

SINTESIS ALKIL POLIGLIKOSIDA (APG) BERBASIS ALKOHOL LEMAK DAN PATI SAGU UNTUK FORMULASI HERBISIDA

Ani Suryani¹, Dadang², Setyadjit³, Agus Sudiman Tjokrowardojo⁴
dan Mochamad Noerdin N.Kurniadji¹

¹Departemen Teknologi Industri Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Kampus IPB Dramaga Bogor

²Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor

³Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian,
Jl. Tentara Pelajar 12 A Bogor

email :bb_pascapanen@litbang.deptan.go.id, bb_pascapanen@cbn.net.id

⁴Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik,

Jl. Tentara Pelajar 3 Bogor

email: balitro@indo.net.id

Alkil poliglikosida (APG) merupakan surfaktan nonionik yang biasa digunakan pada formulasi beberapa produk seperti formulasi herbisida, produk-produk perawatan badan, produk kosmetik maupun untuk pemucatan kain tekstil. APG merupakan surfaktan generasi baru yang ramah lingkungan karena bersifat mudah terurai. Bahan baku APG adalah alkohol lemak dari oleokimia minyak kelapa atau minyak inti sawit dan karbohidrat seperti pati. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh surfaktan non ionik APG yang berbasis pati sago dan alkohol lemak C12 (dodekanol). Penelitian ini memodifikasi proses produksi APG metode dua tahap dengan mencari kondisi optimum suhu proses butanolisis dan rasio mol pati sago-dodekanol dan mengetahui pengaruhnya terhadap nilai kestabilan emulsi air:xilena, karakterisasi APG dan hasil formulasi herbisidanya serta uji efektivitasnya. Hasil analisis permukaan respon, menunjukkan nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG (%) yaitu 72,58% pada suhu proses butanolisis 147,8°C dan pada rasio mol tepung sago-dodekanol 1:3,27 (b/b). Validasi optimasi menunjukkan nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG yaitu 72,3%. Model persamaan optimum $Y = 64,29 + 35,53X_1 - 29,82X_1^2 - 9,63X_2 - 23,09X_2^2 - 20,56X_1X_2$ adalah valid sesuai hasil pengujian. APG pada konsentrasi 1% (b/v) dapat menurunkan tegangan permukaan 23,375 dyne/cm dan nilai tegangan antarmuka antara air dan xilena pada konsentrasi 0,4% (b/v) APG adalah 8,17 dyne/cm. Nilai HLB 8,8 sehingga APG yang dihasilkan termasuk surfaktan yang sesuai untuk jenis emulsi minyak dalam air (O/W) dan sebagai bahan pembasah. Sedangkan pH APG kondisi proses optimum sebesar 7,15. Pengamatan aplikasi formulasi herbisida (glifosat dan surfaktan APG) hasil penyimpanan 5 minggu dengan suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C) dan 40°C menunjukkan efektivitas yang tinggi. Suhu penyimpanan tidak berpengaruh nyata terhadap efektivitas herbisida.

Kata kunci: surfaktan; alkil poliglikosida (APG), alkohol lemak, pati sago, kelapa, herbisida.

ABSTRACT. Ani Suryani, Dadang, Setyadjit, Agus Sudiman Tjokrowardojo and Mochamad Noerdin N.Kurniadji. 2008. Synthesis of alkyl polyglycoside from fatty alcohol and sago starch for herbicide formulation.

Alkyl polyglycosides (APG) is non ionic surfactant which is commonly used in some products like herbicides, personal care products, cosmetics and textile bleaching. APG is new generation of surfactant that is environmental friendly. Raw materials of APG are fatty alcohol from palm oil or palm kernel oil and carbohydrates like starch, that make APG a biodegradable surfactant. The aim of research was to obtain non ionic surfactant alkyl polyglycosides (APG) based on sago starch and fatty alcohol C12 (dodecanol). This research is a modification of production process of APG two steps method, by optimizing temperatures for butanolysis and mol ratio of sago starch-dodecanol to emulsion stability (water : xylene), characterisation of APG formulated, herbicide formulation and its herbicide formulation effectiveness. Result of response surface, showed that emulsion stability (water:xylene) added APG (%) was 72.58% at temperature of butanolysis 147.8°C and at ratio of sago starch-dodekanol 1:3.27 (w/w). Validation showed that emulsion stability (water : xylene) with addition of APG was 72.3%. Equation model of optimum condition was $Y = 64.29 + 35.53X_1 - 29.82X_1^2 - 9.63X_2 - 23.09X_2^2 - 20.56X_1X_2$ which similar to experimental data. APG at 1% (w/v) was able to decrease surface tension 23.375 dyne/cm and interfacial tension between water : xylene at APG concentration of 0.4% (w/v) was 8.17 dyne/cm. Value of HLB was 8.8 so that this surfactant is classified into emulsion of oil in water (O/W) and wetting agent. APG pH for optimum process was 7.15. Application of herbicide formulate (glyphosate and APG surfactant) that was stored for 5 weeks at temperature of 15°C, room temperature (26-29°C) and 40°C still showed a high effectiveness. The storage temperature did not effect significantly on herbicide effectiveness.

Keywords: surfactant, alkyl polyglycosides (APG), fatty alcohol, sago starch, herbicide

PENDAHULUAN

Surfaktan merupakan senyawa aktif penurun tegangan permukaan yang dapat diproduksi secara sintesis kimiawi ataupun biokimiawi. Surfaktan memiliki gugus *hidrofobik* dan *hidrofilik* dalam satu molekul. Pembentukan film pada antar muka fasa menurunkan energi antar muka. Surfaktan dimanfaatkan sebagai bahan penggumpal, pembasah, pembusaan, emulsifier oleh industri farmasi, industri kosmetika, industri kimia, industri pertanian, industri pangan (Hill, 2000).

Bahan baku surfaktan dapat terbuat dari sumber nabati yang bersifat dapat diperbaharui dan mudah terurai, tidak mengganggu aktivitas enzim, proses produksi lebih bersih sehingga sejalan dengan isu lingkungan (Johansson dan Svenson, 2001).

Industri surfaktan di Indonesia masih terbatas, padahal surfaktan dibutuhkan dalam jumlah besar. Kebutuhan surfaktan Indonesia pada tahun 2006 adalah 95.000 ton, sekitar 45.000 ton, masih diimpor dan diperkirakan jumlah impor tersebut setiap tahunnya terus berkembang sejalan dengan tumbuhnya industri kosmetik, industri makanan, industri minuman, industri farmasi, industri tekstil dan industri penyamakan kulit (Sofiyarningsih dan Nurcahyani, 2006).

Indonesia merupakan negara yang berbasis pertanian sehingga mempunyai potensi bahan nabati yang berlimpah, misalnya kelapa sebagai bahan baku alkohol lemak. Selain itu, potensi pati dari berbagai sumber di Indonesia cukup besar.

Salah satu surfaktan yang dapat diproduksi dari bahan nabati adalah alkil poliglikosida (APG) dan surfaktan APG ini telah diklasifikasikan di Jerman sebagai surfaktan kelas I yang ramah lingkungan (Hill *et al.*, 1996). Sehingga potensi untuk mengembangkan dan memproduksi surfaktan APG ini masih sangat besar mengingat potensi pasar yang cukup besar dalam berbagai industri, antara lain industri herbisida, perawatan badan, kosmetik dan bahan pembersih (Czichocki, *et al.*, 2002). Surfaktan APG ini tidak berbahaya untuk mata, kulit dan membran lendir, mengurangi efek iritan serta dapat terurai baik secara aerob maupun anaerob (Messinger, *et al.*, 2007)

Menurut Von Rybinski dan Hill (1998), surfaktan APG dapat diproduksi secara langsung (asetalisasi) dan secara tidak langsung melalui dua tahap yaitu butanolisis dan transasetalisasi dan selanjutnya melalui tahapan netralisasi, distilasi, pelarutan dan pemucatan.

