

## RANCANG BANGUN SISTEM PRODUKSI INDUSTRI ENERGY BAR BERBASIS PISANG

### PRODUCTION SYSTEM DESIGN OF BANANA BASED ENERGY BAR INDUSTRY

Yusuf Andriana<sup>1)\*</sup>, Machfud<sup>2)</sup>, Indah Yuliasih<sup>2)</sup>, Akmadi Abbas<sup>3)</sup>

<sup>1)</sup>Balai Besar Teknologi Tepat Guna, Lembaga Ilmu Pengetuan Indonesia  
Jl. KS Tubun No. 5 Subang Jawa Barat 41213

E-mail: yusuf.andriana@lipi.go.id

<sup>2)</sup>Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, IPB

<sup>3)</sup>Bidang Bioteknologi dan Pasca Panen, LIPI

#### ABSTRACT

*Sales of fruit or cereal based energy bar (EB) increased in several countries. In Indonesia, banana production as raw material of EB industry is quiet prospective to develop into industrial scale. For that reason design good production system in order to promote EB industry competitiveness. The objective of this research was to modeling production system of banana based EB industry as web based decision support system. System engineering approach used to create production system model emphasizing system component such as process technology, mass and energy balance, facility layout planning, location selection problem, and financial feasibility analysis. The proposed model could represent production system in EB industry and might be used in energy bar industrial planning project. The model is more sensitive toward decreasing product selling price than increasing raw material price.*

*Keywords: production system, energy bar, banana, web based decision support system*

#### ABSTRAK

Penjualan *energy bar* (EB) berbasis sereal dan buah-buahan mengalami pertumbuhan signifikan di berbagai negara. Ketersediaan bahan baku pisang di Indonesia menjadikan produk EB prospektif untuk dikembangkan dalam skala industri. Dibutuhkan rancangan sistem produksi agar industri mampu meningkatkan daya saingnya. Penelitian ini bertujuan untuk membuat model sistem produksi industri EB pisang dalam bentuk sistem penunjang keputusan berbasis *web*. Pendekatan rekayasa sistem digunakan untuk membangun model sistem produksi industri EB, dengan menekankan pada beberapa komponen sistem yaitu teknologi proses, neraca massa dan energi, tata letak fasilitas, pemilihan lokasi industri, dan analisis kelayakan finansial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa model menggambarkan sistem produksi pada industri EB pisang. Pada aspek kelayakan finansial model lebih sensitif terhadap penurunan harga jual produk dibandingkan kenaikan harga bahan baku.

Kata kunci: sistem produksi, *energy bar*, pisang, sistem penunjang keputusan berbasis *web*

#### PENDAHULUAN

*Energy bar* (EB) merupakan produk pangan yang banyak mengandung nutrisi makro yaitu protein, lemak dan karbohidrat. Produk ini umumnya dikonsumsi oleh atlet dan orang yang mempunyai aktivitas fisik tinggi untuk menjaga kebutuhan kalornya (Norajit *et al.*, 2011). Konsentrasi nutrisi makro pada produk EB dapat dilihat dari nilai densitas energinya, yaitu jumlah energi (kkal) per gram jumlah produk pangan (Varnarelli *et al.*, 2013). Densitas energi untuk produk kategori EB adalah 4,66–5,00 kkal/gram (IOM, 2002). Sebagai produk pangan dengan densitas energi tinggi, EB dapat digunakan untuk berbagai macam kepentingan antara lain: militer, penerbangan, pariwisata, pencarian dan penyelamatan (*search and rescue*), eksplorasi penelitian (Zhang *et al.*, 2003), makanan pelengkap (*complementary food*) (Nguyen *et al.*, 2007), dan produk pangan darurat atau *emergency food product* (IOM, 2002).

Permintaan produk EB diberbagai negara mengalami peningkatan. Permintaan Amerika Serikat meningkat dari USD 200 juta pada tahun 1997 menjadi USD 1,7 miliar pada tahun 2010 (Rigik, 2011). Situasi sama terjadi di Inggris yang mengalami peningkatan dari USD 29,5 juta pada tahun 2007 menjadi USD 71,5 juta pada tahun 2011 dan diproyeksikan akan terus mengalami peningkatan menjadi USD 133,2 pada tahun 2016 (AAFC, 2012), sedangkan di Kanada permintaan mengalami kenaikan yang relatif kecil yaitu pada tahun 2009 mencapai USD 85,43 juta dan diproyeksikan meningkat menjadi USD 93 juta pada tahun 2014 (AAFC, 2010). AC Nielsen (2004) memproyeksikan permintaan produk EB berbasis sereal dan buah-buahan di wilayah Asia Pasifik termasuk Indonesia akan mengalami peningkatan 14% per tahun dari total permintaan sebesar USD 243 juta.

Industri EB berbasis buah-buahan lokal berpotensi untuk dikembangkan di Indonesia. Pisang merupakan salah satu buah lokal di Indonesia yang

dapat digunakan sebagai bahan baku *EB* karena produksinya yang melimpah yaitu 5.755.073 ton atau sekitar 40% produksi buah nasional (BPS, 2012) dan belum optimal dimanfaatkan sebagai bahan baku industri. Hasil kajian Badan penelitian dan pengembangan Kementerian Peranian (Balitbang Kementan) pada tahun 2005 memperkirakan bahwa usaha mikro kecil dan menengah (UMKM) berbahan baku pisang (industri keripik, ledre, sale getuk, jus, jam, dll) di Indonesia hanya menyerap pisang sebanyak 30.000 ton per tahun. Besarnya peluang pasar dan melimpahnya ketersediaan pisang maka *EB* pisang menjadi salah satu produk prospektif untuk dikembangkan pada skala industri. Perancangan sistem produksi produk *EB* berbasis pisang membantu produksi agar berjalan dengan efektif dan efisien.

Sistem produksi adalah kesatuan sumberdaya produksi dan prosedur yang diatur sedemikian rupa untuk melakukan fungsi produksi pada suatu perusahaan (Groover, 2001). Bellgran dan Kristina (2010) menyebutkan bahwa sistem produksi dapat mendukung daya saing perusahaan, karena dengan sistem produksi yang baik, peningkatan output, efisiensi dan kualitas produk sebuah industri dapat tercapai. Penelitian mengenai rancang bangun sistem produksi, terutama untuk industri manufaktur, telah banyak dilakukan dengan berbagai pendekatan, antara lain: (1) pendekatan kerangka kerja (*framework*) dan strategi, contohnya strategi pabrikasi (Hill, 2000); (2) pendekatan filosofi dengan serangkaian teknik dan metode, contohnya: *Just In Time* (Hirano, 2000), *Total Productivity Maintenance* (Nakajima, 1988), dan *Computer Integrated Manufacturing* (Waldner, 1992); (3) desain dengan filosofi (*Toyota Production System* (Shingo, 1989); serta (4) *System engineering/design framework* (Bellgran dan Kristina, 2010).

Dari berbagai penelitian tersebut, penelitian yang berkaitan dengan rancang bangun sistem produksi untuk agroindustri belum banyak dilakukan. Berbeda dengan industri manufaktur, karakteristik bahan baku untuk agroindustri bersifat kamba, musiman, dan mudah rusak (Austin, 1992) sehingga rancangan sistem produksi pada agroindustri akan lebih kompleks. Beberapa penelitian terkait sistem produksi agroindustri yang pernah dilakukan antara lain: (1) Suprihatini (2004) membuat sistem produksi untuk perbaikan proses produksi pada industri teh disesuaikan dengan keinginan pasar; (2) Hendrawati (2006) membuat sistem produksi untuk agroindustri tepung lidah buaya terpadu dalam bentuk SPK; dan (3) Antuli (2007) mengusulkan model pengembangan sistem produksi agroindustri berbasis komoditas unggulan. Berbeda dengan penelitian sebelumnya, penelitian ini dilakukan dengan pendekatan rekayasa sistem (Parnell *et al.*, 2011). Masing-masing komponen

sistem dirancang dan kemudian dituangkan dalam bentuk model aplikasi komputer berbasis *web*.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mendapatkan model rancangan sistem produksi industri *EB* pisang dalam bentuk sistem penunjang keputusan berbasis *web* dengan menekankan pada komponen sistem produksi yaitu: teknologi proses, neraca massa dan energi, pemilihan lokasi industri, tata letak pabrik, serta kelayakan finansial. Penelitian ini diharapkan berkontribusi pada pengembangan agroindustri berbasis hortikultura khususnya *EB* berbasis pisang, sehingga dapat membantu pihak yang berkepentingan dalam memberikan gambaran sistem produksi dan pengambilan keputusan terkait pendirian industri *EB*. Penelitian juga diharapkan bermanfaat sebagai bahan pertimbangan dalam menyusun model sistem produksi produk agroindustri berbasis *web*.

