



## LAPORAN AKHIR PKMP

### **Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah dan Serabut Kapuk Randu (*Ceiba pentrandu*) sebagai Bahan Bakar Alternatif Roket Luar Angkasa**

oleh :

<b>Esdinawan Carakantara Satrija</b>	<b>B0410006/2010</b>
<b>Fikri Mukhlisina Latief</b>	<b>B04100018/2010</b>
<b>Rinasti Rida Pangesti</b>	<b>B04100049/2010</b>
<b>Andi Hiroyuki</b>	<b>B04090130/2009</b>

**INSTITUT PERTANIAN BOGOR**

**BOGOR**

**2013**

**HALAMAN PENGESAHAN  
LAPORAN AKHIR PROGRAM KREATIVITAS MAHASISWA**

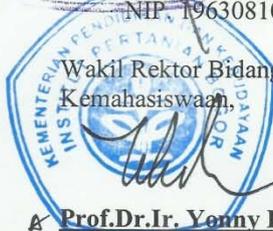
1. Judul Kegiatan : Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah dan Serabut Kapuk Randu (Ceiba Pentrandu) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Roket Luar Angkasa
2. Bidang Kegiatan  PKMP  PKMK  
 PKMT  PKMM
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
  - a. Nama Lengkap : Esdinawan Carakantara Satrija
  - b. NIM : B04100006
  - c. Jurusan : Kedokteran Hewan
  - d. Institut : INSTITUT PERTANIAN BOGOR
  - e. Alamat Rumah dan No. HP : Jalan Kecipir no 13/15 Taman Darmaga P.
  - f. Alamat email : carakantara@yahoo.com
4. Anggota Pelaksana Kegiatan : 3 orang
5. Dosen Pendamping
  - a. Nama Lengkap dan Gelar : Drh. Fadjar Satrija, M.Sc, Ph.D
  - b. NIP : 19641003 198803 1 002
  - c. Alamat Rumah dan No. HP : 081314003739Jl.Parikesit Raya no 57,Bantarjati,Bogor
6. Biaya Kegiatan Total : Rp 11.200.000,00
  - a. Dikti : Rp 11.200.000,00
  - b. Sumber lain : Rp. 0,-
7. Jangka Waktu Pelaksanaan :

Bogor, 21 Juli 2013



Menyetujui  
Wakil Dekan  
Fakultas Kedokteran Hewan

Drh. Agus Setiyono, MS, Ph. D, APVet  
NIP. 19630810 198803 1 004



Wakil Rektor Bidang Akademik dan  
Kemahasiswaan,

Prof. Dr. Ir. Yenny Koesmaryono, MS  
NIP. 19581228 198503 1 003

Ketua Pelaksana Kegiatan

*E. C. Satrija*

Esdinawan Carakantara Satrija  
NIM. B04100006

Dosen Pendamping

*Fadjar Satrija*

drh. Fadjar Satrija, M.Sc, Ph. D  
NIP. 19641003 198803 1 002

## ABSTRAK

Indonesia merupakan negara yang tergolong baru memulai era penerbangan luar angkasa mandiri khususnya dalam perkembangan peroketan. Namun, perkembangan teknologi roket Indonesia terkendala oleh keterbatasan dana, kebijakan pertahanan pemerintah yang lebih diprioritaskan hanya dalam keadaan mendesak, dan terutama keberadaan campuran bahan bakar/propelan yang memiliki daya dorong kuat tetapi ekonomis. Minyak jelantah atau minyak goreng bekas merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan yang baru tersusun atas gliserida yang mempunyai rantai karbon panjang, yaitu ester antara gliserol dengan asam karboksilat yang menjadikannya bahan bakar alternatif bagi roket. Secara teori, minyak jelantah dapat digunakan sebagai alternatif kerosene dalam roket bahan bakar cair dan campuran bahan bakar pengganti pellet alumunium dalam roket bahan bakar padat. Agar minyak jelantah dapat digunakan sebagai propelan roket dalam bentuk padat yang cenderung lebih praktis dalam pembuatan dan penggunaannya, diperlukan media pengikat minyak tersebut yang mana media tersebut juga dapat terbakar untuk menambah efektivitas propelan. Media yang dapat digunakan untuk kepentingan ini adalah selulosa. Salah satu sumber serat selulosa yang melimpah di Indonesia adalah Kapuk Randu (*Ceiba pentandra*). Dalam penelitian pemanfaatan minyak jelantah dan serat Kapuk Randu sebagai bahan bakar alternatif roket, dilakukan dua tahap pengujian yakni tahap uji produksi bahan bakar dan tahap uji statis. Uji bahan bakar merupakan uji untuk mengetahui potensi bahan baku yaitu kapuk randu dan minyak jelantah sebagai bahan bakar. Variabel yang dilihat dalam uji ini adalah kemudahan produksi dan keamanan bahan bakar. Uji statis dilakukan untuk mengetahui besar kekuatan propelan dilihat dari daya dorong (*thrust*) dan rasio daya dorong-bobot (*thrust-weight ratio*) dari bahan bakar roket yang diujikan. Hasil kedua tahap pengujian menunjukkan bahwa kombinasi minyak jelantah dan serabut kapuk randu (*Ceiba pentadra*) dapat digunakan sebagai bahan bakar roket yang relatif aman, ekonomis, dan berdaya dorong tinggi dengan minyak jelantah sebagai bahan bakar, serabut kapuk randu sebagai media serapan, dan oksigen cair sebagai oksidator dengan nilai daya dorong dan rasio daya dorong-bobot tertinggi pada mesin R9 dengan nilai 188.36 - 470.90 kg untuk daya dorong dan 176.20 - 440.51 untuk rasio daya dorong-bobot.

