



USULAN PROGRAM KREATIFITAS MAHASISWA

TEKNIK *METABOLIC ENGINEERING*

UNTUK PENINGKATAN PRODUKTIFITAS BODIESEL

DARI TANAMAN JARAK PAGAR (*Atropa curcas L*)

BIDANG KEGIATAN

PKM GAGASAN TERTULIS

Diusulkan oleh:

| | | |
|----------------|-----------|------|
| MUJIBUR RAHMAN | G84070020 | 2007 |
| AMRAN ADRI | G44070066 | 2007 |
| RIDHO PRATAMA | G84080054 | 2008 |

INSTITUT PERTANIAN BOGOR

BOGOR

2011

HALAMAN PENGESAHAN

1. Judul Kegiatan : Teknik *Metabolic Engineering* untuk Peningkatan Produktifitas Biodiesel Dari Tanaman Jarak Pagar (*Atropa Curcas L*)
2. Bidang Kegiatan : (√) PKM-GT () PKM-AI
Bidang Teknologi dan Rekayasa
3. Ketua Pelaksana Kegiatan
- a. Nama Lengkap : Mujibur Rahman
 - b. NIM : G84070020
 - c. Jurusan : Biokimia
 - d. Institut : Institut Pertanian Bogor

Bogor, 4 Maret 2011

Menyetujui,
Ketua Departemen Biokimia

Ketua Pelaksana Kegiatan

Dr. Ir. I Made Artika, M.App, Sc
NIP. 19630117 198903 1 000

Mujibur Rahman
NIM. G84070020

Wakil Rektor Bidang Akademik
dan Kemahasiswaan IPB

Dosen Pendamping

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

Prof. Dr. drh. Maria Bintang, MS
NIP. 19510514 197803 2 001

KATA PENGANTAR

Alhamdulillah, puji syukur penulis ucapkan ke hadirat Allah SWT atas segala nikmat dan karunia-Nya, sehingga karya tulis ini berhasil diselesaikan. Karya tulis ini diberi judul “Teknik Metabolic Engineering untuk Peningkatan Produktifitas Biodiesel Tanaman Jarak Pagar (*Atropha Curcas L*)”, disusun dalam rangka mengikuti Program Kreativitas Mahasiswa bidang Gagasan Tertulis.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang membantu, memberi masukan, dan saran selama proses penulisan dan penyusunan karya tulis ini, antara lain Prof. Dr. drh. Maria Bintang, MS dan Ir. Sri Koerniati, M.Sc, Ph.D selaku pendamping dalam penulisan karya tulis ini serta Dr. I Made Artika, M.App, Sc sebagai ketua departemen Biokimia. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada teman-teman sekontrakan, serta rekan-rekan Biokimia angkatan 44 yang selalu memberikan dukungan dan do`anya.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan karya tulis ini masih banyak terdapat kekurangan. Oleh karena itu kritik dan saran yang sifatnya membangun akan penulis terima dengan senang hati demi kesempurnaan karya tulis ini. Semoga karya tulis ini bermanfaat bagi penulis khususnya serta masyarakat umumnya dan semoga dapat memberikan wawasan baru dalam baru dalam perkembangan ilmu dan teknologi.

Bogor, Maret 2011

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|---|----------------|
| HALAMAN PENGESAHAN..... | ii |
| KATA PENGANTAR | iii |
| DAFTAR ISI..... | iv |
| RINGKASAN | v |
| PENDAHULUAN | 1 |
| Latar Belakang | 1 |
| Tujuan Penulisan | 2 |
| Manfaat Penulisan | 2 |
| GAGASAN | 3 |
| Kondisi Energi Indonesia Saat ini | 3 |
| Jarak Pagar (<i>Jatropha curcas</i> L) dan Manfaatnya | 3 |
| Potensi <i>Metabolic Engineering</i> | 4 |
| Pengembangan <i>Metabolic Engineering</i> Sebagai Alternatif Peningkatan Kandungan Minyak pada Jarak Pagar | 5 |
| Peran Pemerintah dan Masyarakat | 6 |
| KESIMPULAN..... | 7 |
| DAFTAR PUSTAKA | 8 |
| LAMPIRAN 1 NAMA DAN BIODATA PENULIS | 10 |

RINGKASAN

Beberapa tahun terakhir, Indonesia telah menjadi negara importir bahan bakar minyak. Permasalahan muncul pada saat harga minyak bumi dunia tidak stabil dan mengalami peningkatan mencapai US\$ 80 per barel. Akibat kenaikan tersebut negara harus mengeluarkan devisa sekitar 170 miliar per hari untuk keperluan impor. Akibatnya, harga BBM di dalam negeri menjadi semakin tinggi. Oleh karena itu, sudah saatnya Indonesia memutuskan kebergantungan pada sumber energi fosil yang sifatnya tidak terbarukan dan beralih ke sumber energi alternatif berbahan baku nabati yang sifatnya terbarukan.

