

VOT : 71938

Merekabentuk, fabrikasi dan menguji aksesori yang dipasang kepada palang bermagnet untuk menghasilkan pencampuran seragam kultur sel

(Design, fabricate and testing of stationary magnetic stirrer bar for uniform mixing of cell culture)

Wan Nazdah bt Wan Hussin (Project Leader)
Mohd Fadzil b Daud
Prof Madya Dr. Fadzilah Adibah bt Abdul Majid*

Research VOT NO: 71938

Faculty of Mechanical Engineering &
Faculty of Chemical Engineering and Natural Resources*
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai, Johor

December 2006.

PENGHARGAAN

Semua penyelidik ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada semua yang terlibat menjayakan kajian ini samada secara langsung atau tidak langsung.

ABSTRAK

Palang bermagnet merupakan salah satu alat yang digunakan dalam bidang kimia terutamanya bio-kimia dalam proses penternakan sel. Ianya kini digunakan dengan meluas disebabkan oleh faktor-faktor seperti kos yang rendah, pengendalian yang mudah dan bersaiz kecil. Namun begitu, terdapat beberapa kelemahan pada alat ini yang mana menimbulkan masalah dalam penggunaannya seperti geseran, '*spin-off*' atau terpelanting, kurang cekap serta berlakunya pencampuran yang tidak seragam. Untuk menangani masalah ini, kajian ini memfokuskan kepada merekabentuk aksesori yang akan dipasangkan kepada palang pengacau pegun berasaskan magnet. Pengujian secara simulasi telah dilakukan pada peringkat awal kajian untuk menguji keberkesanan profil hidrodinamik yang terhasil keatas penggunaan aksesori yang dipasang pada palang pengacau pegun berasaskan magnet. Perisian simulasi komputer yang telah digunakan ialah GAMBIT dan FLUENT. Simulasi telah menjana alternatif keputusan yang mengambil kira aspek geseran, kecekapan, serta kebolehputaran aksesori. Aksesori telah difabrikasi untuk proses pengujian bagi penilaian pada keadaan sebenar.

Katakunci: profil hidrodinamik, pencampuran medium, *spin-off*

ABSTRACT

Magnetic stirrer bar is widely used in bio-chemical field for mixing of cell cultures. Increases in rotation speed often caused the magnetic stirrer bar to be spin-off from its position and leads to death of the cell cultures. Design of the magnetic stirrer bar accessory, three point arms is the main focus of the research. The attachment of this additional accessory has eliminated the spin-off effect. The hydrodynamic behavior of this design has been simulated using GAMBIT and FLUENT simulation software. The simulated fluid movement has shown to have a uniform mixing and break the vortex caused by normal magnetic bar. The accessory has been fabricated and being tested for real mixing of cell lives.

Keywords: hydrodynamic profile, fluid mixing, spin-off

KANDUNGAN

	PERKARA	MUKASURAT
	Penghargaan	i
	Abstrak	ii
	Abstract	iii
	Kandungan	iv
	Senarai Rajah	vi
	Senarai Lampiran	viii
BAB 1	Pengenalan	1
	1.0 Pendahuluan	1
	1.1 Objektif	2
	1.2 Skop	2
	1.3 Kajian literatur	
	1.3.1 Jenis-jenis mesin pengacau	3
	1.3.2 Jenis-jenis palang pengacau	6
BAB 2	Penakrifan Masalah	9
	2.0 Pendahuluan	9
	2.1 Penjanaan konsep mekanikal	11
	2.1.1 Rekabentuk konsep 1	11
	2.1.2 Rekabentuk konsep 2	12
	2.1.3 Rekabentuk konsep 3	13
	2.1.4 Rekabentuk konsep 4	14
	2.1.5 Rekabentuk konsep 5	15
	2.1.6 Rekabentuk konsep 6	15

	2.1.7	Rekabentuk konsep 7	17
	2.2	Pemilihan konsep	18
BAB 3		ANALISIS SIMULASI	20
	3.0	Pendahuluan	20
	3.1	Keputusan analisa simulasi dengan menggunakan perisian komputer GAMBIT	21
	3.2	Keputusan analisa simulasi dengan menggunakan perisian komputer FLUENT	23
BAB 4		PERBINCANGAN	34
	4.0	Pendahuluan	34
	4.1	Kesan pencampuran kepada medium jika menggunakan palang bermagnet sahaja	34
	4.2	Kesan pencampuran kepada medium jika menggunakan palang bermagnet yang dipasang kepada aksesori	35
BAB 5		KESIMPULAN DAN CADANGAN PEMBAIKAN	37
		RUJUKAN	
		LAMPIRAN	

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1.1	Mesin pengacau model 3131200	3
1.2	Mesin pengacau model RH BASIC IKAMAG	4
1.3	Mesin pengacau model HI 190M	5
1.4	Mesin pengacau model 34521	5
1.5	Palang pengacau berbentuk X	6
1.6	Palang pengacau berbentuk telur	6
1.7	Palang pengacau berbentuk V	7
1.8	Palang bermagnet IKAFLON	7
1.9	Palang pengacau model 0356600 berbentuk segitiga	8
1.10	Palang dengan keratan rentas berbentuk oktagon	8
2.1(a)	Bentuk aliran yang terhasil	12
2.1(b)	Lakaran rekabentuk konsep 1	12
2.2(a)	Bentuk aliran yang terhasil	13
2.2(b)	Lakaran rekabentuk konsep 2	13
2.3(a)	Bentuk aliran yang terhasil	14
2.3(b)	Lakaran rekabentuk konsep 3	14
2.4(a)	Bentuk aliran yang terhasil	15
2.4(b)	Lakaran rekabentuk konsep 4	15
2.5(a)	Bentuk aliran yang terhasil	16
2.5(b)	Lakaran rekabentuk konsep 5	16
2.6(a)	Bentuk aliran yang terhasil	16
2.6(b)	Lakaran rekabentuk konsep 6	16
2.7(a)	Bentuk aliran yang terhasil	17
2.7(b)	Lakaran rekabentuk konsep 7	17
3.1	Profil hidrodinamik medium yang terbentuk menggunakan palang bermagnet	22

3.2	Profil hidrodinamik medium yang terbentuk menggunakan palang bermagnet yang dipasangkan kepada aksesori	22
3.3	Keadaan magnitud halaju yang terhasil oleh putaran palang bermagnet tanpa aksesori	24
3.4	Keadaan magnitud halaju yang terhasil oleh putaran palang bermagnet yang dipasang kepada aksesori	25
3.5	Keadaan magnitud halaju jejarian yang terhasil oleh putaran palang bermagnet tanpa aksesori	26
3.6	Keadaan magnitud halaju jejaria yang terhasil oleh putaran palang bermagnet dengan aksesori	27
3.7	Taburan fungsi arus yang terhasil oleh putaran palang bermagnet tanpa aksesori	28
3.8	Taburan fungsi arus yang terhasil oleh putaran palang bermagnet dengan aksesori	29
3.9	Taburan nombor Reynolds yang terhasil oleh putaran palang bermagnet tanpa aksesori	30
3.10	Taburan nombor Reynolds yang terhasil oleh putaran palang bermagnet dengan aksesori	31
3.11	Taburan magnitud vortisiti melawan jarak menegak yang terhasil oleh putaran palang bermagnet tanpa aksesori	32
3.12	Taburan magnitud vortisiti melawan jarak menegak yang terhasil oleh putaran palang bermagnet dengan aksesori	33

SENARAI LAMPIRAN

NO.	TAJUK	MUKA SURAT
1	Lukisan Kejuruteraan	39
2	Surat kebenaran daripada RMC untuk membentang hasil kajian di malaysian Science and Technology Congress 2004 (MSTC 2004) pada 5 – 7 Oktober 2004 di Palace of the Golden Horses, Sri Kembangan, Selangor	40
3	Kertas kerja yang telah dibentang	41

PRELIMINARY STUDY OF NEW THREE POINT ARMS MAGNETIC BAR:
SIMULATED HYDRODYNAMIC PROFILE USING FLUENT SOFTWARE

Fadzilah Adibah bt Abdul Majid

Fakulti Kejuruteraan Kimia & Kejuruteraan Sumber Asli
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai, Johor

Tel: 07-553 5533 Fax: 07-5581463, E-mail: adibah@fkkksa.utm.my

Wan Nazdah bt Wan Hussin

Mohd Fadzil b Daud

Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Universiti Teknologi Malaysia
81310 UTM Skudai, Johor

Tel: 07-553 4672/4660, Fax: 07- 5566159, E-mail: wnazdah@fkm.utm.my,
fadzil@fkm.utm.my

ABSTRACT

Simple capsule shaped magnetic bar is normally used for fluid mixing in life sciences research laboratory. It is extensively used for mixing of animal cells in simple bioreactors. However, increases in rotation speed often caused the magnetic bar to be spin-off from its position and leads to death of the cells in bioreactor. The attachment of the three point arms to the magnetic bar has been designed in this work. The attachment of this additional accessory has eliminated the spin-off effect. The hydrodynamic behavior of this design has been simulated using FLUENT software. The simulated fluid movement has shown to have a uniform mixing and break the vortex caused by normal magnetic bar.

Keywords: hydrodynamic profile, fluid mixing, spin-off effect.

INTRODUCTION

An even distribution of nutrients and oxygen supply is an important criterion in determining the steady growth of cells in bioreactor. The increase in product yield in such system is normally related to optimised condition in bioreactor. The mixing equipment design plays an important role for proper mixing in bioreactor.

The poor mixing is often related to the poor design of its mixing devices. In simple bioreactor system, simple magnetic bar is normally used to agitate the fluid in bioreactor. However the mixing profile of this bar is not suitable for scaling up as it increases dead zones (poor mixing area).

In overcoming this problem, a new and innovative mixing device has been designed. The prototype of a three-point arms magnetic bar was fabricated and its

hydrodynamic simulation was studied using FLUENT software. This paper will discuss the potential of simulated hydrodynamic profile studied in enhancing cell growth in bioreactor.

DESIGN DESCRIPTION

The newly design stirring/mixing device was an innovation of a simple magnetic bar normally used in mixing of mammalian cells in suspension.

The device is an accessory designed to hold the normal magnetic bar and subsequently improved the mixing profile. The arms are of a lollipop shape attached to a magnetic bar holder using rod shape bars. The arms are evenly positioned at the angle of 30° to the magnetic bar holder.

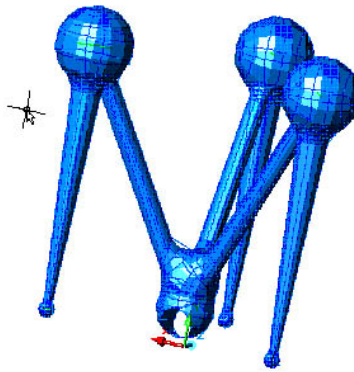


DIAGRAM i: An orthographic view of the magnetic bar accessory.

RESULTS AND DISCUSSIONS

The hydrodynamic simulation profile was established using two different software which are CFD and FLUENT. The descriptions of the simulated profiles are discussed below.

Simulation of fluid flow using CFD.

The localised mixing is shown at point A (in the middle) of Figure i(a). The dead zones are indicated by points D. In contrast to the Figure i(a), there is a significant even distribution of simulated fluid in the bioreactor agitated with new device. All the zones studied (shown in Figure i(b)) in bioreactor shows experience in mixing behaviour.

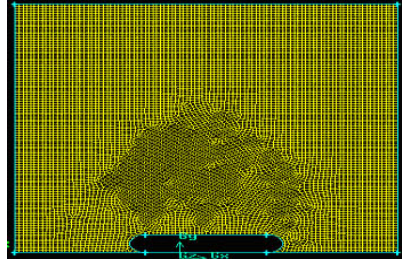


FIGURE i(a): The simulated liquid mixing profile of the magnetic bar in bioreactor.

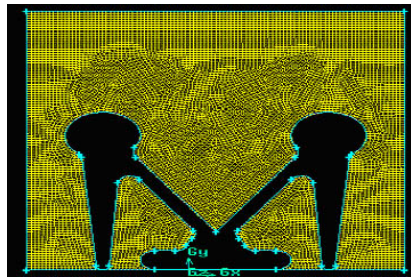


FIGURE i(b): The simulated liquid mixing profile of the three-point arms magnetic bar in bioreactor.

Simulation of fluid flow using FLUENT.

Using FLUENT software, several other parameters related to the hydrodynamic profiling were established. In this section the contour of velocity magnitude (m/s), stream function, vorticity magnitude and Reynolds number are presented and discussed in the following sections;

Contour of Velocity Magnitude

The use of normal magnetic bar as shown in Figure ii(a) proved to induce localize mixing profile. Only two areas are (indicated by point A) shown to be well mixing. However the adjacent area (indicated by point D) are considered dead zones.

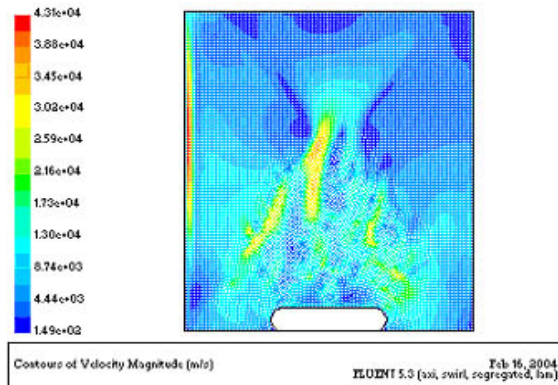


FIGURE ii(a): The contour of velocity magnitude of the simulated hydrodynamic profile using normal magnetic bar.

In Figure ii(b) the contour of velocity magnitude gives an indication of even mixing within the zones studied. The actively mixed areas are indicated by point A. The even velocity could reduce cell growth in suspension culture of mammalian cells.

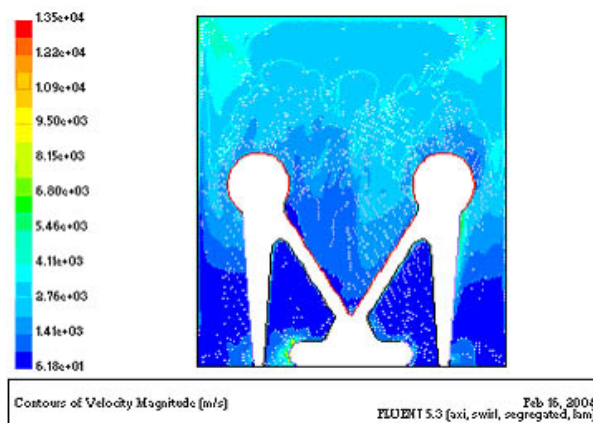


FIGURE ii(b): The contour of velocity magnitude of the simulated hydrodynamic profile using three-point arms magnetic bar.

Contour of Stream Function

The study on contour of stream function shown in Figure iii. Alternate stream was observed in the bioreactor driven by magnetic bar as shown in Figure iii(a). However even contour of stream function was observed in bioreactor driven by the new three-point arms magnetic bar. This profile could promote even mass and heat transfer with the suspension of mammalian cell culture.

