

# Efektivitas Cangkang Kerang Hijau (*Perna viridis*) Sebagai Penjernih Air Dan Biosorben Logam Besi (Fe)

Dine Agustine ,Siti Maftukhah dan Monica Sagita Heri

Program Studi Teknik Kimia, Universitas Islam Syekh Yusuf, Jalan Maulana Yusuf No 10, Babakan,  
Kota Tangerang  
[sitimaftukhah@unis.ac.id](mailto:sitimaftukhah@unis.ac.id)

*Abstrak*—Penurunan kualitas air sumur disebabkan adanya zat berbahaya berupa komponen organik ataupun anorganik. Salah satu kontaminan yang dapat menurunkan kualitas air yaitu zat padat yang dapat menyebabkan kekeruhan pada air dan adanya cemaran logam besi (Fe). Pemanfaatan biosorben alami cangkang kerang hijau merupakan alternatif dalam meningkatkan kualitas air. Penelitian ini bertujuan untuk memanfaatkan limbah cangkang kerang hijau sebagai penjernih air dan biosorben logam berat besi (Fe). Serbuk cangkang kerang hijau di aktivasi fisika pada suhu 500°C dan 900°C dengan variasi konsentrasi 0%, 10% dan 20%. Hasil penelitian menunjukkan serbuk cangkang kerang hijau dengan konsentrasi 10% yang teraktivasi suhu 900°C paling efektif digunakan sebagai penjernih air dengan derajat kekeruhan 9,33 NTU efektivitasnya sebesar 84,5%, serta mampu menurunkan logam berat besi (Fe) dengan kadar <0,0131 mg/l efektivitasnya sebesar 97%.

*Keywords* — adsorpsi, cangkang kerang hijau, penjernih air, logam berat (Fe)

*Abstract*— Decrease in the quality of well water is caused by the presence of harmful substances in the form of organic or inorganic components. One of the contaminants that can reduce water quality is the presence of iron metal (Fe), and solids that can cause turbidity in the water. Utilization of natural biosorbent of green mussel shell is an alternative in improving water quality. This study aims to utilize green mussel shell waste as a water purifier and biosorbent of heavy metal iron (Fe). Green mussel shell powder was physically activated at a temperature of 500°C and 900°C with a concentration variation of 0%, 10% and 20%. The results showed that green mussel shell powder with a concentration of 10% activated at 900°C temperature can be used as a water purifier with a degree of turbidity 9.33 NTU effectiveness of 84.5%, besides being able to reduce heavy metal iron (Fe) with levels < 0.0131 mg/l effectiveness 97%.

*Keywords*— adsorption, green mussel shell, iron heavy metal (Fe), water purifier

I.

## II. PENDAHULUAN

Air ialah zat yang memiliki kandungan mineral dan zat-zat makanan, tanpa adanya air manusia, hewan dan tumbuhan tidak dapat bertahan hidup. Air menjadi salah satu kebutuhan dasar manusia [1]. Masalah utama sumber daya air yaitu jumlah air yang tidak dapat mencukupi kebutuhan dan terus melonjak sedangkan kualitas air terus menurun. Adanya zat berbahaya berupa komponen organik

ataupun anorganik mengakibatkan penyusutan kualitas air. Logam berat yang berbahaya termasuk kedalam komponen anorganik, contohnya logam berat besi (Fe). Kandungan logam besi (Fe) pada air sumur di kecamatan Pasar Kemis, kabupaten Tangerang masih terhitung tinggi dan dapat menurunkan kualitas air serta menjadi ancaman bagi kehidupan organisme, bahkan kesehatan manusia [2].

Pada Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2017

terdapat kriteria kualitas air secara fisika, kimia dan kadar logam berat yang diizinkan, maka dari itu air dengan kadar logam berat besi (Fe) yang tinggi membutuhkan pengolahan. Perlu adanya solusi alternatif untuk meningkatkan kualitas air tersebut. Cangkang kerang hijau dapat digunakan sebagai adsorben karena mengandung 95,69%  $\text{CaCO}_3$ , 3,08%  $\text{MgO}$ , 0,22%  $\text{SiO}_2$  dan 0,01%  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Kalsium Karbonat ( $\text{CaCO}_3$ ) inilah yang dapat mengikat kotoran pada air (menjernihkan air) dan dapat mereduksi kandungan Fe, Mn dan logam lainnya [3].

