

Penggunaan Teknologi *Clarifier Tank* pada Pengolahan Air Limbah Industri Kelapa Sawit

The Use of Clarifier Tank Technology in Wastewater Treatment of The Palm Oil Industry

Muhammad Fikri^{1,2*)}

¹Program Studi Pengelolaan Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Sriwijaya, Palembang 30139, Sumatera Selatan, Indonesia

²Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyuasin, Sumatera Selatan, Indonesia

^{*}Penulis untuk korespondensi: fikridistamben@gmail.com

Sitasi: Fikri M. 2021 The use of clarifier tank technology in wastewater treatment of the palm oil industry. In: Herlinda S *et al* (Eds), Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9 Tahun 2021, Palembang 20 Oktober 2021. pp. 803-810. Palembang: Penerbit & Percetakan Universitas Sriwijaya (UNSRI).

ABSTRACT

The palm oil industry has both positive and negative impacts on society and the environment. The positive impact is increasing the country's foreign exchange and public welfare, while the negative impact is creating waste that can pollute the environment if it is not managed properly. This study aimed to purify oil palm wastewater which was generally cloudy in color due to the high content of organic matter. This study used a clarifier tank that is installed after the last pool at the Outlet of the Wastewater Treatment Plant before the wastewater is discharged into the water body. The results were obtained using the clarifier tank technology (settlement tank) by combining the chemical processes (coagulation, flocculation) and physical processes (sedimentation) in one tank unit, which can reduce the total suspended solids (TSS) content in wastewater. The process of purifying wastewater which was originally cloudy in color so that it is safe to be discharged into surface water bodies using several types of chemicals. The types of chemicals used in the precipitation process were soda ash and alum. The soda ash or sodium carbonate served to adjust the pH in the range of 6-7. The alum functioned as a coagulant, namely to agglomerate dirt so that it settled at the bottom of the clarifier tank. The use of clarifier tank technology at the Outlet of the Palm Oil Industry Wastewater Treatment Plant is not only beneficial for humans, but also has a good impact on the surrounding environment, including animals and plants.

Keywords: quality standards, BOD, COD, CPO, liquid waste

ABSTRAK

Industri kelapa sawit mempunyai dampak positif dan negatif bagi masyarakat dan lingkungan. Dampak positif yaitu meningkatkan devisa negara dan kesejahteraan masyarakat meningkat, sedangkan dampak negatif yaitu menimbulkan limbah yang dapat mencemari lingkungan apabila tidak dikelola dengan baik. Penelitian ini bertujuan untuk menjernihkan air limbah kelapa sawit yang pada umumnya berwarna keruh akibat tingginya kandungan bahan organik. Penelitian ini menggunakan *clarifier tank* yang dipasang setelah kolam terakhir di *Outlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah sebelum air limbah dibuang ke badan air. Hasil yang didapatkan menggunakan teknologi *clarifier tank* (bak pengendapan) dengan cara menggabungkan proses kimia (koagulasi, flokulasi) dan

proses fisika (sedimentasi) pada satu unit tangki yaitu dapat mengurangi kandungan total padatan tersuspensi (TSS) pada air limbah. Proses penjernihan air limbah yang semula berwarna keruh sehingga aman untuk dibuang ke badan air permukaan menggunakan beberapa jenis bahan kimia. Jenis bahan kimia yang digunakan pada proses pengendapan yaitu soda ash dan tawas. Soda ash atau natrium carbonate berfungsi untuk mengatur pH di kisaran 6-7. Tawas berfungsi sebagai koagulan, yaitu untuk menggumpalkan kotoran sehingga mengendap dalam dasar tangki *clarifier*. Penggunaan teknologi *clarifier tank* di *Outlet Instalasi Pengolahan Air Limbah industri kelapa sawit* tidak hanya bermanfaat untuk manusia saja, melainkan juga berdampak baik untuk lingkungan sekitar, termasuk hewan dan tumbuhan.

