

MEMAHAMI REVERSE ENGINEERING MELALUI PEMBONGKARAN PRODUK DI PROGRAM S-1 TEKNIK MESIN

Dwi Basuki Wibowo *)

Abstrak

Ketrampilan merancang kini telah diajarkan di beberapa jurusan/departemen teknik mesin di Indonesia dengan mencantumkan mata kuliah perancangan misalnya Perancangan Produk, Perancangan Mesin, dll. menggantikan Elemen Mesin yang lebih condong ke KBK Konstruksi. Kegiatan merancang dengan menggunakan konsep reverse engineering memudahkan mahasiswa memahami spesifikasi produk, keunggulan dan kelemahan produk, proses produksi produk serta estimasi biaya produksi sebelum melakukan perancangan produk baru. Tujuan tersebut dapat dicapai melalui pembongkaran produk (yang dianalisa). Paper ini membahas manfaat pembongkaran produk sebagai langkah awal memahami konsep reverse engineering dalam Tugas Perancangan Mesin.

Kata kunci : Perancangan produk, elemen mesin, reverse engineering, tugas perancangan

PENDAHULUAN

Bidang pengetahuan perancangan produk masih sedikit dikenal oleh para perancang dan para insinyur Indonesia. Para perancang Indonesia pada umumnya merancang produk-produk khusus seperti kopling, roda gigi, sistim perpipaan industri, bejana tekan, peralatan kimia, sampai kepada mobil dan pesawat terbang. Perancangan produk mempunyai bidang cakupan yang lebih luas, yaitu meliputi produk atau benda teknik yang sampai saat ini belum pernah dibuat orang. Produk baru semacam ini dikenal pula dengan istilah produk original. Ketrampilan merancang kini telah diajarkan di beberapa jurusan/departemen teknik (engineering department) perguruan tinggi di Indonesia dengan mencantumkan mata kuliah perancangan misalnya Perancangan Produk, Perancangan Mesin, dll.

Dalam kurikulum Program S-1 Jurusan Teknik Mesin di Indonesia hingga tahun 2003, merancang mesin tercermin dalam :

- Macam-macam sambungan, kopling, rem, sabuk dan roda gigi
- Tugas Akhir/Sarjana yang dapat berupa :

Tugas merancang motor bakar, turbin gas, pompa dan kompresor, turbin uap, ketel uap, sistim pendingin, mesin pengangkat dan lain-lain.

Dasar-dasar untuk merancang macam-macam sambungan; kopling; rem; sabuk dan roda gigi diberikan dalam mata pelajaran Menggambar Mesin dan Elemen Mesin, yang masing-masing diberikan dalam 1 semester (dengan jumlah SKS 2) dan 3 semester (masing-masing dalam 3 SKS dengan 1 SKS berupa Tugas Elemen Mesin). Sementara dasar-dasar untuk merancang motor bakar terutama diberikan dalam mata pelajaran Motor Bakar dan Sistim Propulsi yang menguraikan tentang proses konversi energi kimia dalam bahan bakar menjadi energi mekanik dalam motor bakar, komponen-komponen utama motor bakar, performance dan lain-lain yang diberikan dalam 1 semester.

Hal-hal yang biasanya dilakukan dalam proses perancangan dalam praktek yang tidak dilakukan dalam membuat tugas akhir adalah pemodelan geometrik, pemilihan diantara beberapa alternatif, optimasi, pembuatan prototipe, pengujian prototipe untuk

*) Staf Pengajar Jurusan Mesin UNDIP

mengetahui performance atau perkiraan performance berdasarkan analisis dan lain-lain. Analisis beban dan tegangan/regangan biasanya berupa analisis sederhana dan tidak mencerminkan analisis serupa yang dapat dilakukan dalam perancangan sesungguhnya.

Tugas Perancangan Elemen Mesin pada Kurikulum lama tersebut lebih condong ke Kelompok Bidang Keahlian (KBK) Konstruksi. Untuk mengakomodasi minat para dosen dalam merancang sesuai dengan KBK-nya maka Tugas Perancangan Elemen Mesin perlu diubah menjadi *Perancangan Produk* dan *Tugas Perancangan* dengan bobot masing-masing 2 SKS yang mengajarkan tentang konsep dan metode perancangan, prosedur perancangan, studi kelayakan, analisa pasar, analisa dan optimasi perancangan serta analisis ekonomi untuk menunjang penyusunan Tugas Akhir mahasiswa.