Kalsium karbonat ada pada binatang moluska [4], contohnya cangkang kerang hijau. Penelitian ini memanfaatkan cangkang kerang hijau (*Perna viridis*) yang telah diaktifkan melalui proses aktivasi fisika pada suhu 500°C dan 900°C. Proses pengaktifan cangkang kerang sama dengan proses pembuatan karbon aktif, yang bertujuan untuk memperluas permukaan pada adsorben. Karbon aktif dari cangkang kerang hijau ini digunakan untuk mengadsorpsi kekeruhan, TDS (*Total Dissolved Solids*), pH, DO (*Dissolved Oxygen*) dan logam besi (Fe). Tujuan dari penelitian ini adalah mengetahui pengaruh penambahan cangkang kerang hijau terhadap kualitas air sumur ditinjau dari parameter air secara fisika dan kimia serta mengetahui pengaruh penambahan cangkang kerang hijau terhadap kualitas air sumur ditinjau dari kandungan logam berat besi (Fe).

### III. METODE PENELITIAN

#### A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah yaitu cangkang kerang hijau, air sumur dan aquades. Alat yang digunakan adalah mortar, blender, saringan, oven, *hotplate*, gelas ukur, *beaker glass*, *magnetic stirrer*, *furnace*, desikator, jartest, spatula dan alat laboratorium lainnya.

#### B. Prosedur Percobaan

##### B.1 Preparasi Cangkang Kerang Hijau

Langkah pertama dalam pembuatan serbuk cangkang kerang hijau yaitu dengan mengumpulkan cangkang kerang hijau yang diperoleh dari Pantai Tanjung Kait, kecamatan Mauk, kabupaten Tangerang, yang kemudian dilakukan pembersihan dengan mencuci cangkang kerang hijau menggunakan air bersih. Selanjutnya cangkang kerang sebanyak 6 kg yang sudah bersih dikeringkan di bawah terik matahari untuk mengurangi kadar air agar pada tahapan pengayakan cangkang tidak menempel dan menggumpal pada saringan. Setelah cangkang benar-benar kering, kemudian dilakukan penghalusan. Cangkang dirubah menjadi serbuk, kemudian diayak menggunakan ayakan yang berukuran 100 mesh untuk memperoleh luas permukaan yang lebih besar dan halus. Serbuk cangkang kerang hijau yang sudah halus diperoleh sebanyak 4,5 kg [4].

B.

##### B.2 Aktifasi Cangkang Kerang Hijau

Pada tahap ini serbuk cangkang kerang hijau diaktifasi secara fisika menggunakan *furnace* pada suhu 500°C [5] dan 900°C selama 4 jam kemudian dimasukkan kedalam desikator selama 1 jam [6].

##### B.3 Pengambilan Sampel Air

Sampel air diambil sesuai dengan metode standar SNI 6989.58-2008, sebanyak 15 liter dengan botol biasa yang diberi pemberat dan digunakan pada kedalaman tertentu, setelah itu sampel air disimpan dalam wadah gel [4].

B.

##### A B.4 Analisa Sampel Sebelum Aplikasi

Pemeriksaan air sumur dari Pondok Sukatani, kecamatan Pasar Kemis, kabupaten Tangerang meliputi pengukuran kadar logam besi (Fe) dengan menggunakan spektrofotometer serapan atom (AAS), kekeruhan, TDS, suhu, warna, pH dan DO.

##### B. B.5 Aplikasi Serbuk cangkang Kerang Hijau

Serbuk cangkang kerang hijau yang telah halus ditambahkan kedalam setiap perlakuan berturut-turut sebanyak 0%, 10% dan 20% kemudian dilakukan pengadukan dengan

*magnetic stirrer* pada kecepatan putaran 200 rpm selama 60 menit [6]. Sesudah itu larutan didiamkan selama 24 jam, kemudian dilakukan penyaringan menggunakan kertas saring. *Supernatant* yang dihasilkan dianalisis dengan AAS untuk menentukan kadar logam beratnya [7]. Pada penelitian ini koagulan PAC (*Poly Aluminium Chloride*) digunakan sebagai pembanding yaitu dengan menambahkan sebanyak 5% kemudian dilakukan pengadukan cepat 120 rpm selama 1 menit dan pengadukan lambat 45 rpm selama 10 menit, dilanjutkan dengan mendiamkan selama kurang lebih 2 jam [8].

