

**KESAN PEMODULARAN KEATAS INTEGRASI
DAN KONFIGURASI KOMPONEN - SATU KAJIAN ILMIAH**

Shafizan Shariffuddin¹, Ahmad Baharuddin Abdullah² and Solehuddin Shuib²

¹ Pusat Pengajian Kejuruteraan Pembuatan
Kolej Universiti Kejuruteraan Utara Malaysia
Kampus Kubang Gajah, 02600 Arau, Perlis

² Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik
Universiti Sains Malaysia, Kampus Kejuruteraan
14300 Nibong Tebal, Pulau Pinang
e-mail: izan@kukum.edu.my
MALAYSIA

ABSTRAK

Firma pembuatan dan pengeluaran sentiasa bersaing dalam membangunkan teknologi yang mana boleh berupaya berubah dengan pantas selaras dengan kehendak pasaran yang mahukan produk dalam masa yang singkat pada harga yang murah. Terdapat banyak faktor yang mempengaruhi harga sesuatu produk, antaranya pendekatan rekabentuk yang digunakan. Pendekatan modular adalah antara pendekatan yang dipercayai mampu memenuhi semua kehendak itu. Rekabentuk modular merupakan suatu kaedah kejuruteraan yang mana dapat meringkaskan struktur dan konfigurasi sesuatu produk, proses atau sistem. Objektif utama pemodularan adalah untuk menghasilkan modul-modul bebas, dimana variasi produk dibentuk hasil variasi gabungan modul-modul ini. Pemodularan secara umumnya akan memberi kesan kepada prestasi produk dalam fasa pembinaan produk contohnya dari segi integrasi dan konfigurasi komponen. Kertas kerja ini membentangkan kajian ilmiah berkenaan konsep pemodularan dalam pembangunan produk dan kesannya terhadap prestasi produk dalam fasa pembinaan produk.

Kata kunci: Pendekatan pemodularan, platform produk, kesepunyaan, rekabentuk acuan

PENGENALAN

Firma pembuatan dan pengeluaran sedang bersaing dalam membangunkan teknologi yang berupaya berubah dengan pantas selaras dengan kehendak pasaran yang mahukan produk yang bervariasi dalam masa yang singkat pada harga yang murah. Memandangkan pengguna

merupakan penentu dalam ekonomi pasaran global, firma-firma pengeluaran ini memberikan fokus utama kepada permintaan pengguna. Kejayaan sesebuah firma kini bergantung kepada kemampuannya untuk memenuhi kehendak pengguna, termasuklah kecekapan untuk berubah dengan pantas sejajar dengan permintaan pengguna yang berubah-ubah. Firma yang berjaya menawarkan pelbagai variasi produk baru yang berkualiti akan mendapat kelebihan dalam pasaran semasa. Oleh yang demikian, mereka perlu membangunkan kaedah atau teknik baru untuk bertindakbalas dengan cepat terhadap perubahan tersebut seterusnya memastikan produk tersebut dengan berada di pasaran lebih cepat daripada firma pesaing.

Satu cara tugas tersebut dilakukan adalah dengan membangunkan produk yang dapat dihasilkan secara selari, bermula pada peringkat awal pembangunan produk. Dengan membangunkan teknik tersebut, firma dapat membuat perubahan yang cepat terhadap rekabentuk atau produk baru, menukar komponen pada produk, atau menukar peralatan pembuatan kepada produk baru. (Kamrani dan Salhie 2000). Di sinilah konsep kemedularan boleh diaplikasikan.

Objektif kertas kerja ini adalah untuk mengetengahkan konsep kemedularan dan kesannya kepada prestasi produk. Bahagian 2 adalah tentang konsep produk modular. Bahagian 3 pula akan memberi fokus kepada kesan pemodularan terhadap prestasi produk. Kesimpulan akan dibuat pada Bahagian 4.

KONSEP PRODUK MODULAR

Istilah kemedularan dalam produk digunakan untuk menjelaskan tentang penggunaan unit asas bagi menghasilkan varian produk (Huang, 1999). Pemodularan dari pandangan Ulrich dan Tung (1991) adalah bergantung kepada dua ciri-ciri rekabentuk, iaitu:

1. Kesamaan antara senibina fizikal dan senibina berangkap sesebuah rekabentuk, dan
2. Meminimakan saling tindak balas berlaku antara komponen fizikal.

