

KONTRIBUSI AIR LIMBAH PENGOLAHAN SAGU TERHADAP KUALITAS AIR SUNGAI

Nururrahmah^{1*}, Desy Nurhasanah Sari², Andi Kurnia Sari Kadir², Luki Ariadi¹

¹ Program Studi Teknik Lingkungan, Universitas Syekh Yusuf Al Makassar Gowa

BTN Andi Tonro Permai Blok A20/5, Gowa – Sulawesi Selatan 92113

² Program Studi Kimia, Universitas Syekh Yusuf Al Makassar Gowa

BTN Andi Tonro Permai Blok A20/5, Gowa – Sulawesi Selatan 92113

*Email: nururrahmahhamado@gmail.co.id

Abstrak

Pati sagu diperoleh dengan cara ekstraksi secara tradisional dan berkelompok oleh petani dan masyarakat setempat. Proses ekstraksi pati sagu membutuhkan air dalam jumlah yang banyak sehingga dalam proses pengolahannya dihasilkan air limbah sagu dan ampas sagu yang sangat banyak. Studi ini dilakukan untuk mengetahui kontribusi bahan pencemar dari air limbah sagu yang masuk ke sungai sehingga mempengaruhi kualitas air sungai. Air limbah pengolahan sagu yang digunakan adalah air buangan pertama yang diambil langsung dari saluran pembuangan (T1), air buangan terakhir yang diambil dekat dengan pembuangan ke sungai (T2), dan air sungai tempat pengaliran air limbah sagu. Parameter fisikokimia (suhu, pH, kekeruhan, TSS, DO, mineral besi, dan nitrat) diperoleh menggunakan metode analitik berdasarkan SNI dan mineral fosfat menggunakan spektrofotometrik. Perbandingan hasil pengukuran parameter fisikokimia air limbah sagu dan air sungai dengan baku mutu menunjukkan bahwa parameter kekeruhan 51,2 mg/L, konsentrasi TSS 140 mg/L, dan konsentrasi mineral besi 3,0951 mg/L melebihi ambang batas baku mutu untuk perairan kelas II berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa air limbah sagu memberikan kontribusi bahan pencemar yang dibuang ke sungai sehingga untuk selanjutnya perlu diolah sebelum dibuang ke lingkungan.

Kata kunci: air limbah sagu, kualitas air sungai, parameter fisikokimia

1. PENDAHULUAN

Sagu adalah salah satu sumber makanan pokok sebagian masyarakat di Indonesia karena kandungan karbohidratnya yang sangat tinggi sehingga dapat digunakan sebagai bahan makanan pengganti beras. Nilai kandungan karbohidrat beberapa pati yang dirilis oleh Kementerian Kesehatan Republik Indonesia antara lain: sagu 84,70%, beras 78,90%, singkong 34,70%, jagung 33,10%, dan kentang 19,10%. Data tersebut memperlihatkan jika sagu memiliki kandungan tertinggi dibandingkan komoditas yang lainnya. Nilai kandungan kalori dalam setiap 100gram sumber pati antara lain: sagu 353 kalori, beras 360 kalori, jagung 140 kalori, singkong 146 kalori, ubi jalar 143 kalori, dan kentang 83 kalori (Asriani and Herdhiansyah, 2021). Salah satu wilayah di Indonesia yang masih mengkonsumsi pati sagu sebagai sumber makanan pokok adalah Sulawesi Selatan, khususnya beberapa daerah di Tana Luwu, yaitu: Kabupaten Luwu, Kota Palopo, Kabupaten Luwu Utara, dan Kabupaten Luwu Timur. Pati sagu bahkan dijadikan sebagai sumber pendapatan utama masyarakat dengan

mengolahnya menjadi makanan pokok tradisional yang diperjualbelikan seperti kapurung, dange, sagu bakar, papeda, atau sinonggi. Pati sagu juga diolah menjadi kue tradisional sebagai makanan ringan bernilai gizi, seperti: bagea, ongol-ongol, cendol sagu, atau dibuat dalam bentuk tepung sagu kering (Rosida, 2019).