Kata kunci: baku mutu, BOD, COD, CPO, limbah cair

PENDAHULUAN

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas unggulan yang terdapat di sebagian besar wilayah Indonesia. Berdasarkan Data BPS tahun 2019, jumlah komoditas kelapa sawit tertinggi berada di pulau sumatera yaitu Provinsi Riau, Sumatera Utara, Sumatera Selatan dan Jambi (Batubara, Aini and Manurung, 2021). Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) berasal dari tiga sumber, yaitu berupa air kondensat yang dihasilkan dari stasiun rebusan (sterilizer), limbah dari stasiun klarifikasi (clarifier) dan limbah dari hydrocyclone (D *et al.*, 2009). Limbah cair pabrik kelapa sawit (LCPKS) atau palm oil mill effluent (POME) merupakan salah satu jenis limbah organik agroindustri berupa air, minyak dan padatan organik yang berasal dari hasil samping proses pengolahan tandan buah segar (TBS) kelapa sawit untuk menghasilkan CPO (Nursanti, 2013). Proses pengolahan kelapa sawit menjadi minyak kelapa sawit (CPO) akan menghasilkan limbah cair dalam jumlah yang cukup besar (Tahzan and Rahma, no date).

Limbah cair yang dihasilkan pabrik merupakan produk sampingan dari pengolahan TBS di Pabrik Kelapa Sawit (PKS) yang berasal dari proses perebusan (sterilizer) (Thew *et al.*, 2015), pemurnian (clarifier), air cucian pabrik, dan air hydrocyclon (air buangan dari proses pemisahan cangkang dan inti sawit). Limbah cair dari produksi CPO merupakan residu yang dikenal POME (Palm Oil Mill Effluent) (Yonas, Irzandi and Satriadi, 2012), mengandung padatan terlarut yaitu air, padatan terlarut dan minyak dan yang berpotensi mencemarkan lingkungan. Untuk mengetahui potensi pencemaran dari POME, terdapat beberapa karakteristik kimia seperti BOD, COD, TSS, pH, dan N-total) (Surbakti, Mardina and Fadhlani, 2020). Apabila limbah cair ini tidak dilakukan pengolahan dan langsung dibuang ke badan sungai maka akan mencemari lingkungan, karena baku mutu seperti COD (chemical Oxygen Demand), TSS (Total Suspended Solid), BOD (Biological Oxygen Demand), minyak lemak, amoniak dan N-Total akan melebihi ambang batas baku mutu yang telah ditetapkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup. Pengolahan yang sering dilakukan di pabrik pengolahan kelapa sawit menggunakan proses anaerob dan dilanjutkan dengan proses aerob (Nursanti, 2013).

Sebelum dibuang ke badan air, limbah cair diolah terlebih dahulu di stasiun Instalasi Pembuangan Air Limbah (IPAL) dan melalui beberapa perlakuan sehingga memenuhi standar baku mutu limbah cair (Panjaitan, 2011). Perlakuan air limbah pada ipal, selain memerlukan desain konstruksi ipal yang kokoh, terutama adalah memperbaiki air limbah sehingga memenuhi persyaratan sebagai air setelah pengolahan (effluent). Ipal juga harus mampu menangani berbagai variasi yang ada termasuk juga variasi dalam jumlah air limbah (Tjin-Swan and Sutanto, 2014). Pembagian kolam-kolam penampung air limbah

untuk dilakukan pengolahan sehingga memenuhi baku mutu limbah cair sebelum dibuang ke badan air adalah sebagai berikut (Yuna *et al.*, 2019):