Kemedularan boleh diaplikasikan dalam skop rekabentuk produk, masalah rekabentuk, sistem rekabentuk, atau ketiga-tiganya sekali (Kamrani dan Salhie, 2000).

Pemodularan Dalam Produk

Huang (1999) menyatakan bahawa beberapa fungsi produk boleh dilaksanakan oleh satu koleksi komponen yang dinamakan blok. Satu blok boleh mengandungi koleksi komponen yang menjalankan fungsi sama, yang boleh saling bertukaran, dalam kes ini blok tersebut dinamakan modul.

Produk modular adalah produk yang direkabentuk sebagai blok binaan yang boleh dikumpulkan bersama untuk menghasilkan kepelbagaian dalam produk. (Kamrani dan Salhie, 2000). Produk modular boleh dirujuk sebagai suatu produk, pemasangan dan komponen yang memenuhi pelbagai fungsi melalui kombinasi blok binaan yang nyata (modul) (Pahl dan Beitz, 1988). Fungsi keseluruhan yang dipersembahkan oleh produk terbahagi kepada fungsi-sub yang boleh digunakan oleh modul atau komponen yang berbeza. Komponen modular merujuk kepada komponen yang mempunyai fungsi, ruang dan ciri-ciri antaramuka lain yang berada dalam julat

variasi produk yang dibenarkan oleh antaramuka terpiawai tertentu pada sesebuah produk modular.

Satu aspek penting dalam produk modular adalah penciptaan unit teras asas. Unit teras asas ini perlu membenarkan elemen (modul) untuk dipadankan padanya, oleh yang demikian dapat menghasilkan variasi produk daripada modul yang sama. Satu contoh yang baik untuk menerangkan tentang produk modular adalah komputer peribadi. Komputer mempunyai beberapa bahagian utama bagi menjalankan fungsinya. Antara bahagian tersebut adalah pemacu keras, RAM, CPU, CD-ROM, dan modul-modul lain. Modul tersebut boleh diubahsuai dengan sedikit atau tiada pengubahsuaian langsung terhadap modul lain. Sebagai contoh, CPU boleh terdiri daripada kombinasi RAM, pemacu keras, dan lain-lain komponen yang berbeza. Melalui penggunaan komponen modular, sesebuah firma boleh memilih daripada kepelbagaian komponen utama ini untuk menghasilkan produk yang dapat memenuhi kehendak pelanggan.

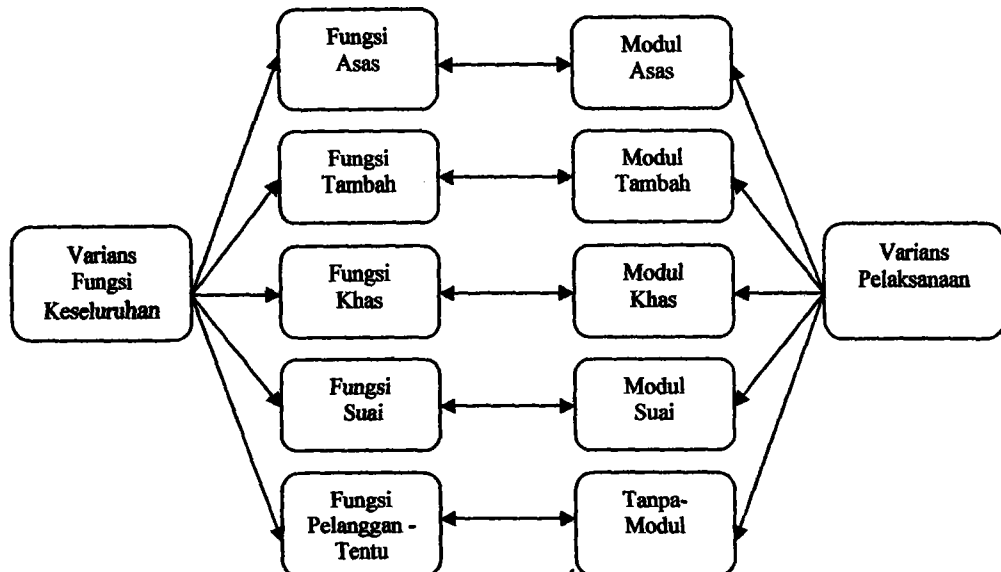
Sebagai contoh dalam industri automotif, Volkswagen telah menggunakan kelebihan kesepunyaan platform dan komponen dengan berkongsi antara empat jenama utamanya, iaitu VW, Audi, Skoda, dan Seat. Kenderaan ini berkongsi platform kereta, dalam kes Volkswagen, ia termasuklah gandar depan, gandar belakang, bahagian depan, bahagian belakang, sistem ekzos, sistem brek, dan beberapa elemen lain (Dahmus et al. 2001).