Gambar 1. Pabrik pengolahan sagu tradisional

Pati sagu diperoleh melalui pengolahan batang sagu dengan cara ekstraksi, baik secara tradisional maupun cara modern (mekanisasi melalui pabrikasi). Pengolahan pati sagu secara tradisional dilakukan secara perorangan atau berkelompok dan dalam skala kecil, sedangkan pengolahan secara modern sudah melalui

pabrikasi dimana beberapa proses pengerjaannya dilakukan dengan cara mekanis merupakan hasil modifikasi teknik pengolahan sagu secara tradisional namun dilakukan sepenuhnya menggunakan mesin, diawali dengan pemotongan pohon sagu, mengupas kulit batang sagu, memarut batang sagu dengan mesin *conveyor belt*, hingga proses mengeringkan pati sagu menggunakan mesin pengering berputar (*rotary vacuum*) (Karim et al., 2008).

Pengolahan sagu secara modern dilakukan untuk memperoleh pati sagu dalam jumlah banyak (skala besar). Proses pengolahan sagu untuk memperoleh pati sagu, dibutuhkan air dalam jumlah yang banyak. Oleh karena itu proses ekstraksi pati sagu menghasilkan beberapa jenis limbah dalam jumlah yang besar. Limbah yang dihasilkan dari proses ekstraksi pati sagu adalah limbah padat dan limbah cair. Limbah padat dalam bentuk kulit batang sagu (26%), empulur sagu, dan ampas sagu (14% dari total batang sagu) dalam bentuk serat dan pati terlarut, sedangkan limbah cair dalam bentuk air buangan sisa hasil ekstraksi pati sagu (Phang et al., 2000, Singhal et al., 2008).

Limbah padat yang dihasilkan dari proses pengolahan pati sagu sebagian kecil dimanfaatkan oleh masyarakat sebagai pakan ternak dan kompos, sisanya dibiarkan menumpuk hingga menjadi timbunan ampas sagu yang mengeluarkan bau busuk dalam waktu lama. Untuk setiap 1 kg empulur sagu yang diekstraksi, menghasilkan air limbah kurang lebih 20 liter (Bujang and Ahmad, 2000) yang masih mengandung banyak padatan terlarut seperti pati dan selulosa dengan perbandingan konsentrasi karbon dan nitrogen kurang lebih 105 : 0,12 (Phang et al., 2000). Selain itu, beberapa senyawa organik, seperti protein dan lemak, serta senyawa anorganik seperti pasir halus dan lumpur alami juga ikut terbuang masuk ke badan air (Balasundaram et al., 2014).

Semua jenis limbah yang dihasilkan dari pengolahan pati sagu perlu mendapat perhatian karena dapat menyebabkan kerusakan lingkungan jika dibuang langsung ke lingkungan tanpa pengolahan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk melihat kontribusi air limbah yang dihasilkan dari pengolahan pati sagu terhadap kualitas air sungai yang digunakan oleh masyarakat dan berada disekitar pabrik pengolahan sagu.

2. METODOLOGI

Sampel air limbah pengolahan sagu diambil langsung di lokasi pabrik pengolahan sagu tradisional yang terletak di Desa Tondok Alla, Kelurahan Jaya, Kecamatan Telluwanua, Kota Palopo, Sulawesi Selatan. Sedangkan sampel air sungai diambil di aliran Sungai Salu Battang yang melewati pabrik pengolahan sagu. Lokasi pengolahan sagu dipilih berdasarkan dari jumlah tepung sagu basah yang diproduksi serta lokasi sungai tempat mengalirkan air limbah yang dihasilkan.

