



Pemanfaatan serbuk biji pepaya dalam pengolahan air Sungai Manunggal Kota Yogyakarta

Utilization of papaya seed powder in water treatment of Manunggal River, Yogyakarta City

Vita Kumalasari

Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Surya Global, Yogyakarta, Indonesia

ABSTRACT

Based on data from the Yogyakarta City Environment Service in 2021, the water of the Manunggal River in Yogyakarta City is included in the heavily polluted category, with a COD content of 31.14 mg/L, BOD 10.88 mg/L, nitrite 0.59 mg/L and total coliform 6,325. 000 MPN/100 mL at the monitoring point of the Mangkukusuman Bridge. This shows that the content of COD, BOD, nitrite and total coliform in Manunggal River water exceeds the class II quality standard according to the Governor of DIY Regulation Number 20 of 2008, so if it is to be used it must be processed first. The content of active compounds of alkaloids, flavonoid, anthraquinone glycoside, tannin, triterpenoid or steroid, saponin in papaya seed powder makes it a potential biocoagulant and natural disinfectant. The purpose of this study was to determine the effectiveness of papaya seed powder at concentrations of 6 gr/L, 6.5 gr/L and 7 gr/L in reducing the content of COD, BOD, nitrite and total coliform in Manunggal River water samples. This experimental research uses the Pretest-Posttest Control Group Design, then its efficiency is calculated. The water sample used was taken from the Manunggal River at the monitoring point of the Mangkukusuman bridge, Yogyakarta City. The results showed that papaya seed powder at a dose of 6 gr/mL, 6.5 gr/mL and 7 gr/mL was effective in reducing nitrite content and total Coliform, but not effectively reducing COD and BOD content in Manunggal River water samples, Yogyakarta City.

Keywords : Biocoagulant; disinfectant; papaya seed powder

ABSTRAK

Berdasarkan data Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta tahun 2021 air Sungai Manunggal Kota Yogyakarta termasuk dalam kategori cemara berat, dengan kandungan COD 31,14 mg/L, BOD 10,88 mg/L, nitrit 0,59 mg/L dan total *coliform* 6.325.000 MPN/100 mL pada titik pantau Jembatan Mangkukusuman. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan COD, BOD, nitrit dan total *coliform* dalam air Sungai Manunggal melebihi baku mutu kelas II menurut Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008, sehingga jika akan digunakan harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu. Kandungan senyawa aktif alkaloid, flavonoid, glikosida antrakinon, tanin, triterpenoid atau steroid, saponin dalam serbuk biji pepaya menjadikannya berpotensi sebagai biokoagulan dan desinfektan alami. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui efektivitas dari serbuk biji pepaya pada konsentrasi 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L dalam menurunkan kandungan COD, BOD, nitrit dan total *coliform* dalam sampel air Sungai Manunggal. Penelitian eksperimental ini menggunakan rancangan *Pretest-Posttest Control Group Design*, kemudian dihitung efisiensinya. Sampel air yang digunakan diambil dari Sungai Manunggal pada titik pantau jembatan Mangkukusuman Kota Yogyakarta. Dari hasil penelitian menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya dengan dosis 6 gr/mL, 6,5 gr/mL dan 7 gr/mL efektif menurunkan kandungan nitrit dan total *Coliform*, tetapi tidak efektif menurunkan kandungan COD dan BOD dalam sampel air Sungai Manunggal Kota Yogyakarta.