Satu platform produk adalah satu set komponen modul atau bahagian sepunya, yang boleh menghasilkan beberapa produk. Rekabentuk platform produk memerlukan pemilihan bahagian yang dikongsi dan penaksiran keupayaan dalam prestasi produk individu yang terhasil daripada perkongsian bahagian tersebut (Nelson II et al. 2001).

Kategori Modul

Sistem modular terdiri daripada unit yang tak bersandar atau modul. Dua kategori utama adalah modul berangkap dan modul pengeluaran (Kamrani dan Salhie 2000). Dengan fungsi keseluruhan yang luas, pembahagian produk kepada modul terhala-rangkap (*function-oriented*) adalah penting, manakala apabila varians fungsi keseluruhan dalam bilangan kecil, penyelesaian secara terhala-pengeluaran (*production-oriented*) adalah perkara penting yang perlu dipertimbangkan (Pahl dan Beitz 1988).

Modul berangkap membantu melaksanakan fungsi teknikal secara tak bersandar atau dengan menggabungkan dengan fungsi-fungsi lain. Modul pengeluaran pula direkabentuk secara tak bersandar pada fungsinya dan berasaskan pertimbangan pengeluaran semata-mata. Modul berangkap dikategorikan kepada asas (*basic*), bantu/tambah (*auxiliary*), khas (*special*), suai (*adaptive*), dan tanpa-modul (*non-modul*) (Pahl dan Beitz 1996). Kategori modul dan fungsinya ditunjukkan dalam Rajah 1.



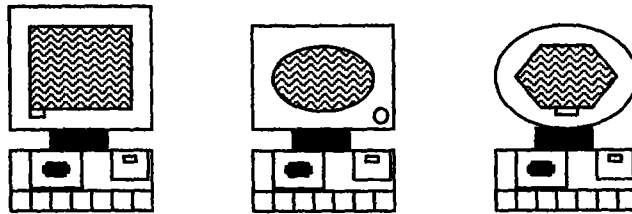
RAJAH 1 Jenis-jenis Fungsi dan Modul

JENIS-JENIS PEMODULARAN

Pemodularan boleh dibahagikan kepada empat jenis (Ulrich dan Tung, 1991). Ia dikategorikan berdasarkan kepada jenis kombinasi modul yang dinilai berasaskan saling tindak antara modul yang berbeza-beza dalam sesebuah produk tersebut.

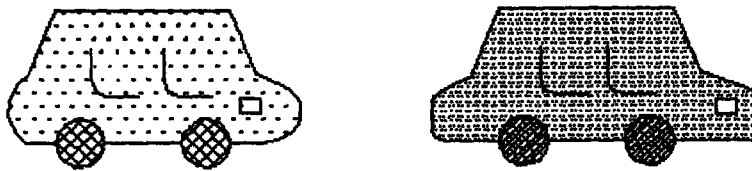
1. Pemodularan Pertukaran - Komponen (*Component Swapping Modularity*): berlaku apabila dua atau lebih komponen asas yang berbeza digabungkan pada satu modul, maka menghasilkan varians produk yang berbeza, tergolong dalam famili produk yang sama.
2. Pemodularan Perkongsian - Komponen (*Component Sharing Modularity*): ia adalah saling melengkapi kepada kemedularan komponen-bertukaran. Beberapa modul berkongsi komponen asas yang sama, menghasilkan varians produk yang berbeza, tergolong dalam famili produk berbeza.
3. Pemodularan Fabrikasi-Untuk-Padan (*Fabricate-to-Fit Modularity*): satu atau lebih komponen piawai digunakan dengan satu atau lebih komponen tambahan pembolehubah. Variasi selalunya ada hubungan dengan dimensi fizikal yang boleh diubahsuai (Kamrani dan Salhieh 2000).
4. Pemodularan Bus (*Bus Modularity*): berlaku apabila satu modul boleh disuaipadankan dengan sebarang komponen asas. Kemedularan bus membenarkan berlakunya variasi dalam jenis dan kedudukan komponen asas dalam produk, sementara kemedularan komponen-bertukaran dan komponen-berkongsi membenarkan hanya variasi untuk jenis komponen asas sahaja berlaku.