## METODE PENELITIAN

### Kerangka Pemikiran

Model sistem produksi agroindustri *EB* pisang dibuat berdasarkan penelitian pengembangan formulasi produk *EB* pisang yang dilakukan Luthfiyanti *et al.* (2011) dengan spesifikasi produk yang disesuaikan dengan standar *Institute of Medicine* (IOM) (2002). Kemudian dilakukan analisis sistem dan perancangan komponen sistem produksi. Hasil dari perancangan komponen sistem produksi diwujudkan dalam aplikasi komputer berbasis *web*. Kerangka pemikiran konseptual penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.

### Pengumpulan dan Pengolahan Data

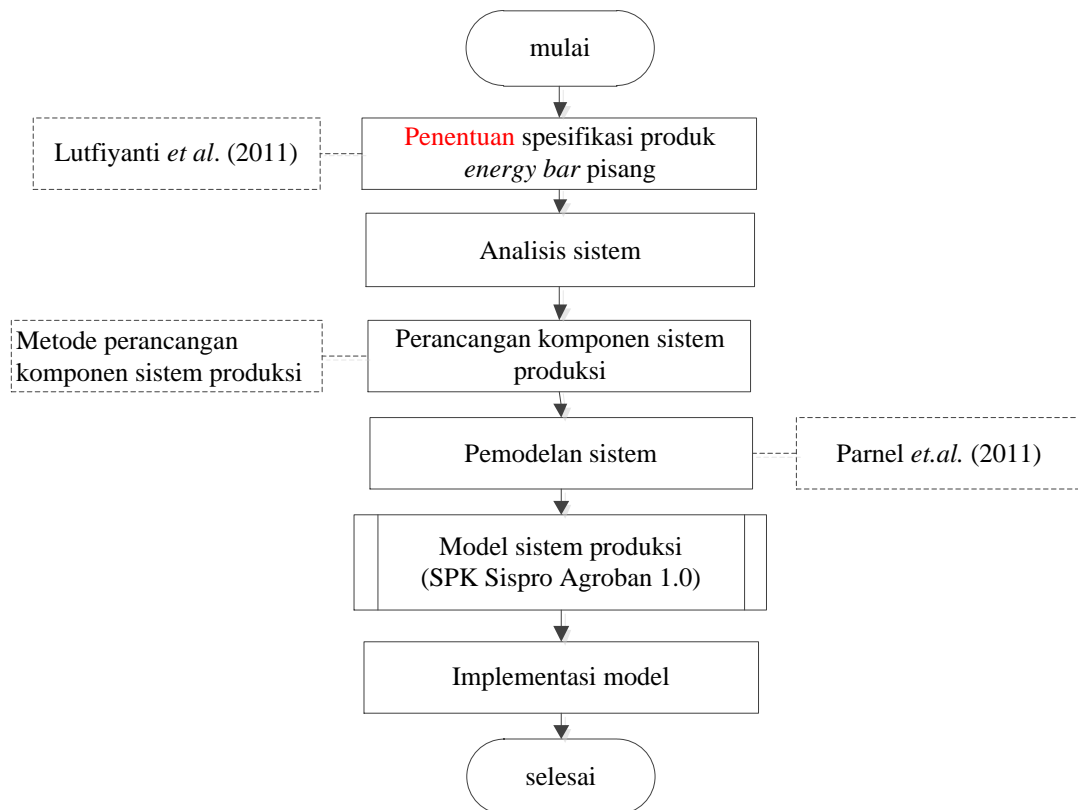
Data yang dikumpulkan pada penelitian ini berupa data primer dan sekunder. Data primer diperoleh dari pengisian kuisioner dan wawancara dengan pakar, sedangkan data sekunder diperoleh dari studi literatur berupa data hasil penelitian sebelumnya dan berbagai publikasi lainnya (jurnal ilmiah, bulletin, dan buku) yang berkaitan dengan topik penelitian. Pengolahan data dilakukan dengan analisis deskriptif, analisis kuantitatif dan kualitatif. Teknik pengumpulan dan pengolahan data dapat dilihat pada Tabel 1.

### Tata Laksana Penelitian

Tahapan penelitian diawali dengan penentuan spesifikasi produk *EB* berdasarkan penelitian Luthfiyanti *et al.* (2011). Analisis sistem dilakukan menggunakan *universal modeling language* (UML) untuk menggambarkan fenomena yang terjadi di dalam sistem (Boch *et al.*, 2009) dengan bantuan perangkat lunak *power designer 16* (SAP, 2012). Sistem kemudian didekomposisi menjadi komponen sistem dan dilakukan perancangan komponen sistem produksi meliputi teknologi proses, perancangan tata letak pabrik, pemilihan lokasi industri, dan analisis kelayakan

finansial pada sistem produksi yang akan dibangun. Tahap selanjutnya adalah merancang komponen model sistem produksi dalam bentuk aplikasi

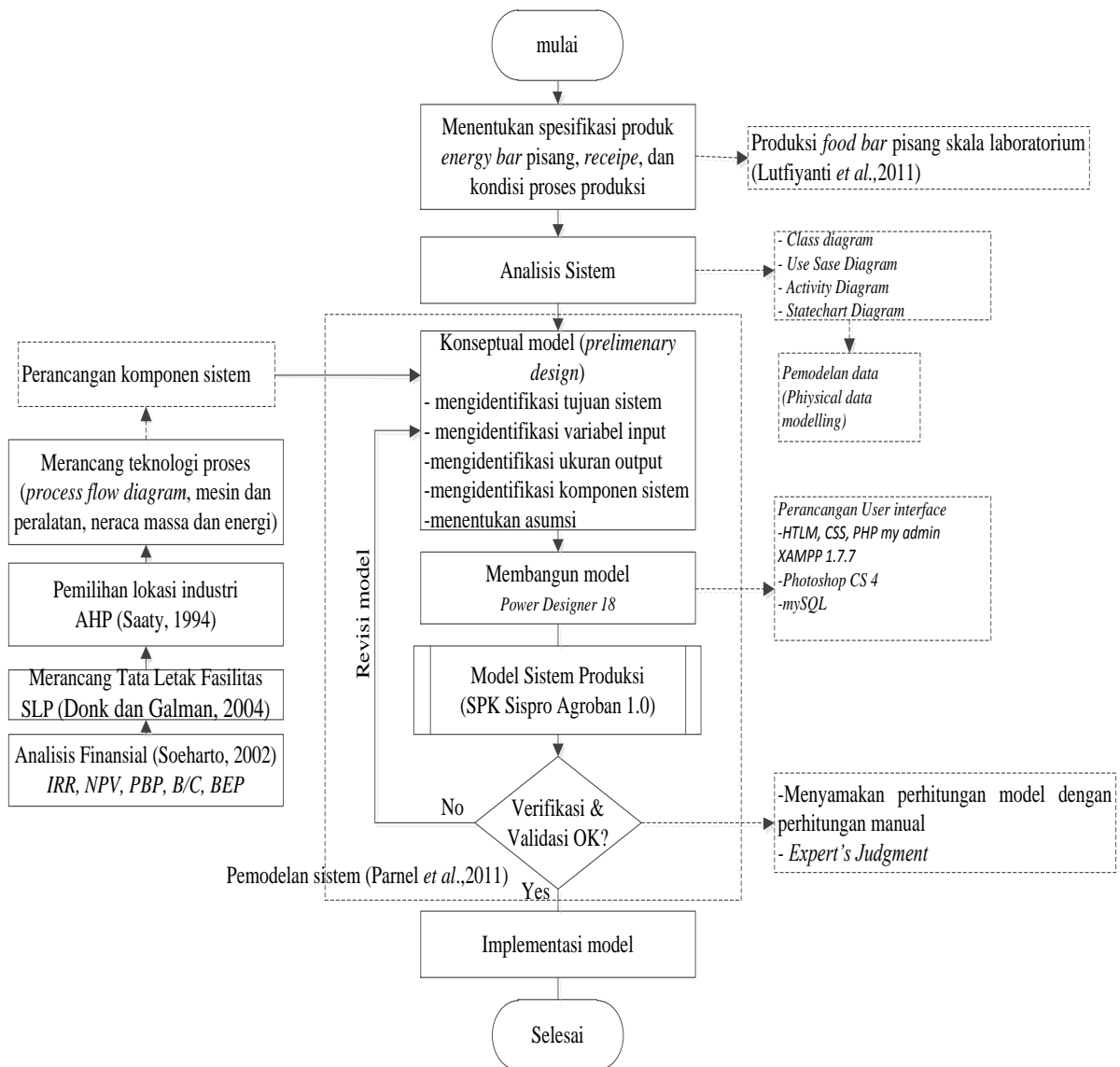
komputer berbasis *web*. Tahapan pelaksanaan penelitian secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 2.



