



**LAPORAN
PROJEK TAHUN AKHIR**

**GENERATION OF VORTICES IN AIR FLOW
THROUGH PLATES IN TANDEM**

Oleh:
NORDALILAH ABDUL RASHID

**Disertasi ini dikemukakan kepada
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA**

**Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian**

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN MEKANIK)

**Pusat Pengajian Kejuruteraan Mekanik
Universiti Sains Malaysia**

Jan 2000

KANDUNGAN

Senarai Rajah	i
Bab 1 Pengenalan	
1.1 Aliran luar	1
1.1.1 Pemisahan	2
1.2 Teori pembentukan vorteks	3
1.3 Objektif projek	7
Bab 2 Fenomena vorteks	
2.1 Umum	8
2.2 Kajian ilminah	
2.2.1 Vorteks pada silinder	
2.2.1a Vorteks pada silinder yang terletak pada lantai	12
2.2.1b Vorteks pada bahagian dalam silinder tertutup	14
2.2.1c Vorteks pada silinder bermuka bulat	15
2.2.1d Vorteks melalui silinder bermuka empat segi	16
2.2.2 Vortek pada pintu kawalan air	18
2.2.3 Vorteks Karman	19
2.2.4 Vorteks pin rambut	22
2.2.5 Pembentukan vorteks pada plat nipis	23
2.2.6 Vorteks sekitar aerofoil pada sudut serang berbeza	26
2.2.7 Vorteks pada simpang hujung dinding	28

Bab 3 Simulasi

3.1 Pengenalan kepada perisian ANSYS-FLOTTRAN	31
3.2 Andaian semasa simulasi	31
3.3 Kaedah	
3.4 Contoh simulasi yang dijalankan	

Bab 4 Keputusan dan perbincangan

4.1 Pengenalan	37
4.2 Kontor bagi sudut serang 0^0	
4.2.1 Kontor pada halaju 1m/s	38
4.2.2 Kontor pada halaju 3m/s	42
4.2.3 Kontor pada halaju 18m/s	45
4.2.4 Kontor pada halaju 36m/s	48
4.2.5 Pola pembentukan vorteks pada sudut serang 0^0	48
4.3 Kontor bagi sudut serang 4^0	
4.3.1 Kontor pada halaju 1m/s	51
4.3.2 Kontor pada halaju 3m/s	54
4.3.3 Kontor pada halaju 18m/s	57
4.3.4 Kontor pada halaju 36m/s	60
4.3.5 Pola pembentukan vorteks pada sudut serang 4^0	60
4.4 Kontor bagi sudut serang 8^0	
4.4.1 Kontor pada halaju 1m/s	63
4.4.2 Kontor pada halaju 3m/s	66
4.4.3 Kontor pada halaju 18m/s	69

4.4.4 Kontor pada halaju 36m/s	72
4.4.5 Pola pembentukan vorteks pada sudut serang 8^0	72
4.5 Kontor bagi sudut serang 12^0	
4.5.1 Kontor pada halaju 1m/s	75
4.5.2 Kontor pada halaju 3m/s	78
4.5.3 Kontor pada halaju 18m/s	81
4.5.4 Kontor pada halaju 36m/s	84
4.5.5 Pola pembentukan vorteks pada sudut serang 8^0	87
Bab 5 Kesimpulan	88
Rujukan	89

SENARAI RAJAH

Rajah

Mukasurat

Rajah 1.1	2
Rajah 1.2 Rajah 4.2.3a	4
Rajah 2.1	9
Rajah 2. 2a & b	13
Rajah 2.2c	14
Rajah 2.2d	15
Rajah 2.2e	17
Rajah 2.2f	18
Rajah 2.2g	19
Rajah 2.2h	20
Rajah 2.2I	21
Rajah 2.2j	22
Rajah 2.2k	23
Rajah 2.2l	24
Rajah 2.2m	27
Rajah 2.2n	28
Rajah 2.2o	29
Rajah 2.2p & q	30
Rajah 4.2.1a	40
Rajah 4.2.1b	41
Rajah 4.2.2a	43
Rajah 4.2.2b	44
Rajah 4.2.3a	46
Rajah 4.2.3b	47
Rajah 4.2.4a	49
Rajah 4.2.4b	50
Rajah 4.3.1a	52
Rajah 4.3.1b	53
Rajah 4.3.2a	55
Rajah 4.3.2b	56
Rajah 4.3.3a	58

