

Aplikasi Reaktor Koagulasi-Flokulasi Berbiaya Murah untuk Menghasilkan Air Bersih yang Memenuhi Persyaratan Kesehatan

Sulaiman Hamzani¹ Muhammad Pahrudin²
Syarifudin A.³

¹ Program Studi Sanitasi Lingkungan Program Sarjana Terapan, Poltekkes Kemenkes Banjarmasin

² Program Studi Sanitasi Program Diploma Tiga, Poltekkes Kemenkes Banjarmasin

³ Program Studi Sanitasi Lingkungan Program Sarjana Terapan, Poltekkes Kemenkes Banjarmasin

✉ sulaimanhamzani001@gmail.com

Penyediaan air bersih merupakan salah satu intervensi penting bagi kesehatan, perkembangan anak dan pembangunan berkelanjutan serta memiliki peranan penting dalam menurunkan angka penderita penyakit seperti diare, trachoma, dan stunting. Berdasarkan survei pada anak sungai di wilayah cempaka diketahui tingkat kekeruhan sangat tinggi berkisar 220-235 NTU, pH 6,67-7,0 dan masih digunakan masyarakat sekitar untuk keperluan mandi, cuci dan kakus. Tujuan penelitian adalah menganalisis kemampuan koagulan kapur dan PACl pada aplikasi reaktor koagulasi-flokulasi untuk pengolahan air sungai menjadi air bersih memenuhi persyaratan kesehatan. Tahapan penelitian dimulai dari uji jartest dengan variasi dosis koagulan untuk menentukan dosis optimum kapur dan PACl, kemudian dilakukan ujicoba pada aplikasi reaktor koagulasi-flokulasi dengan variasi dosis koagulan tersebut. Parameter yang diamati adalah kekeruhan dan pH. Hasil penelitian menunjukkan dosis koagulan optimum diperoleh pada dosis kapur 1,25 mg/L x 20 Liter = 25 mg dan PACl 0,625 mg/L x 20 liter = 12,5 mg pada reaktor koagulasi-flokulasi, mampu menurunkan kekeruhan air sungai rerata 205,7 NTU menjadi 4,10 NTU (98%) dan pH rerata 6,94 menjadi 7. Kedua parameter memenuhi persyaratan standar baku mutu air bersih untuk kekeruhan 25 NTU dan pH 6,5-8,5. Model reaktor koagulasi-flokulasi ini dapat menjadi alternatif pengolahan air sungai berbiaya murah dengan kisaran budget Rp. 200.000,- sudah termasuk keperluan koagulan kapur dan PACl.

Kata kunci: koagulasi-flokulasi, dosis koagulan, kekeruhan, pH, air bersih.

Diajukan: 6 Mei 2022

Direvisi: 15 Mei 2022

Diterima: 23 Mei 2022

Dipublikasikan online: 30 Mei 2022

Pendahuluan

Penyediaan air bersih adalah salah satu intervensi penting bagi kesehatan dan perkembangan anak dan pembangunan berkelanjutan karena tiga alasan utama yaitu: pertama, akses air merupakan hak asasi manusia yang fundamental melalui *sustainable development goals* (SDGs). Kedua, air mencegah infeksi trachoma dan cacing pada anak-anak. Ketiga, efek jangka panjang air, sanitasi, dan kebersihan berpengaruh terhadap stunting dan gizi (Russell and Azzopardi, 2019).

Keberhasilan penyediaan air bersih akan memberikan dampak positif terhadap kondisi kesehatan lingkungan, masyarakat dan peningkatan produktifitas sebagai upaya menanggulangi permasalahan kesehatan (Setyoad, 2014). Sementara menurut Latif dkk (2019), keterlibatan masyarakat merupakan bentuk kepedulian terhadap program penyediaan air bersih yang menjadi suatu proses perkembangan dalam masyarakat dalam rangka meningkatkan derajat kesehatan.

Penelitian Putra dkk (2017) menunjukkan bahwa balita yang tinggal di rumah dengan sarana air bersih tidak memenuhi syarat kesehatan mempunyai resiko sekitar 3 kali

lebih besar menderita diare dibandingkan dengan tinggal di rumah pada kondisi sarana air bersih telah memenuhi syarat kesehatan. Penyediaan air bersih menjadi faktor dominan yang mempengaruhi diare pada balita.

