

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Detergen

Detergen merupakan salah satu produk pembersih pakaian yang paling banyak digunakan oleh masyarakat Indonesia. Menurut data ICN (*Indonesian Commercial Newsletter*), total konsumsi detergen untuk wilayah Indonesia pada tahun 2010 mencapai 449.100 ton dan diperkirakan akan terus meningkat dengan meningkatnya jumlah penduduk di Indonesia setiap tahun (Hie, 2010). Perbedaan sabun dan detergen adalah bahan utamanya. Sabun terbuat dari bahan utama dari campuran asam lemak dan alkali, sedangkan detergen bahan utamanya menggunakan surfaktan dan daya cuci detergen lebih baik dibandingkan dengan sabun. Detergen adalah campuran senyawa kimia yang digunakan sebagai bahan pembersih (Arifin, 2008).

Detergen pertama yang diproduksi menggunakan natrium lauril sulfat (NSL) yang berasal dari lemak trilausil yang kemudian direduksi dengan hidrogen dibantu dengan katalis. Setelah itu, direaksikan dengan asam sulfat lalu dinetralisasi. Karena proses produksinya yang mahal, maka penggunaan NSL ini tidak dilanjutkan. Industri detergen selanjutnya menggunakan surfaktan alkil benzena sulfonat (ABS). Akan tetapi ABS memiliki dampak negatif terhadap lingkungan karena molekul ABS ini tidak dapat dipecahkan oleh mikroorganisme sehingga berbahaya bagi persediaan suplai air tanah. Selain itu, busa dari ABS dapat menutupi permukaan air sungai sehingga sinar matahari tidak bisa masuk pada dasar sungai yang dapat menyebabkan biota sungai menjadi mati dan sungai menjadi tercemar. Perkembangan selanjutnya ABS diganti dengan linear alkil sulfonat (LAS). Detergen ini memiliki rantai karbon yang panjang dan dapat dipecahkan oleh mikroorganisme sehingga tidak menimbulkan busa pada air sungai. Akan tetapi, LAS juga memiliki kekurangan yaitu dapat membentuk fenol, suatu bahan kimia beracun (Budiawan dkk., 2009).

Detergen dalam kerjanya memiliki kemampuan yang unik untuk mengangkat kotoran, baik yang larut dalam air maupun yang tidak larut dalam air. Hal ini disebabkan detergen merupakan molekul amfipatik, yaitu suatu senyawa yang mengandung gugus polar dan nonpolar, sehingga dikenal juga sebagai surfaktan (*surface active agent*) karena dapat menurunkan tegangan permukaan air (Bhairi, 2001). Surfaktan berfungsi menurunkan tegangan permukaan air, sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Salah satu ujung dari molekul surfaktan lebih suka minyak, akibatnya bagian ini menetrasi kotoran yang berminyak sedangkan ujung molekul surfaktan lainnya lebih suka air, bagian inilah yang berperan mengendorkan kotoran dari kain dan mendispersikan kotoran sehingga tidak kembali menempel pada kain (Hidayati, 2007). Ilustrasi detergen membersihkan kotoran disajikan pada Gambar 1.

Jenis-jenis detergen berdasarkan senyawa organik yang dikandungnya, detergen dikelompokkan menjadi (Budiawan dkk., 2009) :

a. Detergen anionik

Detergen anionik merupakan detergen yang mengandung surfaktan anionik dan dinetralkan dengan alkali. Detergen ini akan berubah menjadi partikel bermuatan negatif apabila dilarutkan dalam air. Biasanya digunakan untuk pencuci kain.

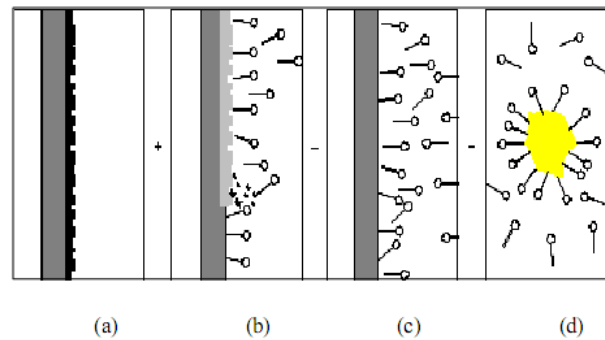
b. Detergen nonionik

Detergen nonionik merupakan senyawa yang tidak mengandung molekul ion sementara, kedua asam dan basanya merupakan molekul yang sama. Detergen ini tidak akan berubah menjadi partikel bermuatan apabila dilarutkan dalam air tetapi dapat bekerja di dalam air sadah dan dapat mencuci dengan baik hampir semua jenis kotoran.

c. Detergen Amfoterik

Detergen jenis ini mengandung kedua kelompok kationik dan anionik. Detergen ini dapat berubah menjadi partikel positif, netral, atau negatif bergantung kepada pH air yang digunakan. Biasanya digunakan untuk pencuci alat-alat rumah tangga.

Pada Gambar 1. mengilustrasikan bagaimana pengikatan kotoran pada permukaan suatu benda oleh surfaktan sebagai komponen utama dalam formulasi detergen. (a) Kondisi pada saat kotoran menempel pada permukaan suatu benda, (b) Kotoran diikat oleh molekul-molekul surfaktan, (c) Permukaan suatu benda telah bersih dari kotoran, (d) Molekul-molekul surfaktan menjaga agar kotoran yang telah diikat tidak menempel kembali pada permukaan suatu benda.



Sumber: Hargreaves, 2003

Gambar 1. Ilustrasi Pengikatan Kotoran oleh Detergen

Pertimbangan banyak busa pada detergen adalah pertimbangan salah tetapi selalu dipercaya oleh banyak konsumen. Banyaknya busa tidak berkaitan secara signifikan dengan daya bersih detergen, kecuali detergen yang digunakan untuk proses pencucian dengan air yang jumlahnya sedikit (misalnya pada pencucian karpet). Untuk kebanyakan kegunaan di rumah tangga, misalnya pencucian dengan jumlah air yang berlimpah, busa tidak memiliki peran yang penting. Dalam pencucian dalam jumlah air yang sedikit, busa sangat penting karena dalam pencucian dengan sedikit air, busa akan berperan untuk tetap "memegang" partikel yang telah dilepas dari kain yang dicuci, dengan demikian mencegah mengendapnya kembali kotoran tersebut. Revolusi terbesar dalam perkembangan detergen adalah pemakaian enzim. Enzim sebagai bantuan untuk mencuci bukanlah suatu hal yang baru lagi untuk dunia industri. Enzim proteolitik telah dicoba sebagai zat aditif untuk mencuci di Jerman pada tahun 1920-an dengan sukses dan juga di Switzerland pada tahun 1930-an. Enzim, yang disebut juga dengan katalis organik, cenderung untuk mempercepat reaksi dan enzim proteolitik dapat mengubah ataupun menghancurkan protein menjadi asam amino baik sebagian maupun keseluruhan (Fauziah, 2010).