PENDIDIKAN MERANCANG S-1 TEKNIK MESIN

Pendidikan S-1 Teknik Mesin diharapkan dapat mencetak lulusan dengan kualifikasi seperti dipersyaratkan dalam ABET (The Accreditation Board for Engineering and Technology) Amerika. Berdasarkan ABET EC2000 kriteria 3 dan EC2000 kriteria Program Teknik Mesin, para lulusan S-1 Teknik Mesin diharapkan memiliki :

- Kemampuan untuk menerapkan matematika, ilmu pengetahuan dan teknologi untuk memecahkan persoalan-persoalan mekanikal
- Kemampuan dalam merancang dan mengadakan percobaan (experiments), serta mampu menganalisa dan menginterpretasi data
- Kemampuan dalam merancang sistim mekanikal dan thermal, komponen, atau proses untuk menghasilkan sesuatu sesuai yang diharapkan
- Kemampuan untuk bekerja sama dalam tim yang multi disiplin
- Kemampuan untuk mengidentifikasi, memformulasikan serta memecahkan persoalan-persoalan teknik
- Memiliki tanggung jawab dan etika profesional
- Memiliki kemampuan berkomunikasi secara efektif baik dalam bentuk tulisan, berbicara maupun secara visual
- Perlunya memiliki pendidikan yang luas untuk memahami dampak dari solusi rekayasa dalam konteks masyarakat global
- Menyadari akan kebutuhan, memiliki kemampuan untuk menggabungkan, serta terus belajar sepanjang hayat dikandung badan
- Memiliki pengetahuan terhadap isu-isu kontemporer
- Memiliki ketrampilan, kemampuan menggunakan teknik-teknik rekayasa modern, serta mengoperasikan peralatan komputasi untuk meningkatkan pengalaman rekayasa

Selain itu Badan Akreditasi Nasional Perguruan Tinggi (BAN PT) juga mengeluarkan kriteria program yang tertuang dalam *Program Outcomes for Indonesian Engineering Graduates* yang isinya sama dengan point a s/d k pada kriteria ABET di atas dan ditambah dengan :

- Mampu berbicara, menulis dan membaca dalam bahasa Inggris
- Memahami kondisi sosial masyarakat, kebudayaan, kondisi lingkungan secara umum, memiliki tanggung jawab profesional serta secara terus-menerus mengikuti perkembangan kebutuhan masyarakat dalam fungsinya sebagai sarjana teknik profesional
- Memahami tentang kewirausahaan dan proses untuk melakukan inovasi
- Memiliki kompetensi secara mendalam sekurang-kurangnya untuk satu disiplin ilmu teknik

Sesuai kriteria ABET EC2000 3a, 3b dan 3c pengetahuan merancang mutlak diberikan bagi para mahasiswa S-1 teknik mesin. Tabel 1 di bawah ini memperlihatkan gambaran umum pengelompokan mata kuliah pendukung untuk Jurusan/PS S-1 Teknik Mesin di Indonesia yang merupakan implementasi kriteria ABET dan BAN PT ke dalam kurikulum.

Tabel 1. Implementasi kriteria BAN PT dalam pengelompokan mata kuliah pendukung

No.	Category (Pengelompokan)	%	SKS	Equivalent Semester	Outcomes Covered
1.	Mathematics	12.5	18	1.0	a, b & c
2.	Basic Science	12.5	18	1.0	a, b & c
3.	Eng.Principle and Information Technology	15	22	1.2	a, b, c & k
4.	Engineering Design and Projects	20	29	1.6	c, e & k
5.	Engineering Discipline Specialisation	20	29	1.6	O
6.	Profesional Eng. Practice (including project management, entrepreneurship, innovation and profesional ethics)	10	14	0.8	d, f, g, m, n and j
7.	General Studies	10	14	0.8	g, l, m,i and j
	Total	100	144	8.0	a s/d o

Notes :

Example of a Mechanical Engineering Program Based on Parallel Model

- Based on the categories listed in Table 1
- Based on the philosophy of paralel model for engineering undergraduate program study
- $SKS = \text{no. of lecture hours} + 0.5 (\text{no. laboratory hours} + \text{no. tutorial hours})$
- $\text{Hours} = \text{Lecture} + \text{Laboratory} + \text{Tutorial}$, e.g. $3 + 1 + 1$ ($SKS = 3 + 0.5 + 0.5 = 4$)
- Program based on an average (of 8 semester) of 23 contact hours per week

Berikut ini diuraikan tujuan perkuliahan Perancangan Mesin/Produk dan Tugas Perancangan seperti tercantum pada buku : *Curriculum Development SI Engineering Programs in Indonesia* yang disusun oleh Dr. Malcolm J. Jones.