Salah satu bioenergi alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil (solar) adalah biodiesel. Biodiesel memiliki energi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi sehingga pembakarannya menjadi lebih efisien. Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) dipandang menarik sebagai sumber biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi yaitu mencapai 63%, namun, dari jumlah tersebut hanya 30% yang bisa digunakan sebagai biodiesel. Maka perlu dilakukan suatu inovasi untuk meningkatkan metabolisme minyak didalam organ tanaman Jarak Pagar yaitu dengan *metabolic engineering*.

Biodiesel merupakan suatu energi alternatif yang diperoleh dari minyak nabati atau minyak hewani dan bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil (petrodiesel). Biodiesel mempunyai sifat yang sangat mirip dengan petrodiesel, tetapi memiliki energi pembakaran dan angka setana yang lebih tinggi (>60) sehingga proses pembakaran menjadi lebih efisien, juga sekaligus dapat melumasi piston mesin. Pada minyak nabati terdapat banyak oksigen sehingga pembakaran lebih sempurna. Karena itu, gas buangnya tidak berbahaya, bersih, dan ramah lingkungan. Selain itu dengan biodiesel, mesin lama yang menggunakan bahan bakar fosil tetap bisa digunakan tanpa perlu dimodifikasi. Secara tidak langsung hal ini merupakan nilai tambah ekonomis. Artinya untuk beralih ke bahan bakar biodiesel tidak diperlukan tambahan biaya untuk mengganti mesin, perawatan, dan pemeliharaan lainnya.

Metabolic engineering adalah suatu teknik yang digunakan memanipulasi jalur metabolisme pada suatu organisme. Seperti meningkatkan jumlah senyawa metabolik spesifik yang diinginkan pada organ tanaman. Dengan teknik ini kandungan minyak Jarak Pagar yang hanya 30% (yang bisa untuk biodiesel) bisa dibuat menjadi 100% biodiesel, serta menghambat semua sintesis senyawa metabolik yang tidak berguna dan mengganggu seperti asam lemak rantai pendek. Diharapkan dengan teknik ini mampu menghasilkan tanaman Jarak Pagar unggulan yang memiliki kandungan minyak tinggi didalam organ tanaman tersebut. Dengan teknik ini kandungan minyak yang dapat dijadikan bahan baku biodiesel bisa dibuat menjadi 100% biodiesel. Perbanyak kandungan minyak yang dapat dijadikan biodiesel pada suatu tanaman dapat dilakukan melalui modifikasi genetik. Dengan adanya tanaman hasil rekayasa ini diharapkan intitusi pemerintah dan lembaga-lembaga terkait tidak lagi harus mencari energi alternatif yang baru, akan tetapi cukup dengan melakukan rekayasa metabolik terhadap tanaman yang berpotensi menghasilkan minyak, sehingga akan memberikan nilai tambah bagi tanaman tersebut, yang tentunya akan berdampak positif terhadap lingkungan, pembangunan, kesejahteraan petani, dan ekonomi negara.

PENDAHULUAN

Latar Belakang

Kebutuhan energi sangatlah pokok bagi pertumbuhan suatu negara. Kebutuhan energi terus meningkat sejalan dengan pertumbuhan penduduk dan pertumbuhan ekonomi, Di kawasan Asia energi tumbuh 2,8 % yang disebabkan oleh perkembangan ekonomi dan industri yang pesat terutama di Cina dan India serta negara berkembang lainnya termasuk Indonesia. Pembangunan bangsa Indonesia dapat berjalan dengan baik jika kebutuhan akan energi dapat terpenuhi. Namun seiring dengan berjalannya waktu jumlah pasokan energi yang bersumber dari bahan bakar fosil semakin lama semakin berkurang, ditambah lagi dengan belum tersedianya teknologi dalam pengolahan minyak mentah yang berada di Indonesia, sehingga pasokan bahan bakar minyak sangat bergantung pada impor dari negara maju, harga minyak impor yang tidak stabil menyebabkan jumlah subsidi bahan-bakar minyak semakin meningkat, sehingga anggaran negara menjadi berkurang (Hambali *et al* 2006).