Umumnya detergen mengandung bahan-bahan berikut (Hidayati, 2007):

1. Surfaktan (*surface active agent*) merupakan zat aktif permukaan yang mempunyai ujung berbeda yaitu *hydrophile* (suka air) dan *hydrophobe* (suka lemak). Bahan aktif ini berfungsi menurunkan tegangan permukaan air sehingga dapat melepaskan kotoran yang menempel pada permukaan bahan. Surfaktan ini baik berupa anionik (*Alkyl Benzene Sulfonate/ABS*, *Linear Alkyl Benzene Sulfonate/LAS*, *Alpha Olein Sulfonate/AOS*), kationik (garam ammonium), non ionik (*nonyl phenol polyethoxyle*) dan amphoterik (*acyl ethylenediamines*).
2. *Builder* (Pembentuk) berfungsi meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menon-aktifkan mineral penyebab kesadahan air berupa phosphate, asetat (NTA dan EDTA), silikat (zeolit), natrium karbonat dan natrium sitrat.
3. *Filler* (Pengisi) adalah bahan tambahan detergen yang tidak mempunyai kemampuan meningkatkan daya cuci, tetapi berguna untuk memperbanyak atau memperbesar volume. Keberadaan bahan ini dalam campuran bahan baku detergen semata-mata ditinjau dari aspek ekonomis. Pada umumnya, sebagai bahan pengisi detergen digunakan natrium sulfat. Bahan pengisi ini berwarna putih, berbentuk bubuk, dan mudah larut dalam air.
4. Aditif adalah bahan tambahan agar produk lebih menarik, misalnya pewangi, pelarut, pemutih, pewarna dan sebagainya yang tidak berhubungan langsung dengan daya cuci detergen. Aditif ditambahkan lebih untuk maksud komersialisasi. Contoh : *enzyme*, *borax*, *sodium chloride*, *carboxy methyl cellulose* (CMC).

Detergen terbagi menjadi beberapa bentuk yaitu cair, pasta dan padat atau serbuk. Detergen cair dikategorikan sebagai pembersih berbentuk cair yang dibuat dari bahan dasar detergen dengan penambahan bahan lain yang disesuaikan, diizinkan, dan digunakan untuk mencuci pakaian serta kebutuhan rumah tangga lainnya (kebutuhan dapur). Berdasarkan Syarat Mutu Detergen menurut SNI (SNI 06-4075-1996) yang terdapat pada Tabel 1, detergen cair terbagi menjadi dua kelompok yaitu detergen yang digunakan sebagai pencuci pakaian (kelompok P)

dan detergen yang digunakan sebagai pencucian alat-alat dapur (kelompok D).

Penggunaan detergen mempunyai resiko bagi kesehatan dan lingkungan. Resiko detergen yang paling ringan pada manusia berupa iritasi (panas, gatal, bahkan mengelupas) pada kulit terutama di daerah yang bersentuhan langsung dengan produk. Hal ini disebabkan karena kebanyakan produk detergen yang beredar di pasaran saat ini memiliki deterajat keasaman (pH) yang tinggi (Febriana, 2011). Resiko detergen terhadap lingkungan yaitu bahan surfaktan yang digunakan seperti LAS atau ABS sulit terurai di alam, sehingga dapat menimbulkan masalah keracunan pada biota air selain itu bahan ini juga merusak organ pernafasan (insang) pada ikan. Busa detergen yang dibuang ke sungai menyebabkan kontak air dan udara menjadi terbatas sehingga menurunkan proses pelarutan oksigen kedalam air. Hal ini menyebabkan organisme didalam air kekurangan oksigen sehingga bisa menimbulkan kematian (Arifin, 2008).

Tabel 1. Syarat Mutu Detergen Cair

Kriteria	Satuan	Persyaratan			
		Jenis P		Jenis D	
		Biasa	Konsentrat	Biasa	Konsentrat
Keadaan					
a. Bentuk	-	Homogen	Homogen	Homogen	Homogen
b. Bau	-	Khas	Khas	Khas	Khas
c. Warna	-	Khas	Khas	Khas	Khas
pH 25 °C	-	10 – 12	10 – 12	6 – 8	6 – 8
Bahan Aktif	%	Min. 10	Min. 25	Min. 10	Min. 35
Bobot jenis	g/ml	1,0 – 1,3	1,2 – 1,5	1,0 – 1,2	1,1 – 1,3
Total Mikroba	Koloni/g	Maks. 1×10^5	Maks. 1×10^5	Maks. 1×10^5	Maks. 1×10^5

Sumber: SNI, 1996

2.1.1 Detergen Ramah Lingkungan

Detergen ramah lingkungan merupakan suatu pembersih noda yang berdiri atas komponen-komponen bahan alami yang mudah terdegradasi oleh lingkungan. Detergen ramah lingkungan adalah detergen yang terdiri dari bahan-bahan alami yang tidak berdampak negatif terhadap mahluk hidup dan lingkungan serta alternatif pengganti detergen sintetik (Arifin, 2008). Beberapa detergen alami yang telah dikembangkan menggunakan alternatif bahan-bahan alami yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Penggunaan detergen akan terus meningkat seiring pertambahan jumlah

penduduk dan peningkatan penggunaan detergen akan berdampak terhadap jumlah limbah yang dibuang ke badan air. Limbah detergen yang dibuang ke badan air akan menimbulkan masalah pendangkalan perairan, terhambatnya transfer oksigen, sehingga proses penguraian secara aerobik terganggu akibatnya terjadi kematian organisme akuatik serta menurunnya estetika lingkungan yang disebabkan timbulnya bau dan busa. Antisipasi dari semua pihak perlu dilakukan untuk meminimalisir dampak lingkungan, karena surfaktan bersifat karsinogenik (Sopiah, 2004). Berdasarkan hal tersebut ditetapkan baku mutu air limbah pada berbagai produk diantaranya produk detergen untuk membatasi pencemaran dan terciptanya produk yang ramah lingkungan. Berikut merupakan ketentuan bahan baku mutu limbah detergen berdasarkan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 2. Bahan-Bahan Detergen Alami yang telah Dikembangkan