Dalam formulasi herbisida, surfaktan dapat meningkatkan penetrasi bahan aktif herbisida kedalam tanaman (Van Valkenburg, 1990). Bahan aktif dalam formulasi herbisida yang ramah lingkungan seperti glifosat (*N-phosponomethyl glycine*) dengan surfaktan APG dapat

digunakan untuk membasmi gulma dari golongan rumput (*grasses*).

Herbisida umumnya dikirim ke berbagai daerah dengan suhu yang berbeda-beda, mulai dari daerah dingin sampai daerah panas, bahkan ada yang disimpan dalam ruangan yang beratap seng yang suhunya dapat mencapai 40°C.

Salah satu penilaian pengguna herbisida antara lain kestabilan formulasi herbisida. Usaha untuk mempertahankan stabilitas emulsi antara lain dengan penyimpanan pada suhu yang tepat, terlindung dari sinar matahari, dan terhindar dari guncangan.

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Memperoleh modifikasi rancangan proses produksi surfaktan APG berbasis alkohol lemak dari kelapa dan pati sagu khususnya proses dua tahap (butanolisis dan transasetalisasi).
2. Mendapatkan informasi karakteristik APG yang dihasilkan pada kondisi optimum proses produksinya.
3. Mendapatkan karakteristik (fisik-kimia, efektifitas, dan daya tahan simpan pada suhu yang berbeda) formulasi herbisida terbaik dengan menggunakan APG yang dihasilkan.

BAHATAN METODE

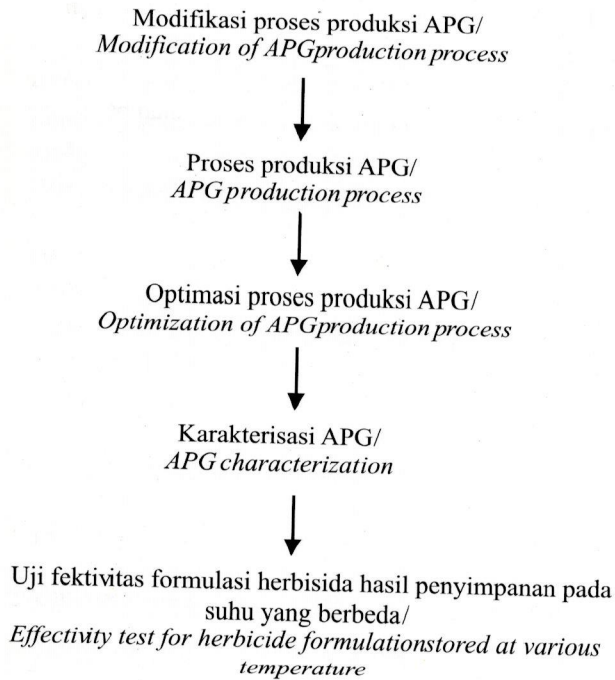
A. Bahan

Bahan-bahan penelitian yang digunakan adalah alkohol lemak C₁₂ dari minyak kelapa yang diperoleh dari PT. Ecogreen Oleochemical, pati sagu, butanol, asam p-toluena sulfonat, NaOH 50%, H₂O₂, dan aquades. Bahan yang digunakan untuk analisis contoh meliputi xilena, piridina, benzena, *span* 20, *twen* 80, dan asam oleat.

B. Metode

Proses produksi surfaktan APG berbasis pati sagu dan alkohol lemak kelapa merupakan modifikasi proses produksi dua tahap Wuest, *et al.* (1992) dengan mengubah sumber patinya dari kentang menjadi pati sagu dan netralisasi dengan MgO diganti dengan NaOH serta 2 buah reaktor dimodifikasi menjadi 1 buah reaktor. Dengan perlakuan variasi suhu butanolisis dan variasi rasio mol pati sagu dengan alkohol lemak diharapkan akan menghasilkan kondisi proses produksi APG yang optimum.

APG yang diperoleh dapat dipergunakan sebagai bahan tambahan pada herbisida dengan tujuan untuk meningkatkan penetrasi bahan aktif herbisida kedalam tanaman (Van Valkenburg, 1990). Formulasi herbisida yang terdiri dari bahan aktif glifosat dan APG dapat digunakan untuk mengendalikan gulma jenis rumput-rumputan.



Gambar 1 Diagram alir tahapan penelitian
Figure 1. Flow diagram of research steps

Formulasi herbisida yang diperoleh disimpan selama 5 minggu dengan suhu penyimpanan berkisar 15°C, suhu ruang (26-29°C), dan 40°C. Hal ini dilakukan karena kondisi di lapangan ternyata bahwa herbisida ini akan dikirim ke daerah dingin sampai daerah panas atau disimpan di ruangan beratap seng yang suhunya dapat mencapai 40°C. Untuk menguji efektivitasnya, formulasi herbisida diaplikasikan untuk gulma dari golongan rumput. Tahapan penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

C. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan optimasi sintesis APG menggunakan metode permukaan respon dengan rancangan komposit terpusat. Faktor yang dianalisis yaitu: suhu butanolisis (X_1) dengan rentang antara 130–150°C dan rasio mol pati : alkohol lemak (X_2) dengan rentang antara 1:2,5 – 1:6.

Rancangan percobaan pada aplikasi formulasi herbisida adalah Rancangan Acak Lengkap faktorial dengan 3 faktor (ulangan 2 kali). Faktor A adalah suhu penyimpanan terdiri dari 3 taraf A_1 : 15°C, A_2 : 26-29°C, dan A_3 : 40°C. Faktor B adalah konsentrasi glifosat terdiri dari B_1 : 16%, B_2 : 24%, dan B_3 : 48%. Faktor C adalah konsentrasi surfaktan APG terdiri dari C_1 : 4%, C_2 : 6%, C_3 : 8%, dan C_4 : 10%. Parameter yang diukur meliputi persentase penutupan gulma, bobot kering gulma, dan efektivitas formulasi herbisida. Pengamatan aplikasi formulasi herbisida meliputi 1 Minggu Setelah Aplikasi dan 2 Minggu Setelah Aplikasi. Sedangkan untuk pengamatan efektivitas formulasi herbisida menggunakan uji Kruskal Wallis.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Rekayasa Proses Produksi APG

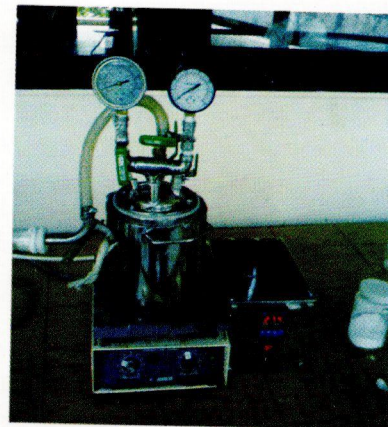
Reaktor pada penelitian ini adalah reaktor *double jacket* dengan media pemanasnya silicone oil yang dipanaskan dengan elemen pemanas. Ukuran reaktor yang digunakan pada penelitian adalah diameter dalam 7 cm dan tinggi 13 cm.

Pada tutup reaktor dilengkapi dengan *pressure gauge*, *vacuum pressure*, *safety valve*, port thermometer, port kondensor, dan port umpan. Pada alat *pressure gauge* dan *vacuum pressure* dipasang kran untuk mengatur tekanan. Pada proses butanolisis yang memerlukan tekanan tinggi kran *pressure gauge* dibuka sedangkan kran *vacuum pressure* dan kran pada kondensor ditutup. Pada proses transasetalisasi dan distilasi yang memerlukan tekanan vakum kran *vacuum pressure* dan kran pada kondensor dibuka sedangkan kran *pressure gauge* ditutup. Gambar reaktor dapat dilihat pada Gambar 2.