Indonesia mempunyai potensi sumberdaya energi yang besar, diantaranya adalah energi panas bumi dan gas bumi seperti batubara, namun pemanfaatan energi ini tidak ramah lingkungan. Selain itu Indonesia memiliki sumber daya energi baru dan terbarukan (EBT) yang berlimpah. EBT merupakan energi alternatif yang cukup ideal. Potensi sumber daya EBT yang ada di Indonesia salah satunya adalah bahan bakar nabati. Penggunaan bioenergi sebagai sumber energi alternatif semakin menuntut untuk direalisasikan. Selain merupakan solusi menghadapi kelangkaan energi fosil pada masa mendatang, bioenergi juga bersifat ramah lingkungan, dapat diperbaharui (*renewable*), serta mampu mengeliminasi emisi gas buang dan efek rumah kaca (Jaya 2005).

Salah satu bioenergi alternatif yang bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil (solar) adalah biodiesel. Biodiesel merupakan suatu energi alternatif yang diperoleh dari minyak nabati atau minyak hewani dan bisa digunakan sebagai bahan bakar layaknya bahan bakar fosil (petrodiesel). Perbedaan antara ester minyak nabati dan solar sangat kecil. Pada minyak nabati terdapat banyak oksigen sehingga pembakaran lebih sempurna. Karena itu, gas buangnya tidak berbahaya, bersih, dan ramah lingkungan (Santoso *et al* 2005). Selain itu dengan biodiesel, mesin lama yang menggunakan bahan bakar fosil tetap bisa digunakan tanpa perlu dimodifikasi. Secara tidak langsung hal ini merupakan nilai tambah ekonomis. Artinya untuk beralih ke bahan bakar biodiesel tidak diperlukan tambahan biaya untuk mengganti mesin, perawatan, dan pemeliharaan lainnya (Sudradjat *et al* 2007).

Jarak Pagar pagar (*Jatropha curcas* L) merupakan tumbuhan semak berkayu yang banyak ditemukan di daerah tropik. Tumbuhan ini dikenal sangat tahan kekeringan dan mudah diperbanyak dengan stek. Jarak Pagar pagar dapat dijadikan bahan bakar diesel karena kandungan minyak bijinya. Jarak Pagar pagar dipandang menarik sebagai sumber biodiesel karena kandungan minyaknya dan sudah digunakan sebagai biodiesel semenjak zaman belanda, namun kandungan minyak yang terdapat dalam biji Jarak Pagar ini tidak semuanya bisa berfungsi

sebagai biodiesel, hanya lemak rantai panjang saja yang bisa digunakan sebagai biodiesel, hanya 30% yang bisa digunakan sebagai biodiesel dari 63% kandungan minyak total, selain itu bilangan asamnya yang relatif tinggi menjadikan minyak Jarak Pagar tidak terlalu baik sebagai biodiesel bila digunakan secara langsung (Sudrajat 2006).

Salah satu alternatif yang bisa dilakukan adalah dengan teknologi *metabolic engineering*. Dengan teknik ini memungkinkan untuk memanipulasi dan meningkatkan produktifitas senyawa metabolik pada tanaman Jarak Pagar, dengan melakukan modifikasi terhadap reaksi metabolisme spesifik pada tanaman Jarak Pagar, dalam kajian ini adalah Jalur sintesis lipid dan biodiesel. Manipulasi jalur metabolisme bisa dilakukan untuk meningkatkan produktifitas biodiesel dan senyawa metabolik lainnya yang dianggap perlu. Adapun pendekatan yang bisa dilakukan dalam *metabolic engineering* adalah teknologi DNA rekombinan serta pemahaman yang baik terhadap jalur fisiologi selular organisme target (Farmer and Liao 1996, Cameron and Chaplen 1997). Diharapkan dari proses ini akan diperoleh jenis tanaman Jarak Pagar yang mampu menghasilkan biodiesel dengan jumlah yang tinggi, bahkan tidak menutup kemungkinan untuk sintesis tanaman Jarak Pagar yang menghasilkan biodiesel mencapai 100%. Pada dasarnya *metabolic engineering* adalah aplikasi dari teknik desain dan analisis jalur metabolisme untuk tujuan tertentu (Yang *et al* 1998).