Jenis Bahan	Zat Digunakan	Keterangan	Sumber
Jeroan ikan	Protease	Menggunakan bahan kimia dan pembuatannya rumit.	Supriyanto (2009)
Jarak Pagar	Metil Ester Sulfonat	Menggunakan bahan kimia dan ada persaingan bahan baku dengan produksi biodiesel dan minyak jarak.	Widiastuti (2010)
Lerak	Saponin	Pembuatan rumit, tanaman musiman dan menggunakan surfaktan kimia.	Sofa (2012)
Biji Alpukat	Saponin	Bahan baku terbatas dan produk berwarna coklat.	Damayanti dkk (2015)
Getah Biduri	Protease & Saponin	Bahan baku terbatas dan pembuatannya rumit.	Setyana dkk (2015)
Daun Sengon & Getah Pepaya	Protease & Saponin	Bahan baku yang mudah ditemukan dan kandungan saponin yang cukup tinggi.	Widayati (2018)

2.1.2 Formulasi Detergen Cair

Formulasi yang tepat dalam pembuatan detergen cair sangat penting untuk dapat menciptakan produk detergen cair dengan kualitas yang baik. Karena selain detergen dengan daya detergensi yang baik, konsumen juga menginginkan bentuk fisik detergen yang baik (Ningseh, 2017). Formula yang digunakan dalam pembuatan detergen cair merupakan formula yang berasal dari Matheson (1996) yang telah dimodifikasi menggunakan bahan yang lebih ramah lingkungan. Formula tersebut menyebutkan bahwa detergen cair terdiri dari surfaktan, *soap*,

builder, hydrotropes, other (enzymes, bleach, optical brightener, perfume, coloring)). Formulasi detergen cair menurut Matheson (1996) dapat dilihat pada Tabel 3.

Berdasarkan formulasi tersebut, Matheson (1996) menggunakan surfaktan MES dan SLS. *Soap* pada formulasi ini berfungsi sebagai pembusa dan membantu kerja surfaktan dalam membentuk emulsi, pada formulasi ini perannya telah digantikan oleh surfaktan SLS, sedangkan *hydrotropes* berfungsi sebagai penstabil larutan detergen yang terbentuk serta sebagai zat tambahan yang dapat membantu melarutkan bahan-bahan pembuat detergen yang mempunyai nilai kepolaran berbeda.

Tabel 3. Formulasi Detergen Cair

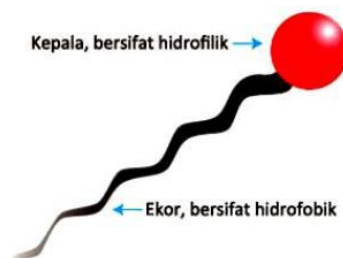
Bahan	Konsentrasi (%)
Surfaktan	20 – 40
<i>Soap</i>	0 – 5
<i>Builder</i>	0 – 10
<i>Hydrotropes</i>	5 – 10
<i>Others (enzymes, bleach, optical brightener, parfume, coloring)</i>	1 – 2

Sumber: Matheson, 1996

Detergen diformulasikan untuk membersihkan suatu bahan tertentu yang mengandung substrat kotoran pada kondisi pencucian yang sesuai. Berdasarkan penelitian Octarina, (2017) formula detergen bervariasi sesuai dengan kegunaan masing-masing yaitu:

1. Surfaktan (*surface active agent*)

Surfaktan merupakan zat aktif permukaan yang mengandung hidrokarbon yang tidak larut dalam air dan hidrokarbon yang larut dalam air. Ilustrasi molekul surfaktan dapat dilihat pada Gambar 2. Hidrokarbon yang larut dalam air dikenal dengan gugus hidrofilik, sedangkan hidrokarbon yang tidak larut dalam air disebut gugus hidrofobik/lipofilik (Matheson, 1996). Gugus hidrofobik surfaktan terdiri dari rantai hidrokarbon C₈ - C₁₈ yang dapat berupa senyawa alifatik, aromatik atau gabungan dari keduanya. Sedangkan gugus hidrofilik surfaktan dapat berupa gugus anionik, kationik atau nonionik. surfaktan berfungsi menurunkan tegangan permukaan air, sehingga kotoran dapat lepas dari kain (Ilyani, 2002).



Sumber : Setyawan, 2009

Gambar 2. Ilustrasi Molekul Surfaktan

Surfaktan diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu surfaktan sintetis dan biosurfaktan. Pada umumnya, surfaktan sintetis disintesis dari turunan minyak bumi, seperti linier alkilbenzen sulfonat (LAS), alkil sulfonat (AS), alkil etoksilat (AE) dan alil etoksilat sulfat (AES). Surfaktan dari turunan minyak bumi dan gas alam ini dapat menimbulkan pencemaran terhadap lingkungan, karena surfaktan ini setelah digunakan akan menjadi limbah yang sukar terdegradasi. Disamping itu, minyak bumi yang digunakan merupakan sumber bahan baku tidak dapat diperbaharui. Masalah inilah yang menyebabkan banyak pihak mencari alternatif surfaktan yang mudah terdegradasi dan berasal dari bahan baku yang diperbaharui (Rosyidah, 2013).

Sehubungan dengan permasalahan tersebut, banyak dilakukan penelitian untuk mengalihkan surfaktan berbahan sintetis dengan berbahan sumber daya alam terbaharukan dengan memproduksi biosurfaktan. Biosurfaktan merupakan senyawa aktif permukaan yang disintesis oleh mikroba. Senyawa ini terdiri dari gugus hidrofilik dan hidrofobik dan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan suatu cairan dan tegangan antar muka antara dua fase yang berbeda serta meningkatkan stabilitas emulsi. Biosurfaktan memiliki beberapa keunggulan dibandingkan surfaktan sintetis antara lain, tingkat toksisitas rendah, tidak menimbulkan alergi, kemampuan biodegradasi lebih tinggi, serta memiliki aktivitas yang tinggi pada suhu, pH dan salinitas yang ekstrim. Selain itu, biosurfaktan dapat disintesis dari bahan baku terbarukan (Setyana dkk., 2015).