1. Sintesa Alkil poliglukosida (APG)

Tahapan asetalisasi pada sintesa alkil poliglukosida (APG) merupakan tahapan yang sangat penting, karena pada tahap ini ikatan antara glukosa dan alkohol lemak terbentuk. Secara umum pada tahapan ini ada tiga bahan baku utama dalam sintesa alkil APG secara langsung yaitu gula, alkohol lemak rantai panjang (C_8 - C_{22}) (McCurry et al., 1996) dan katalis asam. Sedangkan kondisi selama reaksi harus pada suhu tinggi dan tekanan rendah.

Sintesis APG dengan dua tahap memiliki beberapa tahapan proses yang meliputi: (1) Butanolisis dan transasetalisasi; mereaksikan monosakarida (glukosa)/pati dengan alkohol lemak rantai panjang (C_8 - C_{22}) dengan katalis asam dengan menghilangkan air yang terbentuk selama reaksi; (2) Netralisasi katalis asam yang digunakan pada proses asetalisasi; (3) Destilasi alkohol lemak yang



Gambar 2. Reaktor untuk produksi APG
Figure 2. Reactor for APG Production

tidak bereaksi; (4) Pemucatan dan yang terakhir isolasi produk APG yang terbentuk.

a. Butanolisis

Tahapan butanolisis pada sintesis APG merupakan tahapan reaksi dalam reaktor *double jacket* antara pati sagu dengan butanol, air dan katalisator asam p-toluene sulfonat. Pada tahapan ini air menghidrolisis pati sagu memecah ikatan glikosida yang selanjutnya bereaksi dengan butanol pada suhu proses antara 130-150°C, tekanan sekitar 4–5 bar, dengan katalisator asam p-toluene sulfonat selama 30 menit. Hasil akhir proses butanolisis menghasilkan larutan butil glikosida yang berwarna coklat muda.

b. Transasetalisasi

Secara umum tahapan ini merupakan proses penggantian C_4 oleh C_{12} dengan katalis asam p-toluene sulfonat sebanyak 50 % dari proses butanolisis dan kondisi selama reaksi pada suhu 110-120°C, tekanan vakum selama 2 jam.

Alkohol lemak pada APG diperlukan untuk memperoleh gugus alkil rantai panjang sebagai bagian yang bersifat hidrofobik. Semakin panjang rantai gugus alkil, sifat non polar akan semakin tinggi. Pemilihan alkohol lemak yang tepat juga akan berpengaruh pada suhu transasetalisasi berlangsung sebab semakin panjang rantai maka titik didih alkohol lemak semakin tinggi. Wuest *et al.* (1992) menyarankan penggunaan alkohol lemak dengan panjang rantai C_8 - C_{12} .

Alkohol lemak memiliki gugus hidroksil (OH) yang sifat kelarutannya sangat dipengaruhi oleh ikatan hidrogen yang berikatan dengan atom karbon. Dengan bertambah panjangnya rantai karbon, maka pengaruh gugus hidroksil yang bersifat polar menurun. Alkohol lemak pada APG diperlukan untuk memperoleh gugus alkil rantai panjang sebagai bagian yang bersifat hidrofobik. Sehingga untuk memperoleh sifat hidrofobik diperlukan alkohol lemak rantai yang panjang sebab semakin panjang rantai, sifat non polar akan semakin tinggi. Pemilihan alkohol lemak yang tepat juga akan berpengaruh pada suhu transasetalisasi berlangsung sebab semakin panjang rantai maka titik didih alkohol lemak semakin tinggi. Dengan demikian dalam penggunaan alkohol lemak lebih disarankan untuk menggunakan panjang rantai C_8 - C_{12} .

Pemilihan katalis pada proses sintesa APG juga sangat menentukan keberhasilan terbentuknya ikatan asetal serta memperpendek proses sintesa berlangsung. Katalis-katalis asam yang dapat digunakan pada tahapan proses asetalisasi adalah asam anorganik, asam organik, dan asam dari surfaktan

Salah satu katalis dari asam organik adalah asam p-toluena sulfonat yang dapat diurai oleh lingkungan dan

bersifat tidak korosif terhadap pipa besi ataupun *stainless steel* (Hill, *et al.* 1996)

Pada proses netralisasi, rasio mol pati terhadap alkohol lemak akan berpengaruh pada jumlah basa yang digunakan karena alkohol lemak cenderung bersifat asam semakin banyak jumlah alkohol lemak yang digunakan maka semakin banyak pula basa yang dipakai. Pada tahapan proses destilasi semakin banyak alkohol lemak yang digunakan maka akan semakin banyak alkohol lemak yang tidak bereaksi sehingga semakin banyak alkohol lemak yang harus didestilasi dan terbuang.

Adapun untuk penentuan katalis menggunakan metode Gibson dan Leedy (2001) dalam menentukan konsentrasi katalis asam yang digunakan dalam proses asetalisasi, menggunakan perhitungan sebagai berikut :

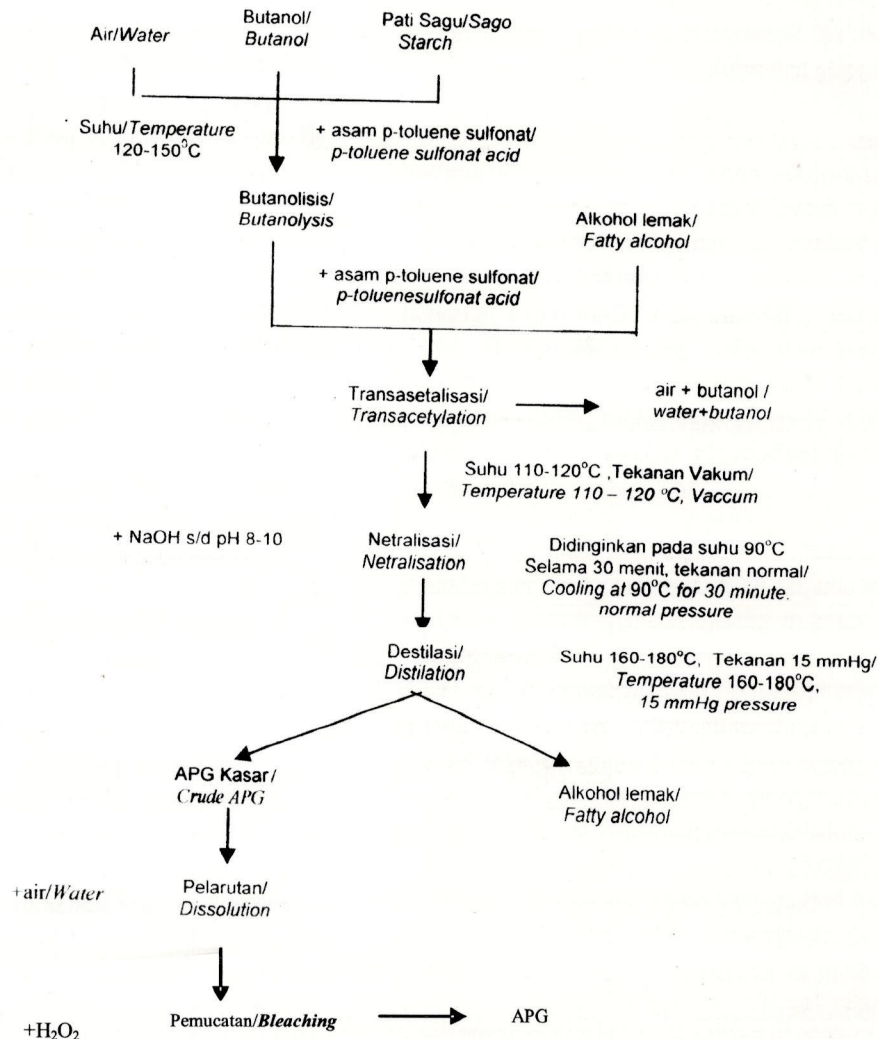
1. Katalis pertama kira-kira 0,7-1,4% dari berat glukosa /pati.
2. Katalis kedua kira-kira 25-50% dari berat katalis yang pertama.
3. Katalis yang digunakan pada tahapan proses asetali sasi adalah penjumlahan dari katalis pertama dan katalis kedua.