Rajah 4.3.3b	59
Rajah 4.3.4a	61
Rajah 4.3.4 b	63
Rajah 4.4.1a	64
Rajah 4.4.1b	65
Rajah 4.4.2a	67
Rajah 4.4.2a	68
Rajah 4.4.3a	70
Rajah 4.4.3b	71
Rajah 4.4.4a	73
Rajah 4.4.4b	74
Rajah 4.5.1a	76
Rajah 4.5.1a	77
Rajah 4.5.2a	79
Rajah 4.5.2b	80
Rajah 4.5.3a	82
Rajah 4.5.3b	83
Rajah 4.5.4a	85
Rajah 4.5.4b	86

ABSTRAK

Projek tahun akhir yang bertajuk penjanaan lapisan vorteks dalam aliran melepasi 2 plat berkeadaan serong ini pada asasnya adalah satu projek yang berasaskan simulasi.. Software ANSYS/FLOTRAN akan digunakan yang mana ia akan manjana lapisan vorteks berdasarkan program interaktif. Software ini sebenarnya berupaya mengkaji aliran berdasarkan spesifikasi yang diberikan serta sempadan- sempadan yang betul. Selain kaedah interaktif, ia juga berupaya menjalankan simulasi dengan menjalankan arahan yang dimasukkan dari fail tertentu yang telah dikomplasikan. Ini amat berguna untuk simulasi yang panjang. Perisian FLOTRAN/ANSYS ini adalah sebahagian dari perisian ANSYS yang bukan sahaja berupaya melakukan simulasi untuk bendalir, malah ia juga mampu melakukan simulasi mekanikal serta termal.

Dalam projek ini, perbandingan akan dibuat mengenai bentuk vorteks yang terbentuk dan juga perubahan halaju serta tekanan sebelum, ketika, dan selepas aliran bendalir melalui 2 plat yang berkeadaan serong itu. Perbandingan dibuat dengan menukar nukarkan sudut serangan plat dari 0° hingga 12° dan dengan menggunakan halaju 1m/s, 3m/s, 18m/s dan 36m/s. Pemerhatian dilakukan ke atas keputusan yang didapati dengan memhatikan bentuk aliran terbentuk berserta kontor dan vektor halaju serta tekanan.

ABSTRACT

My final year project entitled generation of vortex layer in tandem plates is a project of simulation using ANSYS/FLOTTRAN which will develop the vortex layer by interactive. The software is capable of inspecting the flow trend with the specification given. Besides the interactive method, it also capable of simulating through command that is taken from a file compiled. This method is very useful for a long and repetitive simulation. ANSYS is not only a software for the fluid mechanics, it can be used for the mechanical or thermal.

In this project, a model of two plates in tandem position will be simulated to see how the formation and generation of vortex layer when a fluid flow through the two plates, in tandem, with different angles and different fluid velocity. Here, the fluid is the air and the degree at which the two plates rotates is from 0° , 4° , 8° , 12° while the velocity is changing from 1m/s, 3m/s, 18m/s and 36m/s. Observation on how the formation of vortex, where, at what angle and velocity is done using the vector and contour of velocity and pressure that is produced by the simulation done by the software.

