

## DARI EUGENOL SAMPAI PROSES DeeM 0709

Djumali Mangunwidjaja\*<sup>1</sup>

Bagian Bioindustri Departemen Teknologi Industri Pertanian Institut Pertanian  
Bogor (IPB), Kampus Darmaga PO Box 220 Bogor 16002

### Abstrak

*Inovasi dalam pengertian dasar adalah merupakan proses pengembangan gagasan baru dan temuan (invensi) sampai pada tahapan siap digunakan secara komersial atau kepentingan masyarakat. Inovasi merupakan aspek kunci dalam proses pengembangan teknologi. Tujuan inovasi adalah penciptaan teknologi baru. Inovasi merupakan tahapan yang penting dalam rantai industry, baik pengolahan maupun jasa. Teknologi hasil inovasi itu diterapkan untuk menghasilkan produk, proses, atau system. Terdapat tiga model inovasi bagi penciptaan produk atau proses baru, yaitu (i) model linear sederhana, (ii) model linear revisi, dan (iii) model hubungan-rantai. Pada model linear sederhana, proses inovasi bermula dari penelitian dasar, penelitian terapan, kemudian pengembangan dalam percobaan. Model kedua yang merupakan revisi dan pengembangan model linear, inovasi dimulai oleh adanya tarikan kebutuhan dan dorongan penemuan atau teknologi, yang dilanjutkan dengan penelitian terapan dan pengembangan. Model hubungan-rantai melibatkan berbagai kelompok peran yang saling-berintraksi, dan kegiatan ilmiah, penelitian dan pengembangan berlangsung sepanjang proses. Makalah ini menyajikan tiga inovasi lokal (indigenous innovation) : pengembangan eugenol, cocodiesel, dan proses DeeM 0709 untuk pengayaan protein - dari sekitar 50-an kasus nyata yang berhasil dihimpun di Indonesia baik pada tataran industry kecil, menengah maupun besar.*

### 1. Pendahuluan

Agroindustri – yang dalam pengertian sederhana merupakan industry yang mengolah hasil pertanian merupakan salah satu industry strategis yang semestinya menjadi perhatian pemerintah. Sebagai industry strategis diharapkan agroindustri mempunyai peran penting sebagai penopang ekonomi dan pembangunan nasional.

Teknologi mempunyai peran sangat penting dan kunci dalam transformasi suatu bahan mentah atau baku menjadi produk yang bernilai tambah tinggi. Dengan ragam hasil pertanian yang dimiliki Indonesia (keunggulan komparatif), melalui penerapan teknologi proses unggulan diharapkan dapat menghasilkan produk –produk kompetitif baik lokal, nasional maupun global. Masalah nasional berkaitan dengan penyediaan pangan dan gizi, diversifikasi energy, pelestarian lingkungan dapat diatasi dengan pengembangan agroindustri yang tepat.

Pengembangan teknologi (proses) untuk Agroindustri selain mengikuti pola umum yang berlaku di industry pengolahan, juga mempunyai keunikan karena bahan baku yang digunakan (hasil pertanian) yang bersifat mudah rusak,

---

<sup>1</sup> jumalimw@hotmail.com; djumali@ipb.ac.id;

musiman, volume kamba, serta keragaman komposisi kimiawi. Ciri-ciri khas hasil pertanian dan produk agroindustri tersebut membawa konsekuensi pada aspek-aspek teknik dan ekonomis pada pengembangan teknologi proses nya.

Inovasi merupakan aspek kunci dalam proses pengembangan teknologi baru. Inovasi (dari bahasa Latin, *innovare* : memperbarui, memperbaiki) dalam pengertian dasar adalah merupakan proses pengembangan gagasan baru dan temuan (invensi) sampai pada tahapan siap digunakan secara komersial atau kepentingan masyarakat. Organisasi untuk Pembangunan dan Kerjasama Ekonomi (OECD, didalam Johnston *et al.*2000) mendefinisikan inovasi teknologi sebagai integrasi langkah-langkah teknik, industry, komersial dan lainnya untuk mendapatkan pasar (pengguna, pen) atas sejumlah produk olahan atau proses baru. Tujuan inovasi adalah penciptaan teknologi baru. Inovasi merupakan tahapan yang penting dalam rantai industry, baik pengolahan maupun jasa. Teknologi hasil inovasi itu diterapkan untuk menghasilkan produk, proses, atau system.

