

UJI KINERJA ALAT PENGOLAH LIMBAH *LAUNDRY* 1.0 PADA UNIT PENGOLAHAN UTAMA

ANDRI HERMAWAN

15513021

ABSTRACT

The Laundry wastewater contains one of pollutants were polyphosphate and surfactant that can caused pollution such as eutrophication. So as to overcome these problems, a photocatalyst wastewater treatment research was carried out using TiO_2 and H_2O_2 with 15 watts UV-C. The research method was carried out with TiO_2 and H_2O_2 optimization tests, and comparing the results with local regulations. The optimum conditions of TiO_2 and H_2O_2 are 4gr TiO_2 and H_2O_2 50% 1mL. The test was conducted using two processes, batch and continuously. Initial samples showed surfactant level of 480 mg/L, COD of 513,6 mg/L, BOD of 45,7 mg/L in 10 L of laundry wastewater. Batch testing in 60 minutes, using initial samples, resulted in a decrease in surfactant to 345,6 mg/L, COD 192,1 mg/L, BOD 17,24 mg/L. While continuous testing with sampling every 10 minutes, has the result of a decrease in surfactant from previous treatment 304 mg/L to 271,8 mg/L at the 70th minute, and for COD levels from previously 442 mg/L to 277 mg/L at the 40th minute, and the best turbidity reduction in the 70th minute, from 209 NTU to 118 NTU. So, the process of laundry wastewater treatment using TiO_2 and H_2O_2 with 15 watt UV-C succeeded in reduction surfactant 24%, COD 63%, and BOD 61% in batch process with a time of 60 minute. Furthermore, for testing entire reactor process, the best result went to batch process with total time 63 minutes, becomes surfactant 93%, COD, 22%, and BOD 75%.

Keywords : H_2O_2 , Laundry Wastewater, Photocatalyst, Surfactant, TiO_2

ABSTRAK

Limbah air laundry merupakan limbah yang dapat menyebabkan pencemaran. Salah satu senyawanya adalah polifosfat dan surfaktan. Sehingga untuk mengatasi permasalahan tersebut dilakukan penelitian pengolahan limbah air *laundry* secara fotokatalis menggunakan TiO_2 dan H_2O_2 dengan UV-C 15 watt. Metode penelitian dilakukan dengan uji optimasi TiO_2 dan H_2O_2 , serta membandingkan hasil akhir dengan peraturan daerah. Kondisi optimum TiO_2 dan H_2O_2 yaitu 4gr TiO_2 dan H_2O_2 50% 1 mL. Pengujian dilakukan menggunakan dua proses, secara *batch* dan kontinyu. Sampel awal menunjukkan kadar surfaktan 480 mg/L, COD 513,6 mg/L, BOD 45,7 mg/L pada 10 L limbah air *laundry*. Pengujian secara *batch* dengan waktu 60 menit, menggunakan sampel awal memiliki hasil penurunan surfaktan menjadi 345,6 mg/L ; COD 192,1 mg/L ; BOD 17,24 mg/L. Sedangkan pengujian secara kontinyu dengan pengambilan sampel tiap 10 menit, memiliki hasil penurunan surfaktan dari pengolahan sebelumnya 304 mg/L menjadi 271,8 mg/L pada menit ke 70, dan untuk kadar COD dari sebelumnya 442 mg/L menjadi 227 mg/L pada menit ke 40, serta penurunan kekeruhan terbaik pada menit ke 70, dari 209 NTU menjadi 118 NTU. Jadi, pengolahan limbah air *laundry* menggunakan TiO_2 dan H_2O_2 dengan UV-C berhasil menurunkan konsentrasi surfaktan sebesar 24%, COD 63%, dan BOD 61% secara *batch* dengan waktu 60 menit pada tahap *main treatment*. Sedangkan uji keseluruhan reaktor mendapatkan hasil yang terbaik pada pengujian secara *batch* dengan waktu 63 menit sebesar 93% untuk surfaktan, 22% COD, dan 75% BOD.

Kata kunci : Fotokatalis, H_2O_2 , Surfaktan, TiO_2 , Limbah air *laundry*

1. Pendahuluan

Salah satu kebutuhan pokok manusia dalam menjalankan kehidupan sehari-harinya adalah air. Air menjadi hal yang tidak terlepas dalam kegiatan sehari-hari seperti mencuci, mandi, minum dan lain sebagainya. Air hasil kegiatan manusia tersebut kemudian akan berubah menjadi air limbah, khususnya adalah limbah hasil cucian baju atau limbah *laundry*. Air *laundry* merupakan air bekas kegiatan mencuci pakaian. Pada kenyataannya setiap pelaku usaha *laundry* akan membuang air limbahnya langsung ke badan air atau tanah, yang mana hal itu akan menyebabkan terjadinya pencemaran air. Kualitas air yang normal memiliki pH atau derajat keasaman yang normal 6-8, tidak berbau, tidak berwarna, serta mengandung sedikit material organik yang secara kuantitas dan kualitas harus dibawah dari baku mutu yang sudah diatur.

Air *laundry* sendiri pada umumnya memiliki kandungan deterjen yang terdiri dari polifosfat dan surfaktan. Efek dari kandungan tersebut dapat meningkatkan kandungan fosfat dalam air sehingga menyebabkan eutrofikasi (Utomo,2018). Eutrofikasi merupakan lonjakan nutrisi terlarut pada air yang kemudian akan menurunkan kandungan oksigen terlarut sehingga menurunkan kemampuan daya dukung badan air terhadap biota air (Ghiovani,2017). Selain dari efek tersebut, efek lanjutan dari deterjen dapat meningkatkan nilai COD (*Chemical Oxygen Demand*), BOD (*Biochemical Oxygen Demand*), TSS (*Total Suspended Solid*), TDS (*Total Dissolved Solid*), TS (*Total Solid*), pH (*Power of Hydrogen/derajat keasaman*) serta kekeruhan.

Pengolahan limbah *laundry* sendiri bisa dilakukan secara fisik, kimia, dan biologi. Pada penelitian ini peneliti akan melakukan pengolahan secara kimia dengan menggunakan prinsip kerja fotokatalis, menggunakan TiO_2 (Titanium Dioksida) sebagai katalis dengan bantuan sinar UV-C (Ultra Violet tipe C) dan penggunaan oksidator kuat H_2O_2 (hidrogen peroksida) untuk menghasilkan $\cdot\text{OH}$ (radikal hidroksil) yang berguna untuk mengoksidasi polutan. Fokus pada penelitian ini berada pada tahap *main-treatment*. Tujuan dari pengolahan *main-treatment* ini untuk menurunkan konsentrasi surfaktan yang akan diolah pada *post-treatment*, sekaligus tahapan ini merupakan inovasi dari teknologi yang sudah ada sebelumnya. Pada penelitian sebelumnya, dilakukan penelitian serupa dengan hanya melakukan teknik fotokatalis menggunakan sinar UV-C dan TiO_2 sebagai unit pengolahannya dengan hasil yang baik tetapi membutuhkan waktu yang cukup lama.

Sehingga peneliti melakukan inovasi untuk mengembangkan penelitian tersebut ke arah yang lebih baik.

Fotokatalis merupakan salah satu reaksi kimia menggunakan bantuan cahaya. Cahaya yang dimaksud disini adalah cahaya dari sinar UV-C. Sinar ultra violet memiliki panjang gelombang λ (100 – 280) nm dan mampu bekerja sama dengan baik dengan titanium dioksida. Titanium dioksida berperan sebagai katalis pada proses fotokatalis ini dengan menyerap energi cahaya yang dipancarkan oleh sinar UV-C. Dalam proses degradasi, TiO₂ melakukan perpindahan elektron untuk menurunkan nilai pencemarnya. Proses fotokatalis menggunakan TiO₂ dan sinar UV-C ini memiliki efektifitas yang tinggi, dengan lama waktu penyinaran 2,5 jam, sinar UV-C 36 watt, dan menggunakan TiO₂ sebesar 2,2 gr memiliki nilai efektifitas dalam menurunkan surfaktan 95,61% (Santi, 2009). Pada penelitian ini dilakukan beberapa inovasi dari design reaktor, kombinasi antara TiO₂ dan H₂O₂, dan juga menggabungkan unit pengolahan seperti filtrasi, fotokatalis, dan adsorbs pada satu kesatuan unit reaktor yang tersusun secara *vertikal* dan *horizontal*.

Penelitian ini mengacu pada baku mutu peraturan daerah yang mengatur baku mutu deterjen tertulis pada Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah.

