



## Aplikasi Koagulan Biji Asam Jawa dalam Penurunan Konsentrasi Zat Warna *Drimaren Red* pada Limbah Tekstil Sintetik pada Berbagai Variasi Operasi

Angela Martina<sup>1\*</sup>, Dian Santoso Effendy<sup>1</sup> dan Jenny Novianti M. Soetedjo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Teknik Kimia, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Katolik Parahyangan  
Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung, Indonesia

\*Alamat korespondensi: [angela.martina@unpar.ac.id](mailto:angela.martina@unpar.ac.id)

([Submisi](#) 20 September 2018 ; [Revisi](#) 18 November 2018 ; [Penerimaan](#) 22 November 2018)

### ABSTRACT

Since textile industries use a lot of water in their processes, a huge volume of waste water containing dyes are produced by the increase of the production capacity. Coagulation and flocculation are the common processes applied since they can effectively decrease the dye concentration in the waste water. These treatments usually utilize chemical coagulant and flocculant which are expensive and non-biodegradable. In this research, tamarind seed as one of biobased-coagulants was studied and developed to reduce drimaren dark red HF-CD concentration which is used widely in textile industry in the synthetic waste water. The research was designed using Design Expert 7.0.0, Central Composite Design with range of variables as follows: pH (2-7), tamarind seed concentration (1-3 g/L), and dye concentration (20-30 ppm). The result shows a promising application of natural coagulant up to 94.25% decrease of dye concentration in the optimum condition of 3.68 g/L tamarind seed concentration, 25 ppm dye concentration and pH value of 4.5.

**Keywords:** coagulation; dye concentration acid; natural coagulant; tamarind seeds.

### ABSTRAK

Industri tekstil merupakan industri yang banyak menggunakan air dalam proses produksinya sehingga menghasilkan limbah yang mengandung zat warna tekstil dengan volume yang besar. Pengolahan yang umum digunakan untuk mengolah limbah tekstil ini adalah koagulasi dan flokulasi. Metode ini efektif dalam mengurangi konsentrasi zat warna pada air limbah. Koagulan yang digunakan pada penelitian ini adalah koagulan alami yang terbuat dari biji asam jawa. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan dan kondisi optimum biji asam jawa sebagai koagulan alami dalam menurunkan konsentrasi zat warna pada limbah tekstil. Limbah tekstil yang digunakan merupakan limbah sintetik zat warna *drimaren dark red HF-CD*. Rancangan penelitian dibuat menggunakan Design Expert 7.0.0 metode *central composite design* dengan memvariasikan variabel pH (2-7), dosis koagulan (1-3 g/L), dan dosis zat warna (20-30 ppm). Kondisi terbaik yang didapat dari penelitian diperoleh pada pH 4,5, dosis koagulan 3,68 g/L, dosis zat warna 25 ppm dengan hasil persen penurunan konsentrasi zat warna sebesar 94,29%.

**Kata kunci:** biji asam jawa; koagulasi; koagulan alami; konsentrasi zat warna

## 1. Pendahuluan

Air adalah sumber daya yang diperlukan oleh semua makhluk hidup dan tidak dapat digantikan oleh bahan yang lain. Pada skala besar, air banyak digunakan pada kegiatan industri seperti sebagai bahan pencuci, pendingin, pembangkit listrik, dan bahan baku. Salah satu industri yang banyak menggunakan air adalah industri tekstil (Ghaly *et al.*, 2014). Seperti ditunjukkan pada **Tabel 1**, industri tekstil di Indonesia masih mengalami perkembangan walaupun sedikit lambat.

Berkembangnya industri tekstil di Indonesia membuat produk tekstil yang dihasilkan juga meningkat. Hal ini tentu akan meningkatkan jumlah limbah yang dihasilkan pada tiap prosesnya. Proses-proses di dalam industri tekstil meliputi *sizing* (pelapisan benang), *desizing* (pemurnian), proses *bleaching* (pemutihan), *mercerizing* (perlakuan terhadap larutan alkali), *dyeing* (pewarnaan), *printing* (pencetakan), dan pengerasan produk tekstil (seperti kain, benang, atau barang jadi) (Patel, 2015). Dari berbagai proses yang ada pada industri tekstil, polusi limbah industri tekstil berasal dari proses *dyeing* dan *printing* yang menghasilkan  $\pm 15\%$ - $20\%$  dari total air limbah tekstil dan banyak mengandung zat warna (Savin, 2008).