Air limbah sagu adalah air sisa hasil proses pencucian pati sagu yang dibuang langsung ke badan air. Sampel air limbah sagu diambil pada dua titik yang berbeda, yaitu air limbah cucian pertama yang langsung diambil di saluran pembuangan (T1) dan air limbah yang telah melalui saluran pembuangan menuju badan sungai (T2). Sampel air limbah sagu ditempatkan dalam wadah botol yang bersih dan gelap untuk menghindari paparan sinar matahari.



(T1)

(T2)

Gambar 2. Lokasi pengambilan sampel air limbah pengolahan sagu (T1 dan T2)

Parameter yang dianalisis adalah suhu, pH, kekeruhan air, kandungan besi (Fe), Fosfor dalam bentuk PO_4 , kandungan nitrat, total TSS, dan DO. Seluruh parameter menggunakan metode uji laboratorium berdasarkan SNI, sedangkan untuk parameter suhu dan pH diukur langsung di lapangan (*insitu*). Pengujian parameter kekeruhan berdasarkan SNI 06-6989.25-2005, parameter TSS berdasarkan SNI 06-6989.3-2019, parameter DO berdasarkan SNI 06-2425-1991. Parameter kandungan besi, nitrat, dan PO_4 diukur menggunakan metode analitik berdasarkan SM APHA 23rd Ed tahun 2017.

Parameter kualitas air sungai ditetapkan berdasarkan Lampiran VI dalam Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang Baku Mutu air sungai dan sejenisnya kelas II untuk prasarana/sarana rekreasi air, pembudidayaan ikan air tawar, dan untuk pertamanan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kualitas air sungai dipengaruhi oleh kualitas air yang masuk ke badan sungai yang berada di daerah tangkapan dan aliran sungai, serta dipengaruhi oleh aktifitas manusia, salah satunya adalah aktifitas dari pabrik pengolahan sagu. Tabel 1 menunjukkan karakteristik fisikokimia air limbah pengolahan sagu.

Tabel 1. Parameter fisikokimia air limbah sagu

Parameter	Sampel*	
	T1	T2
Suhu (°C)	29	29
pH	6	6
Kekeruhan (mg/L)	238	52,8
TSS (mg/L)	368	76
DO (mg/L)	0,11	0,12
Total Fosfat (mg/L)	1,78	2,76
Besi (mg/L)	1,6207	2,2412
Nitrat (NO ₃ ⁻) (mg/L)	7,657	10,582

*Pengulangan tiga kali

Parameter yang digunakan untuk melihat kualitas air sungai adalah parameter fisika dan kimia. Parameter fisika yang digunakan adalah pengukuran suhu, kekeruhan, dan total padatan tersuspensi (TSS), sedangkan parameter kimia yang digunakan adalah pengukuran pH, konsentrasi DO, total kandungan fosfat, mineral besi, dan total kandungan nitrat dalam bentuk NO₃⁻. Tabel 2 menunjukkan kualitas air sungai yang dialiri oleh air limbah dari pabrik pengolahan sagu.

Tabel 2. Parameter fisikokimia air sungai

Parameter	Baku Mutu	Hasil Uji
Suhu (°C)	28-30	29
pH	6-9	6
Kekeruhan (mg/L)	50	51,2
TSS (mg/L)	50	140
DO (mg/L)	> 4	2,65
Total Fosfat (mg/L)	0,2	< 0,05
Besi (mg/L)	-	3,0951
Nitrat (NO ₃ ⁻) (mg/L)	10	2,930

3.1. Suhu

Parameter suhu untuk melihat kualitas air sungai merupakan salah satu komponen penting yang perlu diperhatikan. Perubahan suhu air sungai dipengaruhi oleh beberapa faktor, baik langsung maupun tidak langsung. Faktor langsung seperti kondisi alami sungai itu sendiri dan intensitas sinar matahari, sedangkan

faktor tidak langsung adalah aktifitas manusia yang berada di sekitar aliran sungai serta tata guna lahan di sekitar sungai tersebut. Oleh karena itu, kondisi sungai harus dijaga dan dipertahankan sehingga dapat meminimalisasi terjadinya penurunan kualitas air sungai hingga pencemaran air sungai (Hanum et al., 2022). Hasil pengukuran suhu air limbah pengolahan sagu pada kedua titik dan air sungai adalah 29°C. Hal ini menunjukkan bahwa masuknya air limbah pengolahan sagu ke sungai tidak menyebabkan perubahan suhu air dan nilainya masih tergolong normal dalam kisaran baku mutu yang dipersyaratkan PP 22/2021 untuk perairan kelas II.