Kata kunci : Biokoagulan; desinfektan; serbuk biji pepaya

Korespondensi: Vita Kumalasari, Sekolah Tinggi Ilmu Kesehatan Surya Global Yogyakarta, Jalan Ringroad Selatan, Potorono, Banguntapan, Bantul, DIY 55194, 085853326154, vitastikessurga@gmail.com

PENDAHULUAN

Air merupakan sumber kehidupan semua makhluk di bumi. Sekitar 71% permukaan bumi tertutup air. Air di permukaan bumi relatif tetap karena air mengalami perputaran (sirkulasi) secara terus menerus yang disebut siklus hidrologi atau siklus air. Namun, semakin tingginya penambahan jumlah penduduk, menyebabkan semakin tinggi pula air bersih yang dibutuhkan. Selain itu, untuk memenuhi kebutuhan hidup masyarakat yang semakin meningkat diperlukan pula industrialisasi untuk pengadaan barang dan jasa yang juga membutuhkan sumber daya air. Industrialisasi yang meningkat berdampak pada meningkatnya beban pengotor air, akibatnya sumber air tawar yang bersih menjadi semakin berkurang.

Salah satu sumber air yang dapat dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih dengan jumlah yang melimpah adalah air sungai. Namun, sebagai saluran yang terbuka, pergerakan air maupun nutrisi yang keluar masuk sungai menjadi tidak terbatas. Selain faktor alam, aktivitas manusia juga mempengaruhi kualitas air permukaan. Aktivitas yang semakin intensif dapat meningkatkan jumlah limbah yang masuk ke dalam sungai (1).

Salah satu sungai yang ada di Kota Yogyakarta adalah Sungai Manunggal yang melintasi Kemantren Gondokusuman, Pakualaman, dan Umbulharjo. Berdasarkan pemantauan kualitas air Sungai Manunggal yang diambil pada titik pantau Jembatan Mangkukusuman diketahui kandungan *Chemical Oxygen Demand* (COD) sebesar 141,585 mg/L, *Biochemical Oxygen Demand* (BOD) sebesar 113,268 mg/L, nitrit sebesar 3,5609 mg/L, dan total *Coliform* sebesar 2.400.000 MPN/100 mL. Hasil pengujian menunjukkan bahwa kandungan COD, BOD, nitrit, dan total *Coliform* pada Sungai Manunggal melebihi standar baku mutu yang terdapat dalam Peraturan Gubernur DIY Nomor 20 Tahun 2008, tentang Baku Mutu Air di DIY, batas normal baku mutu air kelas II untuk total *Coliform* sebesar 5.000 MPN/100 mL, COD sebesar 25 mg/L, BOD sebesar 3 mg/L, dan nitrit sebesar 0,06 mg/L. Hal ini menunjukkan status mutu air Sungai Manunggal adalah cemaran berat, sehingga jika akan digunakan harus dilakukan pengolahan terlebih dahulu.

Salah satu cara untuk menurunkan kandungan COD, BOD, Nitrit adalah dengan menambahkan koagulan. Koagulan kimia yang sering digunakan adalah aluminium sulfat, poli aluminium klorida (PAC) dan akrilamida. Penggunaan aluminium dalam pengolahan air diduga dapat memicu berbagai penyakit saraf seperti alzheimer, parkinson dan penyakit saraf lainnya (2). Koagulan kimia yang berasal dari polimer organik seperti akrilamida dilaporkan mempunyai sifat neurotoksik dan dapat menyebabkan kanker (3). Alternatif lain yang dapat digunakan adalah biokoagulan yang merupakan koagulan alami yang berasal dari biji-biji tanaman sebagai pengganti koagulan kimia yang dapat membantu proses pengendapan partikel-partikel kecil yang tak dapat mengendap dengan sendirinya pada air.

Kandungan total *Coliform* dapat diturunkan dengan menambahkan desinfektan. Desinfektan yang biasa digunakan masyarakat adalah kaporit yang merupakan bahan kimia sintetik. Namun, kaporit akan menyisakan residu yang sulit untuk terurai. Kadar residu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan iritasi dan gangguan pernapasan (4). Oleh karena itu, penggunaan desinfektan dari bahan kimia sintetik perlu dikurangi dan digantikan dengan bahan alami yang lebih aman. Salah satu desinfektan alami yang dapat digunakan adalah biji pepaya (5).

Rendemen serbuk simplisia biji pepaya mengandung flavonoid 0,12%, saponin 0,24%, fenol 0,67%, dan tanin 0,72% (6). Selain itu, per 100 gram biji pepaya juga mengandung lemak sekitar 26%, protein 25%, dan serat 29% (7). Hal ini menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai biokoagulan dan desinfektan alami.