Pada proses transasetalisasi, penambahan dodecanol pada larutan hasil proses butanolisis secara langsung ternyata membentuk kristal dan tidak dapat bercampur karena perbedaan polaritas antara larutan hasil butanolisis dengan dodecanol sehingga diperlukan *solubilizer*. McDaniel *et al.* dalam Balzer dan Luders (2000) menggunakan solubelizer N-metil 2 pyrrolidone (NMP) untuk melarutkan metil monoglikosida dengan dodecanol. Namun NMP ini bersifat racun terhadap lingkungan. Salah satu *solubilizer* sejenis NMP yang ramah lingkungan adalah dimetil sulfoxida (DMSO) yang dapat melarutkan dodecanol dengan hasil proses butanolisis.

Pada proses transasetalisasi, dengan penambahan DMSO pada campuran larutan hasil butanolisis dengan dodecanol menghasilkan larutan berwarna coklat tua yang terdiri dari dodecil poliglikosida dan dodecanol berlebih. Derajat keasaman larutan yang dihasilkan mempunyai pH antara 4 dan 5. Sedangkan air dan butanol terdestilasi dan ditampung dalam separator.

c. Netralisasi

Tahapan netralisasi ini bertujuan untuk menghentikan proses asetalisasi agar tidak terjadi hidrolisis lanjut yang dapat menyerang glukosa. Netralisasi dilakukan dengan penambahan larutan NaOH hingga tercapai suasana basa yaitu pada pH sekitar 8-10. Penggunaan larutan NaOH sangat dianjurkan karena NaOH tidak bereaksi terhadap alkohol atau produk. Selain proses penambahan akan lebih mudah karena berbentuk larutan dan tidak memerlukan penyaringan untuk menghilangkan garam yang terbentuk



Gambar 3. Digaram alir proses produksi APG
Figure 3. Flow diagram APG production process

(Wuest, *et al.*, 1996). Oleh karena itu penggunaan NaOH dipilih sebagai bahan untuk netralisasi pada penelitian ini.

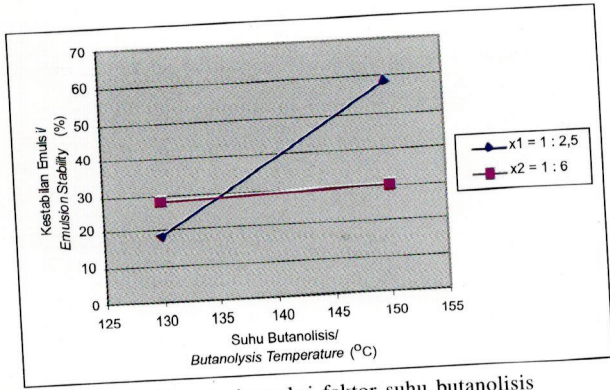
Proses netralisasi dilakukan pada suhu 70-100°C dan dilakukan pada tekanan normal. Lama proses netralisasi kurang lebih 30-60 menit sambil dilakukan pengecekan nilai pH antara 8-10. Setelah tahapan netralisasi dilanjutkan tahapan berikutnya yaitu tahapan destilasi

d. Destilasi

Tahapan destilasi ini bertujuan untuk menghilangkan alkohol lemak yang tidak bereaksi. Proses destilasi dapat dilakukan pada interval suhu sekitar 160°-180° C dengan tekanan sekitar 0,1-2 mmHg tergantung alkohol lemak yang digunakan semakin panjang rantai maka semakin tinggi suhu dan semakin rendah tekanan yang dibutuhkan. Dalam proses ini diperlukan suhu tinggi dan tekanan rendah untuk dapat menguapkan alkohol lemak yang tidak bereaksi.

Pada tahapan destilasi diharapkan memperoleh kandungan alkohol lemak sekecil mungkin pada produk APG yaitu kurang dari 5% dari berat produk. Kelebihan alkohol lemak yang tidak bereaksi pada produk akan mengurangi efektivitas kerja dari surfaktan APG. Oleh karena itu, dilakukan pengecekan setiap saat selama proses destilasi berlangsung hingga memperoleh produk dengan kandungan alkohol lemak sekecil mungkin dan terhindar dari kerusakan (kering) jika waktu destilasi terlalu lama dan kandungan alkohol lemak terlalu banyak jika waktu reaksi terlalu singkat. Karena kondisi reaktor tertutup dan tidak kelihatan dari luar maka pengecekan dilakukan dengan menggunakan batang pengaduk dengan memasukkannya ke dalam reaktor untuk mengamati kekentalan/ viskositas dari larutan reaksi.

Hasil akhir proses destilasi akan diperoleh APG kasar berbentuk pasta yang berwarna coklat tua dan berbau kurang enak. Oleh karena itu perlu dilakukan pemucatan untuk memperoleh APG yang memiliki penampilan yang lebih baik dan bau yang tidak terlalu menyengat.



Gambar 4. Grafik pola interaksi faktor suhu butanolisis terhadap faktor rasio mol pati sago-dodekanol
 Figure 4. Graph of interaction pattern of acuperative of butanolysis as ratio mol starch to sago dodekanol

e. Pemucatan (Bleaching)

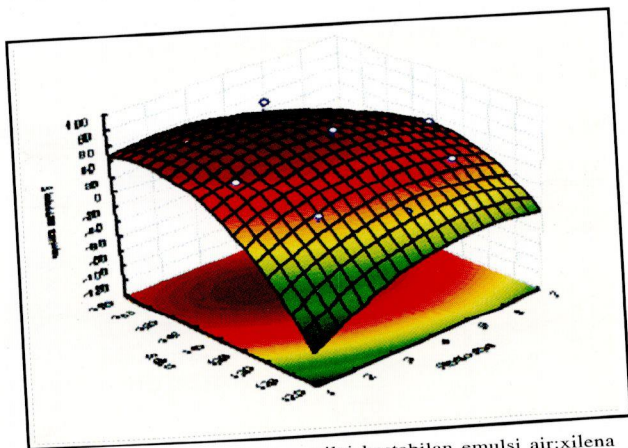
Proses pemucatan dilakukan pada suhu 80-90°C selama 30-120 menit pada tekanan normal. Secara skematis tahapan proses produksi APG dapat dilihat pada Gambar 3.