#### B.6 Analisa Sampel Setelah Aplikasi

Masing-masing sample di analisa meliputi kekeruhan, TDS, suhu, warna, pH dan DO serta di analisa kandungan logam berat besi (Fe) menggunakan AAS.

### IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

#### A. Pengaruh Penambahan Cangkang Kerang Hijau Terhadap Kualitas Air Secara Fisika dan Kimia

Hasil analisa air sumur sebelum penambahan cangkang kerang hijau dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil analisa air sebelum penambahan cangkang kerang hijau

No	Parameter	Nilai	Satuan
1	Kekeruhan	60	NTU
2	TDS (mg/l)	272	mg/l
3	Suhu	24,6	°C
4	Warna	Berwarna	-
5	pH	6,74	
6	DO	2,9	(mg/l)
7	Kandungan logam besi (Fe)	0,49	(mg/l)

Berdasarkan Peraturan Kementerian Kesehatan Republik Indonesia Nomor 32 tahun 2017, standar baku mutu air untuk keperluan *higiene* sanitasi meliputi pH 6,5-8,5, besi (Fe) 1 mg/l, kekeruhan 25 NTU, warna 50 TCU, zat padat terlarut 1000 mg/l. Tabel 1 menunjukkan

bahwa nilai parameter kekeruhan belum memenuhi syarat yang ditentukan.

Pengaruh penambahan serbuk cangkang kerang hijau dengan suhu aktivasi 500°C dan 900°C terhadap kualitas air sumur ditinjau dari parameter air secara fisika dan kimia dapat dilihat pada Tabel 2 dan 3.

Berdasarkan Tabel 2 dan 3 dapat dilihat bahwa penambahan serbuk cangkang kerang hijau dapat meningkatkan kualitas air sumur. Data tersebut menunjukkan penambahan konsentrasi serbuk cangkang kerang hijau berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air sumur. Pada serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 500°C dengan konsentrasi 10% menghasilkan kekeruhan sebesar 12,3 NTU (79,5%), TDS 505 mg/l, suhu 25,7°C, pH 9,02 dan DO 1,4 mg/l. Pada konsentrasi serbuk cangkang kerang hijau 20%, nilai kekeruhan sebesar 21 NTU (65%), TDS 714 mg/l, suhu 24,7°C, pH 9,99, dan DO 1,3 mg/l. Sedangkan serbuk cangkang kerang hijau yang teraktivasi 900°C dengan konsentrasi 10% nilai kekeruhan 9,33 NTU (84,5%), TDS 5810 mg/l, suhu 24,9°C, pH 13,7, dan DO 1,46 mg/l serta konsentrasi cangkang kerang hijau 20% nilai kekeruhan sebesar 12,7 NTU (78,8%), TDS 6030 mg/l, suhu 26,1°C, pH 13,7, dan DO 1,3 mg/l.

Tingkat kekeruhan masing-masing *sample* secara fisik dapat dilihat pada Gambar 1.



(a) (b) (c) (d) (e) (f)

Gambar 1. Tingkat kekeruhan *sample*  
(a) Air sumur dengan penambahan 20% serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 500°C  
(b) Air sumur dengan penambahan 10% serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 500°C

- (c) Air sumur dengan penambahan 10% serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 900°C  
 (d) Air sumur dengan penambahan 20% serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 900°C  
 (e) Air sumur 0% (kontrol)  
 (f) Air sumur dengan penambahan 5% PAC

Tabel 2. Hasil pengujian kualitas air sumur dengan suhu aktivasi 500 °C secara fisika dan kimia

