

## **Pengembangan Model Produk untuk Mendukung Proses Daur Ulang Produk Pasca Pakai**

**Sri Raharno \*, Yatna Yuwana Martawiryia \*\*, Indra Nurhadi**

Departemen Teknik Mesin – Institut Teknologi Bandung

Jln. Ganesha No. 10 Bandung

Email: \* harnos@tekprod.ms.itb.ac.id, \*\* yatna@tekprod.ms.itb.ac.id

### Abstrak

*Setiap produk yang dibuat, pada dasarnya akan mempunyai siklus hidup. Untuk produk yang mempunyai siklus hidup produk terbuka, setiap kali produk habis masa pakainya, produk tersebut akan dibuang sebagai sampah yang dapat mencemari lingkungan hidup. Selain itu, sumber daya alam yang dijadikan sebagai bahan baku pembuatan produk juga akan cepat habis. Untuk mengurangi efek negatif dari pembuangan produk yang telah selesai masa pakainya, siklus hidup produk harus dibuat dalam bentuk tertutup. Salah satu cara untuk membuat siklus hidup produk menjadi siklus yang tertutup adalah dengan melakukan proses daur ulang terhadap produk yang telah digunakan (pasca pakai).*

*Untuk melakukan proses daur ulang produk pasca pakai secara baik, ternyata dibutuhkan beberapa informasi, antara lain misalnya substansi yang terkandung pada produk, proses pembongkaran produk yang disarankan dan nilai ekonomis produk yang didapatkan dari proses daur ulang yang dilakukan. Akan tetapi pada kenyataannya informasi ini kadangkala sulit untuk didapatkan. Untuk itu pada penelitian ini akan dikemukakan salah satu strategi untuk mendapatkan informasi tersebut. Secara singkat langkah yang dilakukan adalah dengan menyusun informasi dari produk dan objek yang terkait sedemikian rupa, sehingga informasi yang dibutuhkan akan diperoleh secara mudah. Untuk menyusun informasi tersebut, pada penelitian ini menggunakan pendekatan pemodelan berorientasi objek. Selain itu, agar informasi yang dikumpulkan dapat digunakan di masa yang akan datang, tidak lupa dikembangkan pula model basis data yang digunakan untuk menyimpan informasi tersebut.*

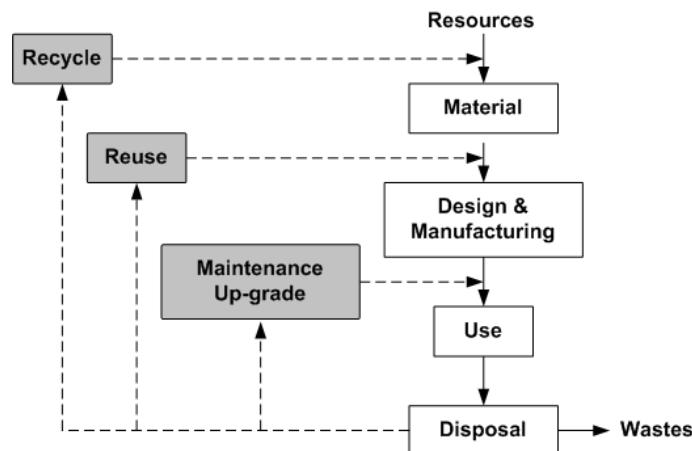
*Kata kunci:* produk pasca pakai, daur ulang, pemodelan produk

### **1. Pendahuluan**

Setiap produk yang dibuat, pada dasarnya akan mempunyai siklus hidup. Untuk produk yang mempunyai siklus hidup produk terbuka, setiap kali produk habis masa pakainya, produk tersebut akan dibuang sebagai sampah yang dapat mencemari lingkungan hidup. Selain itu, sumber daya alam yang dijadikan sebagai bahan baku pembuatan produk juga akan cepat habis. Untuk mengurangi efek negatif dari pembuangan produk yang telah selesai masa pakainya, siklus hidup produk harus dibuat dalam bentuk tertutup.