Berdasarkan latar belakang di atas, maka perlu dilakukan penelitian baru terkait evaluasi kinerja biokoagulan biji pepaya (*Carica papaya L.*) dalam pengolahan air Sungai Manunggal dengan metode koagulasi-flokulasi berdasarkan variasi dosis tertentu. Penelitian ini diharapkan dapat menjadi alternatif biokoagulan dan desinfektan yang dapat menggantikan penggunaan koagulan dan desinfektan dari bahan kimia sintetik, sehingga lebih aman jika air tersebut dikonsumsi dan juga aman untuk lingkungan.

METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimental dengan menggunakan rancangan *pretest-posttest control group design*. Air sampel yang digunakan adalah air dari Sungai Manunggal dengan titik pantau di Jembatan Mangkukusuman, Bacirow, Kecamatan Gondokusuman Kota Yogyakarta pada tanggal 11 Januari 2023 pukul 17.00 WIB. Sampel yang diambil sebanyak 5.500 mL, 500 mL sampel air langsung dilakukan pengujian COD, BOD, Nitrit, total *coliform* (sebagai *pretest*) dan 5.000 mL diberi perlakuan (sebagai *posttest*) dengan menambahkan serbuk biji pepaya yang dilakukan di Laboratorium Institut Teknologi Yogyakarta (ITY). Nomor surat uji etik penelitian ini adalah No.5.28/KEPK/SSG/XI/2022

Perlakuan yang dilakukan adalah dengan menjemur biji pepaya di bawah sinar matahari selama 7 hari hingga kering dan menghaluskannya menggunakan blender, kemudian dimasukkan ke dalam sampel air Sungai Manunggal sesuai dosis. Variasi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan adalah 0 gr/L (kontrol), 6 gr/L, 6,5 gr/L, dan 7 gr/L dengan masing-masing perlakuan dilakukan 3 (tiga) kali pengulangan. Setelah itu diaduk menggunakan *jar test* dengan kecepatan 120 rpm selama 1 menit, kemudian dilanjutkan dengan kecepatan 30 rpm selama 30 menit. Setelah didiamkan selama 24 jam, supernatan diambil menggunakan pipet dan dianalisis kandungan COD, BOD, Nitrit dan total *coliform*-nya. Kemudian hasil pengujian *pretest* dan *posttest* dianalisis menggunakan perhitungan persentase efektivitas.

HASIL

Dari penelitian didapatkan hasil analisis kandungan COD, BOD, nitrit, total *coliform* dalam air Sungai Manunggal sebelum ditambahkan serbuk biji pepaya sebagai *pretest* dan sesudah ditambahkan serbuk biji pepaya dengan variasi dosis 0 gr/L (kontrol), 6 gr/L, 6,5 gr/L, dan 7 gr/L sebagai *posttest*.

Tabel.1 Hasil analisis kandungan COD, BOD, nitrit, total *coliform* dalam air Sungai Manunggal sebelum perlakuan (*pretest*)

Parameter	Baku mutu		Hasil pengujian
	Peraturan	Standard	
COD	Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008	25 mg/L	141,585 mg/L
BOD		3 mg/L	113,268 mg/L
Nitrit		0,06 mg/L	3,5609 mg/L
Total <i>Coliform</i>		5000 MPN/100mL	2,4x10 ⁶ MPN/100mL

Berdasarkan Tabel.1 terlihat bahwa kandungan COD, BOD, nitrit dan total *Coliform* dalam air Sungai Manunggal sebelum diberi perlakuan dengan penambahan serbuk biji pepaya melebihi standart baku mutu pada Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008.