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini seperti :

1. Melakukan analisis terhadap penurunan kadar dan persenan BOD, COD, surfaktan, pada tahap *main-treatment* menggunakan TiO₂ dan H₂O₂ dan sinar UV-C pada reaktor *laundry filter 1.0*
2. Melakukan analisis terhadap penurunan kadar dan keberhasilan reaktor dalam bentuk persenan BOD, COD, deterjen pada keseluruhan kerja pada reaktor *laundry filter 1.0*
3. Menganalisis kinerja dari *design* reaktor pada penelitian ini

2. Metode Penelitian

2.1. Alat dan Bahan

Penelitian ini memiliki beberapa alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang pengujian dan untuk mencapai penelitian, adapun alat dan bahan seperti berikut :

A. Alat

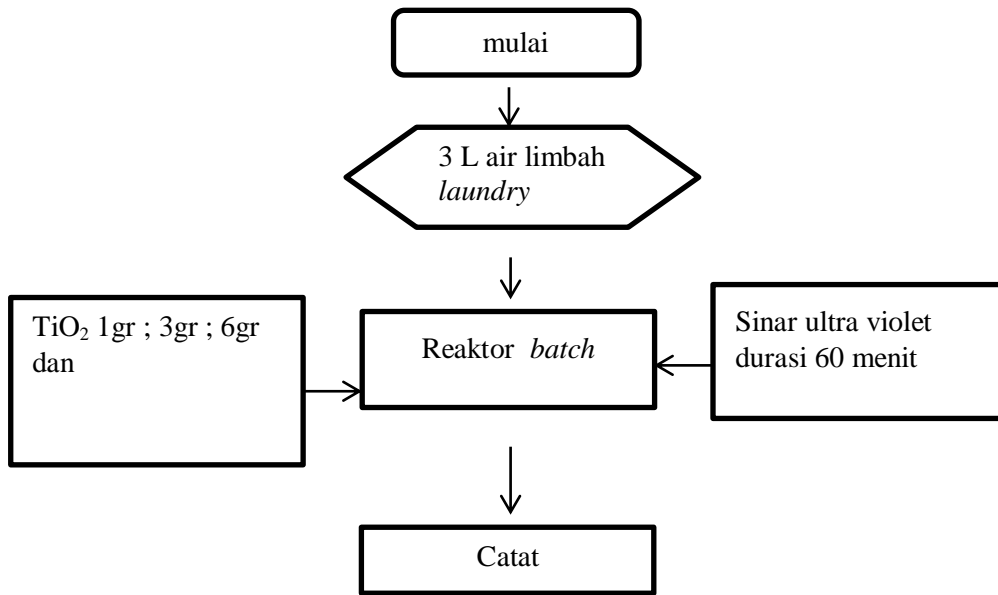
1. Reaktor yang terbuat dari *stainless steel*
2. 1 buah UV-C 15 watt
3. Sendok pengaduk
4. Thermometer
5. Turbidity meter
6. Timbangan analitik
7. Spektrofotometer
8. Kabel listrik

B. Bahan

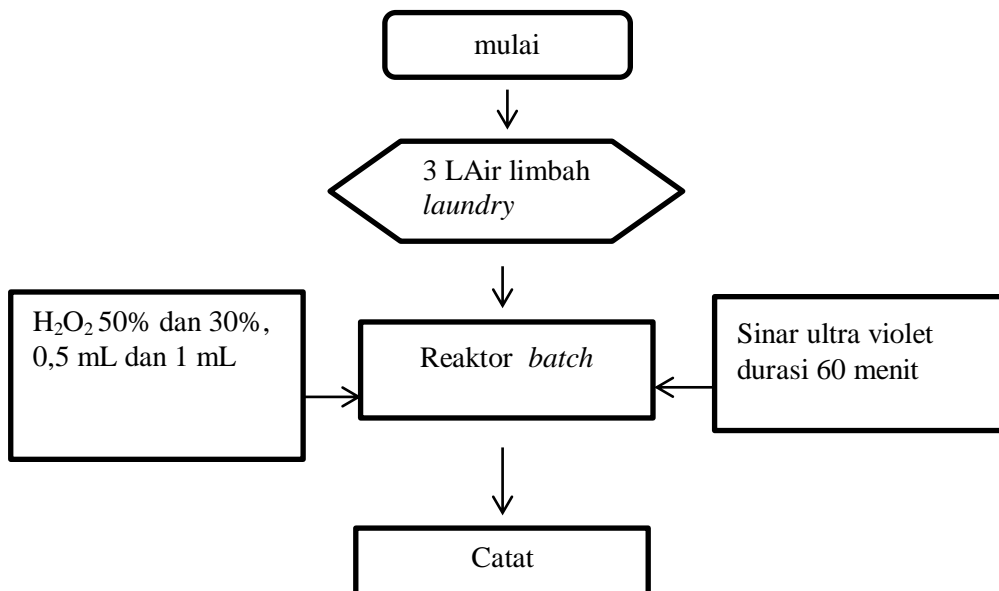
1. TiO₂ anatase
2. H₂O₂ 30% dan 50%

2.2. Cara Kerja

Cara kerja pada penelitian ini ada beberapa yang dilakukan, yaitu pertama melakukan uji optimasi untuk mengetahui kondisi optimum dari TiO₂ dan H₂O₂ yang dilakukan pada tahap *main treatment* secara *batch*, lalu menguji kombinasi dari hasil optimum kedua pereaksi tersebut pada tahap *main treatment* dan untuk uji keseluruhan reaktor yang dilakukan secara *batch* dan kontinyu. *Flow chart* cara kerja dapat dilihat pada gambar 2.1 dan 2.2 :

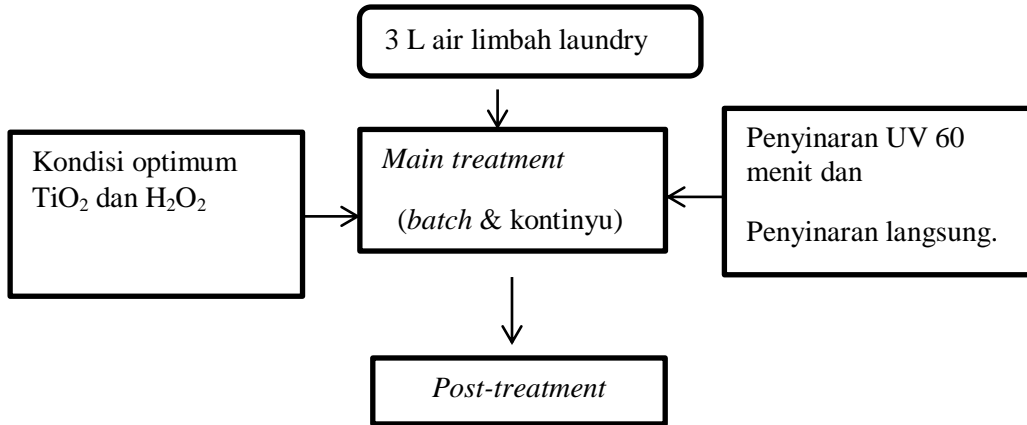


Gambar 2. 1 pengujian optimasi TiO₂



Gambar 2. 2 pengujian optimasi H₂O₂

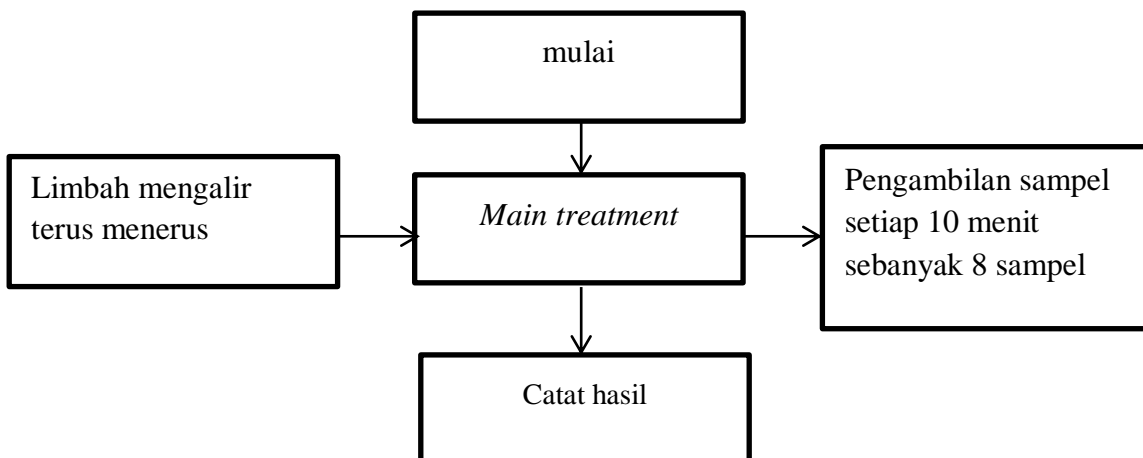
Lalu setelah mendapatkan hasil yang optimum, dilakukan pengujian dengan mengkombinasikan kedua pereaksi 4gr TiO_2 + H_2O_2 50% 1 mL. Pengujian kombinasi dapat dilihat pada gambar 2.3 :



Gambar 2. 3 pengujian kombinasi kondisi optimum TiO_2 dan H_2O_2

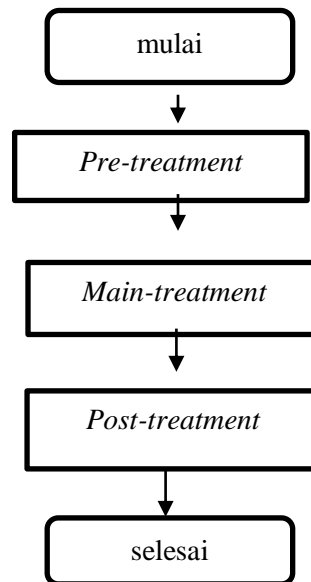
Pada gambar 2.3 diatas dilakukan uji secara batch selama 60 menit dan pengujian secara kontinyu dilakukan dengan aliran yang terus menerus.