Perancangan teknik adalah langkah merancang suatu sistim, komponen, atau proses. Hal ini merupakan proses pengambilan keputusan (seringkali berbentuk iterasi), penerapan ilmu-ilmu dasar, ilmu matematika dan ilmu teknik untuk menghasilkan suatu perubahan optimal dari berbagai sumber untuk menghasilkan sesuatu yang diharapkan.

Proses perancangan dapat dicirikan dari komponen-komponen dasar berikut :

- Terdapat kriteria dan tujuan yang telah ditetapkan
- Sintesa dan analisa
- Membangun, menguji dan mengevaluasi

Komponen-komponen desain dalam rekayasa yang harus diikutsertakan dalam kurikulum meliputi :

- Mengembangkan kreativitas mahasiswa
- Selalu mengikuti perkembangan (use open-ended problems)
- Mengembangkan dan menggunakan teori perancangan dan metodologi modern
- Formulation of design problems statements & specifications
- Memperhatikan solusi-solusi alternatif, kelayakan, proses produksi, concurrent engineering design dan deskripsi detil sistim
- Hubungan hasil perancangan dengan batasan kondisi riil yang ada baik dari segi ekonomi, sosial dan lingkungan

Tabel 2 di bawah ini memperlihatkan materi/topik yang seharusnya tercakup dalam mata kuliah Perancangan Mesin/Produk dan Tugas Perancangan.

Tabel 2. Cakupan materi/topik pada mata kuliah Perancangan Mesin/Produk

Topic	Sub-Topic
Drawing	Lines, shapes, drawing plans, perspective, positive/negative spaces, shading, engineering drawing techniques, projection, views & scales, illustration & diagrams CAD drafting
Communication	Technical written & oral presentation, report writing, report layout, concise writing, sentence structure, punctuation, passive voice, signpost words, sentence length, small & long words Use of the computer & the internet
Problem-Solving	The engineering approach to problem-solving
Nature Design	Creative design underpins economic survival Forward planning is essential Design is an iterative process Physical or mathematical modelling may assist Why good design is usually simple design
Obligation of Designers	Search for essentials of a problem, don't blindly accept given facts Continually improve personal creativity Be conversant with CAD facilities Know when to terminate the design process Appreciate the variability of real-life situations Designed artifacts do not operate in solution, consider interface with other people, machine & materials Obligation of the designer society
Mechanical Components	Understand various common machine components, such as springs, threaded & welded, joints, shafts, bearings, gears, belts & brakes
Design for Manufacture	Planning for feasible manufacture Design & planning for economic manufacture Design & planning for quantity assembly

MATA KULIAH ELEMEN MESIN vs PERANCANGAN PRODUK

Seperti halnya mata kuliah Elemen Mesin, mata kuliah Perancangan Produk juga diikuti dengan Tugas Perancangan. Tugas Elemen Mesin yang diberikan dosen pembimbing bisa berupa analisa, perancangan ulang dan perancangan baru. Aktifitas yang dilakukan mahasiswa dalam melakukan perancangan ulang meliputi : (i). membongkar produk yang dianalisa, (ii). melakukan pengukuran, (iii). membuat sket, (iv). menghitung dengan metode Nieman, (v). menganalisa atau membandingkan dengan dimensi produk semula dan (vi). menuangkan hasil perancangannya ke dalam gambar mesin. Sementara untuk perancangan produk baru untuk keperluan tertentu mahasiswa bisa mencontoh produk-produk sejenis yang sudah pernah dibuat orang.

➤ **Tugas Elemen Mesin I** berisi :

Macam-Macam Sambungan, Poros dan Bantalan

Meliputi : Sambungan Las, Keling, Baut, Pasak, Poros, Spline dan Bantalan

Referensi Utama : *Machine Elements Volume I* oleh Gustav Nieman

➤ **Tugas Elemen Mesin II** berisi :

Kopling, rem, roda gesek dan sabuk

Meliputi : Kopling Tetap, Kopling Tidak Tetap (clutch), Berbagai macam Rem, Berbagai macam Konstruksi Roda Gesek, Sabuk Flay, Sabuk V dan Sabuk Bergigi.