Kata Kunci : Minyak jelantah, Kapuk Randu (*Ceiba pentandra*), Bahan Bakar Alternatif, Roket

## KATA PENGANTAR

Alhamdulillahirabbil'alamin. Segala puji milik Allah swt atas segala karunianya sehingga pelaksanaan penelitian dan penulisan laporan akhir pkm yang berjudul "Pemanfaatan Limbah Minyak Jelantah Dan Serat Kapuk Randu (*Ceiba Pentrandu*) Sebagai Bahan Bakar Alternatif Roket Luar Angkasa" ini dapat diselesaikan. Penelitian ini dilaksanakan dan disusun berdasarkan hasil penelitian selama 4 bulan di Laboratorium Helminthologi, Fakultas Kedokteran Hewan IPB dan dilanjutkan di Perumahan Dramaga Permai. Terima kasih dan penghargaan kami ucapkan kepada:

1. DIKTI sebagai penyelenggara Program Kreativitas Mahasiswa.
2. drh. Fadjar Satrija, M.Sc, Ph.D sebagai pembimbing dalam kegiatan PKM yang telah banyak membimbing dan memberikan masukan serta saran dalam berbagai kesempatan diskusi yang terkait dengan penelitian ini
3. Laboratorium Helminthologi, Fakultas Kedokteran Hewan IPB yang telah menyediakan tempat bagi kami untuk melakukan uji pembakaran dan uji bahan bakar.
4. Mang Ujang yang telah banyak membantu dalam berbagai tahap pelaksanaan penelitian.

Selain itu, penelitian ini juga dapat terselesaikan atas dukungan dan dorongan berbagai pihak yang tidak dapat kami sebutkan satu demi satu, untuk itu penulis menyampaikan terima kasih dan penghargaan yang sebesar-besarnya. Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi Indonesia dan umat manusia.

Bogor, 26 Juli 2013

Penulis

## **I. PENDAHULUAN**

### **Latar Belakang Masalah**

Indonesia merupakan negara yang tergolong baru memulai era penerbangan luar angkasa mandiri. Sejauh ini, Indonesia telah mampu mengembangkan satelit mikro dan roket peluncur berbahan bakar padat melalui Lembaga Penerbangan Antariksa Nasional/LAPAN yang bekerjasama dengan sejumlah institusi terkait. Namun, perkembangan teknologi roket lebih jauh terkendala oleh teknologi, keterbatasan dana, serta kebijakan pertahanan pemerintah yang lebih diprioritaskan hanya dalam keadaan mendesak. Salah satu kendala teknologi adalah kesulitan dalam produksi campuran bahan bakar/propelan roket yang memiliki daya dorong kuat tetapi ekonomis (LAPAN, 2010). Selama permasalahan ini belum dipecahkan maka perkembangan roket Indonesia masih akan terus tersendat.

Limbah minyak goreng (minyak jelantah) merupakan salah satu bahan bakar alternatif yang dikembangkan pemanfaatannya pada berbagai kendaraan bermotor dan rumah tangga. Kota Guangzhou di China tercatat menggunakan 20.000 ton minyak jelantah hanya untuk biodiesel saja (Wang *et al.*, 2007). Namun, hingga saat ini belum ada penelitian tentang penggunaan minyak jelantah sebagai bahan bakar alternatif roket. Secara teori, minyak jelantah dapat digunakan sebagai alternatif kerosene dalam roket bahan bakar cair dan campuran bahan bakar pengganti pellet alumunium dalam roket bahan bakar padat.

Agar minyak jelantah dapat digunakan sebagai propelan roket dalam bentuk padat yang cenderung lebih praktis dalam pembuatan dan penggunaannya, diperlukan media pengikat minyak tersebut yang mana media tersebut juga dapat terbakar untuk menambah efektivitas propelan. Media yang dapat digunakan untuk kepentingan ini adalah selulosa. Salah satu sumber serat selulosa yang melimpah di Indonesia adalah Kapuk Randu (*Ceiba pentandra*). Namun, jumlah besar ini banyak yang belum termanfaatkan secara optimal yang menyebabkan jatuhnya harga kapuk randu di pasaran yang berbuntut kepada turunnya tingkat kesejahteraan para petani.