Kemudian dilakukan juga pengujian secara kontinyu sebanyak 7 sampel dan 1 sampel titik 0 untuk mendapatkan data yang memiliki tren terhadap waktu, dan juga menilai kemampuan pengolahan bila dijalankan secara kontinyu proses. Pengambilan sampel yang dilakukan yaitu setiap 10 menit sekali. Pengujian dapat dilihat pada gambar 2.4 :



Gambar 2. 4 pengujian kontinyu dengan pengambilan sampel setiap 10 menit

Secara umum *flow chart* dari pengujian keseluruhan reaktor ini dimulai dari *tahap pre treatment, main treatment, dan post treatment*. Pada tahap *pre treatment* yang terjadi hanya proses kontinyu, aliran mengalir terus menerus secara *vertikal*. Kemudian turun secara gravitasi ke tahap *main treatment*. Proses yang terjadi pada tahap *main treatment* yaitu *batch* dan kontinyu proses. Pada pengujian *batch*, waktu tinggal selama 60 menit. Kemudian aliran air mengalir *horizontal* secara gravitasi ke tahap *post treatment*. Proses yang terjadi pada tahap *post treatment* yaitu adsorpsi. Proses pengujian dilakukan secara *batch* dengan waktu tinggal 3 menit, dan kontinyu. Kemudian limbah mengalir ke outlet. *Flow chart* dapat dilihat pada gambar 2.5 :



Gambar 2. 5 susunan keseluruhan reaktor

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Analisis Faktor Penyinaran

Faktor penyinaran memiliki peranan penting terhadap keberhasilan proses fotokatalis, karena penyinaran dalam proses fotokatalis berperan sebagai sumber energi. Adapun beberapa hal yang harus diperhatikan dari faktor penyinaran seperti :

1. Jumlah lampu UV-C yang digunakan
2. Besaran daya watt dari lampu
3. Jarak antara lampu dengan air
4. Durasi penyinaran
5. Konfigurasi lampu

Secara teori, ke-5 faktor diatas berpengaruh pada proses fotokatalis sebagai penyedia energi. Semakin besar daya watt dan semakin lama durasi penyinaran, akan menghasilkan hasil yang semakin baik karena sinar UV-C berperan sebagai penghasil energi selama proses reaksi. Pada perhitungan intensitas cahaya dapat dihitung melalui panduan dari *light measurment handbook* seperti pada metode penelitian persamaan menggunakan rumus pada persamaan 3.1 sampai 3.5, berikut perhitungan intensitas cahaya dan besaran energi dari lampu UV-C :

$$Q = \frac{hc}{\lambda} = \frac{6,62 \times 10^{-34} \text{ J s} \times 2,998 \times 10^8 \text{ m/s}}{2,54 \times 10^{-7}} = 7,8 \times 10^{-19} \text{ j}$$

Nilai Q diatas merupakan besaran cahaya (energi) yang dihasilkan berdasarkan panjang gelombang UV yang digunakan. Pada uji ini menggunakan UV-C dengan panjang gelombang 254 nm. Hasil dari panjang gelombang 254 nm menghasilkan besaran cahaya sebesar $7,8 \times 10^{-19} \text{ j}$

$$He = \frac{\Phi_e}{4 \pi R^2} = \frac{15 \text{ watt}}{4 \times 3,14 \times 5^2 \text{ cm}} = 0,05 \text{ watt/cm}^2$$

Nilai He diatas merupakan daya yang sampai ke dasar permukaan reaktor dengan variabel watt yang dihasilkan dari lampu dan jarak lampu terhadap

permukaan media yang ingin disinari, pada uji ini menggunakan lampu 15 watt dan jarak antara permukaan dipasang 5cm. Pada akhirnya menghasilkan daya per satuan luas sebesar 0,05 watt/cm²

$$w = \frac{A}{R^2} = \frac{135 \text{ cm}^2}{1,5^2 \text{ cm}} = 60 \text{ sr}$$

Nilai w diatas menunjukkan *solid angle* yaitu sudut penyinaran lampu dengan membagi antara alas dan jari jari lampu, kemudian didapatkan nilai 60 steradian (sr) untuk *solid angle*

$$I_e = \frac{\Phi_{ei}}{w} = \frac{15 \text{ watt}}{60} = 0,24 \text{ watt/sr}$$

Nilai I_e diatas merupakan intensitas radiasi yang dihasilkan oleh lampu 15 watt dengan sudut 60 sr, yang kemudian menghasilkan nilai sebesar 0,24 watt/sr

$$H_e = \frac{I_e}{R^2} = \frac{0,24 \text{ watt/sr}}{60 \text{ sr}} = 4 \times 10^{-3} \text{ watt}$$

Kemudian nilai H_e atau hubungan cahaya dengan intensitas dengan hasil 4x10⁻³ watt

3.2. Pengujian Sampel Awal

Pengujian sampel awal dilakukan untuk mengetahui kualitas sampel awal dalam hal ini deterjen yang dipakai dalam uji lab. Pengujian awal juga dilakukan sebagai perbandingan dengan hasil akhir untuk mendapatkan penurunan kadar dan persenan hasil. Parameter yang dilakukan dipengujian awal meliputi, BOD₅, COD, surfaktan, kekeruhan, pH, dan suhu. Berikut hasil dari pengujian awal deterjen :

Tabel 3. 1 parameter sampel awal

nama sampel	pH	suhu (°C)	kekeruhan (NTU)	surfaktan (mg/L)	BOD (mg/L)	COD (mg/L)
sampel awal	7	29	121	480	45,7	513,6

Untuk uji sampel awal didapatkan nilai kadar beberapa parameter seperti pada tabel 3.1. Untuk kondisi pH didapat pada kondisi pH normal, untuk suhu didapatkan suhu normal air, sedangkan untuk kekeruhan didapatkan angka 121 NTU setelah dilakukan pengujian. Untuk parameter surfaktan dan organik didapatkan dalam 10 L terdapat kandungan 480 mg/L surfaktan, 45,7 mg/L BOD, dan 513,6 mg/L COD. Dari tabel 3.1 dapat ditelaah bahwa limbah air *laundry* yang digunakan memiliki kandungan surfaktan dan COD yang jauh melebihi baku mutu Pergub DIY nomor 7 2016 mengenai baku mutu air limbah industri *laundry*. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa pengolahan sebaiknya dilakukan secara kimia dan/atau fisik agar lebih efisien, melihat kondisi air limbah yang lebih banyak zat organik dan kimia. Faktor yang menyebabkan tingginya parameter tersebut dikarenakan air limbah yang digunakan adalah air limbah murni cucian pertama sehingga secara teori memiliki kandungan surfaktan yang tinggi. Kandungan COD yang tinggi juga disebabkan karena kandungan kimia pada deterjen, sehingga secara alami nilai COD pasti akan lebih tinggi dari nilai BOD. Kemudian setelah didapatkan data awal ini akan dibandingkan dengan data hasil pengolahan untuk didapatkan persenan dan banyaknya perubahan nilai parameter.

3.3. Optimasi Fotokatalis TiO_2 dan H_2O_2

Langkah pertama yang dilakukan pada pengujian ini adalah uji optimasi TiO_2 dan H_2O_2 , yang bertujuan untuk memberikan gambaran serta kinerja dari TiO_2 dan H_2O_2 . Berkaitan dengan fokus pengolahan tahap *main-treatment* ini pada surfaktan, sehingga bahan acuan untuk proyeksi

penggunaan pereaksi hanya diambil dari hasil akhir parameter surfaktan, sedangkan untuk parameter COD dan BOD mengikuti. Setelah diadakannya uji optimasi didapatkan kesimpulan untuk menggunakan TiO_2 4gr, sedangkan konsentrasi H_2O_2 50% sebanyak 1, 3, 5mL. Berdasarkan hasil uji optimasi tersebut dipilih TiO_2 sebanyak 4gr dan H_2O_2 50%. Faktor yang menentukan dalam penentuan jumlah TiO_2 adalah kekeruhan. Apabila kekeruhan terlalu tinggi dapat menutupi permukaan air sehingga sinar UV-C tidak dapat berpenetrasi ke dalam air yang implikasinya menghambat proses penyerapan energi. Kondisi akan diperparah jika dikombinasikan dengan H_2O_2 , yang mana nilai kekeruhan akan ikut melonjak sehingga menurunkan kemampuan degradasi polutan. Kemudian dilakukan variasi H_2O_2 yang bertujuan meningkatkan kemampuan proses pendegradasian polutan sekaligus menganalisis kedua pereaksi tersebut apabila dikombinasikan. TiO_2 digunakan pada pengolahan ini karena sifat dan kemampuan yang dimilikinya. TiO_2 berdasarkan sifatnya memiliki beberapa keunggulan yaitu, ramah lingkungan, mudah didapat, harga terjangkau murah, serta banyak dipakai untuk pengolahan air limbah. Berdasarkan kemampuannya TiO_2 telah dipercaya oleh para ahli untuk proses pengolahan limbah, yaitu dengan proses fotokatalisnya TiO_2 dapat mengoksidasi polutan dengan baik. Sedangkan H_2O_2 pemilihannya berdasarkan sifatnya sama seperti TiO_2 , lalu kemampuan oksidasi yang baik sehingga dalam proses pengolahan air, H_2O_2 banyak digunakan, terlebih pada air limbah yang sukar untuk diolah seperti air lindi, limbah batik, dan limbah deterjen.