Penyakit diare merupakan masalah kesehatan utama dengan angka kesakitan dan kematian yang masih tinggi (Qisti dkk., 2021). Pada penelitian Nisa dkk (2021), menyimpulkan bahwa gambaran sanitasi penyediaan air bersih kategori kurang baik sebagian besar terjadi pada responden balita stunting, diperkuat analisis bivariante dengan uji chi-square menunjukkan ada hubungan antara sanitasi penyediaan air bersih dengan kejadian stunting.

Berdasarkan penelitian Hamzani (2013), menggunakan reaktor *pipe circular-gravel bed flocculator* dengan dosis kapur 60 mg/L dan PACl 30 mg/L mampu menurunkan kekeruhan air baku Sungai Martapura 53 NTU menjadi 1,4 NTU dengan persentase 97,4% melampaui jauh persyaratan baku mutu air bersih 25 NTU. Selanjutnya pada penelitian Prasetya dkk (2018), diperoleh data bahwa PACl dosis 20 mg/L lebih baik dibanding tawas dalam menurunkan kekeruhan air baku 29,2 NTU menjadi 0,22 NTU dengan estimasi biaya pembelian koagulan PACl sebesar Rp. 215,- per m³ air bersih yang dihasilkan.

Cara mensitasi artikel ini:

Hamzani S., Pahrudin, M., A. Syarifudin, (2022) Aplikasi Reaktor Koagulasi-Flokulasi Berbiaya Murah untuk Menghasilkan Air Bersih yang Memenuhi Persyaratan Kesehatan. *Buletin Profesi Insinyur* 5(1) 027-031

Berdasarkan survei pada anak sungai di wilayah cempaka diketahui tingkat kekeruhan air sangat tinggi berkisar 220-235 NTU, pH 6,67-7,0 dan masih digunakan masyarakat sekitar untuk keperluan mandi, cuci dan kakus. Kondisi ini dapat menimbulkan permasalahan kesehatan, jika tidak dilakukan pengolahan air secara tepat. Dalam penelitian ini dilakukan variasi dosis koagulan kapur dan PACl pada reaktor koagulasi-flokulasi yang berbiaya murah, karena menggunakan peralatan dan bahan yang harganya terjangkau seperti drum plastik kapasitas ± 20 liter 2 buah, mesin pompa kecil 1 buah, selang plastik, pipa PVC dan aksesoris lainnya dengan total *budget* sekitar Rp. 200.000,- sudah termasuk bahan koagulan kapur dan PACl masing-masing sekitar ½ kg.

Metode

Penelitian bersifat eksperimen yaitu menguji kemampuan koagulan kapur dan PACl pada aplikasi reaktor koagulasi-flokulasi untuk pengolahan air sungai memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Penelitian dimulai dari kegiatan uji jartest di laboratorium untuk memperoleh dosis optimum koagulan kapur dan PACl, dimana konsentrasi dosis koagulan yang dibuat untuk kapur dan PACl masing-masing sebesar 2% = 20 gram dilarutkan dalam 1 liter aquadest, artinya dosis 1 ml yang dilarutkan setara dengan 20 mg/L. Kemudian dilakukan perancangan dan pembuatan reaktor koagulasi-flokulasi seperti pada Gambar 1.