Konsentrasi serbuk cangkang kerang hijau	Kualitas air sumur pada suhu aktivasi 500°C					
	Kekeruhan (NTU)	TDS (mg/l)	Suhu (°C)	Warna	pH	DO (mg/l)
0%	60	272	24,6	Berwarna	6,74	2,9
10%	12,3	505	25,7	Jernih	9,02	1,4
20%	21	714	24,7	Jernih	9,99	1,3

Tabel 3. Hasil pengujian kualitas air sumur dengan suhu aktivasi 900 °C secara fisika dan kimia

Konsentrasi serbuk cangkang kerang hijau	Kualitas air sumur pada suhu aktivasi 900°C					
	Kekeruhan (NTU)	TDS (mg/l)	Suhu (°C)	Warna	pH	DO (mg/l)
0%	60	272	24,6	Berwarna	6,74	2,9
10%	9,33	5810	24,9	Jernih	13,7	1,6
20%	12,7	6030	26,1	Jernih	13,7	1,3

Tabel 4. Hasil pengujian menggunakan PAC

Konsentrasi PAC	Kekeruhan (NTU)	TDS (mg/l)	Suhu (°C)	Warna	pH	DO (mg/l)
0%	60	272	24,6	Berwarna	6,74	2,9
5%	3	29150	25,6	Jernih	3,62	1,6

Gambar 1 menunjukkan kemampuan serbuk cangkang kerang hijau dalam memenuhi standar baku mutu air untuk keperluan *higiene* sanitasi. Hal ini dikarenakan pori-pori serbuk cangkang kerang telah terbuka dan pengotor yang menutupi pori-pori telah hilang [5]. Efektivitas serbuk cangkang kerang hijau terhadap penurunan tingkat kekeruhan air sumur yang teraktivasi 500°C dengan konsentrasi serbuk cangkang kerang hijau 10% sebesar 12,3 NTU (79,5%) dan konsentrasi 20% sebesar 21 NTU (65%). Untuk serbuk cangkang kerang hijau yang teraktivasi 900°C dengan konsentrasi serbuk cangkang kerang hijau 10% sebesar 9,33 NTU (84,5%) dan konsentrasi 20% sebesar 12,7

NTU (78,8%). Kadar kekeruhan dalam satuan NTU (*Nephelometric Turbidity Unit*) setelah ditambah perlakuan aktivasi fisika mampu memenuhi syarat baku mutu air untuk keperluan *higiene* sanitasi dengan baku mutu kekeruhan sebesar 25 NTU.

Parameter TDS hasil pengujian air sumur setelah ditambahkan serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi fisika menunjukkan kenaikan seiring dengan kenaikan massa serbuk cangkang kerang hijau. Pada serbuk cangkang kerang hijau yang teraktivasi 500°C dengan konsentrasi 10% diperoleh TDS sebesar 505 mg/l, untuk konsentrasi 20% diperoleh TDS sebesar 714 mg/l. Serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 900°C dengan konsentrasi 10% diperoleh TDS sebesar 5810 mg/l dan

konsentrasi 20% diperoleh TDS sebesar 6030 mg/l. Meningkatnya kadar TDS disebabkan oleh partikel yang terkandung dalam serbuk cangkang kerang hijau yang larut dalam air membentuk koloid. Koloid-koloid tersebut tidak terserap dengan baik sehingga tetap terlarut dan menyebabkan peningkatan kadar TDS dalam air sumur. Selain koloid yang terlarut dalam air, oksidasi bahan selama proses adsorpsi juga mengakibatkan naiknya kadar TDS dalam air. [5].

Nilai pH setelah penambahan serbuk cangkang kerang hijau meningkat dari range 6 menjadi 13, hal ini dipengaruhi dengan meningkatnya konsentrasi ion karbonat dan bikarbonat dalam air. Selain itu, sifat basa kuat yang terdapat dalam serbuk cangkang kerang hijau juga mempengaruhi nilai pH dari asam menjadi basa [9].

Parameter DO mengalami penurunan, untuk serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 500°C dengan konsentrasi 10% sebesar 1,4 mg/l dan konsentrasi 20% sebesar 1,3 mg/l. Menurut Sugianti & Astuti, (2018) [10] penurunan DO salah satu penyebabnya yaitu banyaknya bahan organik dan kandungan mikroba pada serbuk cangkang kerang hijau, sehingga penurunan DO ini menimbulkan bau yang tidak sedap pada air.