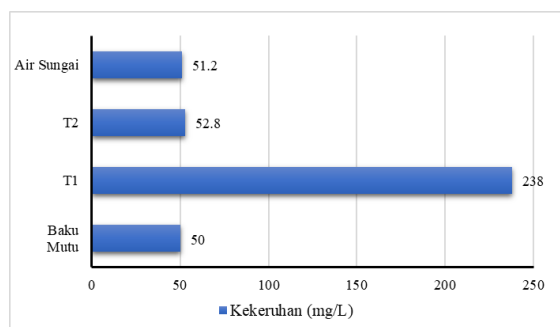
3.2. Derajat keasaman (pH)

Derajat keasaman (pH) adalah nilai yang menyatakan tingkat keasaman atau kebasaan suatu larutan yang dapat mempengaruhi kehidupan biota didalamnya (Chigor et al., 2012). Hasil pengukuran menunjukkan nilai pH air limbah sagu dan air sungai masih berada dalam standar baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu 6-9. Perubahan nilai pH dalam perairan dipengaruhi oleh kandungan O₂ dan CO₂ dalam air yang juga dapat mempengaruhi kehidupan biota air, akan tetapi alam memiliki mekanisme yang sendiri yang berlangsung perlahan untuk menjaga perubahan yang terjadi dan berusaha mencapai kesetimbangan alam (Rukminasari et al., 2014). Perubahan nilai pH perairan dapat juga dipengaruhi oleh aktifitas manusia karena pembuangan limbah organik maupun anorganik ke dalam badan sungai (Adnyana et al., 2017, Yuliastuti, 2011).

3.3. Kekeruhan

Tingkat kekeruhan merupakan salah satu parameter fisika yang dapat dijadikan indikator kualitas perairan. Tingkat kekeruhan menunjukkan jumlah bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dalam badan air yang mampu menyerap sejumlah cahaya (Suhana, 2018). Gambar 3 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran kekeruhan air limbah sagu, air sungai, dan baku mutu air sungai kelas II. Kekeruhan air limbah sagu di titik I (saluran pembuangan pertama air limbah sagu) 238 mg/L menunjukkan bahwa komposisi bahan organik dan anorganik dalam yang terkandung dalam air limbah sagu sangat tinggi. Akan tetapi, setelah nilai kekeruhan air limbah sagu pada titik II yang selanjutnya dialirkan

masuk ke dalam badan sungai menurun drastis hingga 52,8 mg/L.



Gambar 3. Perbandingan pengukuran kekeruhan air limbah, air sungai, baku mutu

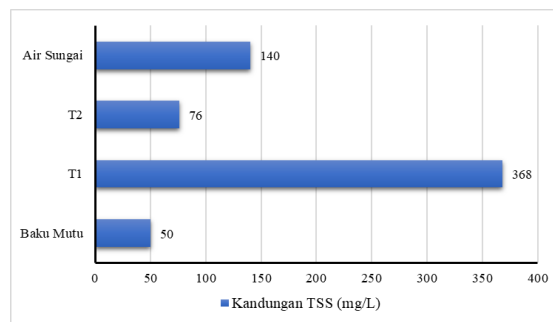
Namun nilai ini masih melebihi baku mutu nilai kekeruhan yang dipersyaratkan dalam PP 22/2021, yaitu 50 mg/L. Kekeruhan pada air dapat disebabkan oleh kandungan bahan anorganik yang tersuspensi, antara lain sedimen, pasir, dan serat kasar yang ikut terbawa, serta kandungan bahan organik seperti pati sagu terlarut yang berwarna ungu tersuspensi dan ikut masuk ke dalam air (Tan et al., 2017). Perubahan nilai kekeruhan air sungai juga dapat dipengaruhi oleh curah hujan di daerah hulu, limpasan lumpur dan sedimen yang ikut terbawa oleh air sungai ke muara (Tomperi et al., 2022)