Referensi Utama : *Machine Elements Volume I* oleh Gustav Nieman

➤ **Tugas Elemen Mesin III** berisi :

Roda gigi

Meliputi: Roda gigi lurus, roda gigi miring, roda gigi kerucut lurus dan miring dan roda gigi cacing

Referensi Utama : *Machine Elements Volume II* oleh Gustav Niemman

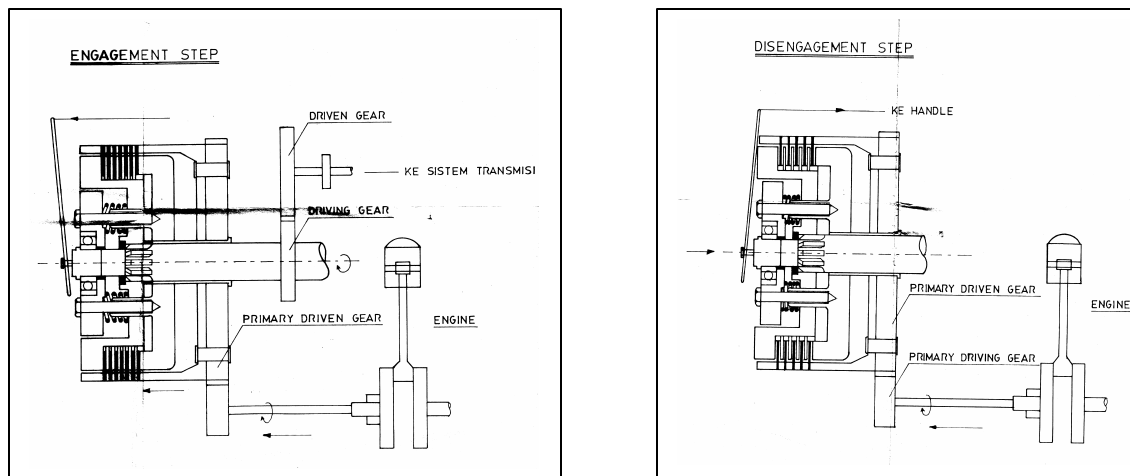
Tabel 3 berikut memperlihatkan mata kuliah dasar yang mendukung Perancangan/ Tugas Elemen Mesin di Jurusan Teknik Mesin UNDIP. Sementara gambar 1. memperlihatkan contoh gambar hasil rancangan mahasiswa pada Tugas Elemen Mesin II.

Tabel 3 : Mata kuliah dasar pendukung Tugas Elemen Mesin

No.	Mata Kuliah	SKS	Semester	K/T ^(*)
1.	Menggambar Mesin	2	2	K & T
2.	Mekanika Kekuatan Material	3	3	K
3.	Kinematika & Dinamika I	3	4	K
4.	Kinematika & Dinamika II	2	5	K
5.	Elemen Mesin I	2	5	K
6.	Tugas Elemen Mesin I	1	5	T
7.	Metrologi Industri & Kontrol Kualitas	2	5	K
8.	Getaran Mekanis	2	6	K
9.	Elemen Mesin II	2	6	K
10.	Tugas Elemen Mesin II	1	6	T
11.	Dinamika Kendaraan	2	7	K
12.	Metode Elemen Hingga	2	7	K
13.	Elemen Mesin III	2	7	K
14.	Tugas Elemen Mesin III	1	7	T

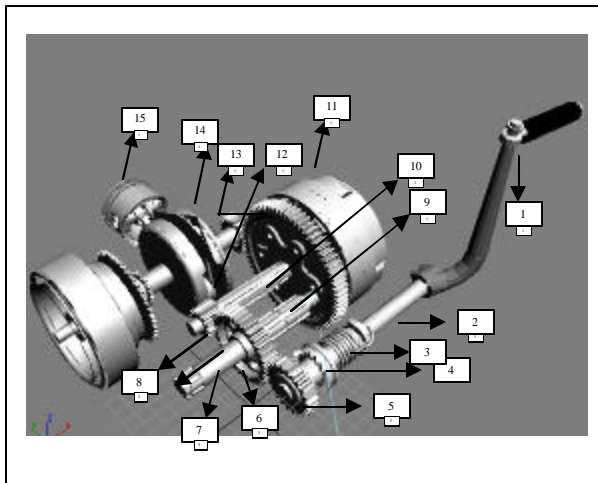
Keterangan : (*) K = Kuliah, T = Tugas

Tugas Perancangan diarahkan dengan konsep *Reverse Engineering* atau mencontoh produk yang sudah ada, menuangkan dalam bentuk gambar mesin, melakukan analisa FEM, menguji sifat fisik material komponen, menganalisa proses produksi dan melakukan pengkajian biaya produksi. Dengan luasnya cakupan materi yang dibahas tersebut pengerjaan Tugas Perancangan dilakukan dalam bentuk Tim dimana dosen pembimbingnya lebih dari 1 orang yang berasal dari beberapa KBK terkait.