Terdapat tiga model inovasi bagi penciptaan produk atau proses baru, yaitu (i) model linear sederhana, (ii) model linear revisi, dan (iii) model hubungan-rantai. Pada model linear sederhana, proses inovasi bermula dari penelitian dasar, penelitian terapan, kemudian pengembangan dalam percobaan (Gambar 1.a) . Model kedua yang merupakan revisi dan pengembangan model linear, inovasi dimulai oleh adanya tarikan kebutuhan dan dorongan penemuan atau teknologi, yang dilanjutkan dengan penelitian terapan dan pengembangan (Gambar 1.b) . Model hubungan-rantai melibatkan berbagai kelompok peran yang saling-berintraksi, dan kegiatan ilmiah, penelitian dan pengembangan berlangsung sepanjang proses (Gambar 2).

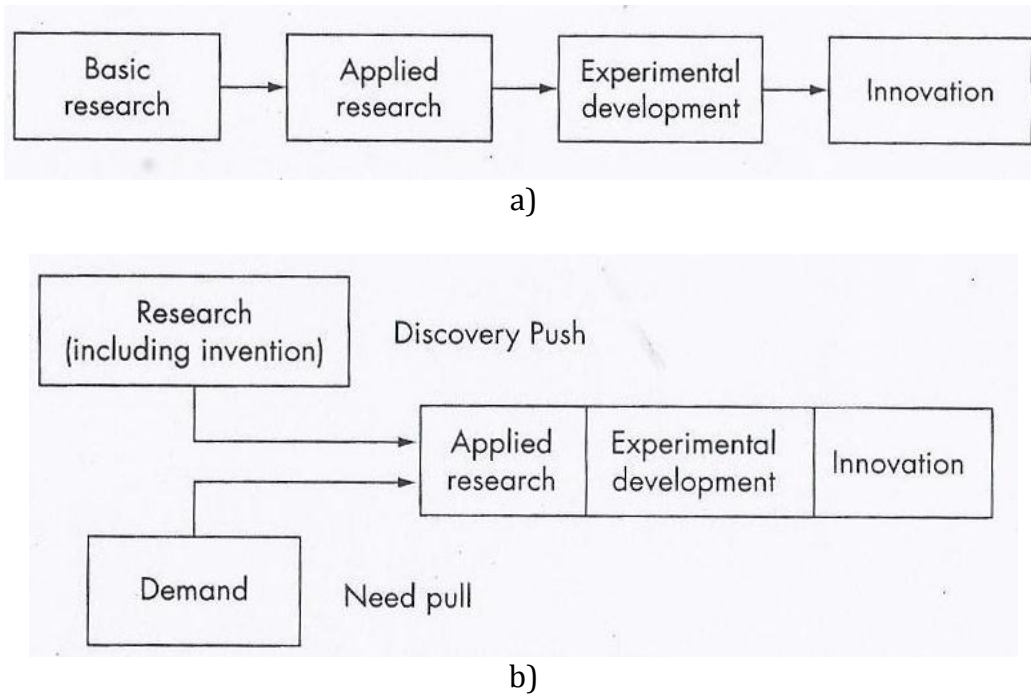
Pada agroindustri yang kompetitif dan prospektif inovasi menjadi salah satu aktivitas terstruktur bagi kehidupannya. Divisi pengembangan yang antara lain mencakup inovasi menjadi jantung kehidupan pabrik.

Pada abad ke 20 sebagai buah dari kemajuan iptek dan ekspansi ekonomi, menyebabkan industry melembagakan kegiatan inovasi , membentuk bagian R&D yang baik, serta melakukan standarisasi proses bisnis yang diperlukan untuk membawa gagasan ke pemasaran. Pengelolaan inovasi dilakukan sebagaimana aktivitas bisnis yang lain. Industrialisasi proses kreatif berakibat pendekatan terstruktur bagi inovasi dengan ciri-cirinya: anggaran besar, proses bisnis terstandarkan, asses pengetahuan terkendali. (Radjou *et al.* 2012).