2. Pembentuk (*builder*)

Kegunaan utama *builder* adalah meningkatkan efisiensi pencuci dari surfaktan dengan cara menonaktifkan mineral penyebab kesadahan air. *Builder* mempertahankan alkalinitas, untuk membersihkan kotoran yang bersifat asam serta

builder memiliki kemampuan untuk mengendalikan kesadahan air dengan mengeliminasi ion-ion logam seperti Ca^+ dan Mg^{2+} dari dalam air (Smulders, 2002). *Builder* dalam detergen akan melindungi/menghalangi redeposisi kotoran akan kembali ke permukaan (Fauziah, 2010). *Builder* yang biasanya digunakan adalah senyawa kompleks fosfat, natrium sitrat, natrium karbonat, natrium silikat atau zeolit. (Kharkwal dkk., 2015).

3. Pengisi (*filler*)

Bahan pengisi atau bahan tambahan yang berfungsi untuk meningkatkan kuantitas dari bahan-bahan lainnya dan juga berfungsi meningkatkan kekuatan ionik dalam larutan pencuci. Bahan pengisi yang digunakan umumnya adalah Natrium sulfat (Na_2SO_4) dan bahan lain yang dapat digunakan sebagai bahan pengisi, yaitu *tetra sodium pyrophosphate* dan natrium sitrat. Bahan pengisi ini berwarna putih, berbentuk bubuk, dan mudah larut dalam air (Hidayati, 2007).

4. Enzim

Enzim digunakan untuk meningkatkan kemampuan detergen dalam melepaskan kotoran dan menjaga warna kain. Enzim bersifat sebagai katalis, sehingga jumlah enzim yang diperlukan dalam formulasi detergen relatif sedikit. Beberapa enzim yang digunakan dalam detergen memiliki target yang berbeda untuk membersihkan kotoran dalam proses pencucian, yaitu protease (mendegradasi kotoran yang berasal dari protein), amylase (mendegradasi kotoran dari karbohidrat/pati), selulase (melepaskan kotoran dari serat kapas, serta lipase (mendegradasi kotoran yang berasal dari lemak). Enzim yang digunakan dalam detergen harus tahan terhadap sifat-sifat komponen detergen aktif pada pH 7 – 10 dan suhu yang beragam (40 – 65 °C) (Hmidet, 2009).

5. Parfum

Parfum merupakan campuran aromatik yang dapat berupa minyak yang berbahan alami, campuran minyak wangi yang berbahan alami dan minyak wangi berbahan sintetis. Pemberian parfum ke dalam detergen dimaksudkan untuk memberikan aroma yang menyenangkan dan menutupi bau yang timbul pada saat pencucian. Pada umumnya penggunaan konsentrasi parfum maksimal adalah 1 % (Ningsih, 2017).

2.1.3 Karakteristik Fisikokimia Detergen Cair

Sifat fisikokimia merupakan parameter yang menentukan kualitas sistem emulsi (Octarina, 2017). Karakteristik fisikokimia dan kinerja detergen cair terdiri dari:

1. Organoleptik

Penilaian terhadap produk dapat dilihat secara organoleptik antara lain dari segi bentuk, bau dan warna. Tidak ada perbedaan antara bahan dasar jenis sabun maupun detergen, antara lain:

- a. Bentuk : Sabun harus berbentuk cairan
- b. Bau : Memiliki bau khas, sesuai dengan pewangi yang ditambahkan pada sabun.
- c. Warna : Dilihat secara kasat mata, memiliki warna yang khas dan pewarna yang ditambahkan juga sesuai dengan keinginan produsen.

2. Nilai pH

Salah satu sifat fisik yang penting adalah derajat keasaman (pH) sebab dalam formulasi pH dapat mempengaruhi beberapa faktor salah satunya stabilitas dari sediaan yang dihasilkan (Allen, 2005). Derajat keasaman (pH) merupakan nilai yang menunjukkan derajat keasaman suatu bahan (Nurhadi, 2012). pH pada formulasi detergen umumnya bersifat alkali (Oktaviani, 2017).

3. Bobot Jenis

Bobot jenis atau densitas didefinisikan sebagai berat suatu cairan per satuan volume (ASTM, 2000). Bobot jenis detergen cair ditentukan oleh bobot jenis komponen-komponen penyusunnya. Perbedaan bobot jenis komponen penyusun sebuah emulsi pada kisaran yang semakin lebar akan menurunkan stabilitas emulsi tersebut dengan meningkatnya kecenderungan fenomena *creaming* (Fauziah, 2010).

4. Daya Detergeni

Proses detergeni adalah gugus hidrofobik surfaktan akan berikatan dengan kotoran dan gugus hidrofilik akan berikatan dengan molekul air,

sehingga membawa kotoran larut dalam air. Komponen yang berperan dalam daya detergensi adalah surfaktan (Hargreaves, 2003).

2.1.4 Baku Mutu Limbah Cair Detergen

Pengujian baku mutu limbah cair detergen ini bertujuan untuk mengetahui kandungan yang terdapat di dalam air limbah detergen cuci yang dihasilkan sesuai dengan Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012 tentang Baku Mutu Limbah Cair bagi Kegiatan Industri, Hotel, Rumah Sakit, Domestik, dan Pertambangan Batubara. Adapun baku mutu limbah cair untuk sabun dan detergen dapat dilihat pada Tabel 4.

Pengujian baku mutu air limbah yang dilakukan terdiri dari:

1. Power of Hydrogen (pH)

Power of Hydrogen (pH) merupakan nilai yang menunjukkan derajat keasaman suatu bahan. Pengaturan pH dapat mempengaruhi stabilitas suatu formula. Salah satu sifat fisik yang penting adalah derajat keasaman atau pH, sebab dalam formulasi dari sediaan yang dihasilkan. Pengukuran pH menggunakan kertas pH Merck Universal. Pengukuran dilakukan dengan mencelupkan atau membasahi kertas pH dengan sampel kemudian melihat perubahan warna yang terjadi pada kertas pH lalu membandingkannya dengan keterangan warna yang memiliki skala 0 s/d 14 pada kotak kertas pH .