3.4. Kandungan TSS

TSS adalah parameter fisika yang menunjukkan jumlah total padatan bahan organik dan anorganik yang tersuspensi dalam air karena tidak larut dan terendap dengan ukuran pori lebih kecil dari 0,45 μm (Rügnier et al., 2013). Gambar 4 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran TSS air limbah sagu dan air sungai dengan baku mutu TSS untuk air sungai kelas II 50 mg/L. Hasil pengukuran menunjukkan kandungan TSS air limbah sagu pada T1 sangat tinggi 368 mg/L dan menurun di T2, yaitu 76 mg/L.

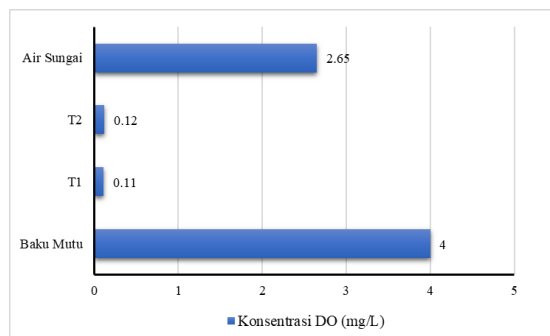
Akan tetapi kandungan TSS pada sampel air sungai nilainya sangat tinggi 140 mg/L. Kandungan TSS air sungai tersebut melebihi ambang batas baku mutu untuk air sungai kelas II, yaitu 50 mg/L. Kandungan TSS yang tinggi menunjukkan bahwa banyak partikel yang masuk di badan air dalam bentuk lumpur, pasir, serat halus dan kasar, atau mikroorganisme, yang ikut tercampur dengan partikel-partikel yang terbawa akibat aktifitas alam seperti

limpasan air dari hulu, atau curah hujan yang tinggi (Sarda and Sadgir, 2015). Kandungan TSS yang tinggi di badan air dapat mengganggu kehidupan biota air karena menyebabkan sinar matahari tidak dapat masuk ke dalam air sehingga proses fotosintesis terganggu (Martinsson et al., 2015).



Gambar 4. Perbandingan pengukuran kandungan TSS dalam sampel air

Konsentrasi DO – Parameter DO atau oksigen terlarut adalah salah satu indikator yang dapat digunakan untuk mengetahui kualitas perairan berdasarkan tingkat kesegaran air (Sutriati, 2011). Oksigen terlarut sangat berperan dalam reaksi oksidasi dan reduksi dari bahan organik sehingga dapat mengurangi konsentrasi pencemar yang terdapat dalam air. Gambar 5 menunjukkan perbandingan hasil pengukuran DO air limbah sagu dan air sungai dibandingkan dengan baku mutu air sungai kelas II.



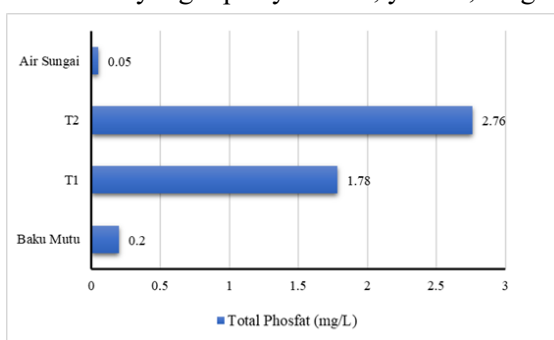
Gambar 5. Perbandingan pengukuran konsentrasi DO dalam sampel air