### **Perumusan Masalah**

Salah satu kendala teknologi dalam pengembangan roket di Indonesia adalah kesulitan dalam produksi campuran bahan bakar/propelan roket yang memiliki daya dorong kuat tetapi ekonomis. Kombinasi antara minyak jelantah dan serat Kapuk Randu (*Ceiba pentandra*) dapat menjadi alternatif bahan baku propelan roket.

### **Tujuan Program**

Tujuan penelitian ini adalah mempelajari potensi kombinasi antara serat Kapuk Randu dan minyak jelantah sebagai bahan bakar roket alternatif.

### **Luaran yang Diharapkan**

Diharapkan penelitian ini dapat menghasilkan suatu bahan bakar roket alternatif yang ekonomis, berdaya dorong tinggi, dan aman. Selain itu, bahan bakar yang dihasilkan dalam penelitian ini juga dapat berkontribusi dalam perkembangan peroketan ruang angkasa Indonesia.

### **Kegunaan Program**

Temuan dari penelitian ini dapat digunakan sebagai metode alternatif yang efektif dan ekonomis sebagai bahan bakar roket.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **a. Roket**

Roket merupakan sebuah sistem propulsi yang memberikan dorongan melalui pertukaran momentum dengan sejumlah massa tereaksi. Roket bekerja sesuai hukum gerak Newton ketiga mengenai aksi dan reaksi di mana gas hasil reaksi yang bergerak sangat cepat disebarkan ke luar melalui saluran di bagian belakang roket dan memberikan dorongan ke depan bagi roket (NSSC, 1999). Energi dorongan roket sepenuhnya bergantung kepada campuran bahan bakar/propelan yang dibawa di dalamnya. Propelan merupakan campuran antara bahan bakar dan oksidator yang dibutuhkan dalam sebuah proses oksidasi yang akan melepaskan energi untuk mendorong roket tersebut. Bahan bakar merupakan substansi kimia yang menjadi basis reaksi oksidasi sedangkan oksidator merupakan substansi yang mengoksidasi bahan bakar dalam reaksi tersebut. Keberadaan oksidator dalam propelan sangatlah penting karena dengan keberadaan oksidator inilah yang memungkinkan roket untuk mampu terus beroperasi di kondisi lingkungan tanpa oksigen di luar angkasa (Allen dan Eggers, 1958).

Secara umum, roket tersusun atas sejumlah bagian antara lain bagian muatan, bagian pengendali, tanki bahan bakar, dan mesin roket (Ley, 2002). Pada roket berbahan bakar cair, terdapat tambahan perangkat pompa untuk memompa bahan bakar dan oksidator ke ruang pembakaran. Pada roket berbahan bakar padat, tidak terdapat pompa dan tanki propelan berfungsi ganda sebagai ruang pembakaran di samping penyimpanan propelan (Sutton, 1986).

Berdasarkan bentuk propelannya, roket terbagi menjadi dua jenis yaitu roket berbahan bakar cair dan roket berbahan bakar padat. Roket berbahan bakar cair merupakan roket yang memiliki bahan bakar dan oksidator yang tersimpan dalam bentuk cair. Roket jenis ini relatif lebih sulit pembuatan dan pemeliharannya karena banyaknya komponen yang terdapat di dalamnya (tanki terpisah, pompa, dan lain-lain) akan tetapi lebih mudah pengendaliannya karena pembakaran dapat dilakukan dan dihentikan sesuai kebutuhan. Roket berbahan bakar padat merupakan roket yang memiliki bahan bakar dan oksidator yang tersimpan dalam bentuk padat. Roket jenis ini relatif lebih mudah pembuatan dan pemeliharannya karena banyaknya komponen yang terdapat di dalamnya (tanki bersatu dan tanpa pompa) akan tetapi lebih sulit pengendaliannya karena pembakaran akan terus terjadi begitu dimulai. Oleh karena itu, roket bahan bakar cair lebih umum digunakan dalam penerbangan antariksa berawak sedangkan roket bahan bakar padat lebih umum digunakan dalam penerbangan antariksa nirawak atau dalam bidang pertahanan (sistem senjata berbasis roket).

### **b. Minyak Jelantah**

Minyak jelantah atau minyak goreng bekas merupakan minyak yang berasal dari sisa minyak penggorengan bahan makanan. Minyak goreng bekas maupun minyak goreng nabati yang baru tersusun atas gliserida yang mempunyai rantai karbon panjang, yaitu ester antara gliserol dengan asam karboksilat. Perbedaan minyak goreng bekas dengan minyak goreng nabati yang baru terletak pada komposisi asam lemak jenuh dan tak jenuhnya. Komposisi asam lemak tak jenuh minyak jelantah adalah 30% sedangkan asam lemak jenuh 70% (Kusuma, 2003)

Hasil Pengamatan dari pengujian minyak jelantah menunjukkan bahwa nilai bilangan asam, kadar FFA, bilangan penyabunan. Kadar air, dan bilangan

peroksida melewati batas yang diijinkan oleh standar industry minyak goreng. Karakteristik lengkap minyak jelantah dapat dilihat di tabel berikut.

