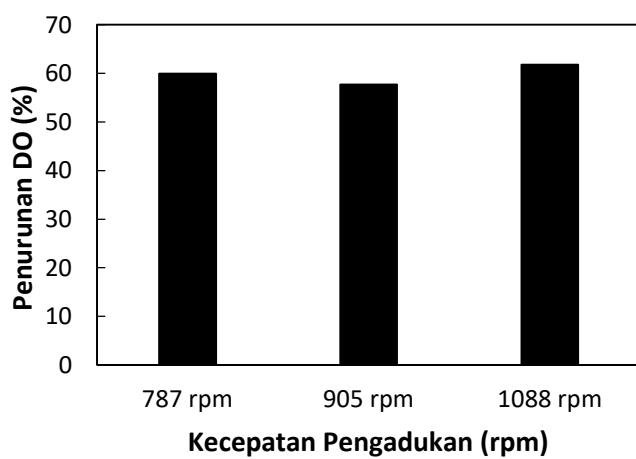
bahwa peningkatan dosis *demulsifier* memperbesar jumlah molekul aktif di antarmuka minyak-air, sehingga memecah emulsi lebih efektif [33].



Gambar 4. Pengaruh Dosis *Demulsifier* Terhadap *Non-volatile* (NV) Sampel Air Limbah Tangki *Separator* Setelah Proses Demulsifikasi

3.3. Efektivitas Pengolahan Berdasarkan Nilai *Dissolved Oxygen* (DO)

Pengaruh proses demulsifikasi terhadap kualitas air limbah tidak hanya ditunjukkan oleh penurunan padatan tersuspensi, tetapi juga oleh perubahan nilai *Dissolved Oxygen* (DO). Oleh karena itu, pengukuran DO dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas proses demulsifikasi pada berbagai kecepatan pengadukan.



Gambar 5. Pengaruh Proses Demulsifikasi Terhadap *Dissolved Oxygen* (DO) Sampel Air Limbah Tangki *Separator* Setelah Proses Demulsifikasi

Berdasarkan Gambar 5, penambahan *demulsifier* 3000 ppm dalam proses demulsifikasi menurunkan nilai *Non-volatile* (NV) secara signifikan pada berbagai kecepatan pengadukan, yang kemudian diuji pada parameter *Dissolved Oxygen* (DO). Penurunan *Dissolved Oxygen* (DO) tertinggi terjadi pada kecepatan pengadukan 1088 rpm dengan efisiensi 61,76%, diikuti kecepatan 787 rpm sebesar 59,94%, dan kecepatan 905

rpm sebesar 57,70%. Ini menunjukkan bahwa kecepatan pengadukan berpengaruh langsung pada efektivitas demulsifikasi. Kecepatan pengadukan yang lebih tinggi meningkatkan kontak antara minyak, air, dan *demulsifier* sehingga mempercepat koalesensi tetesan minyak dan pemisahan fasa. Penurunan *Dissolved Oxygen* (DO) juga menandakan pengurangan senyawa organik dan emulsi secara signifikan, karena zat-zat ini menaikkan kadar oksigen terlarut akibat aktivitas mikroorganisme. Sugih dkk. (2021) mendukung hal ini dengan menunjukkan bahwa *demulsifier* menurunkan zat organik dalam air limbah lewat pemisahan fasa minyak-air yang lebih efisien [34]. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa kecepatan pengadukan yang optimal dan penggunaan detergen sebagai *demulsifier* sangat berperan dalam meningkatkan efisiensi proses pemisahan serta mengurangi kontaminan organik yang tercermin dari nilai *Dissolved Oxygen* (DO).

4. KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil analisis parameter *Total Suspended Solid* (TSS), *Non-volatile* (NV), dan *Dissolved Oxygen* (DO), kombinasi kecepatan pengadukan 1088 rpm dan dosis *demulsifier* 3000 ppm merupakan yang paling efektif secara keseluruhan. Kombinasi ini menghasilkan penurunan tertinggi pada nilai *Non-volatile* (35%) dan *Dissolved Oxygen* (61,76%), yang menunjukkan keberhasilan proses pemisahan fasa dan pengurangan senyawa organik dalam limbah. Meskipun penurunan *Total Suspended Solid* (TSS) tertinggi dicapai pada kecepatan 787 rpm dan dosis 2000 ppm (88,43%), kombinasi kecepatan 1088 rpm dan 3000 ppm tetap menunjukkan kinerja yang baik secara menyeluruh.

Hal yang dapat disarankan untuk penelitian selanjutnya adalah mengeksplorasi penggunaan variasi jenis *demulsifier* dan modifikasi alat pengaduk untuk mengidentifikasi kombinasi yang paling efektif dalam meningkatkan efisiensi demulsifikasi minyak yang terlarut dalam air limbah industri gondorukem dan terpentin.