Tujuan Penulisan

Berdasarkan permasalahan yang diungkapkan, penulisan ini bertujuan untuk meningkatkan produksi biodiesel di dalam organ tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) melalui desain jalur metabolisme dengan modifikasi genetik dan *metabolic engineering*.

Manfaat Penulisan

- a. Bagi pemerintah, diharapkan dapat membantu memberikan solusi sumber energi alternatif terbarukan yang dapat diproduksi di dalam negeri sehingga dapat mengurangi anggaran negara terhadap bahan bakar fosil.
- b. Bagi kepentingan penelitian, diharapkan dapat memberikan informasi dan pemahaman tentang teknologi rekayasa genetik dan *metabolic engineering* pada tanaman Jarak Pagar, khususnya pada jalur metabolisme sintesis asam lemak dan sintesis biodiesel. Sehingga jalur sintesis biodiesel bisa diatur untuk meningkatkan produktifitas minyak pada skala seluler.
- c. Bagi industri biodiesel, diharapkan dari penulisan ini dapat digunakan sebagai referensi proses produksi biodiesel tanaman Jarak Pagar rekayasa sehingga akan memperoleh jumlah biodiesel yang lebih tinggi dari tanaman Jarak Pagar biasa. Sedangkan bagi industri yang memanfaatkan sumber energi biodiesel, diharapkan mau menggunakan sumber energi alternatif ini, selain untuk menjaga lingkungan juga dapat meningkatkan kesejahteraan petani.

- d. Bagi masyarakat, diharapkan dapat memberikan informasi bahwa Jarak Pagar pagar (*Jatropha curcas* L) dapat menjadi sumber energi alternatif, terutama tanaman Jarak Pagar yang telah direkayasa, dimana produktifitas biodiesel lebih tinggi dari tanaman yang belum direkayasa. Sehingga akan banyak permintaan tanaman rekayasa dari perusahaan biodiesel sebagai bahan baku kepada petani Jarak Pagar Pagar, yang pada akhirnya juga akan berdampak pada meningkatnya kesejahteraan para petani.

GAGASAN

Kondisi Energi Indonesia Saat ini

Dalam beberapa tahun terakhir, pertumbuhan penduduk Indonesia semakin tidak terkendali, sehingga tingkat kebutuhan energi nasional pun akan semakin meningkat, dalam sepuluh tahun terakhir saja tingkat pertumbuhan energi listrik nasional mencapai 8,2 persen, hal ini terjadi ditahun 1990. Akan tetapi semenjak tahun 1992, kebutuhan energi nasional mencapai 18 persen rata-rata pertahun. Apabila pola konsumsi energi seperti sekarang terus berlanjut, maka dalam kurun waktu 50 tahun kedepan cadangan minyak dunia akan habis. Keadaan ini bisa diamati dengan semakin meningkatnya pemakaian kendaraan bermotor sehingga kecenderungan memakai minyak pun semakin meningkat, disisi lain dengan semakin meingkatnya jumlah kendaraan maka kemungkinan terjadinya kemacetan semakin tinggi misalnya di Jakarta. Bahkan dalam sehari saja jumlah energi yang habis disebabkan kemacetan sangatlah tinggi, jika jumlahnya dikonversi kedalam mata uang akan mengeluarkan nilai yang spektakuler yaitu mencapai 2 milyar rupiah per hari (Latif dan Triyani 2011).

Jika keadaan ini terus bertahan, berarti diperlukan pula pengadaan sistem pembangkit energi listrik tambahan guna mengantisipasi peningkatan kebutuhan tersebut. Dilema yang timbul adalah di satu sisi, pusat-pusat pembangkit energi listrik yang besar tentu akan diorientasikan untuk mencukupi kebutuhan beban besar, seperti industri dan komersial. Di sisi lain perlu juga dipikirkan agar beban kecil, seperti perumahan dan wilayah terpencil, dapat dipenuhi kebutuhannya akan energi. Salah satu alternatif yang dapat diupayakan adalah dengan membangun pusat-pusat pembangkit kecil sampai sedang yang memanfaatkan potensi sumber daya energi setempat, khususnya sumber daya energi baru dan terbarukan.

Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) dan Manfaatnya

Jarak Pagar pagar dipandang menarik sebagai sumber biodiesel karena kandungan minyaknya yang tinggi, tidak berkompetisi untuk pemanfaatan lain, dan memiliki karakteristik agronomi yang sangat menarik. Minyak dari bijinya dapat diolah menjadi biodiesel. Seusai kemerdekaan, pemanfaatannya terbengkalai. Kandungan minyak bijinya dapat mencapai 63%. Pengembangan pemanfaatan minyak Jarak Pagar pagar sebagai bahan bakar melalui pendekatan

ilmiah di Indonesia dimulai sejak tahun 1997 di ITB dengan fokus ekstraksi minyak. BPPT kemudian juga terlibat. Minyak Jarak Pagar mulai menjadi sorotan dunia semenjak melonjaknya harga minyak mineral dan isu lingkungan diangkat (Akbar *et al* 2009). Salah satu perusahaan BUMN yaitu Pertamina telah menyatakan siap menampung biodiesel. Sedangkan Negara-negara dengan kesadaran lingkungan tinggi bahkan telah mewajibkan penjualan biodiesel di stasiun pengisian bahan bakar, seperti negara-negara Eropa Barat dan Jepang.

Metabolic engineering merupakan gabungan dari berbagai disiplin ilmu pengetahuan, yaitu *chemical engineering*, ilmu komputer, biokimia, dan biologi molekuler (Bailey 1991). *Metabolic engineering* suatu teknik yang bertujuan untuk memanipulasi senyawa metabolik yang dihasilkan suatu organisme (Lessard 1996), dalam hal ini tanaman Jarak Pagar, namun di Indonesia sendiri teknologi untuk *metabolic engineering* masih sulit untuk dijumpai bahkan hampir tidak ada, hal ini dikarenakan masih sangat sedikit orang yang mampu menguasai teknologi dan ilmu ini, selain itu biaya yang sangat tinggi serta instrument yang digunakan untuk proses *metabolic engineering* masih terbatas. Target dari *metabolic engineering* adalah jalur sintesis lipid yang merupakan senyawa metabolik dari metabolisme tanaman Jarak Pagar. Seperti penulis uraikan sebelumnya, tanaman Jarak Pagar memiliki kandungan minyak yang sangat tinggi yaitu 64%, namun dari jumlah tersebut hanya 30% saja yang bisa digunakan sebagai biodiesel. Sehingga sampai saat ini para peneliti masih terus mencari-cari tanaman yang mampu menghasilkan kadar minyak yang lebih tinggi daripada Jarak Pagar (Akbar *et al* 2009).

Potensi *Metabolic Engineering*

Adapun inovasi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan nilai tambah tanaman Jarak Pagar, khususnya kandungan minyak yang bisa digunakan sebagai biodiesel, yaitu dengan melakukan *metabolic engineering*. Dengan teknik ini kandungan minyak Jarak Pagar yang hanya 30% (yang bisa untuk biodiesel) bisa dibuat menjadi 100% biodiesel. Serta menghambat semua sintesis metabolik yang tidak berguna, serta membuat bilangan asamnya menjadi lebih rendah dengan mengurangi sintesis asam lemak, sehingga bilangan asam menjadi lebih rendah dan biodiesel yang dihasilkan menjadi sangat baik.

Teknik *metabolic engineering* dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mempelajari dan mencari tahu jalur metabolisme lipid dari tanaman Jarak Pagar. Kemudian dilakukan identifikasi terhadap enzim, substrat, dan senyawa apa saja yang terlibat dalam sintesis lipid tersebut. Setelah jalur metabolisme lipid dipelajari kemudian dilakukan desain jalur sintesis lipid baru terhadap jalur tersebut, serta melakukan desain inhibitor untuk menghambat enzim yang mensintesis asam lemak yang tidak diinginkan seperti asam lemak pendek. Serta memotong berbagai jalur sintesis yang tidak diperlukan, semua tahapan ini dilakukan pada skala seluler dan enzimatik. Untuk memasukkan inhibitor kedalam genom tanaman dapat dilakukan dengan teknologi rekayasa genetik. sehingga akan diperoleh tanaman Jarak Pagar dengan genetik modifikasi yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap sintesis senyawa metabolik.