Ada beberapa perusahaan yang telah menerapkan konsep siklus hidup tertutup produk secara komprehensif untuk produk yang mereka hasilkan. Perusahaan-perusahaan tersebut antara lain Epson, Mitsubishi Electric, Sharp, dan Fuji Xerox. Untuk menghilangkan penggunaan substansi kimia berbahaya, Perusahaan Epson menerapkan kebijaksanaan penggunaan material yang bebas dari bahan berbahaya yang dimulai dari pengadaan material. Dalam hal ini, Epson mengembangkan petunjuk pengadaan material yang diberi nama *Seiko Epson Group Green Purchasing Standard for Production Material*. Salah satu pelaksanaan dari kebijaksanaan ini adalah setiap pemasok material ke perusahaan harus menyediakan data tentang substansi yang dikandung oleh material yang mereka pasok.

Salah satu cara untuk membuat siklus hidup produk menjadi siklus hidup tertutup adalah dengan cara mengembangkan metode pemrosesan sebelum produk dibuang sebagai sampah, seperti yang ditampilkan pada gambar 1. Salah satu metode pemrosesan tersebut adalah proses daur ulang (*recycle*). Untuk melakukan proses daur ulang tentu saja dibutuhkan informasi yang lebih dari sekedar sifat mekanik atau fisik dari material. Informasi tentang material yang terkait dengan lingkungan hidup, seperti potensi untuk menimbulkan polusi udara, air dan tanah serta potensi untuk menimbulkan penyakit kanker, prosedur pembuangan material yang direkomendasikan adalah antara lain merupakan informasi yang diperlukan untuk mendukung proses daur ulang produk. Tingkat keterdaurulangan produk pasca pakai juga merupakan informasi yang sangat dibutuhkan. Selain itu, informasi lain yang tidak kalah penting dan dalam beberapa kasus bahkan menjadi motivasi utama untuk melakukan proses daur ulang adalah nilai tambah yang didapat dari proses daur ulang produk pasca pakai.



Gambar 1 Pemrosesan yang dilakukan untuk membuat siklus hidup produk menjadi tertutup

Akan tetapi untuk mendapatkan informasi yang dibutuhkan untuk proses daur ulang seperti yang diuraikan di atas tidaklah mudah untuk didapatkan. Bahkan di beberapa kasus informasi tersebut tidak tersedia. Tujuan penelitian ini adalah membuat sistem yang dapat digunakan untuk menghasilkan informasi yang dibutuhkan dalam proses daur ulang produk bekas pakai. Metodologi yang digunakan dalam penelitian ini, secara garis besar, adalah dengan mengembangkan model produk ditinjau dari sisi informasi produk. Untuk mengembangkan model produk digunakan pendekatan pemodelan berorientasi objek. Pemodelan ini secara garis besar berusaha memodelkan sesuatu seperti keadaan sebenarnya. Tentu saja tidak semua atribut yang ada di benda sebenarnya akan dimodelkan. Hanya atribut yang menjadi perhatian saja yang akan dimodelkan. Informasi yang didapatkan dari model yang telah dikembangkan ini adalah nilai tambah yang didapatkan (dalam bentuk rupiah) bila produk pasca pakai didaur ulang, dan substansi yang terkandung dalam produk pasca pakai.

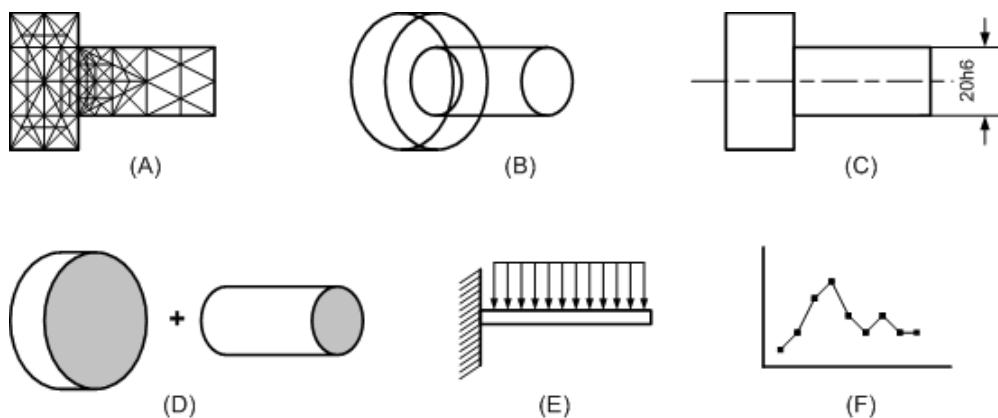
## 2. Pemodelan Produk

Model dapat didefinisikan sebagai perwakilan (representasi) dari suatu masalah dalam bentuk yang lebih sederhana dan mudah dikerjakan. Bila ada suatu masalah yang besar dan rumit, model dapat digunakan sebagai pendekatan untuk memahami dan memecahkan masalah tersebut.