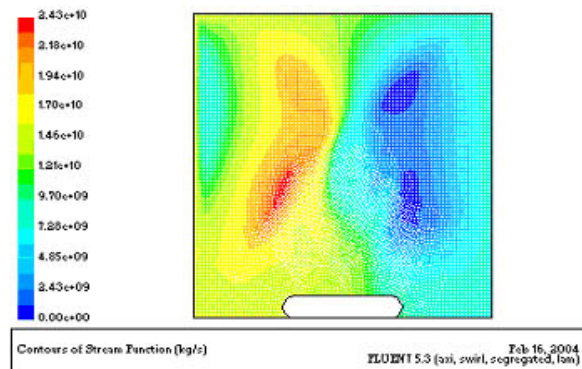


FIGURE iii(a): The contour of stream function of simulated hydrodynamic profile driven by simple magnetic bar

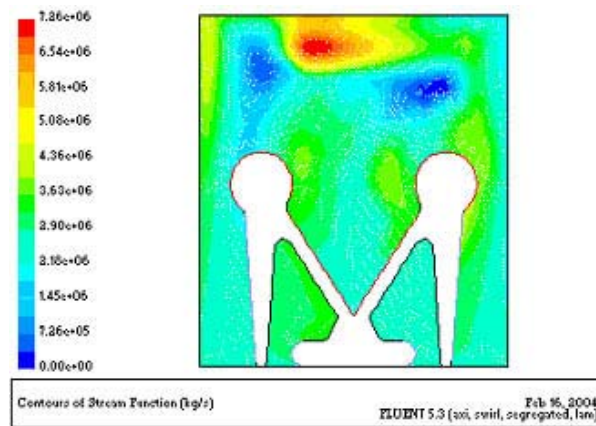


FIGURE iii(b): The contour of stream function of simulated hydrodynamic profile driven by three-point arms magnetic bar.

Vorticity Magnitude

The study on vorticity is shown in Figure iv(a) and Figure iv(b). Figure iv(a) indicating the un even vortex during mixing driven by simple magnetic bar. The even vortex is clearly shown in Figure iv(b). This even vortexting is important to determine the good mass and heat transfer in bioreactor.

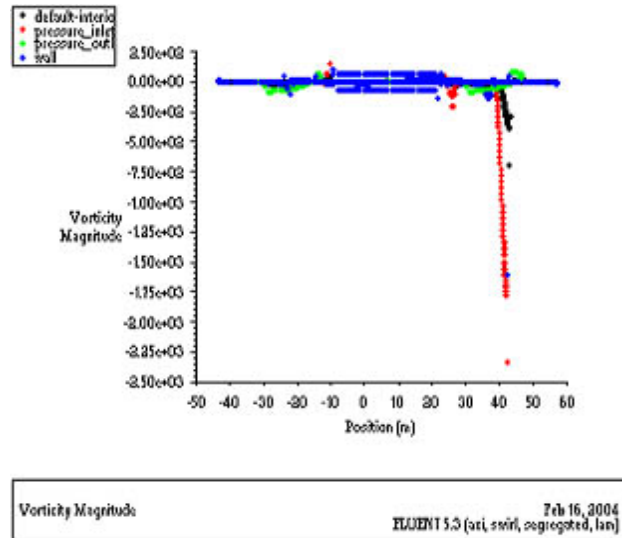


FIGURE iv(a): The contour of vorticity magnitude of simulated hydrodynamic profile driven by simple magnetic bar

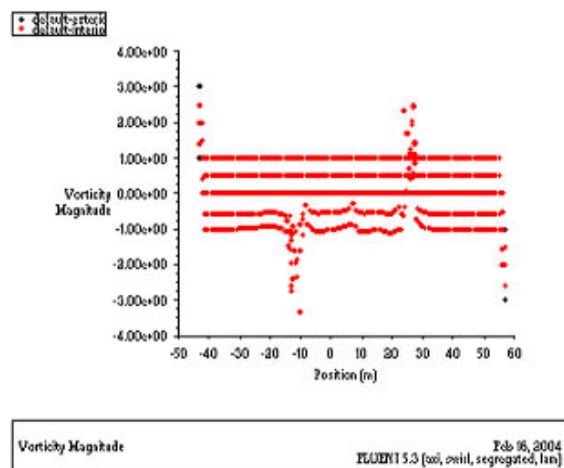


FIGURE iv(b): The contour of vorticity magnitude of simulated hydrodynamic profile driven by three-point arms magnetic bar.

Contour of Reynolds Number

Reynolds Number in fluid mixing will determine the flow pattern of liquid. Turbulent flow will enhance mixing. There was a significant different in the contour of Reynolds number as shown in Figure v(a) and Figure v(b). The turbulent seems to evenly mix the fluid in this simulation study. It is interesting to note that whether this turbulent will have any adverse effect to the cell growth in the suspension culture of mammalian cells.

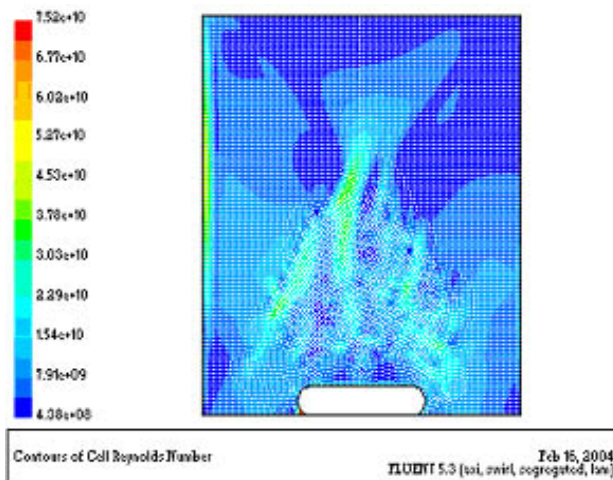


FIGURE v(a): The contour of Reynolds Number of simulated hydrodynamic profile driven by simple magnetic bar

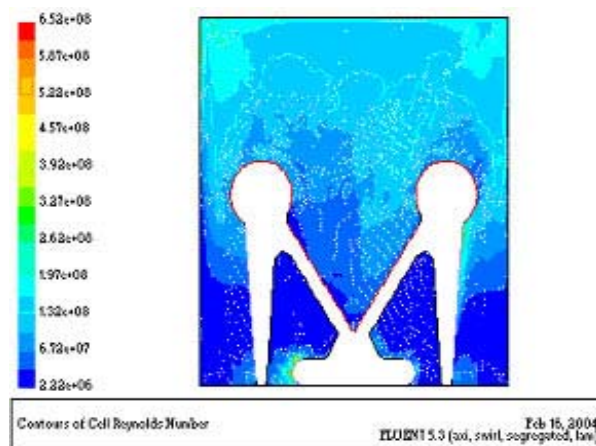


FIGURE v(b): The contour of Reynolds Number of simulated hydrodynamic profile driven by three-point arms magnetic bar.

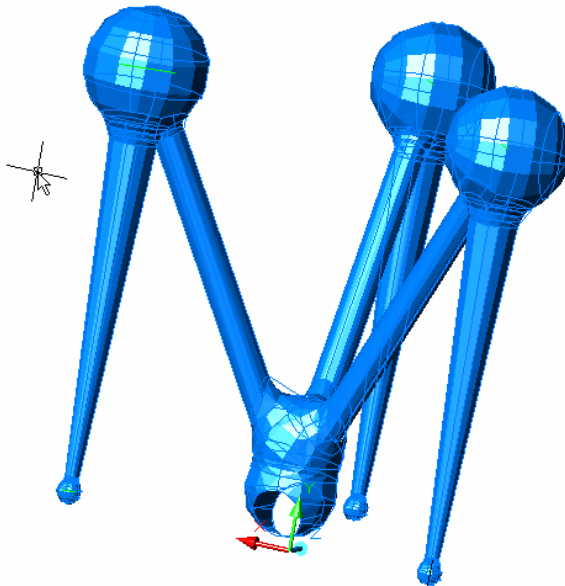
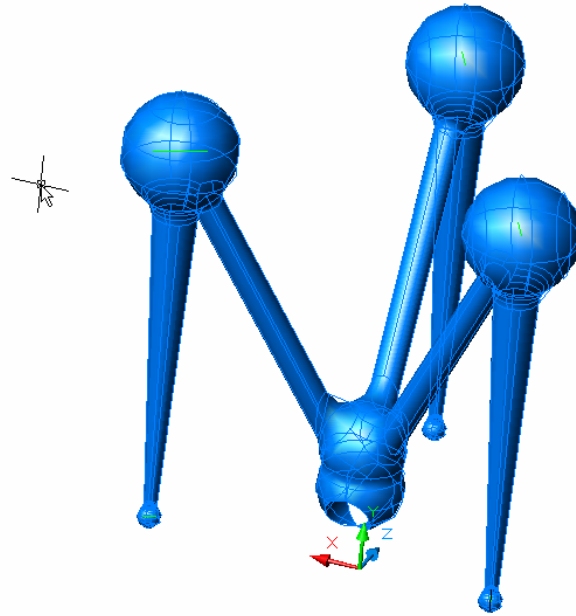
CONCLUSIONS

The simulated hydrodynamic profile driven by the simple magnetic bar and the three-point arms magnetic bar was established. These profiles shown a significant homogeneous mixing in bioreactor. However, the actual effect of the mixing to the

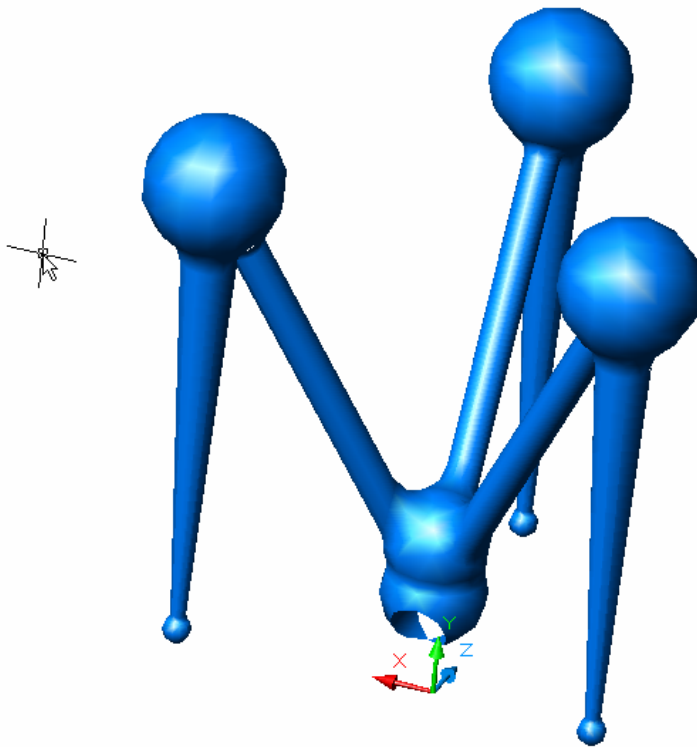
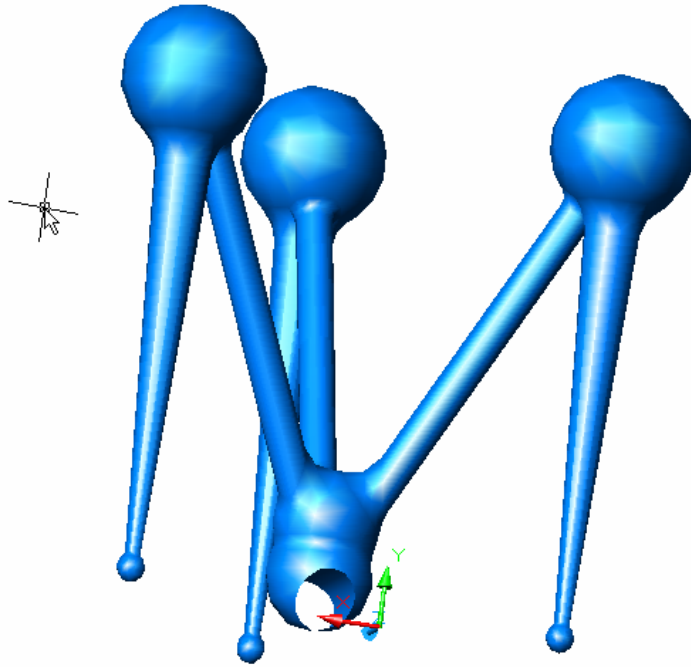
growth of the cells in bioreactor is yet to be determined. The hydrodynamic profile of real mixing using cell lines is now under research at The Tissue Culture Engineering Laboratory, UTM Skudai.

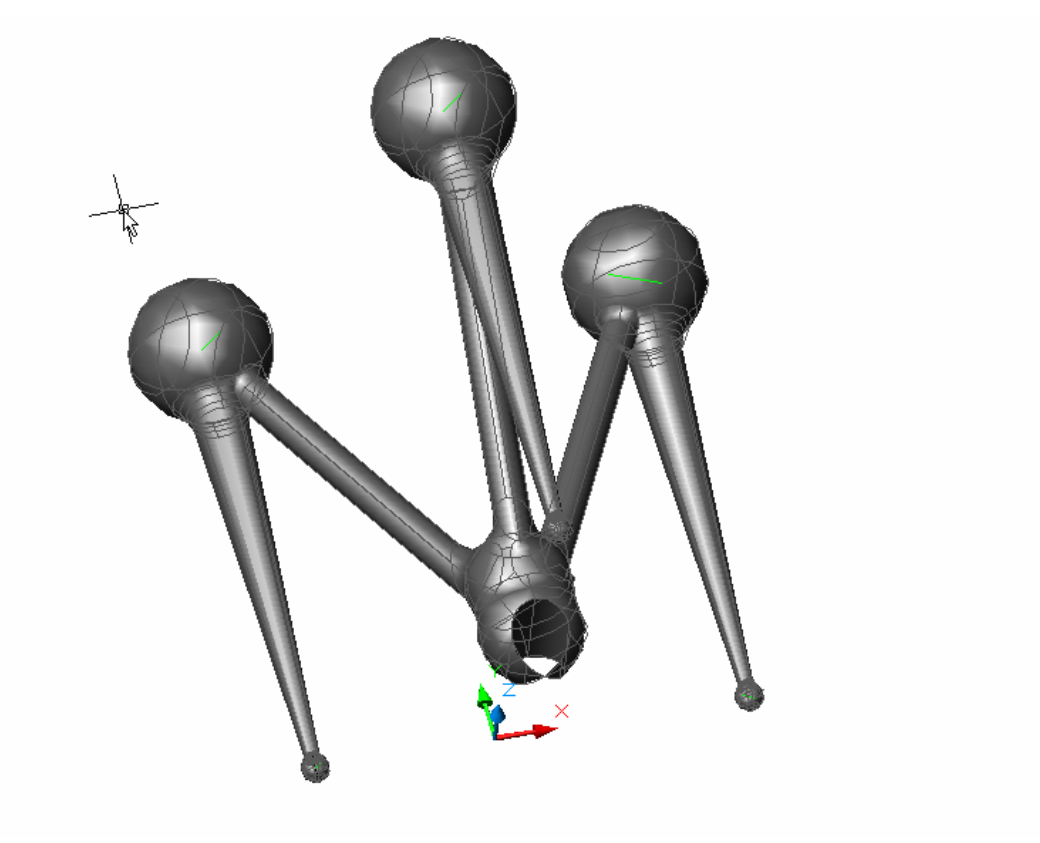
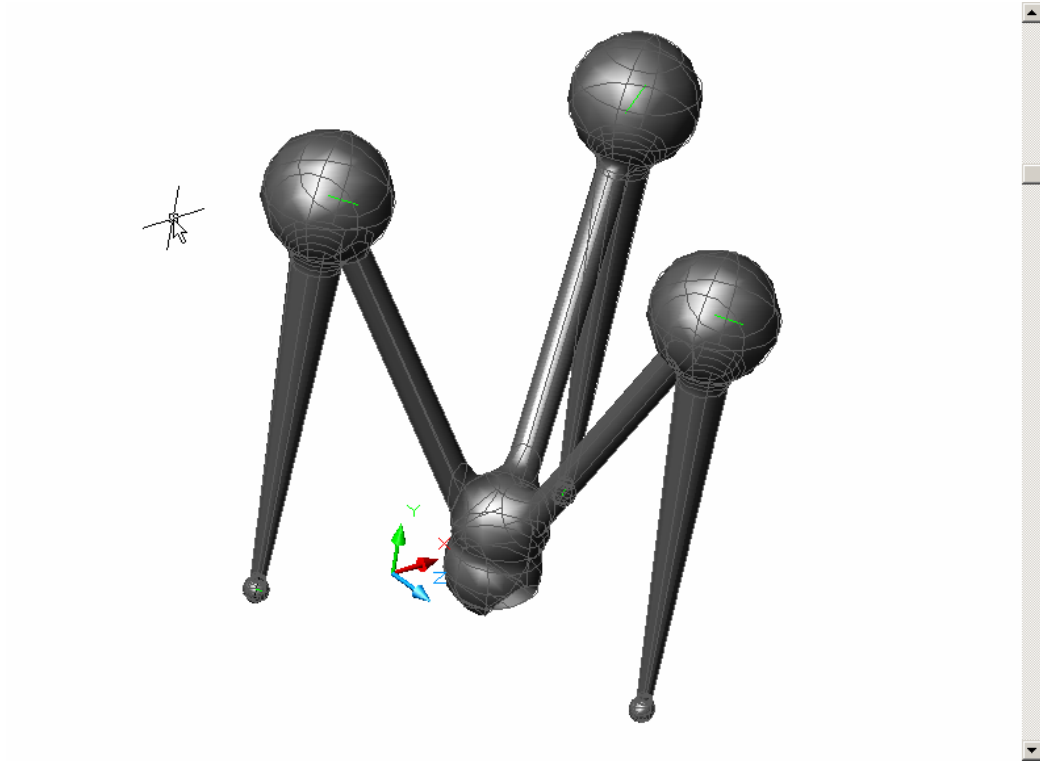
REFERENCE