2. Biological Oxygen Demand (BOD)

Biological Oxygen Demand (BOD) adalah jumlah oksigen yang dibutuhkan oleh mikroorganisme air untuk menghancurkan bahan organik pada suhu 20°C. Oksidasi biokimia ini merupakan proses yang lambat dan secara teoritis memerlukan reaksi sempurna. Selama 20 hari, oksidasi mencapai 95-99% sempurna, sedangkan dalam waktu 5 hari seperti yang umum digunakan untuk mengukur BOD, kesempurnaan oksidasinya mencapai 60-70%. Suhu 20°C yang digunakan merupakan nilai rata-rata untuk daerah perairan arus lambat di daerah iklim sedang dan mudah ditiru di inkubator. Hasil yang berbeda akan diperoleh pada suhu yang berbeda karena kecepatan reaksi biokimia tergantung dari suhu (Mulyono, 2001).

3. *Chemical Oxygen Demand (COD)*

Chemical Oxygen Demand (COD) merupakan yang menjadi salah satu parameter kunci untuk pendeteksian tingkat pencemaran air. Semakin tinggi COD, semakin buruk kualitas air yang ada (Andary, 2010). Angka COD merupakan ukuran bagi pencemaran air oleh zat-zat organik yang secara ilmiah dapat dioksidasikan melalui proses mikrobiologis dan mengakibatkan berkurangnya oksigen terlarut dalam air.

4. *Total Suspended Solid (TSS)*

Total Suspended Solid (TSS) adalah semua zat padat atau partikel-partikel yang tersuspensi dalam air dan dapat berupa komponen hidup (biotik) seperti fitoplankton, zooplankton, bakteri, fungi, ataupun komponen mati (abiotik) seperti detritus dan partikel-partikel anorganik. *Total Suspended Solid (TSS)* yang tinggi menghalangi masuknya sinar matahari ke dalam air, sehingga akan mengganggu proses fotosintesis menyebabkan turunnya oksigen terlarut yang dilepas kedalam air oleh tanaman. Jika sinar matahari terhalang untuk mencapai dasar perairan, maka tanaman akan berhenti memproduksi oksigen dan akan mati. *Total Suspended Solid (TSS)* juga menyebabkan penurunan kejernihan dalam air (Alaerts dan Sumestri, 2004).

Menurut Peraturan Gubernur Sumatera Selatan No. 8 Tahun 2012, parameter dominan yang ada pada limbah domestik antara lain adalah BOD, TSS pH, dan COD. Pada penelitian ini dipilih parameter *Chemical Oxygen Demand (COD)*, *Biological Oxygen Demand (BOD)*, *Total Suspended Solid (TSS)* dan pH. Pemilihan parameter didasarkan pada parameter yang dominan pada air limbah domestik. COD memiliki hubungan dengan BOD, bahwa nilai BOD merupakan bagian dari COD. Nilai BOD *ultimate* selalu lebih kecil dari nilai COD (Tchobanoglous *et al.*, 2003). Nilai BOD dan COD yang terkandung dalam air limbah domestik merupakan parameter yang penting untuk proses denitrifikasi, sedangkan TSS yang merupakan partikel tersuspensi pada air limbah mengandung hampir 70% dari total COD (Aiyuk *et al.*, 2010).

Tabel 4. Baku Mutu Limbah Cair untuk Industri Sabun dan Detergen

Parameter	Kadar Maksimum (mg/l)	Beban Pencemaran Maksimum (kg/ton)	
		Sabun	Detergen
BOD ₅	75	0,60	0,075
COD	180	1,44	0,180
Residu Tersuspensi	60	0,48	0,06
Minyak dan Lemak	15	0,12	0,015
Fosfat (sebagai PO ₄)	2	0,016	0,002
MBAS (detergen)	3	0,024	0,003
pH		6,0 – 9,0	
Debit Limbah Maksimum		8 m ³ per ton produk nabati	1 m ³ per ton Produk

Sumber: Peraturan Gubernur Sumatera Selatan, 2012

2.2 Komponen Pembentuk Detergen

2.2.1 Sengon (*Paraserianthes falcataria* (L) Nielsen)

1. Deskripsi dan Klasifikasi Sengon

Pohon Sengon dapat mencapai tinggi sekitar 30 - 45 m dengan diameter batang sekitar 70 - 80 cm. Batang sengon tumbuh tegak lurus, kulit luar batangnya licin dan berwarna kelabu keputih-putihan. Daunnya tersusun majemuk menyirip ganda dengan panjang sekitar 23 - 30 cm untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 2.3. Anak daunnya kecil-kecil, banyak dan berpasangan terdiri dari 15 - 20 pasang pada setiap sumbu (tangkai), berbentuk lonjong (panjang 6 - 12 mm, lebar 3 - 5 mm) dan pendek kearah ujung. Permukaan daun bagian atas berwarna hijau pupus dan tidak berbulu sedangkan permukaan daun bagian bawah lebih pucat dengan rambut-rambut halus. Bunga sengon tersusun dalam malai berukuran panjang 12 mm, berwarna putih kekuningan dan sedikit berbulu, berbentuk seperti saluran atau lonceng (Santoso, 1992). Ditinjau dari taksonominya, tanaman sengon termasuk dalam klasifikasi berikut (Warisno, 2009):

Kingdom : *Plantae*
 Divisi : *Magnoliophyta*
 Kelas : *Magnoliopsida*
 Ordo : *Fabales*
 Famili : *Fabaceae (Leguminoceae)*

Genus : *Paraserianthes*

Species : *Paraserianthes falcataria (L) Nielsen.*



Sumber: Santoso, 1992.