Pembuatan model didasarkan pada hal-hal yang sudah diketahui, sehingga belum tentu semua gejala dan variabel yang dimiliki objek yang dimodelkan terwakili. Model harus dibuat agar mempunyai sifat yang lebih sederhana dibandingkan dengan objek yang dimodelkan, sehingga lebih mudah untuk dikerjakan. Semakin dekat model dengan keadaan sebenarnya, semakin banyak variabel/gejala yang harus diperhatikan untuk membuat model tersebut. Karena semakin banyak variabel/gejala yang harus diperhatikan mengakibatkan semakin rumit model tersebut yang berarti pula semakin sukar untuk mengerjakannya. Dengan demikian model yang baik adalah model yang di

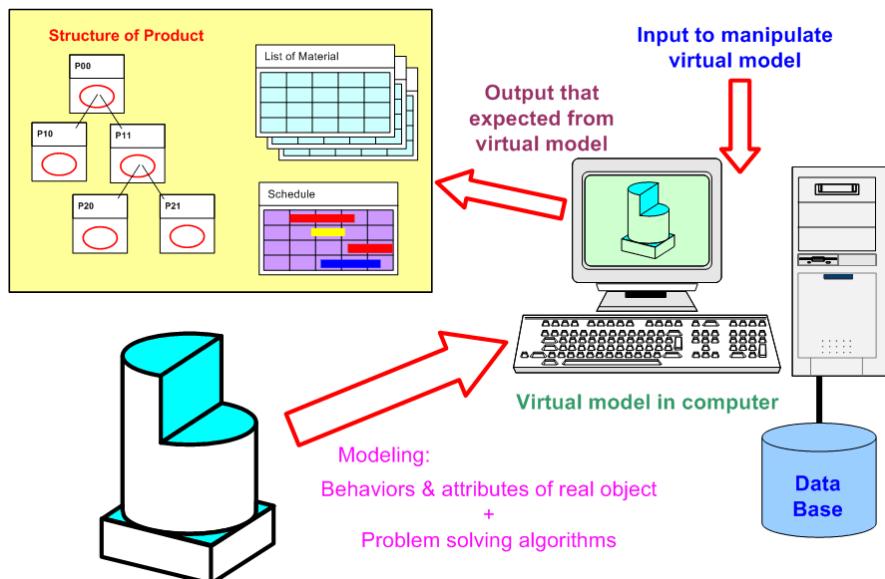
dalamnya mempunyai sifat-sifat/gejala-gejala yang diperlukan, namun masih mempunyai sifat pemecahan masalah yang sederhana.

Ada beberapa cara untuk memodelkan produk. Tergantung kepada kebutuhannya, pada gambar 2 ditampilkan beberapa model produk. Pada gambar 2 (A), produk bisa dimodelkan sebagai model elemen hingga dengan tujuan agar produk bisa dianalisis secara numerik. Untuk keperluan visualisasi, produk bisa juga dimodelkan dalam bentuk gambar *wire frame*, seperti ditunjukkan pada gambar 2 (B). Untuk keperluan produksi, produk dapat juga dimodelkan dimensinya seperti pada gambar 2 (C). Bila produk ingin dilihat dari *feature* yang menyusunnya, produk dapat dimodelkan seperti pada gambar 2 (D). Untuk keperluan analisis gaya yang berkerja pada produk, dapat menggunakan pemodelan seperti pada gambar 2 (E). Bila produk ingin dimodelkan pada sisi penjualannya setiap bulan, model seperti gambar 2 (F) lebih sesuai bila digunakan.