1. Bar-Yoseph P.Z, Gelfgat A. Yu, and Solan A. (2001). "On Axisymmetry-Breaking Instability of Swirling Flow in a Cylinder with Rotating Lid", 12th International Couette-Taylor Workshop, Evanston, USA, 6-8 September.



Lukisan kejuruteraan '*solid*' menggunakan perisian Computer Aided Design (CAD)





BAB 1

PENGENALAN

1.0 Pendahuluan

Pengagihan seimbang bekalan nutrisi dan oksigen merupakan kriteria penting untuk menjamin pembiakan kultur sel dalam bioreaktor. Kriteria ini merupakan penyumbang kepada pengeluaran produk. Operasi pencampuran dalam bioreaktor sangat dipengaruhi oleh jenis peralatan pencampuran yang digunakan. Peralatan pencampuran yang baik akan menghasilkan pengagihan bekalan nutrisi dan oksigen yang seimbang kepada kultur sel di dalam bioreaktor. Palang pengacau pegun berasaskan magnet merupakan peralatan pencampuran yang biasa digunakan. Walaubagaimanapun, penggunaannya sering menimbulkan masalah kerana wujudnya geseran yang tinggi antara alat pencampuran dengan medium ternakan sel yang mengakibatkan kematian kepada sel, keupayaan kecekapan alat pencampuran serta kebolehputaran yang terhad.

Rentetan kepada masalah tersebut memberi ilham untuk menghasilkan aksesori kepada palang pengacau pegun berasaskan magnet yang biasa digunakan untuk penternakan kultur sel dalam bioreaktor. Penganalisan medium secara simulasi akan dilakukan untuk menguji keberkesanan profil hidrodinamik yang terhasil keatas penggunaan aksesori yang dipasang pada palang pengacau pegun

berasaskan magnet. Perisian simulasi komputer yang akan digunakan ialah GAMBIT dan FLUENT. Penganalisaan secara simulasi memberi tumpuan kepada masalah yang sering dialami semasa operasi pencampuran medium untuk pembiakan kultur sel dalam bioreaktor dan dinamakan sebagai parameter pengujian dalam kajian ini. Aksesori ini akan difabrikasi untuk proses pengujian bagi penilaian pada keadaan sebenar.

1.1 Objektif

Objektif kajian ialah merekabentuk aksesori untuk dipasangkan kepada palang pengacau berasaskan magnet bagi meningkatkan keberkesanan pencampuran untuk pembiakan sel kultur dalam bioreaktor. Di samping itu, ia juga bertujuan mengelakkan palang dari melanggar bekas takungan/bikar. Rekabentuk adalah berdasarkan kepada corak fizikal aksesori tersebut dan bentuk aliran medium yang terhasil.

1.2 Skop

1. Mencadangkan beberapa jenis rekabentuk konsep aksesori yang sesuai.
2. Menghasilkan model aksesori secara lukisan kejuruteraan.
3. Menjalankan analisa simulasi untuk melihat kesan dan corak gerak laku aliran medium menggunakan aksesori untuk palang pengacau bermagnet yang dihasilkan terhadap parameter yang telah dikenalpasti.
4. Menjalankan proses fabrikasi menggunakan mesin FDM 2000 daripada model lukisan kejuruteraan yang dihasilkan.
5. Menjalankan proses pengujian bagi penilaian pada keadaan sebenar.

1.3 Kajian literatur

1.3.1 Jenis-jenis Mesin Pengacau

a) Model 313200

Model ini adalah keluaran Syarikat IKA, Jerman. Rajah 1.1 merupakan rupabentuk mesin pengacau tersebut. Mesin pengacau ini mempunyai ciri-ciri seperti (1)Ekonomik dengan keluli tahan karat sebagai pemanas, (2)Isipadu pengacauan air adalah 5 liter, (3)Julat suhu ambien adalah -350°C , (4)Julat halaju adalah antara 0 hingga 2000rpm, (5)Haba keluaran adalah 400watt dan (6)Dimensi (LxPxT) = 160mm x 210mm x 105mm



Rajah 1.1: Mesin Pengacau Model 3131200.

b) Model RH BASIC IKAMAG

Rajah 1.2 menunjukkan mesin pengacau model RH BASIC IKAMAG. Ia juga merupakan model keluaran Syarikat IKA, Jerman. Mesin ini mempunyai ciri-ciri seperti (1)Pengacau magnetik dengan plat pemanas 220V/60Mz, (2)Ekonomik dengan keluli tahan karat sebagai plat pemanas, (3)Sesuai untuk

pengadukan dan pemanasan rendah, (4) Harga yang rendah, (5) Isipadu pengacauan adalah 5 liter, (6) Julat suhu ambien adalah -350°C , (7) Julat halaju adalah antara 0 hingga 2000rpm, (8) Haba keluaran adalah 400watt dan (9) Dimensi (LxPxT) = 165mm x 210mm x 105mm.



Rajah 1.2: Mesin Pengacau Model RH BASIC IKAMAG.

c) Model HI 190M

Model ini merupakan keluaran Syarikat HANNA Instruments. Ianya ringan dan bersaiz kecil. Model ini ditunjukkan dalam Rajah 1.3 dan mempunyai ciri-ciri seperti (1) Kapasiti pengacauan adalah 1 liter, (2) Julat halaju adalah 100 hingga 1000rpm, (3) Bekalan kuasa adalah 220/240V, 50/60Hz, (4) Dimensi (LxPxT) = 120mm x 120mm x 45mm, (5) Berat adalah 640g dan (6) Bahan penyalut adalah plastik ABS.

d) Model 34521

Model ini adalah keluaran Syarikat SNIJDERS, Netherland. Ia merupakan mesin pengacau bermagnet 220V/60Hz. Mesin adalah sebagaimana dalam Rajah 1.4. Ciri-ciri mesin ini adalah seperti (1) Plat atas adalah daripada keluli tahan karat dengan dasar yang cetek berdiameter 110mm, (2) Mesin juga diperbuat dari keluli tahan karat, (3) Halaju boleh dikawal, (4) Beroperasi pada 220V, 50Hz., (5) Dibekalkan dengan kod laluan dan bar bermagnet yang

disaluti Teflon, (6)Dimensi luar adalah 210mm x 145mm x 120mm, (7)Berat adalah 2kg dan (8)Halaju putaran maksimum adalah 2800rpm tanpa beban.



Rajah 1.3: Mesin pengacau model HI 190M.

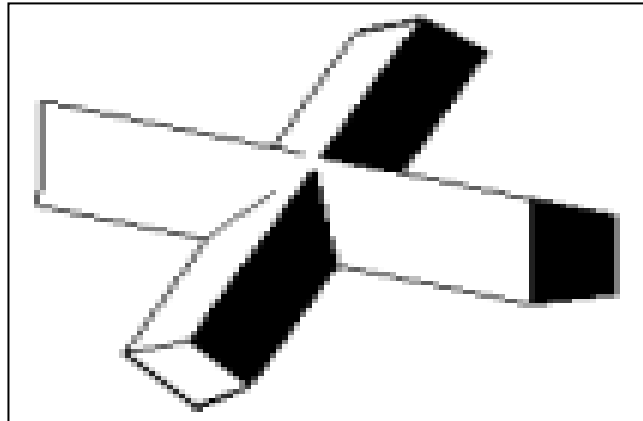


Rajah 1.4: Mesin Pengacau Model 34521.

1.3.2 Jenis-jenis Palang Pengacau

a) Palang Pengacau Bermagnet Berbentuk X

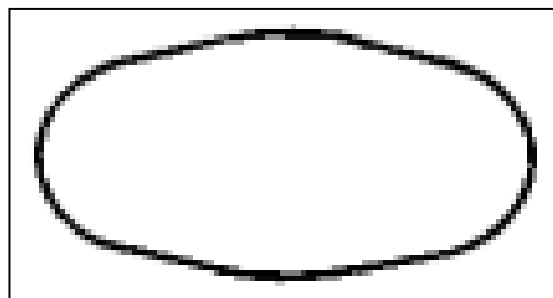
Ia disalut PTFE dan mampu memberikan kesan pencampuran yang baik pada dasar bekas takungan HPLC berbentuk kon. Bentuk palang ini adalah seperti dalam Rajah 1.5.



Rajah 1.5: Palang Pengacau Berbentuk X.

b) Palang Pengacau Bermagnet Berbentuk Telur

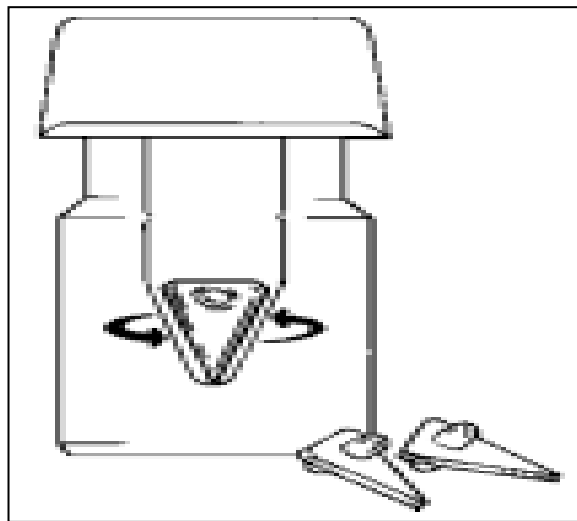
Palang ini diperbuat daripada PTFE dan direka khas untuk kegunaan bagi tangki takungan berdasar bulat. Bentuk ini membolehkan palang berpusing dengan bebas tanpa dipengaruhi oleh kontur tangki. Bentuk palang ini adalah sebagaimana dalam Rajah 1.6.



Rajah 1.6: Palang Pengacau Berbentuk Telur.

c) Palang Pengacau Berbentuk V

Rajah 1.7 menunjukkan rupabentuk palang pengacau berbentuk V. Ianya diperbuat daripada PTFE dengan bentuk kon. Pengacau ini direka khas bagi mengelakkan 'spin-off' di samping kemampuannya memberikan kesan pencampuran dan vorteks yang baik. Ia sesuai untuk proses penitratan mikro dan mengekalkan ampaiian dengan baik.



Rajah 1.7: Palang Pengacau Berbentuk V.

d) Palang Bermagnet IKAFLON

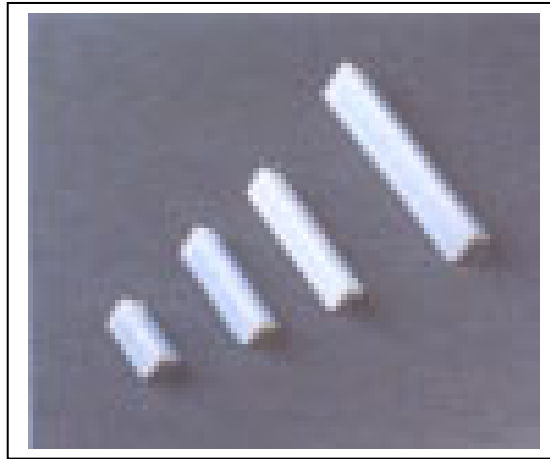
Palang bermagnet IKAFLON keluaran IKA, Jerman ini berbentuk bulat dan disalut PTFE. Rajah 1.8 dan menunjukkan bentuk palang berbentuk bulat.



Rajah 1.8: Palang Bermagnet IKAFLON.

e) Palang Pengacau Model 0356600

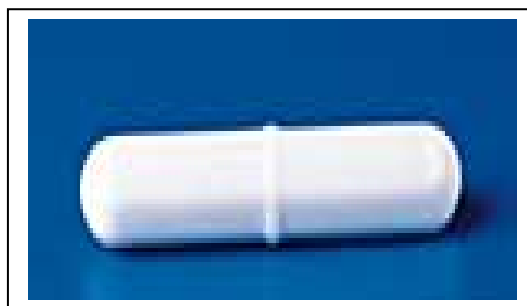
Palang ini juga merupakan keluaran Syarikat IKA, Jerman. Palang ini berbentuk segitiga dan disaluti PTFE. Ia direka khas untuk pencampuran cecair dengan kandungan pepejal yang rendah. Bentuk palang ini adalah seperti dalam Rajah 1.9.



Rajah 1.9: Palang Pengacau Model 0356600 Berbentuk Segitiga.

f) Palang Pengacau dengan Keratan Rentas Berbentuk Oktagon

Palang ini diacukan dalam 'pivot ring' dan disalut dengan PTFE yang menghalang daripada berlakunya pencemaran ke atas sampel semasa operasi pencampuran. Rajah 1.10 menunjukkan contoh palang yang dimaksudkan



Rajah 1.10: Palang dengan Keratan Rentas Berbentuk Oktagon.