Gambar 1. Kopling gesek bertingkat
(Contoh gambar rancangan Tugas Elemen Mesin II)

Tugas yang diberikan bisa berupa : perancangan sistim transmisi, sistim starter (mekanik maupun elektrik), sistim pengereman, chassis dan suspensi, mekanisme poros engkol, sistim pengapian dan karburasi serta sistim pelumasan pada sepeda motor. Dosen pembimbing juga bisa memberikan tugas perancangan mesin-mesin penukar kalor, mesin pendingin (AC, kulkas, cold storage, dan lain-lain), turbin mikro-hydro, sistim pembakaran bahan bakar dengan injeksi, mesin perkakas, mesin pengujian sifat fisik material (uji tarik dan tekan, uji puntir dan uji kekerasan), dan lain-lain. Disini nampak bahwa topik-topik Tugas Perancangan lebih beragam dan lebih berat namun karena pengerjaannya dilakukan oleh beberapa mahasiswa (jumlah anggota tim bisa sampai 5 orang) maka pengerjaannya menjadi lebih ringan. Gambar 2. berikut memperlihatkan contoh Tugas Perancangan Kick Starter sepeda motor HONLEI 110 cc yang gambarnya dikerjakan dengan AutoCAD Inventor.



Keterangan :

- | | |
|--------------------------|---------------------------------------|
| 1. pedal kick starter | 2. pros kick starter |
| 3. pegas starter | 4. ratchet |
| 5. starter pinion | 6. roda gigi starter pada poros lawan |
| 7. poros lawan | 8. roda gigi pada poros utama |
| 9. poros lawan | 10. poros utama |
| 11. koping | 12. poros engkol |
| 13. sprocket di flywheel | 14. flywheel |
| 15. torak | |

Gambar 2. Tugas perancangan – Kick Starter Sepeda Motor HONLEI 110 cc

MEMPELAJARI KONSEP PERANCANGAN Melalui Product Dissection

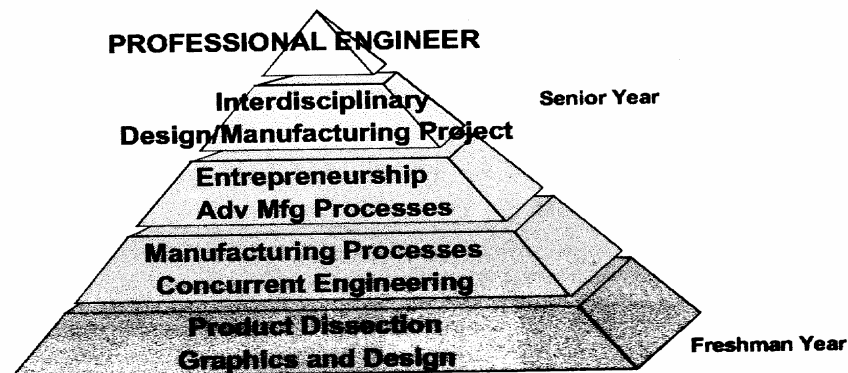
Product dissection atau membelah/membongkar produk adalah merupakan suatu cara memahami konsep perancangan produk yang bersangkutan disamping meningkatkan pengalaman mahasiswa dalam merancang. Di universitas-universitas yang tergabung dalam MEEP (The Manufacturing Engineering Education Partnership) yang terdiri dari The College of Engineering at Penn State; University of Puerto Rico-Mayaguez and University of Washington bekerja sama dengan The Sandia National Laboratories telah memberikan mata kuliah Product Dissection sejak tahun 1993. Pada mata kuliah ini dipelajari tentang prinsip kerja suatu produk, cara pengoperasiannya, konstruksinya, konsep perancangannya serta sukses dan tidaknya produk tersebut di pasaran.

Banyak manfaat yang bisa diperoleh mahasiswa dari kegiatan Product Dissection ini. Di industri kegiatan ini juga dilakukan sebagai suatu cara *benchmarking* yaitu membandingkan keunggulan dan kelemahan beberapa produk sejenis yang merupakan kompetitor. Melalui perbandingan tersebut, industri yang bersangkutan dalam membuat produknya dapat meningkatkan keunggulan dan memperkecil kelemahan dari produk-produk sejenis yang dibuat oleh para kompetitornya.

