



**LAPORAN AKHIR
PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

***BIONANODETERGEN AKTIF
DENGAN KOMPONEN UTAMA CHITOSAN NANOPARTICLE
BERBASIS MINYAK PELUMAS (LUBRICANT OIL)
DARI TROPICAL MARINE MICROALGAE
UNTUK MESIN ROBOT INDUSTRI MODERN***

**BIDANG KEGIATAN :
PKM PENELITIAN**

Diusulkan oleh :

Bayu Irianto	C34100040	(2010)
Prisca Sari Paramudhita	C34100004	(2010)
Reza Febriansyah	C34100068	(2010)
Pipit Nurmala	C34120091	(2011)

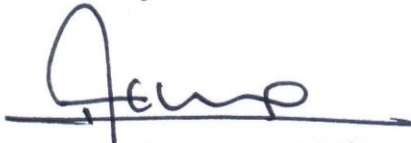
**INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2014**

PENGESAHAN PKM-PENELITIAN

1. **Judul Kegiatan** : *Bionanodetergen Aktif dengan Komponen Utama Chitosan Nanoparticle* berbasis Minyak Pelumas (*Lubricant Oil*) dari *Tropical Marine Microalgae* untuk Mesin Robot Industri Modern
2. **Bidang Kegiatan** : PKM-P (PKM Penelitian)
3. **Ketua Pelaksana Kegiatan**
 - a. Nama Lengkap : Bayu Irianto
 - b. NIM : C34100040
 - c. Jurusan : Teknologi Hasil Perairan
 - d. Universitas : Institut Pertanian Bogor
 - e. Alamat Rumah/ No. HP : Jalan Ciherang RT 05/08 Dramaga Bogor/ 085742610617
 - g. Alamat email : bay.boq007@gmail.com
4. **Anggota Pelaksana Kegiatan**: 3 orang
5. **Dosen Pendamping**
 - a. Nama Lengkap : Bambang Riyanto, S.Pi., M.Si.
 - b. NIDN : 0003066903
 - c. Alamat Rumah/ No. Hp : Taman Yasmin Jl. Katelia III/23 Bogor/08128022114
6. **Biaya Kegiatan Total**
 - a. Dikti : Rp. 11.750.000,-
 - b. Sumber lain : -
7. **Jangka Waktu Pelaksanaan** : 5 bulan

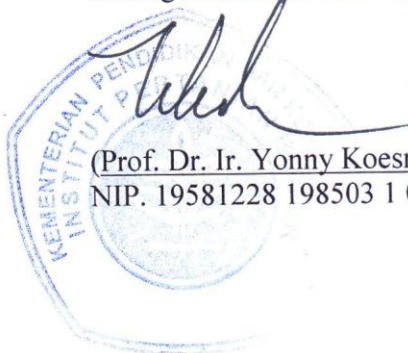
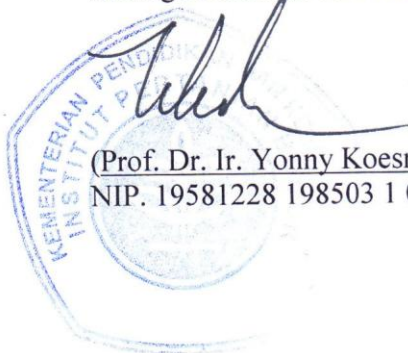
Bogor, 25 Juli 2014

Menyetujui,
Ketua Departemen THP




(Dr. Ir. Joko Santoso, M.Si.)
NIP. 19670922 199203 1 003

Wakil Rektor
Bidang Akademik dan Kemahasiswaan



(Prof. Dr. Ir. Yonny Koesmaryono, MS)
NIP. 19581228 198503 1 003

Ketua Pelaksana Kegiatan



(Bayu Irianto)
NIM. C34100040

Dosen Pendamping



(Bambang Riyanto, S.Pi, M.Si)
NIP. 19690603 199802 1 001

RINGKASAN

Peradaban manusia masa depan banyak ditandai dengan teknologi baru yang dapat membantu mengurangi gerak mekanik manusia, seperti *smart and intellegent technology*, robotik dan bionik. Kecanggihan robot terletak pada sistem kontrol dan sensor yang membuat pergerakan menjadi fleksibel, namun pergerakan yang kompleks ternyata dapat menurunkan kinerja robot. Upaya yang dikembangkan meliputi penggunaan pelumas, lapisan poliamida, dan *nano-additives* sebagai antioksidan, *detergen*, dispersan, tekanan tinggi (EP), dan anti-aus (AW). Mikroalga memiliki kandungan lemak/minyak yang tinggi (sekitar 20%-50%), adapun aditif pelumas umumnya menggunakan sulfur, klorin, dan fosfor, yang penggunaannya bersifat tidak ramah lingkungan. *Chitin-chitosan* telah diketahui mampu mengikat logam seperti zink, cadmium, timbal, tembaga dan mengkelat ion *mercury* (Hg). Proses pengikatan ini disebabkan gugus aktif NH^{2-} dan OH^- yang dimilikinya.

Tujuan penelitian ini mengembangkan pelumas (*lubricant oil*) berbasis *tropical marine microalgae* dengan bahan aditif *chitosan nanoparticle* untuk mesin robot industri modern. Luaran yang diharapkan adalah pelumas dan karakteristik pelumas baru berbasis *tropical marine microalgae* dengan bahan aditif *chitosan nanoparticle* serta tingkat kesesuaian dengan standar pelumas dan alternatif penggunaan untuk mesin robot pada industri modern.

Tahapan penelitian meliputi (1) kultur (Sidabutar 1999), ekstraksi lemak (Fajardo 2007) dan karakterisasi minyak mikroalga (Goud *et al.* 2006^b), (2) pembuatan (Alves *et al.* 2013) dan karakterisasi pelumas dasar (*based lubricant oil*) dari minyak mikroalga (Goud *et al.* 2006^b), (3) pembuatan dan karakterisasi *chitosan nanoparticle* (Kim *et al.* 2006), (4) formulasi aditif pelumas dengan penambahan *chitosan nanoparticle* (Silva *et al.* 2003 dengan modifikasi pada konsentrasi aditif), pencampuran dan karakterisasi pelumas *lubricant oil active* (Alves *et al.* 2013), serta (5) tingkat kesesuaian dengan standar pelumas dan alternatif pengembangan untuk mesin robot pada industri modern melalui model *Hand-Held Spray* (Rogers 2009).

Karakteristik minyak pelumas dasar (*based lubricant oil*) hasil epoksidasi adalah bilangan iodin 208,12 g $\text{I}_2/100\text{g}$, bilangan oksiran 0,03 %, bilangan peroksida 40 meq/kg, dan *free fatty acid* 1,16 mg KOH/g. Rendemen *chitosan nanoparticle* yang dihasilkan 3,210 gram dari berat *chitosan* awal 10 gram dengan ukuran 257 nm. *Chitosan* memberikan pengaruh terhadap sifat *wear* minyak pelumas dan dapat berfungsi sebagai aditif *detergent* pada pelumas, dengan formula terbaik *chitosan* 0,5%, dan ZnO 0,5%. Karakteristik pelumas *lubricant oil active* yang dihasilkan meliputi viskositas pada suhu 40 °C sesuai ISO VG 32 (Min 22,35 ; Max 30,14), korosi bilah tembaga grade 1A, dan *scar diameter* 1,1028 mm. Tingkat kesesuaian berdasarkan viskositas pada suhu 40 °C dan korosi bilah tembaga grade 1A, *lubricant oil active* yang dihasilkan telah memenuhi standar yang ada. Adapun alternatif pengembangan pada mesin robot dapat diciptakan dengan model *Hand-Held Spray*.

BAB 1 PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Masalah

Peradaban manusia masa depan banyak ditandai dengan teknologi baru yang dapat membantu dan mengurangi gerak mekanik manusia, seperti *smart and intellegent technology*, robotik dan bionik (Heidegger *et al.* 2013). *International Federation of Robotics* (2013) melaporkan bahwa penjualan robot dunia tahun 2012 telah mencapai 159.346 unit dengan peningkatan 25%/tahun. Kuczala (2013) pada *Wired Magazine* menyebutkan beberapa teknologi robot masa depan, diantaranya alat untuk berjalan, meraih, mengorganisir, dan berenang. Pengembangan lain adalah robot pertanian (Fang *et al.* 2006), penjelajahan ruang angkasa (Launius & McCurdy 2007), robot perawat (Perez-Vidal *et al.* 2012), militer (Garcia & Santos 2007), robot biomimetik ikan (Heo *et al.* 2007), dan pengemasan pangan modern (Holmes & Holcombe 2010).

Napper & Seaman (1989) pernah menyampaikan bahwa kecanggihan robot terletak pada sistem kontrol dan sensor yang membuat pergerakan menjadi fleksibel. Launius & McCurdy (2007) menguraikan kerjasama antar sistem kontrol dan sensor untuk menentukan pergerakan, kecepatan, suara, dan orientasi robot. Heidegger *et al.* (2013) melaporkan bahwa karakteristik robot memiliki beban kerja 150-250 kg, ketelitian hingga 3 mm, dan manuver pergerakan siku yang beragam dan kompleks. Pergerakan yang kompleks pada robot dapat menurunkan kinerja robot disebabkan gesekan. Alves *et al.* (2013) menambahkan gesekan merupakan penyebab utama kehilangan energi robot sebesar 0,099 %.

1.2 Perumusan Masalah

Berbagai upaya mengurangi gesekan robot dilakukan, diantaranya penggunaan pelumas (Ting & Chen 2011), metode gelembung mikro (Murai *et al.* 2007), penggunaan lapisan berbasis poliamida (Tanaka *et al.* 2004), dan penggunaan *nano-additives* sebagai antioksidan, *detergen*, dispersan, tekanan tinggi (EP), dan anti-aus (AW) (Policandriotes & Filip 2011).