Sebagai contoh *varians* produk yang terjana menerusi pertukaran-modul adalah komputer, iaitu dengan menggabungkan beberapa jenis CD-ROM, monitor dan papan kekunci kepada papan induk yang sama. Oleh itu, beberapa model komputer dapat dihasilkan.



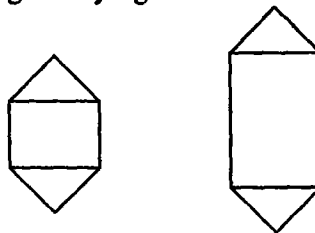
RAJAH 2 Pemodularan Pertukaran-Komponen

Contoh *varians* produk yang terjana menerusi perkongsian-modul adalah dalam industri automotif, seperti badan kereta yang berbeza berkongsi enjin yang sama, menghasilkan kereta yang berlainan jenis.



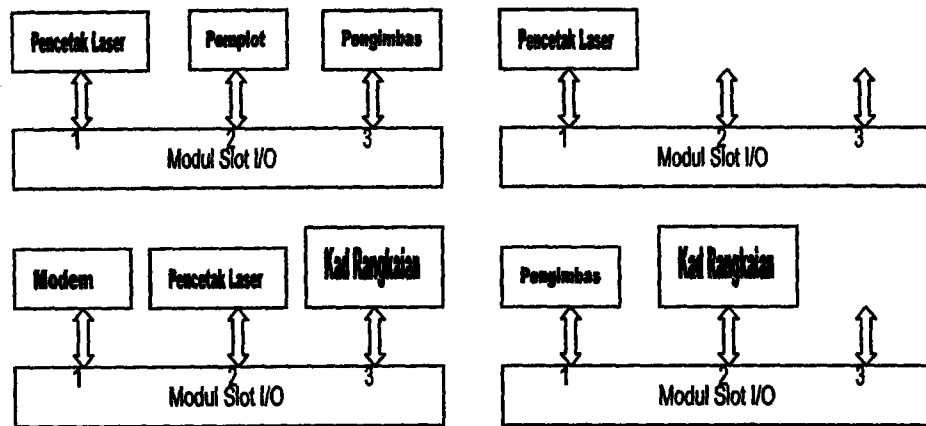
RAJAH 3 Pemodularan Perkongsian-Komponen

Kemodularan fabrikasi-untuk-padan boleh digambarkan dengan sebuah komponen (blok) dengan panjang bolehubah digabungkan dengan dua komponen piawai (segitiga) untuk menghasilkan varians produk. Contoh adalah dalam pemasangan kabel iaitu dua penyambung piawai boleh digunakan dengan panjang kabel yang berbeza.



RAJAH 4 Pemodularan Fabrikasi-untuk-padan

Contoh produk *varians* yang terjana daripada kemodularan bas adalah peralatan komputer tambahan seperti pencetak laser, pemplot, mesin pengimbas, dan kad rangkaian telah disambungkan kepada modul slot I/O yang sama, menghasilkan komputer yang menjalankan fungsi yang berbeza.



Rajah 5 Pemodularan Bas

KESAN PEMODULARAN TERHADAP PRESTASI PRODUK

Prestasi produk ditafsirkan sebagai kemampuan sesebuah produk itu melaksanakan fungsi yang ditetapkan. Ciri-ciri yang biasa bagi prestasi produk adalah kelajuan, kecekapan, hayat, kejitian, dan kebisingan (Ulrich dan Eppinger 1995).

Pada dasarnya, rekabentuk modular menghuraikan satu produk atau sekumpulan komponen kepada modul berasingan. Oleh itu, perhatian utama perlu diberikan untuk memastikan bahawa pengasingan atau percantuman komponen tersebut tidak mengganggu fungsi produk tersebut. Ini memerlukan pertimbangan terhadap tindakbalas fungsi dan fizikal antara komponen (Sosale et al., 1997).