**Tabel 1. Performa tekstil Indonesia** (Maizer, 2018)

	2015	2016	2017
Kapasitas (ton)	2420	2450	2450
Produksi (ton)	1833	1951	2082
Penjualan produk lokal (ton)	1286	1401	1557
Konsumsi (ton)	1878	1878	2021
Pangsa pasar lokal	68,5 %	74,6 %	77 %
Konsumsi berdasarkan PDB (Produk Domestik Bruto) (Rp.triliun)	7.710	8.326	9.024

Untuk menghilangkan kandungan zat warna dari proses *dyeing* dan *printing* diperlukan metode pengolahan limbah. Metode pengolahan zat warna yang banyak pada industri adalah koagulasi-flokulasi dan adsorpsi. Metode pengolahan yang dipilih pada penelitian ini adalah koagulasi-flokulasi karena metode ini efektif dalam mengurangi konsentrasi zat warna (Bratby, 2006; Antov, 2012).

Koagulasi merupakan proses pengolahan air limbah dengan mendestabilisasikan partikel koloid, sedangkan flokulasi merupakan proses lanjutan koagulasi di mana partikel yang terdestabilisasi akan membentuk partikel yang lebih besar. Terdapat 4 metode destabilisasi partikel pada koagulasi-flokulasi yaitu *double layer compression*, *charge neutralization*, *entrapment precipitate*, dan *particle bridging*. Metode koagulasi-flokulasi sendiri juga dipengaruhi oleh beberapa faktor seperti jenis koagulan, dosis koagulan, pH, dan kecepatan pengadukan. Faktor-faktor ini akan mempengaruhi keefektifan proses koagulasi-flokulasi. Pada proses koagulasi flokulasi diperlukan penambahan suatu zat yang membantu proses pengendapan partikel yang disebut sebagai koagulan. Koagulan akan membentuk partikel-partikel besar yang kemudian akan mengendap. Partikel besar ini disebut sebagai flok (Howe *et al.*, 2012; Wahyuni dkk., 2016). Berdasarkan jenisnya koagulan terdiri atas 2 jenis yaitu koagulan kimia dan koagulan alami. Koagulan kimia merupakan koagulan yang menggunakan bahan-bahan kimia yang umumnya mengandung logam. Dewasa ini, penelitian berkembang pada pembuatan dan penggunaan koagulan alami yang berasal dari sumber daya alam terbaharui seperti tanaman, hewan, atau bahkan dari mikroorganisme.

**Tabel 2. Komposisi Biji Asam Jawa** (Kumar *et al.*, 2008)

Komponen	Inti Biji (%)	Kulit biji (%)
Kelembaban	11,4 – 22,7	11,0
Protein	15,0 – 20,9	-
Lemak/minyak	3,9 – 16,2	-
Serat kasar	2,5 – 8,2	21,6
Karbohidrat	65,1 – 72,2	-
Ash Contain	2,4 – 4,2	7,4
Gula Pereduksi	-	-
Tanin	-	20,2

Pada penelitian ini digunakan koagulan berbasis biomassa yang lebih ramah lingkungan dan *biodegradable*. Biomassa yang dapat digunakan sebagai koagulan adalah biji kelor (*Moringa oleifera*), biji pepaya (*Carica papaya*), biji kecipir (*Psophocarpus tetragonolobus*), dan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) (Mishra,

2006; Soetedjo dkk., 2017a; Soetedjo dkk., 2017b). Pemilihan biji asam jawa (*Tamarindus indica*) sebagai bahan baku pembuatan koagulan alami pada penelitian ini didasarkan pada tujuan untuk meningkatkan nilai guna biji asam jawa yang hingga saat ini belum dimanfaatkan. Biji asam jawa sendiri terdiri dari kulit biji (20–30%) dan endosperm (70–75%) (Kumar *et al.*, 2008; El-Siddig *et al.*, 2006). Biji asam jawa dapat menjadi koagulan karena adanya kandungan protein, pati (karbohidrat), dan tanin. Pada **Tabel 2** dapat dilihat komposisi kandungan biji asam jawa.