Gambar 3. Daun Sengon

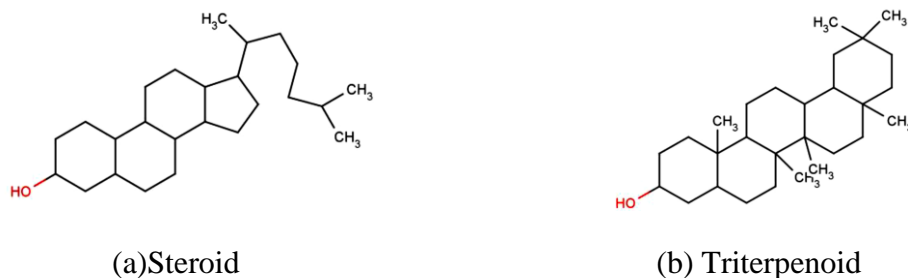
2. Kandungan Kimia Daun Sengon

Daun sengon dikenal sebagai senyawa metabolit sekunder yang diduga memiliki aktivitas antibakteri seperti alkaloid, saponin, tanin, fenolik, flavonoid, dan triterpenoid (Harahap, 2006). Menurut Sabir (2005) disebutkan bahwa flavonoid menyebabkan terjadinya kerusakan permeabilitas dinding sel bakteri, mikrosom, dan lisosom sebagai hasil interaksi antara flavonoid dengan DNA bakteri. Flavonoid memiliki sifat lipofilik sehingga memungkinkan untuk merusak membran sel bakteri (Ngemenya *et al*, 2006). Senyawa tanin diduga berhubungan dengan kemampuannya dalam menginaktivasi adhesin mikroba, enzim, dan protein transport pada membran sel. Selain itu, senyawa terpen atau terpenoid diketahui dapat bersifat aktif terhadap bakteri, fungi, virus, dan protozoa. Mekanisme antimikrobal senyawa terpen diduga terlibat dalam perusakan membran sel oleh senyawa lipofilik. Pernyataan ini diperkuat oleh Sugiharti (2007) yang mengatakan bahwa kandungan alkaloid, steroid, dan tanin mempunyai sifat aktif sebagai antibakteri dari suatu tanaman. Daun sengon memiliki potensi sebagai antibakteri terhadap bakteri *Staphylococcus aureus* dan *Escherichia coli* (Elsas, 2014).

Daun Sengon mengandung saponin dengan kadar yang cukup tinggi sebesar 15,04% (Susanti dan Marhaenyanto, 2014). Hal ini dapat dilihat dari hasil penelitian kadar saponin 10 jenis daun tanaman pada Tabel 5. Kandungan saponin yang terdapat pada daun Sengon berfungsi untuk menurunkan tegangan air dan mampu mengangkat noda atau kotoran (Widayati dkk., 2018).

1. Saponin

Saponin adalah jenis glikosida yang banyak ditemukan dalam tumbuhan yang memiliki karakteristik berupa buih, sehingga ketika direaksikan dengan air dan dikocok maka akan terbentuk buih yang dapat bertahan lama. Saponin juga dapat digunakan sebagai bahan baku detergen alami, karena memiliki kegunaan seperti surfaktan yakni dapat mengangkat kotoran dan dapat menurunkan tegangan air (Flider, 2001). Struktur saponin dapat dilihat pada Gambar 4. Saponin memiliki kemampuan sebagai pembersih dan antiseptik yang berfungsi membunuh atau mencegah pertumbuhan mikroorganisme (Robinson, 1995).



Sumber: Gunawan, 2004.

Gambar 4. Rumus Struktur Saponin

Saponin berasal dari kata Latin yaitu “*Sapo*” yang berarti mengandung busa stabil bila dilarutkan dalam air. Kemampuan busa dari saponin disebabkan oleh kombinasi dari sapogenin yang bersifat hidrofobik (larut dalam lemak) dan bagian yang lain bersifat hidrofilik (larut dalam air). Saponin mempunyai berat molekul yang tinggi dan isolasinya membutuhkan kemurniaan tinggi. Sebagai glikosida, saponin terhidrolisis oleh asam, memberikan aglikon (sapogenin) triterpenoid atau steroid, bermacam gula (glukosa, galaktosa, pentosa atau metil pentosa) dan asam uronat (Evans, 2002). Berdasarkan strukturnya, saponin diklasifikasikan menjadi dua kelompok yaitu saponin steroid dan saponin triterpenoid. Saponin steroid tersusun atas inti steroid dengan molekul karbohidrat, dapat dihidrolisis menghasilkan saponin yang digunakan sebagai anti jamur dan dapat berkonjugasi dengan asam glukoronida. Saponin triterpenoid tersusun atas inti triterpenoid dengan molekul karbohidrat. Saponin jenis ini dapat dihidrolisis menghasilkan suatu *aglycone* yang dikenal sebagai sapogenin (Liem *et al.*, 2013).

Identifikasi awal saponin dilakukan dengan uji busa dan uji warna. Saponin ditunjukkan dengan adanya pembentukan busa stabil selama 30 detik setelah simplisia tanaman dikocok dalam air yang menghasilkan ketinggian busa 1-3 cm. Identifikasi dengan uji warna dilakukan terhadap simplisia dengan penambahan pereaksi *Liebermann Burchard* (LB), jika pada larutan menghasilkan cincin warna coklat atau violet menunjukkan adanya saponin triterpenoid sedangkan jika menghasilkan cincin warna hijau atau biru menunjukkan adanya saponin steroid (Jaya dkk., 2010).

Tabel 5. Kadar Saponin 10 Jenis Daun Tanaman

Nama Daun Tanaman	Total Saponin (%)
Bunga Sepatu	5,89
Dadap	3,42
Gamal	8,23
Kaliandra	8,33
Kelor	7,19
Lamtoro	4,54
Mahoni	4,31
Nangka	5,79
Sengon	15,04
Trembesi	3,98

Sumber: Susanti dan Marhaeniyanto, 2014

Saponin paling tepat diekstraksi dari tanaman dengan pelarut etanol atau metanol 70-96% dengan metode maserasi. Maserasi merupakan proses perendaman sampel menggunakan pelarut organik pada temperatur ruangan. Pada proses perendaman, sampel tumbuhan akan mengalami pemecahan dinding dan membran sel akibat perbedaan tekanan antara di dalam dan di luar sel, sehingga metabolit sekunder yang ada dalam sitoplasma akan terlarut dalam pelarut organik. (Lenny, 2006). Ekstrak saponin akan lebih banyak dihasilkan jika diekstraksi menggunakan metanol. Pemilihan pelarut merupakan faktor yang menentukan dalam ekstraksi. Pelarut yang digunakan dalam ekstraksi harus dapat menarik komponen aktif dari campuran. Hal-hal penting yang harus diperhatikan dalam memilih pelarut adalah selektivitas, sifat pelarut, kemampuan untuk mengekstaraksi, tidak bersifat racun, mudah diuapkan dan harganya relatif murah (Gamse, 2002).