Untuk mengetahui efektivitas serbuk cangkang kerang hijau maka dilakukan perbandingan dengan koagulan kimia yaitu PAC (*Poly Aluminium Chloride*) dalam meningkatkan kualitas air sumur. Pengaruh penambahan PAC terhadap kualitas air sumur ditinjau dari parameter air secara fisika dan kimia dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa PAC dapat menurunkan kekeruhan sebesar 3 NTU (95%). Menurut Winoto, dkk (2021) [11] hal ini karena daya koagulasi PAC lebih baik dan flok yang dihasilkan relatif lebih besar sehingga membuat air lebih jernih. Untuk parameter TDS mengalami kenaikan yaitu sebesar 29150 mg/l yang disebabkan oleh semakin tinggi konsentrasi PAC maka semakin tinggi kadar TDS dan penambahan PAC secara berlebihan menyebabkan partikel

koloid tidak terdestabilisasikan tetapi terestabilisasi. Selain itu juga pengadukan yang terlalu cepat menyebabkan flok yang sudah terbentuk menjadi pecah sehingga menimbulkan partikel koloid menjadi terlarut kembali [12]. Nilai pH mengalami penurunan karena semakin tinggi konsentrasi koagulan yang ditambahkan maka nilai pH akan semakin turun.

*B. Pengaruh Penambahan Cangkang Kerang Hijau Dengan Auhu aktivasi 500°C dan 900°C Serta PAC Terhadap Penurunan Logam Berat Besi (Fe)*

Pengaruh penambahan serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 500°C dan 900°C serta PAC terhadap penurunan logam berat besi (Fe) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Hasil uji kandungan logam berat besi (Fe)

Jenis Adsorben	Kandungan Logam (mg/l)
Kontrol 0%	0,49
Serbuk cangkang kerang hijau 10% dengan suhu aktivasi 500°C	<0,0131
Serbuk cangkang kerang hijau 20% dengan suhu aktivasi 500°C	<0,0131
Serbuk cangkang kerang hijau 10% dengan suhu aktivasi 900°C	<0,0131
Serbuk cangkang kerang hijau 20% dengan suhu aktivasi 900°C	<0,0131
PAC ( <i>Poly Aluminium Chloride</i> ) 5%	0,9

Tabel 5 menunjukkan kandungan logam berat besi (Fe) mengalami penurunan. Hasil uji awal air pada Tabel 1. menunjukkan kandungan besi (Fe) air sumur memenuhi standar baku mutu air untuk keperluan *higiene*

sanitasi yang telah ditetapkan yaitu sebesar 49 mg/l. Setelah ditambahkan serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi fisika 500°C dan 900°C, kandungan Fe turun menjadi <0,0131mg/l dengan efektifitas sebesar 97%. Hal ini disebabkan karena kandungan Fe yang terlarut dalam air terperangkap ke dalam pori-pori serbuk cangkang kerang hijau sehingga dapat menurunkan kadar logam berat besi (Fe) air sumur. Sedangkan air sumur dengan penambahan PAC kandungannya naik menjadi 0,9 mg/l. PAC dapat meningkatkan logam berat besi (Fe) dalam air sumur, hal ini disebabkan oleh air sumur yang mengandung zat-zat organik, asam dan mikroorganisme sehingga PAC kurang aktif dalam menyerap logam berat besi (Fe).

#### V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk cangkang kerang hijau berpengaruh terhadap peningkatan kualitas air sumur ditinjau dari parameter fisika dan kimia. Serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 900°C dengan konsentrasi 10% merupakan kondisi paling efektif dalam meningkatkan kualitas air sumur dengan kekeruhan 9,33 NTU efektifitasnya sebesar 84,5%, TDS 5810 mg/l, suhu 24,9°C, pH 13,7 dan DO 1,46 mg/l. Pada konsentrasi 20% yang teraktivasi 500°C tidak memberikan hasil yang signifikan dengan kekeruhan 21 NTU efektifitasnya sebesar 65%, TDS 714 mg/l, suhu 24,7°C, pH 9,99 dan DO 1,3 mg/l. Penambahan serbuk cangkang kerang hijau teraktivasi 500°C dan 900°C mampu menurunkan kandungan logam berat besi (Fe) diperoleh efektifitas sebesar 97% (<0,0131 mg/l) pada konsentrasi serbuk 10% dan 20% dengan kandungan besi (Fe) awal 0,49 mg/l.