Tabel.2 Hasil analisis kandungan COD, BOD, nitrit, total *Coliform* dalam air Sungai Manunggal setelah perlakuan (*posttest*)

Dosis serbuk biji pepaya	COD (mg/L)	BOD (mg/L)	Nitrit (mg/L)	Total <i>coliform</i> (MPN/100mL)
0 gr/L	135,242	108,194	3,4390	9,3x10 ³
6 gr/L	240,961	192,770	2,4227	2,4x10 ³
6,5 gr/L	289,592	231,674	2,0366	2,4x10 ³
7 gr/L	321,308	257,046	2,1788	1,97x10 ³

Berdasarkan Tabel.2 terlihat bahwa semakin tinggi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan, maka kandungan nitrit dan total *Coliform* dalam air Sungai Manunggal semakin turun. Namun, semakin tinggi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan kandungan COD dan BOD dalam air Sungai Manunggal justru semakin meningkat. Hal ini menunjukkan bahwa serbuk biji pepaya hanya efektif menurunkan kandungan nitrit dan total *Coliform*.

PEMBAHASAN

Berdasarkan Peraturan Gubernur DIY No. 20 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Kualitas Air dan Pengendalian Pencemaran Air dalam baku mutu kelas II, standart baku mutu untuk COD sebesar 25 mg/L, BOD 3 mg/L, nitrit 0,06 mg/L dan total *coliform* 5000 MPN/100mL. Namun berdasarkan hasil analisis kualitas sampel air dari Sungai Manunggal menunjukkan kandungan COD sebesar 141,585 mg/L, BOD 113,268 mg/L, nitrit 3,5609 mg/L, dan total *Coliform* 2.400.000 MPN/100 mL. Hal ini menunjukkan bahwa kandungan COD, BOD, nitrit dan total *coliform* dalam sampel air Sungai Manunggal tercemar berat. Oleh karena itu, perlu dilakukan pengolahan terlebih dahulu jika air Sungai Manunggal akan dimanfaatkan untuk memenuhi kebutuhan air bersih.

Air merupakan salah satu sarana yang paling mudah untuk menularkan penyakit. Air dapat berperan sebagai *waterborne disease* atau *water relate disease* dalam penularan penyakit (8). Salah satu cara pengolahan air yang efektif, murah, mudah dan aman bagi kesehatan serta lingkungan adalah dengan menambahkan serbuk biji pepaya (*Carica Papaya L.*). Senyawa aktif yang terkandung dalam serbuk biji pepaya seperti terpenoid, flavonoid, alkaloid, dan enzim-enzim seperti papain, enzim khimoprotein, dan lisozim (5). Serta kandungan lemak, protein, dan serat dalam serbuk biji pepaya menjadikan biji pepaya berpotensi untuk dimanfaatkan sebagai biokoagulan dan desinfektan alami (7).

Chemical Oxygen Demand (COD)

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan kebutuhan oksigen kimia untuk mengurai seluruh bahan organik yang terkandung di dalam air (9). Berdasarkan hasil analisis awal kandungan COD dalam sampel air Sungai Manunggal sebesar 141,585 mg/L, hal ini dikarenakan area sekitar Sungai Manunggal merupakan pemukiman padat, sehingga akumulasi limbah domestik dari warga sekitar sangat mempengaruhi tingginya nilai COD (1). Selain itu, bahan buangan zat kimia yang diperoleh dari kegiatan domestik, industri, komersial, pembuangan sampah, dan bencana alam juga dapat menyebabkan meningkatkan kadar COD di dalam air (8).

Setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L menunjukkan kandungan COD dalam sampel air Sungai Manunggal justru mengalami peningkatan, secara berurutan yaitu sebesar 4,80%, 41,24%, 51,10% dan 55,93%. Hal ini menunjukkan semakin banyak serbuk biji pepaya yang ditambahkan, maka semakin meningkat kadar COD dalam air sampel. Hal ini dikarenakan serbuk biji pepaya merupakan zat organik yang tentunya akan meningkatkan kebutuhan oksigen kimia untuk menguraikan bahan organik tambahan dari serbuk biji pepaya sehingga kadar COD menjadi naik. Artinya penambahan serbuk biji pepaya dengan dosis 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L tidak efektif menurunkan kandungan COD dalam sampel air

Sungai Manunggal.