Gambar 1. Kerangka pemikiran konseptual penelitian

Tabel 1. Teknik pengumpulan dan pengolahan data

Tahapan Penelitian	Metode Pengambilan Data	Type Data	Teknik Pengolahan Data
Menentukan spesifikasi produk	Studi literatur	Sekunder	Analisis deskriptif
Menentukan teknologi proses	Studi literatur, penelusuran internet, <i>benchmarking</i>	Sekunder	Pengembangan teknologi proses, hukum kekekalan massa dan energi
Merancang tata letak	Studi literatur, penelusuran internet	Sekunder	<i>Systematic Layout Planning</i> (Donk dan Galman, 2004)
Pemilihan lokasi industri	Survei pakar	Primer	<i>Analytical Hierarchy Process</i> (Saaty, 1994)
Analisis finansial	Studi literatur, penelusuran internet	Sekunder	Perhitungan finansial (Soeharto, 2002) ( <i>NPV, IRR, B/C, PP</i> )
Pemodelan sistem	Studi literature, penelusuran internet, survei pakar	Primer Sekunder	Metode pemodelan system (Parnell et al., 2011)
Verifikasi dan validasi model	Pemeriksaan logika program, survei pakar	Primer Sekunder	Analisis deskriptif, <i>expert's judgment (face validity)</i> (Becker, 2012)



Gambar 2. Tata laksana penelitian

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Analisis Sistem

Fenomena statis yang terjadi pada sistem yang dibangun digambarkan dalam bentuk diagram kelas. Diagram kelas merupakan bagian terpenting dari pemodelan berorientasi objek menggunakan *universal modeling language (UML)* (Berardi et al., 2005). Entitas yang dipandang sebagai objek pada diagram kelas yang diusulkan adalah user, prioritas lokasi, kelayakan finansial, investasi dan biaya operasional, neraca massa dan energi, densitas energi, bahan baku, serta tampilan antar muka terkait modul pada aplikasi komputer yang dikembangkan. Diagram kelas pada model sistem produksi agroindustri *EB* pisang disajikan pada Gambar 3.

### Pengembangan Model

Model sistem produksi industri *EB* berbasis pisang dirancang dan dibuat dalam bentuk aplikasi

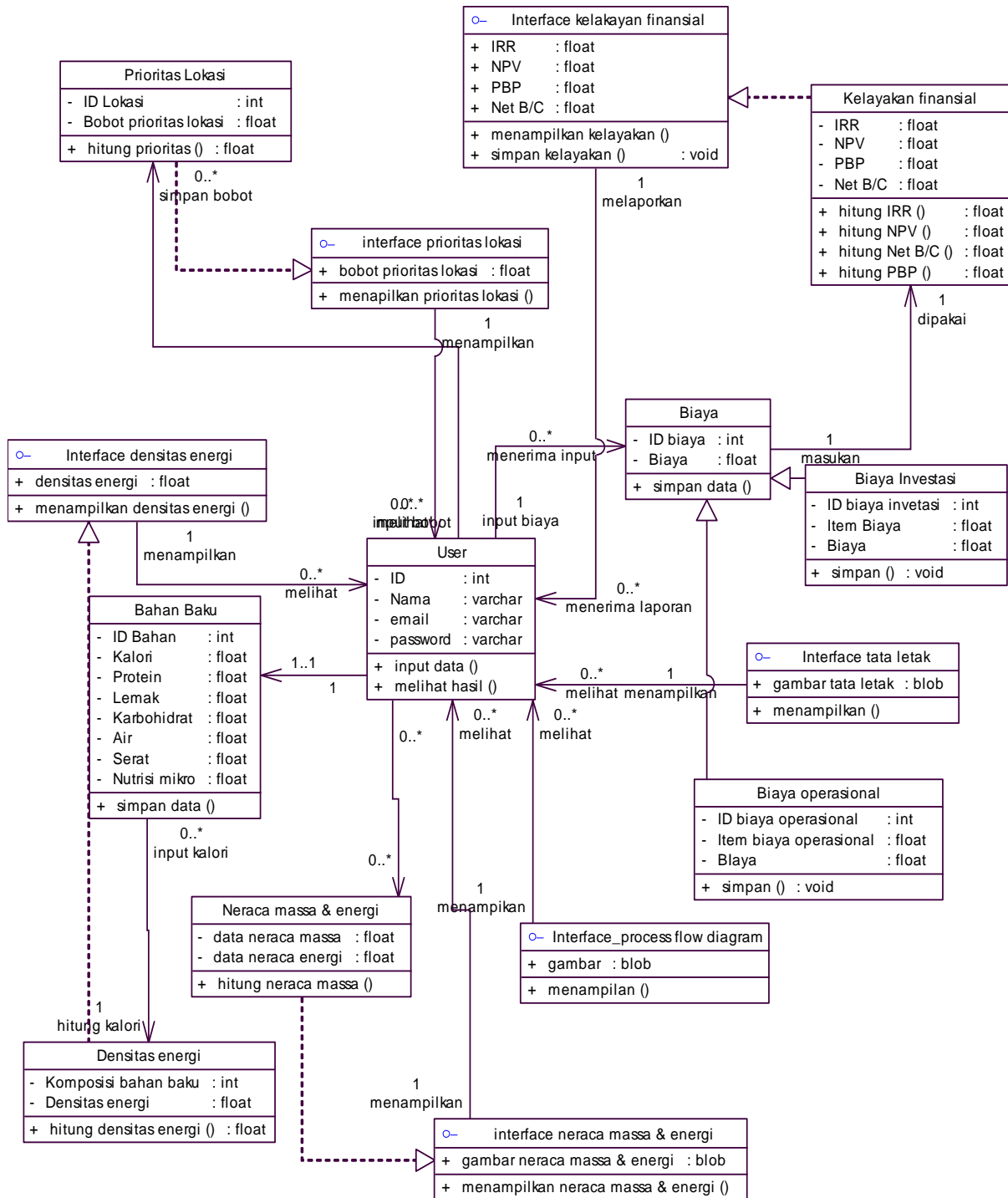
komputer berbasis *web* yang diberi nama SPK Sispro Agroban 1.0. Konfigurasi sistem yang dibangun terdiri dari tiga sub sistem yaitu: basis data, basis model, dan basis dialog. Sub sistem basis data dan basis model dihubungkan dengan sistem pengolahan terpusat dengan bantuan antar muka yang merupakan sub sistem basis dialog (Gambar 4).