Pelumas robot dengan minyak nabati memiliki sifat sebagaimana pelumas pada umumnya, seperti indeks viskositas yang tinggi, volatilitas yang rendah,

pelumasan yang baik, serta pelarut yang baik untuk aditif fluida, namun memiliki sifat oksidatif dan stabilitas termal yang rendah (Alves *et al.* 2013).

Modifikasi kimia telah dikembangkan untuk meningkatkan kinerja pelumas minyak nabati seperti epoksidasi (Dinda *et al.* 2008), transesterifikasi (Campanella *et al.* 2010), katalis asam padat hidrofobik (Sreeprasanth *et al.* 2006), dan penambahan CuO nanopartikel untuk mengurangi gesekan dan keausan mesin (Battez *et al.* 2008).

Mikroalga merupakan sumber minyak nabati dengan kandungan lemak/minyak yang tinggi (sekitar 20%-50%) (Renaud *et al.* 1994), kulturnya tidak membutuhkan lahan yang luas (Richmond 2004), serta pertumbuhan relatif yang lebih cepat (Renaud & Parry 1994). Pemanfaatan mikroalga *Chlorella* sp. sebagai energi terbarukan dengan memanen *Oleaginous* (Lee *et al.* 2013) belum pernah dikembangkan sebagai pelumas.

Aditif pelumas umumnya menggunakan sulfur, klorin, dan fosfor yang dapat membentuk lapisan dipermukaan bahan untuk mengurangi gesekan. Penggunaan klorin dan fosfor telah dibatasi karena bersifat tidak ramah lingkungan (Alves *et al.* 2013), sehingga dibutuhkan zat aditif baru yang bersifat ramah lingkungan.

Chitin-chitosan diketahui dapat mengikat logam berat seperti zink, cadmium, timbal dan tembaga pada pH normal (Muzzarelli dan Rocchetti 1973) dan mengkelat ion *mercury* (Hg) (Muzarelli dan Rocchetti 1974). Proses pengikatan logam berat *chitosan* disebabkan proses *chelating* akibat adanya gugus aktif NH^{2-} dan OH^- yang mengakibatkan terikatnya Pb^{2+} (Muzzarelli 1970).

Chitosan memiliki sifat reaktifitas kimia yang tinggi karena memiliki kandungan gugus OH dan gugus NH_2 . Agar dapat berfungsi baik, *chitosan* dalam prosesnya harus dilarutkan dalam asam asetat sehingga menyebabkan gugus OH bermuatan negatif dan gugus NH_2 bermuatan positif. Kedua gugus tersebut memungkinkan *chitosan* dapat melakukan pengikatan terhadap gugus lain yang juga bermuatan (Rinaudo 2003). No dan Meyers (1995) menambahkan bahwa gugus hidroksil dan amin pada *chitosan* memiliki sifat yang sangat reaktif terutama dalam hal penyerapan ion. Kemampuan *chitosan* akan berfungsi lebih baik sebagai aditif jika *chitosan* tersebut dimodifikasi ke dalam ukuran yang lebih kecil sehingga reaktifitas kimianya akan lebih tinggi (Zhi *et al.* 2005). China-

Castilho dan Spikes (2000) melaporkan mekanisme kerja nanopartikel padat koloid dalam minyak pelumas yang dapat menembus permukaan yang bergulir untuk membentuk *film* yang merata pada kecepatan rendah. Koloid membentuk batas *film* setidaknya satu atau dua kali ukuran partikel. Selain itu, batas *film* dapat terbentuk oleh nanopartikel dalam permukaan semisolid dan tidak mampu terbentuk kembali di permukaan pada kecepatan tinggi ketika ketebalan *film* lebih tebal dari diameter partikel.

Karakteristik ini menunjukkan *chitosan nanoparticle* memiliki potensi yang besar untuk digunakan sebagai *nano-additives detergent* pada minyak pelumas. Penambahan aditif *chitosan nanoparticle* pada minyak pelumas diharapkan mampu untuk meningkatkan kualitas minyak pelumas tersebut.

1.3 Tujuan

Mengembangkan pelumas (*lubricant oil*) berbasis *tropical marine microalgae* dengan bahan aditif (*bionanodetergen*) dari *chitosan nanoparticle* untuk mesin robot pada industri modern.

1.4 Luaran yang Diharapkan

- a. Adanya pelumas *lubricant oil active* berbasis *tropical marine microalgae* dengan bahan aditif dari *chitosan nanoparticle*.
- b. Adanya karakteristik dan spesifikasi baru minyak dasar pelumas (*based lubricant oil*) berbasis *tropical marine microalgae*.
- c. Adanya karakteristik dan spesifikasi baru bahan aditif pelumas dari *chitosan nanoparticle*.
- d. Tingkat kesesuaian dengan standar pelumas dan alternatif penggunaan untuk mesin robot industri modern.
- e. Pengembangan jurnal ilmiah (paten) terkait pelumas *lubricant oil active* berbasis *tropical marine microalgae oil* dan aditif dari *chitosan nanoparticle*.

1.5 Kegunaan

Bidang Migas

- a. Inovasi minyak dasar pelumas (*based lubricant oil*) dari mikroalga.
- b. Inovasi aditif pelumas dari *chitosan nanoparticle*.
- c. Pengembangan pasar baru pelumas untuk robot industri.

Bidang Perikanan

- a. Nilai tambah mikroalga laut tropika sebagai pelumas
- b. Nilai tambah limbah cangkang kulit udang sebagai *chitosan* dan aditif pelumas.

BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pelumas

Pelumas merupakan minyak (sintetis) yang digunakan untuk mereduksi gesekan dan meminimalkan penggunaan diantara komponen dari perangkat mekanis (Ting & Chen 2011). Standar SNI 06-7069.9-2005 minyak pelumas hidrolis industri jenis anti aus menyatakan syarat tingkat viskositas kinematik pada 100°C SAE 60 minimal 21,9 cSt dengan kandungan sulfur <0,03 % (BSN 2005). Viskositas pelumas merupakan faktor penting dalam menentukan sifat *hydrodynamic*. Semakin besar viskositas suatu pelumas akan semakin besar pula kekuatan untuk melawan gaya intermolekul pelumas tersebut saat bergesekan diantara perangkat saat beroperasi (Ting & Chen 2011).

2.2 Mikroalga

Mikroalga merupakan tumbuhan air yang berukuran mikroskopik, memiliki berbagai potensi yang dapat dikembangkan sebagai sumber pakan, pangan, industri farmasi, dan suplemen dengan kandungan protein, karbohidrat, lipid, dan mineral (Li *et al.* 2008). Mikroalga dapat menghasilkan minyak 136.900 L/ha, sedangkan kelapa dan kelapa sawit hanya menghasilkan minyak 2689 L/ha dan 5950 L/ha (Christi 2007). Mikroalga dapat menggandakan berat biomasnya dalam waktu 24 jam. Pertumbuhan eksponensial dalam waktu 3,5 jam. Kandungan minyak mikroalga dapat mencapai 80% bk (Spolaore *et al.* 2006).

2.3 Chitosan

Chitosan merupakan polimer kationik yang berupa biopolimer alami terdiri dari residu β -1 \rightarrow 4 linked 2-amino-2-deoxy-glucofuranose (GlcN) dan 2-

acetamido-2-deoxy- β -D-glucopyranose (GlcNAc), diproduksi secara komersial dalam skala besar melalui deasetilasi *chitin*. *Chitosan* merupakan biopolimer polisakarida alami yang menarik, karena sumbernya melimpah di alam serta terbaharui, tidak beracun, biokompatibel, tidak menimbulkan efek alergi, karakteristik yang unik dan sifat fungsionalnya yang beragam (Kumar 2000). Rampino *et al.* (2013) menambahkan *chitosan* dapat diubah dalam bentuk nanopartikel dan dimanfaatkan dalam *pharmaceutical* modern.

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari sampai Juni 2014. Pembuatan pelumas dasar dilakukan pada Laboratorium Kimia Organik, Departemen Kimia, Fakultas FMIPA IPB. Pembuatan *chitosan nanoparticle* dilakukan pada Laboratorium Biokimia Hasil Perairan, Departemen Teknologi Hasil Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan IPB dan pengujian *Scanning Electron Microscopy* serta *energy dispersive x-ray spectroscopy* dilakukan di Sentra Teknologi Polimer Puspiptek Serpong. Tingkat kesesuaian dengan standar pelumas dilakukan di Badan Penelitian dan Pengembangan Energi dan Sumber Daya Mineral (LEMIGAS), Cipete, Jakarta Selatan.

3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan yang digunakan adalah mikroalga tropika jenis *Chlorella* sp dengan umur panen 18 hari yang diperoleh dari LIPI Cibinong, asam asetat glasial 98%, hidrogen peroksida 50%, natrium hidrogen karbonat, H₂SO₄ pekat, toluena 30%, aquades, dan ZnO. Bahan yang digunakan untuk pembuatan *chitosan nanoparticle* adalah *chitosan* dengan spesifikasi derajat deasetilisasi 87,5 % dan kadar abu 0,6 % yang diperoleh dari PT Biotech Surindo Cirebon, asam asetat 2%, aquades, dan STPP (*Sodium Tripoliphospat*).