#### DAFTAR PUSTAKA

[1] Nopriansyah, E., Baehaki, A., & Nopianti, R. *Pembuatan Serbuk Cangkang Keong Mas (Pomacea canaliculata L.). Teknologi Hasil Perikanan*, 5(1), 1–10. (2016).

[2] Paus, T., Hutapea, H., & Rachmawani, D. *Limbah Cangkang Kerang Temberungun (Telescopium telescopium) Sebagai Adsorben Logam Berat Besi (Fe<sup>2+</sup>)*. *Jurnal Sumberdaya*

Akuatik Indopasifik, 3(2).(2019).

- [3] Amaliah, F. *Pemanfaatan Cangkang Kerang Darah (Anadara granosa) Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe) Dan Mangan (Mn) Dalam Air* Fakultas Teknik Sipil Dan Perencanaan Universitas Islam Indonesia Yogyakarta. *Jurnal Teknologi*, 11(01), 1523–1530. (2021).
- [4] Maftukhah, S., Agustine, D., Heri, M. S., & Arrizal, H. *Application of Golden Snail Shell Powder as a River Water Purifier*. *Proceedings of the 1<sup>st</sup> International Conference on Social, Science, and Technology*, Unuiversitas Islam Syekh Yusuf Tangerang, Indonesia 25 November 2021. (2022)
- [5] Rahimawati, Nurhasanah, & Nurhanisa, M. *(Pengaruh Penambahan Massa Cangkang Kerang Darah (Anadara Granosa) Teraktivasi Pada Peningkatan Kualitas Air Sumur Bor*, 7(3), 312–318. (2019).
- [6] Oko, S., Kurnyawaty, N., & Aridhani, A. *Prosiding 5. Pemanfaatan Cangkang Kerang Hijau Sebagai Adsorben Untuk Menurunkan Kadar Besi (Fe<sup>2+</sup>) Dalam Air*, 3–7. (2021).
- [7] Mauriza, R. *Uji Efektivitas Cangkang Keong Mas (Pomacea canaliculata L.) Sebagai Biosorben Dalam Menyerap Logam Berat Merkuri (Hg)*. In *Jurnal Serambi Engineering* (Vol. 5, Issue 4). (2020).
- [8] Rahman, N. A. (2018). *Sintesis Poly Aluminium Chlorida (PAC) Dari Limbah Serbuk Aluminium Untuk Menurunkan Kekeruhan Air Sungai Je'neberang*. Vol. 2, Issue 2.
- [9] Hairunisa, Shofiyani, A., & Syahbanu, I. *Sintesis Kalsium Oksida dari Cangkang Kerang Ale-Ale (Meretrix meretrix) pada Suhu Kalsinasi 700°C*. *Kimia Khatulistiwa*, 8(1), 36–40. (2019).
- [10] Sugianti, Y., & Astuti, L. P. *Respon Oksigen Terlarut Terhadap Pencemaran dan Pengaruhnya Terhadap Keberadaan Sumber Daya Ikan di Sungai Citarum*. *Jurnal Teknologi Lingkungan*, 19(2), 203. (2018).
- [11] Winoto, E., Yhopie, Aprilyanti, S. & Sisnayati. *Perbandingan Penggunaan Tawas dan PAC Terhadap Kekeruhan Dan pH Air Baku PDAM Tirta Musi Palembang*. *Jurnal Redoks*, 6(2), 107–116. (2021)
- [12] Sumardiningsih, S. Elvis Umbu, M., & Widiyanto. *Pengaruh Pemberian Poli Aluminium Chlorida Terhadap Kadar Phospat Dan Total Dissolved Solid Pada Air Limbah Rumah Sakit Ortopedi Prof.Dr. R. Soeharso Surakarta*. *Jurnal Teknik Sipil Dan Arsitektur*, 24(1). (2019).