Kandungan protein dan tanin pada asam jawa berperan menjadi polielektrolit alami yang mirip dengan koagulan kimia. Polielektrolit berfungsi untuk mempermudah terbentuknya flok. Protein sendiri dapat memiliki muatan positif atau negatif dengan proses pengendapan pada umumnya memanfaatkan proses tarik-menarik antar muatan. Secara umum proses koagulasi menggunakan koagulan alami termasuk ke dalam mekanisme koagulasi *particle bridging* dan/atau *charge neutralization* (Andre dkk., 2015)].

Penelitian berkaitan dengan pemanfaatan biji asam jawa sebagai koagulan alami masih terus dikembangkan hingga saat ini. Pada penelitian terdahulu (Soetedjo dkk., 2017a), asam jawa dapat digunakan sebagai koagulan alami untuk menurunkan konsentrasi zat warna hingga 84%, namun belum diketahui kondisi optimum untuk proses koagulasinya. Penelitian ini berfokus pada penentuan kondisi optimum proses koagulasi menggunakan koagulan biji asam jawa dalam menurunkan konsentrasi zat warna *drimaren dark red HF-CD*.

## 2. Metode Penelitian

Bahan baku yang digunakan pada penelitian ini adalah biji asam jawa didapat dari UD. Benih Mandiri, Yogyakarta. Sebagai persiapan awal, biji asam jawa direndam selama 1–2 hari untuk mempermudah pengupasan kulit biji dan kemudian dikeringkan menggunakan oven hingga kandungan air pada biji kurang dari 10%. Setelah dikeringkan, biji asam jawa dikecilkan ukurannya menggunakan blender dan diayak

hingga diperoleh ukuran -70+100 mesh. Larutan limbah tekstil industri diwakilkan dengan larutan sintetik yang terbuat dari *drimaren dark red HF-CD*. Zat warna *drimaren red* adalah pewarna *reactive* yang merupakan salah satu pewarna utama untuk mewarnai serat yang mengandung polisakarida. Selanjutnya penelitian utama dilakukan berdasarkan rancangan yang dapat dilihat pada **Tabel 3**. Proses koagulasi dilakukan dalam gelas kimia yang dilengkapi dengan *paddle* pada kondisi suhu ruang dengan kecepatan pengadukan 200 rpm selama 5 menit dilanjutkan 60 rpm selama 30 menit kemudian proses pengendapan dilakukan selama 1 jam. Analisis penurunan konsentrasi zat warna dilakukan menggunakan metode spektrofotometri.

## 3. Hasil dan Pembahasan

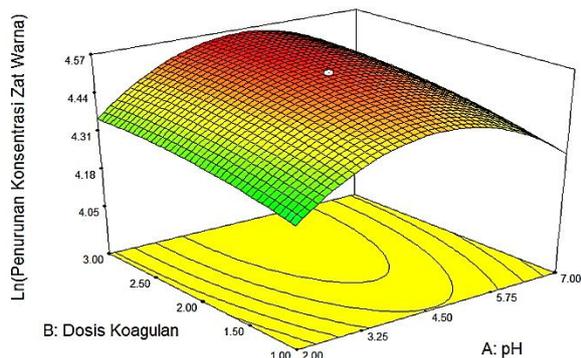
Untuk keperluan analisis penurunan konsentrasi zat warna menggunakan spektrofotometer, panjang gelombang maksimum *drimaren red* dicari pada rentang 400-580 nm. Panjang gelombang maksimum diperoleh pada 526 nm. Kurva standar dibuat pada panjang gelombang maksimum dan diperoleh persamaan  $y = 0,0307x$  dengan  $y$  adalah nilai absorbansi dan  $x$  adalah konsentrasi larutan. Korelasi ini memberikan nilai *R-Squared* sebesar 0,9968.

Hasil penelitian dapat dilihat pada **Tabel 3**. Berdasarkan **Tabel 3**, proses koagulasi pada pH 4,5, dosis koagulan 3,68 g/L, dan dosis zat warna 25 ppm menghasilkan penurunan konsentrasi zat warna maksimum yaitu 94,29%. Data penurunan konsentrasi zat warna digunakan sebagai respon untuk perhitungan anova.