Peralatan yang digunakan adalah labu leher tiga yang dilengkapi dengan pengaduk, termometer, pemanas (*hot plate sfirrer*), *spin bar*, *Gas*

chromatography (GC) merek *Shimadzu Model GC 2010 plus* (Kolom *cyanopropil methyl sil (capillary column)*, dimensi kolom $p = 60\text{ m}$, \emptyset dalam = $0,25\text{ mm}$, $0,25\text{ }\mu\text{m}$ film thickness), *ultrasonicator* (daya output 130 W, frekuensi 20 KHz, Amplitudo 40%, waktu 30 menit), *Fourier Transform Infra Red (FTIR) spektrofotometer* model Bruker Tensor 27, spektrum $4000\text{-}400\text{ cm}^{-1}$, dan standar KBr *beam splitter*), dan PSA (*Particle Size Analyzer*) model S3500 (kapasitas 0,24 sampai 2800 *micron*), *Fourball Tester* (1200 rpm dan beban 40 kgf), SEM (*Scanning Electron Microscopy*) (JEOL JSM-6510LA) (perbesaran 10.000 kali, tegangan 20kV).

3.3 Prosedur Penelitian

Kultur (Sidabutar 1999), ekstraksi lemak (Fajardo 2007) dan karakterisasi minyak mikroalga (Goud *et al.* 2006^b)

Kultur mikroalga mengacu Sidabutar (1999), dengan medium pertumbuhan modifikasi Borowitzka (1988). Kegiatan yang dilakukan berupa penyegaran *Chlorella* sp. dalam erlenmeyer 500 ml pada medium PHM, sebelum dikultur dalam erlenmeyer 1000 ml dengan medium pertumbuhan modifikasi dari Borowitzka (1988). Penyegaran dilakukan pada suhu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$, selama 3-4 hari sampai terdapat $4,75 \times 10^5$ sel/ml, dengan penyinaran lampu neon 20 watt pada jarak 20 cm yang dilengkapi dengan aerator. Kemudian sebanyak $4,75 \times 10^5$ sel/ml dipindahkan kedalam Erlenmeyer 1000 ml. Kultur mikroalga terbaik ditentukan dengan cara melihat kepadatan dari mikroalga dengan menggunakan mikroskop dan hemasitometer.

Ekstraksi lemak mikroalga mengacu Fajardo (2007). Kegiatan yang dilakukan adalah menambah 10 gr biomassa dengan 50 ml etanol 96%, kemudian dilakukan pengadukan dengan *magnetic stirring* (500 rpm) pada suhu $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Ekstrak kasar yang diperoleh dari proses filtrasi kemudian dimurnikan dengan penambahan air 60 ml dan heksane 32 ml, sehingga menghasilkan dua jenis fase yaitu heksana dan hidroalkohol. Residu yang dihasilkan dilakukan pencucian dengan etanol 96% (sebanyak 2 dengan jumlah 25 ml) atau di ekstraksi kembali selama 1 jam dengan etanol 50 ml. Residu 2 dimurnikan dengan heksan 32 ml sebanyak 4x dan akan menghasilkan hidroalkoholik fase. Kemudian lakukan destilasi terhadap fase heksana.

Karakteristik minyak mikroalga yang akan digunakan merupakan bahan untuk pelumas (*lubricant oil*) yang mengacu Goud *et al.* (2006^b). Analisis meliputi bilangan oksirana (ASTM D1652), bilangan iod (AOCS Official Method Cd 1-25 1993), analisis bilangan peroksida (AOAC 2000), angka asam (*Free Fatty Acid*) (AOAC 1990), dan keragaan asam lemak mikroalga *Chlorella* sp.

Pembuatan (Alves *et al.* 2013) dan karakterisasi pelumas dasar (*based lubricant oil*) dari minyak mikroalga (Goud *et al.* 2006^b)

Pembuatan *base lubricant oil* mengacu Alves *et al.* (2013), dengan menggunakan metode reaksi epoksidasi (Goud *et al.* 2006^b). Prinsip metode reaksi ini adalah mereaksikan asam peroksi organik dengan senyawa berikatan rangkap untuk membentuk senyawa oksirana (epoksida). Kondisi optimum diperoleh pada waktu 24 jam dengan suhu dipertahankan ± 56 °C. Aktivitas yang dilakukan adalah mencampur terlebih dahulu 10 g minyak mikroalga dengan 0,84 g asam asetat glasial dan 2,5 g toluena sebagai pelarut. Campuran dipanaskan pada suhu 56 °C (larutan 1). Kemudian pada bagian lain dilakukan pencampuran 5.78 g H₂O₂ 30% dengan 0.055g katalis H₂SO₄ (pekat) (larutan 2). Setelah itu, larutan 2 ditambahkan tetes demi tetes dengan corong pisah ke dalam larutan 1. Suhu pencampuran 56°C dan direaksikan selama 24 jam (Gambar 1). Produk epoksidasi selanjutnya dinetralisasi untuk menghilangkan sisa asam dengan menggunakan larutan jenuh natrium hidrogen karbonat (NaHCO₃). Campuran dimasukkan ke dalam labu pemisah dan dikocok, untuk memisahkan sisa air. Lapisan air yang berada di bagian bawah corong pisah dikeluarkan.

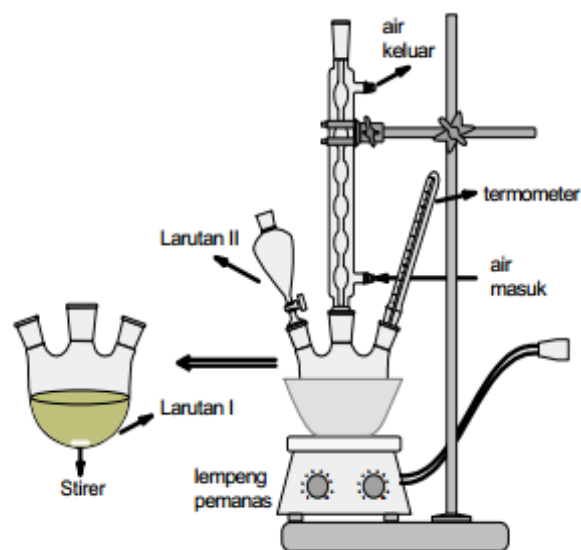
Karakteristik pelumas dasar (*based lubricant oil*) mengacu Goud *et al.* (2006^b), yang meliputi bilangan oksirana (ASTM D1652), bilangan iod (AOCS Cd 1-25), bilangan peroksida (AOAC 2000), angka asam (*Free Fatty Acid*) (AOAC 1990), dan keragaan asam lemak mikroalga *Chlorella* sp.

Pembuatan dan karakterisasi *chitosan nanoparticle* (Kim *et al.* 2006)

Pembuatan *chitosan nanoparticle* mengacu Kim *et al.* (2006) dengan metode ultrasonifikasi. Sebanyak 10 mg *chitosan* dilarutkan dalam 500 ml asam asetat 2% sehingga diperoleh konsentrasi kitosan 2% (b/v). Campuran diaduk dengan *magnetic stirrer* untuk mempercepat pelarutan, kemudian ditambahkan larutan 250 ml STPP 0,5%. Sonifikasi larutan dilakukan dengan *ultrasonicator*

(probe jenis sonikator) pada daya output 130 W, frekuensi 20 KHz, Amplitudo 40%, selama 30 menit. Setelah itu, dikeringkan dengan *spray dryer* (LABPLANT SD-06 dengan suhu inlet 180°C, *fan* pada skala 20, *pump* pada skala 7 yang setara dengan 339.5 mL/jam, dan *nozzle* 0.5 mm) hingga berbentuk serbuk.

Karakteristik *chitosan nanoparticle* mengacu Kim *et al.* (2006) yang meliputi analisis *Particle Size Analyzer* (ASTM E2651) untuk mengetahui ukuran partikel dan *Scanning Electron Microscopy* (MEE 2001) untuk mengetahui morfologi dari *chitosan nanoparticle*.



*Larutan I : 10 g minyak mikroalga, 0.84 g asam asetat glasial, 2.5 g toluena

*Larutan II : 5.78 g H₂O₂ 30%, 0.055g katalis H₂SO₄ (pekat)

Gambar 1 Teknik pembuatan pelumas dasar melalui modifikasi kimia epoksidasi (Alves *et al.* 2013)

Formulasi aditif pelumas dengan penambahan *chitosan nanoparticle* (Silva *et al.* 2003 dengan modifikasi pada konsentrasi aditif), pencampuran dan karakterisasi pelumas-*lubricant oil active* (Alves *et al.* 2013)

Formulasi aditif pelumas dengan penambahan *chitosan nanoparticle* mengacu Silva *et al.* 2003 dengan modifikasi pada konsentrasi penambahan aditif. Konsentrasi standar aditif mengacu pada SNI 06-7069.9-2005 dengan jumlah maksimum 10%. Kombinasi aditif yang digunakan tersaji dalam Tabel 1.

Tabel 1 Kombinasi aditif pelumas *lubricant oil active* dengan penambahan *chitosan nanoparticle*

Kode	Base lubricant Oil (gram)	ZnO %wt	Chitosan nanoparticle %wt
A(kontrol)	50	0,5	0
B	50	0,5	0,5
C	50	0,5	1
D	50	0,5	2

Wadah dengan diberi kode A, B, C, dan D disiapkan kemudian minyak pelumas dasar (*base lubricant oil*) sebanyak 50 gr ditambahkan ZnO 0,5 %wt kedalam masing-masing wadah dan simpan wadah A sebagai kontrol. Ke dalam wadah dengan kode B ditambahkan *chitosan nanoparticle* sebanyak 0,5 %, C sebanyak 1 %wt dan D sebanyak 2 %wt. Pencampuran aditif ke dalam pelumas mengacu Alves *et al.* 2013 dengan alat homogenizer kemudian di masukan kedalam *ultrasonic bath* selama 30 menit dengan suhu 40 °C.