2.2.2 Pepaya (*Carica Papaya L.*)

1. Deskripsi dan Karakteristik Pepaya

Pepaya adalah tanaman yang berasal dari Amerika. Tumbuhnya lurus ke atas setinggi 3 – 10 m dengan diameter batang bisa mencapai 20 cm. Biasanya tanaman ini tak bercabang, daun-daun dan buah tumbuh secara langsung dari batang (Nuraini, 2002). Klasifikasi tanaman pepaya adalah sebagai berikut (Yuniarti, 2008):

Kingdom : *Plantae*
Divisi : *Spermatophyta*
Class : *Dicotyledoneae*
Ordo : *Cistales*
Family : *Caricaceae*
Genus : *Carica*
Species : *Carica Papaya L.*

2. Kandungan Kimia Kulit Buah Pepaya Muda

Kulit buah pepaya merupakan bagian terluar dari buah Pepaya yang masih mengandung nutrisi cukup tinggi. Kulit buah Pepaya muda pada keadaan kering mengandung protein sebesar 25,85 %, lemak 8,87 %, serat 2,39 %, kalsium 18,52 %, posfor 0,88 %, dan abu 8,52 % (Permana, 2007). Untuk lebih jelasnya, kulit buah Pepaya muda dapat dilihat pada Gambar 5. Selain memiliki kandungan protein yang tinggi pada kulit buah Pepaya muda diduga memiliki kandungan antioksidan dan beta karoten yang tinggi dibanding buahnya, itu dikarenakan kulit buah Pepaya berperan untuk melindungi buah dari radikal bebas dan sinar matahari secara langsung (Supeno, 2013).



Sumber: Rahayu, 2018.

Gambar 5. Kulit Buah Pepaya

Enzim protease diharapkan dapat sebagai aditif dari detergen yang berfungsi untuk meningkatkan efektivitas daya pembersih detergen yaitu dengan cara mempercepat degradasi kotoran yang berupa protein dan turunannya dari pakaian sehingga kotoran yang sulit terlepas pun menjadi mudah terlepas dari pakaian. Hal ini dikarenakan enzim protease spesifik terhadap residu asam amino aromatik atau hidrofobik penilalanin atau leusin pada sisi karboksil dari titik pemutusan. Disamping itu penggunaan bahan yang berupa hasil ekstraksi enzim akan mudah mengalami *biodegradable* (Suhartono, 1989).

Kulit Pepaya mengandung senyawa kimia yang diduga memiliki potensi sebagai larvasida yang terdiri dari:

a. Enzim Papain

Papain adalah salah satu jenis enzim proteolitik yang berasal dari tumbuhan. Enzim proteolitik adalah enzim pemecah protein menjadi senyawa yang lebih sederhana. Papain menguraikan protein menjadi polipeptida dan dipeptida. Papain banyak ditemukan pada seluruh bagian tumbuhan pepaya, kecuali akar dan bijinya. Kemampuannya memecah protein membuat papain banyak digunakan dalam industri minuman, kosmetik, tekstil, dan pembersih limbah (Yuniarti, 2008).

b. Saponin

Saponin adalah suatu glikosida yang terdapat pada berbagai macam tanaman. Saponin terdapat dalam konsentrasi tinggi pada bagian tanaman tertentu dan dipengaruhi oleh varietas tanaman dan tahap pertumbuhan. Saponin memiliki beberapa aktivitas biologis diantaranya antiinflamasi, antimikroba, dan stimulasi imun (Leny, 2008).

c. Flavonoid

Flavonoid merupakan salah satu senyawa yang bersifat racun yang terkandung di dalam Pepaya. Beberapa sifat khas dari flavonoid yaitu memiliki bau yang sangat tajam, rasanya yang pahit, dapat larut dalam air dan pelarut organik, dan juga mudah terurai pada temperatur tinggi. Flavonoid merupakan senyawa yang dapat bersifat menghambat makan serangga. Bagi tumbuhan Pepaya itu sendiri

flavonoid memiliki peran sebagai pengatur kerja antimikroba dan antivirus (Rabbani dkk, 2015).

d. Tanin

Tanin merupakan salah satu senyawa yang termasuk ke dalam golongan polifenol yang terdapat dalam tanaman pepaya. Tanin mempunyai rasa yang sepat dan memiliki kemampuan menyamak kulit. Tanin terdapat luas dalam tumbuhan berpembuluh, dalam angiospermae terdapat khusus dalam jaringan kayu. Salah satu fungsi tanin dalam tumbuhan adalah sebagai penolak hewan herbivora dan sebagai pertahanan diri bagi tumbuhan itu sendiri (Supeno, 2013).

3. Enzim Papain

Enzim papain termasuk enzim proteolitik dan enzimnya disebut protease. Papain adalah suatu zat (enzim) yang dapat diperoleh dari getah tanaman pepaya dan buah pepaya muda. Getah pepaya tersebut terdapat hampir di semua bagian tanaman pepaya, kecuali bagian akar dan biji. Kandungan papain paling banyak terdapat dalam buah pepaya yang masih muda. Suhu optimal papain sendiri adalah 50 - 60°C. Papain relatif tahan terhadap suhu, dibandingkan dengan enzim proteolitik lainnya seperti bromelin dan lisin (Winarno, 2004).

Aktivitas enzim papain cukup spesifik karena papain hanya dapat mengkatalisis proses hidrolisis dengan baik pada kondisi pH serta suhu dalam kisaran waktu tertentu. Enzim ini diharapkan berfungsi sebagai aditif pada detergen untuk meningkatkan efektivitas daya pembersih dengan cara mempercepat degradasi kotoran yang berupa protein dan turunannya (Suhartono, 1989). Berdasarkan penelitian Kusumadjaja dan Dewi (2005), nilai pH optimum enzim papain sebesar 6 dengan aktivitas papain sebesar 2,606 U/ml dan temperatur optimum sebesar 50°C dengan aktivitas 2,469 U/ml. Sifat kimia enzim protease tergantung dari jenis gugusan kimia yang terdapat dalam enzim tersebut.

2.2.3 Metil Ester Sulfonat (MES)

Metil Ester Sulfonat (MES) merupakan kelompok surfaktan anionik (Matheson, 1996). MES dapat diperoleh melalui reaksi sulfonasi metil ester. Metil

ester diperoleh dengan melakukan reaksi esterifikasi terhadap asam lemak atau transesterifikasi langsung terhadap minyak/lemak nabati dengan alkohol (Gervasio, 1996). Beberapa karakteristik yang dimiliki oleh MES dapat dilihat pada Tabel 6. Pada kondisi air sadah MES memiliki kemampuan detergen yang lebih baik dari pada dibandingkan surfaktan anionik lain. Dengan kata lain MES memiliki toleransi yang tinggi terhadap keberadaan ion kalsium. Surfaktan MES dibandingkan surfaktan LAS (*Linear Alkylbenzen Sulfonate*), dengan konsentrasi yang sama memiliki daya detergen yang lebih tinggi (Watkins, 2001).