Anthasari (2008) menggunakan minyak kelapa dari pemakaian rumah tangga, yang asam lemak dominannya adalah asam laurat (Ketaren, 1986). Umumnya, sistem penggorengan dalam penggorengan rumah tangga adalah sistem gangsa (frying pan).

Minyak yang digunakan dengan pemanasan tinggi juga dalam waktu yang lama serta kontak dengan oksigen akan mengalami tingkat oksidasi termal yang lebih cepat (Perkins, 1967). Proses pemanasan diharapkan mampu menurunkan kekentalan minyak jelantah tersebut agar bisa diaplikasikan pada mesin dan tidak merusak mesin.

### c. Kapuk

Kapuk Randu atau kapuk (*Ceiba pentandra*) adalah pohon tropis yang tergolong ordo Malvales dan famili Malvaceae (sebelumnya dikelompokkan ke dalam famili terpisah Bombacaceae), berasal dari bagian utara dari Amerika Selatan, Amerika Tengah dan Karibia, dan (untuk varitas *C. pentandra* var. *guineensis*) berasal dari sebelah barat Afrika (Suhono, 2006).

Kapuk ini biasa disebut pohon randu (Jawa dan Sunda). Buah tanaman ini berbentuk lonjong dengan ukuran panjang 12-15 cm dan beruang lima. Buah memiliki banyak biji yaitu sekitar 100 biji jumlahnya (Suhono, 2006). Di antara biji terdapat serat-serat yang berwarna putih kekusaman. Serat kapuk sebagian besar tersusun atas selulosa yang mencapai 50,7% dari massa total serat kapuk (Tye *et al.*, 2012).

Pemanfaatan utama dari tanaman Kapuk Randu adalah pemanfaatan dari seratnya. Kandungan selulosa yang tinggi dalam serat inilah yang menjadi hal utama yang dimanfaatkan dari serat kapuk dan membuatnya memiliki nilai ekonomis yang penting. Biasanya serat kapuk ini digunakan sebagai pengisi kasur, bantal, dan guling (Suhono, 2006).

## III. METODE PENDEKATAN

### a. Alat dan bahan

Dalam penelitian ini, alat dan bahan dapat dikelompokkan menjadi tiga kelompok yakni alat dan bahan untuk pembuatan mesin roket, alat dan bahan untuk produksi propelan roket, serta alat dan bahan untuk *test stand* atau landasan uji roket. Pada penelitian ini, digunakan mesin roket dengan berbagai bentuk, ukuran, dan material yang berbeda. Pembuatan komponen roket akan dilakukan di daerah Cihideung Ilir, Kabupaten Bogor. Untuk produksi propelan, dibutuhkan alat dan bahan berupa gelas tahan asam, lemari es, serat Kapuk Randu, asam nitrat ( $\text{HNO}_3$ ) pekat, dan asam sulfat pekat ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) untuk melakukan nitrasi selulosa menjadi nitroselulosa. Pembuatan propelan roket akan dilakukan di laboratorium Parasitologi, Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor. Untuk *test stand* atau landasan uji roket, dibutuhkan rangka dari besi lempeng dengan ketebalan 3 milimeter yang dilas untuk mengukur daya dorong roket saat uji statis. Landasan uji ini memiliki dasar berbentuk kubus rendah dengan ukuran tinggi 40 centimeter, panjang 60 centimeter, dan lebar 60 centimeter, serta tiang peluncur setinggi 1.5 meter. Pembuatan landasan uji ini akan dilakukan dengan bantuan pengerajin besi yang banyak beroperasi di sekitar kampus Institut Pertanian Bogor.

## b. Tahapan penelitian

### 1. Uji produksi bahan bakar

Uji bahan bakar merupakan uji untuk mengetahui potensi bahan baku yaitu kapuk randu dan minyak jelantah sebagai bahan bakar. Variabel yang dilihat dalam uji ini adalah kemudahan produksi dan keamanan bahan bakar.

### 2. Uji statis

Uji statis dilakukan untuk mengetahui besar kekuatan propelan dilihat dari daya dorong (*thrust*) dan rasio daya dorong-bobot (*thrust-weight ratio*) dari bahan bakar roket yang diujikan. Daya dorong dihitung dengan menempatkan ruang pembakaran roket (*combustion chamber*) berisi propelan yang akan diuji di sebuah landasan uji dan kemudian dinyalakan. Besar daya dorong roket dihitung dalam satuan kilogram (kg). Nilai ini didapat dari perkalian nilai tekanan masuk (psi), lubang keluar roket/*nozzle* (inci<sup>2</sup>), dan koefisien panas. Nilai daya dorong akan didapat dalam satuan pound dan dikonversi menjadi satuan kilogram. Nilai daya dorong ini selanjutnya dibagi dengan nilai bobot mesin roket untuk mendapat rasio daya dorong-bobot. Kekuatan propelan yang diuji dalam penelitian ini akan dibandingkan dengan propelan roket yang umum beredar saat ini melalui telaah pustaka.

