

Pengembangan Reka Bentuk Konsep Menerusi Kaedah Penganalisaan Fungsi

Shahrum Abdullah

ABSTRAK

The main objective of this study is to discuss in detail an expansion of a conceptual design phase in a function analysis method. This paper contains an interaction between function analysis for design methodologies and conceptual design for total design process. In this case, the selected solution of the function analysis is a black box model. Within the scope, the main function of an engineering design problem is expanded and separated into several sub-functions and it is being done in the black box boundary. The detail stages of the black box methodology are described in the paper. The overall function analysis can be used by most of the design engineers in order to produce some creative ideas for the conceptual design, in which the idea generation is only referred as the sub-functions. The final part of this study is a creation of the black box model in designing the supporting equipment of the human's blood vessel using nickle-titanium alloy. As a medical term, this equipment is called an aortic stent.

Key word: *design process, conceptual design, function analysis, black box, function.*

ABSTRAK

Objektif utama kajian ini ialah untuk membincangkan secara terperinci berkaitan dengan perkembangan fasa reka bentuk konsep menerusi kaedah penganalisaan fungsi. Kajian ini merangkumi perhubungan di antara konsep penganalisaan fungsi untuk kaedah reka bentuk dan rekabentuk konsep untuk proses rekabentuk keseluruhan. Penyelesaian am bagi konsep penganalisaan fungsi ialah model kotak hitam. Dalam aspek ini, fungsi utama masalah rekabentuk kejuruteraan dikembangkan kepada fungsi-fungsi sekunder dan ia dilakukan di dalam sempadan kotak hitam, manakala langkah terperinci penyediaan kotak hitam ini ditunjukkan. Konsep penganalisaan fungsi ini boleh dipergunakan oleh para jurutera rekabentuk untuk menghasilkan idea-idea kreatif reka bentuk konsep, dengan penghasilan idea yang hanya merujuk kepada fungsi-fungsi sekunder. Pada akhir kajian, satu contoh penyediaan kotak hitam untuk proses reka bentuk alat penyokong salur darah manusia yang dihasilkan daripada dawai aloi nikel-titanium dikembangkan. Dalam istilah perubatan, alat ini dikenali sebagai stent aorta.

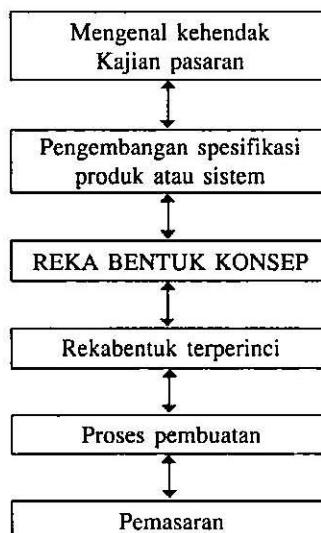
Kata kunci: *proses reka bentuk, reka bentuk konsep, penganalisaan fungsi, kotak hitam, fungsi.*

PENGENALAN

Reka bentuk kejuruteraan ialah suatu aspek penting di dalam bidang kejuruteraan terutamanya apabila wujudnya keadaan yang melibatkan perbezaan pendapat antara seseorang yang berliran sains tulen dan kejuruteraan. Ini kerana, seseorang itu lebih dikenali sebagai seorang jurutera sekiranya beliau mengetahui serta mempraktikkan aturan reka bentuk kejuruteraan. Kajian yang dijalankan ini melibatkan perkembangan konsep reka bentuk yang boleh dipraktikkan dalam aspek kejuruteraan mekanik, terutamanya untuk proses mereka bentuk sesuatu produk atau sistem yang berkualiti. Kebiasaannya, reka bentuk yang kurang berkualiti diperolehi daripada reka bentuk tradisional, dan peningkatan kualiti dapat dihasilkan secara pendekatan sistematik (Shahrum Abdulla Azli Arifin 1999; Sapuan 1998). Reka bentuk tradisional adalah reka bentuk konsep yang dihasilkan tanpa mempertimbangkan kaedah-kaedah reka bentuk yang telah ditetapkan, dan juga kurang pertimbangan terhadap kehendak-kehendak pengguna produk atau sistem.