2. Optimasi Proses Produksi APG

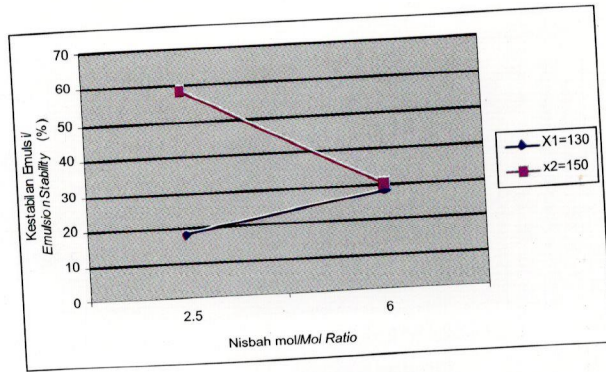
a. Pengaruh Faktor Suhu butanolisis dan rasio mol pati sago : alkohol lemak terhadap kestabilan emulsi air:xilena

Hasil analisis permukaan respon, menunjukkan bahwa suhu butanolisis berpengaruh positif terhadap nilai kestabilan emulsi air : dengan penambahan surfaktan APG. Sedangkan faktor rasio mol pati sago dengan alkohol lemak memberikan pengaruh negatif terhadap kestabilan emulsi air :xilena dengan penambahan surfaktani. Interaksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4 dan Gambar 5.

b. Analisis hasil optimasi kestabilan emulsi air:xilena menggunakan RSM



Gambar 6 Permukaan respon nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG
 Figure 6. Surface response on emulsion stability of water:xylene with added APG



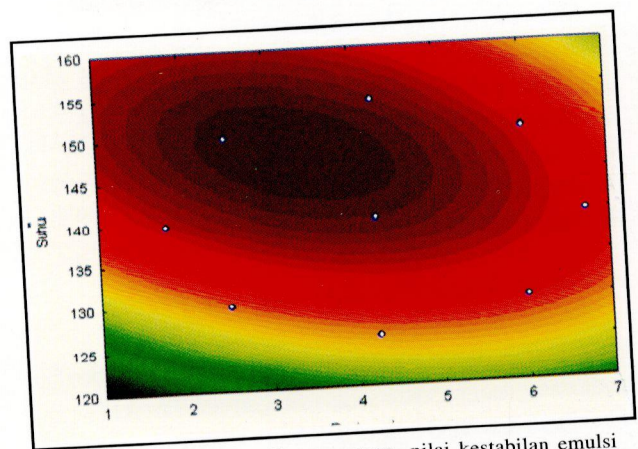
Gambar 5. Grafik pola interaksi faktor rasio mol pati sago-dodekanol terhadap faktor suhu butanolisis
 Figure 5. Graph of interaction pattern of ratio mol starch to sago dodekanol to

Hasil optimasi diperoleh hubungan antara respon uji kestabilan emulsi air : xilena dengan penambahan APG dengan 2 faktor yaitu suhu butanolisis (X_1) dan rasio mol pati sago : dodekanol (X_2) dan diperoleh persamaan:

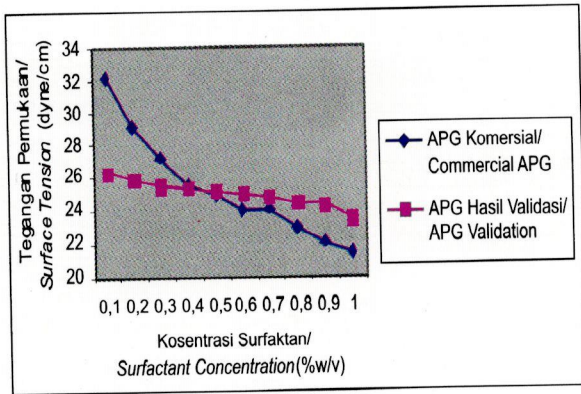
$$Y = 64,29 + 35,53X_1 - 29,82X_1^2 - 9,63X_2 - 23,09X_2^2 - 20,56X_1X_2$$

Permukaan respon dan kontur permukaan respon kestabilan emulsi air : xilena dengan penambahan APG dapat dilihat pada Gambar 6 dan Gambar 7. Kondisi proses yang optimum untuk sintesis APG adalah suhu butanolisis 147,8°C dan rasio mol pati sago:alkohol lemak 1 : 3,27 .

Permukaan respon hasil analisis kanonik tersebut kemudian dilakukan validasi untuk mengetahui kesesuaian model permukaan respon terhadap nilai kestabilan emulsi air : xilena. Validasi dilakukan pada kondisi percobaan yang optimum, yaitu pada suhu butanolisis 147,8°C dan rasio mol pati sago:alkohol lemak 1 : 3,27. Hasil validasi menunjukkan nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG sebesar 72,3 % hampir sama seperti pada kondisi optimum, yaitu sebesar 72,64%.



Gambar 7. Kontur permukaan respon nilai kestabilan emulsi air:xilena dengan penambahan APG
 Figure 7. Surface response contour of emulsion stability value water:xylene with added APG



Gambar 8. Tegangan permukaan air akibat pengaruh penambahan APG pada berbagai konsentrasi.
 Figure 8. Surface tension of water affect by addition APG on various concentrations

3. Karakterisasi APG

a. Kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan

Surfaktan APG yang dihasilkan memiliki kemampuan untuk menurunkan tegangan permukaan air, namun penurunan tegangan permukaan dengan penambahan APG komersial lebih besar daripada APG yang dihasilkan, dapat dilihat pada Gambar 8.

b. Kemampuan untuk menurunkan tegangan antar muka

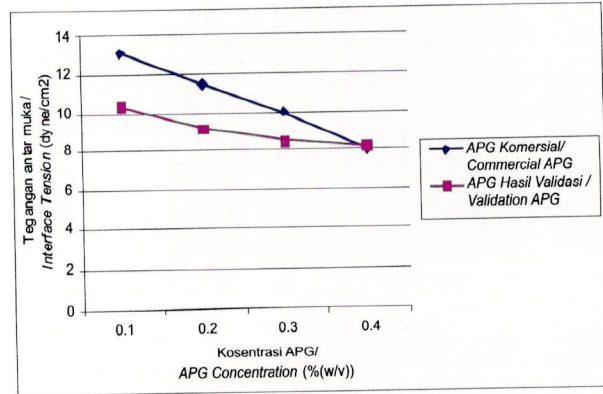
Molekul surfaktan dapat menurunkan tegangan antarmuka (Giribabu dan Ghosh, 2007). Tegangan antar muka larutan APG sebanding dengan nilai tegangan permukaan hanya nilai yang diperoleh lebih kecil (Moehhtar, 1989). Perbandingan kemampuan menurunkan tegangan antar muka APG yang dihasilkan dengan APG komersial dapat dilihat pada Gambar 9.

c. Jenis formasi emulsi dengan menentukan nilai Hidrophyl Lypophyl Balance

Nilai HLB yang diperoleh APG komersial sebesar 13,64 dan APG validasi pada kondisi optimum sebesar 8,81. Berdasar konsep Griffin dalam Holmberg et al (2003), APG yang dihasilkan tergolong dalam surfaktan yang dapat dikategorikan sebagai pengemulsi dalam sistem emulsi O/W dan sebagai bahan pembasah.

d. Analisis Gugus Fungsi APG dengan Forrier Transform-Infra Red

Hasil analisis dengan spektroskopi inframerah memberikan hasil mengenai serapan gugus fungsional dari APG yang dihasilkan dan APG komersial. Yang secara umum hampir sama Perbandingan serapan karakteristik gugus fungsional APG yang dihasilkan dan komersial dapat dilihat pada Tabel 1. Dari spektra IR terbukti bahwa APG yang



Gambar 9, Grafik tegangan antarmuka air : xilena akibat pengaruh penambahan APG pada berbagai konsentrasi.
 Figure 9. Graph of inter face tensian water :xylene affected by addition of APG various concentrations

dihasilkan memunculkan serapan pada daerah rentangan yang sama dengan APG komersial yaitu daerah sekitar (3.400-3.200) cm⁻¹ untuk rentangan OH (El Sukkary, et al., 2008), (2.800-2.700) cm⁻¹ untuk rentangan CH, (1.680-1.600) cm⁻¹ untuk rentangan C=C, (1.085-1030) cm⁻¹ untuk rentangan CO (Harmita, 2006).