Berikut ini diuraikan beberapa manfaat yang bisa diperoleh dari kegiatan Product Dissection ini diantaranya adalah :

- Memahami prinsip kerja produk dan cara mengoperasikannya
- Mengetahui cara membongkar/membelah produk. Melalui pembongkaran produk ini mahasiswa dapat mengetahui kelebihan dan kelemahan produk tersebut dari sisi pembongkaran maupun perawatan/perbaikan.
- Mengetahui fungsi dari setiap komponen produk. Acapkali perlu dilakukan pengujian untuk memastikan fungsi dan kinerja dari setiap komponen produk tersebut.
- Dapat memperkirakan material komponen yang digunakan yaitu melalui pengujian laboratorium (misal : uji komposisi, uji tarik, kekerasan dan lain-lain).
- Dapat menjabarkan spesifikasi produk yang bersangkutan
- Mengetahui konsep perancangan produk tersebut
- Konsep perancangan produk harus ditentukan sejak awal sebelum dilakukan perancangan. Misalnya pada sistim starter elektrik sepeda motor, syaratnya motor listrik berdimensi kecil namun bertorsi besar dan memiliki mekanisme yang mampu melepas hubungan dengan poros engkol setelah mesin hidup. Pemahaman tentang konsep perancangan produk yang dianalisa ini membantu mahasiswa dalam mempraktekkan pengetahuan teoritik dengan melihat kenyataan praktek.
- Mengetahui keunggulan dan kelemahan produk baik dari segi pengoperasian, kinerja, kemudahan pembongkaran dan pemasangan, perawatan, umur komponen, estetika/tampilan produk dan lain-lain.
- Dapat memasang kembali komponen produk seperti sedia kala

Dengan diterapkannya materi Product Dissection ini di perguruan tinggi MEEP dan manfaat yang diperolehnya terbukti sangat besar, mendorong dilakukannya revisi kurikulum khususnya yang terkait dengan *Design and Manufacturing*. Revisi kurikulum tersebut didasarkan pada tahapan realisasi produk seperti rampak pada Gambar 3. Adapun tujuan yang diharapkan dapat diperoleh dari kegiatan ini adalah meningkatnya pengetahuan mahasiswa terhadap beberapa hal, seperti tercantum pada Tabel 4.



Gambar 3. Pendidikan manufacturing, design dan realisasi produk dari sejak pendidikan awal sampai pendidikan akhir

Tabel 4 . Tujuan pemberian tugas Product Dissection

Course Outcomes - skills and knowledge	Level of Understanding
Engineering Science Fundamentals (basic physics, graphics)	P
The Design Process and Product Life Cycle	B
Materials (Selection, Non-Traditional)	B
Basic Manufacturing Processes	B
Concurrent Engineering	B
Communication Skills (graphical, verbal, written, electronic)	A
Team Skills	A
Problem Solving Skills	B
Business Concerns	O
Customer awareness, ergonomics, marketing	B
Green engineering	B

Legend: O=Overview B=Basic A=Advanced P=Prerequisite

Untuk keperluan pencapaian tujuan seperti tercantum pada Tabel 4 di atas diterbitkan beberapa modul/buku pegangan. Tabel 5 di bawah ini memperlihatkan daftar rincian isi modul dari setiap produk tugas Product Dissection yang tersedia di Universitas MEEP, yang membantu mahasiswa dalam mengerjakan tugas tersebut.

Tabel 5. Rincian isi modul tiap produk yang dianalisa

Topic	bicycle	drill	engine	phone	camera
metrology	x		x		
CAD drawing	x		x		
sketching	x	x	x	x	x
journal record	x	x	x	x	x
team skills	x	x	x	x	x
manufacturing processes	x	x	x	x	x
materials selection	x	x	x	x	x
electric/electronic machines		x	x	x	x
mechanical hardware	x	x	x	x	x
chemical processes	x		x		x
analysis	x	x	x		x
history of technology	x		x	x	x
green design					x
design for manufacture/assembly		x	x	x	x
ergonomics	x	x		x	x
business concerns, marketing	x			x	x
design process	x			x	x
competitive analysis	x	x		x	x

Gambar 4. berikut memperlihatkan kegiatan pembongkaran mesin sepeda motor HONLEI yang merupakan salah satu Tugas Perancangan di Jurusan Teknik Mesin UNDIP. Setiap pembongkaran sub-assembly didokumentasikan, meskipun hanya sub-assembly sistim starter engine (manual dan elektrik) saja yang ingin dipelajari.