Kaedah reka bentuk ditakrifkan sebagai aktiviti-aktiviti sistematik yang diperlukan untuk menjayakan fasa-fasa yang terdapat di dalam proses reka bentuk keseluruhan (Cross 1994). Proses reka bentuk keseluruhan pula melibatkan aktiviti lengkap untuk menghasilkan produk atau sistem dan ia bermula daripada pengumpulan maklumat daripada para pengguna sehingga kepada proses pemasaran, seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 1.

Dalam kajian ini, fasa reka bentuk konsep dipertimbangkan dan ia dikaitkan dengan salah satu unsur kaedah reka bentuk iaitu *Penganalisaan Fungsi*. Secara teknikalnya, fasa reka bentuk konsep merupakan fasa permulaan dalam suatu proses reka bentuk (Gayretli & Sapuan 1998). Ia hanya perlu dijalankan sebaik mungkin kerana hasil akhir produk atau sistem yang direka bentuk bermula daripada fasa ini.



RAJAH 1. Turutan aktiviti lengkap dalam proses rekabentuk keseluruhan (Pugh 1990)

REKA BENTUK KONSEP

Berdasarkan kepada istilah reka bentuk kejuruteraan, konsep ialah satu idea yang lengkap untuk dibangunkan kepada reka bentuk akhir dan bertujuan untuk dinilai keberkesanannya (Pugh 1990). Konsep yang dihasilkan perlu memenuhi sasaran yang telah ditentukan menerusi objektif-objektif projek. Ia hendaklah dibangunkan dengan teliti dan mengikut aliran-aliran yang telah ditetapkan (Ullman 1997). Konsep reka bentuk kejuruteraan boleh diwakilkan dengan pelbagai cara seperti penerangan ringkas, lakaran, carta alir, permodelan, persamaan matematik, pengiraan dan beberapa lagi yang boleh yang menggambarkan idea reka bentuk (Cross 1994). Walaubagaimana jenis perwakilan konsep telah dipilih atau dikembangkan, apa yang penting di sini ialah maklumat terperinci yang digunakan untuk menunjukkan dan membuktikan kefungsian idea konsep tersebut. Penghasilan konsep amat penting kerana ia membawa kepada wujudnya reka bentuk terperinci bagi suatu produk atau sistem. Kepentingan ini boleh diperhatikan kepada data yang diperolehi iaitu sebanyak 15% daripada masa proses reka bentuk keseluruhan digunakan oleh kebanyakan syarikat dan firma industri di Amerika Syarikat untuk menghasilkan konsep reka bentuk (Ullman 1997).

Dalam fasa reka bentuk konsep, idea konsep perlu dihasilkan dalam bilangan yang banyak iaitu sekurang-kurangnya empat konsep. Ini diperkuuhkan dengan pernyataan *Jika satu idea dihasilkan, mungkin idea tersebut kurang bagus; jika dua puluh idea dihasilkan, mungkin mewujudkan satu idea bagus* (Pugh 1990). Kenyataan ini bermaksud kepada kesenangan untuk memilih satu konsep terbaik setelah menganalisa konsep-konsep yang telah dihasilkan. Kemudian, para jurutera rekabentuk akan menghalusi konsep tersebut untuk mendapatkan hasil reka bentuk dengan ciri-ciri kejuruteraan dan penampilan yang cemerlang.

Langkah reka bentuk konsep juga melibatkan penghasilan idea yang memenuhi spesifikasi reka bentuk produk atau sistem. Menerusi pendekatan yang dititikberatkan dalam reka bentuk keseluruhan (Pugh 1990), sesuatu reka bentuk kejuruteraan tidak boleh bermula tanpa spesifikasi reka bentuk. Sekiranya keadaan ini berlaku, maka reka bentuk ini dikenali sebagai reka bentuk separa. Kebiasaannya, reka bentuk separa bersifat tradisional iaitu menghasilkan satu idea konsep, seterusnya diperkembangkan kepada reka bentuk terperinci tanpa mengikuti kaedah reka bentuk yang lebih sistematik. Reka bentuk jenis ini juga memungkinkan produk atau sistem yang dihasilkan tidak dapat memenuhi kehendak pengguna atau pelanggan.