Pengembangan model dilakukan menggunakan bahasa pemrograman *hypertext preprocessor (PHP)*, *hypertext markup language (HTML)*, dan *cascading style sheets (CSS)* dengan bantuan perangkat lunak penyedia *web server apache* dan data base *my SQL* yaitu *Xampp* versi 1.8.1. Perangkat lunak *text editor* yang digunakan untuk mengembangkan model adalah *Notepad ++*. Kerangka model sistem produksi kemudian diwujudkan dalam bentuk aplikasi *web* dengan menu utama yaitu produk, teknologi proses, neraca massa dan energi, tata letak, pemilihan lokasi, serta analisis

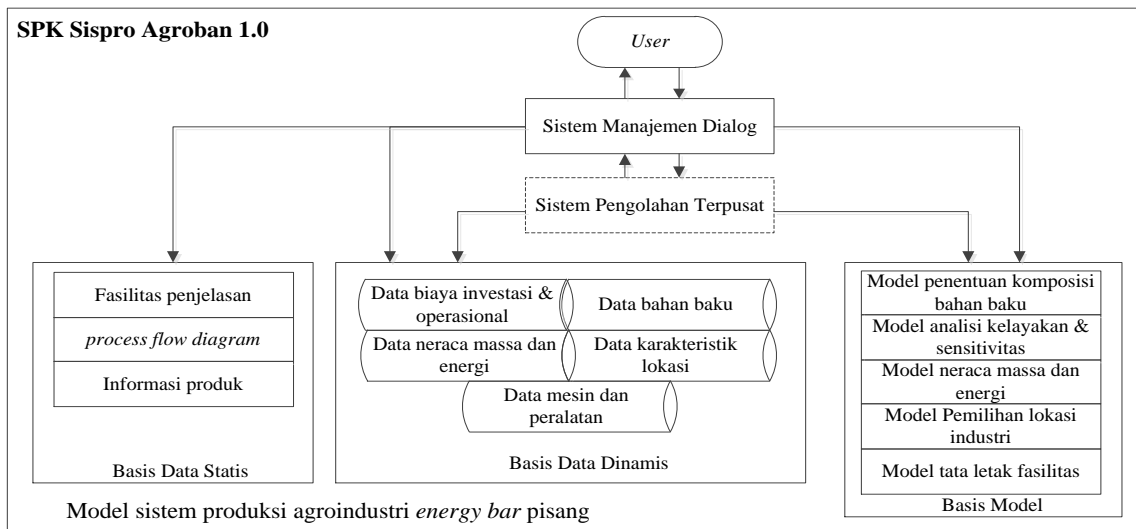
kelayakan finansial. Tampilan antar muka pada menu utama pada SPK Sispro Agroban 1.0 dapat dilihat pada Gambar 5.

Verifikasi model sistem produksi dilakukan dengan cara memeriksa logika operasional model (SPK Sispro Agroban 1.0) dan mencocokkan luaran model dengan hasil perhitungan manual. Tahapan ini dilakukan untuk memeriksa kesesuaian hasil dengan

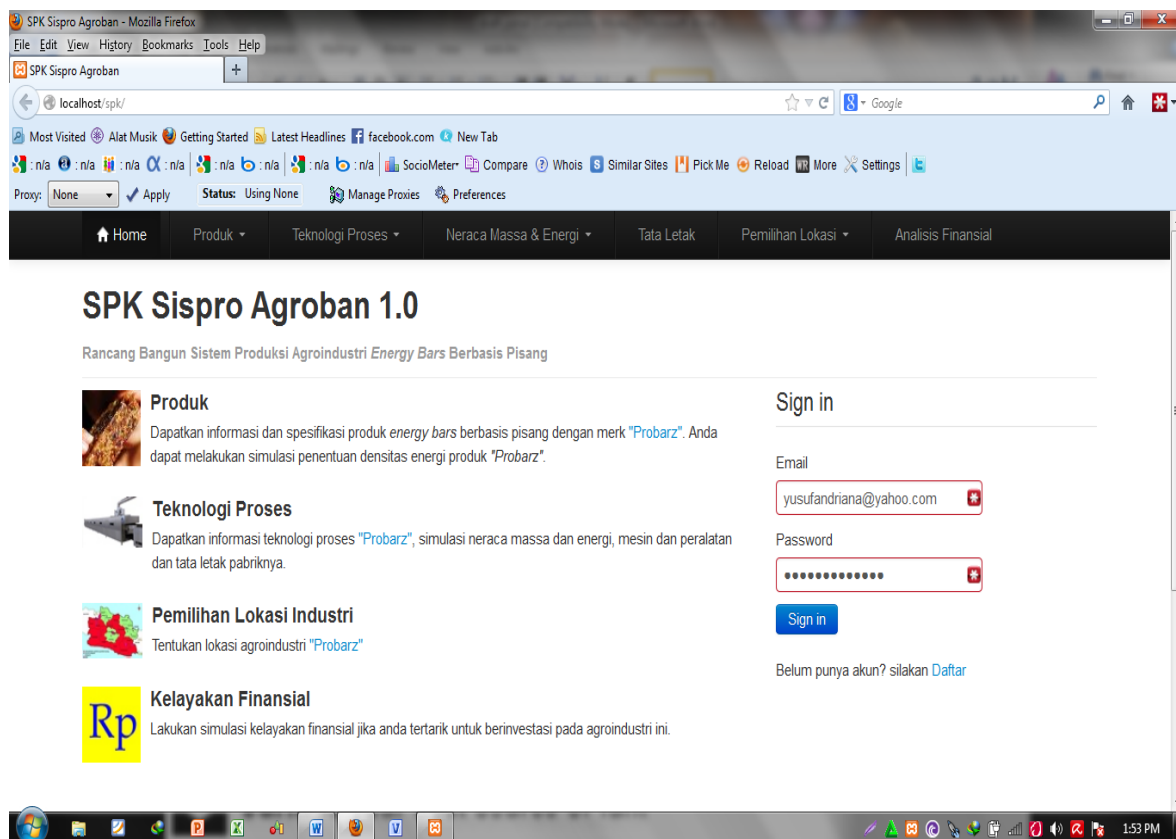
luaran yang diinginkan. Redeka dan Zilik (2004) menyatakan bahwa model dikatakan terverifikasi ketika luaran pada model telah sesuai dengan rancangan model yang telah dibuat sebelumnya. Hasil pencocokan logika operasional model dan luaran model SPK Sispro Agroban 1.0 (model yang dikembangkan) telah sesuai dengan perhitungan manual.



Gambar 3. Diagram kelas model SPK Sispro Agroban 1.0



Gambar 4. Kerangka model sistem produksi EB pisang



Gambar 5. Tampilan antar muka menu utama pada SPK Sispro Agroban 1.0

Validasi model sistem produksi dilakukan dengan *face validity*, yaitu teknik validasi yang dilakukan dengan menanyakan kepada pakar (orang yang berkompeten) mengenai kesesuaian model terhadap gambaran sistem produksi pada keadaan nyata dilapangan (Becker, 2012). Hasil validasi menunjukkan bahwa model yang dibangun mampu merepresentasikan gambaran sistem produksi pada industri EB pisang.