Indonesia merupakan Negara yang sedang berkembang, sehingga untuk mencari instrument dan bahan untuk melakukan *metabolic engineering* tanaman masih sangat sulit. Namun hal ini bukan berarti tidak mungkin, dari pengalaman penulis, ada beberapa institusi pemerintah yang mampu melakukan rekayasa genetik terhadap genom tanaman, yaitu Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumber Daya Genetik di Cimanggu. Sedangkan untuk ekstraksi minyak sendiri bisa dilakukan di Pusat Penelitian dan pengembangan Hasil Hutan. Selain itu intitusi pendidikan harus turun tangan dalam kegiatan ini, khususnya yang berada dibidang Ilmu komputer, Matematika, Biologi Molekuler, *Metabolic engineering*, dan Biokimia. Karena ilmu tersebut mengambil peran yang sangat penting dalam kegiatan ini dan belum mampu dilakukan dengan ilmu pasti lainnya.

Pengembangan *Metabolic Engineering* Sebagai Alternatif Peningkatan Kandungan Minyak pada Jarak Pagar

Perbaikan sifat suatu tanaman dapat dilakukan melalui modifikasi genetik, baik itu secara konvensional maupun bioteknologi. Akan tetapi untuk *metabolic engineering* tidak bisa dilakukan secara konvensional, karena untuk memanipulasi jalur metabolisme tidak bisa dengan hanya perpindahan satu gen saja, tetapi harus dalam tahap bioteknologi. Satu-satunya cara adalah dengan teknologi rekayasa genetik. Dengan teknik ini untuk memasukkan senyawa inhibitor dan substrat bisa dilakukan (Bouchez & Hofte 1998, Herman 2002).

Metabolic engineering tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) belum pernah dilakukan dalam industri bioteknologi, bahkan di Indonesia sendiri teknologi ini masih sangat baru. Tingkat keberhasilan teknik *metabolic engineering* tergantung pada beberapa hal, diantaranya adalah desain jalur metabolisme yang baru diharapkan tidak mengganggu metabolisme lain demi kelangsungan hidup tumbuhan tersebut, gen yang mengkode inhibitor enzim yang diintroduksi harus bisa diterima oleh tanaman target, metode transformasi, sistem regenerasi tanaman dan seleksi, serta ekspresi dari gen yang dimasukkan ke dalam genom tanaman harus dapat diinsersikan ke genom tanaman yang diinginkan dan dapat diekspresikan serta tetap terpelihara dalam seluruh proses pembelahan sel berikutnya (Watson *et al* 1987).

Dalam melakukan *metabolic engineering* diperlukan pemahaman yang dalam terhadap ilmu Biokimia, khususnya dibidang metabolisme. Metabolisme adalah bidang ilmu dasar yang bekerja pada tahap reaksi-reaksi biokimia didalam makhluk hidup, dalam kajian ini reaksi biokimia yang dimaksud adalah jalur metabolisme lipid pada tanaman Jarak Pagar. Kemudian bidang ilmu komputer untuk melakukan desain jalur baru sintesis lipid, dimana pada jalur baru tersebut segala produk metabolik yang dianggap tidak perlu dihambat atau dihilangkan. Proses penghambatan dan penghapusan jalur metabolisme bisa dilakukan pada tahap enzimatik, yaitu dengan menghambat kinerja enzim dengan memasukkan inhibitor (Lehninger 2006). Selain itu pemahaman terhadap ilmu biologi molekuler pun sangat penting, karena untuk memasukkan gen asing kedalam tanaman tidak bisa dilakukan secara langsung, pada proses ini gen yang dimasukkan harus bisa diterima oleh genom tanaman Jarak Pagar, dan harus bisa

diwariskan hingga generasi selanjutnya dan tetap terekspresi pada seluruh proses pembelahan sel berikutnya (Watson *et al* 1987).