Idea reka bentuk konsep dapat digunakan sama ada ke atas keseluruhan produk yang hendak dihasilkan ataupun komponen-komponen sesuatu produk. Fasa ini cenderung kepada pemecahan masalah utama kepada masalah sekunder, sebelum ianya kembali semula kepada penyelesaian utama seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2. Masalah utama merupakan masalah induk yang perlu diselesaikan bagi menghasilkan suatu hasil penyelesaian utama atau reka bentuk. Untuk memudahkan penyelesaian masalah, masalah utama ini dipecahkan kepada masalah-masalah berkaitan yang lebih kecil, iaitu masalah-masalah sekunder. Kemudian, penyelesaian am dengan hanya merujuk kepada masalah sekunder boleh dilakukan, dengan hasilnya ini dikenali dengan penyelesaian sekunder. Aktiviti pemecahan struktur reka bentuk ini dikenali dengan sintesis, dan ia didefinisikan sebagai gabungan

bahagian-bahagian yang berasingan, unsur bahan dan lain-lain untuk mewujudkan satu bahagian utama. Model ini serta model yang ditunjukkan dalam Rajah 1 adalah bersifat perihalan (Birmingham et al.1997).

Fasa penghasilan konsep melibatkan daya kekreatifan yang tinggi. Walaupun pengalaman dan pengetahuan yang terhad dalam bidang teknologi tetapi faktor-faktor fizikal luaran untuk sesuatu reka bentuk perlu diambil kira. Dalam penghasilan reka bentuk konsep, seseorang jurutera hendaklah berfikiran terbuka terhadap apa yang hendak dihasilkan (Hyman 1998). Anda perlu memikirkan apa-apa keadaan yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dengan produk. Sebagai contoh, jika diberi projek reka bentuk sistem mekanik tidak bermakna anda perlu mengabaikan bidang elektrik atau elektronik, kerana ada ketikanya sistem mekanik mempunyai perkaitan dengan bidang-bidang tersebut seperti kuasa pada motor untuk pam hidraulik.

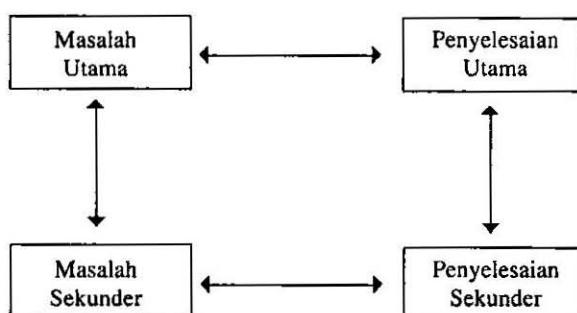
Konsep-konsep yang dihasilkan hendaklah diberi tajuk dan nombor rujukan kerana ianya akan dirujuk semula pada akhir aktiviti fasa reka bentuk konsep dan semasa penilaian konsep. Konsep ini juga perlu mempunyai penerangan ringkas berkenaan dengan ciri, kebolehfungsian, kelebihan serta kekurangannya (Shahrum Abdullah & Azli Ariffin 1999).

ANALISA FUNGSI

Dalam kaedah reka bentuk, penganalisaan fungsi ini bertujuan untuk menganalisa fungsi utama reka bentuk dengan hanya merujuk kepada fungsi-fungsi sekunder yang terkandung di dalamnya. Setiap fungsi-fungsi sekunder ini dianalisa dengan tujuan untuk mendapatkan idea-idea penyelesaian masalah pada Rajah 2.

Dalam bahagian ini, fungsi reka bentuk juga dikenali sebagai masalah reka bentuk. Penganalisaan fungsi ini lebih mudah dikenali menerusi pemecahan fungsi-fungsi masalah yang merupakan unsur kaedah reka bentuk yang pertama dipertimbangkan untuk mengembangkan fasa reka bentuk konsep. Penekanan diberikan kepada pemecahan fungsi utama masalah reka bentuk kepada fungsi-fungsi yang lebih kecil atau dikenali sebagai fungsi-fungsi sekunder (Cross 1994 dan Ullman 1997).