B. Karakterisasi formulasi herbisida

Mekanisme kerja surfaktan dalam formulasi herbisida adalah menurunkan tegangan permukaan herbisida sehingga glifosat tersebar lebih merata dan membasahi permukaan daun kemudian terjadi penetrasi herbisida masuk ke dalam sistem tanaman melalui lapisan kutikula dan selanjutnya ditranslokasikan ke tempat reaksi akan terjadi melalui Ploem bersama dengan hasil asimilasi. Glifosat akan menghambat kerja enzim EPSPS dalam membentuk asam amino aromatik seperti *tryptophan*, *tyrosin*, dan *phenylalanine* sehingga menghambat sintesis protein yang dibutuhkan dan menyebabkan tumbuhan akan mati (Tjitrosoedirdjo et al., 1984).

Tabel 1. Pita serapan spektrofotometer FTIR APG hasil sintesis dan komersial (cm⁻¹)

Table 1. Absorbtion band of FTIR spectrophotometry of syintesized APG and commersial APG

No.	APG komersial/ Comercial APG	APG hasil sintesa/ Synthesized APG	Keterangan/ Remarks
1.	3.400,34	3.394,26	Rentangan OH
2.	2.923,25	2.921,56	Rentangan OH
3.	2.853,29	2.733,73	Aldehyd CH
4.	1.639,00	1.594,31	Alkana C=C
5.	1.485,54	1.465,78	CH ₂
6.	1.377,14	1.376,19	Deformasi CH ₂
7.	1.151,73	1.151,96	Sulfat, sulfonamida
8.	1.050,30	1.031,44	Deformasi C-O
9.	721,26	720,74	CH ₃

Formulasi herbisida glifosat dengan APG menghasilkan warna coklat muda sesuai warna APG yang dihasilkan. APG mempunyai derajat keasaman mendekati netral (6,7) sedangkan herbisida pembanding mempunyai pH 5.

1. Kestabilan Formulasi Herbisida

Stabilitas atau kestabilan emulsi merupakan salah satu karakter terpenting dan mempunyai pengaruh besar terhadap mutu produk emulsi ketika dipasarkan.

Penyimpanan pada suhu 15°C menyebabkan formulasi herbisida sejak minggu pertama menjadi beku karena pada suhu 15°C semua komponen dalam formulasi sudah mencapai titik beku. Pembekuan dapat merusak lapisan emulsifier yang menyelimuti setiap globula.

Penyimpanan pada suhu ruang (26-29°C), menyebabkan perubahan kestabilan emulsi formulasi herbisida pada minggu pertama, kemudian pada minggu kedua, stabilitas emulsinya mengalami perubahan lagi pada beberapa perlakuan. Namun pada minggu ketiga sampai kelima, kestabilan emulsi formulasi herbisida tetap seperti pada minggu kedua. Perubahan kestabilan emulsi dapat diduga karena APG yang digunakan dalam formulasi herbisida masih kasar karena belum dilakukan proses pemurnian lengkap sehingga kemungkinan masih terdapat bahan pengotor yang mengurangi stabilitasnya.

Penyimpanan pada suhu 40°C, kestabilan emulsi formulasi herbisida dari minggu pertama sampai minggu kelima tidak mengalami perubahan. Kestabilan emulsi formulasi herbisida pada suhu 40°C diduga karena APG yang dihasilkan bersifat padat pada suhu ruang dan penyimpanan hangat (40°C) dapat merubah APG menjadi cair sehingga kestabilan emulsi pada suhu tersebut lebih konstan.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa suhu penyimpanan, konsentrasi glifosat, konsentrasi APG dan

interaksi perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap kestabilan formulasi herbisida, baik pengamatan satu minggu dan dua minggu (pengamatan 3 minggu sampai 5 minggu sama dengan pengamatan pada 2 minggu). Berdasarkan uji lanjut Duncan, stabilitas emulsi formulasi herbisida pada penyimpanan suhu ruang berbeda nyata dengan penyimpanan suhu 15°C dan 40°C. Surfaktan APG bersifat padat pada suhu kamar sehingga pada suhu 40°C lebih stabil daripada suhu ruang.

Konsentrasi glifosat 16 % berbeda nyata. Dengan konsentrasi 24 % dan 48 %. Konsentrasi APG 10 % tidak berbeda nyata dengan konsentrasi APG 8 % dan 6 % tetapi berbeda nyata dengan konsentrasi APG 4 %, dan Interaksi antara konsentrasi glifosat dan APG dengan suhu penyimpanan melalui uji Duncan menunjukkan bahwa perlakuan suhu ruang dengan konsentrasi glifosat 16 % dan konsentrasi APG 8 % dan 10 % berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

2. Aplikasi formulasi herbisida setelah penyimpanan

Hasil penyimpanan formulasi herbisida selama lima minggu pada suhu 15°C, ruang (26-29°C) dan suhu 40°C diaplikasikan dengan cara menyemprotkan ke golongan gulma baik itu golongan *grasses*, *sedges* maupun *broad leaved*. Pengamatan dilakukan terhadap persentase penutupan gulma dan efektifitas formulasi herbisida pada 1 MSA (Minggu Setelah Aplikasi) dan 2 MSA.

3. Persentase penutupan gulma

Persentase penutupan gulma 1 MSA dan 2 MSA formulasi herbisida hasil penyimpanan lima minggu pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C) dan 40°C dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa hanya konsentrasi glifosat pada formulasi herbisida memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase penutupan gulma 1 MSA. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa persentase penutupan gulma 1MSA untuk konsentrasi

Tabel 2. Persentase (%) penutupan gulma 1 MSA
Table 2. Percentage (%) of covered weed 1 MSA

Perlakuan/Treatments	A ₁	A ₂	A ₃	
B ₁	C ₁	82,50	85,00	81,25
	C ₂	86,25	82,50	88,25
	C ₃	87,50	81,25	86,25
	C ₄	85,00	83,75	83,25
B ₂	C ₁	83,75	86,25	86,75
	C ₂	82,50	81,25	81,25
	C ₃	86,25	77,50	78,75
	C ₄	82,50	71,25	73,75
B ₃	C ₁	63,75	68,75	57,50
	C ₂	63,75	62,50	63,75
	C ₃	68,75	67,50	57,50
	C ₄	61,25	66,25	51,75

Tabel 3. Persentase (%) penutupan gulma 2 MSA
Table 3. Percentage (%) of covered weed 2 MSA

Perlakuan/Treatments	A ₁	A ₂	A ₃	
B ₁	C ₁	62,50	43,75	66,25
	C ₂	65,00	58,75	67,50
	C ₃	63,75	53,75	60,00
	C ₄	56,25	53,75	65,00
B ₂	C ₁	68,75	40,00	65,00
	C ₂	56,25	46,25	58,75
	C ₃	51,25	32,50	58,75
	C ₄	60,00	37,50	60,00
B ₃	C ₁	22,50	21,25	26,25
	C ₂	16,25	8,00	18,75
	C ₃	11,25	8,00	11,25
	C ₄	10,00	17,50	9,50

Tabel 4. Bobot kering (gram/0,25 m²) gulma 1 MSA
 Table 4. Dry Weight (g/0.25 m²) weed 1 MSA

Perlakuan/Treatment	A ₁	A ₂	A ₃	
B ₁	C ₁	16,52	18,11	15,78
	C ₂	18,97	16,52	20,42
	C ₃	19,86	15,78	18,97
	C ₄	18,11	17,30	16,98
B ₂	C ₁	17,30	18,97	19,32
	C ₂	16,52	15,78	15,78
	C ₃	18,97	13,74	14,39
	C ₄	16,52	10,91	11,97
B ₃	C ₁	8,28	9,95	6,58
	C ₂	8,28	7,91	8,28
	C ₃	9,95	9,51	6,58
	C ₄	7,55	9,08	5,32

glifosat 48% berbeda nyata dengan konsentrasi glifosat 24% dan 16%, sedangkan konsentrasi glifosat 16% dan 24% tidak berbeda nyata. Semakin tinggi konsentrasi glifosat akan semakin tinggi pula daya basminya yang menyebabkan persentase penutupan gulma semakin rendah, karena semakin banyak zat aktif yang terserap akan mempercepat proses penghambatan sintesis protein sehingga gulma akan cepat mati.