1. Fat Pit. Limbah dari Pabrik Kelapa Sawit (PKS) dialirkan masuk kedalam fatpit. Kolam fat pit digunakan untuk menampung cairan-cairan yang masih mengandung minyak menggunakan *Oil Trap Water Separator* (P. Nugro Rahardjo, 2006).
2. Kolam Pendinginan. Limbah dari *fatpit* ini kemudian dialirkan ke kolam *cooling pond* yang berguna untuk mendinginkan limbah yang telah dipanaskan untuk memperbesar perbedaan berat jenis minyak, air untuk proses pengendapan. Limbah cair akan berada pada kolam ini sekitar 1-3 hari.
3. Kolam Pengasaman. Setelah dari kolam pendingin, limbah mengalir ke kolam pengasaman yang berfungsi sebagai proses pra-kondisi bagi limbah sebelum masuk ke kolam *anaerobic*
4. Kolam Pembiakan Bakteri. Kolam pembiakan bakteri dibuat untuk membiakkan bakteri pada awal pengoperasian pengendalian limbah (Hamid and Martinius, 2017).
5. Kolam *Anaerobik*. Limbah dari kolam pengasaman akan mengalir ke kolam *anaerobik*. *biological oxygen demand* (BOD) limbah setelah keluar dari kolam *anaerobik* sekunder maksimal ialah 3000 mg/l dengan pH minimal 6,0.
6. Kolam *Aerobik*. Proses yang terjadi pada kolam *anaerobik* adalah proses *aerobic*. Pada kolam ini, telah tumbuh ganggang dan *mikroba heterotrof* yang berbentuk *flocs*. Hal ini merupakan proses penyediaan oksigen yang dibutuhkan oleh mikroba dalam kolam.
7. Kolam Sedimentasi. Kolam ini berfungsi untuk memisahkan cairan dengan lumpur dan biasanya zat kimia yang dicampurkan dalam kolam ini adalah, *klorin/tawas, aluminium, sulfur, posfor*.
8. *Land Application* (Kolam *Outlet*). *Land Application* ini merupakan tempat pembuangan terakhir limbah, kolam ini hanya sebagai pengontrol yang mengalirkan limbah cair secara perlahan-lahan ke badan air seperti sungai dan pemukiman masyarakat.

Pada umumnya air limbah dari proses pengolahan minyak kelapa sawit walaupun telah dilakukan pengolahan pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL), karakteristik warna airnya keruh dan kecoklatan, diakibatkan tingginya bahan organik yang terkandung dalam air limbah (Yuna *et al.*, 2019). Penelitian pengolahan limbah cair industri kelapa sawit menggunakan Tanki *Clarifier* sebagai media pada proses penjernihan air limbah. Tujuan penelitian ini adalah salah satu solusi untuk menjernihkan warna air limbah sehingga air limbah yang dibuang ke badan air memenuhi baku mutu limbah cair dan aman bagi manusia, tumbuhan dan hewan jika masuk ke dalam aliran sungai.

BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah menggunakan Teknologi *Clarifier Tank* yang akan mengolah air limbah yang telah diproses pada Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL). Tangki *Clarifier* akan dipasang setelah kolam terakhir/*outlet* IPAL. Air limbah dari *Outlet* Instalasi Pengolahan Air Limbah (IPAL) akan masuk kedalam tangki *clarifier* yang berfungsi untuk memisahkan sejumlah kecil partikel-partikel halus sehingga menghasilkan *liquid* yang jernih.

Rancangan *Clarifier* merupakan gabungan sistem *Setling Tank* Konvensional dan Sistem DAF (*Disolved Air Flootation*). Bahan material yang digunakan antara lain Mild Steel, Fibreglass, Concrete maupun Mild Steel lapis Fibreglass. Di dalam *clarifier* terjadi proses klarifikasi yang mana proses ini berfungsi menghilangkan suspended solid. Suspended solid merupakan bagian dari kotoran (*impurities*) yang menyebabkan air

menjadi keruh. Secara umum klarifikasi dapat diartikan sebagai proses penghilangan suspended solid melalui mekanisme koagulasi, flokulasi dan sedimentasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini diharapkan dapat menjernihkan air limbah pada industri kelapa sawit yang menjadi permasalahan utama dalam pengolahan air limbah pada pabrik Crude Palm Oil (CPO) di Indonesia. Clarifier adalah unit proses sedimentasi yang menggabungkan Proses kimia (Koagulasi, Flokulasi) dan proses fisika (Sedimentasi) pada satu unit tangki. Clarifier berfungsi untuk mengurangi kandungan TSS dalam air Clarifier ini dapat menghasilkan air dengan tingkat kejernihan yang tinggi pada WTP maupun pada Primary Treatment WWTP.