Karakterisasi pelumas (*lubricant oil active*) mengacu Alves *et al.* (2013) yang meliputi pengujian anti wear (ASTM D4172), struktur kimia pelumas dengan FTIR (ASTM E1252 2002), serta analisis permukaan licin yg meliputi morfologi dengan SEM (MEE 2001) dan distribusi elemen dengan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy* (MEE 2001). Serta berbagai parameter pelumas sesuai dengan standar SNI 06-7069.9-2005 pelumas hidrolik seperti uji viskositas pada suhu 40 °C (ASTM D2270), dan korosi bilah tembaga (ASTM D130).

Tingkat kesesuaian dengan standar pelumas dan alternatif pengembangan untuk mesin robot pada industri modern melalui Model *Hand-Held Spray* (Rogers 2009)

Tingkat kesesuaian pelumas (*lubricant oil active*) dilakukan dengan membandingkan terhadap standar pelumas hidrolik industri jenis anti aus (SNI 06-7069.9-2005) yang meliputi parameter uji anti wear (ASTM D4172), viskositas pada suhu 40 °C (ASTM D2270), dan korosi bilah tembaga (ASTM D130). Perbandingan disajikan secara deskriptif antar berbagai parameter uji yang ada.

Pengembangan alternatif untuk pelumas mesin robot berdasarkan *Activeion Cleaning Solutions* LLC dari Rogers, Minnesota, Amerika Serikat pada tahun 2009 yang meluncurkan produk komersial berupa *Hand-Held Spray* “Activeion Pro”. Model *Hand-Held Spray* ini dapat dimanfaatkan sebagai tempat

minyak pelumas dengan penambahan zat aditif berukuran nano sehingga dapat digunakan dengan mudah untuk diaplikasikan pada mesin robot industri modern. Model ini cukup tepat digunakan sebab mudah digunakan, mudah di distribusikan, dan harga terjangkau.

BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1. Karakteristik Minyak Mikroalga dan Pelumas Dasar (*Based Lubricant Oil*) dari Minyak Mikroalga

Rendemen (*yield*) minyak mikroalga (%) ekstraksi dengan etanol (99,8 %) 75 mL dan waktu perendaman 6 jam adalah 77,236 %bb. Putri (2011) melaporkan kandungan lipid mikroalga umumnya berkisar 20-30 %bk. Kadar lemak dari mikroalga bergantung pada beberapa factor, seperti ketersediaan unsur hara saat kultivasi, intensitas cahaya, laju pertumbuhan, proses biokimia dan besar kandungan nitrogen saat kultivasi.

Tabel 2 Keragaan asam lemak mikroalga *Chlorella* sp (%w/w)

Asam Lemak	Hasil
Caprilic Acid C8:0	0.09
Capric Acid C10:0	0.07
Lauric Acid C12:0	0.5
Tridecanoic Acid C13:0	0.05
Myristic Acid C14:1	5.72
Myristoleic Acid C14:1	0.15
Pentadecanoic Acid C15:0	0.53
Palmitic Acid C16:0	21.75
Palmitoleic Acid C16:1	15.91
Heptadecanoic Acid C17:0	0.35
Stearic Acid C18:0	1.2
Oleic Acid C18:1n9c	3.9
Linoleic Acid C18:2n6c	1.09
Arachidic Acid C20:0	0.11
Behenic Acid C22:0	0.05
Cis-8, 11, 14,-Eicosatrienoic Acid C20:3n6	0.18
Arachidonic Acid C20:4n6	0.66
Lignoceric Acid C24:0	0.07
Cis-5,8,11,14,17-Eicosapentaenoic Acid C20:5n3	1.91
Cis-4,7,10,13,,16,19-Docosahexaenoic Acid C22:6n3	0.36
Total Asam lemak	54.63

Keragaan asam lemak dari ekstrak lemak mikroalga menunjukkan nilai tertinggi asam lemak pada asam palmitat (C16:0) sebesar 21.75% (Tabel 2). Nilai

asam lemak yang dikandung dari mikroalga berbeda pada setiap fase kehidupannya, seperti komposisi asam lemak pada fase eksponensial akan berbeda dengan komposisi asam lemak pada fase stasioner (Borowitzka 1998).

Alves *et al.* (2013) menyebutkan bahwa proses epoksidasi dilakukan pada minyak nabati untuk mengubah menjadi pelumas dasar. Penggunaan asam peroksiasetat dalam reaksi epoksidasi yang dilakukan secara terpisah (*in situ*) dilakukan untuk mengurangi pemakaian H_2O_2 sehingga dapat menghemat biaya (Gall & Greenspan 2003). Minyak mikroalga memiliki warna hijau (Gambar 2a). Proses epoksidasi pada suhu $56\text{ }^\circ\text{C}$ dengan katalis H_2SO_4 menghasilkan minyak yang berwarna kuning keputihan (Gambar 2b). Menurut Suhendra *et al.* (2013) perubahan warna minyak disebabkan pemanasan pada proses hidroksilasi.



Gambar 2 Visualisasi (a) minyak mikroalga dan (b) minyak epoksidasi untuk pelumas dasar (*based lubricant oil*) dari minyak mikroalga

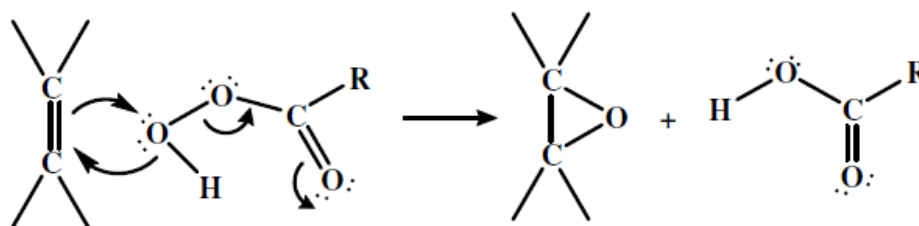
Karakteristik minyak pelumas dasar (*based lubricant oil*) hasil epoksidasi adalah bilangan iodin $208,12\text{ g I}_2/100\text{g}$, bilangan oksiran $0,03\%$, bilangan peroksida 40 meq/kg , dan *free fatty acid* $1,16\text{ mg KOH/g}$ (Tabel 1).

Tabel 1 Bilangan iodin, oksiran, peroksida, dan *free fatty acid* pada minyak mikroalga, hasil epoksida, dan perbandingan dengan minyak jarak pagar

Parameter Bilangan	Minyak mikroalga	Minyak Epoksida	Minyak jarak pagar*	Minyak Jarak Pagar Epoksidasi*
Iodin (g $I_2/100\text{g}$)	208,12	25,38	98,61	8,04
Oksiran (%)	0,03	4,74	0,01	4,02
Peroksida (meq/kg)	40,00	50,00	7,35	56,64
<i>Free fatty acid</i> (mg KOH/g)	1,16	0,56	0,95	0,48

* Sary (2007)

Bilangan iodin minyak mikroalga sebelum epoksidasi sebesar 197,96 g I₂/100 g menurun menjadi 25,38 g I₂/100g. Hasil ini sesuai dengan Sary (2007). Campanella & Baltanas (2005) melaporkan penurunan ini terjadi karena hilangnya ikatan rangkap menjadi ikatan tunggal membentuk cincin oksiran. Ikatan rangkap tersebut akan bereaksi dengan iodin. Gliserida dengan tingkat ketidakjenuhan yang tinggi akan mengikat iodin dalam jumlah yang lebih besar. Nilai iodin minyak mikroalga yang jauh lebih besar menunjukkan banyaknya jumlah ikatan tidak jenuh berantai panjang pada minyak mikroalga dibandingkan minyak jarak pagar. Kaushik & Bhardwaj (2013) menyatakan minyak jarak pagar memiliki rata-rata asam lemak tak jenuh sebesar 76,84 yang terdiri dari asam oleat (C18:1n9) sebesar 46,17% dan Linoleat (C18:2n6) sebesar 30,67%. Peningkatan bilangan oksiran mengindikasikan telah terbentuknya cincin epoksida sebagai produk oksidasi ikatan rangkap yang terdapat pada minyak mikroalga (Gambar 3).



Gambar 3 Reaksi pembentukan cincin oksiran (Campanella & Baltanas 2005)

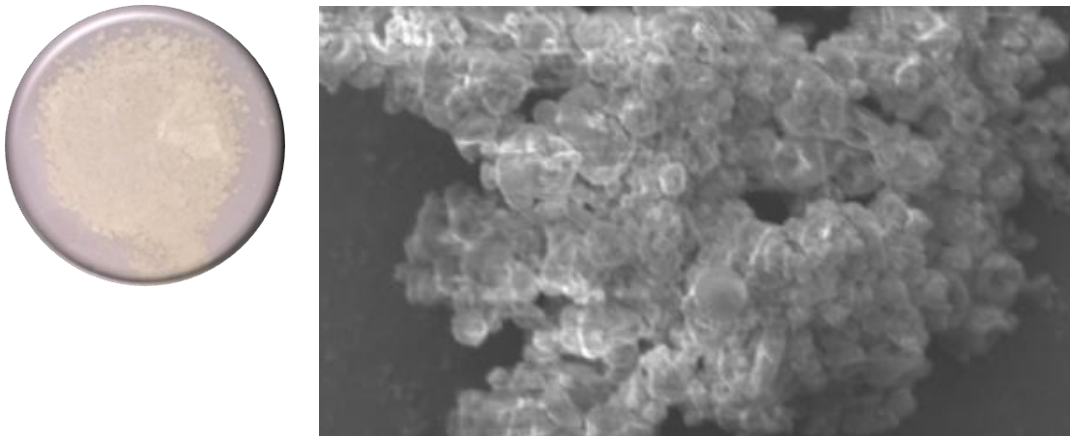
Mekanisme reaksi epoksidasi ikatan rangkap menggunakan asam perkarboksilat dalam suasana asam merupakan reaksi adisi elektrofilik (Edenborough 199). Epoksida yang terbentuk merupakan senyawa antara yang dapat bereaksi lebih lanjut membentuk senyawa diol dengan adanya nukleofil. Gugus pergi berupa anion karboksilat dapat bereaksi lebih lanjut dengan epoksida terprotonasi membentuk asam konjugat yaitu asam karboksilat dan epoksida netral. Bilangan oksiran minyak ikan epoksidasi yang diperoleh penelitian ini lebih tinggi dibandingkan Meyer *et al.* (2008) sebesar 4,57% dengan menggunakan pereaksi HCOOH dan H₂O₂ 50%, suhu 50 °C dan waktu reaksi 5 jam. Hal ini diduga jumlah ikatan rangkap pada sampel yang lebih banyak dan waktu reaksi yang lebih lama sehingga menghasilkan bilangan oksiran yang lebih tinggi. Peningkatan bilangan peroksida diduga disebabkan proses oksidasi dan pembukaan cincin oksiran. Campanella & Baltanas (2005), pembukaan cincin

dapat terjadi pada suasana asam dan serangan peroksida pada proses epoksidasi. Angka asam (*free fatty acid*) digunakan untuk melihat kemurnian minyak.