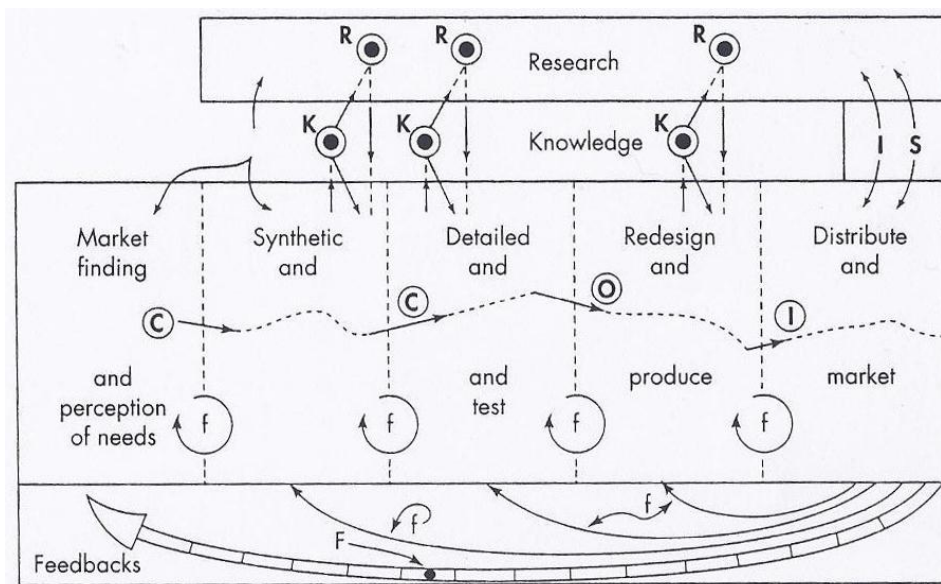
Pola inovasi tersebut yang masih sukses di paruh kedua abad ke-20, ternyata mempunyai pembatas nyata ketika diterapkan pada abad ke-21, yaitu sangat mahal dan boros sumberdaya, kehilangan fleksibilitas, serta sangat elit dan terasing.

Pengembangan industry di Negara berkembang pada umumnya mengadopsi kondisi di Negara lebih maju. Sebagai salah satu akibat kondisi tersebut adalah pola ciri-ciri inovasi terstruktur diatas.

Sesuai dengan kaidah daur-hidup (*life cycle*) teknologi, inovasi dapat diterapkan di awal berdirinya industry, di tengah perjalanan – semisal dalam rangka untuk melakukan diversifikasi, atau saat kinerja proses mengalami penurunan atau keuzuran (Dieter, 1998).



Gambar 1. a) Model linear sederhana dan b) linear revisi inovasi



Gambar 2. Model hubungan-rantai inovasi (*chain-linked model*)

Bagaimana penerapan inovasi teknologi untuk agroindustri kecil dan menengah ? UKM agroindustri sering diabaikan atau bahkan di anak-tirikan (oleh Pemerintah) dalam pengembangannya. Berkaitan dengan kendala utama yang dihadapi oleh AKM : financial, teknologi dan SDM, kegiatan inovasi, R&D dianggap sebagai hal yang mustahil. Betulkah ?

Pada makalah ini disajikan tiga inovasi lokal (*indigenous innovation* ) dari sekitar 50-an kasus nyata yang berhasil dihimpun di Indonesia baik pada tataran

agroindustry kecil dan menengah (Mangunwidjaja, 2013). Tiga inovasi tersebut adalah : produksi eugenol, *cocodiesel*, dan proses DeeM 0709 untuk pengayaan protein.

## 2. Eugenol : Small is Beautiful

Salah satu konsep pengembangan agroindustri yang berhasil dikembangkan di Thailand, Malaysia dan China, adalah pengembangan suatu produk spesifik lokal namun punya prospek pemasaran global. Ubi kayu (singkong) di Indonesia sebatas diolah menjadi tapioka, di Thailand menjadi produk unggulan dan diolah menjadi produk lebih hilir : maltodekstrin, *modified starch*, dll.

Kelapa sawit menjadi primadona Malaysia, tidak hanya untuk CPO, tetapi sudah merambah ke produk produk adi kimia (*fine chemicals*) seperti *fatty alcohols*, karoten, *methyl esters*, surfaktan, *tocopherols*. China sebagai produsen utama jagung didunia (pemasok 2/3 kebutuhan dunia) tidak hanya puas mengeksport biji jagung. Bahan kimia berbasis jagung, mulai xilitol, maltodekstrin, asam sitrat, dietary fibers, avicel dll membanjiri Indonesia dan negara-negara Eropa.

Agroindustri unggulan tiga negara tersebut mempunyai ciri sama : berbasis lokal (sumberdaya alam), lokasi di pedesaan, melibatkan petani penghasil bahan baku, terdapat kemitraan produsen – petani dan perguruan tinggi/lembaga litbang, serta kebijakan pemerintah yang concern dan committed pada pertanian dan agroindustri. Adakah contoh keberhasilan itu di Indonesia ? Mungkin ada, tetapi tak banyak. Satu diantara yang tak banyak itu adalah produk berbasis cengkeh.