Fungsi dan Prinsip Kerja Clarifier

Clarifier berfungsi untuk memisahkan sejumlah kecil partikel-partikel halus yang akan menghasilkan liquid yang jernih yang bebas partikel-partikel solid atau suspensi (Rusdiana, Mu'tamar and Hidayat, 2020). Di dalam Clarifier terjadi proses yang kita sebut dengan proses klarifikasi yang mana proses ini berfungsi menghilangkan solid tersuspensi. Solid tersuspensi merupakan bagian dari kotoran (*impurities*) yang menyebabkan air menjadi keruh. Secara umum klarifikasi dapat diartikan sebagai proses penghilangan solid tersuspensi melalui mekanisme koagulasi, flokulasi, dan sedimentasi. Air yang mengandung bahan kimia serta flok, mengalir ke clarifier melalui pipa vertikal ditengah clarifier, untuk dipisahkan floknya dengan cara pengendapan gravitasi. Lumpur yang sudah mengendap di bagian paling bawah dipompakan kembali ke bak aerasi dan lumpur pada air limbah yang baru datang dibiarkan turun mengendap ke bawah sehingga terjadi pergantian (Made Djaja, 2006).

Clarifier pada umumnya berbentuk tangki silinder dari beton dengan diameter 26 meter dantinggi 3,65 meter. Selama klarifikasi, dihilangkan juga *water hardness*, yaitu garam-garam kalsium dan magnesium yang larut dalam air, dengan cara mereaksikannya dengan zat-zat kimia yang akan mengendapkan *hardness* tersebut. Garam Ca dan Mg dalam bentuk bikarbonat akan lebih mudah larut. Untuk pengendapan yang efisien, perlu dilakukan pengadukan sehingga zat pengendapan terbagi dalam air sebelum terjadi pengendapan untuk membentuk gumpalan yang lebih besar, hal ini dapat dicapai dengan pengadukan lambat.

Jika dosis pengendapan terlalu tinggi, lapisan lumpur akan naik sampai batas yang telah ditentukan dan terbawa arus keluar. Untuk mengetahui kualitas air, clarifier dilakukan kontrol di *outlet* clarifier dengan parameter pH, Cl₂ (1,5 – 4,0 ppm) dan *turbidity* maksimum 5 ppm. Air yang bersih dipisahkan melalui *overflow* di bibir clarifier dan endapan dibuang melalui bagian bawah clarifier.

Disinilah akan kita lihat fungsi *baffle* seperti pada gambar diatas, dimana suatu industri ingin suatu proses yang efisien baik dari segi pekerja maupun segi waktu, maka dicari solusi agar proses pengendapan solid tersuspensi dapat berjalan lebih cepat. Clarifier dilengkapi dengan alat pengaduk (*mixer*) dan rake yang mana mixer ini sangat membantu sekali dalam proses pencampuran yang berlangsung dengan homogen. *Mixer* ini bekerja dengan prinsip dasar dari proses agitasi. Proses agitasi ini merupakan dasar dalam proses pengadukan air yang mana dengan adanya *baffle* hasil dari proses agitasi ini dapat mengurangi terjadinya *vorteks*. Sedangkan rake berfungsi mencegah agar flok-flok (gumpalan lumpur) tidak pekat di dasar clarifier dan bekerja dengan kecepatan 0,033 rpm.

Kotoran-kotoran yang mengendap bersama lumpur (sludge) dikeluarkan dari bawah clarifier sebagai blow down, sedangkan air jernih dari clarifier keluar lewat over flow.