BAB 1

PENGENALAN

1.1 Aliran Luar

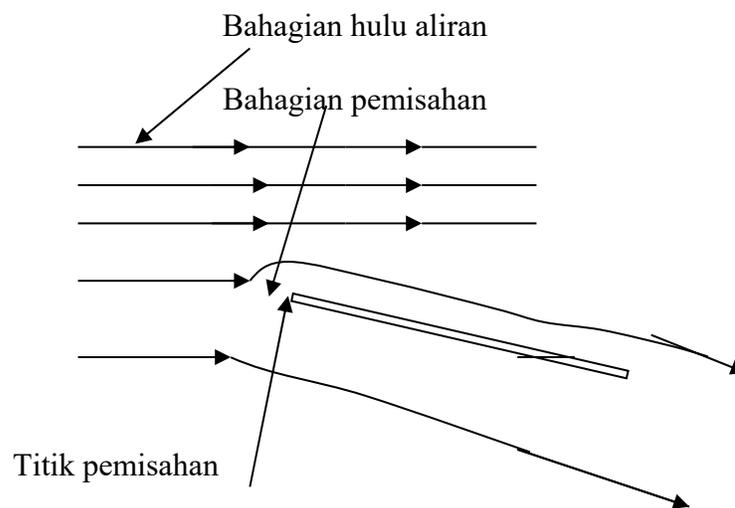
Kajian mengenai aliran luar amat penting bagi jurutera aeronautikal dalam analisis aliran bendalir ke atas pelbagai komponen dan kebanyakan kajian mengenai aliran luar ini diaspirasikan dari masalah- masalah yang dihasilkan dalam aliran aerodinamik. Aliran udara di sekeliling kapal terbang, kenderaan dan juga bunga- bunga berguguran adalah satu keadaan di mana objek itu secara lengkap dikelilingi oleh bendalir dan aliran ini dikenali sebagai aliran luar. Pengkajian mengenai aliran luar yang melibatkan udara biasanya dikenali sebagai aerodinamik yang tindakannya penting untuk aliran luar yang dihasilkan bila mana sesuatu objek itu seperti kapal terbang melalui atmosfera. Pertimbangan pada aliran luar juga penting untuk mengkaji daya bendalir pada ke atas permukaan kenderaan. Dengan rekabentuk kereta dan trak yang betul, ianya adalah tidak mustahil dalam mengurangkan penggunaan minyak dan meningkatkan ciri- ciri pemanduan bagi sesebuah kenderaan.

Sesuatu jasad yang bergerak di dalam bendalir akan mengalami daya tindakbalas hasil daripada persentuhan di antara jasad dan bendalir di sekelilingnya seperti kapal terbang yang terbang melalui udara yang tidak bergerak, bendalir yang berada jauh daripada jasad adalah tetap dan jasad bergerak melalui bendalir adalah dengan halaju

tertentu. Dalam contoh lain, seperti tiupan angin ke atas sebuah bangunan di mana jasad pada ketika itu adalah tetap manakala bendalir bergerak melalui jasad dengan halaju tertentu. Dalam kes lain, seperti kapal terbang sedang terbang melalui satu persilangan udara maka fenomena ini merupakan gabungan bagi kedua-dua situasi di atas.

1.1.2. Pemisahan

Bentuk aliran yang terbentuk dari teori aliran ideal adalah untuk aliran yang tak berpusar. Di dalam sesetengah aplikasi, adalah hampir hampir tepat, sebagai contoh aliran air di bahagian di mana garis aliran adalah menumpu. Walaubagaimanapun, di bahagian di mana sempadan beralih jauh daripada aliran dan menyebabkan garis arus untuk tidak menumpu, aliran selalunya akan terpisah dari sempadan dan bentuk edaran semula pun terbentuk. Fenomena ini disebut pemisahan. (rujuk rajah 1.1)