BAB 2

PENAKRIFAN MASALAH

2.0 Pendahuluan

Salah satu masalah yang dikenalpasti dalam pengkulturan adalah reologi medium fermentasi. Reologi merujuk kepada kajian ke atas keupayaan bendalir untuk mengalir. Parameter yang terlibat dalam kajian reologi adalah keliatan iaitu suatu sifat bendalir yang menentukan keupayaan untuk mengalir. Kelikatan bendalir berkait rapat dengan kerintangan bendalir untuk bergerak. Ciri-ciri reologi medium fermentasi adalah bergantung kepada jenis fermentasi yang dijalankan, samada sesuatu proses itu melibatkan pengkulturan sel tumbuhan ataupun sel haiwan. Di samping itu, ciri-ciri reologi juga dipengaruhi oleh metabolit yang dihasilkan oleh mikroorganisma, sama ada di luar sel ataupun dalam sel. Sepanjang proses pengkulturan ciri reologi medium berubah apabila substrak digunakan dan hasil mula terbentuk. Perubahan ini haruslah diambil kira dalam merekabentuk. Perubahan ciri reologi medium ini berlaku akibat beberapa faktor.

Faktor pertama ialah kepekatan sel dan kelikatan ampai sel. Kultur sel yang merembeskan metabolit ke dalam medium akan mengakibatkan kelikatan medium bertambah tinggi dan akan menjejaskan pertumbuhan sel serta seterusnya kesan yang lebih ketara adalah kehadiran oksigen terlarut yang semakin terhad.

Faktor kedua ialah morfologi sel. Morfologi sel sama ada berbentuk filamen atau palet akan mempengaruhi ciri-ciri reologi medium fermentas. Medium dengan sel-sel berfilamen menunjukkan kelikatan yang lebih tinggi berbanding berpalet. Kajian telah mendapati bahawa morfologi sel boleh memberi pengaruh kepada penghasilan suatu metabolit oleh sel. Satu daripada sebabnya berkait rapat dengan perubahan ciri-ciri reologi medium yang menjejaskan pertumbuhan dan penghasilan bahan metabolit oleh sel.

Faktor ketiga ialah tekanan osmosis. Tekanan osmosis berubah antara bahagian dalam dan luar sel, ia akan menyebabkan perubahan struktur sel, umpamanya peningkatan tekanan osmosis yang akan mengurangkan tekanan ketegaran dalam sel. Kesan pengurangan ketegaran sel ini akan mengakibatkan sel akan lemah. Seterusnya mengurangkan kelikatan medium fermentasi.

Penggunaan palang pengacau pegun berasaskan magnet yang tidak sesuai dengan medium aliran akan menyebabkan pembentukan arus yang tidak menentu, seterusnya pergerakan palang pengacau pegun berasaskan magnet akan menjadi tidak stabil iaitu berlaku anjakan paksi. Akibatnya, bar akan terpelanting. Penggunaan bantuan secara mekanikal dalam teknologi fermentasi pada masa sekarang masih mempunyai kelemahan iaitu kewujudan geseran semasa pengadukan yang boleh menyebabkan kematian kepada sel tersebut. Kepekatan oksigen terlarut merupakan parameter fermentasi yang penting kerana ia mempengaruhi pembiosintesis sel hidup. Paras oksigen yang melebihi paras minimum harus dikekalkan. Kadar pengudaraan ini dikawal oleh halaju palang pengacau pegun berasaskan magnet.

Parameter proses fermentasi seperti magnitud halaju, magnitud halaju jejarian, bentuk fungsi arus, nombor Reynolds dan magnitud Vortisiti merupakan perkara yang perlu diambilkira dalam merekabentuk aksesori untuk palang pengacau pegun berasaskan magnet.

2.1 Penjanaan Konsep-konsep Mekanikal

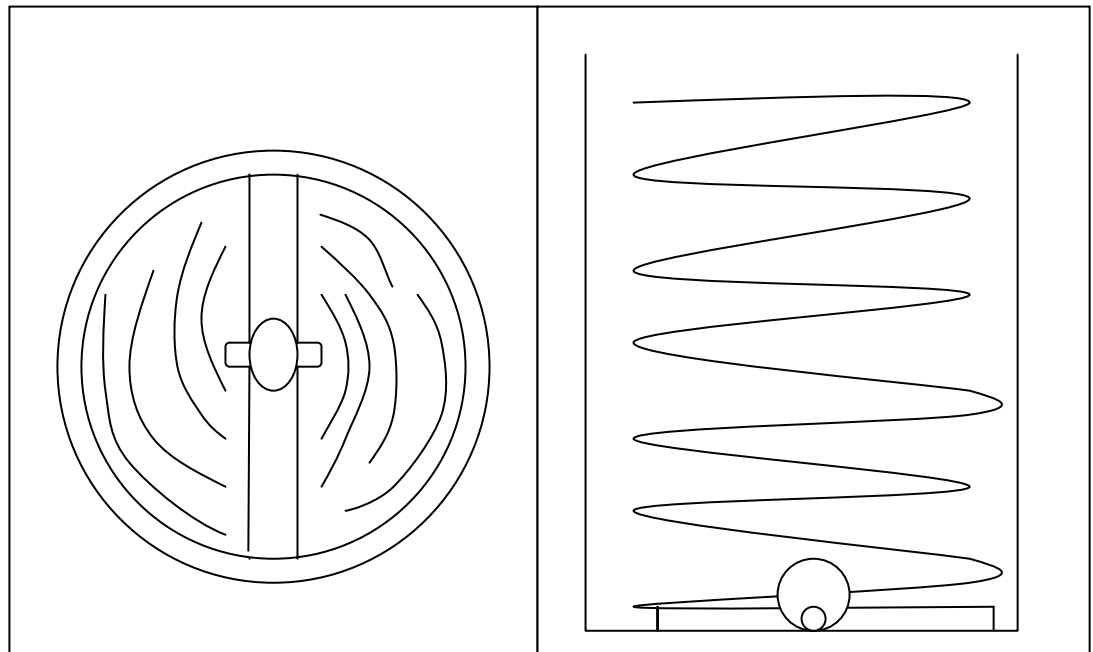
Penjanaan konsep mekanikal dilakukan berdasarkan perkara berikut:

(1) Sesungut (pemutar bahagian atas), (2) Lengan (penyambung sesungut dengan pusat pemegang pengacau), (3) Kaki (menyokong sesungut kekal pada satu aras) dan (4) Pusat penghubung.

2.1.1 Rekabentuk Konsep 1

Konsep pertama rekabentuk adalah berdasarkan bentuk spring sebagaimana dalam Rajah 2.1(b). Pemegang palang bermagnetik adalah berbentuk sfera. Ia mempunyai tiga kaki yang melengkung keluar. Diameter gegelung adalah besar di mana ia dapat menghasilkan tekanan supaya wujud suatu aliran arus ke atas bendalir.

Perkara yang dipertikaikan dalam rekabentuk ini ialah jenis aliran yang terbentuk adalah bercampur. Bentuknya yang seragam akan memudahkan penggunaannya. Manakala saiznya yang besar akan memberikan kesan pencampuran yang baik kerana berlakunya pencampuran yang seragam. Namun begitu, kesan halaju putaran ke atas bendalir adalah berkurangan dengan masa. Justeru itu, ia adalah tidak sesuai bagi proses dengan halaju tetap. Sekiranya saiz rekabentuk dikecilkan, aliran bendalir pula kurang terbentuk (Rajah 2.1(a)) di mana akan mewujudkan kawasan pegun dan ini adalah tidak sesuai bagi mencapai objektif kajian.



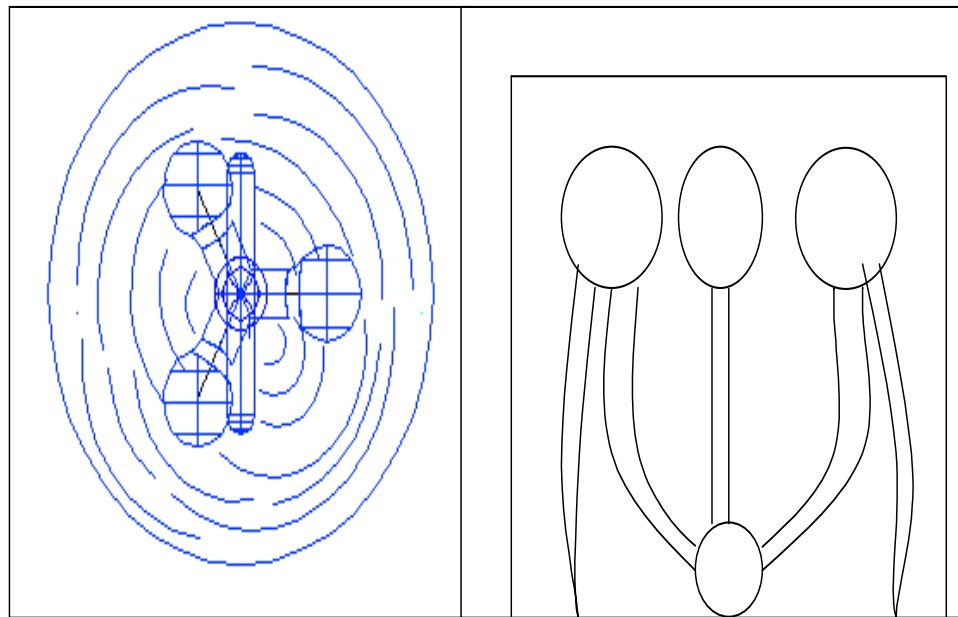
(a)

(b)

Rajah 2.1: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 1.

2.1.2 Rekabentuk Konsep 2

Rekabentuk yang dihasilkan bagi konsep 2 pula adalah berdasarkan bentuk seperti mana dalam Rajah 2.2(b). Ianya mempunyai sesungut berbentuk sfera. Lengannya melengkung manakala kaki pula berbentuk lurus dari dasar bikar ke pusat sfera tanpa bucu tajam. Ia mempunyai tiga bahagian yang bersimetri dengan ketinggian antara 50mm hingga 80mm. Rekabentuk ini mempunyai diameter antara 15mm hingga 20mm. Lengan pula berukuran 2mm hingga 5mm. Manakala panjang sambungan adalah antara 10mm hingga 15mm. Diameter bikar yang digunakan adalah 80mm. Ia akan mempunyai kestabilan pada ketinggian yang rendah di mana semakin tinggi, ianya semakin tidak stabil. Namun begitu, ia sesuai untuk kedua-dua arah putaran sama ada putaran arah jam atau lawan arah jam. Geseran pada kaki dapat disesuaikan dengan pengurangan luas permukaan yang tersentuh dasar bikar. Dengan penggunaan rekabentuk ini, pencampuran dipengaruhi oleh sfera dan bukannya struktur sokongan seperti lengan atau kaki. Keamatan bentuk aliran adalah seperti dalam Rajah 2.2 (a).



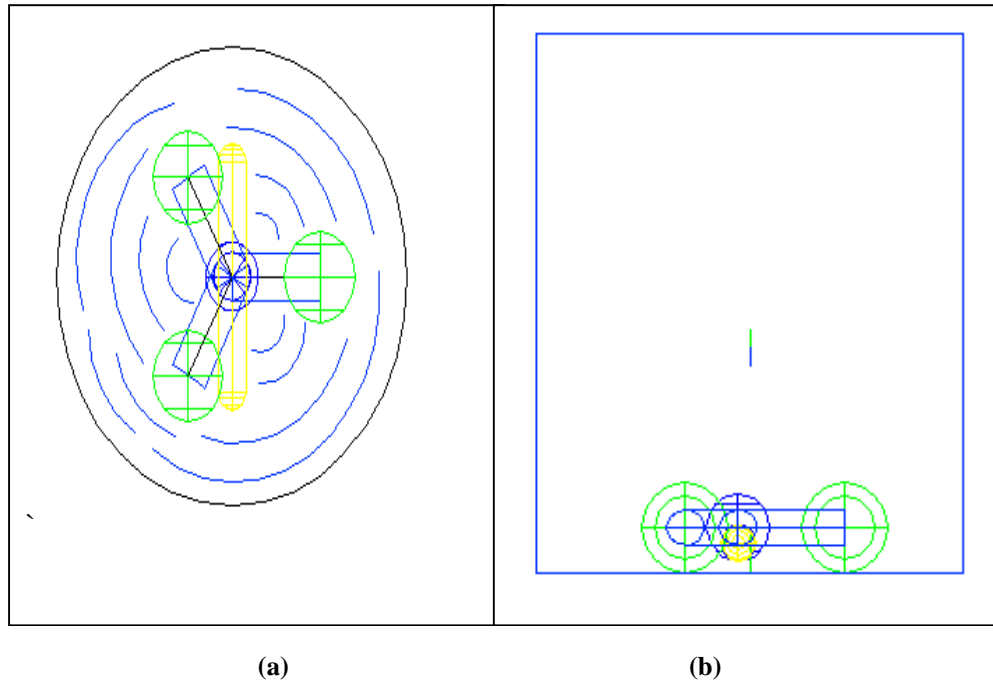
(a)

(b)

Rajah 2.2: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 2.

2.1.3 Rekabentuk Konsep 3

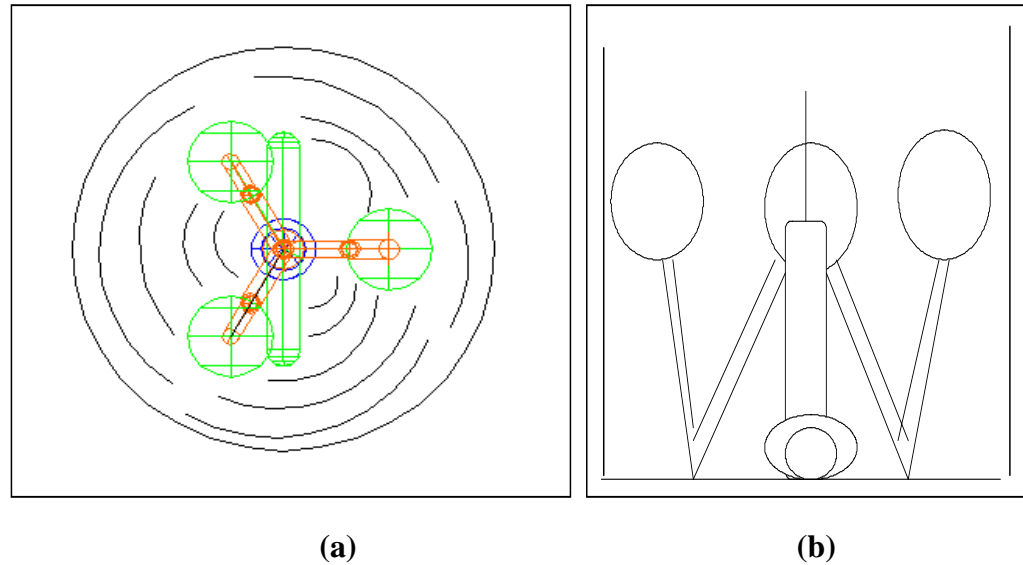
Rekabentuk konsep 3 adalah seperti dalam Rajah 2.3(b). Ia terbentuk daripada tiga buah sfera yang disambungkan kepada satu sfera pusat yang memegang palang magnetik. Ianya sesuai untuk magnetik bar bersaiz kecil di mana panjang dihadkan oleh ruang sambungan yang kecil. Rekabentuk ini sesuai untuk aliran optimum di mana halaju aliran adalah tinggi. Ia mempunyai pusat graviti yang rendah disebabkan oleh kakinya yang pendek. Ciri ini bertujuan untuk mengelakkan berlakunya geseran yang tinggi. Aliran yang terhasil adalah seperti dalam Rajah 2.3(a).