Setelah proses *metabolic engineering* selesai juga perlu dilakukan modifikasi metode ekstraksi dan sintesis biodiesel dari tanaman Jarak Pagar rekayasa. Sintesis biodiesel bisa dilakukan melalui transesterifikasi minyak dengan alkohol rantai pendek dibantu dengan katalis basa atau asam. Transesterifikasi adalah reaksi ester untuk menghasilkan ester baru yang mengalami pertukaran posisi asam lemak (Sontag 1982). Transesterifikasi minyak menjadi metil ester dapat dilakukan dengan satu tahap atau dua tahap, bergantung pada mutu awal minyak. Minyak dengan kandungan asam lemak tinggi membutuhkan beberapa tahap konversi sehingga biaya yang dibutuhkan menjadi tinggi. Reaksi yang melibatkan katalis asam digunakan untuk mengesterifikasi asam lemak dan dilanjutkan dengan transesterifikasi berkatalisis basa untuk mengubah trigliserida (Canaki & Gerpen 2001). Namun, tanaman hasil *metabolic engineering* kandungan asam lemak rantai pendek sangat rendah, sehingga proses transesterifikasi dapat dilakukan dengan satu tahap saja, hal ini tentu saja akan sangat menguntungkan produsen biodiesel dari segi biaya, teknologi, dan waktu produksi, khususnya yang menggunakan Jarak Pagar rekayasa sebagai bahan baku pembuatan biodiesel (Ambarita 2002).

Peran Pemerintah dan Masyarakat

Pengembangan energi terbarukan harus dilakukan secara komprehensif integrative dan sistematis. Disinilah dibutuhkanannya peran pemerintah untuk meregulasi dalam bentuk kebijakan nasional yang strategis dalam mendukung terciptanya peluang penelitian dan pengembangan serta berusaha dalam sektor energi terbarukan. Keterpaduan sinergi lembaga-lembaga itu juga secara bertahap telah mampu menempatkan posisi energi terbarukan tidak hanya memperkuat ekonomi rakyat maupun mereduksi kemiskinan masyarakat desa. Berfungsinya lembaga-lembaga penelitian dan pengembangan (R&D) di bidang teknologi energi terbarukan, seperti Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Badan Penelitian dan Pengembangan Teknologi (BPPT), dan lembaga-lembaga penelitian di perguruan tinggi di Indonesia, terbukti melahirkan mahakarya mandiri yang tidak hanya berani mengembangkan, tetapi juga dengan bangga menggunakan teknologi energi terbarukan buatan sendiri.

Masyarakat juga harus berperan dalam hal yang berkaitan dengan pemanfaatan energi yang dihasilkan bagi kegiatan-kegiatan yang mendorong ke arah hidup yang lebih baik, seperti memanfaatkan penerangan untuk belajar serta kegiatan yang meningkatkan pendapat masyarakat. Energi terbarukan dalam pemanfaatannya tidak hanya sekadar memberikan akses energi secara luas kepada masyarakat yang ingin dicapai, tetapi juga untuk sebagai alternatif penanggulangan kemiskinan.