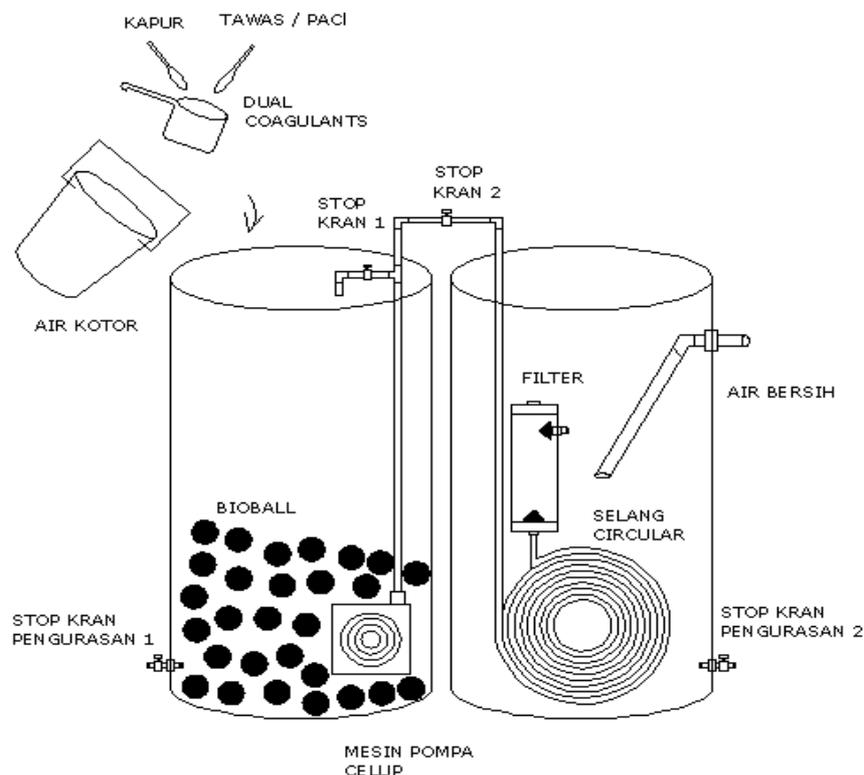
Setelah reaktor tersedia, dilanjutkan ujicoba perlakuan aplikasi reaktor koagulasi-flokulasi untuk pengolahan air sungai dengan tahapan kegiatan sebagai berikut: Memasukkan koagulan kapur dan PACl ke dalam gayung yang

telah disediakan; Menambahkan air kedalam gayung secukupnya, kemudian diaduk dan dimasukkan dalam drum plastik 1 yang sudah berisi air baku kapasitas ± 20 liter; Hidupkan mesin pompa celup, kemudian buka stop kran 1 dan biarkan beberapa saat untuk proses pencampuran bahan koagulan dengan air baku; Tutup kran 1, kemudian buka kran 2 = ¼ putaran untuk mengalirkan air menuju drum plastik 2 melewati selang model pipa circular dan masuk ke dalam filter untuk proses penyaringan dengan media carbon aktif dan kain; Air hasil olahan akan keluar dari drum plastik 2 dan siap dilakukan pengambilan sampel air untuk pemeriksaan laboratorium (parameter kekeruhan dan pH).

Hasil Kerja

Bahan koagulan yang digunakan dalam uji jartest adalah kapur dan PACl, koagulan dibuat dalam bentuk larutan konsentrasi 2%, selanjutnya ditambahkan variasi dosis kapur dan PACl pada masing-masing *beaker glass* 1000 mL yang sudah berisi air sampel dari Sungai Cempaka, kemudian *beaker glass* diletakkan dalam alat uji jartest *flocculator*. Lakukan pengadukan cepat 100 rpm selama 1 menit, lalu pengadukan lambat 30 rpm selama 5 menit, lalu diamkan 15 menit. Hasil pemeriksaan laboratorium sesudah uji jartest disajikan pada Tabel 1.

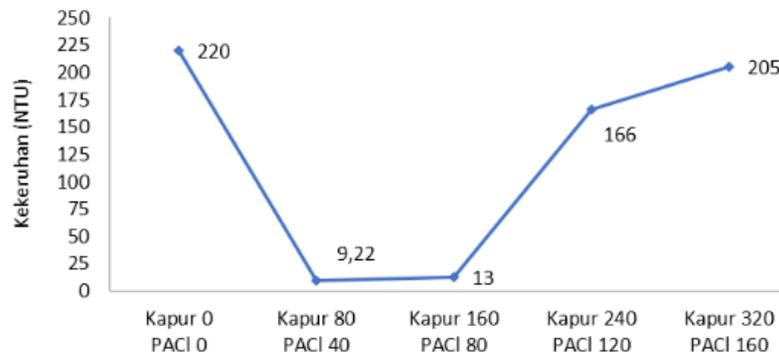
Berdasarkan Tabel 1 diketahui data hasil pemeriksaan laboratorium setelah perlakuan uji jartest diperoleh dosis optimum untuk kapur 80 mg/l dan PACl 40 mg/l mampu menurunkan kekeruhan dari 220 NTU menjadi 9,22 NTU dan pH dari 6,67 menjadi 6,47 memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Secara grafik garis (*line*) hasil uji jartest terhadap kekeruhan dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1 Model Rancangan Reaktor Koagulasi-Flokulasi