### Produk berbasis cengkeh

Cengkih atau cengkeh bukan tanaman baru di bumi Nusantara, sejak abad ke 16 sudah menjadi salah satu komoditas rempah-rempah yang dipersaingkan oleh bangsa bangsa Eropa dan Cina. Pada era jauh sebelumnya, juga sudah menjadi komoditas berarti di peradaban Mesir dan India. Portugis dan Spanyol dan kemudian Belanda, saling berebut mencari 'bumi rempah-rempah' yang ternyata ada di Nusantara : Maluku, Minahasa dan sebagian Jawa. Sampai dengan paruh 1970-an, cengkeh sebatas diproduksi untuk ramuan rokok kretek, dan bahan tambahan farmasi, berupa minyak cengkeh. Tak aneh kalau pada periode itu di pedesaan pedesaan penghasil cengkeh (terutama Jawa, lebih spesifik Jawa Tengah) petani juga menyuling/distilasi minyak cengkih, dengan alat distilasi sederhana. Minyak cengkeh kasar ini kemudian dijual di pengumpul (kecamatan) selanjutnya di jual ke perusahaan minyak atisiri yang akan memurnikannya, dan mengimpor sebagai minyak cengkeh.

Dunia percengkehan nasional mengalami mati suri pada era Orde Baru dengan didirikannya BPPC. Di Jawa, daerah daerah baru penghasil cengkeh- justru para petani nya karena frustrasi dan merugi, membat tanaman cengkeh dan menggantinya dengan tanaman lain. Kalau toh tidak dibabat, dibiarkan tanpa pemeliharaan yang berarti. Harga cengkeh yang mestinya 'membaik' hanya dinikmati oleh BPPC dan kakitangannya.

### **Banyumas kini penghasil eugenol**

Kejadian kejadian yang tragis dan ironis petani dan kehidupan percengkeh di atas tadi, ternyata seolah tidak terjadi atau berlaku di daerah Banyumas, Jawa Tengah. Kabupaten Banyumas dan sekitarnya sejak dahulu telah dikenal sebagai sentra penghasil cengkeh. Pada tahun 1970-an, desa desa penghasil cengkeh daerah itu tetap membudidaya secara intensif ataupun membiarkan tanaman cengkeh tumbuh liar dipinggir jalan desa dengan suburnya. Para petani menyuling minyak cengkeh, dan kehidupannya relatif 'makmur'.

Tiga dasawarsa kemudian, kehidupan itu masih tetap dapat dijumpai disana.. Bahkan ada satu yang luput dari perhatian para pakar agroindustri dan pemerintah. Di lereng Gunung Slamet, sejak tahun 1968 telah berdiri sebuah 'pabrik' penyulingan minyak cengkeh. Tak ada istimewanya, kalau hanya ini.

Pabrik ini berkembang dengan baik, dan tahun 1993 menemukan 'momen' yang bersejarah dan berani, yaitu dengan menambah **Unit Fraksinasi**, dan menjadi **Pabrik pertama** di Indonesia (sampai sekarang) yang memproduksi Eugenol (komponen utama minyak cengkeh) dan turunannya (iso eugenol, eugenol asetat, isoeugenol asetat, caryophiline dll). Kalau pada awalnya bahan dasar berupa minyak cengkeh hanya diperoleh dari Banyumas dan sekitarnya (Jawa Tengah), praktis sekarang hampir semua produsen minyak cengkeh dan cengkeh seluruh Indonesia, menjadi mitra bisnis pabrik ini. Produk Eugenol Banyumas ini, 90 % diekspor keluar negeri (AS, Eropa (Perancis, Swiss), Jepang, India), sisanya untuk kebutuhan dalam negeri.

Dengan satu Unit distilasi (1000 L/ batch) dan tiga Unit Fraksinasi (dua @ 2000 L/batch dan satu 600 L/batch), pabrik ini pada tahun 2006 mampu menghasilkan **eugenol** dkk 100 – 150 Ton/bulan, atau sekitar 2 – 3 Ton per hari. Apa artinya? Pabrik kecil itu (areal pabrik tak lebih satu Hektare) adalah Produsen terbesar Eugenol di dunia, dan Indonesia adalah penghasil Eugenol terbesar di dunia!!!! Sejak kegiatan pengembangan, sampai *scale-up*, unit-unit peralatan distilasi dan fraksinasi adalah hasil karya rancangan SDM lokal, para insinyur teknik kimia.