## IMPLEMENTASI MODEL

### Sub Model Penentuan Komposisi Bahan Baku

Produk EB pisang yang dikembangkan diberi merk *Probarz Max*. Produk dikemas dengan kemasan primer berupa aluminium foil dan kemasan sekunder berupa karton. Dimensi produk per kemasan primer berukuran 20×4×1 cm dengan bobot 40 gram. Setiap kemasan sekunder berisi 12 produk

kemasan primer. Spesifikasi produk *EB* sangat penting untuk ditetapkan sebagai input dari model sistem produksi yang dirancang. Paramater terpenting dalam spesifikasi produk *EB* adalah densitas energi yang menurut Varnarelli *et al.* (2013) adalah jumlah energi produk pangan (kkal) per bobot produk (gram). Jumlah energi pada produk pangan dipengaruhi oleh komposisi nutrisi makro (karbohidrat, lemak, dan protein). Lemak memberikan pengaruh signifikan terhadap nilai densitas energi karena kandungan energinya lebih tinggi yaitu 9 kkal/g dibandingkan protein dan karbohidrat yaitu masing-masing 4 kkal/g. Dengan mengetahui kandungan masing-masing nutrisi makro pada bahan baku, densitas energi pada produk pangan dapat diestimasi menggunakan persamaan sebagai berikut (Varnarelli *et al.*, 2013):

$$\text{Densitas Energi} \left( \frac{\text{kkal}}{\text{gram}} \right) = \frac{\sum_{b=1}^n 4P_b + \sum_{b=1}^n 4K_b + \sum_{b=1}^n 9L_b}{\sum_{b=1}^n B_b} \quad (1)$$

dengan :

- b = bahan ke-n
- L = lemak bahan ke-n
- P = protein bahan ke-n
- B = bahan ke-n
- K = karbohidrat bahan ke-

Luthfiyanti *et al.* (2011) menjelaskan bahwa bahan baku yang digunakan dalam produksi *EB* pisang adalah tepung pisang nangka, tepung kedelai, tepung ubi jalar, margarin, gula, garam, dan air dengan prosentase sebagai berikut: tepung pisang (31,90%), tepung kedelai (23,63%), tepung ubi jalar (2,95%), gula (18,90%), margarin (18,90%), dan garam (0,147%). Hasil estimasi densitas energi dan kandungan nutrisi produk dengan variabel input adalah nutrisi makro masing-masing bahan baku (hasil penelitian Luthfiyanti *et al.*, 2011) dan nutrisi mikro berdasarkan database dari perangkat lunak *Nutrisurvey* pada Erhardt (2007) disajikan pada Tabel 2.

Dari sub model penentuan komposisi bahan baku diketahui bahwa produk *EB* pisang yang dikembangkan mempunyai densitas energi 4,68 kkal/g sesuai dengan standar IOM (2002) yaitu 4,66-5,00 kkal/g, sehingga dapat digunakan sebagai parameter awal dalam menentukan teknologi proses produksi pada tahap selanjutnya.

### Teknologi Proses Produksi

Lini produksi yang dikembangkan pada model sistem produksi industri *EB* pisang adalah lini produksi seri (*serial production line*). Gambar 6 menjelaskan lini produksi pada proses produksi *EB* pisang terdiri dari: (1) persiapan bahan baku (konversi pisang nangka menjadi tepung pisang) dan

(2) produksi *EB* pisang (konversi adonan menjadi produk *EB* pisang).

### Sub Model Neraca Massa dan Energi

Sub model neraca massa dan energi menggambarkan aliran massa dan energi pada masing-masing tahapan proses. Neraca massa dan energi merupakan teknik umum digunakan dalam rekayasa proses untuk mengetahui aliran bahan sehingga dapat diketahui kinerja proses untuk meningkatkan output produksi (Narasimhan dan Jordache, 2000). Pada model yang dibangun, pengguna bisa melakukan simulasi aliran bahan dan kebutuhan energi pada produksi *EB* pisang. Aliran bahan pada proses produksi *EB* pisang terbagi menjadi dua tahap yaitu persiapan bahan baku (produksi tepung pisang) dan produksi *EB* pisang.

Rendemen pada produksi tepung pisang adalah 22% dan rendemen pada produksi *EB* pisang adalah 82% (Luthfiyanti *et al.*, 2011). Hasil perhitungan neraca massa dan energi diketahui bahwa untuk memperoleh 100 kg produk *EB* pisang diperlukan 145 kg pisang nangka dengan total kebutuhan energi produksi adalah 735,293.19 KJ selama 8 jam kerja. Aliran bahan pada setiap tahapan proses produksi disajikan pada Gambar 6 (b).

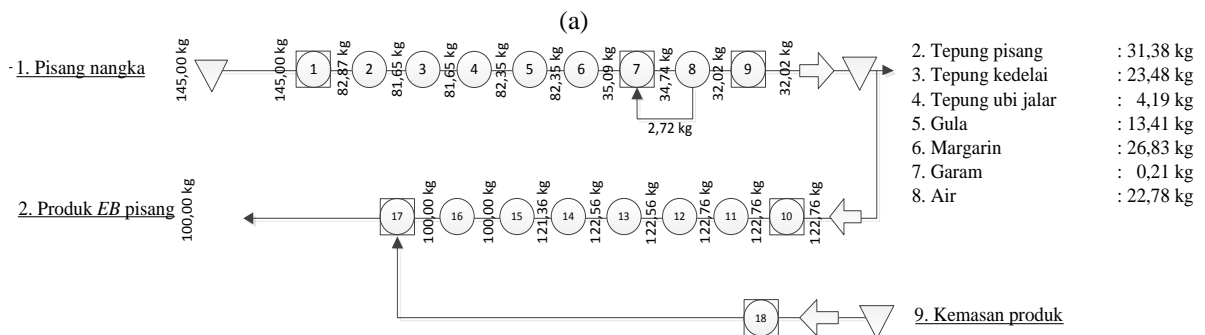
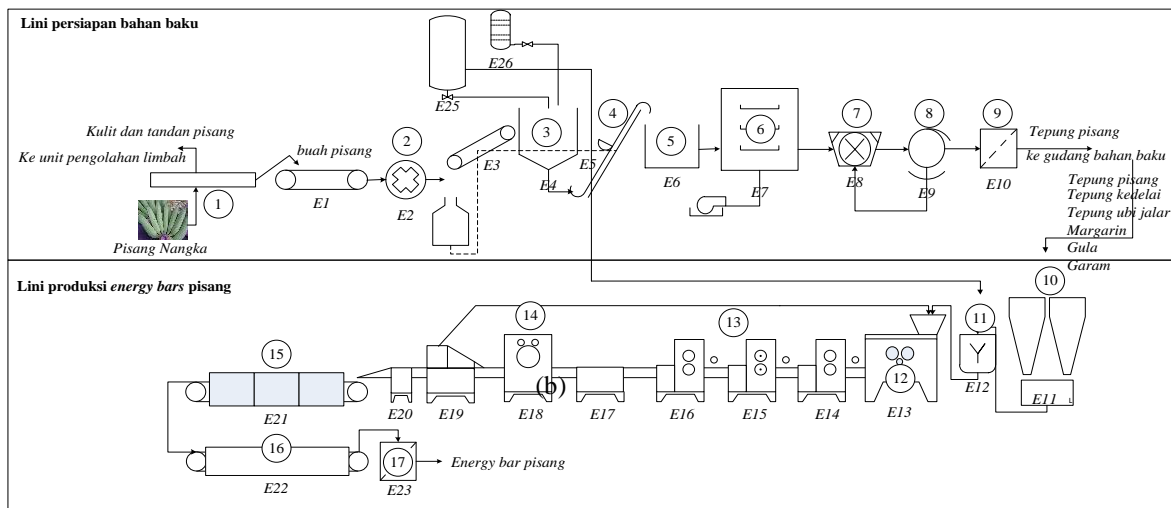
### Sub Model Pemilihan Lokasi Industri

Pemilihan lokasi industri *EB* pisang dilakukan pada tingkat kabupaten di wilayah Propinsi Jawa Barat. Propinsi Jawa Barat dipilih karena merupakan sentra produksi pisang yaitu 1,3 juta ton per tahun (BPS, 2012). Merujuk pada hasil penelitian Hendrawati (2006) dan Antuli (2007) maka kriteria yang digunakan dalam pemilihan lokasi industri *EB* adalah: (1) produksi pisang, (2) jumlah pencari kerja dan upah minimum kabupaten/kota (UMK), (3) infrastruktur transportasi, (4) sarana utilitas air dan listrik, (5) peraturan pemerintah daerah terkait perizinan industri dan lingkungan hidup, serta (6) penerimaan masyarakat terhadap industri. Alternatif kabupaten untuk pendirian industri *EB* pisang yaitu Kab. Cianjur, Kab. Garut, Kab. Tasikmalaya, Kab. Subang, dan Kab. Sukabumi.