Variasi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan perlu diperkecil sehingga penguraian zat organik dari serbuk biji pepaya tidak membutuhkan oksigen yang terlalu besar. Seperti dalam penelitian Nunik (10) serbuk biji pepaya dengan dosis 2 gr, 3 gr, 4 gr, dan 5 gr secara berurutan dapat menurunkan kadar COD dalam sampel air limbah pabrik tahu sebesar 23%, 41%, 50%, dan 61%.

Biochemical Oxygen Demand (BOD)

Biochemical Oxygen Demand (BOD) merupakan jumlah oksigen terlarut yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air (9). Berdasarkan hasil analisis awal kandungan BOD dalam sampel air Sungai Manunggal sebesar 113,268 mg/L, tingginya nilai BOD dalam air sungai dapat dipengaruhi oleh jumlah mikroorganisme yang sedikit. Jumlah dan aktivitas mikroorganisme mempunyai pengaruh yang signifikan terhadap nilai BOD (11).

Setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L menunjukkan kandungan BOD dalam sampel air Sungai Manunggal justru mengalami peningkatan, secara berurutan yaitu sebesar 4,80%, 41,24%, 51,10% dan 55,93%. Hal ini menunjukkan semakin banyak serbuk biji pepaya yang ditambahkan, maka semakin meningkat kadar BOD dalam air sampel. Hal ini dikarenakan serbuk biji pepaya merupakan zat organik yang tentunya akan menurunkan jumlah oksigen terlarut dalam air, karena oksigen yang dibutuhkan oleh bakteri untuk menguraikan hampir semua zat organik yang terlarut dan sebagian zat organik yang tersuspensi dalam air meningkat. Artinya penambahan serbuk biji pepaya dengan dosis 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L tidak efektif menurunkan kandungan COD dalam sampel air Sungai Manunggal.

Variasi dosis serbuk biji pepaya yang ditambahkan perlu diperkecil sehingga penguraian zat organik dari serbuk biji pepaya tidak membutuhkan oksigen yang terlalu besar. Berdasarkan penelitian Nunik (10) serbuk biji pepaya dengan dosis 2 gr, 3 gr, 4 gr, dan 5 gr secara berurutan dapat menurunkan kadar BOD dalam sampel air limbah pabrik tahu sebesar 30%, 43%, 47%, dan 62%.

Nitrit

Kandungan senyawa nitrit yang tinggi berbahaya bagi kesehatan manusia jika masuk ke dalam tubuh manusia, karena dapat berpengaruh terhadap hematologi, seperti penyakit *Blue Baby Syndrome* atau *Methemoglobinemia* yang disebabkan karena terjadinya oksidasi hemoglobin yang mengubah hemoglobin (Fe^{2+}) menjadi methemoglobin (Fe^{3+}). Peningkatan methemoglobin (MetHb) pada tubuh akan mengakibatkan menurunnya kemampuan darah dalam membawa oksigen sehingga akan mengakibatkan kurangnya oksigen diberbagai bagian tubuh. Apabila jumlah methemoglobin didalam tubuh melebihi kemampuan tubuh untuk mengkonversi kembali menjadi hemoglobin maka dapat menyebabkan sianosis, hipoksemia jaringan dan dalam kasus yang parah akan menyebabkan kematian. Efek neurologis pada manusia akibat mengkonsumsi makanan atau minuman yang mengandung nitrit dalam konsentrasi yang tinggi adalah penurunan kemampuan darah untuk membawa oksigen dengan gejala klinis seperti pusing, kehilangan kesadaran dan kejang. Selain itu, senyawa nitrit juga dapat menyebabkan risiko terjadinya penyakit kanker pada orang dewasa (12).