Pabrik itu kemudian fokus ke fraksinasinya, sehingga para petani yang semula menjual daun atau buah cengkeh, menjadi dan memasok minyak cengkih ke pabrik tersebut.

### **3. Cocodiesel dari Bondowoso**

Pada paruh 2005 – 2006 an masalah energy nasional menemukan titik pengembangan yang berarti, yaitu adanya wacana dan kebijakan untuk diversifikasi energy. Satu diantara pengankaragaman tersebut adalah pengembangan EBT (Energi Baru dan Terbarukan). Bioenergi yaitu energy yang diproses dari biomassa menjadi salah satu alternative yang diunggulkan, yaitu bioetanol, biosolar atau biodiesel.

Bioetanol yang dapat diproses dari fermentasi langsung bahan bergula dicanangkan sebagai salah satu pengganti dan/atau substitusi premium. Selain teknologi fermentasi, biotanol dapat dikembangkan dari bahan dasar pati (generasi kedua) maupun biokonversi bahan lignoselulosa (generasi ketiga).

Sedangkan untuk biosolar atau populer dengan sebutan biodiesel, pengembangan diarahkan kepada metil-ester (ME). ME dapat di hasilkan dengan proses kimia (esterifikasi dan/atau transesterifikasi) minyak nabati. Minyak kelapa sawit dan minyak jarak pagar (*Jathropa curcas*) menjadi salah satu pilihan sebagai

bahan dasar ME. Pengembangan teknologi baik bioetanol maupun ME tidak menghadapi masalah yang krusial, karena ketersediaan teknologi proses yang relative sangat memadai. Sebaliknya program diversifikasi EBT ini menghadapi masalah kelayakan ekonomi (dan mungkin lingkungan) yang sangat berarti.

Solar merupakan bahan bakar yang relative banyak penggunaannya di wilayah pedesaan dan pesisir baik untuk penggerak mesin alat produksi (penggiling, pompa irigasi) maupun pengangkutan dan produksi (perahu penangkap ikan). Wilayah pedesaan dan pesisir yang relative jauh, dan keterbatasan fasilitas, menjadikan ME pengganti solar baik dari minyak sawit atau minyak jarak bahan bakar yang sangat mahal. Pada tahun 2007 baik solar atau ME dapat mncapai harga Rp 12.000 – 15.000/L dibandingkan harga di kota Rp 4000,/L.

### **Dari Jawa Timur dengan Cocodiesel**

Pada suasana Hari Kelapa (Nopember) beberapa tahun yl di sebuah pertemuan yang difasilitasi oleh Deptan salah satu lembaga dari Jawa Timur mengajukan usulan mengenai pengembangan Cocodiesel. Cocodiesel (lengkapnya adalah Coconut Biodiesel) adalah produk dari pengolahan kelapa atau minyak kelapa yang selanjutnya dapat digunakan untuk pengganti solar/minyak diesel. Bahwa minyak kelapa dapat diproses menjadi biodiesel, sebagaimana minyak nabati lain – CPO, minyak jarak, minyak bunga matahari, minyak rapeseed – bukanlah hal aneh, dan banyak teknologi dapat dipilih untuk mengembangkannya. Penulis lebih cenderung menggunakan istilah bahan bakar nabati pengganti solar (BNPS).

Teknologi pengolahan cocodiesel ala tim Jatim (sebut saja demikian), dinyatakan mampu mengolah 3 butir kelapa menjadi satu liter BNPS dan dalam pengolahannya tidak menggunakan samasekali bahan kimia, sebaliknya semua bahan yang digunakan berasal dari bagian kelapa. Untuk catatan, proses yang biasa/konvensional umumnya menerapkan transesterifikasi yang mereaksikan minyak nabati dengan methanol dan suatu katalis (KOH). Itu yang diterapkan untuk pengolahan CPO atau minyak jarak.

Di balik lahirnya cocodiesel atau BNPS adalah gagasan dan kerja salah seorang pedagang kelapa, Bapak Harun (nama samaran) di desa Baluran, Banyuputih, Situbondo. Di sebuah bangunan sederhana seluas 10 x 30 meter, disitulah dia berkiprah dengan 5 orang karyawannya, sehari-hari mengolah ratusan butir kelapa dari desa- desa atau pesisir sekelilingnya menjadi BNPS alias Cocodiesel, rata-rata 300 – 500 Liter per hari, tak banyak memang, namun sebagai usaha rumah tangga/kecil terbilang lumayan. Sebagian besar peralatan yang digunakan sederhana dan hasil rancangan sendiri. Klaim bahwa teknologi proses nya tidak menggunakan bahan kimia selain yang berasal dari bagian buah kelapa, juga terbukti.