MES memiliki beberapa karakteristik yang menguntungkan dibandingkan dengan LAS. Menurut Watkins (2001) laju biodegradasi MES lebih baik dibandingkan dengan LAS. Ditambahkan pula oleh Ghazali dan Ahmad (2004) Biodegradasi MES lebih cepat dan lebih tinggi dibandingkan LAS. Proses degradasi berlangsung cepat dalam tahap awal dan dapat didegradasi hingga 60% dalam 5 hari. LAS yang mengandung rantai lebih pendek tidak dapat didegradasi lebih cepat dibandingkan dengan MES akibat adanya rantai karbon aromatik (cincin) (Yamane dan Miyaki, 1990).

Tabel 6. Karakteristik Metil Ester Sulfonat (MES)

Spesifikasi	MES (C ₁₆ -C ₁₈)
Metil Ester Sulfonat, (% b/b)	83,0
Disodium Karboksi Sulfonat (% b/b)(di-salt)	3,5
Air (% b/b)	2,3
Nilai pH	5,3
Warna Klett ,5% aktif (MES) + di-salt	45
Tegangan permukaan (mN/m)	39,0 - 40,2
Tegangan antar muka (mN/m)	8,4 - 9,7

Sumber : Pore, 1993

2.2.4 Natrium Karbonat

Dalam penggunaan domestik, natrium karbonat biasa digunakan sebagai *water softener*. Natrium karbonat juga digunakan untuk mengurangi kesadahan air melalui presipitasi dengan ion-ion kalsium dan magnesium. Natrium karbonat memberikan alkalinitas yang tinggi dengan nilai pH antara 9-11 (Smulders, 2002).

Natrium karbonat memiliki bentuk padat, serbuk, atau kristal serbuk dan granul, berwarna putih dan tidak berbau. Natrium karbonat larut dalam air panas

dan gliserol, larut sebagian dalam air dingin, tidak larut dalam aseton dan alkohol. Natrium karbonat, baik dalam bentuk *anhydrous* maupun *hydrated*, telah lama digunakan sebagai *builders* dalam pembersih untuk bahan tenun atau kain (Lynn, 2005). Berikut ini sifat fisika dan kimia natrium karbonat (Perry, 2008) :

Rumus Kimia	: Na_2CO_3
Densitas	: $1,55 \text{ kg/m}^3$
Bentuk	: Solid
Warna	: Putih
Bau	: Tidak berbau
pH	: 11,6 (solusi)
Titik didih	: $400 \text{ }^\circ\text{C}$
Dekomposisi Suhu	: $400 \text{ }^\circ\text{C}$
Kelarutan	: Larut dalam air

2.2.5 Natrium Sulfat

Natrium sulfat merupakan senyawa anorganik yang banyak dibutuhkan dalam berbagai industri, seperti dalam industri kertas dan detergen. Dalam detergen serbuk natrium sulfat digunakan sebagai *fillers* (pengisi) yang dapat menambah kuantitas atau dapat memadatkan sehingga produk terlihat lebih banyak (Nugroho dkk, 2004). Detergen biasanya mengandung sekitar 50 - 75% natrium sulfat. Natrium sulfat memiliki bentuk hablur tidak berwarna atau berbentuk granul berwarna putih. Natrium sulfat larut dalam air, gliserin dan tidak larut dalam etanol (Depkes RI, 1995). Berikut ini sifat fisika dan kimia natrium sulfat (Perry, 2008) :

Rumus kimia	: Na_2SO_4
BM	: 142,05
Titik leleh	: $500 \text{ }^\circ\text{C}$
Warna	: Putih
Bentuk	: Kristal
Specific gravity	: $2,698 \text{ kg/m}^3$
Kelarutan pada 30°C	: $40,8 \text{ g/100 g air}$

2.2.6 Parfum

Parfum merupakan bahan aditif yang penting pada produk *cleansing* yang dapat mempengaruhi penerimaan konsumen. Penggunaan parfum umumnya untuk menutupi karakteristik bau dari asam lemak atau fase minyak. Parfum yang digunakan tidak boleh menyebabkan perubahan stabilitas atau perubahan produk akhir (Barel, 2009). Pemberian parfum kedalam detergen dimaksudkan untuk memberikan aroma yang menyenangkan dan menutupi bau yang timbul pada saat pencucian (Gunter dan Lohr, 1987).

2.2.7 Akuades

Akuades adalah air murni yang diperoleh dengan cara penyulingan. Air murni ini dapat diperoleh dengan cara penyulingan, pertukaran ion, osmosis terbalik, atau dengan cara yang sesuai (Rowe, 2009).

2.2.8 Metanol

Metanol sering disebut metil alkohol, mempunyai rumus kimia CH_3OH dan merupakan pelarut polar yang banyak digunakan untuk mengekstrak komponen polar suatu bahan dan dikenal sebagai pelarut universal. Metanol merupakan zat cair, berbau spesifik, mudah terbakar, tidak berwarna, mudah menguap, mudah larut dalam air. Komponen polar dari suatu bahan alam dalam ekstrak metanol dapat diambil dengan teknik ekstraksi melalui proses pemisahan (Santana *et al.*, 2009). Menurut Sudarmadji (2003), metanol dapat mengekstrak senyawa aktif yang lebih banyak dibandingkan jenis pelarut organik lainnya.

Menurut Hardiningtyas (2009), meskipun air mempunyai konstanta dielektrikum paling besar (paling polar) namun penggunaannya sebagai pelarut pengekstrak jarang digunakan karena mempunyai beberapa kelemahan seperti menyebabkan pembekakan sel dan larutannya mudah terkontaminasi. Metanol mempunyai titik didih yang rendah yaitu 64°C sehingga memerlukan panas yang lebih sedikit untuk proses pemekatan. Pelarut metanol sangat efektif untuk mendapatkan kandungan saponin, flavonoid, tanin dan alkaloid (Harborne, 1987).