Berdasarkan hasil analisis awal kandungan nitrit dalam sampel air Sungai Manunggal sebesar 3,5609 mg/L, hal ini dikarenakan adanya nutrient dari limbah domestik yang masuk ke sungai (1). Setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L menunjukkan kandungan nitrit dalam sampel air Sungai Manunggal mengalami penurunan secara berurutan yaitu sebesar 3,42%, 31,96%, 42,80% dan 38,81%. Penambahan serbuk biji pepaya yang paling optimal menurunkan kandungan nitrit dalam

sampel air Sungai Manunggal adalah pada dosis 6,5 gr/L.

Total Coliform

Total *Coliform* merupakan bakteri berbentuk batang, gram negative, dan tidak membentuk spora. Yang termasuk kelompok total *coliform* antara lain bakteri *Escherichia coli*, *Enterobacter*, *Citrobacter*. *Coliform* dikeluarkan dalam jumlah besar (2×10^9 *coliform* per hari per kapita) dalam feses manusia dan hewan, namun tidak seluruh bakteri tersebut berasal dari fekal. Indikator tersebut sering digunakan untuk menentukan kualitas air minum dan air untuk rekreasi. Total *Coliform* kurang sensitive terhadap desinfektan dan faktor lingkungan dibandingkan dengan virus atau kista protozoa. Kelompok ini juga sering digunakan untuk menilai keamanan air limbah yang akan dimanfaatkan kembali (13). Kandungan Total *Coliform* yang melebihi standart baku mutu akan berbahaya bagi kesehatan tubuh jika dikonsumsi oleh manusia, karena akan menyebabkan diare dan *tifus abdominalis* yang menyerang usus halus serta sering menimbulkan wabah sehingga perlu dilakukan upaya penurunan kandungan Total *Coliform* agar sesuai dengan standar baku mutu (14).

Berdasarkan hasil analisis awal kandungan total *coliform* dalam sampel air Sungai Manunggal sebesar $2,4 \times 10^6$ MPN/100mL. Hal ini menunjukkan bahwa air Sungai Manunggal termasuk dalam kategori cemar berat. Karena sepanjang Sungai Manunggal adalah pemukiman padat penduduk, maka hal ini akan dapat mempengaruhi kondisi air sumur warga di sepanjang Sungai Manunggal. Sehingga perlu dilakukan upaya penurunan kandungan Total *Coliform*. Berdasarkan penelitian Siswani (15) serbuk biji pepaya dapat digunakan sebagai desinfektan alami karena mengandung senyawa-senyawa aktif seperti alkaloid, flavonoid, glikosida antrakinon, tanin, triterpenoid atau steroid, serta saponin.

Berdasarkan hasil penelitian setelah diberi perlakuan dengan menambahkan serbuk biji pepaya pada dosis 0 gr/L, 6 gr/L, 6,5 gr/L dan 7 gr/L menunjukkan kandungan total *coliform* dalam sampel air Sungai Manunggal mengalami penurunan secara berurutan yaitu sebesar 96%, 99%, 99% dan 99,2%. Penambahan serbuk biji pepaya yang paling optimal menurunkan kandungan total *coliform* dalam sampel air Sungai Manunggal adalah pada dosis 7 gr/L. Hal ini sejalan dengan penelitian penelitian Lestari (16) yang menyatakan bahwa biji pepaya mampu menurunkan kandungan Total *Coliform* hingga 66%.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa penambahan serbuk biji pepaya (*Carica papaya L.*) dengan dosis 6 gr/mL, 6,5 gr/mL dan 7 gr/mL efektif menurunkan kandungan nitrit dan total *Coliform*, tetapi tidak efektif untuk menurunkan kandungan COD dan BOD dalam sampel air yang diambil dari Sungai Manunggal Kota Yogyakarta.

SARAN

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan variasi dosis serbuk biji pepaya yang lebih banyak.