Secara garis besar, proses pembuatan BNPS dari buah kelapa terdiri atas 4 (empat) tahapan : pamarutan buah kelapa, pengambilan minyak kelapa, pengubahan minyak kelapa menjadi BNPS, dan penyaringan. Pengambilan minyak kelapa dari santan dilakukan secara fermentasi. Inti temuan pak Harun ada di tahap 3 dan 4, yaitu tanpa menggunakan bahan kimia. Sedangkan tahap (4) penyaringan dirancang dengan beragam jenis penyaring (sederhana, buatan sendiri). Konon dengan mengubah jenis penyaring ini, produk yang dihasilkan dapat mempunyai sifat beragam. Artinya ada beberapa macam/jenis produk BNPS.

Hasil analisis laboratorium menunjukkan beberapa kriteria penting untuk Biodiesel dipenuhi. Dan beberapa pihak, antara lain AL telah melakukan uji 'road test'

– tidak tanggung-tanggung menggunakannya sebagai bahan bakar tank dan amfibi, dengan komposisi 100%, artinya BNPS semuanya digunakan tanpa dicampur minyak solar. Secara kelayakan ekonomi rata-rata satu Liter BNPS diproses dari empat butir kelapa, dengan harga kelapa/butir Rp 700,- harga pokok adalah Rp 3660,- (bandingkan harga pokok biodiesel dari CPO atau minyak jarak yang dapat mencapai Rp 4500,- atau bahkan lebih)

Inovasi ataupun kreativitas memang tidak mengenal waktu dan pelaku. Inovasi BS berbahan baku kelapa di Situbondo muncul dari Bapak Harun, seorang pengrajin kecil kelapa dalam menangkap tantangan dan peluang di sekitarnya. Sebelumnya pak Harun mempunyai usaha kecil – minyak perawan (VCO, *virgin coconut oil*) yang karena sangat booming, usaha VCO ibarat jamur dimusim hujan, tumbuh dimana-mana. Ketika usaha VCO mulai lesu, pak Harun melihat peluang di pengembangan bahan bakar nabati.

Dua tahun kemudian, pak Harun diberi kepercayaan untuk pengembangan unit pengolah cocodiesel ke skala lebih besar ( 2000 L/hari) di sebuah kabupaten lain di Jawa Timur. Berhasilkah inovasi tersebut diterapkan ?

#### **4. Proses DeeM 0709 untuk Produksi Pakaroti**

Berdasarkan model inovasi Proses DeeM 0709 merupakan contoh dari model inovasi kedua atau ketiga. Pada model kedua, kegiatan diawali bertemunya tarikan kebutuhan ( pengguna ) dan dorongan teknologi (peneliti). Proses DeeM 0709 sebagai sebuah teknologi bukanlah murni temuan peneliti, namun merupakan hasil dari serangkaian penelitian dan kajian yang telah banyak dilakukan oleh para peneliti sebelumnya. Beberapa kelemahan atau kendala yang ada pada penelitian sebelumnya, dikaji, diteliti dan selanjutnya dimodifikasikan dan dihasilkan Proses DeeM 0709 (Mangunwidjaja, 2007).