Gambar 2 Berbagai macam model produk

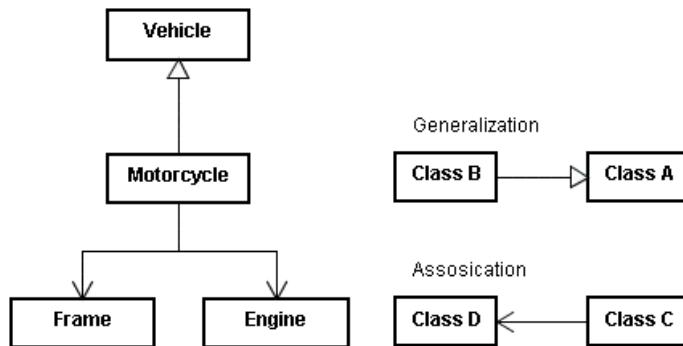
Pada penelitian ini, metode pemodelan yang digunakan adalah pemodelan berorientasi objek. Seperti yang diperlihatkan pada gambar 3, pemodelan ini mempunyai arti virtualisasi objek nyata ke dalam dunia perangkat lunak/komputer. Bila suatu objek nyata mempunyai sifat atau fungsi tertentu, maka pada objek yang sama di dalam perangkat lunak/komputer juga harus mempunyai sifat atau fungsi tersebut.



Gambar 3 Pemodelan berorientasi objek

Untuk menggambarkan model yang telah akan dibuat, ada beberapa cara yang dapat digunakan. Salah satu cara tersebut adalah penggambaran model dengan menggunakan UML (Unified

Modeling Language). Salah satu contoh penggambaran model dengan menggunakan UML, ditunjukkan pada gambar 4 berikut ini.



Gambar 4 Penggambaran model dengan menggunakan UML

Pada gambar 4, ditunjukkan pemodelan sepeda motor. Secara umum, karena sepeda motor merupakan bagian dari kendaraan, pada gambar tersebut ditunjukkan bahwasannya bentuk umum (*generalization*) dari sepeda motor adalah kendaraan. Selain itu pada gambar tersebut juga ditunjukkan bahwasannya sebuah sepeda motor mempunyai rangka dan mesin (*assosiation*) sebagai bagian dari sebuah sepeda motor.

### 3. Pengembangan Model

Pada model produk yang dikembangkan ini, informasi yang ingin didapatkan dari model produk adalah sebagai berikut:

- Struktur produk yang dapat digunakan untuk menggambarkan bagaimana produk dibuat dan disusun. Paling tidak dengan mengetahui struktur produk proses disassembly produk akan lebih mudah dilakukan, daripada bila informasi ini tidak tersedia.
- Substansi yang terkandung pada sebuah produk.
- Material yang akan didapatkan dari sebuah produk yang didaur ulang serta nilai uang yang akan didapatkan (perkiraan).

Agar model produk dapat memberikan informasi seperti yang diinginkan di atas, perlu terlebih dahulu membuat model material dan model substansi. Hubungan antara model produk dengan model material dan substansi ditampilkan pada gambar 5.

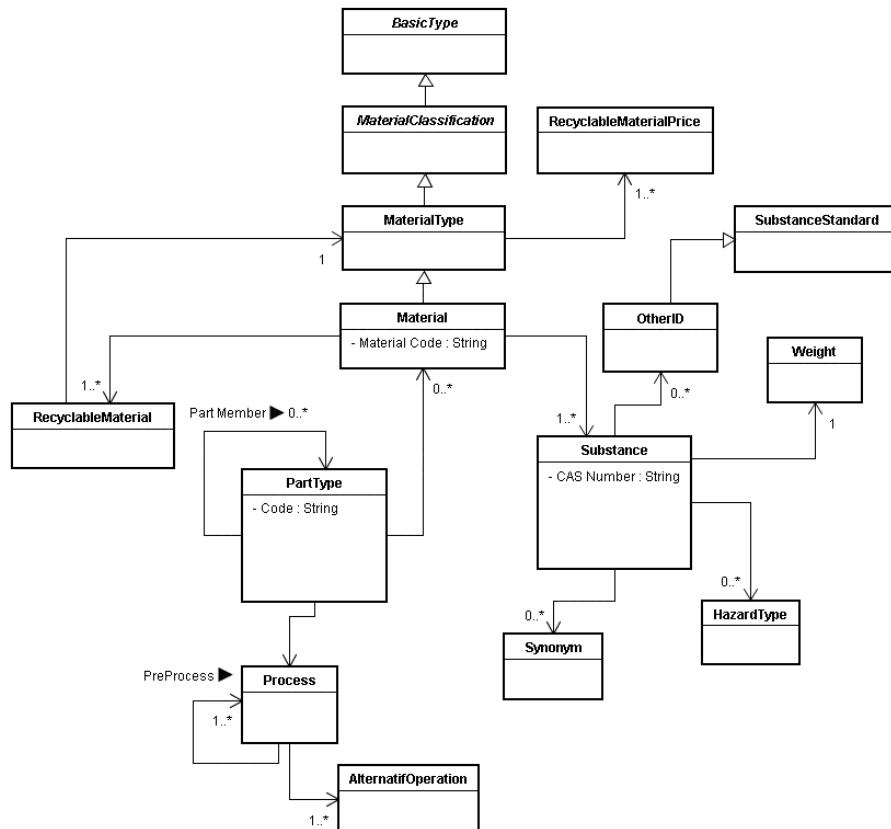
Pada sistem ini, bentuk paling umum dari material adalah basic type. Model ini akan menggolongkan material dalam kelompok paling besar, yaitu:

- Basic Machine Element, material yang mempunyai bentuk umum ini adalah bantalan, mur, baut dan roda gigi.
- Industrial Component, material yang mempunyai bentuk umum ini adalah motor, kompresor, penukar kalor dan bejana tekan.
- Raw Material, material yang mempunyai bentuk umum ini adalah lembaran logam dan logam berprofil.
- Auxiliary Material, material yang mempunyai bentuk umum ini adalah dempul, pelumas, dan cat.

Bentuk khusus dari basic type adalah material classification. Model ini akan membagi model basic type menjadi lebih khusus. Sebagai contoh basic machine element akan mempunyai model material classification seperti bantalan, mur dan baut.

Bentuk khusus dari material classification adalah material type. Contoh dari model ini adalah sebuah baut dengan panjang 15 mm dan ulir M5 yang merupakan bentuk khusus dari sebuah baut serta baut merupakan bentuk khusus dari basic machine element. Model material type belum

menggambarkan benda yang sebenarnya atau dengan kata lain hanya berupa data dan tidak ada benda nyatanya. Akan tetapi model ini sudah mempunyai informasi tentang perkiraan harga material yang dapat didaur ulang. Untuk material yang ada di kenyataan, pada sistem ini menggunakan model material. Pada model ini, selain informasi tentang kode material dan nama, informasi yang ada adalah material yang akan diperoleh bila material tersebut didaur ulang. Bila informasi ini dikaitkan dengan informasi perkiraan harga jual material yang didaur ulang, maka akan diperoleh informasi besarnya nilai rupiah yang akan diterima bila material tersebut didaur ulang.



Gambar 5 Hubungan antara model produk dengan model material dan substansi

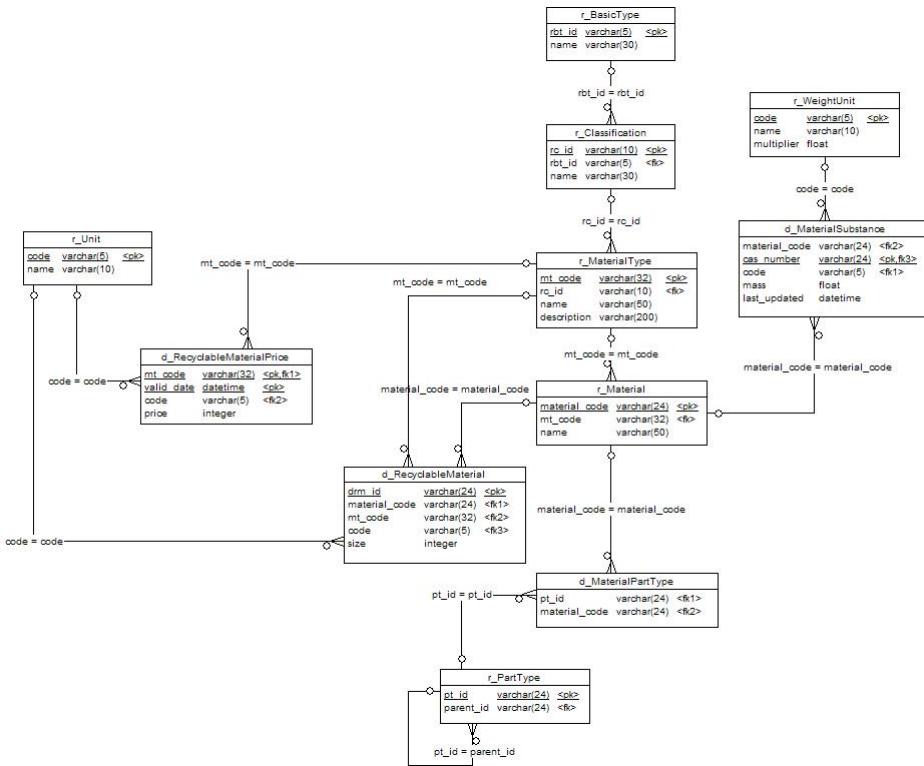
Untuk menghasilkan informasi tentang substansi yang terkandung pada sebuah material, dikembangkanlah model substansi. Atribut utama yang dimiliki oleh model ini adalah CAS Number yaitu kode identifikasi substansi yang dikeluarkan oleh American Chemical Society, sinonim (nama lain) dari substansi dan kategori bahaya dari substansi seperti apakah dapat menimbulkan polusi udara, air ataupun bersifat racun yang berbahaya bagi manusia.