### c. Analisis Data

Data peubah yang diamati pada masing-masing ulangan akan dirata-ratakan dan dibandingkan dengan kontrol guna melihat perbedaan performa. Adanya perbedaan nyata antara kelompok uji dan kontrol akan diuji secara statistik dengan menggunakan analisis varian.

## IV. PELAKSANAAN PROGRAM

### a. Waktu dan Tempat Pelaksanaan

Penelitian dilaksanakan mulai tanggal 1 Maret 2013 sampai dengan 23 Juli 2013. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Helminthologi FKH IPB dan lapangan pengujian di desa Cihideung Ilir.

### b. Jadwal Faktual Pelaksanaan

Tabel 1. Jadwal faktual pelaksanaan penelitian

No	Kegiatan	Tanggal Pelaksanaan
1	Pengumpulan bahan baku	1 – 19 Maret 2013
2	Uji produksi bahan bakar	26 Maret – 8 Mei 2013
3	Uji statis	16 Juni – 23 Juli 2013
4	Analisis data	16 Juni – 23 Juli 2013
5	Pembuatan laporan	23 Juli – 20 Agustus 2013

### c. Instrumen Pelaksanaan

Untuk melaksanakan uji produksi bahan bakar, digunakan kamar asam untuk percobaan nitrase serabut kapuk. Untuk melaksanakan uji statis dibuat seperangkat alat pengujian yang terdiri atas landasan uji, tanki oksigen, dan mesin roket. Mesin roket terdiri atas ruang pembakaran sekaligus tanki bahan bakar, saluran pembuangan (*nozzle*), dan saluran oksigen (lihat dokumentasi).

### d. Rekapitulasi Rancangan dan Realisasi Biaya

Tabel 2. Rekapitulasi biaya

No	Barang	Jumlah	Total Biaya (Rp)
1	Deposit poster	1	300.000,00
2.	Proposal	3	12.000,00

3.	Log book	3	50.000,00
4.	Transport	6	202.000,00
5.	Dokumentasi dan komunikasi	4	83.000,00
6.	Trash bag kapuk	12	12.000,00
7.	Minyak jelantah	19	110.000,00
8.	Asam Nitrat	5	100.000,00
9.	Asam Sulfat	2,5	380.000,00
10.	Selang penyulingan	3	53.000,00
11.	Pipa	2	410.000,00
12.	Lem dan selotip	5	42.000,00
13.	Teko	1	65.000,00
14.	Kawat alumunium	2	37.000,00
15.	Pak dan bahan top kran	1	100.000,00
16.	Kondensor assay	1	990.000,00
17.	Pembuatan test stand	1	200.000,00
18.	Pembuatan tangki bahan bakar dan mesin roket	1	580.000,00
19.	Air compressor	1	1.189.000,00
20.	Tangki mesin roket	3	164.500,00
21.	Laporan kemajuan	4	32.000,00
22.	Selang	4	293.500,00
23.	Soda kue	16	21.000,00
24.	Palu	1	17.500,00
25.	Kran	4	310.000,00
26.	Pelengkap	1	37.000,00
27.	Tabung oksigen + isi + transport	3	1.020.000,00
28.	Kunci inggris	1	40.000,00
29.	Regulator oksigen	2	255.000,00
30.	Timbangan	2	258.000,00
31.	Klem dan las	6	196.000,00
32.	Selang super	3	105.000,00
33.	Shock ½ inchi	5	20.000,00
34.	Gas torch	1	112.500,00
35.	Gas cartridge	2	109.900,00
36.	Cocktail shaker	2	91.000,00
37.	Bahan bangunan	6	210.000,00
38.	Stainless	1	10.000,00
39.	Peralatan mesin roket	19	318.600,00
40.	Trolley	1	195.000,00
41.	Tabung ball	1	212.000,00
42.	Konsumsi	1	276.000,00
43.	Laboratorium	1	1.894.000,00
<b>Jumlah</b>			<b>11.200.000,00</b>
<b>Dana Dikti</b>			<b>11.200.000,00</b>

## V. HASIL DAN PEMBAHASAN

### Uji Bahan Bakar

Sebagian besar minyak jelantah didapatkan dari limbah rumah tangga dan kapuk randu didapatkan dari kasur bekas asrama TPB IPB. Setelah semua bahan

terkumpul, percobaan mulai dilakukan. Percobaan pertama adalah uji produksi bahan bakar yang dilaksanakan di Laboratorium Helminthologi FKH IPB.