3.4. Pengaruh Kombinasi TiO_2 dengan H_2O_2 Terhadap penurunan Surfaktan, BOD, COD Pada Tahap *Main-Treatment* Secara *Batch Process*

Setelah ditentukan kadar dan konsentrasi pada uji optimasi TiO_2 dan H_2O_2 , maka selanjutnya akan dilakukan uji dengan mengkombinasikan 4gr TiO_2 dengan H_2O_2 50% masing masing sebanyak 1, 3, dan 5mL untuk kemudian mengetahui kombinasi mana yang memiliki tingkat efisiensi yang terbaik.

Cara kerja dari H_2O_2 dan TiO_2 sama yaitu dengan menghasilkan radikal hidroksil ($\bullet\text{OH}$) untuk mengoksidasi polutan, semakin banyak jumlah penambahan katalis (TiO_2) atau oksidator kuat (H_2O_2) akan semakin banyak pula menghasilkan $\bullet\text{OH}$.

Adanya kenaikan nilai kekeruhan yang semakin tinggi, dikarenakan beberapa hal seperti, sifat alamiah dari TiO_2 yang mudah terdispersi (Naimah, 2014), dan pada proses penguraian zat organik akan menghasilkan flok flok, yang kemudian zat organik yang teroksidasi akan membentuk flokulan. Flokulan menurut sifatnya dapat mengapung pada permukaan air ketika massa jenis flok lebih kecil daripada massa jenis air, apabila berat jenis flokulan sama dengan massa jenis air, flok akan melayang (Aditya & Tuhi, 2018). Dikarenakan pada kombinasi TiO_2 dan H_2O_2 yang menghasilkan lebih banyak radikal hidroksil, implikasinya akan menaikkan nilai kekeruhan yang disebabkan oleh flok flok tersebut.

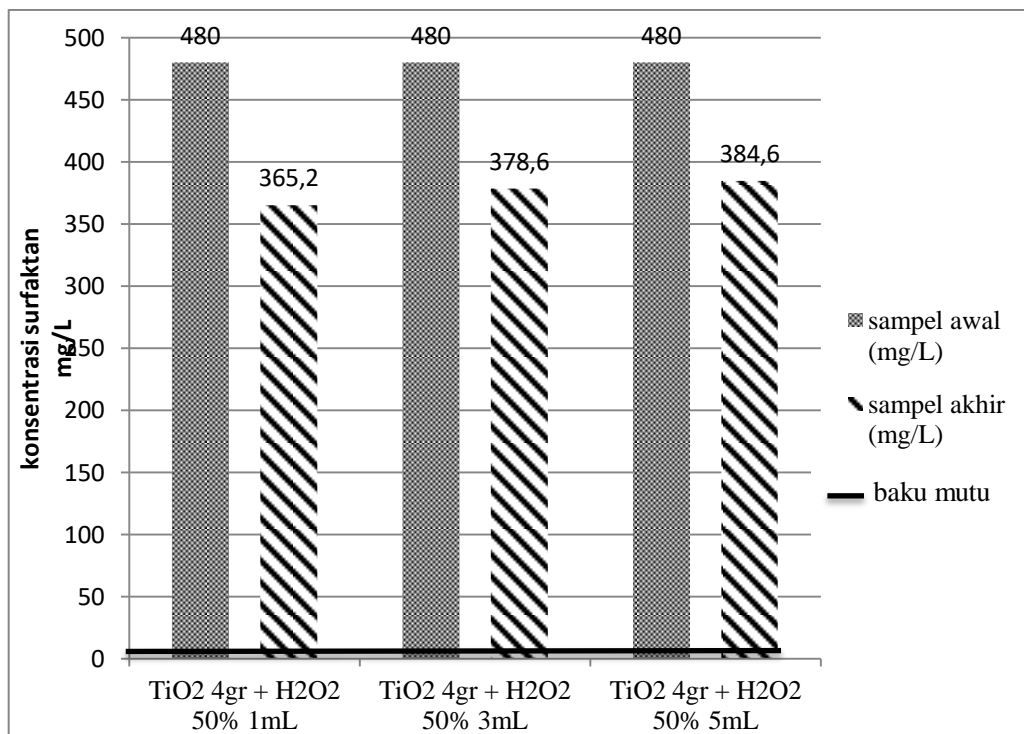
Pada nilai suhu didapatkan suhu normal 29°C yang artinya selama masa proses di sistem ini tidak mempengaruhi suhu secara signifikan.

Kondisi optimum pada kombinasi TiO_2 4gr + H_2O_2 50% 1 ml, berlaku ketentuan yang dikemukakan oleh (Wulandari, 2017) yaitu konsentrasi H_2O_2 yang terlalu tinggi akan menyebabkan H_2O_2 bereaksi mengikat $h_{\nu\text{b}}^+$ yang berimplikasi akan menurunkan jumlah $\bullet\text{OH}$ pada proses oksidasi, hal tersebut terjadi karena peranan H_2O_2 sebagai elektron aseptor. Terlebih lagi bila H_2O_2 dalam jumlah yang berlebih akan memasuki fase pembentukan radikal hidroksil tahap kedua yang akan membentuk $\text{HO}_2\bullet$ yang memiliki kemampuan kurang reaktif dibanding $\bullet\text{OH}$ dalam mengoksidasi polutan.

3.4.1. Analisis Kombinasi TiO_2 Dengan H_2O_2 Terhadap Penurunan Surfaktan Pada Tahap *Main-Treatment* Secara *Batch*

Kombinasi antara TiO_2 dengan H_2O_2 yang telah ditentukan memiliki hasil yang lebih baik daripada kedua pereaksi tersebut bekerja sendiri.

Kondisi optimum didapatkan kombinasi antara 4gr TiO_2 dengan H_2O_2 50% 1mL. Hal ini dikarenakan perpaduan antara 4gr TiO_2 dengan H_2O_2 50% 1mL pada pengujian ini merupakan kondisi yang optimum menurut, karena kedua pereaksi tersebut bekerja sama dengan kadar yang seimbang. Walaupun kombinasi tersebut telah dilakukan, namun kualitas air limbah masih diatas baku mutu Pergub DIY no 7 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah yang ditunjukkan oleh garis hitam sebagai standard baku mutu yaitu 5 mg/L untuk parameter surfaktan.

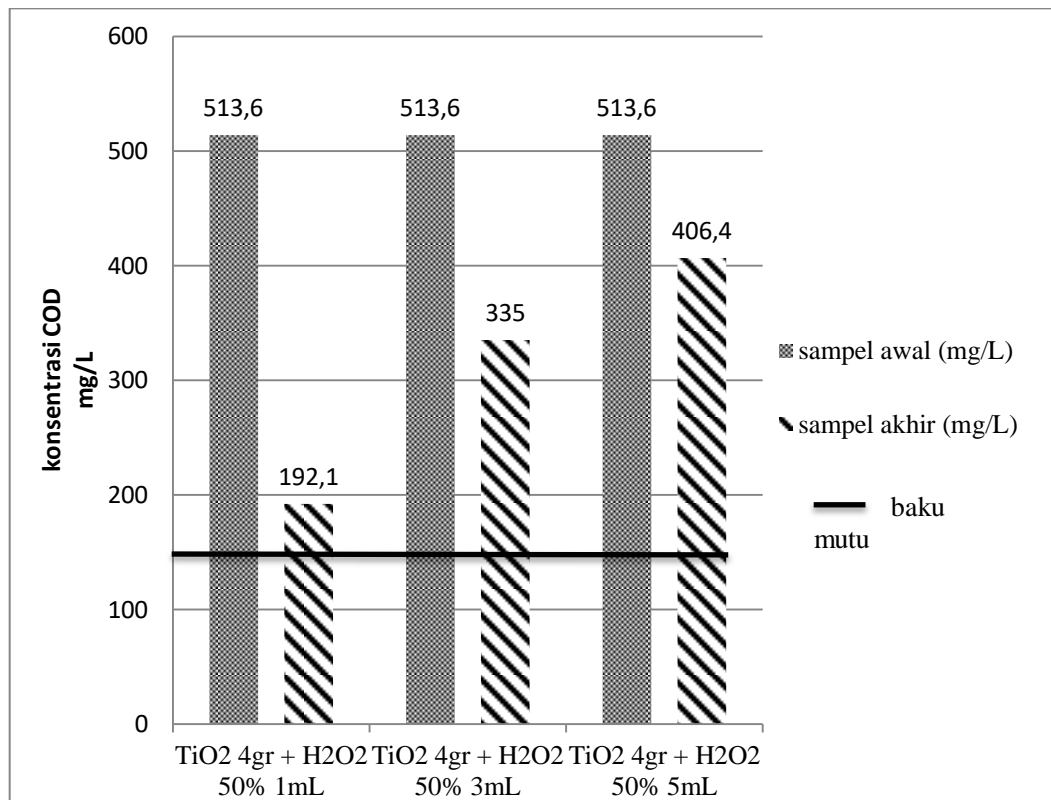


Gambar 3.2 Hasil uji TiO_2 dan H_2O_2 terhadap nilai surfaktan

Pada gambar 3.2 terlihat proses pendegradasian surfaktan tidak terlalu signifikan dikarenakan terbentuknya kekeruhan pada permukaan air sehingga menutupi penyinaran dari sinar UV-C, ditambah dengan tidak adanya pengadukan jadi TiO_2 dan H_2O_2 tidak tercampur secara sempurna dan sebagian dari TiO_2 melekat pada bagian dasar reaktor.