4.2. Karakteristik *Chitosan Nanoparticle*

Rendemen, bentuk dan struktur morfologi *chitosan nanoparticle*

Rendemen *chitosan nanoparticle* yang dihasilkan sebanyak 3,210 gram dari berat *chitosan* awal 10 gram. Bentuk cenderung halus dan seragam dengan warna keputihan. Bentuk visual dan struktur morfologi dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) disajikan pada Gambar 4.

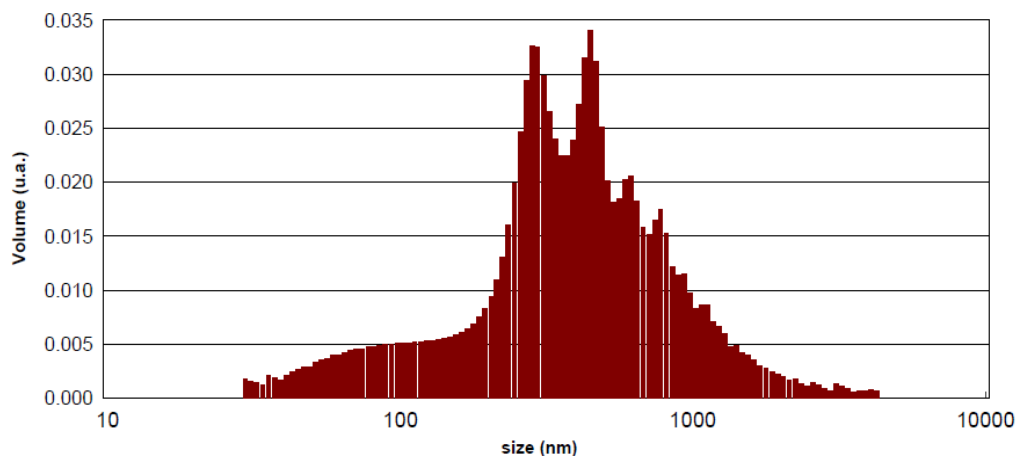


Gambar 4 Bentuk visual dan struktur morfologi menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) *chitosan nanoparticle* perbesaran 1000 x

Struktur morfologi *chitosan nanoparticle* dengan menggunakan *Scanning Electron Microscopy* (SEM) menunjukkan struktur yang seragam. Hal ini terlihat dari ukuran dan sebaran ukuran yang yang merata.

Particle size analyzer chitosan nanoparticle

Penyebaran ukuran partikel dari *chitosan nanoparticle* menunjukkan ukuran partikel rata-rata *chitosan nanoparticle* yang dihasilkan seragam. Hal ini diperlihatkan pada grafik sebaran yang mengumpul. Hasil tersebut menunjukan ukuran rata-rata *chitosan nanoparticle* adalah sebesar 257 nm (Gambar 5).



Gambar 5 *Particle size analyzer chitosan nanoparticle* dengan bentuk yang cenderung seragam dan memiliki ukuran rata-rata 257 nm

4.3. Karakterisasi Pelumas *Lubricant Oil Active*

Anti wear pelumas lubricant oil active

Hasil pengujian *scar diameter* menunjukkan pelumas dengan penambahan ZnO 0,5% dan *chitosan* 0,5 % menghasilkan nilai *scar diameter* paling kecil yaitu 1,10 mm. Nilai *scar diameter* cenderung menurun setelah penambahan *chitosan*. Semakin tinggi konsentrasi *chitosan*, nilai *scar diameter* cenderung semakin tinggi. Formulasi ZnO 0,5% + *chitosan* 0,5% merupakan formulasi terbaik, karena memiliki nilai *scar diameter* terendah yakni 1,1028 mm (Tabel 2).

Tabel 2 Hasil uji *scar diameter* pelumas *lubricant oil active*

No	Sampel	ASTM	Bola	Vertikal	Horizontal	Rata-rata	Hasil Akhir	Scar diameter
1	ZnO 0,5 %	4172	1	1412,9	1318,5	1365,70	1343,17	1,34
			2	1412,9	1299,4	1356,15		
			3	1296,8	1318,5	1307,65		
2	ZnO 0,5 % + <i>Chitosan</i> 0,5 %	4172	1	1083,9	1070,1	1077,00	1102,75	1,10
			2	1141,9	1089,2	1115,55		
			3	1161,3	1070,1	1115,70		
4	ZnO 0,5 % + <i>Chitosan</i> 1 %	4172	1	1277,4	1184,9	1231,15	1227,83	1,23
			2	1258,1	1165,6	1211,85		
			3	1258,1	1222,9	1240,50		
3	ZnO 0,5 % + <i>Chitosan</i> 2 %	4172	1	1393,5	1261,1	1327,30	1340,12	1,34
			2	1412,9	1280,3	1346,60		
			3	1299,4	1393,5	1346,45		

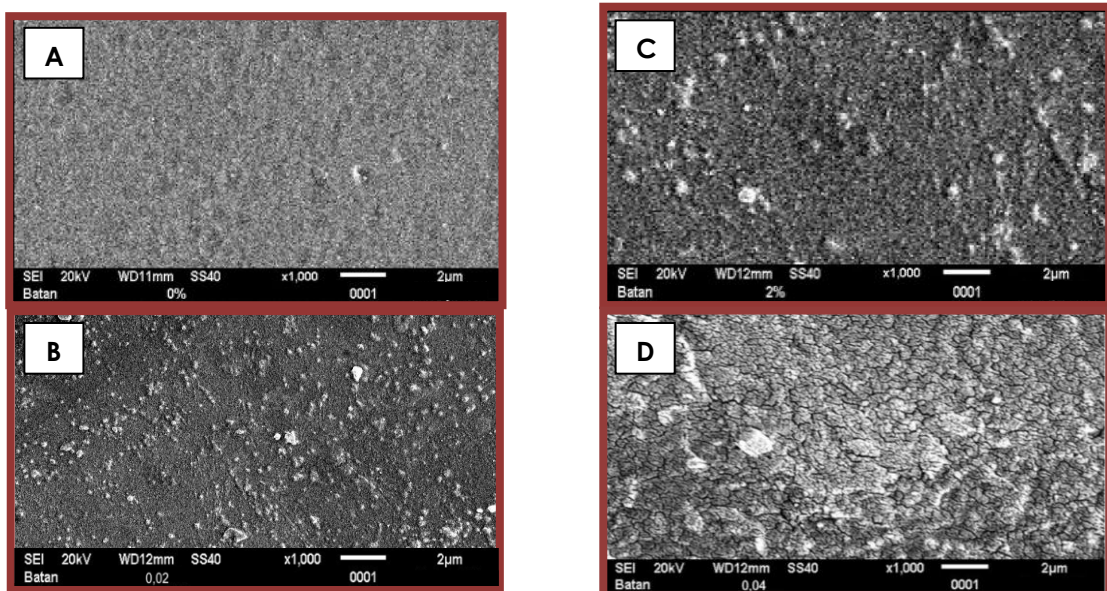
Penambahan *chitosan* mampu mengurangi *scar diameter* diduga disebabkan fungsi *chitosan* sebagai antioksidan. Xie *et al.* (2001) melaporkan bahawa larutan *chitosan* memiliki aktivitas antioksidan, dimana mekanisme yang

terbentuk adalah berupa pengikatan radikal bebas oleh *chitosan*, gugus radikal OH^+ dari proses oksidasi lipida bereaksi dengan ion hidrogen dari gugus ion ammonium (NH_3^+) pada *chitosan* sehingga menghasilkan molekul yang lebih stabil.

Syahrullail *et al.* (2013) melaporkan *scar diameter* pelumas mineral umumnya sebesar 0,5391 mm dan meningkat menjadi 0,8952 mm setelah ditambahkan minyak kelapa sawit. Hal ini disebabkan *scar diameter* mencerminkan tingkat oksidasi yang terjadi selama pengujian. Minyak kelapa sawit memiliki rantai oksigen yang mempermudah proses oksidasi pada permukaan bola *four ball*, sehingga membuat struktur bola bantalan rapuh dan menghasilkan tingkat keausan yang lebih tinggi.