Tabel 1 Hasil Uji Jarrest dengan Variasi Dosis Kapur-PACl

No	Dosis Kapur (mg/L)	Dosis PACl (mg/L)	Kekeruhan (NTU)	pH
1.	0	0	220	6,67
2.	80	40	9,22	6,47
3.	160	80	13	6,48



Gambar 2. Variasi Dosis Kapur-PACl pada Uji Jarrest terhadap Kekeruhan

Pada Gambar 2 terlihat jelas hasil uji jarrest diperoleh dosis optimum koagulan kapur 80 mg/L dan PACl 40 mg/L dapat menurunkan kekeruhan 220 NTU menjadi 9,22 NTU. Pada variasi dosis koagulan yang lebih tinggi terjadi pengurangan kemampuan dalam menurunkan kekeruhan. Melihat trend grafik garis (*line*), ada kecenderungan variasi dosis koagulan yang ditambahkan lebih sedikit atau kurang dari dosis optimum yang sudah diperoleh berdasarkan uji jarrest tersebut.

Selanjutnya dapat dilihat juga gambaran pH setelah perlakuan variasi dosis pada uji jarrest seperti Gambar 3: Pada Gambar 3 diketahui bahwa adanya variasi penambahan dosis koagulan kapur dan PACl pada uji jarrest ini tidak terjadi perubahan pH air secara signifikan dan masih memenuhi baku mutu dalam rentang 6,5-8,5 persyaratan baku mutu kualitas air bersih.

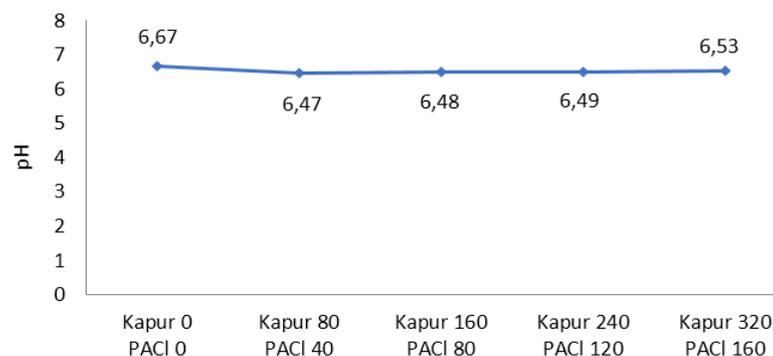
Menurut Wityasari (2015), PACl termasuk jenis koagulan polimer kationik berasal dari bahan kimia berantai panjang. Keuntungan penggunaan PACl sebagai koagulan dalam penjernihan air yaitu korosivitasnya rendah karena PACl adalah koagulan bebas sulfat, sehingga aman dan mudah dalam penyimpanan. Flok yang dihasilkan lebih mudah untuk dipisahkan, dan pH air hasil pengolahan tidak terlalu rendah.

Setelah perlakuan uji jarrest di laboratorium selesai dilaksanakan, kemudian langkah berikutnya menyiapkan peralatan reaktor koagulasi-flokulasi dan pengambilan sampel air baku disiapkan sebanyak 400 Liter (2 drum) yang berasal dari anak Sungai Cempaka. Berikut hasil ujicoba variasi dosis koagulan kapur dan PACl pada reaktor koagulasi-flokulasi terhadap parameter kekeruhan pada Tabel 2 dan parameter pH pada Tabel 3:

Berdasarkan Tabel 2 dan Tabel 3 diketahui bahwa dosis koagulan optimum diperoleh pada dosis kapur 1,25 mg/L x 20 Liter = 25 mg dan PACl 0,625 mg/L x 20 liter = 12,5 mg pada reaktor koagulasi-flokulasi, mampu menurunkan kekeruhan air sungai rerata 205,7 NTU menjadi 4,10 NTU (98%) dan pH rerata 6,94 menjadi 7.