Grafik menunjukkan konsentrasi DO ketiga sampel air berada jauh di bawah ambang batas baku mutu konsentrasi DO yang dipersyaratkan > 4 mg/L. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas air sungai tersebut tidak baik digunakan untuk kehidupan biota air, bahkan dapat menyebabkan kematian untuk kehidupan biota air yang ada didalamnya. Semakin tinggi konsentrasi DO perairan, semakin bagus kualitasnya, demikian pula

sebaliknya. Konsentrasi DO lebih dari 4 mg/L menjadi indikator kondisi perairan yang baik (Salmin, 2005), sedangkan perairan dengan konsentrasi DO di bawah 3 mg/L dapat menyebabkan kerusakan pada kehidupan biota air hingga menyebabkan kematian (Safitri and Putri, 2013).

3.5. Kandungan mineral-mineral

Phosfat (PO_4), besi, dan nitrat (NO_3^-) – Gambar 6 menunjukkan perbandingan nilai hasil pengukuran kandungan mineral phosfat dalam air limbah sagu dan air sungai dan dibandingkan dengan baku mutu mineral phosfat untuk perairan kelas II. Grafik menunjukkan konsentrasi phosfat air limbah sagu dan air sungai masih berada dalam kisaran baku mutu yang dipersyaratkan, yaitu 0,2 mg/L.

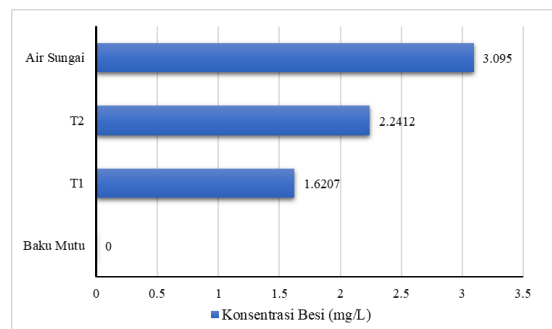


Gambar 6. Perbandingan pengukuran kandungan total Phosfat dalam sampel air

Mineral phosfat yang berada di perairan tidak memberikan dampak langsung terhadap makhluk hidup, akan tetapi jika secara terus menerus dikonsumsi, dapat menyebabkan gangguan pencernaan. Mineral phosfat yang berada dalam air dapat larut, tersuspensi, atau terikat dalam sel organisme biota air. Mineral phosfat yang terlarut menjadi salah satu penyebab pertumbuhan tumbuhan air seperti alga, enceng gondok, dan rumput-rumputan di perairan yang tenang seperti danau, sungai, dan estuaria (Ismail, 2011).

Hasil pengukuran konsentrasi mineral besi dalam air limbah sagu dan air sungai dibandingkan dengan baku mutu air sungai kelas II dapat dilihat pada Gambar 7. Grafik menunjukkan konsentrasi mineral besi sangat tinggi pada semua sampel, terutama sampel air sungai 3,0951 mg/L. Berdasarkan baku mutu air sungai kelas II, untuk mineral besi tidak diperbolehkan ada dalam perairan sehingga hasil pengukuran menunjukkan bahwa air sungai yang dialiri oleh air limbah sagu tercemar oleh mineral besi. Pertambahan

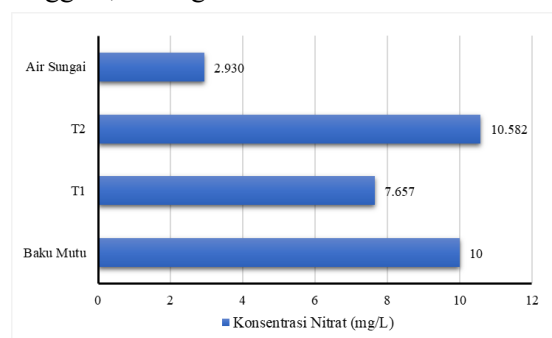
konsentrasi mineral besi ditunjukkan dari hasil pengukuran air limbah sagu di T1, yaitu 1,6207 mg/L, kemudian masuk ke saluran pembuangan T2 meningkat menjadi 2,2412 mg/L dan akhirnya masuk ke badan sungai menjadi 3,0951 mg/L.