Hasil pembobotan pendapat pakar dan hirarki keputusan pemilihan lokasi industri *EB* pisang dengan menggunakan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1994) dapat dilihat pada Gambar 7. Kabupaten Garut memperoleh prioritas bobot tertinggi sebagai lokasi pendirian industri dengan bobot prioritas 0,279. Nilai *consistency ratio* (CR) pada pembobotan pemilihan lokasi kurang dari 0,1. Pembobotan pemilihan lokasi industri *EB* pisang dapat diterima karena nilai CR kurang dari 0,1 (Saaty, 1994).

Tabel 1. Karakterisasi produk EB pisang hasil implementasi model

Hasil Penelitian Luthfiyanti <i>et al.</i> , (2011)		Hasil estimasi dengan perangkat lunak <i>Nutrisurvey</i> (mg/100 g produk) menggunakan metode Erhardt (2007)	
Karakterisasi produk	Nilai	Karakterisasi produk	Nilai
Karbohidrat (%)*	46,25	Vit B1**	0,13
Protein (%)*	11,00	Vit B2**	0,19
Lemak (%)*	26,66	Vit B6**	0,38
Air (%)*	6,33	Asam folat**	0,013
A <sub>w</sub> *	0,52	Vit C**	10,65
Densitas energi (kkal/gr)*	4,68	Sodium**	110,33
Alkohol **	0	Potassium**	821,62
Kolesterol**	1,87	Magnesium**	105,79
Vit A**	0,197	Phospor**	197,69
Karoten**	0,35	Zat besi**	4,71
Vit E**	0,22	Seng**	1,79

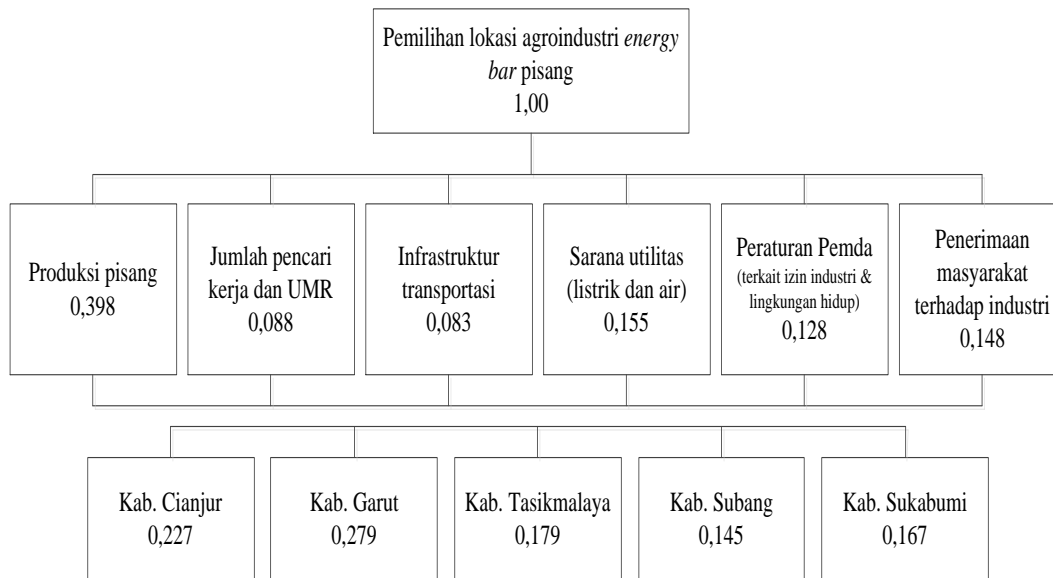


Keterangan :

- |                           |                                |                      |                        |
|---------------------------|--------------------------------|----------------------|------------------------|
| 1. Sortasi dan pengupasan | 11. Pencampuran dan pengadonan | E4. Bak perendaman   | E14. Gauge rolls 1     |
| 2. Pengirisan             | 12. Pembentukan lembaran       | E5. Blancher         | E15. Gauge rolls 2     |
| 3. Perendaman Na-bisulfit | 13. Penekanan                  | E6. Bak penirisan    | E16. Gauge rolls 3     |
| 4. Blanching              | 14. Pemotongan                 | E7. Dryer            | E17. Intermediate web  |
| 5. Penirisan              | 15. Pemanggangan               | E8. Disc mill        | E18. Cutter            |
| 6. Pengeringan            | 16. Pendinginan                | E9. Vibratory Screen | E19. Script lift       |
| 7. Penepungan             | 17. Pengemasan                 | E10. Pengemas        | E20. Panner            |
| 8. Screening              | 18. Persiapan bahan kemasan    | E11. Weighing meter  | E21. Oven              |
| 9. Pengemasan             | E1. Belt conveyor              | E12. Mixer-kneader   | E22. Cooling block     |
| 10. Penimbangan           | E2. Slicer                     | E13. Sheeter         | E23. Packaging machine |

Gambar 6. (a) Aliran bahan pada produksi EB, (b) *Process flow diagram* pada sistem produksi EB pisang





Gambar 7. Hirarki keputusan pemilihan lokasi industri EB pisang

### Sub Model Tata Letak Fasilitas

Tata letak fasilitas merupakan tata cara pengaturan fasilitas-fasilitas fisik pabrik untuk menunjang kelancaran proses produksi, memanfaatkan luas area (penempatan mesin atau fasilitas lainnya), kelancaran gerakan-gerakan material, penyimpanan material, personil dan sebagainya (Wignjosebroto, 2003). Berdasarkan metode *Systematic Layout Planning* (SLP) pada Donk dan Galmaan (2004), total kebutuhan luas ruangan untuk fasilitas industri EB adalah 261 m<sup>2</sup> dengan perincian sebagai berikut: ruang produksi (100 m<sup>2</sup>), gudang bahan baku (30 m<sup>2</sup>), gudang produk jadi (25 m<sup>2</sup>), ruang pengemasan (9 m<sup>2</sup>), kantor (25 m<sup>2</sup>), laboratorium (12 m<sup>2</sup>), ruang ganti dan dapur (9 m<sup>2</sup>), ruang perlengkapan umum (20 m<sup>2</sup>), dan ruang boiler (16 m<sup>2</sup>).

Kebutuhan luas ruangan tersebut telah memperhitungkan kebutuhan luas untuk mesin dan peralatan, tenaga kerja sebanyak 38 orang, dan material produksi. Berdasarkan pembobotan pada diagram keterkaitan aktivitas nilai *total closeness rating* (TCR), ruang produksi memperoleh nilai tertinggi yaitu 36 sehingga harus ditempatkan pertama kali dalam penempatan konfigurasi tata letak fasilitas.