Untuk memperjelas gambaran penurunan kekeruhan dan perubahan pH hasil ujicoba variasi dosis koagulan kapur dan PACl pada reaktor koagulasi-flokulasi dibuat dalam bentuk grafik batang (*clustered column*) seperti Gambar 4.

Pada Gambar 4 secara grafik batang (*clustered column*) terlihat jelas bahwa semua variasi dosis koagulan pada reaktor koagulasi-flokulasi mampu menurunkan kekeruhan memenuhi persyaratan kualitas air bersih 25 NTU. Sedangkan pH pada perlakuan 2 dan 3 melebihi baku mutu 6,5-8,5. Hasil terbaik diperoleh pada perlakuan 4 pH menjadi 7.



Gambar 3. Variasi Dosis Kapur-PACl pada Uji Jarrest Terhadap pH

Tabel 2 Hasil Ujicoba Reaktor Koagulasi-Flokulasi dengan Variasi Dosis Kapur-PACl Terhadap Kekeruhan

Perlakuan	Dosis Koagulan		Kekeruhan (NTU)				
	Ujicoba	Kapur (mg)	PACl (mg)	I	II	III	Rerata
1	1	0	0	210	204	203	205,7
2	2	32	16	91,1	44	25,4	3,50
3	3	50	25	16	9	6,33	10,44
4	4	25	12,5	5,3	3,51	3,48	4,10

Tabel 3 Hasil Ujicoba Reaktor Koagulasi-Flokulasi dengan Variasi Dosis Kapur-PACl Terhadap pH

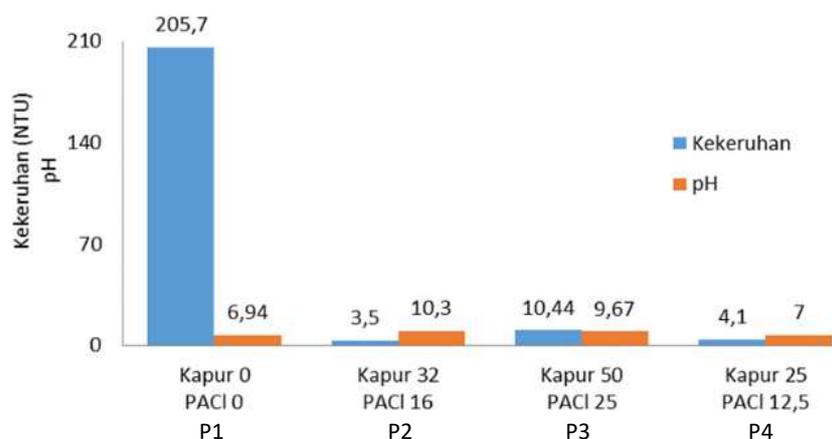
Perlakuan	Dosis Koagulan		pH				
	Ujicoba	Kapur (mg)	PACl (mg)	I	II	III	Rerata
1	1	0	0	7,22	6,8	6,8	6,94
2	2	32	16	11,02	10,29	9,6	10,3
3	3	50	25	9	10	10	9,67
4	4	25	12,5	7	7	7	7

Keterangan:

Baku mutu air bersih: kekeruhan 25 NTU dan pH 6,5-8,5

Perhitungan variasi dosis koagulan kapur dan PACl untuk sampel ujicoba reaktor koagulasi-flokulasi pengolahan air sungai masing-masing 20 Liter sebagai berikut:

1. Kontrol / Dosis kapur = 0 mg/L X 20 L = 0 mg dan dosis PACl = 0 mg/L X 20 L = 0 mg.
2. Dosis kapur = 1,6 mg/L X 20 L = 32 mg dan PACl = 0,8 mg/L X 20 L = 16 mg.
3. Dosis kapur = 2,5 mg/L X 20 L = 50 mg dan PACl = 1,25 mg/L X 20 L = 25 mg.
4. Dosis kapur = 1,25 mg/L X 20 L = 25 mg dan PACl = 0,625 mg/L X 20 L = 12,5 mg.