Terdapat dua konsep perwakilan pemecahan fungsi masalah. Yang pertama ialah pemecahan suatu reka bentuk konsep bagi memudahkan



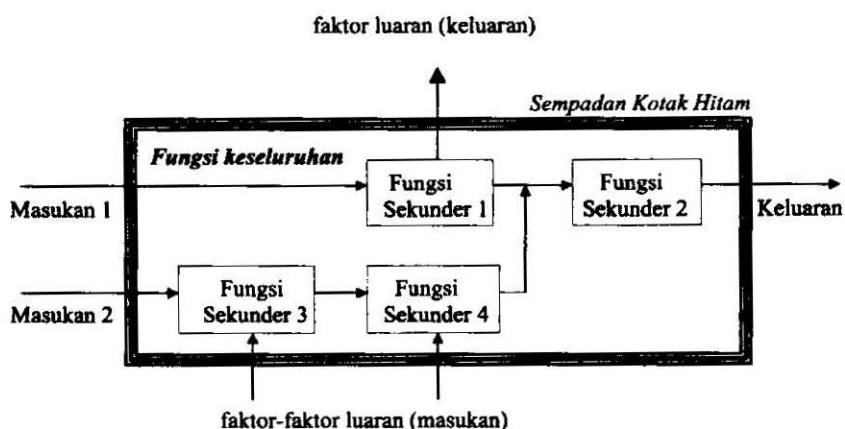
RAJAH 2. Struktur penyelesaian am konsep reka bentuk secara sintesis (Cross 1994)

penghasilan idea-idea konsep dengan hanya merujuk kepada fungsi-fungsi sekunder berkenaan. Justeru, idea reka bentuk konsep dapat dihasilkan dengan lebih terperinci berdasarkan kepada pertimbangan fungsi-fungsi sekunder. Di samping itu, fungsi-fungsi sekunder ini juga menggambarkan turutan aktiviti yang digunakan untuk melengkapkan satu fasa reka bentuk.

Fungsi reka bentuk menyatakan bagaimana sesuatu produk yang direka bentuk mesti dilakukan. Bentuk serta struktur reka bentuk pula menyatakan bagaimana produk ia boleh berfungsi dengan baik. Fungsi ini ditakrifkan sebagai aliran logik untuk tenaga yang merangkumi pelbagai jenis daya, bahan atau maklumat ke dalam suatu proses reka bentuk (Ullman 1997). Aliran untuk tenaga, bahan dan maklumat ini adalah saling tidak bergantung dan mempunyai identiti masing-masing. Cara termudah untuk menggambarkan pemecahan fungsi ini ialah menerusi konsep Kotak Hitam (Cross 1994).

KOTAK HITAM

Kotak Hitam ialah satu objek blok lutsinar yang mengandungi fungsi atau proses yang diperlukan untuk menukar sumber masukan kepada sumber keluaran (Cross 1994) yang secara skematiknya ditunjukkan dalam Rajah 3. Dalam rajah berkenaan, fungsi keseluruhan yang berada dalam kotak hitam diuraikan kepada empat fungsi sekunder dan disertakan dengan faktor-faktor luaran. Fungsi yang dikenalpasti dibatasi dengan satu sempadan sistem. Sumber masukan dan keluarga menghubungkan masalah utama reka bentuk dengan penyelesaian am fungsi sekunder. Masukan ialah sumber yang terdiri daripada tenaga, maklumat serta behan, manakala sumber keluaran pula ialah produk atau sistem yang hendak direka bentuk (Ullman 1997). Faktor luaran untuk masukan ialah sebarang faktor yang turut membantu perlaksanaan proses reka bentuk, dan ia boleh terdiri daripada ketiga-tiga sumber kemasukan. Manakala faktor luaran untuk keluaran ialah hasil sampingan yang terhasil daripada setiap fungsi sekunder. Tujuan penyediaannya ialah untuk membangunkan keperluan fungsi serta sistem reka bentuk terutamanya untuk reka bentuk baru.