Tabel 3. Hasil uji produksi bahan bakar

No	Uji	Tanggal	Hasil	
1	Uji Produksi bahan bakar	Nitroselulosa	26 /3/2013	Gagal
		Nitrogliserin	29/ 3/2013	Gagal
		Penyulingan minyak jelantah	30 /3/ 2013	Berhasil; Gas jelantah
		Kapuk sebagai serapan minyak jelantah	1/6/2013	Berhasil; Kapuk sebagai serapan jelantah (Kapuk-jelantah)

Uji produksi bahan bakar menunjukkan bahwa nitroselulosa tidak dapat dibuat dari serabut kapuk randu. Hal ini dikarenakan serabut kapuk randu memiliki kandungan selulosa yang lebih rendah daripada serabut kapas yang merupakan bahan umum dari nitroselulosa. Serabut kapas yang mempunyai kadar selulosa 85-90% (Han, 1998) sedangkan kapuk mempunyai kadar selulosa 50,7 % (Tye *et al.*, 2012). Kandungan selulosa yang lebih rendah membuat asam nitrat bereaksi dengan komponen lain dalam serabut kapuk dan tidak bereaksi dengan sempurna dengan selulosa yang ada sehingga pembentukan nitroselulosa terhambat. Hasil uji produksi bahan bakar juga menunjukkan bahwa nitrogliserin tidak dapat diproduksi dari bahan baku yang ada. Nitrogliserin merupakan hasil reaksi dari asam nitrat pekat (kadar 95%) dan gliserol (diperoleh dari reaksi minyak jelantah dan NaOH) yang bersifat reaktif terhadap panas dan guncangan. Kegagalan pembuatan nitrogliserin dikarenakan asam nitrat yang digunakan dalam penelitian ini hanya memiliki kadar 68%, kurang dari kebutuhan yakni 95%. Nitrogliserin juga tidak aman untuk digunakan karena sifatnya yang terlalu reaktif.

Minyak jelantah disuling untuk mendapatkan suatu produk hasil sulingan. Dihasilkan tiga produk sulingan dan dilakukan uji pembakaran. Hasil pertama yaitu minyak hitam (yang tidak menguap), hasil ini dibakar namun api mati. Hasil kedua yaitu minyak jernih (minyak yang diuapkan) hasil ini dibakar namun api tetap mati, tidak mau menyala di dalam minyak Hasil ketiga yaitu uap jelantah pada suhu 0° berupa benda padat seperti lapisan lilin lalu dibakar, uji hasil pembakaran terbakar secara stabil dan berenergi tinggi.

Pengumpulan bahan bakar hasil sulingan minyak jelantah dan mengubahnya menjadi bentuk solid dilakukan pada tanggal 8 Mei 2013. Hasilnya uap minyak jelantah tidak mau masuk ke selang penampung dan uap yang diinginkan bocor melalui celah-celah ceret yang dipanaskan.

Uji statis merupakan uji untuk mengukur daya dorong roket. Roket ditahan pada test stand yang dilengkapi timbangan, lalu roket dinyalakan untuk mengetahui daya dorong dalam kg. Oksigen cair digantikan dengan oksigen alami yang diperoleh dari alam bebas dengan kompresor sebagai simulator oksidator. Uji yang dilakukan yaitu uji pembakaran statis roket jelantah dengan kompresor udara sebagai simulator, hasilnya tekanan kompresor tidak cukup kuat untuk memberikan hasil yang baik, sehingga pengatur kompresor hancur. Apabila uji statis telah berhasil dilaksanakan akan dilakukan uji selanjutnya yaitu uji luncur dan analisis data.

Pada uji statis komponen yang digunakan adalah tabung oksigen bertekanan, selang oksigen, landasan uji dan mesin roket. Mesin roket terdiri dari

9 macam dengan desain dan bahan yang berbeda, dari berbagai macam mesin, mesin yang paling tahan terhadap tekanan dan panas yang dihasilkan dari pembakaran adalah yang berbahan dasar baja.

Tabel 4. Hasil uji statis mesin roket dengan propelan minyak jelantah dan kapuk

Kode mesin roket	Bobot roket (gram)	Bobot bahan bakar (gram)	Pmin non bakar (Psi)	Pmin bakar (Psi)	Pmax bakar (Psi)	Koefisien panas	Daya dorong (kg)	Daya dorong/ Bobot	Keterangan
R1	946	-	300	-	-	-	-	-	tidak terbang ; acuan bobot untuk R2
R2	450	-	-	50	50	2.85	17.8	39.55	terbang ; hancur
R3	285	44	80	40	40	2	64.09	224.878	melayang ; hancur
R4	339	154	120	40	40	3	14.24	42.005	terbang ; hancur
R5	366	29	-	-	-	-	-	-	tidak terbang ; uji penahan panas
R6	273	52	50	20	80	2.5	2.23 - 8.90	8.16 - 32.60	terbang ; selamat
R7	946	201	200	120	150	1.67	8.92 - 11.15	9.43 - 11.79	terbang ; selamat
R8	527	83	180	100	150	1.8	134.68 - 202.01	255.55 - 383.33	terbang ; selamat
R9	1069	276	100	40	100	2.5	188.36 - 470.90	176.20 - 440.51	terbang ; selamat