3.4.2. Analisis Kombinasi TiO_2 Dengan H_2O_2 Terhadap COD Pada Tahap *Main-Treatment* Secara *Batch*

Hasil dari uji coba COD juga menunjukkan nilai yang sejalan dengan surfaktan, hal ini dapat terlihat dari uji coba yang dilakukan didapatkan nilai yang optimum pada kadar 4gr TiO_2 dengan H_2O_2 50% 1mL. Walaupun kombinasi tersebut telah dilakukan, namun kualitas air limbah masih diatas baku mutu Pergub DIY no 7 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah yang ditunjukkan oleh garis hitam sebagai standard baku mutu yaitu 150 mg/L untuk parameter COD. Berikut data hasil uji coba terhadap nilai COD :



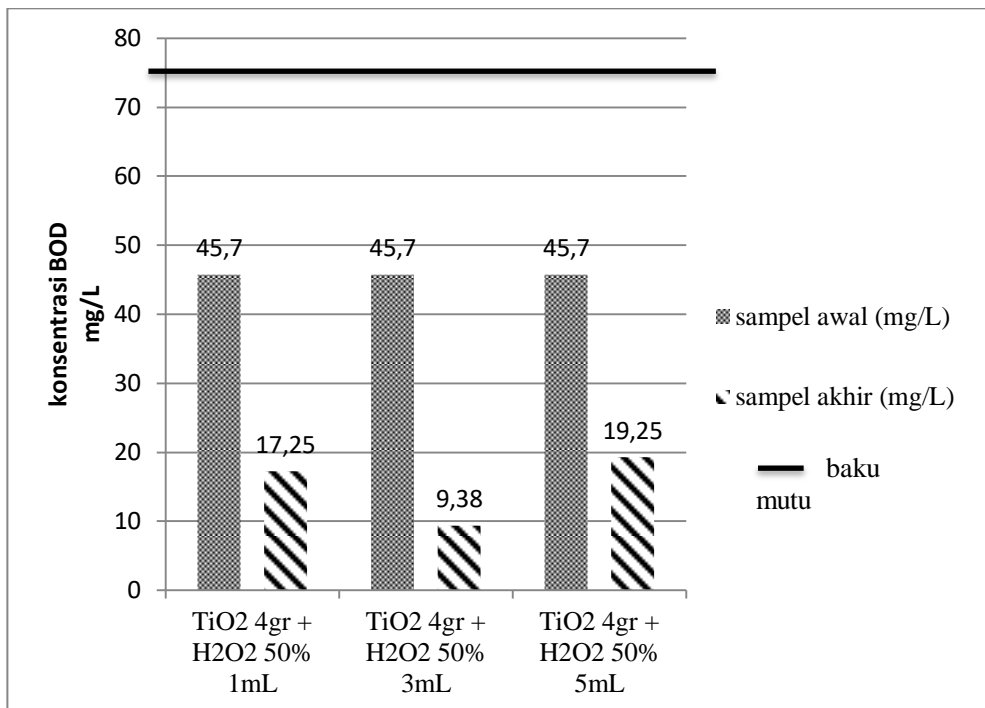
Gambar 3.3 kombinasi TiO_2 dengan H_2O_2 terhadap nilai COD

Pada gambar 3.3 terlihat proses pendegradasian surfaktan tidak terlalu signifikan dikarenakan terbentuknya kekeruhan pada permukaan air sehingga menutupi penyinaran dari sinar UV-C, ditambah dengan tidak

adanya pengadukan jadi TiO_2 dan H_2O_2 tidak tercampur secara sempurna dan sebagian dari TiO_2 melekat pada bagian dasar reaktor.

3.4.3. Analisis Kombinasi TiO_2 Dengan H_2O_2 Terhadap BOD Pada Tahap *Main-Treatment* Secara *Batch*

Hasil uji parameter BOD menunjukkan nilai yang fluktuatif. Penurunan optimum berada pada kombinasi 4gr TiO_2 dengan H_2O_2 50% 3mL. sedangkan untuk kombinasi 4gr TiO_2 dengan H_2O_2 50% 1mL pada posisi optimum kedua. Walaupun kombinasi tersebut telah dilakukan, namun kualitas air limbah masih diatas baku mutu Pergub DIY no 7 tahun 2016 tentang baku mutu air limbah yang ditunjukkan oleh garis hitam sebagai standard baku mutu yaitu 75 mg/L untuk parameter BOD Berikut hasil dari uji parameter BOD :



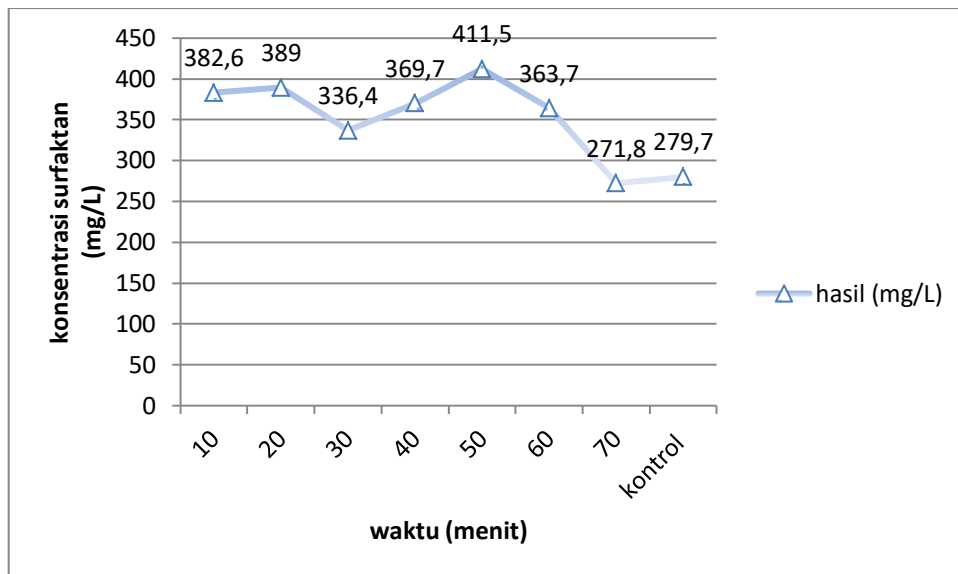
Gambar 3.4 kombinasi TiO_2 dengan H_2O_2 terhadap nilai BOD

Pada gambar 3.4 terlihat hasil pengolahan sudah memenuhi baku mutu, menunjukkan proses pengolahan berjalan baik dan sesuai dengan

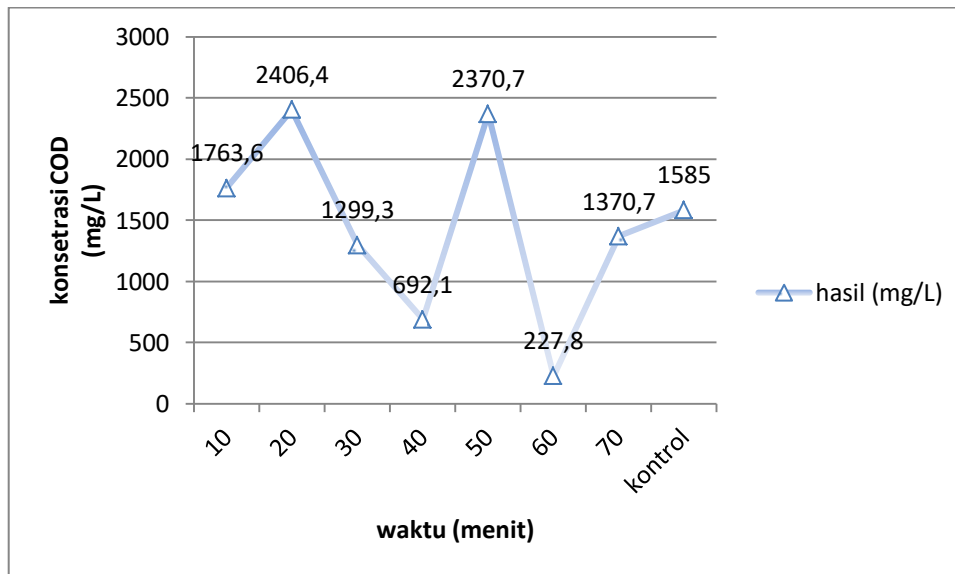
harapan. Tetapi kondisi dari nilai BOD awal sudah memasukin dari *range* baku mutu sehingga hasil dari pengolahan pasti masuk dalam *range* baku mutu.