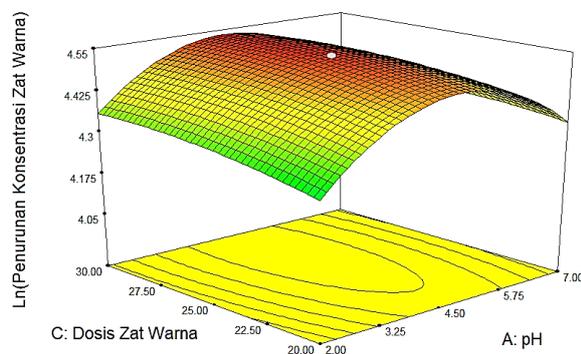
Hasil anova memberikan pengaruh yang signifikan pada model dengan nilai *R-Squared*, *adj R Squared*, dan *preR-Squared* secara berurutan adalah 0,9212; 0,8502; dan 0,4011. Dengan data yang diinput pada *Design Expert*, didapat grafik 3D seperti pada **Gambar 1** dan **Gambar 2**.

**Tabel 3. Hasil percobaan penelitian**

pH	Dosis Koagulan (g/L)	Dosis Zat Warna (ppm)	Penurunan Konsentrasi Zat Warna (%)
4,5	2	25	93,54
2,0	3	20	71,18
7,0	1	20	68,13
4,5	2	25	92,38
4,5	2	25	93,21
4,5	3,68	25	94,29
8,7	2	25	57,51
4,5	0,32	25	91,24
4,5	2	33,41	93,85
2,0	1	20	61,19
7,0	1	30	71,12
7,0	3	20	80,32
4,5	2	16,59	90,73
4,5	2	25	93,18
4,5	2	25	93,04
2,0	3	30	75,28
0,3	2	25	61,42
2,0	1	30	72,92
7,0	3	30	81,66
4,5	2	25	92,68



**Gambar 1. Pengaruh pH dan dosis koagulan**



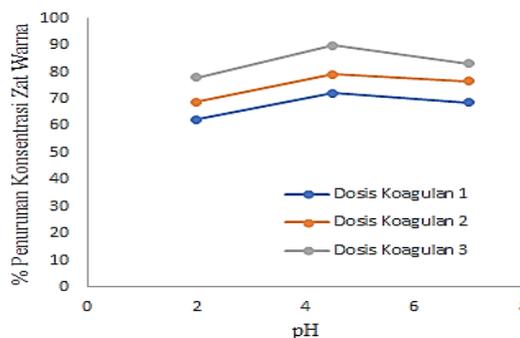
**Gambar 2. Pengaruh pH dan dosis zat warna**

Berdasarkan **Gambar 1**, pada bagian pH terlihat bentuk kubah melengkung ke atas sehingga didapatkan titik optimum pH dalam %

penurunan konsentrasi zat warna, yaitu pada pH 4,5 namun pada bagian dosis koagulan masih memiliki kecenderungan data naik keatas sehingga belum dapat ditentukan dosis koagulan yang optimum. Pada **Gambar 2** dosis zat warna juga memiliki kecenderungan data yang sama dengan dosis koagulan sehingga belum dapat ditentukan dosis yang optimum untuk zat warna. Berdasarkan data hasil penelitian, *design expert* memberikan 30 data yang diindikasikan sebagai titik optimum. Penelitian lanjutan masih perlu dilakukan pada rentang dosis koagulan dan dosis zat warna yang lebih besar untuk mendapatkan titik optimum proses koagulasi.

**2.1 Pengaruh pH terhadap % Penurunan Zat Warna**

Zat warna *drimaren red* akan menghasilkan ion negatif saat dilarutkan di dalam air sedangkan protein dari asam jawa mengandung ion positif ( $H^+$ ) saat berada pada pH asam. Berdasarkan **Gambar 3** terlihat % penurunan konsentrasi terbesar diperoleh pada pH 4,5 dengan % penurunan sebesar 90,03%.



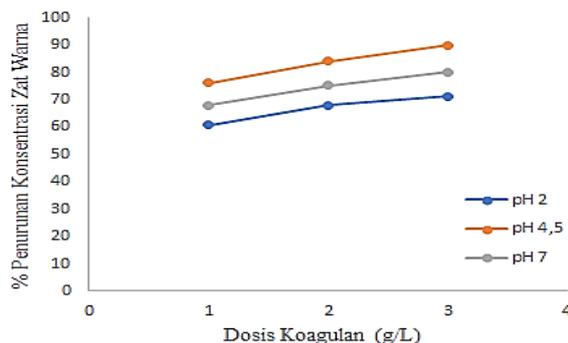
**Gambar 3. Pengaruh pH terhadap % penurunan konsentrasi zat warna**