Rajah 2.3: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 3.

2.1.4 Rekabentuk Konsep 4

Konsep ini menghasilkan rekabentuk sebagaimana dalam Rajah 2.4(b) di mana satu silinder tegak ditempatkan pada bahagian tengah rekabentuk. Silinder ini bertujuan memberi sokongan kepada sesungut. Kaki pula dihasilkan dalam bentuk lengkung V. Pusat graviti yang dinaikkan dengan anjakan tegak kesemua tiga sesungut untuk membolehkan aliran terbentuk pada bahagian atas dan bawah secara kasar. Ini merupakan kelebihan rekabentuk ini berbanding rekabentuk konsep yang lain. Bentuk lengan yang melengkung seperti V seolah-olah alur yang memberikan kesan sekunder kepada aliran bendalir.



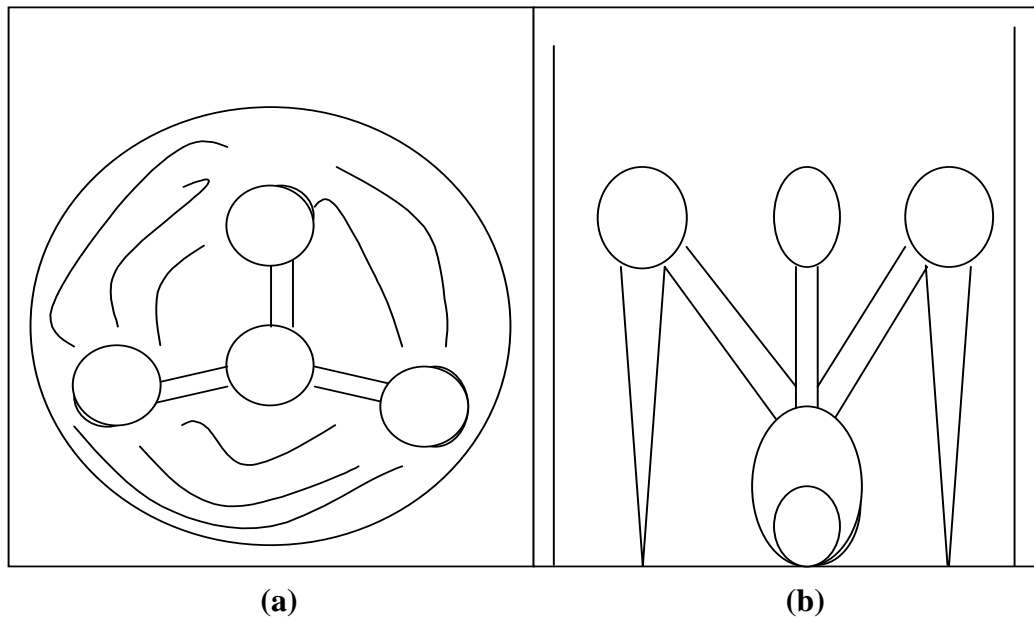
Rajah 2.4: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 4.

2.1.5 Rekabentuk Konsep 5

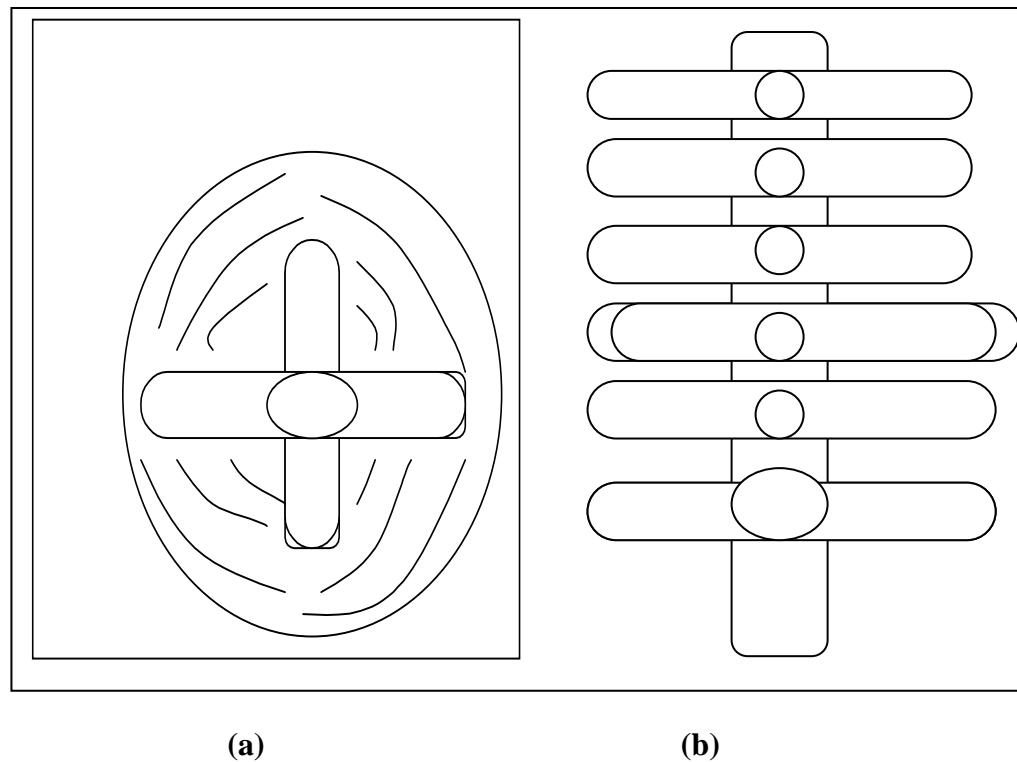
Rekabentuk konsep 5 adalah seperti dalam Rajah 2.5(b). Sesungguhnya berbentuk sfera ditanjakkan keatas di mana kaki berbentuk kon dengan hujung yang disambungkan dengan sfera kecil. Ini bertujuan mengelakkan kaki dari patah, jika kaki terlalu besar akan mengakibatkan pergerakan palang bermagnet akan terhalang. Pusat sambungan adalah sebagaimana dalam rajah iaitu berbentuk berlian. Lapisan aliran (Rajah 2.5a) yang dijangkakan adalah lebih laju pada bahagian atas berbanding pada bahagian bawah.

2.1.6 Rekabentuk Konsep 6

Rekabentuk berasaskan kepada bentuk palang yang disusun berlapis pada satu paksi dengan peningkatan jarak dari bikar. Bentuk palang disusun bersilang sebagaimana dalam Rajah 2.6(b). Bentuk aliran yang dijangkakan adalah seperti dalam Rajah 2.6(a). Keseluruhan aliran adalah seragam di mana perubahan halaju tidak dipengaruhi oleh perubahan ketinggian. Masalah yang timbul ialah kestabilan di mana palang sukar berputar dalam keadaan tegak.



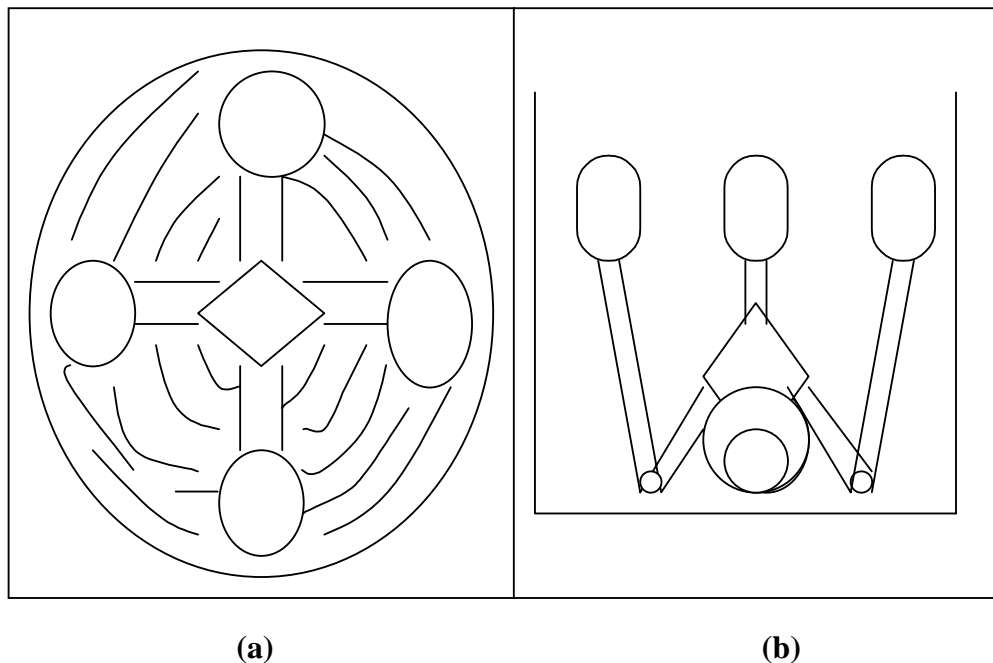
Rajah 2.5: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 5.



Rajah 2.6: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 6.

2.1.7 Rekabentuk Konsep 7

Rekabentuk ini menggunakan empat bahagian yang bersimetri antara satu sama lain pada paksi putaran sebagaimana dalam Rajah 2.7(b). Konsep ini menggunakan sesunggut berbentuk hemisfera yang digabungkan dan dianjakkan ke atas sedikit dari dasar bikar supaya aliran yang terhasil lebih menumpu ke kawasan atas. Bentuk aliran yang terhasil adalah seperti dalam lakaran 2.7(a). Kelebihan yang terdapat dalam rekabentuk ini ialah penggunaan empat bahagian yang bersimetri yang mana menambahkan lagi kesan putaran ke atas aliran. Tetapi masalah yang timbul ialah penggunaan pusat penyambung yang berbentuk berlian tidak sesuai untuk aliran putaran.



Rajah 2.7: (a) Bentuk Aliran Yang Terhasil, (b) Lakaran Rekabentuk Konsep 7.

2.2 Pemilihan Rekabentuk

Berdasarkan kepada tujuh rekabentuk konsep yang dihasilkan, didapati rekabentuk konsep 5 dapat menepati objektif kajian iaitu meningkatkan keberkesanan pencampuran sel kultur disamping mengelakkan palang dari melanggar bekas takungan/bikar. Rekabentuk konsep 5 mempunyai ciri-ciri seperti sfera sesungut, tiga lengan berbentuk rod, pusat penghubung berbentuk sfera dan kaki berkon padu.

Rekabentuk konsep 5 ini mampu menghasilkan kesan seperti (1) putaran aksesori yang mampu memusingkan semua medium, (2) lebih stabil di mana masalah 'spinning-off' tidak berlaku akibat daya yang disebabkan oleh jisim aksesori yang menambah berat magnet. Keadaan ini akan mengelakkan alat dari terangkat semasa berpusing walaupun pada halaju putaran yang tinggi, (3) hujung kaki yang berbentuk tirus dari kon membolehkan geseran dikurangkan pada tahap minimum. Namun ianya masih memberikan kesan putaran, (4) lengan yang dibina dengan sudut membolehkan pusaran air dikacau tanpa wujud kesan pegun dan (5) bentuk pusat penghubung yang digunakan iaitu rod dengan sfera di hujung membolehkan pengubahsuaian mudah dilakukan.

Hasil rekabentuk sesungut yang dipilih membolehkan kesemua sel hidup dapat dikacau dengan baik. Apabila palang bermagnet mula berputar, ianya akan berputar bersama aksesori yang dipasangkan pada palang. Bahagian yang paling banyak bersentuhan dengan kultur sel dalam medium ialah palang magnetik serta hujung kaki berbentuk kon. Hujung yang tajam membolehkan penggeseran dengan dasar bikar dapat dielakkan walaupun bukan 100%. Konsep ini adalah seolah-olah sel hidup ditolak ke tepi sebelum kaki aksesori melalui garisan putaran. Setelah pusingan mantap, aksesori akan berpusing bersama palang magnetik dengan memberikan kesan pencampuran yang sempurna tanpa geseran, tanpa terangkat, tanpa terpelanting serta tidak berlaku titik 'takungan' yang mana akan memusnahkan sel hidup.

Setelah setiap komponen aksesori dipastikan saiz dan dimensi yang sesuai proses 'fillet' dilakukan dengan menggunakan jejari yang sesuai pada setiap sambungan. Proses 'fillet' perlu dijalankan supaya sel hidup dapat menggelungsur

dengan lancar pada setiap bahagian komponen aksesori yang dihasilkan, ini amat perlu supaya sel hidup tidak melanggar bucu yang akan menyebabkan sel hidup itu mati. Selain itu dengan jisim rekabentuk yang lebih besar ini, maka dapatlah ia menangkis kesan 'ripple' iaitu gangguan gelombang elektrik yang akan mengganggu kesan aruhan medan magnet dan seterusnya menyebabkan palang magnetik terpelanting keluar.

Rekabentuk aksesori yang dihasilkan diharapkan dapat memberikan kesan pencampuran kepada kultur sel dengan sempurna di mana tidak wujud 'titik takungan', tidak terpelanting ke dinding bikar mahupun terpelanting keluar yang akan menyebabkan kultur sel terkisar dan tersepit antara rekabentuk aksesori yang dihasilkan dengan bikar. Keadaan ini boleh menyebabkan peratus kehidupan pada peringkat akhir akan menurun, sedangkan objektif penggunaan palang magnetik adalah untuk melakukan proses pencampuran keatas kultur sel dalam jangka masa yang lama iaitu dua hingga tiga bulan tanpa wujud kesan negatif kepada peratusan sel hidup. Perisian komputer *Computer Aided Design(CAD)* digunakan untuk memodelkan rekabentuk konsep 5 dengan menghasilkan Lukisan Kejuruteraan seperti yang ditunjukkan dalam Lampiran 1.