Hasil analisis keragaman, menunjukkan bahwa suhu penyimpanan, konsentrasi glifosat, konsentrasi APG dan interaksi perlakuan memberikan pengaruh yang nyata terhadap persentase penutupan gulma 2 MSA. Hasil uji lanjut Duncan menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu ruang (26-29°C) berbeda nyata dengan suhu 15°C dan suhu 48°C. Sedangkan penyimpanan pada suhu 15°C tidak berbeda nyata dengan suhu 40°C. Suhu penyimpanan pada suhu ruang lebih baik daripada penyimpanan pada suhu 15°C dan 40°C.

Konsentrasi glifosat 48% berbeda nyata dengan konsentrasi glifosat 24% juga dengan konsentrasi glifosat 16%. Semakin tinggi konsentrasi glifosat sebagai bahan aktif akan mempercepat proses penghambatan sintesis protein sehingga akan semakin tinggi daya basminya sehingga banyak gulma yang mati dan persentase penutupan gulmanya semakin rendah.

Konsentrasi APG 8% berbeda nyata dengan konsentrasi APG 10%, 6%, dan 4%. Konsentrasi APG 10% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi APG 6% dan berbeda nyata dengan konsentrasi APG 4%. Sedangkan konsentrasi 6% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi APG 4%. Fungsi APG dalam formulasi herbisida adalah membantu penyebaran dan penetrasi glifosat pada gulma terutama 2 MSA. Konsentrasi APG 8% dalam formulasi herbisida sudah cukup membantu aktifitas bahan aktif herbisida. Penambahan surfaktan untuk herbisida berkisar antara 2 – 15% (McWhorter, 1990). Dengan penggunaan surfaktan tersebut, permukaan daun yang tertutup larutan

Tabel 5. Bobot kering (gram/0,25 m²) gulma 2 MSA
 Table 5. Dry Weight (g/0.25 m²) weed 2 MSA

Perlakuan/Treatment	A ₁	A ₂	A ₃	
B ₁	C ₁	8,46	4,29	9,69
	C ₂	9,26	7,39	10,13
	C ₃	8,85	6,16	7,73
	C ₄	6,75	6,16	9,26
B ₂	C ₁	10,60	3,75	9,26
	C ₂	6,75	4,70	7,39
	C ₃	5,63	2,86	7,39
	C ₄	7,73	3,43	7,73
B ₃	C ₁	1,99	1,90	2,28
	C ₂	1,59	1,18	1,74
	C ₃	1,33	1,18	1,33
	C ₄	1,27	1,66	1,25

herbisida menjadi lebih luas dan menjadikan larutan herbisida bertahan lebih lama di atas permukaan daun. Beberapa surfaktan juga membantu herbisida tertentu untuk meresap ke dalam permukaan daun dan akar dengan lebih cepat dan merata (Tominack, 2000).

Penyimpanan pada ketiga suhu dengan konsentrasi glifosat 48% dengan konsentrasi APG 4%, 6%, 8% dan 10% tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan perlakuan lainnya.

4. Bobot kering gulma

Bobot kering gulma 1 MSA dan 2 MSA formulasi herbisida hasil penyimpanan lima minggu pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C) dan 40°C dapat dilihat pada Tabel 4 dan Tabel 5.

Hasil analisis keragaman menunjukkan bahwa hanya konsentrasi glifosat memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap bobot kering gulma 1 MSA. Sedangkan hasil uji lanjut dengan metode Duncan menunjukkan bahwa konsentrasi glifosat 48% berbeda nyata dengan konsentrasi glifosat 24% dan 16%, serta konsentrasi glifosat 24% berbeda nyata dengan konsentrasi glifosat 16%. Semakin tinggi konsentrasi glifosat akan semakin tinggi pula daya basminya yang menyebabkan banyak gulma mati dan mengering sehingga bobot kering gulma semakin rendah.

Hasil analisis menunjukkan bahwa suhu penyimpanan, konsentrasi glifosat, konsentrasi APG dan interaksi glifosat dengan APG memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap bobot kering gulma 2 MSA.

Hasil uji lanjut dengan metode Duncan menunjukkan bahwa penyimpanan pada suhu ruang (26-29°C) berbeda nyata dengan hasil penyimpanan pada suhu 15°C dan suhu penyimpanan 48°C. Sedangkan penyimpanan pada suhu 15°C tidak berbeda nyata dengan penyimpanan pada suhu 40°C.

Tabel 6. Efektivitas formulasi herbisida 1 MSA
Table 6. Effectivity of formulated herbicide 1 MSA

Perlakuan/Treatment	A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	C ₁	1	1
	C ₂	1	1
	C ₃	1	1
	C ₄	1	1
B ₂	C ₁	1	1
	C ₂	1	1
	C ₃	1	1
	C ₄	1	1
B ₃	C ₁	2	2
	C ₂	2	2
	C ₃	2	2
	C ₄	2	2

Keterangan/Remarks: 1 : kurang efektif/less-effective; 2 : cukup efektif/less effective; 3 : efektif/effective; 4 : sangat efektif/very effective

Konsentrasi glifosat 48% berbeda nyata dengan konsentrasi glifosat 24% juga dengan konsentrasi glifosat 16%. Semakin tinggi konsentrasi glifosat semakin tinggi daya basminya sehingga persentase penutupan gulmnya semakin rendah. Bahan aktif dari formulasi herbisida secara langsung menentukan efektifitas herbisida tersebut (Tollenean *et al.*,1994)

Konsentrasi APG 8% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi APG 10% dan 6% tetapi berbeda nyata dengan konsentrasi APG 4%, tetapi konsentrasi APG 6% dan 10% tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 4%. Konsentrasi APG 8% dalam formulasi herbisida sudah cukup membantu aktifitas bahan aktif herbisida glifosat.

Interaksi antara perlakuan memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Penyimpanan pada suhu 15°C, suhu ruang dan suhu 40°C, dengan konsentrasi glifosat 48% dan konsentrasi APG 6%, 8% dan 10% tidak berbeda nyata tetapi berbeda nyata dengan perlakuan konsentrasi glifosat lainnya karena konsentrasi glifosat 48% akan lebih cepat menghambat sintesis protein sehingga gulma akan cepat mati sehingga bobot kering gulmnya rendah.

5. Efektivitas Formulasi Herbisida

Efektivitas formulasi herbisida 1 MSA dan 2 MSA hasil penyimpanan lima minggu pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C) dan 40°C dapat dilihat pada Tabel 6 dan Tabel 7.

Hasil uji Kruskal Wallis menunjukkan bahwa efektifitas herbisida pada 1 MSA dan 2 MSA memberikan hasil yang berbeda, yaitu minimal ada satu perlakuan yang berbeda efektifitasnya. Efektifitas formulasi herbisida dengan konsentrasi glifosat 48% diduga merupakan perlakuan yang efektif sedangkan perlakuan lainnya kurang efektif. Keefektifan suatu herbisida ditentukan oleh dosis bahan aktifnya dan waktu aplikasinya (Nurjannah, 2002), semakin tinggi akan semakin banyak terserap oleh gulma dan semakin banyak gulma yang mati.