RAJAH 3. Rajah skematik model konsep kotak hitam

Penyelesaian kepada fungsi-fungsi sekunder ini akan membawaikan reka bentuk konsep untuk setiap bahagian-bahagian fungsi tersebut. Kemudian, penyelesaian konsep yang berdasarkan kepada fungsi-fungsi sekunder tersebut digabungkan untuk mewujudkan satu penyelesaian reka bentuk konsep induk.

PENYEDIAAN MODEL KOTAK HITAM UNTUK PENGANALISAAN FUNGSI

Terdapat empat langkah utama yang diperlukan untuk menyediakan satu kotak hitam yang lengkap (Cross 1994). Langkah pertama ialah *menentukan fungsi keseluruhan masalah reka bentuk kejuruteraan*. Langkah ini bertujuan untuk memahami masalah reka bentuk dan juga menghasilkan satu fungsi keseluruhan yang mewakili reka bentuk produk atau sistem, serta dapat menukar sumber masukan kepada kepada keluaran. Kebanyakan proses reka bentuk hanya ada satu fungsi keseluruhan dan fungsi ini perlu diletakkan di dalam sempadan kotak hitam.

Langkah kedua ialah *pemecahan fungsi keseluruhan kepada fungsi-fungsi sekunder*. Ia melibatkan proses pemecahan fungsi utama kepada fungsi-fungsi yang lebih kecil dikenali dengan fungsi-fungsi sekunder. Tujuannya ialah untuk memudahkan penghasilan idea-idea reka bentuk dengan hanya merujuk kepada fungsi-fungsi sekunder sahaja. Langkah ini dilakukan di dalam kotak hitam dan ia merupakan satu kerja yang agak rumit kerana memerlukan daya pemikiran ahli reka bentuk yang terbuka dan bersifat meluas. Oleh itu aktiviti ini seolahnya dilakukan dalam satu kumpulan reka bentuk supaya hasil pemecahan fungsi yang terbaik dapat dihasilkan. Tiada langkah yang sistematik digunakan untuk memecahkan fungsi keseluruhan ini dan apa yang diperlukan ialah pengalaman serta pengetahuan seseorang dalam bidang berkaitan. Setiap fungsi sekunder yang mungkin mempunyai sumber-sumber masukan dan keluaran masing-masing dan ini dikenali sebagai faktor-faktor luaran yang mempengaruhi serta menjayakan proses reka bentuk. Kesepadanan sumber-sumber masukan dan keluaran dengan fungsi-fungsi sekundernya perlu diteliti dan dipastikan hubungkaitnya.

Langkah ketiga, ialah *menyediakan rajah blok kotak hitam*. Kotak Hitam dilukis secara lutsinar untuk memperlihatkan perkaitan yang jelas wujud di antara fungsi-fungsi sekunder serta sumber-sumber masukan dan keluarannya. Secara amnya, hubungkait ini boleh diperhatikan menerusi Rajah 3. Semasa melukis rajah ini, anda perlu memikirkan secara mendalam bagaimana sumber-sumber masukan dan keluaran setiap fungsi sekunder boleh dikaitkan bersama bagi mewujudkan suatu model yang boleh berfungsi dengan baik. Anda juga disarankan untuk menggunakan garisan-garisan yang berlainan seperti jenis, warna atau ketebalan untuk membezakan sumber-sumber masukan tenaga, bahan dan maklumat, dan juga dan sumber keluaran yang terhasil.

Langkah yang keempat dalam penyedian model kotak hitam ini ialah melukis sempadan sistem. Sempadan sistem ini hendaklah dilukis di sekeliling himpunan fungsi-fungsi sekunder yang telah dikenalpasti. Sempadan ini menyatakan had-had kefungsian yang dibenarkan untuk proses penghasilan sesuatu produk atau sistem. Sumber-sumber masukan dan keluaran fungsi utama serta faktor-faktor luaran untuk fungsi-fungsi sekunder perlu berada di luar sempadan sistem. Perletakan sempadan sistem kotak hitam ini ditunjukkan dengan jelas pada Rajah 3.