3.5. Pengaruh Kombinasi TiO_2 dengan H_2O_2 Terhadap penurunan Surfaktan, BOD, COD Pada Tahap *Main-Treatment* Secara *Continouos Process*

Pada tahap ini dilakukan proses pengujian secara kontiyu dengan pengambilan sampel setiap 10 menit sebanyak 7 sampel dan 1 sampel tambahan sebagai sampel titik awal untuk pengujian berikutnya. Berikut hasil pengujian :



Gambar 3.5 hasil uji surfaktan secara kontinyu dengan waktu pengambilan setiap 10 menit pada tahap *main treatment*



Gambar 3.6 hasil uji COD secara kontinyu dengan waktu pengambilan setiap 10 menit pada tahap *main treatment*

Adapun kemudian, setelah dilakukan pengujian terhadap 7 sampel secara kontinyu untuk mendapatkan data yang memiliki tren terhadap waktu, memiliki hasil yang fluktuatif. Hasil dapat dilihat pada gambar 3.5 dan 3.6. Pada akhir *sampling* dilakukan uji titik 0 untuk mengetahui konsentrasi yang masuk ke tahap selanjutnya.

Pengaturan kecepatan aliran untuk uji secara kontinyu 7 sampel telah *disetting*, sehingga didapatkan kecepatan aliran yang tenang, agar mencukupi dengan limbah yang tersedia untuk mendapatkan waktu pengambilan sampel secara periodik 10 menit. Berdasarkan gambar 4.6 dan 4.7 hasil terbaik pada uji surfaktan didapat pada menit ke 70 dari konsentrasi 304 mg/L menjadi 271,8 mg/L dengan persen keberhasilan 10,6%. Untuk hasil COD didapatkan hasil terbaik pada menit ke 60 dari konsentrasi 442 mg/L menjadi 227,8 mg/L dengan persen keberhasilan 48,5%. Dapat terlihat konsentrasi surfaktan dan COD yang fluktuatif dan memiliki nilai yang sangat tinggi, dikarenakan gangguan dari beberapa zat organik seperti fosfat, sulfonat, dan zat inorganik seperti sianat, nitrat, dan tiosianat yang bereaksi dengan biru metilin

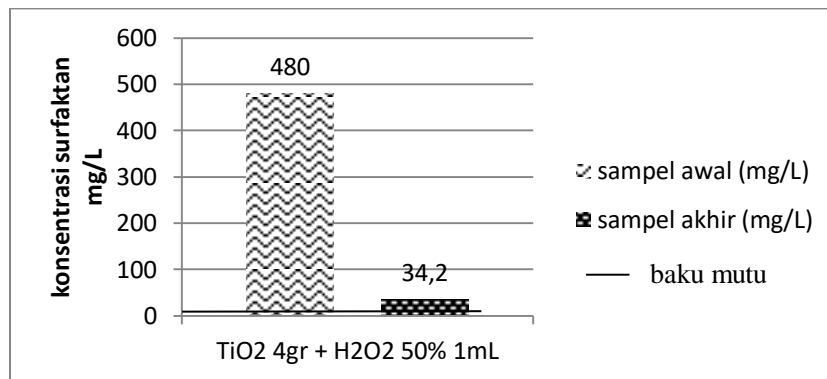
membentuk ikatan kompleks (Santi, 2009). Terlebih lagi, hasil yang fluktuatif dengan hasil akhir yang besar disebabkan oleh adanya senyawa organik berikatan rangkap, yang tidak teroksidasi secara sempurna sehingga terbaca sebagai nilai surfaktan dan COD (Wulandari, 2017). Dikutip dari jurnal yang sama pula disebutkan bahwa sampel yang mengandung H_2O_2 memiliki nilai COD yang berbeda pada banyak konsentrasi, walaupun mengandung zat organik dalam jumlah yang sedikit. Untuk nilai kekeruhan mengalami perbaikan dengan hasil terbaik pada menit ke 70 dari 209 NTU menjadi 118 NTU, hal ini dikarenakan kecepatan aliran yang pelan, akan mengakibatkan terjadinya pengendapan TiO_2 pada dasar reaktor yang kemudian menyebabkan tidak terhomogenkan TiO_2 dengan limbah, yang demikian itu membuat hasil kekeruhan baik. Sedangkan kadar pH, dan suhu stabil diklasifikasi normal.

3.6. Analisis Kinerja Keseluruhan Reaktor *Laundry Filter 1.0*

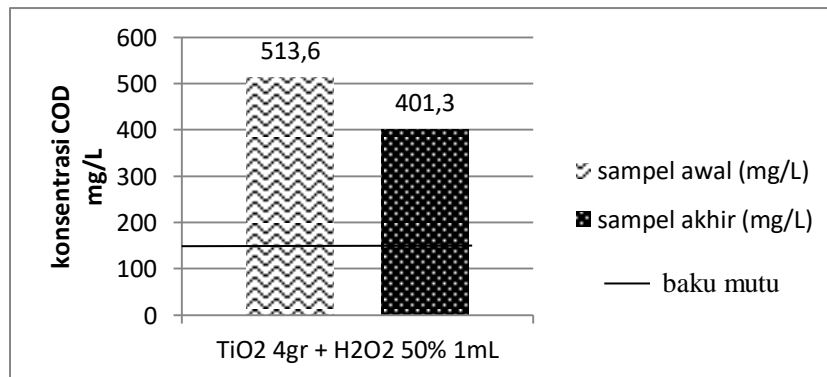
Pada tahap kinerja reaktor ini dilakukan *running* untuk keseluruhan komponen untuk menilai keberhasilan kesatuan reaktor. Setelah diadakan penelitian pada masing masing tahap, hasil yang digunakan merupakan hasil kombinasi optimum yang akan diaplikasikan pada reaktor. Pada tahap *pre-treatment* ini menggunakan prinsip pengolahan filtrasi *rapid sand filter*. Kondisi optimum setelah dilakukan beberapa percobaan, yaitu ijuk 5cm, pasir halus 25 cm, pasir kasar 15 cm, arang aktif 10 cm, dan kerikil 10 cm yang disusun secara vertikal, serta masing masing komponen dibatasi dengan ijuk. Sedangkan pada tahap *post-treatment* kondisi optimum komposisi zeolit 270 gr dan karbon aktif 540 gram yang disusun secara horizontal dan dicampur. Pada nilai pH masih di skala yang normal yaitu 6-8, dan pada pengujian kedua sistem *batch* dan kontinyu hasil pengukuran suhu berada pada 29°C.

3.6.1. Analisis Kinerja keseluruhan reaktor *Laundry Filter 1.0* Secara *Batch* Proses

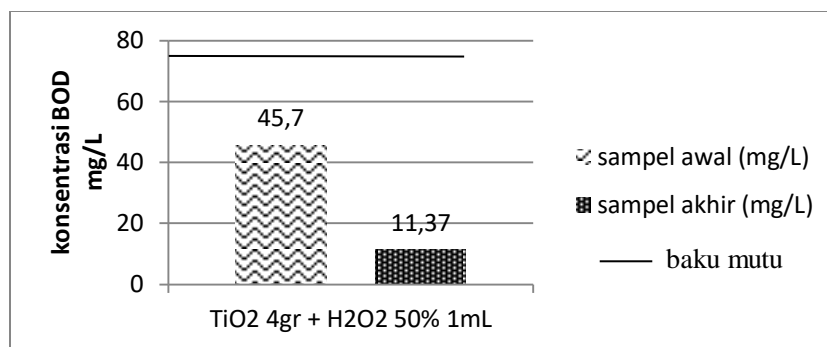
Analisis ini dilakukan pada tahap uji keseluruhan reaktor dengan menggunakan komposisi optimum tiap tiap kompartemen pengolahan dengan waktu tinggal total 63 menit. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan reaktor dan untuk mengetahui perbandingan hasil dari reaktor antara proses secara *batch* dan kontinyu. Berikut hasil setelah dilakukan pengujian secara *batch* :