Keterangan:

P1-P4 = Perlakuan 1-4

Gambar 4 Variasi Dosis Kapur-PACl pada Ujicoba Reaktor Koagulasi-Flokulasi terhadap Parameter Kekeruhan-pH

Dokumentasi kegiatan penelitian ujicoba aplikasi reaktor koagulasi-flokulasi disajikan pada Gambar 5. Seperti terlihat pada Gambar 5, dimana untuk ujicoba yang semula menggunakan reaktor drum berwarna biru di gantikan dengan reaktor ember transparan yang bertujuan agar proses ujicoba lebih terlihat jelas. Nampak terlihat pada gambar sampel air sebelum perlakuan terlihat keruh berwarna kecoklatan dan setelah perlakuan terlihat jernih sebagai indikator bahwa air bisa dikatakan memenuhi persyaratan kualitas air bersih. Pada gambar juga terlihat

peralatan digital turbidimeter untuk mengukur kadar kekeruhan dengan satuan NTU.

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, terbukti bahwa kombinasi penggunaan dosis koagulan kapur dan PACl mampu memberikan efek yang lebih baik dalam menurunkan kekeruhan dan pemenuhan pH tidak hanya memenuhi persyaratan kualitas air bersih kekeruhan 25 NTU dan pH 6,5-8,5 bahkan mencapai persyaratan kualitas air minum kekeruhan 5 NTU dan pH 6,5-8,5. Menurut Anwardah (2018), alkalinitas pada air merupakan hal yang penting, karena alkalinitas tinggi lebih mampu

mempertahankan pH yang cukup konsisten. alkalinitas akan bereaksi dengan ion H^+ untuk menjaga pH tetap stabil, jika penambahan kapur tidak mampu menaikkan nilai pH menandakan bahwa alkalinitas dalam air rendah.



Gambar 5. Ujicoba pada Reaktor Koagulasi-Flokulasi

Penelitian Bo dkk. (2011) menyimpulkan efisiensi koagulasi dapat ditingkatkan secara signifikan dengan menggunakan kombinasi dua bahan koagulan. Kadar pH dapat dipengaruhi oleh faktor alami dan faktor manusia. Pengendapan mineral tanah dan zat-zat asam dari air hujan merupakan faktor alami siklus kadar asam. Faktor pendorong terjadinya tingkat pencemaran terbesar yaitu aktivitas manusia sehari-hari. Zat-zat asam ataupun basa akan mengikat kadar oksigen dalam air, sehingga menyebabkan tingkat pencemaran air meningkat. Apabila pH rendah, maka kualitas air buruk dan tidak layak dipergunakan. Air yang sudah terkontaminasi zat-zat kimia banyak mengandung zat asam seperti karbondioksida.

Koagulan *PACl* secara umum mengkonsumsi tingkat alkalinitas yang lebih kecil dibandingkan dengan tawas. *PACl* efektif pada selang pH yang lebih lebar dibandingkan dengan alum dan hasil penelitian menunjukkan bahwa *PACl* bekerja dengan baik pada rentang pH 5,0-8,0 (Nansubuga dkk., 2013). Altenor dan Gaspard (2014), menyatakan bahwa koagulasi terdiri dari tiga tahapan proses, yaitu pembentukan inti flok, destabilisasi koloid/partikel, dan pembesaran ukuran partikel. Prinsip tersebut banyak diterapkan dalam proses pengolahan air limbah dan juga pengolahan air bersih.

Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan dosis koagulan optimum diperoleh pada dosis kapur $1,25 \text{ mg/L} \times 20 \text{ Liter} = 25 \text{ mg}$ dan *PACl* $0,625 \text{ mg/L} \times 20 \text{ liter} = 12,5 \text{ mg}$ pada reaktor koagulasi-flokulasi, mampu menurunkan kekeruhan air sungai rerata 205,7 NTU menjadi 4,10 NTU (98%) dan pH rerata 6,94 menjadi 7. Kedua parameter memenuhi persyaratan standar baku mutu air bersih untuk kekeruhan 25 NTU dan pH 6,5-8,5. Model reaktor koagulasi-flokulasi ini dapat menjadi alternatif pengolahan air sungai berbiaya murah dengan kisaran *budget* Rp. 200.000,- sudah termasuk keperluan koagulan kapur dan *PACl*.