P min bakar adalah tekanan yang dibutuhkan roket untuk meluncur tanpa pembakaran sedangkan P min bakar adalah tekanan yang dibutuhkan mesin roket untuk meluncur dengan bantuan pembakar kapuk jelantah di dalam mesin roket, P max bakar adalah tekanan yang mampu ditahan mesin roket untuk terus meluncur. Dari hasil yang diperoleh pada mesin roket R3, R4, R6, R7, R8, dan R9 penambahan pembakaran bahan bakar menurunkan tekanan yang dibutuhkan mesin untuk meluncur hal ini menunjukkan bahwa pembakaran kapuk dan minyak jelantah berpengaruh terhadap kenaikan mesin roket. Nilai koefisien panas diperoleh dengan cara membagi P min bakar dengan P min non bakar, hasil terbesar diperoleh dari R4 dengan nilai 3, hal ini menunjukkan panas di R4 sangat berpengaruh terhadap tekanan yang diperlukan mesin. Nilai daya dorong diperoleh berdasarkan hasil perkalian dari A (luas penampang *nozzle* mesin roket) dan P (tekanan). Hasil tertinggi pada mesin R9 dengan nilai 188.36 - 470.90 kg. Hal ini menunjukkan bahwa R9 memiliki kapasitas muatan yang paling besar. Besarnya daya dorong ini dipengaruhi oleh bentuk dan ukuran mesin. R9 menggunakan dua ruang pembakaran yang membuatnya mampu membakar lebih banyak bahan bakar dibandingkan mesin lainnya (lihat dokumentasi). Rasio daya dorong-bobot terbesar juga dihasilkan oleh mesin R9 dengan nilai 176.20 - 440.51. Rasio daya dorong-bobot menentukan batas akselerasi dari roket yang mana semakin besar jika nilainya semakin besar. Dengan nilai rasio daya dorong-bobot yang didapat R9, secara teori mesin ini dapat digunakan untuk meluncurkan wahana ruang angkasa lepas dari gravitasi bumi jika diperbesar secara skalatis karena nilai kekuatan mesin roket ini sudah di atas nilai rata-

rata roket konvensional yang ada saat ini contoh mesin F1 (roket Saturn V dalam misi Apollo) yang memiliki nilai rasio daya dorong-bobot sebesar 94.1.

## V. KESIMPULAN

Kombinasi minyak jelantah dan serabut kapuk randu (*Ceiba pentadra*) dapat digunakan sebagai bahan bakar roket yang relatif aman, ekonomis, dan berdaya dorong tinggi dengan minyak jelantah sebagai bahan bakar, serabut kapuk randu sebagai media serapan, dan oksigen cair sebagai oksidator.

## VI. DAFTAR PUSTAKA

- Allen HJ, AJ Eggers. 1958. *A Study of the Motion and Aerodynamic Heating of Ballistic Missiles Entering the Earth's Atmosphere at High Supersonic Speeds*. NACA.
- Anthasari RU. 2008. *Kajian Proses Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dengan Menggunakan Katalis Abu Tandan Kosong Sawit*. Skripsi. Bogor: IPB.
- Clark J. 1972. *Ignition! An Informal History of Liquid Rocket Propellants*. New Brunswick: Rutgers University Press.
- Deptan. 2011. *Kapuk*. [terhubung berkala] [http://balittas.litbang.deptan.go.id/ind/index.php?option=com\\_content&view=category&layout=blog&id=46&Itemid=68](http://balittas.litbang.deptan.go.id/ind/index.php?option=com_content&view=category&layout=blog&id=46&Itemid=68). (5 Oktober 2012)
- Helmenstine AM. 2012. *Make Nitrocellulose or Flash Paper*. [terhubung berkala] <http://chemistry.about.com/od/makechemicalsyourself/a/make-nitrocellulose-flash-paper.htm>. (10 Juni 2012)
- Kusuma IGBW. 2003. Pembuatan Biodiesel dari Minyak Jelantah dan Pengujian terhadap Prestasi Kerja Mesin Diesel. *Poros*. 6: 227-234.
- LAPAN. 2010. Pengembangan Roket Pengorbit Satelit 2010. *Annual Report 2010*. 1: 9.
- Ley W. 2002. *Ilmu Pengetahuan Populer Jilid I: Roket*. Jakarta: PT Widyadara.
- Martin WAP. 1901. *The Lore of Cathay or The Intellect of China*. New York: Fleming H. Revell Company.
- NSSC. 1999. Rocket Theory. *AU Space Reference Guide*. 2: 5-21.
- Suhono B. 2005. *Ensiklopedia Flora*. Bogor: LIPI.
- Sutton GP. 1986. *Rocket Propulsion Elements*. New York: John Wiley & Sons.
- Tye YY, Lee KT, Wan Abdullah WN, Leh CP. 2012. Potential of *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn. (kapok fiber) as a resource for second generation bioethanol: effect of various simple pretreatment methods on sugar production. *Bioresour Technol*. 116: 536-539.
- Y Wang, S Ou, P Liu, Z Zhang. 2007. Preparation of biodiesel from waste cooking oil via two-step catalyzed process. *Energy Conversion and Management*. 48: 184-188.