Proses Koagulasi

Proses koagulasi merupakan suatu mekanisme penetralan dimana partikel-partikel koloid yang bermuatan dinetralkan muatannya, setelah penetralan maka partikel akan saling mendekat satu sama lain sehingga membentuk flok yang kecil melalui suatu proses dengan penambahan koagulan (Wijayanti and Utami, 2010). Koagulasi terjadi karena adanya interaksi antara koagulan dengan kontaminan seperti partikel koloid. Proses koagulasi dipengaruhi oleh berbagai faktor, antara lain pH, dosis koagulan, serta kekeruhan larutan (S.W., Iswanto and ., 2009). Beberapa koagulan yang sering dipakai adalah *Aluminum sulfate*- $Al_2(SO_4)_3$, *Ferric sulfate*- $Fe_2(SO_4)_3$, *Ferric chloride*- $FeCl_3$, dan *Sodium aluminate*- $Na_2Al_2O_4$. Tujuannya adalah untuk mengikat atau mengumpulkan kotoran-kotoran yang tidak bisa disaring melalui filter biasa sehingga nantinya filter dapat menyaring kotoran yang sudah bergabung.

Dosis Koagulan. Secara umum juga dapat dilihat bahwa penurunan kekeruhan berbanding lurus dengan dosis koagulan. Semakin tinggi dosis koagulan diperoleh tingkat penurunan kekeruhan yang semakin baik (S.W., Iswanto and ., 2009).

Proses Flokulasi

Proses Flokulasi adalah suatu mekanisme dimana flok kecil tersebut akan dilalui suatu media flokulan (*Polyelektrolit*) digabungkan menjadi flok yang lebih besar sehingga massa bertambah agar dapat mengendap (Budianti, 2017). Flok-flok yang semakin membesar itu akan mengendap sejalan dengan pertambahan luas permukaan aliran, sehingga waktu pengaliran akan lebih lama dan reaksi yang terjadi akan semakin sempurna. Sedangkan perluasan permukaan aliran akan dilakukan dengan penambahan sekat-sekat pada bak flokulasi. Sehingga butiran-butiran yang sudah terbentuk akan saling bertumbukan dan akan menghasilkan flok-flok yang semakin membesar, ini dikarenakan flok-flok tadi akan saling melekat antara satu dengan yang lainnya.

Proses Sedimentasi

Sedimentasi adalah proses membiarkan materi tersuspensi mengendap karena gravitasi. Biasanya materi tersuspensi yang disebut flok terbentuk dari materi yang ada dalam air dan bahan kimia yang digunakan dalam koagulasi atau proses-proses pengolahan lainnya (Kristijarti, Suharto and Marieanna, 2013). Proses sedimentasi adalah mekanisme dimana flok yang sudah cukup besar tersebut akan mengendap dan turun ke permukaan air karena gaya gravitasi bumi. Flok tersebut bisa bertambah besar dikarenakan penambahan flokulan. Flokulan tadi memiliki ciri-ciri yaitu mempunyai berat molekul yang besar sehingga rantainya yang panjang mengikat flok-flok kecil yang cukup jauh menjadi satu.

Jenis Clarifier

Industrial Waste Secondary Clarifier

Banyak rancangan yang semula membuang limbah organik ke saluran air telah berubah menggunakan fasilitas *treatment* sendiri agar mengurangi biaya *treatment plant*. Untuk limbah organik, proses *waste-activated sludge* merupakan tahapan yang disarankan, menggunakan *aeration* basin untuk tahap *bio oxidation* dan *secondary clarifier* untuk menghasilkan *clear effluent* dan untuk mengkonsentrasikan biomass untuk *recycle* ke basin. Untuk menghasilkan *effluent* yang diinginkan dan memperoleh konsentrasi yang cukup dari *low-density solids* yang membentuk biomassa, perlu kriteria desain tertentu

dalam rancangan jika memiliki data *pilot-plant*, prosedur desain yang diusulkan oleh Albertson dapat digunakan untuk menetapkan diameter tangki, kedalaman, *feed well dimension*, *feed inlet configuration*, dan *rake blade design* untuk suatu unit.