DAFTAR PUSTAKA

1. Dinas Lingkungan Hidup Kota Yogyakarta. 2021. Laporan Analisa Hasil Pemantauan Kualitas Air Kota Yogyakarta. Yogyakarta; 2021.
2. Kawahara, M. and Kato-Negishi, M. Link between aluminum and the pathogenesis of alzheimer's disease : The integration of the aluminum and amyloid cascade hypotheses. International Journal of Alzheimer's

- Disease Vol. 2011. doi:10.4061/2011/276393.
3. Prihatinningtyas, E. and Effendi, A.J. Aplikasi tepung jagung sebagai koagulan alami untuk mengolah limbah cair tahu. *Jurnal Teknik Lingkungan* 2012; 18 (April) : 97–105.
 4. Kursani E, Yulianto B, Aqrianti R. Analisis kadar sisa klorin dan pH air di kolam renang umum Kota Pekanbaru. *Jurnal Kesehatan Al-Irsyad* 2019; XII (2) : 11-22.DOI: 10.36746/jka.v12i2.35
 5. Jaipah N, Saraswati I, Hapsari R. Uji Efektivitas Antimikroba Ekstrak Biji Pepaya (*Carica Papaya L.*) terhadap Pertumbuhan *Escherichia Coli* secara In Vitro. *Jurnal Kedokteran Diponegoro* 2017; 6 (2) : 947-955.
 6. Salim AN, Sumardianto, Amalia U. Efektivitas Serbuk Simplisia Biji Pepaya sebagai Antibakteri pada Udang Putih (*Penaeus Merguensis*) selama Penyimpanan Dingin. *JPHPI* 2018;21(2): 188-198.
 7. Azevedo LA, Campagnol PCB. Papaya Seed Flour (*Carica Papaya*) Affects The Technological And Sensory Quality Of Hamburgers. *International Food Research Journal* 2014; 21 (6):2141-2145.
 8. Fitrianti, D. Kesehatan Masyarakat Sanitasi dan Lingkungan. PT. Borodubur Inspira Nusantara; 2016.
 9. Royani, S. Fitriana, S. A, dkk. Kajian COD dan BOD Dalam Air di Lingkungan Tempat Pemrosesan Akhir (TPA) Sampah Kaliori Kabupaten Banyumas; 2021.
 10. Nunik RN. Efektivitas Biji Melon (*Cucumis melo L.*) Dan Biji Pepaya (*Carica papaya L.*) Sebagai Koagulan Alami Untuk Menurunkan Parameter Pencemar Air Limbah Industri Tahu : Universitas Islam Negeri Sunan Ampel Surabaya; 2020.
 11. Koda E, Miszkowska A, Sieczka A. Levels of Organic Pollution Indicators in Groundwater at the Old Landfill and Waste management Site. *Applied Sciences* 2017; 7(6): 638. <https://doi.org/10.3390/app7060638>
 12. Ardhaneswari M, Wispriyono B. Analisis Risiko Kesehatan Akibat Paparan Senyawa Nitrat dan Nitrit Pada Air Tanah di Desa Cihambulu Subang. *Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia* 2022 Feb; 21(1):65-72.
 13. Ristiati NP. Mikrobiologi Terapan. Depok: Rajawali Pers; 2017.
 14. Soemirat J. Kesehatan Lingkungan. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press; 2018.
 15. Siswarni MZ, Ranita LI, Safitri D. Pembuatan Biosorben dari Biji Pepaya (*Carica Papaya L.*) untuk Penyerapan Zat Warna. *Jurnal Teknik Kimia USU* 2017 Juni; 6 (2) : 7-13.
 16. Lestari DY, Darjato, Marlik. Penurunan Kadar BOD, COD dan Total Coliform dengan Penambahan Biokoagulan Biji Pepaya (*Carica Papaya L.*) (Studi pada Limbah Cair Domestik Industri Baja di Surabaya Tahun 2020). *Jurnal Kesehatan Lingkungan Jurnal dan Aplikasi Teknik Kesehatan Lingkungan* 2021 January; 18(1) : 49-54.
 17. Peraturan Gubernur Daerah Istimewa Yogyakarta Nomor 20 Tahun 2008 tentang Baku Mutu Air di Provinsi Daerah Istimewa Yogyakarta.