Pada sistem ini, produk dimodelkan sebagai part type. Model ini dapat digunakan untuk memodelkan setiap tingkatan dari produk, yaitu tingkat produk (paling atas), tingkat assy/sub-assy, dan tingkat komponen (part) yang mempunyai atribut tentang material yang digunakan. Kunci dari model ini adalah salah satu attributnya mengacu pada objek part type yang lain sebagai induk dari model tersebut. Dengan demikian objek yang sudah tidak mempunyai induk lagi maka berarti objek tersebut berkedudukan sebagai produk. Sedangkan objek yang tidak mempunyai anak lagi, berarti objek tersebut adalah komponen (part). Dengan menggunakan hubungan antara induk dan anak inilah struktur dari produk dapat diketahui.

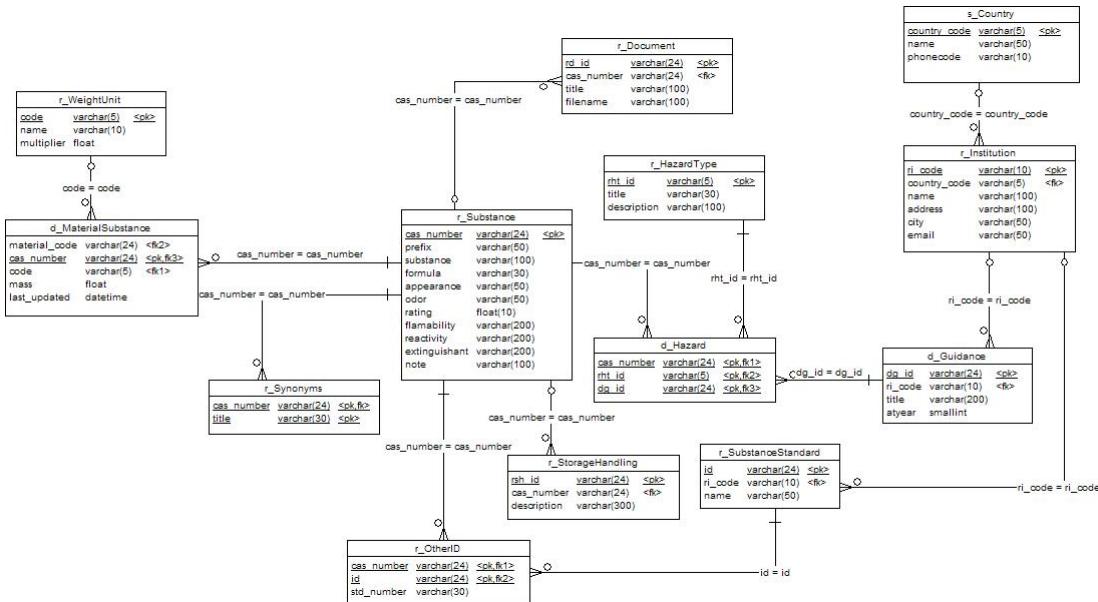
Untuk mengetahui material yang dikandung oleh suatu produk, cara mendapatkannya adalah dengan cara mencari objek-objek part type yang berkedudukan sebagai komponen (part). Selanjutnya dari material yang ada tersebut, dikeluarkan informasi tentang substansi yang dikandungnya. Dengan mengelompokkan substansi yang sama secara keseluruhan dalam satu produk, maka akan diperoleh

seluruh substansi yang terkandung pada produk tersebut. Hal yang sama bisa dilakukan untuk mencari nilai rupiah dari material yang didaur ulang.