Tabel 7. Efektivitas formulasi herbisida 2 MSA
Table 7. Effectivity of formulated herbicide 2 MSA

Perlakuan/Treatment	A ₁	A ₂	A ₃
B ₁	C ₁	2	2
	C ₂	2	2
	C ₃	2	2
	C ₄	2	2
B ₂	C ₁	2	2
	C ₂	2	2
	C ₃	2	2
	C ₄	2	2
B ₃	C ₁	3	3
	C ₂	3	3
	C ₃	3	3
	C ₄	3	3

Efektifitas formulasi herbisida hasil penyimpanan 5 minggu pada suhu 15°C untuk 1 MSA pada konsentrasi glifosat 48%, 24% dan 16% menunjukkan formulasi herbisida belum efektif, karena bahan aktif glifosat memerlukan waktu agak lama untuk bereaksi dengan gulma. Dua minggu setelah aplikasi (2 MSA) formulasi herbisida, konsentrasi glifosat 48% terutama pada konsentrasi APG 8% dan 10% menunjukkan efektifitas formulasi herbisida efektif sedangkan yang lainnya menunjukkan kurang efektif.

KESIMPULAN

1. Kondisi proses optimum produksi APG diperoleh pada suhu butanolisis 147,86°C dan rasio mol pati sagu-alkohol lemak 1:3,27 dengan respon stabilitas emulsi air:xilena dengan penambahan APG (%) sebesar 72,68%. Model persamaan optimasi yang diperoleh $Y = 64,29 + 35,53X_1 - 29,82X_1^2 - 9,63X_2 - 23,09X_2^2 - 20,56X_1X_2$
2. Validasi dilakukan pada kondisi optimum yaitu pada rasio mol 1 : 3,27 dan pada suhu butanolisis 147,86°C dan nilai stabilitas emulsi air:xilena dengan penambahan APG (%) yang diperoleh sebesar 72,3%.
3. Karakterisasi APG yang dihasilkan hampir sama dengan karakteristik standar dengan respon uji kemampuan menurunkan tegangan permukaan dan tegangan antar muka, HLB, FTIR dan pH.
4. Formulasi herbisida hasil penyimpanan pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C), dan 40°C dengan bahan aktif glifosat pada konsentrasi 48% dengan variasi konsentrasi APG terutama pada konsentrasi 8% efektif mengendalikan gulma rumput terutama pada

pengamatan 2 MSA bahkan lebih efektif dibandingkan dengan herbisida pembeding yang ada di pasar

5. Penyimpanan pada suhu 15°C, suhu ruang (26-29°C), dan 40°C tidak mempengaruhi efektifitas formulasi herbisida.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kami mengucapkan terima kasih kepada proyek KKP3T tahun 2007, atas bantuan dana sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Balzer, D. and H. Luders (ed.), 2000. Nonionic Surfactants: Alkyl Polyglycosides. Marcell Dekker Inc. New York
- Czichocki, G., H. Fiedler, K. Haage, H. Much and S. Weidner. 2002. Characterization of alkyl polyglycosides by both reversed-phase and normal-phase modes of high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 943, 241-250.
- El-Sukkary, M.M.A., N. A. Syed, I. Aiad and W. I. M. El-Azab. 2008. Synthesis and Characterization of some Alkyl Polyglycosides Surfactants. *J Surfact. Deterg.* 11 (2): 129-137.
- Gibson, M.W. dan C.A. Leedy. 2001. "Process for Reducing Cycle Times in Reactions During The Production of Alkyl Polyglycosides". US Patent. No. WO 01/09153 A1. Cognis Corp. 8 February 2001.
- Giribabu, K. and P. Ghosh. 2007. Adsorption of nonionic surfactants at fluid-fluid interface : importance in the coalescence of bubbles and drops. *Journal Chemical Engineering Science* 62:3057-3067
- Harmita. 2006. Analisis Fisikokimia. Departemen Farmasi FMIPA, Universitas Indonesia.
- Hill, K. 2000. Fats and Oils as Oleochemical Raw Materials, *Journal of Pure and Applied Chemistry*, 72(7): 1255-1264.
- Hill, K., M. Biermann, H. Rossmair, R. Eskuchen, W. Wuest, J. Wollmann, A. Bruns, G. Hellmann, K.H. Ott, W. Winkle and K. Wollmann. 1996. "Process for Direct Production of Alkyl polyglycosides". US Patent. No. 5,576,425. Henkel Corp. 19 November 1996.
- Holmberg, K., B. Jonsson, B. Kronberg and B. Lindman. 2003. *Surfactants and Polimers in Aqueous Solution*. 2nd Ed. John Wiley. Chichester.
- Johansson, I. and M. Svenson. 2001. Surfactant based on fatty acids and other natural hydropobes. *Journal of Colloid and Interface Science* 6 (2001) : 178-188
- McCurry, Jr., Patrick M. Varvil, R. Janet and Pickens; Carl E. 1996. Patens: "Process for Making Alkyl Glycosides. US Patent No.5,512,666 Henkel Corp. 22 Juli 1994.
- McWhorter, C. G. 1990. Adjuvants for Herbicides chapter 2: The use of Adjuvants. *Weed science Society of America*, Champaign, Illinois.
- Messinger, H., W. Aulmann, M. Kleber and W. Koehl. 2007. Investigation on the effects of alkyl polyglucosides on development and fertility. *Journal Food and Toxicology*. 45 : 1375-1382.
- Moehchar. 1989. "Farmasi Fisika": Bagian Larutan dan Sistem Dispersi, Gajah Mada University Press. Yogyakarta
- Nurjanah, U. 2002. Pergeseran Gulma dan Hasil jagung Manis Pada Tanpa Olah Tanah akibat Dosis dan Waktu Pemberian glifosat. *Jurnal Akta Agrosia* 5(1): 1- 7.
- Sofiyarningsih, N. dan Nurcahyani, N. 2006. Esterifikasi Asam Oleat Dengan Sorbitol Menggunakan H₂SO₄ Sebagai Katalisator Melalui Distilasi Reaktif. Pusat Penelitian Kimia LIPI
- Tominack, R. L. 2000. Herbicide Formulations. *Journal Toxicol. Clin. Toxicol.* 138: 129-135.
- Tollenean, M., A.A. Dibo, A. Aguilera, S.F. Weise and C.J. Swanron. 1994. "Effect of Crop Density on Weed Inference in Maize". *Journal Agronomy* 86 (4): 592-595.
- Tjitrosoedirdjo, S., I. H. Utomo dan J. Wiroatmojo. 1984. *Pengelolaan Gulma di Perkebunan*. PT. Gramedia. Jakarta.
- Van Valkenburg, J.W. 1990. Terminology, Classification and Chemistry. Adjuvan for Hebicides. The Weed Science Society of America 309 West Clark Street Champaign, Illinois 51820.
- Von Rybinski, W. and K. Hill. 1998, Alkyl Polyglycosides— Properties and Applications of a New Class of Surfactants, *Angew. Chem. Int. Ed.*, 37, 1328-1345.
- Wuest, W., R. Eskuchen, J. Wollman, K. Hill and M. Biermann. 1992. "Process for Preparing Alkyl Glucosides Compounds from Oligo-and/or Polysaccharides." US Patent. No. 5,138,046. Henkel Corp. 11 August 1992.
- Wuest, W., R. Eskuchen, P. Schulz, V. Bauer, F.J. Carduck, H. Esser, C. Zeise, M. Weuthen and J. Penninger. 1996. "Process for Bleaching Discolored Surface-Active Alkyl Glycosides and for Working Up The Bleached Material". US Patent. No. 5,510,482. Henkel Corp. 23 April 1996.