Tangki pemisah endapan (Clarifier Tank) dapat juga berupa tangki yang berbentuk kerucut, pada bagian bawah tangki dipasang kran pembuang endapan (lumpur), sedangkan pada bagian tengah dan atas dipasang pipa kran kontrol untuk mengetahui ketinggian endapan dalam tangki. Tangki pemisah endapan (Clarifier Tank) berfungsi sebagai tempat penggumpalan dan pengeluaran kotoran (lumpur) setelah bercampur (bereaksi) dengan bahan kimia (Ariyansah, Rahardja and Gamayel, 2020).

Kelemahan Clarifier

Kelemahan proses pengolahan clarifier memerlukan rentang waktu yang lebih lama dari pada pengolahan menggunakan filtrasi dan membutuhkan tempat yang besar, tetapi sangat efektif untuk mengolah dari air yang benar-benar keruh secara kasat mata menjadi jernih, juga memperpanjang umur proses filtrasi setelahnya (mis; Sand Filter, Carbon Aktif, Softener, RO).

Alat-alat penunjang Clarifier

Dibutuhkan alat-alat penunjang clarifier agar proses pengendapan mendapatkan hasil seperti yang diharapkan, alat-alat penunjang yang lazim digunakan adalah:

- a. Dosing pump yang berfungsi untuk inject chemical (koagulan, flokulan klorin dll) (Saraswati, Desryanto and Fatra, 2019), untuk besaran flow rate dosing pump seyogyanya dihitung berdasarkan kapasitas pompa yang dibutuhkan dengan batas minimal 0,1-1% (mis: Flow air yang diinginkan 2000 liter/jam maka dosing pump yang ideal mempunyai kapasitas maksimal 2 liter - 20 liter/jam).
- b. Mixing Tank yang berfungsi sebagai tanki buffer untuk memastikan chemical teraduk sempurna dan homogen dengan air, sehingga proses kimiawi yang dihasilkan bisa optimal.
- c. Sediment Pond yang berfungsi kolam untuk mengendapkan lumpur atau padatan yang telah terbentuk di clarifier tetapi belum sempat mengendap dengan sempurna, sediment pond juga bisa meringankan kerja Sand Filter sehingga tidak sering mampat.
- d. Bag Filter 20 micron, yang diperlukan jika karakter air baku tidak bisa merespon proses koagulasi dan flokulasi dengan cepat sehingga masih tersisa flok flok halus yang tidak bisa terendap sempurna walaupun sudah melewati proses dalam sediment pond.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih saya sampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Banyuasin yang telah memfasilitasi dan memberikan supportnya dalam penelitian ini.

KESIMPULAN

Penggunaan Teknologi *Clarifier Tank* efektif untuk menjadikan air limbah yang keruh menjadi jernih sehingga aman untuk dibuang ke lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

Ariyansah R, Rahardja IB, Gamayel A. 2020. Analisis desain static mixer pipe untuk meningkatkan proses koagulasi di external water treatment plant (Wtp). *Jurnal*