### Sub Model Kelayakan Finansial

Model kelayakan finansial diusulkan untuk mengetahui kelayakan pendirian industri EB menggunakan sistem produksi yang dirancang. Model kelayakan finansial dilakukan sesuai dengan metode pemodelan finansial yang diusulkan Soeharto (2002). Kriteria kelayakan investasi yang digunakan pada model ini yaitu *Internal Rate of Return* (IRR), *Net Present Value* (NPV), *Net Benefit*

*Cost ratio* (net B/C), dan *Payback Period* (PP). Pengembangan model kelayakan finansial dilakukan berdasarkan asumsi sebagai berikut:

1. Analisis finansial dilakukan berdasarkan umur proyek yaitu 10 tahun.
2. Kapasitas produksi terpasang pada mesin dan peralatan adalah 100 kg produk *energy bar* pisang per jam dan bobot produk per kemasan sekunder adalah 480 gr.
3. Dalam satu tahun ditetapkan hari kerja selama 288 hari dengan jumlah jam kerja adalah 8 jam sehari.
4. Penyusutan dihitung dengan menggunakan metode garis dengan tidak ada nilai sisa (*salvage value*) pada akhir proyek.
5. Biaya investasi dan modal kerja diperoleh dari utang sebesar 65% dan modal sendiri adalah 35 %, jangka waktu kredit investasi dan modal kerja masing-masing adalah 10 tahun dan 5 tahun.
6. Tingkat suku bunga (*discount factor*) adalah 10 % untuk kredit investasi dan modal kerja.
7. Biaya tidak langsung terkait produksi adalah sebagai berikut :
  - a. Perbaikan dan pemeliharaan mesin 2,5% dari harga mesin per tahun.
  - b. Perbaikan dan pemeliharaan bangunan 2,5% dari harga bangunan per tahun.
  - c. Biaya asuransi 1,0% dari harga mesin per tahun.
  - d. Biaya pemasaran 1,5% dari biaya variabel
8. Tahun ke-0 merupakan tahun pembangunan proyek.

9. Pajak penghasilan dihitung berdasarkan UU No. 10 tahun 1994 yaitu 30% untuk pendapatan bersih lebih dari 40 juta
10. Skenario produksi pada tahun ke-1 sampai dengan tahun ke-10 berturut-turut menggunakan kapasitas produksi 70%, 80%, 90%, 100%, 100%, 100%, 100%, 100%, 100% dari total kapasitas produksi adalah 480.000 buah kemasan.

Total investasi yang dibutuhkan untuk pendirian industri *EB* jika menggunakan sistem produksi yang dirancang adalah Rp 1,05 milyar dengan biaya produksi per tahun Rp 5,43 milyar dan modal kerja untuk satu bulan produksi adalah Rp. 172,92 juta. Dengan harga jual produk sebesar Rp 13.500 per kemasan diperoleh pendapatan sebesar Rp 6,53 milyar per tahun. Hasil perhitungan kelayakan finansial pendirian industri *EB* menggunakan sistem produksi yang dirancang layak dijalankan dengan nilai kriteria kelayakan IRR, NPV, PP dan net B/C berturut turut adalah 18,81%; Rp 608;172 juta; 4,96 tahun; dan 1,54.

Perilaku model karena perubahan variabel input atau output perlu dikaji untuk mengetahui perubahan kriteria kelayakan pada model kelayakan finansial yang diusulkan. Analisis sensitivitas dilakukan untuk mengetahui seberapa jauh suatu usaha dapat dijalankan mengikuti perubahan harga *input* produksi dengan adanya kenaikan biaya ataupun dengan adanya perubahan *output* sehingga mengakibatkan penurunan pendapatan (Jamaran, 2008).

Pada lini persiapan bahan baku, pisang nangka  $\frac{3}{4}$  matang (umur 80-90 hari setelah berbunga) dengan kadar pati  $\pm 55\%$  dilakukan sortasi dan pengupasan kulit. Pada tahap ini dihasilkan daging buah pisang sebanyak 82,87 kg dan limbah pisang sebanyak 62,13 kg. Daging buah pisang kemudian dikonversi menjadi tepung pisang menggunakan metode kering seperti yang diusulkan oleh Satuhu dan Supriyadi (1992), meliputi pengirisan, perendaman dengan larutan Na-bisulfit,

pengeringan, penepungan, dan pengayakan. Tahap selanjutnya adalah tahap produksi *EB* pisang yang merupakan pengembangan dari penelitian Luthfiyanti *et al.* (2011).

Tepung pisang nangka dan bahan lainnya dibentuk menjadi adonan, kemudian adonan dibentuk menjadi lembaran, dicetak dan dilakukan pemanggangan. Dari total bobot adonan 122,76 kg diperoleh produk *EB* pisang sebanyak 100 kg. Hasil samping proses produksi *EB* pisang adalah limbah padat berupa kulit dan tandan pisang, diproses menjadi kompos menggunakan metode pengomposan yang diusulkan oleh CIPS (1992) dan dihasilkan rendemen sebesar 30,77%.

Analisis sensitivitas pada model sistem produksi *EB* dilakukan pada variabel akumulasi harga beli bahan baku produksi dan harga jual produk *EB* pisang. Total harga bahan baku produksi berupa pisang nangka, tepung kedelai, tepung ubi jalar, margarin, gula dan garam adalah Rp 1.373.825 per 100 kg produk, sedangkan harga jual produk *EB* pisang adalah Rp 13.500 per kemasan.

Perubahan kriteria kelayakan investasi yang disebabkan perubahan variabel input pada model kelayakan finansial industri *EB* pisang disajikan pada Tabel 4. Industri *EB* layak dijalankan pada kenaikan akumulasi harga bahan baku mencapai 4,874 % atau Rp 1.440.785,00. Kenaikan akumulasi harga bahan baku lebih dari 4,874% menyebabkan industri *EB* dengan menggunakan sistem produksi yang dirancang tidak layak dijalankan. Industri *EB* pisang masih layak dijalankan, jika penurunan harga jual produk tidak lebih dari 2,381% atau Rp. 13.178,00.

Kelayakan industri *EB* sangat sensitif terhadap perubahan variabel harga bahan baku dan harga jual produk. Namun kelayakan akibat penurunan harga produk lebih sensitif jika dibandingkan dengan kenaikan harga bahan baku. Industri *EB* yang menggunakan sistem produksi yang dirancang (SPK Sispro Agroban 1.0) harus dapat mempertahankan harga jual produk berkisar 0% sampai dengan -2,381 % agar layak dijalankan.

Tabel 3. Uraian biaya dan kriteria kelayakan finansial pada industri *EB* berbasis pisang

Uraian	Nilai (Rp)	Kriteria Investasi	Nilai
Investasi	1.056.870.000	IRR (%)	18,81
Modal Kerja	172,928.000	NPV (juta Rp)	608, 172
Depresiasi per tahun	71.970.000	PP (tahun)	4,96
Biaya operasional/tahun	5.434.527.540	net B/C	1,54
Pendapatan penjualan/tahun	6.533.238.643		
Harga jual produk*	13.500		
Harga jual kompos**	9.000		

\*Rp/kemasan 480 gr, \*\* Rp/kemasan 10 kg

Tabel 4. Analisis sensitivitas terhadap kriteria investasi

Keterangan	Basis	Kenaikan harga bahan baku		
Perubahan Variabel Input	0%	+3,0%	+4,874%	+6%
Kriteria Investasi				
IRR (%)	18,81%	13,52%	10,00%	7,78%
NPV (juta Rp)	608,17	233,84	0	-140,48
PP (tahun)	4,96	5,87	6,66	7,26
net B/C	1,54	1,20	1,00	0,88
Perubahan Variabel Input	0%	-1,5%	-2,381%	-3%
Kriteria Investasi				
IRR (%)	18,81%	13,39%	10,00%	9,53%
NPV (juta Rp)	608,172	225,011	0	-0,429
PP (tahun)	4,96	5,89	6,66	6,78
net B/C	1,54	1,19	1,00	0,97

## KESIMPULAN DAN SARAN

### Kesimpulan

Model sistem produksi dalam bentuk sistem penunjang keputusan telah diwujudkan dalam bentuk aplikasi komputer berbasis *web* dengan nama SPK Sispro Agroban 1.0 Model yang dibangun mampu menggambarkan sistem produksi pada agroindustri *EB* pisang dilihat dari ruang lingkup sistem produksi yang dikaji yaitu penentuan komposisi bahan baku, teknologi proses produksi, neraca massa dan energi, pemilihan lokasi industri, tata letak fasilitas, dan kelayakan finansial pada sistem produksi yang diusulkan.