Gambar 4a. Membuka blok mesin menjadi dua bagian



Gambar 4b. Melepas poros kick starter

REVERSE ENGINEERING DALAM TUGAS PERANCANGAN MESIN

Reverse engineering didefinisikan sebagai : “menganalisa suatu sistem melalui identifikasi komponen-komponennya dan keterkaitan antar komponen, serta mengekstraksi dan membuat abstraksi dan informasi perancangan dari sistem yang dianalisa tersebut”. Konsep reverse engineering di industri pada dasarnya adalah menganalisa suatu produk yang sudah ada (dari produsen lain) sebagai dasar untuk merancang produk baru yang sejenis, dengan memperkecil kelemahan dan meningkatkan keunggulan produk para kompetitornya.

Kegiatan yang dilakukan meliputi 5 tahap, yaitu : (a). Kegiatan Pembongkaran Produk, (b). Kegiatan Assembling Komponen, (c). Kegiatan Benchmarking, (d). Melakukan Perancangan Produk Baru serta (e). Pembuatan Prototipe Produk. Berikut ini penjelasan singkat tiap kegiatan di atas, yang berupa tahapan-tahapan yang umumnya dilakukan di masing-masing kegiatan :

➤ Kegiatan Pembongkaran Produk yang Dianalisa/Dicontek

- Membongkar produk yang akan dicontek. Kegiatan ini disebut *Product Dissection*.
- Mempelajari prinsip kerja mesin dan memahami fungsi dari setiap komponen.
- Melakukan pengukuran dimensi setiap komponen.
- Membuat gambar sket tiap komponen dan sub-assembly.
- Melakukan analisis FEM, Termodinamika atau aliran fluida.
- Menguji sifat fisik material komponen dan/atau menganalisa pemilihan bahan.
- Menganalisa proses produksi.
- Melakukan pengkajian biaya produksi.

➤ **Kegiatan Assembling Komponen**

- Menganalisa kemudahan dalam pembongkaran maupun assembling
- Melakukan pemasangan kembali komponen (assembling parts)

➤ **Kegiatan Benchmarking**

Membandingkan keunggulan dan kelemahan beberapa produk sejenis dari beberapa produsen. Kegiatannya berupa :

- Memilih produk sejenis yang dianggap baik dari beberapa produsen
- Melakukan pembongkaran produk
- Mendata fungsi setiap komponen
- Mendata material yang digunakan
- Mendata kelemahan-kelemahan dari setiap produk
- Mendata keunggulan-keunggulan dari setiap produk
- Menuangkan data-data tersebut ke dalam tabel-tabel
- Melakukan survey respon masyarakat terhadap produk yang bersangkutan

➤ **Melakukan Perancangan Produk Baru**

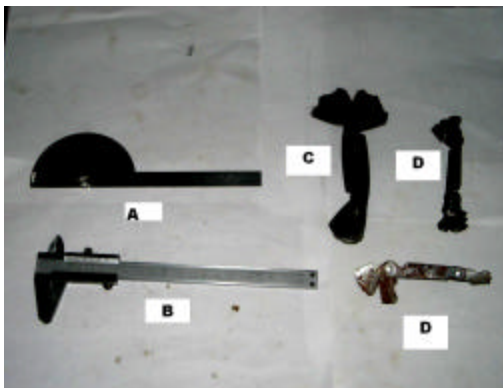
Perancangan produk baru mengikuti prosedur perancangan deskriptif FRENCH atau Ibrahim Zeid ^{[19], [22]}, setelah kelemahan dan keunggulan produk dari berbagai produsen tadi dianalisa dan ditabelkan.

➤ **Pembuatan Prototipe Produk**

Setelah produk dirancang, dilakukan pembuatan prototype produk.

Dari uraian di atas pelaksanaan Tugas Perancangan di banyak Jurusan Teknik Mesin di Indonesia belum melakukan *perbandingan keunggulan dan kelemahan beberapa produk sejenis dari beberapa produsen* (Bench Marking) apalagi kegiatan *Pembuatan Prototipe Produk* karena membutuhkan biaya tidak sedikit. Kegiatan pertama mungkin bisa dilaksanakan dalam 2 – 3 tahun, asal dipersiapkan dengan sungguh-sungguh. Sedangkan kegiatan terakhir sulit diwujudkan karena membutuhkan peralatan produksi yang memadai. Kerja sama industri mungkin dapat lebih mempercepat terwujudnya kegiatan terakhir tersebut.

Tahapan perancangan reverse engineering di atas, sekaligus membatasi dosen pembimbing dalam memberikan topik Tugas Perancangan yaitu berupa produk-produk mesin komersial yang berukuran kecil yang dapat dilakukan pembongkaran di laboratorium seperti misalnya : sepeda motor, hair dryer, hand drilling, sepeda off road, AC, kulkas, turbin mikro hydro, mesin perkakas dan lain-lain. Gambar 5. di bawah ini merupakan contoh kegiatan pengukuran komponen mesin sistim starter sepeda motor HONLY produksi China hasil Tugas Perancangan mahasiswa.