Tindakbalas fungsi selalunya dinyatakan dalam bentuk pertukaran bahan, tenaga dan/atau isyarat. Ia boleh dikeluarkan daripada struktur berfungsi sesebuah produk. Tindakbalas fizikal pula merujuk kepada hubungan ruang dan geometri. Ia termasuklah pemasangan (*attachment*), kedudukan (*positioning*), pergerakan (*motion*), dan pengurungan (*containment*). Kekangan fizikal dan struktur ini perlu diambil perhatian apabila komponen dihimpunkan ke dalam modul. Senibina produk memberi kesan kepada kecekapan pemasangan produk. Senario k modularan yang berbeza mungkin memberi kesan dalam prosedur pemasangan yang berbeza, dengan masa pemasangan dan kos berbeza. Sebagai perbandingan dengan senibina bersepadu (*integral*) produk, terutamanya bagi produk besar dan kompleks, senibina modular membenarkan modul yang berasingan dipasangkan dalam kedudukan yang paling selesa dan kemudian digabungkan untuk mengurangkan masa dan kos pemasangan keseluruhan (Sosale et al. 1997).

Simpson et al. (2001) telah memperkenalkan *Product Platform Concept Exploration Method* (PPCEM) atau Kaedah Tinjauan Konsep Platform Produk yang telah dibangunkan untuk memudahkan rekabentuk sesebuah keluarga produk berdasarkan kepada platform produk

bolehskala. Dalam kajian mereka, mereka telah menghasilkan keluarga motor yang diperolehi menggunakan PPCEM, kemudian membuat perbandingan dengan motor yang dioptimumkan secara individu. Untuk mengurangkan kos, saiz, dan berat, motor yang memenuhi keperluan prestasi dengan jisim keseluruhan paling rendah dan kecekapan paling tinggi adalah dikira sebagai yang terbaik.

Pembolehkan rekabentuk yang dikaji adalah bilangan pusingan angker (*armature*), bilangan pusingan medan, luas keratan rentas wayar medan, luas keratan rentas wayar angker, julat jejari motor dan ketebalan, arus, dan julat panjang tindan (*stack length*). Apabila perbandingan dibuat, didapati bilangan motor yang direkabentuk secara individu yang mencapai target jisim 0.5 kg dan kecekapan 70% adalah lebih banyak berbanding bilangan motor yang direkabentuk secara PPCEM, atau yang menggunakan platform produk (Simpson et al. 2001).

KESIMPULAN

Pendekatan modular telah menjanjikan faedah dalam pengeluaran isipadu yang tinggi (hasil daripada pengeluaran modul piawai) sementara itu, pada masa sama, dapat mengeluarkan banyak variasi produk terlanggan untuk pelanggan individu. Aspek yang telah dibicarakan dalam kajian ini adalah konsep produk modular dan kemedularan, definisi produk modular dan kemedularan serta kesan pemodularan terhadap prestasi produk.

RUJUKAN

- Dahmus, J.B., Gonzalez-Zugasti, J.P., and Otto, K.N. 2001. *Modular Product Architecture*, Design Studies 22: 409-424.
- Huang, C.C. 1999. *Overview of Modular Product Development* 24: 149-165.
- Kamrani, A.K and Salhieh, S.M., 2000. *Product Design for Modularity*.
- Nelson II, S.A., Parkinson, M.B. and Papalambros, P.Y. 2001. *Multicriteria Optimization in Product Platform Design*, ASME 123: 199-2004.
- Pahl, G., and Beitz, W. 1996. *Engineering Design: A Systematic Approach*.
- Simpson, T.W., Maier, J.R.A., and Mistree, F. 2001. *Product Platform Design: Method and Application*", Res. Eng. Design 13: 2-22.

Editors: *N. Muhammad, C.H.C. Haron, J.A. Ghani, D.A. Wahab, B.M. Deros and A. Hassan*

Sosale, S., Hashemian, M., and Gu, P. 1997. *Product Modularization for Reuse and Recycling*, DE vol. 94 / MED - vol. 5, Concurrent Product Design and Environmentally Conscious Manufacturing, ASME.

Ulrich, K., and Tung, K. 1991. *Fundamentals of Product Modularity*.

Ulrich, K.T., and Eppinger, S.D. 1995. *Product Design and Development*.