Gambar 7. Perbandingan pengukuran konsentrasi mineral besi dalam sampel air

Peningkatan konsentrasi mineral besi dalam air sungai dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain buangan air limbah sagu melewati pipa saluran air yang korosi dan atau air tanah yang mengandung mineral besi yang ikut terbawa air limbah saat di buang ke badan sungai.

Perbandingan nilai konsentrasi mineral nitrat dapat dilihat pada Gambar 8. Grafik menunjukkan konsentrasi nitrat tertinggi berada pada air limbah sagu di T2 10,582 mg/L, sedangkan konsentrasi nitrat air limbah sagu T1 hanya 7,657 mg/L. Namun, konsentrasi nitrat yang diperoleh dalam air sungai menurun hingga 2,930 mg/L.



Gambar 8. Perbandingan pengukuran konsentrasi nitrat dalam sampel air

Hal ini sejalan dengan jumlah kandungan oksigen dari air limbah sagu yang berada di bawah 0,2 mg/L yang menyebabkan bakteri nitrifikasi berhenti bekerja sehingga kandungan senyawa nitrat menjadi tinggi. Sedangkan kandungan senyawa nitrat dalam air sungai berkurang karena kandungan oksigennya cukup

tinggi yang menyebabkan proses denitrifikasi terjadi dan mampu menurunkan konsentrasi nitrat dalam air dan menghasilkan nitrogen bebas menjadi amoniak (Rahman and Rizal, 2016).

4. KESIMPULAN

Proses pengolahan pati sagu menghasilkan limbah cair dalam bentuk air buangan hasil ekstraksi dan limbah padat dalam bentuk kulit batang sagu, empulur, dan ampas sagu. Hasil analisis menunjukkan parameter kekeruhan, TSS, dan mineral besi melebihi ambang batas baku mutu untuk perairan kelas II berdasarkan PP Nomor 22 Tahun 2021, sehingga air limbah sagu yang akan dibuang ke badan sungai perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu untuk meminimalisasi kontribusi bahan pencemar masuk ke dalam badan sungai.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih penulis sampaikan kepada Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Kementerian Pendidikan Tinggi, Sains dan Teknologi (Kemdiktisaintek) melalui dana Bantuan Penelitian Dosen Pemula (PDP) Tahun Anggaran 2025, serta kepada Universitas Syekh Yusuf Al Makassar Gowa atas dukungannya hingga penelitian ini terlaksana dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

Adnyana, S., Wayan, I. & Rai, I. N. 2017. Studi analisis kualitas air di daerah aliran Sungai Pakerisan Provinsi Bali. *Ecotrophic*, 11, 101-107.

Asriani & Herdhiansyah, D. 2021. Teknologi Pengolahan Sagu.

Balasundaram, N., Meenambal, T., Balasubramaniam, N. & Loganath, R. 2014. Comparative Study of Different Media in the Treatment of Sago Wastewater using HUASB Reactor. *Nature Environment and Pollution Technology*, 13, 511.

Bujang, K. & Ahmad, F. Sago Starch: Production and Utilization in Malaysia. International Sago Seminar, 2000. 1-8.

Chigor, V. N., Umoh, V. J., Okuofu, C. A., Ameh, J. B., Igbinosa, E. O. & Okoh, A. I. 2012. Water quality assessment: surface water sources used for drinking and irrigation in Zaria, Nigeria are a

public health hazard. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184, 3389-3400.

Hanum, U., Ramadhan, M. F., Armando, M. F., Sholiqin, M. & Rachmawati, S. 2022. Analisis kualitas air dan strategi pengendalian pencemaran air di Sungai Pepe Bagian Hilir, Surakarta. *Prosiding Sains dan Teknologi*, 1, 376-386.