(a). Alat ukur yang digunakan :

- A – Mistar Busur (resolusi 1 mm)
- B – Vernier Calliper (resolusi 0.01 mm)
- C – Radius Gauge
- D – Pitch Gauge



(b). Pengukuran panjang poros



(c). Mengukur pitch gigi roda gigi



(d). Pengukuran sudut



(e). Pengukuran fillet/radius

Gambar 5. Pengukuran komponen sistim starter Sepeda Motor HONLEI

KESIMPULAN

Dari uraian di atas dapat ditarik beberapa kesimpulan sebagai berikut :

1. Product dissection atau membelah/membongkar produk adalah merupakan suatu cara memahami konsep perancangan produk yang bersangkutan disamping meningkatkan pengalaman mahasiswa dalam merancang.
2. Tugas perancangan berbasis reverse engineering memudahkan mahasiswa memahami spesifikasi produk, keunggulan dan kelemahan produk, proses produksi produk serta estimasi biaya produksi sebelum melakukan perancangan produk baru.
3. Tahapan dalam reverse engineering yang masih sulit dilakukan di perguruan tinggi adalah bench marking dan membuat prototype produk, karena membutuhkan biaya tidak sedikit.

DAFTAR PUSTAKA

1. ABET EC2000, Educational Objectives and Outcomes of The Department Mechanical Engineering, Department of Mechanical Engineering, Suny at Tony Brook
2. ABET EC2000, Educational Objectives Assesment
3. DIKTI, Program Outcomes for Indonesian Engineering
4. Division of Engineering Brown University, Mechanical Engineering Basics
5. Division of Engineering Brown University, Mechanical Engineering Acreditation
6. Harsokoesoemo, Darmawan, Pengantar Perancangan Teknik (Perancangan Produk), Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional, Jakarta, 1999/2000
7. Jacobs School of Engineering, Mechanical Engineering Objectives & Outcomes
8. Jahnte, Jens H., et.al., Reverse Engineering : A Roadmap, ASEE Annual Conference Proceedings, 1996
9. Jorgensen, J.E. and Lamancusa, J.S., The Learning Factory – A New Approach to Integrating Design and Manufacturing Into Engineering Curricula, ASEE Annual Conference Proceedings, Anaheim, California, June 25-28, 1995
10. Jones, Melcom J., Curriculum Development – S1 Engineering Programs in Indonesia, Engineering Education Development Project, Academic Consultancy Services, DGHE, Jakarta
11. Jurusan Teknik Mesin UNDIP, Kurikulum 1997
12. Jurusan Teknik Mesin UNDIP, Kurikulum 2003
13. Lamancusa, J.S., et.al., Product Dissection – A Tool for Benchmarking in The Process of Teaching Design, ASEE Annual Conference Proceedings, 1996
14. Lamancusa, J.S., et.al., Benchmarking : A Process Basis for Teaching Design, Frontiers in Education Conference, Proceedings, Pittsburgh, 1997
15. Lamancusa, J.S., et.al., Learning Engineering by Product Dissection, ASEE Annual Conference Proceedings, 1996
16. Lau, Laurence, Reverse Engineering Using Coordinate Measuring Machine (CMM), Dipresentasikan Pada Seminar CAD/CAM'92, Implementasi CAD/CAM Dalam Kegiatan Rekayasa di Industri, Bandung, 12-15 Pebruari 1992
17. Pugh, Stuart, Total Design, Integrated Methods for Succesful Product Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, Inc., Wokingham, 1995
18. Rukmie, Ichsan Samba, Pengajaran CADD di Jurusan Arsitektur, Beberapa Usulan Untuk Penyempurnaan, Proceeding Seminar CAD/CAM'92, Bandung, 12-15 Pebruari 1992
19. Ullman, D.G., The Mechanical Design Process, McGraw-Hill, Inc., New York, 1992
20. Wakil, Sherif D., Process and Design for Manufacturing, Prentice-Hall International Inc., Engelwood Cliffs, NJ., USA, 1989
21. Wibowo, Dwi Basuki dan Kurdi, Ojo, Desain Drilling Jig Untuk Alat Bantu Produksi Housing Reducer Gear, Jurnal Rotasi, Vol.7 Nomor 1, Jurusan Teknik Mesin UNDIP, Januari 2005
22. Zeid, Ibrahim, CAD/CAM Theory and Practice, McGraw-Hill Series in Mechanical Engineering, NJ. USA, 1989