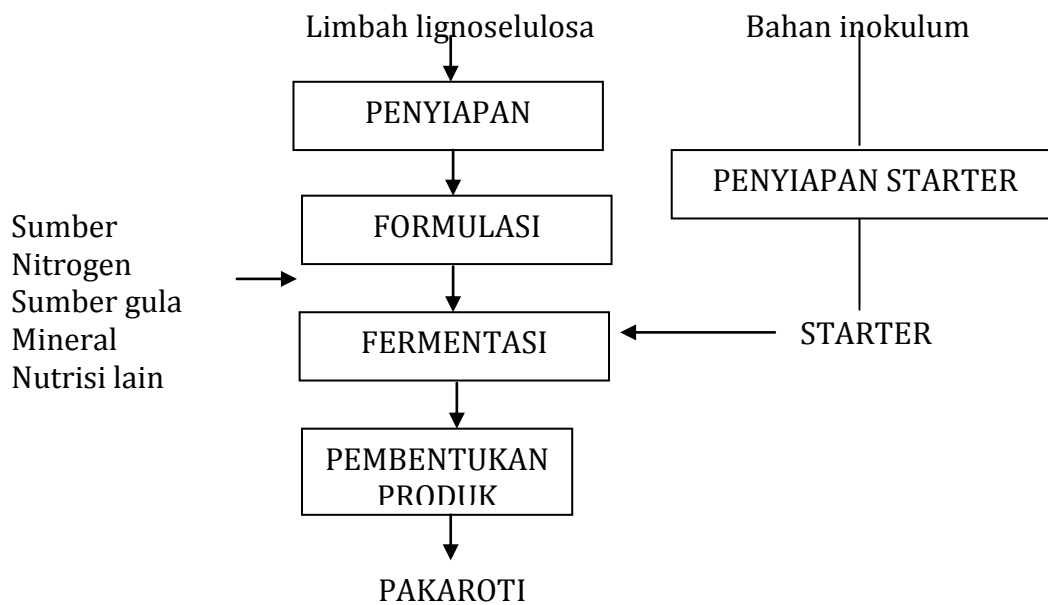
Pada tarikan kebutuhan berasal dari pengguna yang ingin memanfaatkan teknologi tersebut untuk memecahkan salah satu masalah yang dihadapi, yaitu substitusi sumber protein untuk pakan ternak. Proses DeeM 0709 yang akhirnya dapat diterapkan untuk menjawab kebutuhan pengguna semula berasal dari embrio Proses DeeM 07 untuk produk lain. Seiring dengan kegiatan penelitian dan pengembangan yang berlangsung secara kontinyu (model 3) tahapan hilir dari inovasi yang berupa Kegiatan Ekonomi – masih terus dilakukan.

Inti proses DeeM adalah pendayagunaan limbah padat agroindustri lignoselulosa untuk menghasilkan produk bernilai ekonomi tinggi. **Pakaroti** adalah singkatan Pakan Berprotein Tinggi untuk membedakan dengan pakan (yang diolah secara) konvensional. Pakan konvensional yang bahan bakunya antara lain umbi singkong, diolah secara pencampuran (formulasi) dengan bahan lain, sebagai sumber protein, mineral dan vitamin. Pakan konvensional ini dapat berupa *pellet*, yang juga merupakan komoditas ekspor. Bahan pencampur pakan ini berupa tepung ikan, bungkil kedelai yang masih harus diimport. Itulah sebabnya harga pakan ini selalu bergantung atas harga import kedua bahan tersebut. Adanya suplemen pakan yang murah, mudah pengolahannya dan bermutu (gizi) tinggi merupakan peluang pasar yang menjanjikan.

Pakaroti sesuai dengan namanya ditujukan bagi substitusi protein. Secara garis besar tahapan proses DeeM 0709 adalah fermentasi padat untuk produksi protein sel tunggal (*single cell protein*), PST. Perbedaann keduanya, terdapat pada susunan media tumbuh dan mikroba yang digunakan untuk bioproses. **Gambar 3.**

Secara garis besar Proses DeeM tersebut adalah sebagai berikut :

- **Penyiapan limbah lignoselulosa.** Bahan dasar utama Pakaroti adalah onggok. Meskipun demikian, onggok ini dapat juga ditambahkan dalam perbandingan tertentu dengan kulit singkong, atau bahan lain.



Gambar 3. Diagram alir proses DeeM 0709 untuk produksi PAKAROTI

- **Formulasi Bahan/Media.** Sebagai bahan dasar pakan berprotein tinggi , onggok dan kulit singkong belum cukup. Untuk proses fermentasi – ditambahkan sumber nutrisi lain, sebagai sumber : nitrogen, gula, dan mineral (**Tabel 1**)

**Tabel 1 . Formula Substrat untuk produksi Pakaroti menurut Proses DeeM 07)**

<b>Bahan /sumber</b>	<b>komposisi (% berat )</b>
Onggok (apabila sendiri)	100
Onggok (apabila dengan kulit singkong)	50 - 75
Kulit singkong dan/atau bahan lain	25 – 50
Sumber nitrogen (apabila menggunakan organik)	5 - 20
Sumber nitrogen (apabila menggunakan Urea, Ammonium sulfat, dll)	4 – 7.5
Sumber gula	secukupnya
Sumber mineral (bervariasi menurut jenisnya)	0.05 – 0.5