Referensi

- Altenor, S. and Gaspard, S. (2014) "Chapter 1. Biomass for Water Treatment: Biosorbent, Coagulants and Flocculants," in Biomass for Sustainable Applications: Pollution Remediation and Energy. The Royal Society of Chemistry, pp. 1–45. doi: 10.1039/9781849737142-00001
- Anwardah, T. (2018). Sifat Kimia Air: Alkalinitas dan Pengertiannya. *teknologipengolahanair.com*.
- Bo, X., Gao, B., Peng, N., Wang, Y., Yue, Q., dan Zhao, Y. (2011). "Coagulation Performance and Floc Properties of Compound Bioflocculant-Aluminum Sulfate Dual-Coagulant in Treating Kaolin-Humic Acid Solution". *Chemical Engineering Journal*, Vol. 173, hal. 400-406.
- Hamzani, S., Hadi, W., (2013), Pengolahan Air Sungai Martapura Menggunakan *Dual Coagulants* Dosis Optimum pada Reaktor *Pipe Circular-Gravel Bed Flocculator*. *Prosiding Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Prasarana Wilayah, Edisi Juni 2013*, DIII FTSP-ITS, Surabaya.
- Latif A. & dkk (2019). Partisipasi Masyarakat dalam Pembangunan Infrastruktur di Desa Timoreng Panua Kecamatan Panca Kecamatan Panca Rijang Kabupaten Sidenreng Rappang. *Moderat: Jurnal Ilmiah IIP UGC*, 5(1), 1-15.
- Nansubuga, I., Banadda, N., Babu, M., Verstraete, W. and Van de Wiele, T. (2013). "Effect of polyaluminium chloride water treatment sludge on effluent quality of domestic wastewater treatment," *African Journal of Environmental Science and Technology*, 7(4), pp. 145–152. doi: 10.5897/AJEST12.194.
- Nisa, S.K., Lustiyati, E.D., Fitriani, A. (2021) Sanitasi Penyediaan Air Bersih dengan Kejadian Stunting pada Balita. *Jurnal PPKMI*, Vol. 2(1), hal. 17-25.
- Prasetya, P.E. dan Saptomo, S.K. (2018) Perbandingan Kebutuhan Koagulan $Al_2(SO_4)_3$ dan *PACl* untuk Pengolahan Air Bersih di WTP Sungai CiapusKampus IPB Dramaga. *Jurnal Bumi lestari*, Vol. 18, No. 2, Hal. 75-87.
- Putra, A.D.P., Rahardjo, M., Joko, T. (2017) Hubungan Sanitasi Dasar dan Personal Hygiene dengan Kejadian Diare pada Balita di Wilayah Kerja Puskesmas Tasikmadu Kabupaten Karanganyar. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*, Vol. 5 No. 1 Jan 2017, Hal. 422-429.
- Qisti, D.A., Putri, E.N.E., Fitriana, H., Irayani, S.P. (2021) Analisis Aspek Lingkungan dan Prilaku terhadap Kejadian Diare pada Balita di Tanah Sareal. *Jurnal Inovasi Penelitian*, Vol. 2 No. 6 Sept 2021, Hal. 1661-1668.
- Rusell, F. and Azzopardi, P. (2019) Wash: A basic human right and essential intervention for child health and development. *The Lancet Global Health*, 7(4), p. e417. doi: 10.1016/S2214-109X(19)30078-6.
- Setyoad, N.H. (2014) Penilaian Sistem Pelayanan Infrastruktur Air Minum Program PAMsimas. *Sosek Pekerjaan Umum*, 6, 79-87.
- Wityasari, N. (2015) Penentuan Dosis Optimum Poly Aluminium Chloride (*PACl*) Pada Pengolahan Air Bersih di IPA Tegal Besar PDAM Jember. *Skripsi. Fakultas Teknologi Pertanian. Universitas Jember*.