Struktur morfologi dengan SEM pelumas *lubricant oil active*

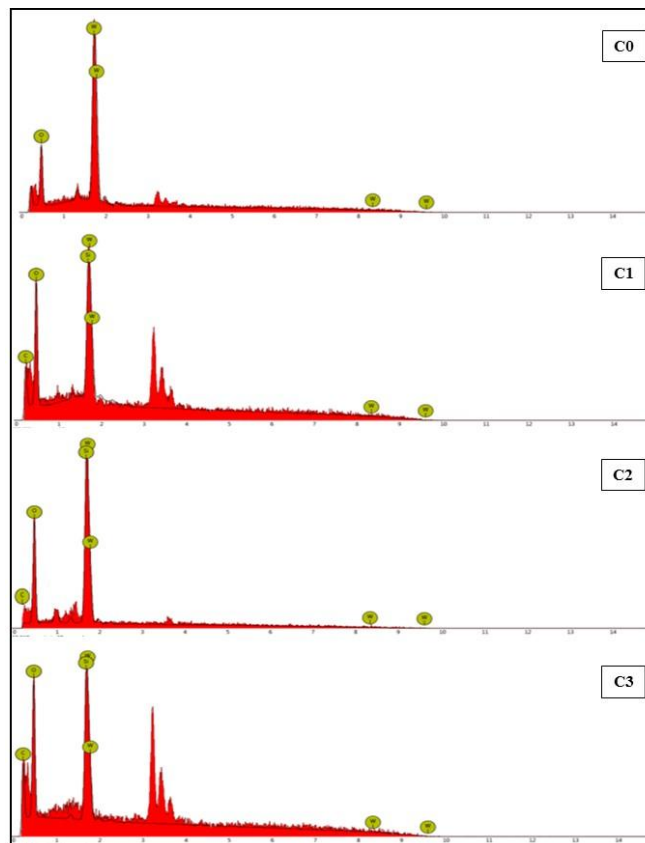
Morfologi permukaan licin minyak pelumas dapat dilihat dengan menggunakan *scanning electron microscopy* (SEM). Permukaan yang penyebarannya merata terdapat pada pelumas B dengan penambahan ZnO 0,5% dan *chitosan* 0,5 % (Gambar 6).



Gambar 6 Struktur morfologi dengan SEM pelumas *lubricant oil active* (A) ZnO 0,5 %, (B) ZnO 0,5 % + *chitosan* 0,5 %, (C) ZnO 0,5 % + *chitosan* 1 %, (D) ZnO 0,5 % + *chitosan* 1 %.

Distribusi elemen pelumas *lubricant oil active* dengan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*

Proporsi konsentrasi masing-masing atom penyusun sampel memperlihatkan bahwa kode C0 (*chitosan* 0%+ZnO 0,5%) memiliki konsentrasi atom W sebesar 67,2% dan atom O sebesar 32,8% (Gambar 7). Hal ini diduga disebabkan karena penggunaan H_2O_2 dalam proses pembuatan pelumas menyumbangkan konsentrasi atom O pada sampel. Hasan *et al.* (2012) menyebutkan bahwa tingginya konsentrasi oksigen pada analisis EDX dari pelumas diduga disebabkan oleh adanya pengaruh kandungan oksigen berlebih pada *vacum chamber* saat proses pengujian.



Gambar 7 Distribusi elemen atau komposisi atom penyusun pelumas *lubricant oil active* dengan *Energy Dispersive X-ray Spectroscopy*, C0=*chitosan* 0%+ZnO 0,5%; C1=*chitosan* 0,5%+ZnO 0,5%; C2=*chitosan* 1%+ZnO 0,5%; C3=*chitosan* 2%+ZnO 0,5 %

Struktur gugus fungsi kimia pelumas *lubricant oil active* dengan FTIR spektrofotometer

Spektrum *pelumas lubricant oil active* dengan *chitosan nanoparticle* terdeteksi adanya gugus hidroksil (OH) yang ditandai dengan munculnya pita absorpsi pada bilangan gelombang 3441 cm^{-1} . Data ini tidak jauh berbeda dengan yang disampaikan Silverstein *et al.* (1981) yang menyatakan spektra dari gugus OH berada pada bilangan gelombang 3439 cm^{-1} . Semakin tinggi konsentrasi *chitosan* yang digunakan, ikatan O=H yang terdeteksi akan semakin banyak. Pernyataan ini didukung penelitian Liang *et al.* (2009) yang menjelaskan bahwa peningkatan konsentrasi *chitosan* akan berpengaruh pada jumlah ikatan kovalen yang terbentuk.

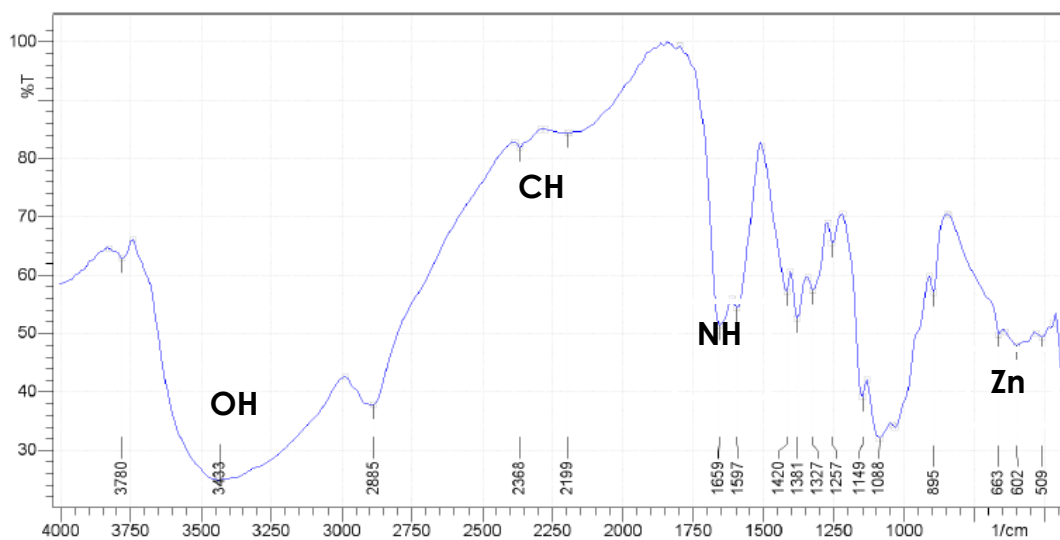
Pita serapan gugus NH berdasarkan hasil penelitian (*chitosan* 0,5%, 1%, dan 2%) dapat dideteksi pada kisaran bilangan gelombang 3258-3300 cm^{-1} . Ikatan spesifik yang dibentuk oleh molekul *chitosan* secara jelas disebutkan Liang *et al.* (2009), dimana pita serapan gugus OH dan NH_2 terlihat jelas pada bilangan gelombang 3286 cm^{-1} , sedangkan vibrasi *stretching* untuk gugus spesifik CH_2 dapat terlihat pada bilangan gelombang 2921 cm^{-1} dan ikatan spesifik untuk ikatan O=C=O terdeteksi pada bilangan gelombang 2291 cm^{-1} . Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa gugus CH terdeteksi pada bilangan gelombang 2360 cm^{-1} , 2947 cm^{-1} , 3124 cm^{-1} , sedangkan ikatan spesifik O=C=O terdeteksi pada bilangan gelombang 2063 cm^{-1} , 2075 cm^{-1} , 2106 cm^{-1} , 2114 cm^{-1} , 2145 cm^{-1} , 2183 cm^{-1} . El-Hefian *et al.* (2010) menyebutkan bahwa interaksi kimia yang terjadi antara dua material atau lebih dapat menyebabkan adanya perubahan pada puncak spectrum yang terdeteksi (Gambar 8).

4.4. Tingkat Kesesuaian pelumas *lubricant oil active* dengan Standar Pelumas dan Alternatif Pengembangan Untuk Mesin Robot pada Industri Modern Melalui Model *Hand-Held Spray* (Rogers 2009)

Tingkat kesesuaian pelumas *lubricant oil active* dengan standar pelumas

Tingkat kesesuaian pelumas *lubricant oil active* dilakukan dengan membandingkan terhadap standar pelumas hidrolik industri jenis anti aus (SNI 06-7069.9-2005). Parameter uji anti wear dengan metode uji ASTM D4172 menghasilkan *anti wear* minyak pelumas sebesar 1,1028 yang lebih besar

dibandingkan standar pelumas hidrolik (Tabel 3). Syahrullail *et al.* (2013) melaporkan perubahan *scar diameter* setelah penambahan minyak nabati adalah 0,8952. Hal itu menunjukkan bahwa hampir semua minyak pelumas nabati belum bisa memenuhi standar hidrolik. Namun hasil pengujian viskositas pada suhu 40°C (ASTM D2270) menunjukkan pelumas *lubricant oil active* telah memenuhi standar, apalagi pada pengujian sifat korosi bilah tembaga (ASTM D130), pelumas *lubricant oil active* menunjukkan hasil 1A yaitu lebih baik dari standar hidrolik hanya sebesar 1B. Maka pelumas *lubricant oil active* yang terbuat dari epoksidasi minyak mikroalga dengan penambahan aditif *chitosan nanoparticle* dapat dijadikan sebagai pelumas hidrolik industri jenis anti aus.