Pada pH 2, kandungan  $H^+$  pada larutan zat warna lebih banyak dibandingkan pada pH 4,5 dan 7. Hal ini mengakibatkan terjadinya gaya tolak-menolak antara protein dengan ion positif. Sedangkan pada pH 4,5 kandungan ion  $H^+$  dan  $OH^-$  yang terkandung cukup seimbang sehingga ion-ion di dalam larutan akan saling berikatan dan menyebabkan mekanisme *charge neutralization*. Setelah terjadi mekanisme *charge neutralization* biasanya diikuti dengan *particle bridging*. Proses ini dapat terjadi karena adanya

gaya *Van der Waals* (Anonim, 2014; Mishra *et al.*, 2005).

## 2.2 Pengaruh dosis koagulan terhadap % penurunan zat warna

Pengaturan dosis koagulan dapat memberikan pengaruh koagulasi yang maksimal. Berdasarkan hasil penelitian pada **Gambar 4** terjadi kenaikan % penurunan konsentrasi zat warna pada berbagai pH. Koagulasi terbaik terjadi pada pH 4,5 dan dosis koagulan 3 g/L dengan % penurunan konsentrasi zat warna sebesar 89,95% dan masih memiliki kecenderungan data meningkat yang memungkinkan memberikan % penurunan konsentrasi zat warna yang lebih besar. Peningkatan ini dapat disebabkan karena masih adanya zat warna yang belum terikat oleh koagulan sehingga penambahan dosis koagulan akan mampu mereduksi zat warna dan meningkatkan % penurunan konsentrasi zat warna.

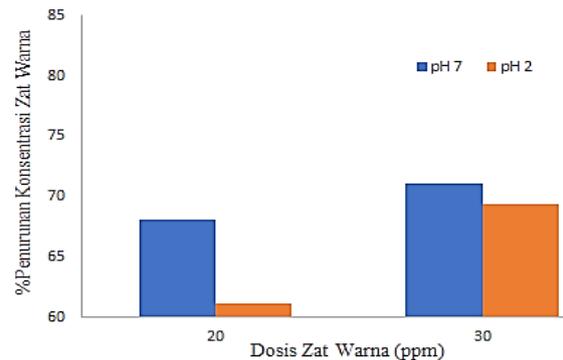


**Gambar 4.** Pengaruh dosis koagulan terhadap % penurunan konsentrasi zat warna

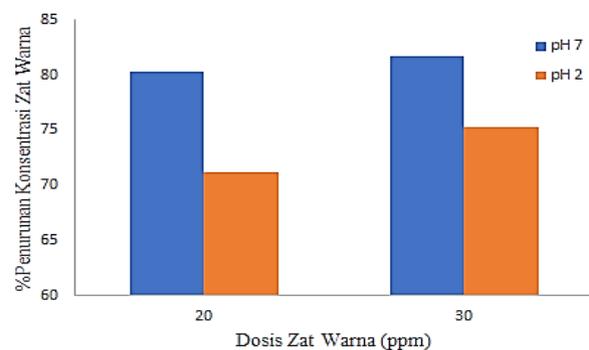
## 2.3 Pengaruh dosis zat warna terhadap % penurunan zat warna

Pada zat warna terdapat gugus polimer yang memberikan warna pada larutan zat warna. Penanganan tertentu terhadap gugus polimer ini dapat mempengaruhi struktur polimer zat warna itu sendiri. Supaya proses koagulasi dapat berjalan secara efektif, diharapkan zat warna memiliki gugus kimia yang dapat berikatan dengan koagulan membentuk flok. Berdasarkan **Gambar 5** dan **6** semakin tinggi dosis zat warna maka semakin tinggi % penurunan konsentrasi zat warna. Hal ini disebabkan karena koagulan yang digunakan masih memiliki kemampuan

untuk menyerap zat warna yang masih terkandung di dalam larutan limbah sintetik.