Gambar 3.7 hasil uji surfaktan keseluruhan reaktor secara *batch*



Gambar 3.8 hasil uji COD keseluruhan reaktor secara *batch*

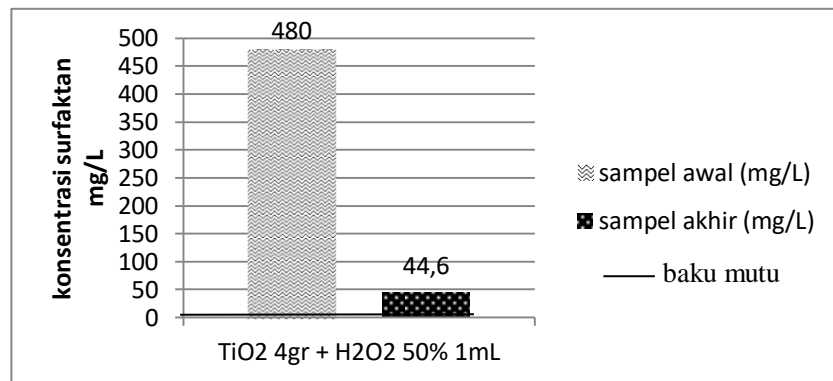


Gambar 3.9 hasil uji BOD keseluruhan reaktor secara *batch*

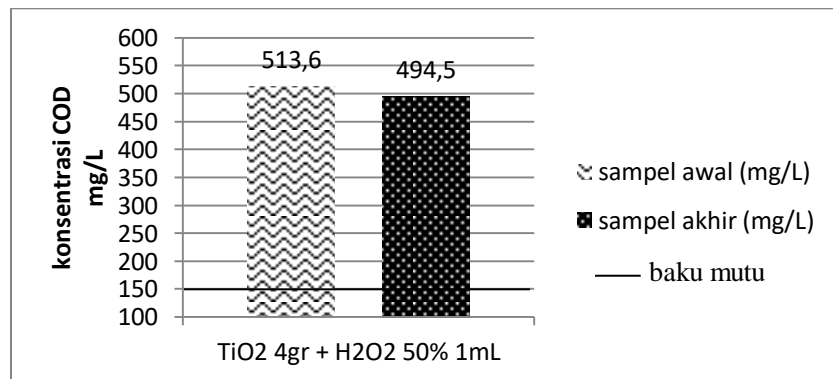
Seperti yang terlihat pada gambar 3.7 sampai 3.9, hasil dari pengujian surfaktan pada *running* keseluruhan reaktor secara *batch* dengan masing masing kondisi optimum memiliki hasil yang baik dengan persentase keberhasilan 93% dari nilai awal sampel, tetapi hasil akhir 34,2 mg/L tersebut masih diatas baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah sebesar 5 mg/L yang ditunjukkan oleh garis hitam. Untuk nilai BOD mengalami penurunan menjadi 11,37 mg/L atau 75% persentase keberhasilan dan sudah sesuai dengan Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah sebesar 75 mg/L yang ditunjukkan oleh garis hitam. Hasil untuk parameter COD memiliki hasil akhir sebesar 401,3 mg/L atau dengan persentase keberhasilan 22%, tetapi hasil akhir tersebut masih diatas baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah Sebesar 150 mg/L. Tingginya konsentrasi COD karena banyaknya pengendapan yang terjadi pada tahap *post-treatment* sehingga terjadinya akumulasi konsentrasi hal tersebut menyebabkan keberhasilan hanya sebesar 27%. Untuk nilai kekeruhan yang disinari selama 1 jam memiliki hasil akhir 207 NTU. Proses kenaikan nilai kekeruhan dikarenakan faktor dari TiO_2 dan H_2O_2 selama proses reaksi. Secara keseluruhan hasil dari uji ini dengan sistem *batch* memiliki hasil yang lebih baik daripada sistem kontinyu dikarenakan secara teori semakin lama TiO_2 dan H_2O_2 mendapat sinar dari UV-C, semakin banyak menghasilkan $\bullet\text{OH}$ yang akan meningkatkan kemampuan oksidasi.

3.6.2. Analisis Kinerja Keseluruhan Reaktor Laundry Filter 1.0 Secara Kontinyu 1 sampel

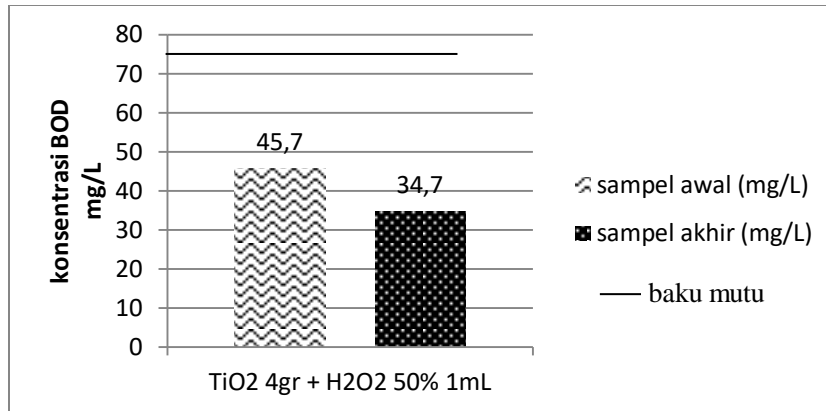
Analisis ini dilakukan pada tahap uji keseluruhan reaktor dengan menggunakan komposisi optimum tiap tiap kompartemen pengolahan. Uji ini dilakukan untuk mengetahui tingkat kemampuan reaktor dan untuk mengetahui perbandingan hasil dari reaktor antara proses secara *batch* dan kontinyu. Berikut hasil pengujian dengan satu sampel :



Gambar 3.10 perbandingan konsentrasi surfaktan pada reaktor kontinyu



Gambar 3.11 perbandingan konsentrasi COD pada reaktor kontinyu



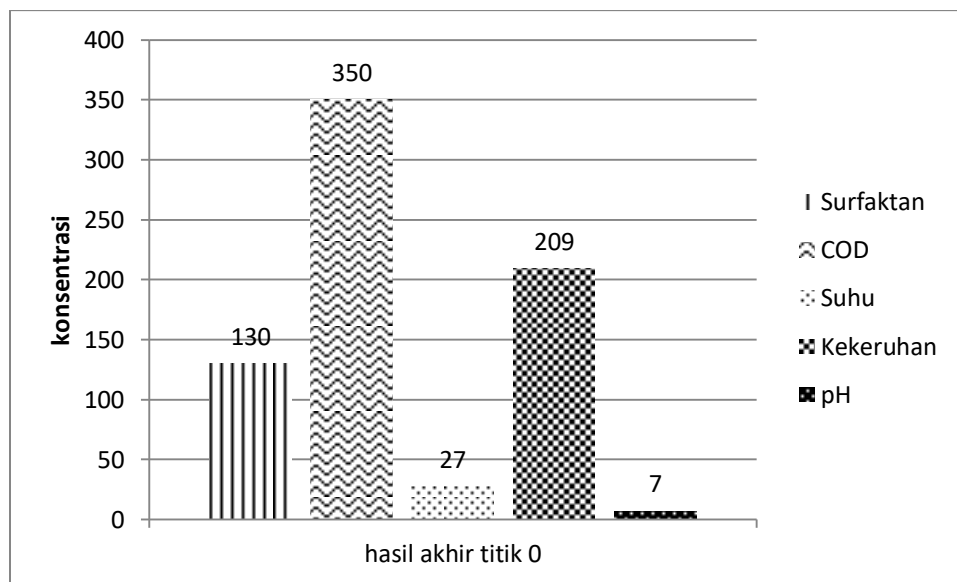
Gambar 3.12 perbandingan konsentrasi BOD pada reaktor kontinyu

Hasil pengujian dengan sistem kontinyu ini memiliki hasil akhir yang baik, meskipun dibawah dari kualitas sistem *batch*. Pada hasil akhir kandungan surfaktan didapatkan nilai 44,6 mg/L dengan persentase keberhasilan 93%, tetapi hasil akhir 44,6 mg/L tersebut masih diatas baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah sebesar 5 mg/L yang ditunjukkan oleh garis hitam. Untuk hasil akhir BOD didapatkan hasil akhir sebesar 34,7 mg/L, hasil tersebut sudah memenuhi baku mutu Pergub DIY nomor 7 tahun 2016, yang ditunjukkan oleh garis hitam sebesar 75 mg/L. Hasil dari pengujian COD memiliki hasil akhir sebesar 494,5 mg/L atau 3,7% persentase keberhasilannya, oleh karenanya belum memenuhi baku mutu yang ditetapkan pada Peraturan Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 7 Tahun 2016 Tentang Baku Mutu Air Limbah sebesar 150 mg/L yang ditunjukkan oleh garis hitam. Rendahnya proses degradasi untuk COD diakibatkan adanya akumulasi polutan pada tahap *post-treatment*, serta pada tahap *main treatment* belum sempat memproduksi $\bullet\text{OH}$ dalam jumlah yang banyak dikarenakan aliran yang mengalir secara terus menerus, proses oksidasi tidak dapat terjadi. Untuk nilai kekeruhan pada proses running secara berkelanjutan memiliki hasil akhir 148 NTU, nilai tersebut naik dari 121 NTU. Walaupun kualitas hasil secara kontinyu ini memiliki hasil akhir dibawah sistem *batch*, tetapi melihat persenan keberhasilan yang tidak jauh beda dengan selisih

waktu 1 jam, berdasarkan waktunya sistem kontinu lebih efisien daripada sistem *batch* untuk proses degradasi polutan khususnya surfaktan.

3.6.3. Analisis Kinerja Keseluruhan Reaktor *Laundry Filter 1.0* Secara Kontinu Dengan Pengambilan 7 Sampel Setiap 10 Menit

Pada pengujian ini, hasil akhir berada pada tahap *post-treatment* khususnya pada pengujian titik 0 akhir *running* reaktor. Hasil tersebut didapatkan setelah menjalankan reaktor selama 70 menit untuk mendapatkan data yang memiliki tren grafik terhadap waktu. Berikut hasil akhir pengujian keseluruhan reaktor secara kontinu proses :



Gambar 3.13 hasil akhir titik 0 pengujian secara kontinu dengan pengambilan sampel setiap 10 menit

Terlihat pada grafik bar diatas bahwa hasil dari pengujian sampel secara kontinu dengan pengambilan sampel tiap 10 menit dengan total waktu selama 70 menit memiliki hasil yang masih melewati baku mutu tentang limbah industry laundry. Nilai COD berada pada nilai 130 mg/L, Surfaktan 350 mg/L, suhu 27°C, kekeruhan

209, dan pH 7. Hasil tabel 3.13 menunjukkan penurunan yang cukup baik jika dibandingkan dengan kualitas sampel awal, hal tersebut menunjukkan bahwa pengolahan secara kontinyu pada reaktor ini dapat menurunkan polutan. Walaupun hasil yang dimiliki proses kontinyu tidak sebaik yang dimiliki oleh proses *batch*. Hal tersebut karena pada tahap *main treatment*, proses oksidasi lebih baik jika dilakukan pada proses *batch* karena menghasilkan •OH yang lebih banyak, serta proses adsorpsi dari karbon aktif dan zeolite di *post treatment* juga lebih baik jika dilakukan pada proses *batch*. Mengalirnya limbah secara terus menerus menyebabkan proses oksidasi, adsorpsi serta pengendapan tidak bekerja secara sempurna. Dan juga pereaksi TiO₂ dan H₂O₂ akan terikut terbawa oleh aliran air ke pengolahan selanjutnya sampai akhir, dan memiliki kemungkinan menaikkan nilai polutan bila dibaca menggunakan spektrofotometer.