REFERENSI

- [1] A. Nurmaydha, S. Wijana, dan P. Deoranto, "Analisis Produktivitas Pada Bagian Produksi Gondorukem dan Terpentin Menggunakan Metode Objective Matrix (OMAX)," *Agroindustrial Technology Journal*, vol. 01, no. 1, hal. 42–54, 2017.
- [2] R. A. N. Hidayat, S. Nugroho, H. Dewajani, dan A. Yuni, "Peningkatan Kualitas Gondorukem Dengan Penambahan Chelating Agent dan Adsorben Pada Proses Pengolahan Getah Karet (*Pinus Merkusii*) di PT Perhutani Anugerah Kimia," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 7, no. 2, hal. 390–399, 2023.
- [3] S. Rosalinda dan R. Sumirat, "Analisis Minyak Terpentin Hasil Penyulingan di Pabrik Gondorukem dan Terpentin Sindangwangi," *Metana: Media Komunikasi Rekayasa Proses dan Teknologi Tepat Guna*, vol. 20, no. 1, hal. 49–56, 2024.
- [4] W. A. S. Wahyuningsih, H. Dewajani, dan E. D. P. Prasetya, "Pengaruh Konsentrasi Terpentin Pada Proses Pemurnian Getah Pinus (*P. merkusii*) Terhadap Kualitas Gum Rosin," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 10, no. 4, hal. 902–914, 2024.
- [5] J. J. W. Coppen dan G. A. Hone, *Gum Naval Stores: Turpentine and Rosin from Pine Pine Resin*. 1995.
- [6] A. T. Pasetia, S. D. Nurkhasanah, dan H. P. Sudarminto, "Proses Pengolahan dan

- Analisa Air Limbah Industri di Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL)," *DISTILAT: Jurnal Teknologi Separasi*, vol. 6, no. 2, hal. 491–498, 2020.
- [7] Z. H. Mindandi dan I. Irwan, "Work Accident Reduction Strategies With Job Safety Analysis at the Gum Rosin and Turpentine Factory," *Teknoin*, vol. 28, no. 01, hal. 20–29, 2023.
- [8] T. Santiko, A. A. Tazani, dan K. Wanto, "Analisis Kandungan Minyak Pada Oil Water Separator di MT. Ontari," *Jurnal Sains Dan Teknologi Maritim*, vol. 20, no. 2, hal. 119, 2020.
- [9] K. Abuhasel, M. Kchaou, M. Alquraish, Y. Munusamy, dan Y. T. Jeng, "Oily Wastewater Treatment: Overview of Conventional and Modern Methods, Challenges, and Future Opportunities," *Water*, vol. 13, no. 980, 2021.
- [10] E. D. Widayastuti, "Analisis Proses Demulsifikasi Minyak Terlarut Pada Limbah Cair PT Inhuiani V Trenggalek," *Politeknik Negeri Malang*, 2024.
- [11] H. A. Jabbar dan M. J. Alatabe, "Coagulation/Flocculation Process For Oily Wastewater Treatment," *Journal of Engineering and Sustainable Development*, vol. 25, no. Special, hal. 3-68-3–76, 2021.
- [12] L. Maslukah, M. Zainuri, dan G. T.K, "Sebaran Konsentrasi Fosfat dan Total Suspended Solid Berdasarkan Pasang Surut di Perairan Muara Sungai Cilauteureun, Garut," *Jurnal Oseanografi*, vol. 5, no. 3, hal. 325–333, 2016.
- [13] SNI 7633:2020, "Minyak Terpentin," *Badan Standardisasi Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan*, hal. 7, 2020.
- [14] H. R. Pour, N. Mirghaffari, M. Marzban, dan A. Marzban, "Determination of Biochemical Oxygen Demand (BOD) Without Nitrification and Mineral Oxidant Bacteria Interferences by Carbonate Turbidimetry," *Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences*, vol. 5, no. 5, hal. 90–95, 2014.
- [15] R. S. Afwa, M. Rudolf Muskananfola, A. Rahman, Suryanti, dan A. Sabdaningsih, "Analysis of the Load and Status of Organic Matter Pollution in Beringin River Semarang," *Indonesian Journal of Chemical Science*, vol. 10, no. 3, hal. 169–178, 2021.
- [16] F. Nurbaya, Y. F. Oktavia, dan S. A. Johar, "Kualitas Air Sungai di Wilayah Kabupaten Jawa Tengah," *Media Karya Kesehatan*, vol. 7, no. 2, hal. 268–287, 2024.
- [17] H. H. Shobriyah, R. D. Afriansa, dan T. N. Pramestyawati, "Efisiensi Penurunan Nilai BOD, COD, dan TSS oleh Instalasi Pengolahan Air Limbah PT. Indah Kiat Pulp And Paper Tbk Tangerang Mill," *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*, vol. 1, no. 3, hal. 313–320, 2022.
- [18] M. M. Abdulredha, S. A. Hussain, dan C. A. Luqman, "Overview on Petroleum Emulsions, Formation, Influence and Demulsification Treatment Techniques," *Arabian Journal of Chemistry*, vol. 13, no. 1, hal. 3403–3428, 2020.
- [19] K. S. Denni dan R. S. D. Lestari, "Pengaruh Waktu Dan Kecepatan Pengadukan Terhadap Emulsi Minyak Biji Matahari (*Helianthus annuus L.*) dan Air," *Jurnal Integrasi Proses*, vol. 5, no. 3, hal. 155–159, 2015.
- [20] R. Zolfaghari, A. Fakhru'l-Razi, L. C. Abdullah, S. S. E. H. Elnashaie, dan A. Pendashteh, "Demulsification Techniques of Water-In-Oil and Oil-In-Water Emulsions in Petroleum Industry," *Separation and Purification Technology*, vol. 170, hal. 377–407, 2016.
- [21] A. M. Al-Sabagh, N. G. Kandile, dan M. R. N. El-Din, "Functions of Demulsifiers in the