Gambar 8 Spektra gugus fungsi pelumas *lubricant oil active* dengan FTIR spektrofotometer (% Transmittansi : OH 25%, CH 80%, NH 50 %, dan Zn 45%)

Tabel 3 Tingkat kesesuaian pelumas *lubricant oil active* dengan standar pelumas

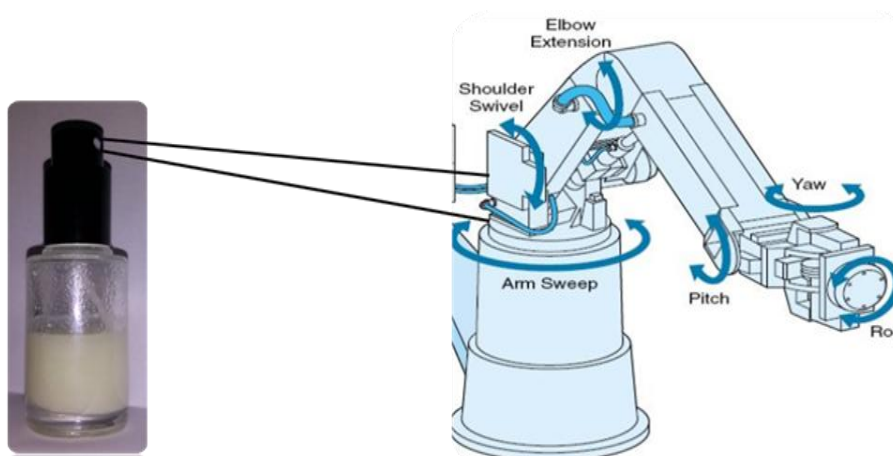
Parameter Pemanding	SNI 06-7069.9-2005	Pelumas <i>lubricant oil active</i> *	Minyak mineral**	Minyak Mineral + Minyak Kelapa Sawit**
Anti wear (mm)	Max 0,5	1,1028	0,5391	0,8952
Viskositas pada suhu 40 °C (cSt)	ISO VG 32	Min 22,35, Max 30,14	Min 28,8 , Max 35,2	Min 24,2 , Max 31,2
Korosi bilah tembaga	Min 1B	1A	1B	1A

*Minyak pelumas alga dengan penambahan aditif ZnO dan *chitosan* nanopartikel

** Syahrullail *et al.* (2013)

Alternatif pengembangan untuk mesin robot pada industri modern melalui model *hand-held spray* (Rogers 2009)

Pengembangan alternatif untuk pelumas mesin robot berdasarkan *Activeion Cleaning Solutions* LLC dari Rogers, Minnesota, Amerika Serikat pada tahun 2009 yang meluncurkan produk komersial berupa *Hand-Held Spray* “Activeion Pro”. Model *Hand-Held Spray* ini dapat dimanfaatkan sebagai tempat minyak pelumas dengan penambahan zat aditif berukuran nano sehingga dapat digunakan dengan mudah untuk diaplikasikan pada mesin robot industri modern. Model ini cukup tepat digunakan sebab mudah digunakan, mudah di distribusikan, dan harga terjangkau.



Gambar 9 Model pengembangan alternatif pelumas

KESIMPULAN DAN SARAN

Pelumas *lubricant oil active* dari epoksidasi minyak mikroalga dengan aditif ZnO dan *chitosan nanoparticle* dapat dijadikan pelumas hidrolik industri jenis anti aus dan telah memenuhi standar SNI 06-7069.9-2005. *Chitosan* memberikan pengaruh terhadap sifat *wear* dan dapat berfungsi sebagai aditif *detergent* pada pelumas, dengan formula terbaik *chitosan* 0,5% dan ZnO 0,5% serta karakteristik berupa bilangan oksiran 4,74 %, bilangan peroksida 50,00 meq/kg, *free fatty acid* 0,56 mg KOH/g, *scar diameter* 1,10 mm, dan korosi bilah tembaga 1A.

Saran yang perlu dilakukan adalah pengembangan ke arah produk komersial.

DAFTAR PUSTAKA

- [AOAC] Association of Official Analytical Chemist. 2005. *Official Method of Analysis of The Association of Official Analytical of Chemist*. Arlington : The Association of Official Analytical Chemist, Inc.
- [AOCS] American Oil Chemists Society. 2006. Free fatty acids in crude vegetable oils by capillary gas chromatograph. America : Official methods and recommended practices of the AOCS, 5th edn, 2nd printing.
- Abu-Aiad THM, Abd-El-Noura KN, Hakima IK, Elsabeeb MZ. 2005. Dielectric and interaction behavior of chitosan/polyvinyl alcohol and chitosan/polyvinyl pyrrolidone blends with some antimicrobial activities. *Polymer* 47: 379-389.
- Alves SM, Barros BS, Trajano MF, Ribeiro KSB, dan Moura E. 2013. Tribological behavior of vegetable oil-based lubricants with nanoparticles of oxides in boundary lubrication conditions. *Tribology International* 65 : 28-36.
- Battez AH, Gonzalez R, Viesca JL, Fernandez JE, Fernandez JMD, Machado A, Chou R, dan Riba J. 2008. CuO, ZrO₂ and ZnO nanoparticles as antiwear additive in oil lubricants. *Wear* 265 : 422-428.
- [BSN] Badan Standarisasi Nasional. 2005. RSNI 06-7069.5-2005. Minyak Pelumas. Jakarta : Dewan Standarisasi Nasional.
- Campanella A, Rustoy E, Baldessari A, dan Baltanas MA. 2010. Lubricants from chemically modified vegetable oils. *Bioresource Technology* 101 : 245-254.
- Chisti Y. 2007. Biodiesel from microalgae. *Biotechnology Advances* 25: 294–306.
- Dinda S, Patwardhan AV, Goud VV, dan Pradhan NC. Epoxidation of cottonseed oil by aqueous hydrogen peroxide catalysed by liquid inorganic acids. *Bioresource Technology* 99 : 3737-3744.
- Fajardo, A.R., L. Esteban Cerban, A. Robles Medina, F.G.Acién Fernandez, P.A.G. Moreno, and E. Molina Grima. 2007. Lipid extraction from the microalga *Phaeodactylum tricornutum*. *Europe Journal Lipid Technology*. 109:120-12.
- Fang H, Fan R, Thuilot B, dan Martinet P. 2006. Trajectory tracking control of farm vehicles in presence of sliding. *Robotics and Autonomous Systems*. 54(10) : 828-839.
- Farid MS, Shariati A, Badakhshan A, dan Anvaripour B. 2013. Using nano-chitosan for harvesting microalga *Nannochloropsis* sp.. *Bioresource Technology* 131 : 555-559.
- Gallego R, Arteaga JF, Valencia C, dan Franco JM. 2013. Isocyanate-Functionalized Chitin and Chitosan as Gelling Agents of Castor Oil. *Molecules* 18 : 6532-6549.
- Garcia E dan Gonzalez de Santos P. 2007. Hybrid deliberative/reactive control of a scanning system for landmine detection. *Robotics and Autonomous Systems* 55 (6) : 490-497.

- Haidegger T, Barreto M, Gonçalves P, Habibe MK, Ragavan SKV, Li H, Vaccarella A, Perrone R, dan Prestes E. 2013. Applied ontologies and standards for service robots. *Robotics and Autonomous System* 61 : 1215-1223.
- Heo S, Wiguna T, Park HC, dan Goo NS. 2007. Effect of an Artificial Caudal Fin on the Performance of a Biomimetic Fish Robot Propelled by Piezoelectric Actuators. *Journal of Bionic Engineering* 4 : 151-158.
- Holmes JF dan Holcombe WD. 2010. Guidelines for designing washdown robots for meat packaging applications. *Trends in Food Science & Technology* 21 : 158-163.
- [IFR] International Federation of Robotics. 2013. Industrial robot statistics. <http://www.ifr.org/industrial-robots/statistics/>. [27 Oktober 2013].
- Kim D, Jeong Y, Jang M, Park J, Jang H, Jang M, Kwon J, Seo D, dan Nah J. 2006. Preparation and Characterization of Retiol-encapsulated Chitosan Nanoparticle. *Applied Chemistry* 10 (1) : 65-68.
- Kuczala J. 2013. *Robots we love: the machines working their way into our lives*. UK : Wired Magazine.
- Kumar MNVR. 2000. A review of chitin and chitosan applications. *Reactive and Functional Polymers* 46 (1) :1-27.
- Launius RD dan McCurdy HE. 2007. Robots and humans in space flight: Technology, evolution, and interplanetary travel. *Technology in Society* 29 : 271-282.
- Li M, Rouaud O, dan Poncelet D. 2008. Microencapsulation by solvent evaporation: State of the art for process engineering approaches. *International Journal of Pharmaceutics* 363 (1-2) : 26-39.
- Murai Y, Fukuda H, Oishi Y, Kodama Y, dan Yamamoto F. 2007. Skin friction reduction by large air bubbles in a horizontal channel flow. *International Journal of Multiphase Flow* 33(2) : 147-165.
- Muzzarelli RAA dan Rocchetti R. 1973. The determination of copper in seawater by AAS with graphite atomizer after elution from chitosan. *Journal Analytic Chemical* 69 :35-42.
- Muzzarelli RAA dan Rocchetti R. 1974. The use of chitosan columns for the removal of mercury from waters. *Journal of Chromathography* 96: 115-121.
- Muzzarelli RAA. 1970. Selective collection of trace metalions by precipitation of chitosan and new derivated of chitosan. *Journal of analysis chemical* 12 :133-142.
- Napper SA dan Seaman RL. 1989. Applications of Robots in Rehabilitation. *Robotic and Autonomous Systems* 5 : 227-239.
- Perez-Vidal C, Carpintero E, Garcia-Aracil E, Sabater-Navarro JM, Azorin JM, Candela A, dan Fernandez E. 2012. Steps in the development of a robotic scrub nurse. *Robotics and Autonomous Systems* 60(6) : 901-911.