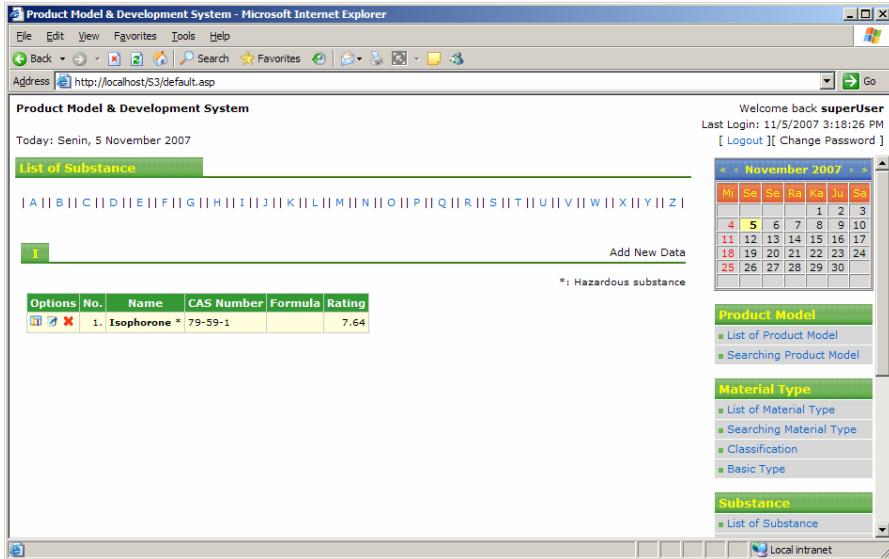
Untuk menyimpan data yang digunakan pada sistem ini, dibuatlah model data yang sesuai. Model tersebut ditunjukkan pada gambar 6 dan 7. Sedangkan contoh antar muka yang telah dikembangkan ditunjukkan pada gambar 8.



Gambar 6 Model data untuk model part type dan material



Gambar 7 Model data untuk substansi



Gambar 8 Contoh antar muka aplikasi yang telah dikembangkan

#### 4. Penutup

Model yang telah dikembangkan secara teoritik telah dapat digunakan untuk menghasilkan informasi yang dibutuhkan dalam melakukan proses daur ulang. Akan tetapi kalau akan diterapkan secara nyata, masih memerlukan beberapa penyesuaian. Selain itu, sistem yang dikembangkan ini tidak akan dapat berjalan dengan baik, bila data yang dibutuhkan tidak dimasukkan. Untuk itu, pemasukan data secara benar dan disiplin merupakan kunci dari keberhasilan penggunaan sistem seperti ini.

#### 5. Daftar Pustaka

- Alting, L., Legarth, J.B., 1995, "Life Cycle Engineering and Design", Annals of CIRP, 44/2/1995, pp. 1-11.
- Ishii, K., 1995, "Life Cycle Engineering Design", Transcations of the ASME, p. 42-47, 1995.
- Parlikad, A.K., et.al., 2004, The Role of Product Identity in End-of-Life Decision Making, White paper, January 1, 2004, [www.ifm.eng.cam.ac.uk/automation/publications/w\\_papers/cam-autoid-wh017.pdf](http://www.ifm.eng.cam.ac.uk/automation/publications/w_papers/cam-autoid-wh017.pdf)
- Shaw C. Feng, Eugene Y. Song, 2000, "Information Modeling of Conceptual Design Integrated with Process Planning", Symposia on Design for Manufacturability.
- Toyama, R., 2001, "Inverse Manufacturing: Product Recycling Information System", ECP Newsletter.
- Williams, E., 2005, "International Activities on E-waste and Guidelines for Future Work", Third Workshop on Material Cycle and Waste Management in Asia, National Institute of Environmental Sciences: Tsukuba, Japan.
- Yagasaki, M., et.al., "Epson's System for Creating Environmentally Conscious Products", [http://www.epson.co.jp/e/community/pdf/eco\\_design\\_china.pdf](http://www.epson.co.jp/e/community/pdf/eco_design_china.pdf)