- Petroleum Industry," *Separation Science and Technology*, vol. 46, no. 7, hal. 1144–1163, 2011.
- [22] G. J. Hirasaki, C. A. Miller, O. G. Raney, M. K. Poindexter, D. T. Nguyen, dan J. Hera, "Separation of Produced Emulsions from Surfactant Enhanced Oil Recovery Processes," *Energy and Fuels*, vol. 25, no. 2, hal. 555–561, 2011.
- [23] O. Okoro, M. Solliec, I. Papineau, L. Fradette, dan B. Barbeau, "Contribution of Surfactants and Micelles to Contamination and Treatability of Crude Oil-Contaminated Surface Water," *Journal of Environmental Chemical Engineering*, vol. 9, no. 6, hal. 106, 2021.
- [24] S. Ahmadi, A. Khormali, dan A. Razmjooie, "Experimental Investigation on Separation of Water in Crude Oil Emulsions Using an Oil-Soluble Demulsifier" *Iran. J. Chem. Chem. Eng. Research Article Vol*, vol. 42, no. 7, hal. 2332–2343, 2023.
- [25] T. Erfando, I. Khalid, dan R. Safitri, "Studi Laboratorium Pembuatan Demulsifier dari Minyak Kelapa dan Lemon untuk Minyak Kelapa dan Lemon untuk Minyak Bumi pada Lapangan x di Provinsi Riau," *Teknik*, vol. 40, no. 2, hal. 129, 2019.
- [26] D. P. Yuniarti, R. Komala, dan S. Aziz, "Pengaruh Proses Aerasi Terhadap Pengolahan Limbah Cair Pabrik Kelapa Sawit di PTPN VII secara Aerobik," *Universitas PGRI Palembang*, vol. 4, no. 2, hal. 7–16, 2019.
- [27] Rozali, Mubarak, dan I. Nurrachmi, "Patterns of Distribution Total Suspended Solid (TSS) in River Estuary Kampar Pelalawan," *Perikanan dan Ilmu Kelautan*, vol. 18, no. 2, hal. 33–37, 2016.
- [28] M. P. Sinaga, D. T. E. Siburian, dan E. K. Zega, "The Impact of Total Suspended Solid (TSS) and Containing Water Chlorophyll-A On The Fertility Level of Jakarta Bay Waters Using Technology of Google Earth Engine (GEE) Clouds," *Jurnal Ilmiah PLATAX*, vol. 12, no. 2, hal. 32–44, 2024.
- [29] Kementerian Lingkungan Hidup Republik Indonesia, "Peraturan Menteri Lingkungan Hidup Republik Indonesia," hal. 1–83, 2014.
- [30] M. Ummah dan H. A. N. Hidayah, "Efektivitas Instalasi Pengolahan Air Limbah Industri Gula PT. X di Kabupaten Kediri Jawa Timur," *Jurnal Kesehatan*, vol. 1, no. 3, hal. 260–268, 2018.
- [31] M. Fingas, *Oil Spill Science and Technology*, 2nd edition. Canada: Gulf Professional Publishing, 2017.
- [32] S. P. Hariyatno, V. Paramita, dan R. Amalia, "The Effect of Surfactant, Time and Speed of Stirring in the Emulsification Process of Soybean Oil in Water," *Journal of Vocational Studies on Applied Research*, vol. 3, no. 1, hal. 21–25, 2021.
- [33] B. Huang, X. Li, W. Zhang, C. Fu, Y. Wang, dan S. Fu, "Study on Demulsification-Flocculation Mechanism of Oil-Water Emulsion in Produced Water from Alkali/Surfactant/Polymer Flooding," *Polymers*, vol. 11, no. 3, 2019.
- [34] A. K. Sugih, D. J. Fadhillin, dan H. Kristianto, "Pengaruh Dosis Demulsifier dan Temperatur Terhadap Proses Pemisahan Emulsi Minyak/Air," *Prosiding Seminar Nasional Riset dan Teknologi Terapan (RITEKTRA) 2021*, hal. 1–5, 2021.