KAITAN ANTARA REKA BENTUK KONSEP DENGAN PENGANALISAAN FUNGSI

Perhubungan yang wujud di antara reka bentuk konsep dengan penganalisaan fungsi seperti yang dikembangkan dalam Rajah 3, dapat diterangkan dengan menerusi Rajah 4:

Fungsi-fungsi sekunder	Idea-idea reka bentuk konsep				
<i>Fungsi sekunder 1</i>	<i>Idea 1-1</i>	<i>Idea 1-2</i>	<i>Idea 1-3</i>	<i>Idea 1-4</i>	
<i>Fungsi sekunder 2</i>	<i>Idea 2-1</i>	<i>Idea 2-2</i>	<i>Idea 2-3</i>	<i>Idea 2-4</i>	<i>Idea 2-5</i>
<i>Fungsi sekunder 3</i>	<i>Idea 3-1</i>	<i>Idea 3-2</i>	<i>Idea 3-3</i>		
<i>Fungsi sekunder 4</i>	<i>Idea 4-1</i>	<i>Idea 4-2</i>	<i>Idea 4-3</i>	<i>Idea 4-4</i>	<i>Idea 4-5</i>

RAJAH 4. Susunan skematic penghasilan idea untuk fungsi-fungsi sekunder

Rajah 4 menunjukkan corak pembentukan carta morfologi untuk reka bentuk konsep. Dalam aktiviti sintesis, beberapa idea reka bentuk konsep yang merupakan penyelesaian kepada masalah dihasilkan dengan hanya merujuk kepada setiap fungsi sekunder. Idea ini terhasil daripada aktiviti pemerahan-otak iaitu perbincangan untuk mengumpulkan idea secara berkumpulan. Perwakilan idea-idea ini pula diperolehi menerusi penerangan ringkas, lakaran rajah atau kedua-duanya.

Sebagai contohnya, fungsi sekunder 1 menghasilkan empat idea konsep iaitu idea 1-1, idea 1-2, idea 1-3 dan idea 1-4, manakala fungsi sekunder 4 pula mewujudkan lima idea konsep iaitu idea 4-1, idea 4-2, idea 4-3, idea 4-4 dan idea 4-5. Kemudian, salah satu idea daripada setiap fungsi sekunder akan dipilih dan digabungkan untuk mewujudkan satu reka bentuk konsep.

Antara contoh gabungan reka bentuk konsep yang mungkin dipilih menerusi carta morfologi (Rajah 4) dengan mematuhi aturan sekurang-kurangnya empat konsep ialah seperti berikut:

- Konsep 1:* idea 1-1, idea 2-3, idea 3-2 dan idea 4-4
- konsep 2:* idea 1-2, idea 2-2, idea 3-1 dan idea 4-2
- konsep 3:* idea 1-1, idea 2-4, idea 3-3 dan idea 4-5
- konsep 4:* idea 1-3, idea 2-5, idea 3-1 dan idea 4-1
- konsep 5:* idea 1-4, idea 2-5, idea 3-1 dan idea 4-1

KAJIAN KES

Kajian kes yang dibentangkan ialah satu projek reka bentuk iaitu *reka bentuk alat penyokong salur darah manusia daripada dawai aloi nikel-titanium*. Kajian ini berkaitan dengan bidang perubatan atau kejuruteraan-bio. Dalam bidang berkaitan, aloi ini dikenali dengan nitinol. Alat ini diperlukan untuk menyokong saluran darah yang mengecil atau hampir tersumbat, dan keadaan ini mengganggu kadar aliran darah pada bahagian tersebut (Shahrum Abdullah 1997). Kesan ini dikenali sebagai *aneurysm* iaitu salur darah membengkak ke bahagian dalam dinding salur darah. *Aneurysm* diakibatkan oleh penyakit *arterioclerosis* yang biasanya berlaku pada bahagian dada iaitu di sekitar jantung manusia. Aloi ini merupakan aloi memori bentuk (SMA - *Shape Memory Alloy*) yang boleh mengingati bentuk asalnya apabila dikenakan haba pada suhu tertentu. Untuk kasus ini, terdapat beberapa fasa utama yang