BAB 3

ANALISIS SIMULASI

3.0 Pendahuluan

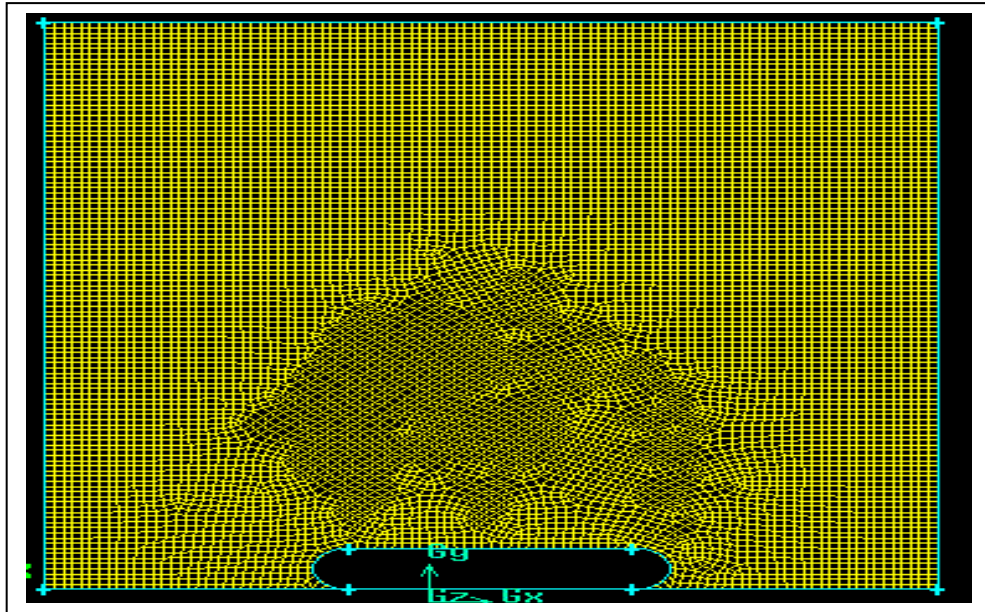
Tumpuan analisis simulasi yang dijalankan keatas aksesori palang pengacau ialah analisis geraklaku aliran yang terbentuk dengan menggunakan perisian komputer simulasi GAMBIT dan FLUENT. Parameter kajian semasa analisis simulasi merangkumi magnitud halaju, halaju jejarian, bentuk fungsi arus, magnitud vortisiti dan nombor Reynolds. Analisis dijalankan untuk melihat kesan pencampuran medium bagi keadaan penggunaan palang magnetik sahaja dan palang magnetik yang dipasang kepada aksesori. Analisis dimodelkan sebagai masalah dua dimensi. Ini adalah kerana kekurangan keupayaan dalam pemprosesan data oleh komputer untuk dimodelkan sebagai masalah tiga dimensi. Pendekatan tersebut diambil berdasarkan kepada kajian yang dijalankan oleh P.Z Yoseph, A Yu Gelfgat dan Solan dari Israel yang bertajuk 'On Assisymetry- Breaking Instabilities of Swilling Flow in a Cylinder with Rotating Lid' menyatakan bahawa masalah dalam tiga dimensi dengan putaran aliran pada satu paksi menegak oleh bilah bersimetri yang berputar dapat dimodelkan dalam dua dimensi.

3.1 Keputusan Analisa Simulasi Dengan Menggunakan Perisian Komputer GAMBIT

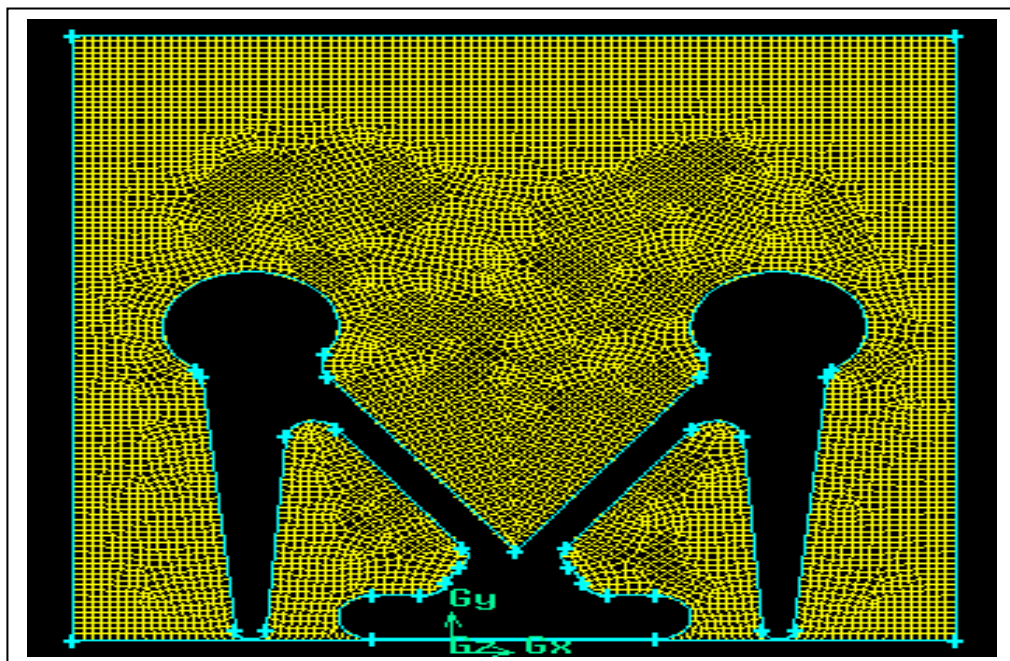
Model aksesori yang dibina menggunakan perisian AUTOCAD 2002 diterjemahkan ke dalam perisian simulasi GAMBIT. Perisian GAMBIT akan membahagikan setiap garisan kepada unsur dan nod yang tersendiri. Pembinaan geometri boleh dilakukan melalui lima cara iaitu titik (*verteks*), pepenjuru (*edge*), permukaan (*face*) dan isipadu (*volume*) serta sistem koordinat (*coordinate system*). Perisian GAMBIT perlu digunakan untuk menjalankan proses lelaran iaitu pembahagian permukaan yang dikaji kepada elemen yang kecil mengikut saiz elemen yang diperlukan. Proses ini perlu dijalankan ke atas entiti garisan dan permukaan model. Seterusnya untuk mengistiharkan jenis keadaan sempadan yang wujud. Jenis bahan (bendalir ataupun pepejal) yang digunakan. Memandangkan penggunaan permukaan dan pepenjuru wujud untuk permodelan aksesori, maka adalah lebih baik dan mudah menggunakan perisian AUTOCAD sahaja. Dalam perisian ini juga, bahan bendalir dan pepejal yang digunakan akan diistiharkan. Begitu juga dengan tekanan masukan, tekanan keluaran, paksi dan sebagainya. Seterusnya, setelah model diproses menggunakan perisian GAMBIT dan telah dilakukan 'mesh', ia disimpan dalam format 'filename.msh' untuk dihantar ke FLUENT.

Rajah 3.1 menunjukkan profil hidrodinamik medium yang terbentuk jika palang magnetik sahaja digunakan. Huruf A menggambarkan medium yang mengalami agihan pencampuran seragam. Manakala huruf D menunjukkan medium yang tidak bercampur dengan seragam dan mengakibatkan kematian kepada kultur sel. Masalah kematian kultur sel dalam bioreaktor boleh diatasi jika palang bermagnet yang digunakan dipasang kepada aksesori. Ini dibuktikan dari analisa secara simulasi yang ditunjukkan dalam Rajah 3.2 dimana wujudnya zon agihan pencampuran seragam yang lebih luas (diwakili huruf A) jika dibandingkan dengan zon yang tidak mengalami agihan pencampuran seragam (diwakili huruf D). Penggunaan aksesori yang dipasangkan kepada palang bermagnet menyebabkan medium yang mengalami proses pencampuran meliputi kawasan yang lebih luas jika

dibandingkan pencampuran tanpa penggunaan aksesoris. Pencampuran medium membolehkan bekal nutrisi dan oksigen sampai kepada kultur sel dan ini menyumbang kepada pengeluaran optimum.



Rajah 3.1: Profil hidrodinamik medium yang terbentuk menggunakan palang bermagnet.



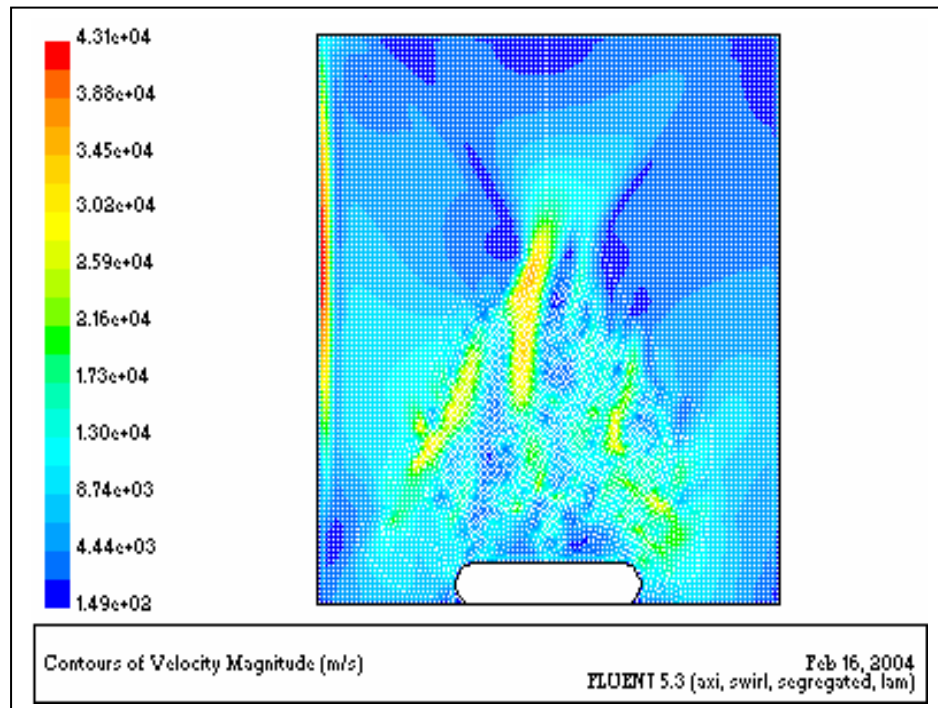
Rajah 3.2: Profil hidrodinamik medium yang terbentuk menggunakan palang bermagnet yang dipasangkan kepada aksesoris.

3.2 Keputusan Analisa Simulasi Dengan Menggunakan Perisian Komputer FLUENT

Perisian komputer simulasi kedua yang digunakan dalam penganalisaan aliran medium ialah FLUENT. Kelebihan FLUENT jika dibandingkan dengan GAMBIT ialah FLUENT dapat memberikan keputusan secara grafik (bentuk kontur) yang lebih baik. Selain itu, FLUENT mampu memberi keputusan kajian dari segi tekanan, halaju dan fungsi arus aliran secara terperinci. Parameter kajian yang merangkumi magnitud halaju, halaju jejarian, bentuk fungsi arus, magnitud vortisiti dan nombor Reynolds boleh dianalisa oleh FLUENT.

a) Taburan Magnitud Halaju untuk Palang Pengacau Bermagnet Tanpa Aksesori

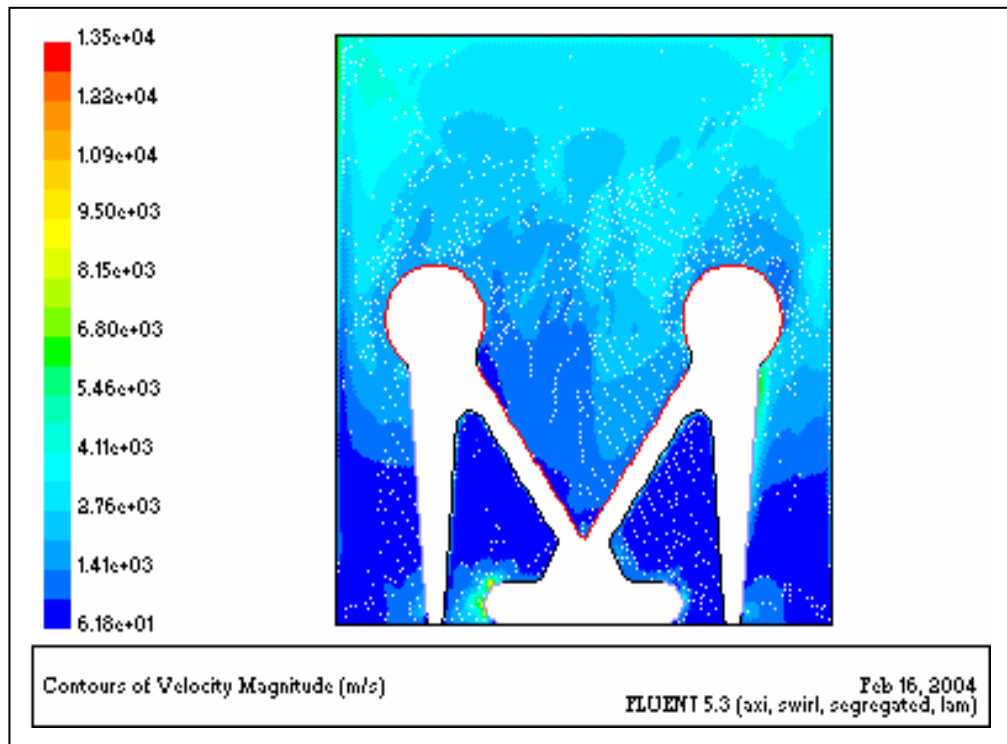
Rajah 3.3 menunjukkan keadaan magnitud halaju yang terbentuk oleh putaran palang pengacau bermagnet. Pada bahagian tengah nilai magnitud adalah tinggi iaitu dalam julat $\sim 10^4$ m/s dan nilai ini semakin berkurangan pada bahagian lain sehingga kepada nilai magnitud berada pada nilai 1.49×10^2 m/s. Kontur yang terhasil adalah tidak seragam.



Rajah 3.3: Keadaan Magnitud Halaju Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Tanpa Aksesori.

b) Taburan Magnitud Halaju untuk Palang Pengacau Bermagnet Bersama Aksesori

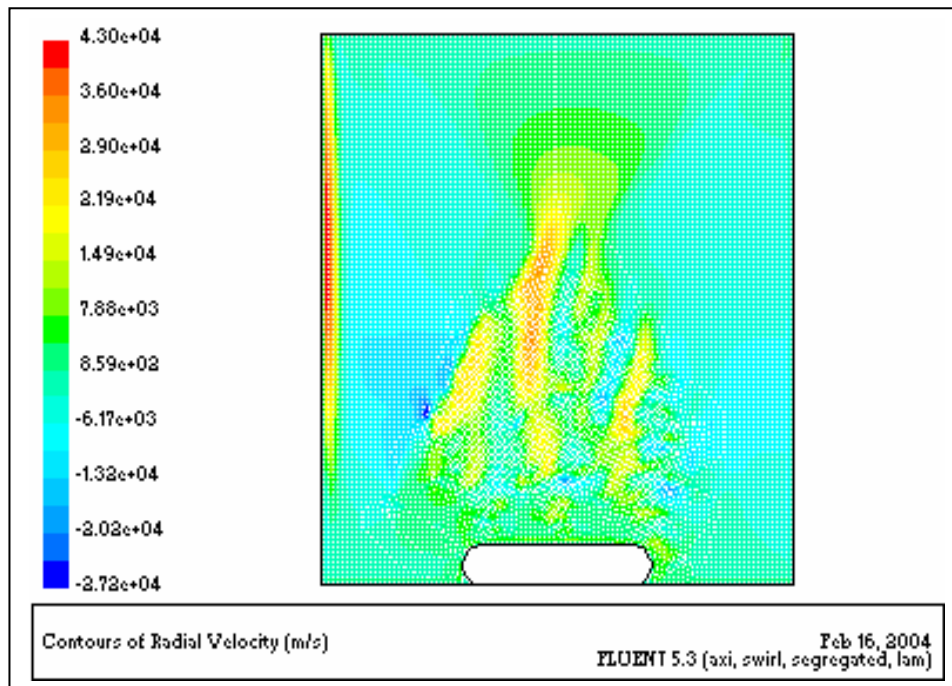
Rajah 3.4 menunjukkan nilai magnitud halaju yang terbentuk adalah lebih tinggi pada bahagian atas (sesunggut) iaitu pada 3.76×10^3 m/s sehingga 6.03×10^3 m/s. Pada bahagian dasar bikar pula, nilainya adalah rendah iaitu berada pada 3.76×10^3 dan berkurangan sehingga 6.18×10^1 . Daripada Rajah 3.40 ini juga, kita dapat menyatakan bahawa nilai magnitud adalah semakin berkurangan dan kontur yang terbentuk adalah lebih seragam.