- ASIIMETRIK: *Jurnal Ilmiah Rekayasa & Inovasi*. 2(2): 95–106. DOI: 10.35814/asiimetrik.v2i2.1386.
- Batubara UM, Aini F, Manurung MM. 2021. Screening and characterization of anoxygenic photosynthetic bacteria as producer of carotenoid pigments from palm liquid sewages. *Jurnal Pembelajaran dan Biologi Nukleus*. 7(1): 253–263. DOI: 10.36987/jpbn.v7i1.2071.
- Budianti T. 2017. Studi literatur dalam pengolahan limbah dengan lumpur aktif dan karbon aktif. (January).
- D ND. *et al.* 2009. Study of Utilization of Sludge in Anaerobic and Aerobic Ponds from Waste Palm Oil Processing. IV(2).
- Hamid H, Martinius M. 2017. Keanekaragaman serangga air di sawah konvensional dan organik di kota Padang. *Jpt : Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection)*. 1(2): 68. DOI: 10.25077/jpt.1.2.68-78.2017.
- Kristijarti AP, Suharto I, Marieanna. 2013. Penentuan Jenis Koagulan Dan Dosis Optimum Untuk Meningkatkan Efisiensi Sedimentasi Dalam Instalasi Pengolahan Air Limbah Pabrik Jamu X. *Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Katolik Parahyangan*. pp. 1–33.
- Made Djaja I. 2006. Gambaran pengelolaan limbah cair di rumah sakit X Jakarta Februari 2006. *Makara Seri Kesehatan*.
- Nursanti I. 2013. Karakteristik limbah cair pabrik kelapa sawit pada proses pengolahan anaerob dan aerob. *Jurnal Ilmiah Universitas Batanghari Jambi*. 13(4): 67–73.
- P. Nugro Rahardjo. 2006. Teknologi pengelolaan limbah cair yang ideal. *Jai*. 2(1): 66–71.
- Panjaitan. 2011. Dengan indikator makroinvertebrata program studi kehutanan, 2 peminatan manajemen hutan Universitas Nusa Bangsa Jalan Baru Km 4 Cimanggu, Tanah Sareal, Bogor 16166. *Sains natural Universitas Nusa Bangsa*. 1(1): 58–72.
- Rusdiana E, Mu'tamar MFF, Hidayat K. 2020. Analisis faktor-faktor penjernihan limbah cair unit pengolahan limbah cair industri gula (Studi Kasus Pg Xyz). *Agroindustrial Technology Journal*. 4(1): 1. DOI: 10.21111/atj.v4i1.4093.
- SW R, Iswanto B, W. 2009. Pengaruh pH pada proses koagulasi dengan koagulan aluminum sulfat dan ferri klorida. *Indonesian Journal of Urban and Environmental Technology*. 5(2): 40. DOI: 10.25105/urbanenvirotech.v5i2.676.
- Saraswati M, Desryanto N, Fatra O. 2019. Perencanaan Saluran Limbah Cair di Gedung Terminal Bandar Udara Internasional Ahmad Yani Semarang. *Jurnal Ilmiah Aviassi Langit Biru*. 12(1): 79–88.
- Surbakti BJ, Mardina V, Fadhliani. 2020. Karakteristik limbah cair hasil pengolahan sistem lumpur aktif pada pabrik kelapa sawit PTPN II Tanjung Morawa, Kebun Sawit Seberang. *Biologica Samudra*. 2(2): 95–102.
- Tahzan S. La, Rahma L. (no date). Pengolahan Limbah Cair Berasal Dari Kolam Akhir (Final Pond) Dengan Proses Koagulasi Me ...'
- Thew R. *et al.* 2015. No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title', *Metrologia*, 53(5), pp. 1–116. Available at: http://publicacoes.cardiol.br/portal/ijcs/portugues/2018/v3103/pdf/3103009.pdf%0Ahttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-75772018000200067&lng=en&tlng=en&SID=5BQIj3a2MLaWUV4OizE%0Ahttp://scielo.iec.pa.gov.br/scielo.php?script=sci_
- Tjin-Swan O, Sutanto H. 2014. Desain instalasi pengolah air limbah industri minuman teh dengan menggunakan sistem aerobik. *Ilmiah Teknik Mesin Cylinder*. 1(2): 9–16.
- Wijayanti U, Utami B. 2010. Analisis kajian implementasi pendekatan sains, teknologi dan masyarakat (STM) pada bahan ajar redoks dan elektrokimia. *Seminar Nasional*

- Pendidikan Biologi FKIP UNS*. pp. 154–163.
- Yonas R, Irzandi U, Satriadi H. 2012. Pengolahan limbah pome (Palm Oil Mill Effluent) dengan menggunakan mikroalga. 1(1): 7–13.
- Yuna R. *et al.* 2019. Pengujian karakteristik kimia pada limbah cair kelapa sawit di pabrik X evaluation of the chemical characteristics of palm oil liquid waste in factory X Data dan informasi pertanian kementerian pertanian, 2010. *Jurnal Biologica Samudra*. 1(1): 1–8.