KESIMPULAN

Jarak Pagar (*Jatropha curcas* L) mempunyai prospek pengembangan biodiesel yang menjanjikan, akan tetapi kandungan minyaknya relatif sedikit, sehingga perlu dilakukan rekayasa metabolik untuk meningkatkan kadar minyak tersebut. Salah teknik rekayasa yang dimaksud adalah *metabolic engineering*, teknik ini merupakan teknik untuk mengubah, menghambat, bahkan untuk memanipulasi jalur metabolisme minyak (lipid) pada organisme. Teknik ini bisa digunakan untuk meningkatkan produksi senyawa metabolik, dalam hal ini kandungan minyak yang bisa dibuat menjadi biodiesel pada tanaman Jarak Pagar. Adapun kandungan minyak pada Jarak adalah 63%, sedangkan yang bisa menjadi bahan baku biodiesel hanya 30%. Dengan teknologi ini bisa dibuat tanaman rekayasa yang mampu menghasilkan kandungan minyak 100%, dan kesemua kandungan minyak tersebut bisa menjadi bahan baku biodiesel. Sehingga akan meningkatkan nilai tambah bagi tanaman Jarak, yang tentunya akan berdampak terhadap lingkungan, pembangunan, kesejahteraan petani, dan ekonomi Indonesia dimasa mendatang.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar Y, Kamarudin, Ismail, Salimon. 2009. Characteristic and Composition of *Jatropha Curcas* Oil Seed from Malaysia and its Potential as Biodiesel Feedstock. *Eur J Sci Res* 29:396-403.
- Ambarita MTD. 2001. Transesterifikasi minyak goreng bekas untuk produksi metil ester [tesis]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Bailey JE. 1991. Toward a science of metabolic engineering. *Science* 252:1668-1675.
- Bouchez D, Hofte H. 1998. Functional genomics in plant. *Plant Physiol* 118:725-732.
- Cameron DC, and Chaplen F. 1997. Developments in metabolic engineering. *Current Opinions in Biotechnology* 8:175-180.
- Canaki M, Gerpen JV. 2001. Biodiesel from oils and fats with high free fatty acids. *Trans Am Soc Automotive Engine* 44:1429-1436.
- Farmer WR, and Liao JC. 1996. Progress in metabolic engineering. *Current Opinion in Biotechnology* 7:198-204.
- Hambali, Erliza A, Suryani, Prayoga T, Soerawija. 2006. *Jarak Pagar Pagar Penghasil Biodiesel*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Herman M. 2002. Perakitan hasil rekayasa genetik dan pengaturan keamanan hayati Indonesia. *Buletin Agrobio* vol 5(1).
- Jaya I. 2005. Optimasi sintesis biodiesel dari minyak Jarak Pagar pagar (*Jathropa curcas L*), melalui proses esterifikasi dan transesterifikasi [skripsi]. Bogor: Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Pertanian Bogor.
- Latif S, Triyani AM. 2011. Harga Minyak RI sudah Lampu Kuning. <http://bisnis.vivanews.com/news/read/207523-hatta--harga-icp-sudah-lampu-kuning>. [4 Maret 2011].
- Lehninger AL. 2006. *Principles of Biochemistry. Short Course in Biochemistry*.
- Lessard P. 1996. *Metabolic engineering, the concept coalesces. Nature Biotechnology* 14:1654-1655.
- Santoso WB, Ahmad P, Wuryaningsih SR. 2005. *Keunggulan komparatif Biodiesel Terhadap Bahan Bakar Minyak*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sontag NOV. 1982. *Fat Splitting, Esterification and Interesterification*. New York: John Wiley & Sons.

- Sudradjat R. 2006. *Memproduksi Biodiesel Jarak Pagar Pagar*. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Sudradjat R, Widyawati Y, Setiawan D. 2007. Optimasi proses esterifikasi pada pembuatan biodiesel dari Jarak Pagar pagar. *J Penelitian Hasil Hutan* 25:209-212.
- Watson JD, Hopkins NH, Roberts J, Seitz JA, Wainer AM. 1987. *Molecular Biology of the Gene*. Fourt Edition. California: The Benyamin/Cumming Publishing Co Inc.
- Yang YY, Bennett GN, San KY. 1998. *Genetik and Metabolic Engineering*. Departement of Bioengineering and Chemical Engineering, Rice university. *EJB Electronic J of Biotech* 1(3):15.

LAMPIRAN 1 NAMA DAN BIODATA PENULIS

KETUA KELOMPOK

Nama Lengkap : Mujibur Rahman
 NIM : G84070020
 Fakultas / Departemen : FMIPA/Biokimia
 Perguruan tinggi : Institut Pertanian Bogor
 Waktu untuk kegiatan PKM : 5 jam / minggu

Bogor, 4 Maret 2011
 Ketua Kelompok,

Mujibur Rahman
 NIM. G84070020

ANGGOTA KELOMPOK

1) Nama lengkap : Amran Ardi
 NIM : G44070066
 Fakultas / Departemen : FMIPA/KIMIA
 Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
 Waktu untuk kegiatan PKM : 5 jam/ minggu.

Amran Ardi
 NIM.G44070066

2) Nama lengkap : Ridho Pratama
 NIM : G84080054
 Fakultas / Departemen : FMIPA / Biokimia
 Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
 Waktu untuk Kegiatan PKM : 5 jam / minggu

Ridho Pratama
 NIM.G84080054

Nama Dan Biodata Dosen Pembimbing

Nama Lengkap dan Gelar : Prof. Dr. drh. Maria Bintang, MS
 NIP : 19510814 197803 2 001
 Pangkat/Golongan : IV E
 Jabatan Fungsional : Pembina Utama, Guru Besar Biokimia
 Fakultas/Program Studi : FMIPA/Biokimia
 Perguruan Tinggi : Institut Pertanian Bogor
 Waktu untuk Kegiatan PKM : 2 jam/minggu

Pembimbing Penulisan

Prof. Dr. drh. Maria Bintang, MS
 NIP. 19510814 197803 2 001