Ismail, Z. 2011. Monitoring trends of nitrate, chloride and phosphate levels in an urban river. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering*, 3, 132-138.

Karim, A., Tie, A., Manan, D. & Zaidul, I. 2008. Starch from The Sago (Metroxylon sagu) Palm Tree—Properties, Prospects, and Challenges as A New Industrial Source for Food and Other Uses. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 7, 215-228.

Martinsson, J., Eriksson, A., Nielsen, I. E., Malmberg, V. B., Ahlberg, E., Andersen, C., Lindgren, R., Nystrom, R., Nordin, E. & Brune, W. 2015. Impacts of combustion conditions and photochemical processing on the light absorption of biomass combustion aerosol. *Environmental Science & Technology*, 49, 14663-14671.

Phang, S., Miah, M., Yeoh, B. & Hashim, M. 2000. Spirulina Cultivation in Digested Sago Starch Factory Wastewater. *Journal of Applied Phycology*, 12, 395-400.

Rahman, E. C. & Rizal, A. 2016. Kajian variabel kualitas air dan hubungannya dengan produktivitas primer fitoplankton di perairan waduk darma Jawa Barat. *Jurnal Perikanan Kelautan*, 7.

Rosida, D. F. 2019. Inovasi Teknologi Pengolahan Sagu. Surabaya: CV. Mitra Sumber Rejeki.

Rügner, H., Schwientek, M., Beckingham, B., Kuch, B. & Grathwohl, P. 2013. Turbidity as a proxy for total suspended solids (TSS) and particle facilitated pollutant transport in catchments. *Environmental Earth Sciences*, 69, 373-380.

Rukminasari, N., Nadiarti, N. & Awaluddin, K. 2014. Pengaruh derajat keasaman (pH) air laut terhadap konsentrasi kalsium

- dan laju pertumbuhan *Halimeda* sp. *Torani Journal of Fisheries and Marine Science*, 24.
- Safitri, M. & Putri, M. 2013. *Kondisi Keasaman (pH) Laut Indonesia. Prosiding Seminar Nasional Kelautan POSEIDON* 73-87.
- Salmin 2005. Oksigen terlarut (DO) dan kebutuhan oksigen biologi (BOD) sebagai salah satu indikator untuk menentukan kualitas perairan. *Oseana*, 30, 21-26.
- Sarda, P. & Sadgir, P. 2015. Assessment of multi parameters of water quality in surface water bodies-a review. *Int J Res Appl Sci Eng Technol*, 3, 331-336.
- Singhal, R. S., Kennedy, J. F., Gopalakrishnan, S. M., Kaczmarek, A., Knill, C. J. & Akmar, P. F. 2008. Industrial Production, Processing, and Utilization of Sago Palm-Derived Products. *Carbohydrate polymers*, 72, 1-20.
- Suhana, M. P. 2018. Karakteristik sebaran menegak dan melintang suhu dan salinitas Perairan Selatan Jawa. *Dinamika Maritim*, 6, 9-11.
- Sutriati, A. 2011. Penilaian kualitas air sungai dan potensi pemanfaatannya studi kasus S. Cimanuk. *Jurnal Sumber Daya Air*, 7, 1-17.
- Tan, C., Thishalini, A., Goh, E. & Edlic, S. 2017. Studies on turbidity in relation to suspended solid, velocity, temperature, pH, conductivity, colour and time. *ARPJ Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12, 5626-5635.
- Tomperi, J., Isokangas, A., Tuuttila, T. & Paavola, M. 2022. Functionality of turbidity measurement under changing water quality and environmental conditions. *Environmental technology*, 43, 1093-1101.
- Yuliastuti, E. 2011. *Kajian Kualitas Air Sungai Ngringo Karanganyar dalam Upaya Pengendalian Pencemaran Air*. Magister, Universitas Diponegoro.