diperlukan untuk melengkapkan reka bentuk ini seperti permodelan komputer menerusi pakej Reka Bentuk Terbantu Komputer (CAD - *Computer Aided Design*), penghasilan model menerusi permodelan Contoh-sulung Cepat (RP - *Rapid Prototyping*), uji kaji untuk membentuk aloi memori dan proses pensterilan untuk membasmi kuman sebelum proses fabrikasi alat tersebut dilakukan.

Aloi yang digunakan ini sepanjang 1 m dan diameter 0.7 mm. Aloi ini mengandungi 50.22% nikel dengan suhu pembentukan memori (suhu pengaustenitan, A_u) pada 450°C selama satu jam dan suhu ubah bentuk semula (A_f) pada 55°C.

PERBINCANGAN

Untuk penyediaan kotak hitam, gabungan fasa ketiga dan keempat sahaja diambil sebagai contoh kajian kes. Ia melibatkan turutan aktiviti-aktiviti yang dilakukan dalam uji kaji pembentukan aloi memori bentuk *nitinol* yang pada asalnya berada keadaan lurus. Pada akhir uji kaji ini, satu gegelung *nitinol* akan terhasil yang secara prinsipnya boleh digunakan untuk menyokong salur darah manusia.

Kajian kes bermula daripada penentuan fungsi keseluruhan iaitu: Penghasilan alat sokongan salur darah *nitinol*.

Sumber masukan ialah dawai *nitinol* berdiameter 0.1 mm

Sumber keluaran ialah alat sokongan salur darah *nitinol*

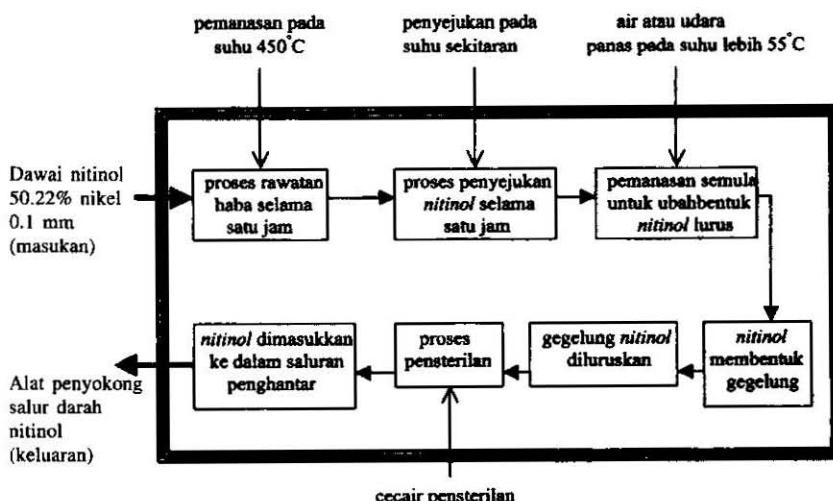
Fungsi keseluruhan ini dipecahkan kepada fungsi sekunder iaitu:

1. Proses rawatan haba - untuk membentuk aloi memori bentuk
2. Proses penyejukan
3. Proses pemanasan semula dawai - untuk mengembalikan sifat aloi memori bentuk dawai *nitinol*.
4. Perubahan dawai *nitinol* kepada gegelung - sebagai bentuk am alat sokongan salur darah.
5. Dawai *nitinol* diluruskan semula - untuk penyediaan alat sokongan salur darah yang lengkap.
6. Proses penstrelan pada keseluruhan alat sokongan - untuk mematikan kuman dan bakteria yang wujud pada alat
7. Masukkan dawai *nitinol* ke dalam saluran penghantar - untuk melengkapkan proses fabrikasi alat sokongan salur darah.

Perkaitan yang wujud dalam fasa ini ditunjukkan menerusi kotak hitam dan sempadan sistem seperti dalam Rajah 5.