**Gambar 5.** Pengaruh dosis zat warna terhadap % penurunan konsentrasi zat warna pada dosis koagulan 1 g/L



**Gambar 6.** Pengaruh dosis zat warna terhadap % penurunan konsentrasi zat warna pada dosis koagulan 3 g/L

## 4. Kesimpulan

Biji asam jawa dapat dimanfaatkan sebagai koagulan alami yang mampu menurunkan konsentrasi zat warna. Semakin tinggi konsentrasi zat warna dan dosis koagulan yang digunakan akan semakin tinggi pula % penurunan konsentrasi zat warna. Koagulan biji asam jawa memberikan penurunan konsentrasi tertinggi pada pH 4,5 dan dosis koagulan 3,68 g/L dengan % penurunan zat warna sebesar 94,29%.

## Daftar Pustaka

Andre, A., Wardhana, I.W., dan Sutrisno, E., 2015, Penggunaan tepung biji asam jawa (*Tamarindus indica*) sebagai biokoagulan untuk menurunkan kadar fosfat dan cod pada

- air limbah usaha laundry, *Jurnal Teknik Lingkungan*, 4 (4), 1-5
- Anonim, 2014, World Dye Variety, Available at [www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-red-123.html](http://www.worlddyevariety.com/reactive-dyes/reactive-red-123.html). [Diakses 31 July 2018].
- Antov, M.G., Šćiban, M.B. dan Prodanović, J.M., 2012, Evaluation of the efficiency of natural coagulant obtained by ultrafiltration of common bean seed extract in water turbidity removal, *Ecological Engineering*, 49, 48-52
- Bratby, J., 2006, *Coagulation and Flocculation in Water and Wastewater Treatment*, IWA Publishing, London
- El-Siddig, K., Gunasena, H.P.M., Prasad, B.A., Pushpakumara, Ramana, K.V.R., Vijayanand, P. and Williams, J.T., 2006, *Tamarind Tamarindus indica L.*, RPM Print and Design, W. Sussex, England
- Ghaly, A.E., Ananthaskar, R, dan Alhattab, M., 2014, Production, characterization and treatment of textile effluents: A critical review, *J. Chem. Eng. Process. Technol.*, 5 (1), 1-18
- Howe, K.J., Hand, W., David, Jhon, C., Rhodes, R., dan George, T., 2012, *Principle of Water Treatment*, John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey
- Kumar, C.S., dan Bhattacharya, S., 2008, Tamarind seed: properties, processing and utilization, *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.*, 48, 1-20
- Mishra, Anuradha, Bajpai dan Malvika, 2005, Flocculation behaviour of model textile wastewater treated with a food grade polysaccharide, *J. Hazard. Mater.*, 118 (1-3), 213-217.
- Mishra, A. dan Bajpai, M., 2006, The flocculation performance of tamarindus mucilage in relation to removal of vat and direct dyes, *Bioresour. Technol.*, 97 (8), 1055-1059
- Maizer, 2018, *Indotextile*, CV. Gaindo Pratama Indonesia., [Online]. Available: [http://www.indotextiles.com/index.php?option=com\\_content&task=view&id=5147](http://www.indotextiles.com/index.php?option=com_content&task=view&id=5147). [Diakses 30 July 2018]
- Patel, H.R.V., 2015, *Characterization and Treatment of Textile Wastewater*, Elsevier, USA
- Savin B.R., 2008, Wastewater characteristics in textile finishing mills, *Environ. Eng. Manage. J.*, 7 (6), 859-864
- Soetedjo J., Kristianto H. dan Handriono C., 2017a, *Kajian Penggunaan Biji Asam Jawa (Tamarindus Indica) sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Limbah Cair Tekstil Sintetik*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
- Soetedjo J., Kristianto H. dan Kurniawan M., 2017b, *Kajian Penggunaan Biji Pepaya (Carica Papaya L.) sebagai Koagulan Alami dalam Pengolahan Berbagai Jenis Air Limbah*, Universitas Katolik Parahyangan, Bandung
- Wahyuni S., Siswanto dan Akbar G., 2016, *Kitosan Sebagai Koagulan dan Flokulan pada Proses Pre-Treatment Limbah Cair Kelapa Sawit.* [Online]. Available: [iribb.org/index.php?option=com\\_content&view=article&id=295:kitosan-sebagai-koagulan-dan-flokulan-pada-proses-pre-treatment-limbah-cair-kelapa-sawit&catid=2:berita&Itemid=12](http://iribb.org/index.php?option=com_content&view=article&id=295:kitosan-sebagai-koagulan-dan-flokulan-pada-proses-pre-treatment-limbah-cair-kelapa-sawit&catid=2:berita&Itemid=12). [Diakses 16 September 2017].