- **Penyiapan Starter.** Starter merupakan ‘aktor kunci’ untuk bioproses atau fermentasi. Keberhasilan dan mutu produk fermentasi – termasuk pakan – sangat bergantung pada jenis dan mutu starter yang digunakan. **Starter (biang)** biakan suatu mikroba yang dalam kondisi pertumbuhan aktif, yang ditambahkan pada substrat untuk proses fermentasi.
- **Fermentasi.** Fermentasi untuk produksi Pakaroti dilakukan secara fermentasi padat ( *solid fermentation*). Oleh karena itu perlu disiapkan fermentor. Fermentor dapat berbentuk Rak, Baki, Drum, atau lainnya. Selain disain, yang terpenting kondisi harus dapat diatur dengan baik ( suhu, kelembaban (RH), dan aerasi (pengaliran udara).
  
- **Pembentukan dan pengemasan produk.** Setelah selesai proses fermentasi, padatan dipanen – dan sebagai bakal pakan. Selanjutnya dibentuk sesuai dengan bentuk pakan yang diinginkan, misalnya pellet, granula, atau lainnya. Untuk pembentukan ini diperlukan peralatan (untuk bentuk pellet – mesin pellet, palletizing machine). Bentuk akhir Pakaroti selanjutnya siap dikemas .

**Pengendalian proses dan mutu.** Pada tahap pengembangan awal adanya control proses dan mutu mutlak diperlukan, meliputi : formula bahan yang tepat, jenis kapang yang digunakan, kondisi dan lama proses. Mutu produk akhir (Pakaroti) perlu diuji secara in-vitro meliputi kandungan kimiawi kunci untuk pakan, daya cerna (*digestibility*), serta *in-vivo* yaitu langsung kepada hewan percobaan.

**Prospek.** Produk Pakaroti ditujukan untuk substitusi pakan ternak ruminansia, pada tahap pengembangan lebih lanjut dapat dirancang untuk ternak lain (unggas, ikan). Bahkan tidak tertutup kemungkinan untuk suplemen makanan, tentu saja dengan modifikasi proses. Proses DeeM 0709 yang dicobakan menghasilkan produk dengan kadar protein (kasar) : 25 – 37 persen (Setiyarso, 2011).

## 5. Purnawacana

Agroindustri dengan bahan baku yang potensi secara lokal dapat dikembangkan menjadi industri unggulan dan kompetitif.

Dari aspek teknologi, Inovasi lokal (*indigenous innovation* ) mengembangkan teknologi yang relatif sederhana, digali dari sumberdaya local : baik bahan dasar, bahan penolong (biokatalis) sampai peralatan pemroses. Semuanya dapat disiapkan oleh SDM Indonesia. Artinya, pengembangan secara industri dan bisnis proses ini sekaligus meningkatkan kemandirian dan daya saing masyarakat dan SDM (ilmuwan, insinyur) Indonesia untuk tidak bergantung dengan teknologi import.

*Triple-helix* inovasi (pengambil kebijakan/pemerintah, industri, dan ilmuwan/insinyur) perlu di reposisi dengan tepat, sehingga sinerginya menjadi pendorong kuat bagi keberhasilan inovasi teknologi.

## Daftar Pustaka

- Dieter, G.E. 1998. Engineering Design : a Materials and Processing Approach. McGraw Hill Books. New York.
- Johnston, S. F, Gostelow, J.P & King, W.J. 2000 Engineering and Society. Prentice Hall, New Jersey.

- Mangunwidjaja, D. 2013. Eugenol : Inovasi dari Gagasan sampai Pemasaran. Penerbit Agroindustri Press. Bogor (*in press*).
- Mangunwidjaja, D. 2005. Inovasi Teknologi dan Hak atas Kekayaan Intelektual. *Di dalam* Mangunwidjaja, D dan Sailah, I (2009) Pengantar Teknologi Pertanian. Penebar Swadaya, Jakarta, hal 174 - 197.
- Mangunwidjaja, D 2007. Proses DeeM 07 untuk produksi PAKAROTI. Bagian Bioindustri, Departemen Teknologi Industri Pertanian IPB, Bogor (*tidak dipublikasikan*)
- Radjou, N., Prabhu, J & Ahuja, S 2012. Jugaad Innovation. Jossey- Bass. A Wiley Imprint, San Francisco
- Setiyarso, C. 2011. Peningkatan kadar protein kasar ampas nanas melalui fermentasi media padat. Departemen Teknologi Industri Pertanian, IPB Bogor. *Skripsi*