Rajah 3.4: Keadaan Magnitud Halaju Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet yang dipasang kepada Aksesori.

c) **Taburan Magnitud Halaju Jejarian untuk Palang Bermagnet Tanpa Aksesori**

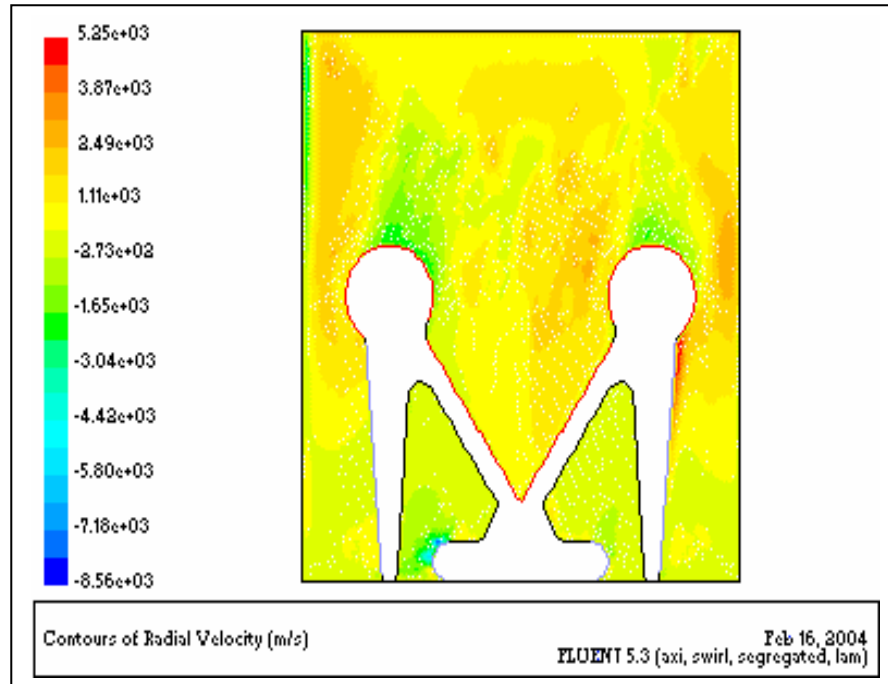
Rajah 3.5 menunjukkan nilai halaju jejarian pada hujung palang adalah diantara $4.30 \times 10^4 \text{ m/s}$ dan $-2.72 \times 10^3 \text{ m/s}$, nilai halaju jejarian adalah tinggi di bahagian tengah dan nilai ini semakin berkurangan apabila menghampiri dinding bikar sebelah kanan dan nilai yang lebih tinggi wujud pada dinding bikar sebelah kiri.



Rajah 3.5: Keadaan Magnitud Halaju Jejarian Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Tanpa Aksesori.

d) Taburan Magnitud Halaju Jejarian untuk Palang Bermagnet Bersama Aksesori

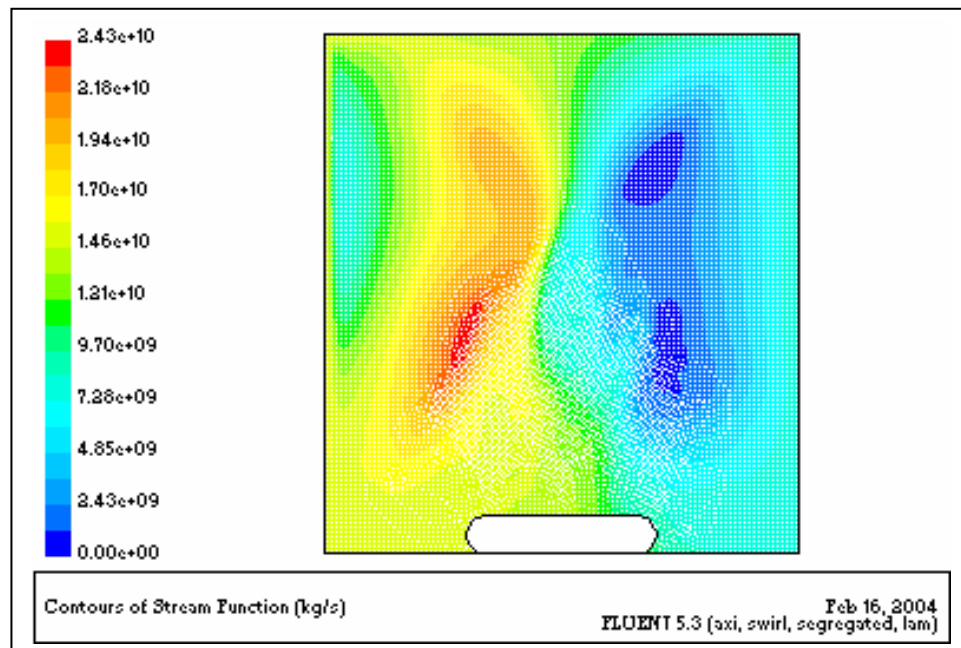
Rajah 3.6 menunjukkan nilai halaju hujung palang pengacau dan aksesori telah berkurangan di mana pada bahagian permukaan palang pengacau nilai halaju jejari berada pada -7.18×10^3 m/s sehingga 1.65×10^3 m/s. Pada bahagian permukaan aksesori, halaju jejari berada dalam julat -2.73×10^3 m/s sehingga 5.25×10^3 m/s. Ini menunjukkan bahawa berlaku peningkatan dalam nilai magnitud halaju jejarian.



Rajah 3.6: Keadaan Magnitud Halaju Jejarian Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Dengan Aksesori.

e) **Taburan Fungsi Arus untuk Palang Bermagnet Tanpa Aksesori**

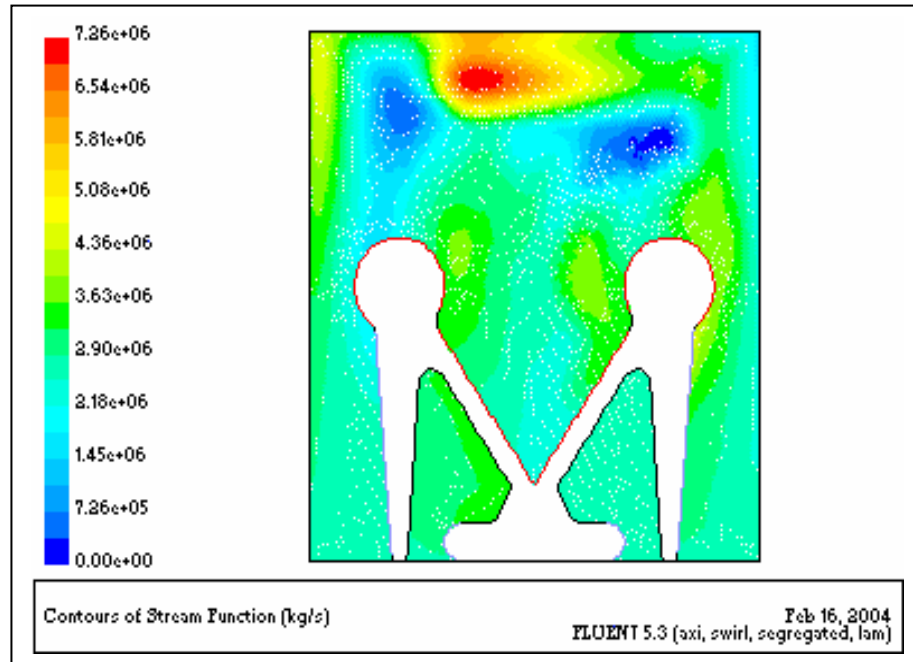
Fungsi arus yang terbentuk adalah seperti dalam Rajah 3.7. Pembentukan fungsi arus terbahagi kepada dua bahagian di mana wujud kawasan yang mempunyai fungsi arus tinggi dibahagian kiri dan menghampiri sifar pada suatu kawasan di sebelah kanan.



Rajah 3.7: Taburan Fungsi Arus Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Tanpa Aksesori.

f) **Taburan Fungsi Arus untuk Palang Bermagnet Bersama Aksesori**

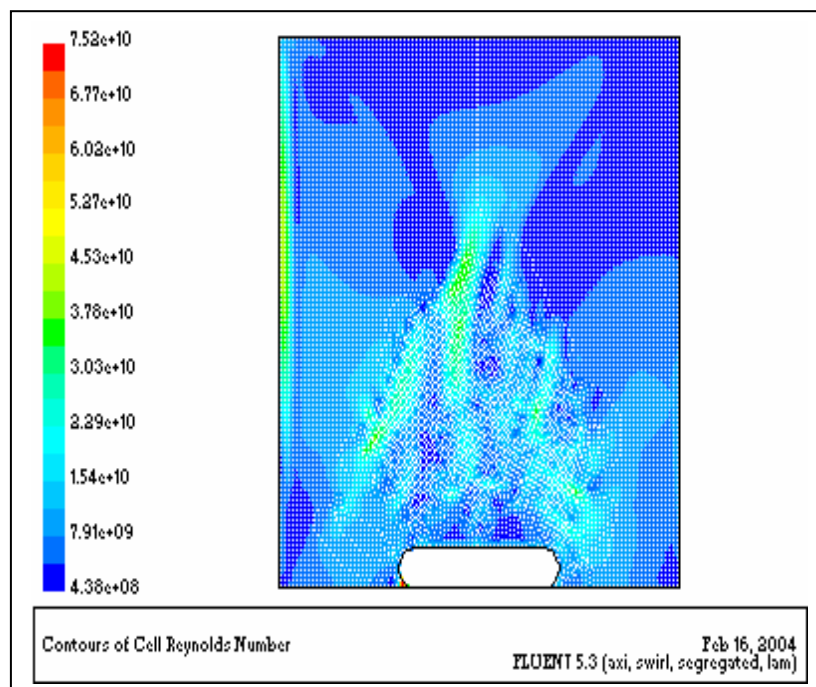
Rajah 3.8 menunjukkan fungsi arus yang terbentuk adalah seakan-akan bersimetri tetapi kewujudan kawasan yang bergerak dengan kadar pergerakan jisim yang tinggi di bahagian permukaan yang terdedah kepada atmosfera. Selain itu juga, di sebelah kiri dan kanan terdapat kawasan yang mempunyai nilai fungsi arus sifar .



Rajah 3.8: Taburan Fungsi Arus Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Dengan Aksesori.

g) Taburan Nombor Reynolds bagi Palang Bermagnet Tanpa Aksesori

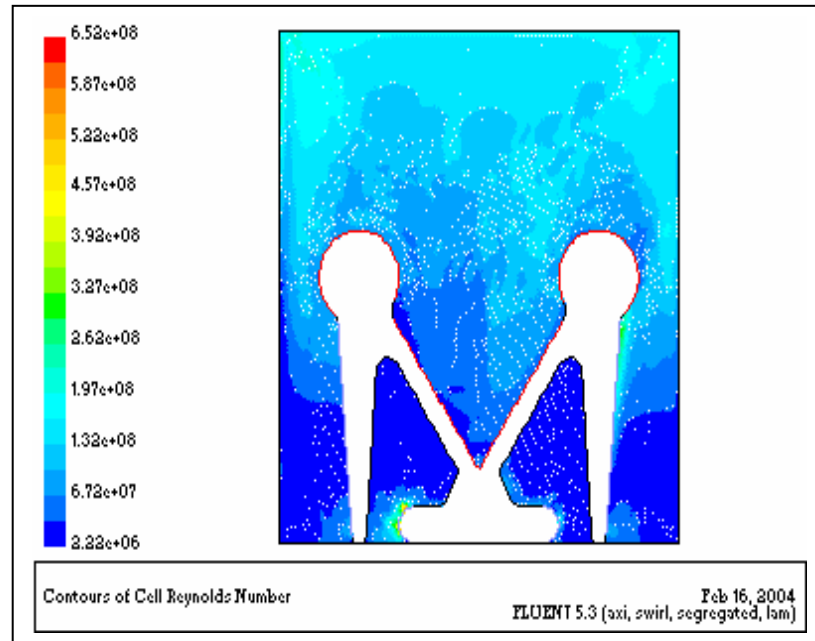
Dengan penggunaan bar bermagnet tanpa aksesori, taburan nombor Reynolds adalah seperti dalam Rajah 3.9. Dari gambarajah tersebut, kita boleh perhatikan bahawa nilai taburan nombor Reynolds adalah tinggi pada bahagian bawah hingga ke bahagian tengah iaitu dari 1.54×10^9 dan 3.03×10^9 dan nilai ini semakin berkurangan dengan pertambahan jarak menegak dari bahagian bawah bekas kepada 7.91×10^9 dan 4.38×10^8 .



Rajah 3.9: Taburan Nombor Reynolds Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Tanpa Aksesori.

h) Taburan Nombor Reynolds bagi Palang Bermagnet Bersama Aksesori

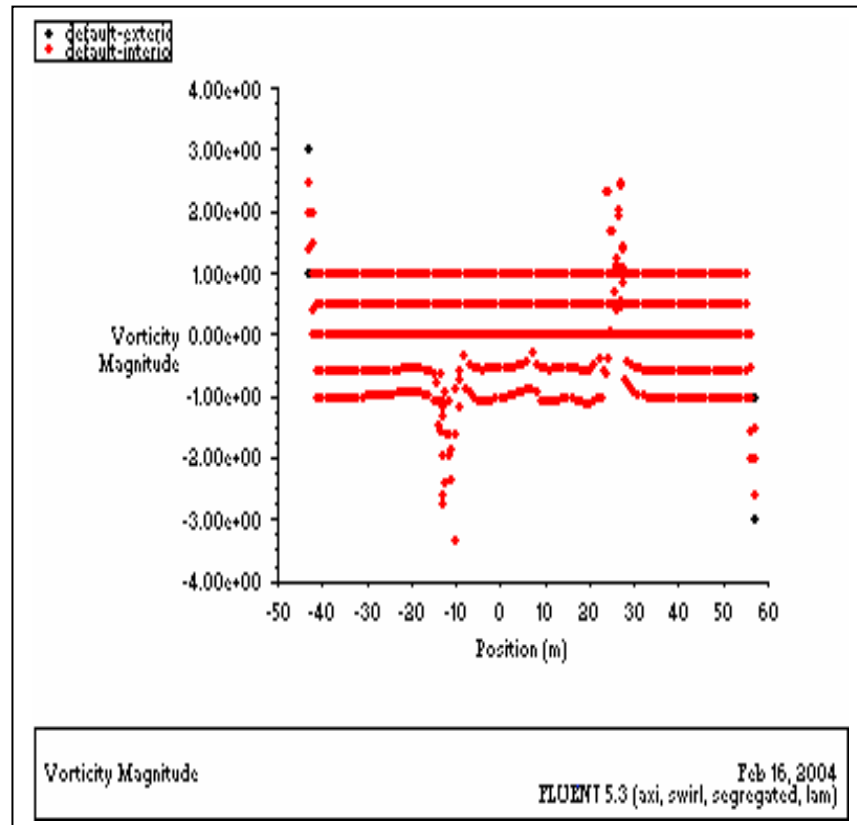
Rajah 3.10 menunjukkan nilai taburan nombor Reynolds dari bahagian bawah ke bahagian tengah adalah diantara 2.22×10^6 Re sehingga 1.32×10^8 Re. Nilai ini adalah semakin berkurangan berbanding dengan nilai penggunaan palang bermagnet sahaja. Dari bahagian tengah ke bahagian atas pula nilai berada dalam julat 1.32×10^8 Re dan 3.62×10^8 Re di mana nilai ini semakin meningkat.