Hasil akhir daripada turutan aktiviti tatacara penyediaan reka bentuk konsep yang diperlukan untuk mereka bentuk alat penyokong salur darah manusia yang dihasilkan daripada aloi nikel-titanium.

Keseluruhan pembentukan kotak hitam kajian kes melibatkan enam aktiviti berturutan yang disertakan dengan masukan sampingan. Setiap aktiviti seharusnya mempunyai beberapa langkah yang diperlukan untuk mencapainya, dan langkah-langkah tersebut merupakan penyelesaian sekunder kepada setiap aktiviti. Gabungan fungsi-fungsi sekunder serta penyelesaian am masing-masing boleh digabungkan untuk menghasilkan carta morfologi,



RAJAH 5. Model kotak hitam untuk rekabentuk alat sokongan salur darah dengan menggunakan aloy nikel-titanium

dan seterusnya ia diperlukan untuk menghasilkan beberapa reka bentuk konsep bagi alat penyokong salur darah manusia daripada dawai aloy nikel-titanium.

KESIMPULAN

Penganalisaan fungsi ialah suatu unsur dalam kaedah reka bentuk yang dikaitkan secara terus dengan proses reka bentuk keseluruhan menerusi fakta reka bentuk konsep. Menerusi reka bentuk konsep, penganalisaan fungsi memusatkan seseorang jurutera reka bentuk untuk menghasilkan idea-idea reka bentuk konsep dengan hanya merujuk kepada fungsi-fungsi sekunder itu. Oleh itu, idea-idea konsep yang dihasilkan boleh dihalusi dan ianya menjurus kepada penyelesaian khusus atau reka bentuk akhir yang dikehendaki. Di samping itu, proses penganalisaan fungsi boleh digunakan untuk menghuraikan turutan aktiviti-aktiviti yang digunakan untuk melengkapkan suatu fasa reka bentuk konsep seperti yang ditunjukkan dalam kajian reka bentuk alat penyokong salur darah manusia daripada dawai aloy nikel-titanium. Secara keseluruhannya, kaedah penganalisaan fungsi sesuai digunakan secara meluas oleh para jurutera reka bentuk untuk menghasilkan konsep reka bentuk yang berkualiti. Seterusnya ia dapat menghasilkan suatu produk atau sistem yang berkualiti.

RUJUKAN

- Shahrum Abdullah. 1997. Aortic Stent Design. M.Sc. Thesis, Loughborough University, United Kingdom.
- Shahrum Abdullah & Azli Ariffin. 1999. Successful approach to idea development in a Pugh's conceptual design. Proceeding of the World Engineering Congress in Mechanical & Manufacturing Engineering Division, Kuala Lumpur, July, 531-536.

- Birmingham, R., Cleland, G., Driver, R. & Maffin, D. 1997. *Understanding Engineering Design: Context, Theory and Practise*. Hertfordshire: Prentice Hall.
- Cross, N. 1994. *Engineering Design Methods: Strategies for Product Design*, 2nd Edition. West Sussex: John Wiley and Sons.
- Gayretli, A. Sapuan, S.M. 1998. Conceptual Design of a Weapon Trolley. *Buletin Jurutera*. August: Petaling Jaya: 46-51.
- Hyman, B. 1998. *Fundamentals of Engineering Design*. New Jersey: Prantise Hall.
- Pugh, S. 1990. *Total Design: Integrated Methods for Successful Product Engineering*. Cornwall: Addison Wesley.
- Sapuan, S.M. 1998. A concurrent engineering approach to the disign of fibre reinforced plastics for automotive pedal system. Proceeding of the international Conference on the Advance in Metarials Processing and Technologies, Kuala Lumpur, July, pp 1083-1090.
- Ullman, D.G. 1997. *The Mechanical Design Process*, 2nd Edition. New York: McGraw-Hill International.

Shahrum Abdullah
Pensyarah
Jabatan Kejuruteraan Mekanik dan Bahan
Fakulti Kejuruteraan
Universiti Kebangsaan Malaysia
43600 UKM Bangi, Selangor D.E.