## LAMPIRAN Dokumentasi

### 1. Pengumpulan bahan bakar



1.1 Kapuk randu dari kasur asrama TPB IPB



2.2 Penjemuran kapuk dan pengemasan

### 2. Uji produksi bahan bakar



2.1 Nitirasi 1



2.2 Nitirasi 2



2.3 Nitirasi 3



2.4 Nitrogliserin



2.5 Penyusunan alat  
Penyulingan



2.6 Uji pembakaran  
terhadap gas hasil sulingan

### 3. Uji Statis



3.1 Mesin roket yang diuji



3.2 Uji statis

Nota Pendanaan

6-07-2013  
 Supr. No. 020245365 - Bty  
 Bp. X CARAKA  
 Jl. Kecipir no 13/15  
 Taman Dharma  
 Permai 2 Blok B2  
 087870745285

**MULYA JAYA**  
 JUAL BELI BESI & TERIMA PESEMAN  
 BANGKAL BEKOT CAKUP PASAR  
 PINTU TERALIS DLL  
 A. Raja Chemping Selatan No. 11 No. 9  
 Telp. (021) 852211, 852111 Bogor Barat  
 NOTA No.: 020245365 - Bty

NO	NAMA BARANG	HARGA	JUMLAH
1	1 Tangas Gas + ISI	800.000	
	Transfer	50.000	
			Total 850.000

TANDA TERIMA  
 PERHATIAN  
 Barang yang sudah diantar  
 tidak dapat dikembalikan

Jumlah Rp  
 Uang Muka Rp  
 Sisa Rp

*E.C. Sita*  
 G. Wianan C. Sita

**SUPERHOME**

PT. HOME RETAILINDO  
 KOTANI SUKARE - LG. NO. 1  
 Jln. Raya Pajajaran  
 tlp. 0251-940068-69, Fax. 0251-940067  
 Kritik & Saran SMS ke : 0811-157979  
 mail : customer\_service@superhome.cn.id  
 NPWP : 02.9v1.922.5-035.000

h t : 180-38/1305/51279 Kasir : devi  
 ota : 25/25/2013(2013)

20801029 N.L. MAC-545 8130MPR  
 1 x 1.189,000 1.189,000

Total : 1.189,000  
 Total Diskon : 0  
 Bayar : 1.200,000  
 Kembali : 11,000  
 Total tagg : 1

Terima Kasih

02-7-2013  
 Supr. No. 020245365 - Bty  
 Bp. X CARAKA  
 Jl. Kecipir no 13/15  
 Taman Dharma  
 Permai 2 Blok B2  
 087870745285

**MULYA JAYA**  
 JUAL BELI BESI & TERIMA PESEMAN  
 BANGKAL BEKOT CAKUP PASAR  
 PINTU TERALIS DLL  
 A. Raja Chemping Selatan No. 11 No. 9  
 Telp. (021) 852211, 852111 Bogor Barat  
 NOTA No.: 020245365 - Bty

NO	NAMA BARANG	HARGA	JUMLAH
1	1 Tangas Gas + ISI	800.000	
	Transfer	50.000	
			Total 850.000

TANDA TERIMA  
 PERHATIAN  
 Barang yang sudah diantar  
 tidak dapat dikembalikan

Jumlah Rp  
 Uang Muka Rp  
 Sisa Rp

*E.C. Sita*  
 G. Wianan C. Sita

**ASTRA international**

PT. Astra International Tbk. - Daihatsu  
 Daihatsu Bogor  
 Jl. Raya Pajajaran  
 BOGOR

**DAIHATSU**

FAKTUR SUKU CADANG  
 No. D260-2013000126  
 Tanggal 4.05.2013

NAMA : BP. ESDINAWAN CARAKANTARA BAIKHA  
 ALAMAT : BOGOR

No.	No. part	Nama Part	Qty	Harga	Total Harga
1	D88460-BX060-001	CONDENSOR ASSY	1	990,000	990,000

**LUNAS**  
 4 MAY 2013

Jumlah 990,000  
 DISC.  
 meterai 3,000  
 TOTAL 993,000

*E.C. Sita*  
 G. Wianan C. Sita

PIC PENJUALAN SC  
**PT ASTRA INTERNATIONAL**  
 DAIHATSU SALES OPERATION  
 BOGOR

www.astra.co.id

FSAP-DSO-HALF-2