Rajah 3.10: Taburan Nombor Reynolds Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Dengan Aksesori.

i) Taburan magnitud Vortisiti Melawan Jarak Menegak yang Terbentuk untuk Palang Bermagnet Tanpa Aksesori

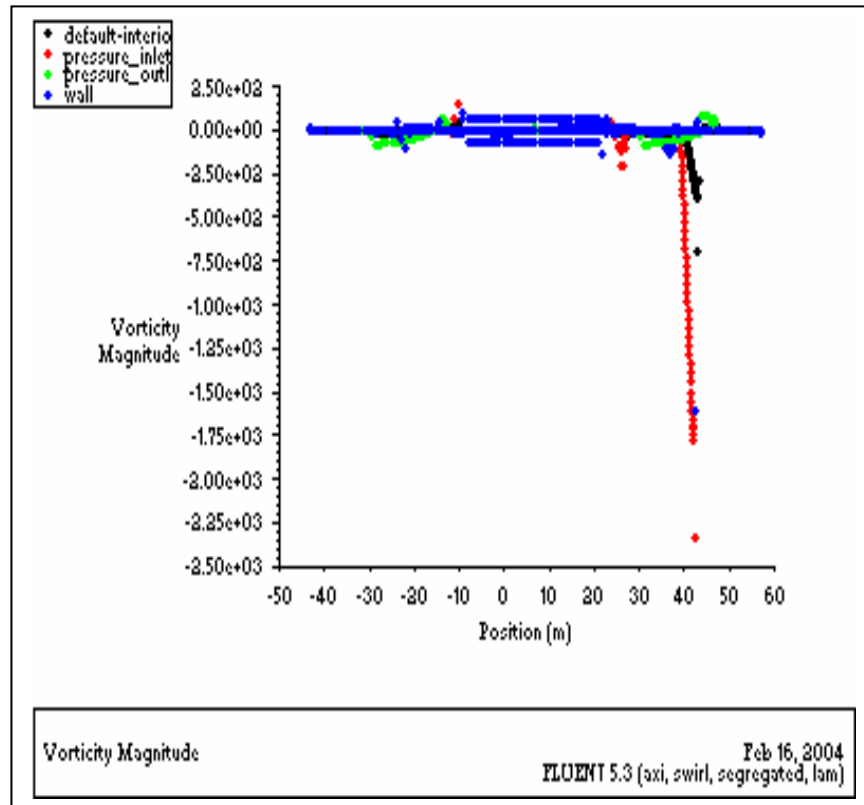
Rajah 3.11 menunjukkan nilai magnitud vortisiti yang terbentuk adalah seragam disebabkan masukan adalah bersimetri. Nilai vortisiti berada pada magnitud -4.00×10^0 sehingga 4.00×10^0 iaitu lebih menumpu pada bahagian tengah dan akhirnya mencapai keluar pada bahagian atas dan bawah.



Rajah 3.11: Taburan Magnitud Vortisiti Melawan Jarak Menegak Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet Tanpa Aksesori.

j) Taburan Magnitud Vortisiti Melawan Jarak Menegak yang Terbentuk Untuk Palang Bermagnet Bersama Aksesori

Berdasarkan kepada Rajah 3.12, magnitud vortisiti meningkat dari -1.75×10^3 kepada kurang daripada 2.50×10^3 ke bahagian atas.



Rajah 3.12: Taburan Magnitud Vortisiti Melawan Jarak Menegak Yang Terhasil Oleh Putaran Palang Bermagnet dengan Aksesori.

BAB 4

PERBINCANGAN

4.0 Pendahuluan

Berdasarkan kepada rekabentuk konsep 5 yang telah dijana yang kemudian diikuti permodelan konsep dengan menghasilkan lukisan kejuruteraan, analisa dengan menggunakan pengaturcaraan simulasi komputer dan fabrikasi aksesori, Penyelidik berpuas hati dengan hasil kajian yang diperolehi. Huraian ringkas dalam Bab Perbincangan ini berkaitan keputusan analisa secara simulasi yang menggunakan perisian simulasi FLUENT sahaja dengan mengambil kira parameter seperti magnitud halaju, halaju jejarian, bentuk fungsi arus, magnitud vortisiti dan nombor Reynolds kerana GAMBIT hanya memberikan profil hidrodinamik aliran sahaja. Perbincangan hanya memberi tumpuan kepada kesan pencampuran yang ditunjukkan oleh analisa secara simulasi bagi keadaan penggunaan palang bermagnet sahaja dan palang bermagnet yang dipasang kepada aksesori yang telah di rekabentuk.

4.1 Kesan pencampuran kepada medium jika menggunakan palang bermagnet sahaja.

Keputusan secara simulasi dengan menggunakan perisian komputer FLUENT menunjukkan bahawa nilai magnitud halaju yang dihasilkan adalah tinggi dibahagian

tengah dan nilai magnitud halaju ini tidak sesuai untuk pembiakan sel hidup. Di samping itu, nilai magnitud halaju yang besar akan memberikan kesan hentaman (impuls) yang tinggi walaupun luas permukaan palang bermagnet kecil tetapi boleh menyebabkan kematian sel. Bagi parameter halaju jejarian, wujudnya daya empar yang rendah yang mengakibatkan agihan pencampuran medium yang tidak seragam. Analisa simulasi menunjukkan kadar pergerakan medium untuk pengujian parameter bentuk fungsi arus adalah tinggi tetapi pergerakannya tidak seragam dan kawasan yang mempunyai magnitud sifar adalah luas. Bagi parameter magnitud vortisiti pula memberikan nilai bacaan dalam julat yang kecil. Nilai ini menunjukkan kesan pencampuran yang lemah. Nilai yang diperolehi bertumpu di bahagian tengah bikar dan semakin meningkat dengan jarak. Parameter terakhir yang diuji ialah taburan nombor Reynolds. Julat yang diperolehi adalah tinggi di mana nilai ini menunjukkan agihan pencampuran yang tidak seragam berlaku.

4.2 Kesan pencampuran kepada medium jika menggunakan palang bermagnet yang dipasang kepada aksesori.

Pemasangan aksesori kepada palang bermagnet memberikan kesan pencampuran kepada medium yang lebih baik jika dibandingkan pencampuran yang berlaku tanpa pemasangan aksesori kepada palang bermagnet. Perbezaan yang berlaku amat ketara sekali dan perkara ini telah diperjelaskan dengan analisa simulasi yang dilakukan terhadap semua parameter yang diuji. Parameter pertama iaitu magnitud halaju, analisa secara simulasi menunjukkan wujudnya julat bacaan magnitud halaju yang semakin rendah. Magnitud halaju yang rendah menunjukkan agihan pencampuran yang berlaku adalah seragam dan kesan hentaman adalah rendah dan kadar kematian sel semasa pembiakan dapat dikurangkan. Pemasangan aksesori kepada palang bermagnet membantu jejarian memberikan daya empar yang lebih tinggi dan keadaan ini menunjukkan medium bercampur dalam arah jejari dengan lebih seragam. Pengujian parameter fungsi arus memberikan nilai pergerakan medium yang rendah serta bentuk pergerakan seragam dihasilkan. Nilai kadar alir yang seragam serta magnitud yang rendah di bahagian yang bersentuhan dengan

aksesori akan mengurangkan kesan hentaman dan pencampuran yang lebih efisien terhasil. Parameter vortisiti yang diperolehi semasa analisa secara simulasi ialah dalam julat yang besar. Nilai ini diperolehi kerana wujudnya pencampuran medium yang sempurna. Nilai magnitud yang terhasil adalah tinggi di permukaan medium dan semakin berkurangan dengan pengurangan jarak menegak. Tetapi, nilai ini adalah jauh lebih besar berbanding penggunaan palang sahaja untuk melakukan pencampuran medium. Taburan nombor Reynolds ialah parameter terakhir dan nilai julat yang diperolehi adalah rendah di mana nilai ini menunjukkan berlakunya agihan pencampuran yang seragam.

BAB 5

KESIMPULAN DAN CADANGAN PEMBAIKAN

Analisa secara simulasi menunjukkan pemasangan aksesori kepada palang bermagnet memberikan kesan agihan pencampuran yang lebih ketara baiknya jika dibandingkan pencampuran hanya menggunakan palang bermagnet sahaja. Pengujian aksesori untuk melihat kesan sebenar operasi pencampuran kultur sel dibuat di Makmal Kejuruteraan Pembiakan Tisu di FKKS UTM Skudai.

Rekabentuk aksesori boleh dipertingkatkan lagi dengan menggunakan bahan nylon iaitu sejenis bahan kalis kimia atau dengan kata lain, bahan kimia medium tidak akan bertindak balas dengan nylon semasa operasi pencampuran berlaku.

Akhir kata semua penyelidik ingin merakam jutaan terima kasih kepada pihak RMC UTM Skudai di atas peluang penyelidikan yang diberikan.

RUJUKAN

1. Bar-Yoseph P.Z, Gelfgat A. Yu, dan Solan A. (2001). “On Axisymmetry-Breaking Instability of Swirling Flow in a Cylinder with Rotating Lid”, 12th International Couette-Taylor Workshop, Evanston, USA, 6-8 September.

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA

**BORANG PENGESAHAN
LAPORAN AKHIR PENYELIDIKAN**

TAJUK PROJEK : **Design, fabricate and testing
of stationary magnetic bar
for uniform mixing of cell culture**

Saya WAN NAZDAH BINTI WAN HUSSIN
(HURUF BESAR)

Mengaku membenarkan **Laporan Akhir Penyelidikan** ini disimpan di Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dengan syarat-syarat kegunaan seperti berikut :

1. Laporan Akhir Penyelidikan ini adalah hakmilik Universiti Teknologi Malaysia.
2. Perpustakaan Universiti Teknologi Malaysia dibenarkan membuat salinan untuk tujuan rujukan sahaja.
3. Perpustakaan dibenarkan membuat penjualan salinan Laporan Akhir Penyelidikan ini bagi kategori TIDAK TERHAD.
4. * Sila tandakan (/)

SULIT (Mengandungi maklumat yang berdarjah keselamatan atau Kepentingan Malaysia seperti yang termaktub di dalam AKTA RAHSIA RASMI 1972).

TERHAD (Mengandungi maklumat TERHAD yang telah ditentukan oleh Organisasi/badan di mana penyelidikan dijalankan).

TIDAK TERHAD

TANDATANGAN KETUA PENYELIDIK _____

Nama & Cop Ketua Penyelidik

Tarikh : _____

CATATAN : *Jika Laporan Akhir Penyelidikan ini SULIT atau TERHAD, sila lampirkan surat daripada pihak berkuasa/organisasi berkenaan dengan menyatakan sekali sebab dan tempoh laporan ini perlu dikelaskan sebagai SULIT dan TERHAD.

UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA
Research Management Centre

PRELIMINARY IP SCREENING & TECHNOLOGY ASSESSMENT FORM

(To be completed by Project Leader submission of Final Report to RMC or whenever IP protection arrangement is required)

1. PROJECT TITLE IDENTIFICATION :

Merekabentuk, fabrikasi dan menguji aksesori yang dipasang kepada palang bermagnet untuk menghasilkan pencampuran seragam kultur sel

Vote No:

71938

2. PROJECT LEADER :

Name : WAN NAZDAH BT WAN HUSSIN

Address: JABATAN KEJURUTERAAN PEMBUATAN DAN INDUSTRI, FAKULTI
KEJURUTERAAN MEKANIKAL, UNIVERSITI TEKNOLOGI MALAYSIA,
SKUDAI, 81310 JOHOR.

Tel : 07-5534660

Fax : 07-5566159

e-mail :

wnazdah@fkm.utm.my

3.

Scientific Research	Applied Research	Product/Process Development
<input type="checkbox"/> Algorithm	<input type="checkbox"/> Method/Technique	<input checked="" type="checkbox"/> Product / Component
<input type="checkbox"/> Structure	<input checked="" type="checkbox"/> Demonstration / Prototype	<input type="checkbox"/> Process
<input type="checkbox"/> Data	<input type="checkbox"/> Other, please specify	<input type="checkbox"/> Software
<input type="checkbox"/> Other, please specify specify _____	<input type="checkbox"/> Other, please specify _____	<input type="checkbox"/> Other, please _____
_____	_____	_____
_____	_____	_____

4.

INTELLECTUAL PROPERTY *(Please tick where applicable)*

Not patentable

Technology protected by patents

Patent search required

Patent pending

Patent search completed and clean

Monograph available

Invention remains confidential

Inventor technology champion

No publications pending

Inventor team player

No prior claims to the technology

Industrial partner identified

5. LIST OF EQUIPMENT BOUGHT USING THIS VOT

1) One Set of Computer

6. STATEMENT OF ACCOUNT

a)	APPROVED FUNDING	RM : ...20,000.....
b)	TOTAL SPENDING	RM : ...18,355.5.....
c)	BALANCE	RM :1,644.5.....

7. TECHNICAL DESCRIPTION AND PERSPECTIVE

Please tick an executive summary of the new technology product, process, etc., describing how it works. Include brief analysis that compares it with competitive technology and signals the one that it may replace. Identify potential technology user group and the strategic means for exploitation.

a) Technology Description

Simple capsule shaped magnetic bar is normally used for fluid mixing in life sciences research laboratory. It is extensively used for mixing of animal cells in simple bioreactors. However, increases in rotation speed often caused the magnetic bar to be spin-off from its position and leads to death of the cells in bioreactor. The attachment of the three point arms to the magnetic bar has been designed in this work. The attachment of this additional accessory has eliminated the spin-off effect. The hydrodynamic behavior of this design has been simulated using GAMBIT and FLUENT software. The simulated fluid movement has shown to have a uniform mixing and break the vortex caused by normal magnetic bar.

b) Market Potential

The design of this accessory namely three point arms could be marketed to other IPTAs laboratories and other research institution throughout Malaysia and the region.

c) Commercialisation Strategies

Signature of Project Leader :-

Date :-

8. RESEARCH PERFORMANCE EVALUATION

a) FACULTY RESEARCH COORDINATOR

Research Status	()	()	()	()	()	()
Spending	()	()	()	()	()	()
Overall Status	()	()	()	()	()	()
	Excellent	Very Good	Good	Satisfactory	Fair	Weak

Comment/Recommendations :

.....
 Signature and stamp of
 JKPP Chairman

Name :

Date :

b) RMC EVALUATION

Research Status	()	()	()	()	()	()
Spending	()	()	()	()	()	()
Overall Status	()	()	()	()	()	()
	Excellent	Very Good	Good	Satisfactory	Fair	Weak

Comments :-

Recommendations :

- Needs further research
- Patent application recommended
- Market without patent
- No tangible product. Report to be filed as reference

.....
 Signature and Stamp of Dean / Deputy Dean
 Research Management Centre

Name :
 Date :