- Policandriotes T dan Filip P. 2011. Effects of selected nanoadditives on the friction and wear performance of carbon-carbon aircraft brake composites. *Wear*. 271(9-10) : 2280-2289.
- Rampino A, Borgogna M, Blasi P, Bellich B, Cesàro A. 2013. Chitosan nanoparticles: Preparation, size evolution and stability. *International Journal of Pharmaceutics* 455 : 219-228.
- Renaud SM & DL Parry. 1994. Microalgae for use in tropical aquaculture II: Effect of salinity on growth, gross chemical composition and fatty acid composition of three species of marine microalgae. *Journal of applied phycology* 6: 347-356.
- Renaud SM, DL Parry, dan LV Thinh. 1994. Microalgae for use in tropical aquaculture I : gross chemical and fatty acid composition of twelve species of microalgae from the northern territory, Australia. *Journal of applied phycology* 6 : 337-345
- Richmond A. 2004. *Handbook of microalgal culture : biotechnology and applied phycology*. Blackwell Science Ltd.
- Rogers. 2009. Hand-held spray bottle changes tap water in cleaning solution. *Membrane Technology* (4) : 7.
- Sidabutar EA. 1999. Pengaruh jenis medium pertumbuhan mikroalga *Chlorella* sp. Terhadap aktivitas senyawa pemacu pertumbuhan yang dihasilkan. [skripsi] Bogor: Fakultas Perikanan dan Ilmu kelautan.
- Spolaore, P., Joannis-Cassan, C., Duran, E., Isambert, A. 2006. Commercial application of microalgae. *Journal of Bioscience and Bioengineering* 101:87-96.
- Sreeprasanth PS, Srivastava R, Srinivas D, dan Ratnasamy P. 2006. Hydrophobic, solid acid catalysts for production of biofuels and lubricants. *Applied Catalysis A : General* 314 : 148-159.
- Tanaka A, Umeda K, dan Takatsu S. 2004. Friction and wear of diamond-containing polyimide composites in water and air. *Wear*. 257(11) : 1096-1102.
- Ting C dan Chen C. 2011. Viscosity and working efficiency analysis of soybean oil based bio-lubricants. *Measurements* 44 : 1337-1341.

LAMPIRAN

Penggunaan Dana

Tabel 1 Peralatan penunjang

No	Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Jumlah
1	Erlenmeyer 1000 ml	Ekstraksi minyak	2 buah	85.000	170.000
2	Lampu neon 20 watt	Kultur mikroalga	2 buah	30.000	60.000
3	Aerator	Kultur mikroalga	2 buah	50.000	100.000
4	Thermometer	Mengukur suhu	3 buah	30.000	90.000
5	Akuarium	Media kultur	3 buah	50.000	150.000
6	Beaker glass 2000ml	Mengukur sampel	1 buah	85.000	85.000
7	Gelas ukur	Mengukur sampel	2 buah	50.000	100.000
8	Alumunium foil	Menutup sampel	1 buah	15.000	15.000
9	Magnet bar	Pemutar magnetic stirer	1 pc	150.000	150.000
10	Toples	Wadah bahan-bahan	4 buah	5.000	20.000
11	Ultrasonografi	Membentuk <i>chitosan nanoparticle</i>	1 set	200.000	200.000
12	Perijinan lab	Tempat pembuatan <i>chitosan</i> , kultivasi mikroalga	1 lab	400.000	400.000
13	Spray dryer	Pembentukan <i>chitosan nanoparticle</i>	2 uji	150.000	300.000
14	Alat Uji eposidasi	Analisis pengujian	1 set	300.000	300.000
15	<i>Hand-Held Spray</i>	Aplikasi spray minyak pelumas	1 set	150.000	150.000
16	Pengujian asam lemak	Analisis pengujian	2 uji	300.000	600.000
17	Bahan eposidasi	Analisis pengujian	1 uji	200.000	200.000
18	Pengujian PSA	Bahan analisis pengujian	2 uji	200.000	400.000
29	Pengujian FTIR	Bahan analisis pengujian	1 uji	150.000	150.000
20	Uji SEM	Analisis Pengujian	1 uji	380.000	380.000
				TOTAL (Rp)	4.020.000

Tabel 2 Bahan habis pakai

No	Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1	Bibit <i>Chlorella</i>	Kultur mikroalga	1 Liter	1.000.000	1.000.000
2	Aquades	Kultur mikroalga	30 Liter	2.500	75.000
3	Medium PHM	Kultur mikroalga	5 Liter	20.000	100.000
4	Heksana	Kultur mikroalga	1 Liter	70.000	70.000
5	Etanol 96%	Kultur mikroalga	2 Liter	60.000	120.000
6	<i>Chitosan</i>	Pembuatan <i>chitosan nanoparticle</i>	50 gr	100.000	500.000
7	Asam asetat	Pembuatan <i>chitosan nanoparticle</i>	1 Liter	60.000	60.000
8	Tween 80	Pembuatan <i>chitosan nanoparticle</i>	1 botol	150.000	150.000
9	ZnO	Aditif pelumas	1 bungkus	65.000	65.000

10	STTP	Pembuatan <i>chitosan nanoparticle</i>	100 gr	25.000	25.000
11	Bahan pengujian bilangan peroksidasi	Karakteristik minyak dan pelumas dasar	2 sampel (2kali ulangan)	50.000	100.000
12	Bahan pengujian bilangan iod	Karakteristik minyak dan pelumas dasar	2 sampel (2kali ulangan)	50.000	100.000
13	Bahan pengujian bilangan oksiran	Karakteristik minyak dan pelumas dasar	2 sampel (2kali ulangan)	50.000	100.000
14	Pengujian scar diameter	Karakteristik minyak pelumas dasar	4 sampel	300.000	1.200.000
15	Pengujian bilah tembaga	Karakteristik minyak pelumas dasar	4 sampel	250.000	1.000.000
16	Pengujian viskositas 40 derajat	Karakteristik minyak pelumas dasar	4 sampel	200.000	800.000
Total(Rp)					5.465.000

Tabel 3 Biaya perjalanan

No	Material	Justifikasi Perjalanan	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1	Perjalanan Darmaga-Bogor	Pembelian alat di Setiaguna	2 orang (2 kali PP)	12.000	24.000
2	Perjalanan pembelian mikroalga	Transportasi menuju LIPI Cibinong	2 orang (2xPP)	50.000	200.000
	Perjalanan pembelian alat kultivasi	Tranpostasi disekitar bogor	2 orang	25.000	50.000
3	Perjalanan pembelian <i>chitosan</i>	Tansportasi menuju PT Biotech Surindo, Cirebon	2 (PP)	407.500	815.000
4	Perjalanan ke Puslitbangtek Lemigas Divisi Aplikasi	Transportasi bogor ke Puslitbangtek Lemigas	20 (PP)	20.300	406.000
5	Perjalanan ke Puspitek Serpong	Transportasi ke Puspitek Serpong	2 (PP)	85.000	170.000
Total					1.665.000

Tabel 4 Lain-lain

No	Material	Justifikasi Pemakaian	Kuantitas	Harga Satuan (Rp)	Keterangan
1	Voucher pulsa	Komunikasi kelompok	4 orang	100.000	400.000
2	Printer	Jasa cetak laporan kemajuan	15 hal (4 eks)		100.000

3	Editing poster dan cetak poster	money	3	100.000	100.000
				Total	600.000
				Total Keseluruhan Pemakaian	11.750.000

Lampiran Publikasi Ilmiah

BIONANODETERGEN AKTIF DENGAN KOMPONEN UTAMA CHITOSAN NANOPARTICLE BERBASIS MINYAK PELUMAS (LUBRICANT OIL) DARI TROPICAL MARINE MICROALGAE UNTUK MESIN ROBOT INDUSTRI MODERN

Perkembangan robot dunia pada tahun 2012 adalah 159.348 unit (International Federation of Robotics 2013). Gesekan yang terjadi merupakan penyebab utama kehilangan energi sistem robot (Alves et al. 2013).

Dibutuhkan minyak pelumas untuk robot industri yang ramah lingkungan

Mikroalga merupakan sumber minyak nabati, dengan kandungan lemak/ minyak yang tinggi (sekitar 20-50%) **Renaud et al. (1994)**

PROSEDUR

Kultur Mikroalga → Ekstraksi Lemak dan Karakteristik Lipid → Chitosan Nanoparticle

Hand-Held Spray ← Karakterisasi Minyak Pelumas ← Formulasi Minyak Pelumas

Rendemen chitosan nanoparticle sebanyak 3,210 gr sebesar **257 nm**



Asam lemak tertinggi yaitu Asam Palmitat (C16:0) sebesar **21.75 %**

Disusun Oleh:
Bayu Irianto
Prisca Sari Paramudhita
Reza Febriyansyah
Fipil Nurmala

Dibimbing Oleh:
Bambang Riyanto, SPI MSi

PKM-P

Terdaftar pada Seminar International F+L Asia pada 15 September 2014

 	
HOME F+L WEEK 2014 GREASE WORKSHOP EXHIBITORS SPONSORS PROCEEDINGS	
Thank you for submitting your paper for consideration for F+L Week 2015!	
Please complete the following information	
Email:	bay.boq007@gmail.com
Phone Number:	
Proposed Title:	BIONANODETERGEN ACTIVE, MAIN COMPONENTS OF LUBRICANTS WITH TROPICAL MARINE MICROALGAE
Authors:	BAYU IRIANTO
	Future progress of human civilization will be determined by the energy and mechanics of human motion, such as the development of various robotic technologies that have been inspired by biomimetic fish, and modern food packaging technologies that use the principles of...

to present at F+L Week 2015, please click on this message, or go to our website

Paper abstract proposal

15 SEPTEMBER 2014

Submit paper abstract/s (max 1 A4 page) + bio (300 words) to dce@fuelsandlubes.com

acceptance	By 15 October 2014
submission	By 15 December 2014
peer-review	January/February 2015
final submission	By 16 February 2015
conference workshops	10 March 2015
conference	11 to 13 March 2015