Berdasarkan hasil verifikasi model, aplikasi SPK Sispro Agroban 1.0 telah mampu memberikan urutan prioritas keputusan dalam berbagai sub model pada sistem produksi yang diusulkan sehingga dapat membantu pengambil keputusan untuk mendeskripsikan penentuan komposisi bahan baku, teknologi proses produksi, neraca massa dan energi, pemilihan lokasi industri, tata letak fasilitas, dan kelayakan finansial pada agroindustri *EB* pisang.

Berdasarkan hasil validasi model, disimpulkan bahwa model sistem produksi yang diusulkan dapat diterapkan pada agroindustri *energy bar* berbasis pisang, namun masih diperlukan kajian terhadap komponen sistem produksi yang lain yang belum dilakukan pada penelitian ini.

Berdasarkan hasil implementasi model, disimpulkan bahwa sistem produksi yang dirancang secara finansial layak digunakan pada agroindustri *EB* pisang. Pada aspek finansial, layak sistem produksi yang dirancang lebih sensitif terhadap penurunan harga jual produk dibandingkan kenaikan harga bahan baku.

### Saran

Penelitian lebih lanjut perlu dilakukan terhadap komponen sistem produksi yang belum dikaji pada model sistem produksi yang dibangun

agar sistem lebih mempresentasikan keadaan nyata di lapangan, pemasaran dan distribusi, serta rantai pasok pada industri *EB* pisang.

## DAFTAR PUSTAKA

- AC Nielsen. 2004. What's hot around the globe: insight on growth in food and beverages 2004. [http://www.us.nielsen.com/reports/documents/2004\\_whatshot\\_food-bev.pdf](http://www.us.nielsen.com/reports/documents/2004_whatshot_food-bev.pdf). [12 Maret 2013].
- [AAFC] Agriculture and Agri-Food Canada. 2012. Consumer Trends: Snack Bar in The United Kingdom. Ottawa: International Market Bureau Agriculture and Agri-Food Canada.
- [AAFC] Agriculture and Agri-Food Canada. 2010. Overview of The Global Sports Nutrition Market (Food, Beverages And Supplement). Ottawa: International Market Bureau Agriculture and Agri-Food Canada
- Antuli ZAK. 2007. Rancang bangun sistem penunjang keputusan pengembangan agroindustri berbasis komoditas unggulan. [Tesis]. Bogor: Institut Pertanian Bogor
- Austin JE. 1992. *Agroindustrial Project Analysis: Critical Design Factors*. 2<sup>nd</sup>ed. Baltimor dan London: The Economic Institutes of World Bank, John Hopskin University Press.
- [BPS] Badan Pusat Statistik. 2012. Statistik Hortikultura: Produksi Buah-buahan di Indonesia. <http://www.bps.go.id> [12 Jan 2012].
- Balitbang Kementan. 2005. *Prospek dan Arah Pengembangan Agribisnis: Dukungan Aspek Teknologi Pasca Panen*. Jakarta: Balitbang Deptan.
- Becker RV. 2012. PRM55 third party model validity: a review and suvey of face and internal validity of health economic models. *J Value in Health* 15(7): A470

- Bellgran M dan Kristina S. 2010. *Production Development: Design and Operation of Production Systems*. New York: Springer-Verlag.
- Berardi D, Diego C, dan Giuseppe DG. 2005. Reasoning on UML class diagram. *J Artificial Intelligence* 168: 70-118.
- Booch G, Maksimchuk RA, Engle MW, Young BJ, Conallen J, Houston KA. 2007. *Object - Oriented Analysis and Design with Application*. New York: Person Education Inc.
- CIPS [Center for Policy Implementation Study]. 1992. *Panduan Teknik Pembuatan Kompos dari Sampah: Teori dan Aplikasi*. Jakarta: CPIS Press.
- Donk VDP dan Gaalman G. 2004. Food safety and hygiene: systematic layout planning of food process. *J Chem Eng Res and Design* 82 (11): 1485-1495.
- Erhardt J. 2007. Nutri Survey for windows. Hohenheim: Hohenheim University. <http://www.nutrisurvey.de/index.html>. [13Maret 2012].
- Groover MP. 2001. *Automation, Production System and Computer Integrated Manufacturing. Englewood Cliffs*. New Jersey: Prentice-Hall
- Hill T. 2000. *Manufacturing Strategy: Text and Cases*. 2<sup>nd</sup> ed. Hamsphire: Palgrave.
- Hirano H. 2000. *JIT Implementation Manual: The Complete Guide to Just-in-Time Manufacturing*. 2<sup>nd</sup>ed. New York: CRC Press.
- Hendrawati TY, Eriyatno, Machfud, Koesnandar, Illah S, Titi CS. 2007. Rancang bangun industri tepung lidah buaya (*Aloe vera*) terpadu. *J Tek Ind Pert*.17(1): 12-22.
- [IOM] Intitute of Medicine. 2002. *High Energy, Nutrient Dense Emergency Relief Food Product*. Washington DC: National Academy Press.
- Jamaran I. 2008. Model Pengembangan agroindustri cocodiesel di daerah terpencil. *J Tek Ind Pert*.18(1): 1-12.
- Luthfiyanti R, Riyanti EF, dan Dewi D. 2011. Pengaruh perbandingan tepung dan pure pisang nangka pada proses pembuatan *food bar* berbasis pisang sebagai pangan darurat. Prosiding SNaPP2011 Sains, Teknologi, dan Kesehatan.Unisba, Bandung 8-9 November 2011
- Nakajima S. 1988. *Introduction to Total Productivity Mantaince*. Cambridge: Productivity Press.
- Narasimhan S dan Jordache C. 2000. *Data Reconciliation and Gros Error Detection: An Intelligent Use of Process Data*. Houston: Gulft Publishing Company
- Nguyen TTT, Jean PG, Christele IV, Isabelle R, Gerard L. 2007. Effect of high pressure homogenisation on the capacity of *Lactobacillus plantarum* A6 to ferment rice/soybean slurries to prepare high energy density complementary food. *J Food Chem*.(102): 1288-1295.
- Norajit K, Bon-Jae G, dan Gi-Hyung R. 2011. Effects of the addition of hemp powder on the physicochemical properties and energy bar qualities of extruded rice. *J Food Chem*. (129): 1919-1925.
- Parnell GS, Patrick JD, dan Dale LH. 2011. *Decision Making In System Engineering and Management*. Hoboken, New Jersey: John Wiley & Sons, Inc
- Rigik E. 2011. Forecasting snack bar sales.convenience store decisions. <http://www.csdecisions.com/2011/05/27/forecasting-snack-bar-sales>. [14April 2013]
- Radecka K dan Zilic Z. 2004. *Verification by Error Modeling*. New York: Kluwer Academic Publishers.
- Shingo S. 1989. *A Study of The Toyota Production System from an Industrial Engineering Viewpoint*. Cambridge: Productivity Press.
- Suprihatini R. 2004. Rancang bangun sistem produksi dalam agroindsutri teh di Indonesia [Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Soeharto I. 2002. *Studi Kelayakan Proyek Industri*. Jakarta: Erlangga.
- SAP. 2011. Sybase Power Designer 16.<http://www.sybase.com/products/modeling-development/z/powerdesigner>. [12 Juni 2012]
- Saaty TL. 1994. Highlight and critical point in the theory and application of the analytical hierarchy process. *Europ J Opr Res*.74: 426-477.
- Satuhu S dan A Supriyadi. 1992. Pisang: Budidaya, Pengolahan, dan Prospek Pasar. Jakarta: Penebar Swadaya.
- Vernarelli JA, Diane CM, Barbara JR, Terryl JH. 2013. Methods for Calculating Dietary Energy Density in Nationally Representative Sample. *Procedia FoodScience* (2): 68-74
- Waldner JB. 1992. *Principles of Computer Integrated Manufacturing*. London: John Wiley & Son.
- Wignjosobroto S. 2003. *Tata Letak Pabrik dan Pemandahan Bahan*. Surabaya: Guna Widya.
- Zhang M, Zhen-hua D, Yan-jun H, Qian T. 2003. Preparation technology for semi-fluid high-energy food. *J Food Eng*.(59): 327-330.