3.7. Perbandingan Hasil Penelitian Dengan Penelitian Sebelumnya

Perbandingan hasil penelitian dengan penelitian sebelumnya ini bertujuan untuk mengetahui tingkat keberhasilan, dan menganalisis perbedaan serta keunggulan dan kekurangan masing masing reaktor dan metode penelitian. Untuk parameter surfaktan menggunakan penelitian yang dilakukan oleh Sintha Soraya Santhi, sementara untuk parameter COD menggunakan penelitian yang dilakukan oleh Waninda Aji Wulandari. Berikut tabel perbandingannya :

Tabel 4. 2 perbandingan penelitian sebelumnya dengan penelitian yang dilakukan

Parameter	Perbandingan	
	Penelitian sebelum	Penelitian yang dilakukan
surfaktan	5 L air limbah laundry dari industry laundry khusus untuk parameter surfaktan sebesar 95,61% menggunakan lampu UV-C 36 watt, lama waktu penyinaran 2,5 jam, TiO ₂ 2,2 gr. Reaktor terbuat dari kaca yang dilapisi lembaran aluminium, menggunakan pengaduk berkecepatan 200rpm dan jarak lampu dari limbah 10 cm.	3-5 L air limbah laundry khusus pada parameter surfaktan sebesar 24% menggunakan kombinasi 4gr TiO ₂ + H ₂ O ₂ 50% 1 mL ,lampu UV-C 15 watt, lama waktu penyinaran 1 jam. Reaktor terbuat dari stainless steel, tidak menggunakan pengaduk, dan jarak lampu dari limbah 5 cm.

Parameter	Perbandingan	
	Penelitian sebelum	Penelitian yang dilakukan
COD	sampel pada air di Boezem Kalidami Kota Surabaya, memiliki kandungan nilai COD awal 160 mg/L. Hasil pengolahan terbaik menggunakan penambahan 0,1 mL H ₂ O ₂ , yang dilakukan pada Beaker Glass 1 L dan diaduk oleh Jar test 100 rpm selama 5 menit, persentase keberhasilan 51%	3-5 L air limbah laundry khusus pada parameter COD sebesar 63% menggunakan kombinasi 4gr TiO ₂ + H ₂ O ₂ 50% 1 mL, lampu UV-C 15 watt, lama waktu penyinaran 1 jam. Reaktor terbuat dari stainless steel, tidak menggunakan pengaduk, dan jarak lampu dari limbah 5 cm.

Pada tabel 4.2 pada parameter surfaktan, persentase keberhasilan penelitian yang dilakukan oleh (Santi, 2009) sebesar 95,61% berbeda jauh dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti yaitu sebesar 24%. Perbedaan tersebut disebabkan oleh beberapa faktor, seperti adanya proses pengadukan, penggunaan jenis yang dilapisi oleh lembaran alumunium, besaran watt lampu yang digunakan, dan durasi penyinaran. Faktor tersebut dapat menentukan produksi dari •OH yang lebih baik. Untuk kedua sampel yang digunakan, sama sama dari sampel cucian pertama laundry. Sedangkan untuk parameter COD penelitian sebelumnya menggunakan hasil dari (Wulandari, 2017), yang menunjukkan hasil penelitian yang dilakukan oleh peneliti lebih baik daripada penelitian sebelumnya, hal tersebut karena pada penelitian ini menggunakan kombinasi 4gr TiO₂ + H₂O₂ 50%. Pada penelitian yang dilakukan Wulandari, menggunakan sampel air pada Boezem Kalidami Surabaya, yang mana sampel berbeda dengan penelitian yang dilakukan oleh peneliti.

4. Kesimpulan

Setelah dilakukan pengujian, maka didapatkan kesimpulan dari pengujian ini yang mana akan menjawab dari tujuan. Kesimpulan penelitian ini antara lain : Kombinasi TiO_2 4gr + H_2O_2 50% 1mL mampu menurunkan kadar polutan pada tahap *main-treatment*, dengan persenan keberhasilan 24% ; COD dengan persenan keberhasilan 63% ; dan BOD dengan persenan keberhasilan 61%. Sementara hasil akhir nilai pH setelah dilakukannya pengujian berada pada kondisi normal yaitu 7, suhu 29°C , dan kekeruhan yang melonjak tinggi menjadi 857 NTU, secara *batch* dengan lama penyinaran 60 menit. Untuk pengujian kontinyu tahap *main treatment* menggunakan 7 sampel dengan waktu pengambilan periodik 10 menit didapatkan hasil yang fluktuatif seperti pada penjelasan sebelumnya. Hasil terbaik didapatkan penurunan surfaktan dengan persenan keberhasilan 10,6% pada waktu pengambilan sampel dimenit ke 70, konsentrasi COD dengan persenan keberhasilan 48% pada waktu pengambilan sampel dimenit ke 60. Sementara terjadi penurunan yang signifikan pada konsentrasi kekeruhan dengan hasil terbaik di 118 NTU pada menit ke 70. Untuk kadar pH dan suhu berada pada klasifikasi normal. Pada uji keseluruhan reaktor secara *batch* waktu penyinaran 60 menit memiliki hasil akhir, surfaktan dengan persenan keberhasilan 93% ; COD dengan persenan keberhasilan 22% ; BOD dengan persenan keberhasilan 75%. Pada parameter seperti pH, suhu dan kekeruhan masing masing memiliki nilai 7, 29°C , 148 NTU. Pada uji keseluruhan reaktor secara kontinyu dengan 1 uji sampel memiliki nilai yang kualitasnya dibawah dari sistem *batch* pada percobaan ini, masing masing memiliki konsentrasi surfaktan L dengan persenan keberhasilan 91% ; COD dengan persenanan keberhasilan 3,7% ; BOD dengan persenan keberhasilan 24%. Sedangkan pada kadar pH dan suhu didapatkan kondisi normal, dan kekeruhan berada pada 207 NTU. Sementara pada pengujian reaktor keseluruhan secara kontinyu dengan prinsip pengambilan sampel tiap 10 menit sekali sebanyak 7 sampel memiliki hasil akhir nilai COD 350 mg/L, surfaktan 130 mg/L, suhu 27, pH 7, dan kekeruhan 209 NTU dengan total waktu selama 70 menit. Kinerja keseluruhan reaktor yang memilik prinsip pengolahan fisik dan kimia memiliki hasil optimum pada sistem *batch*, tetapi melihat kondisi waktu, sistem kontinyu lebih efisien untuk penurunan surfaktan. Sedangkan penurunan COD dan BOD sistem kontinyu masih kurang maksimal dalam proses pendegradasian polutan. Kesimpulan

untuk *design* reaktor masih memiliki kekurangan yaitu seperti, aliran air limbah yang belum optimal, tidak adanya pengadukan pada proses *main-treatment*, reaktor tidak mendukung bila dilakukan mobilisasi, dan massa reaktor yang tinggi. Sedangkan untuk kelebihan reaktor yaitu memiliki struktur yang kokoh, tahan bocor, serta tidak berkarat bila digunakan pada air karena terbuat dari *stainless steel*

Daftar Pustaka

- Aditya , R. F., & Tuhu , A. R. (2018). Kombinasi Fenton dan Fotokatalis Sebagai Alternatif Pengolahan Limbah Batik. *Jurnal EnviroTek*, Vol. 10 No.1.
- Darmadi. (2014). Mengolah Limbah Cair Pupuk Urea Menggunakan AOP. *Jurnal Rekayasa Kimia Uinsyah*.
- Naimah, S. (2014). Degradasi Zat Warna pada Limbah Cair Industri dengan Metode Fotokatalik Menggunakan Nanokomposit TiO₂-zeolit. *Jurnal Kimia dan Kemaasan*, Vol 36 No. 2215-224.
- Santi, S. S. (2009). Penurunan Konsentrasi Surfactan Pada Limbah Detergen Dengan Proses Photokatalik Sinar UV. *Jurusan Teknik Kimia Fakultas Teknologi Industri UPN "veteran" Jawa Timur*.
- Wulandari, W. A. (2017). *Studi Penurunan Senyawa Organik Dan Deterjen Dalam Limbah Domestik Boezem Kalidami Kota Surabaya Dengan Oksidator H₂O₂ dan KMnO₄*. Surabaya : Departemen Teknik Lingkungan Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan Institusi Teknologi Sepuluh Nopember.