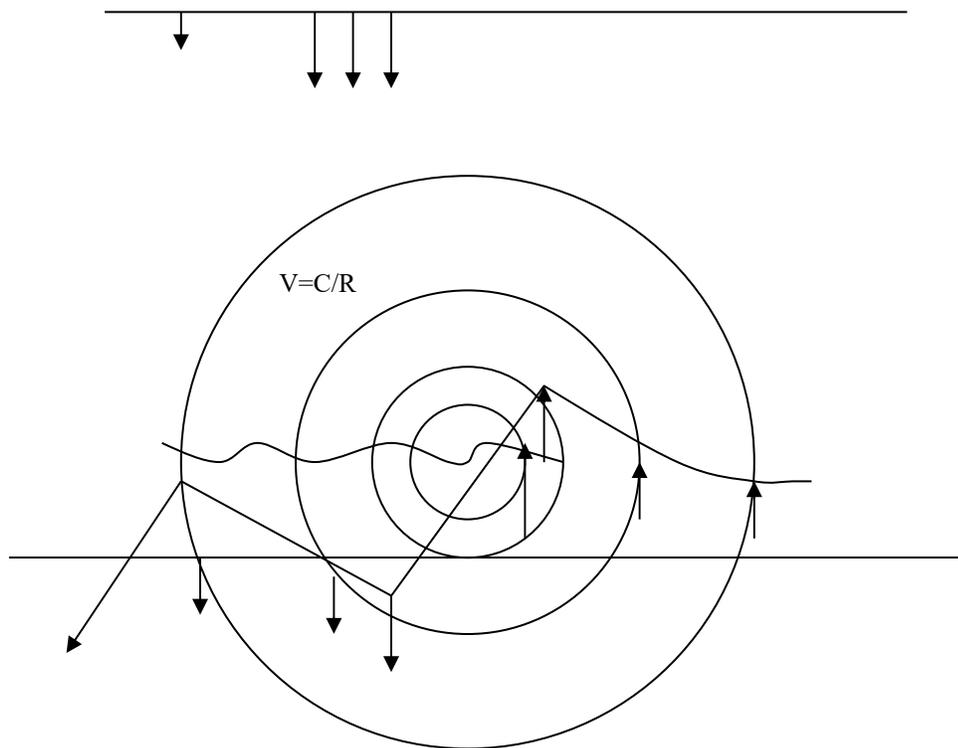
Rajah 1.1 :Gambaran ringkas fenomena pemisahan melalui plat nipis

1.2: Teori pembentukan vorteks

Pusaran adalah satu kuantiti vektor yang mana arahnya adalah bersudut tegak dengan arah aliran bendalir. Satu aliran yang mana garis arus adalah satu bulatan berpusar dipanggil vorteks. Para pengkaji aliran dinamik bendalir telah mengenal pasti dua jenis vorteks yang boleh diterangkan secara matematik. Yang pertama adalah vorteks paksa yang mana halaju bertambah secara linear dari pusat putaran. Yang kedua adalah vorteks bebas atau vorteks potensi.

Di dalam vorteks bebas, halaju produk pada satu titik dan jarak jejarian dari pusat vorteks ke titik itu adalah malar ($Vr=C$). Jadi, untuk vorteks potensi, halaju bertambah ke arah pusat dan berlainan pula dengan vorteks paksa yang mana halaju berkurang apabila ia semakin menghampiri pusat. Di dalam alam nyata, contohnya adalah tornedo dan kolam pusar selalunya adalah gabungan vorteks bebas dan vorteks paksa.

Aliran vorteks paksa berlaku pada dan dekat dengan pusat vorteks itu sendiri manakala keadaan vorteks bebas adalah di luar kawasan ini. (rujuk rajah 1.2)



Rajah 1.2 :Vorteks paksa

Vorteks secara matematikal ditakrifkan oleh persamaan berikut

$$\Omega = \left(\frac{\partial w}{\partial y} - \frac{dv}{dz} \right) i + \left(\frac{\partial u}{\partial z} - \frac{\partial w}{\partial x} \right) j + \left(\frac{\partial v}{\partial x} - \frac{du}{dy} \right) k$$

Untuk aliran yang tidak berpusar, setiap sebutan mesti mempunyai nilai sifar

Maka,

$$\begin{aligned} \frac{\partial w}{\partial y} &= \frac{\partial v}{\partial z} \\ \frac{\partial u}{\partial z} &= \frac{\partial w}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial x} &= \frac{\partial u}{\partial y} \end{aligned}$$

Fenomena vorteks ini adalah satu fenomena yang amat penting untuk dikaji kerana ia akan menghasilkan perubahan pada tekanan ke atas objek itu. Penghasilan vorteks adalah sebab utama kegagalan jambatan Tacoma Narrows di Washington pada tahun 1940. Lain-lain fenomena penghasilan vorteks adalah bunyi yang dikeluarkan oleh wayar di udara. Jika frekuensi yang dihasilkan oleh penghasilan vorteks adalah sama dengan frekuensi asli bahan yang menghasilkannya, getaran dengan amplitud yang besar akan terbentuk yang mana ia akan diiringi dengan tegasan yang besar. Frekuensi yang dihasilkan oleh pembentukan vorteks dikira dalam bentuk Strouhal number, S_t yang mana ia merupakan satu fungsi Nombor Reynolds. Nombor Strouhal didefinisikan oleh

$$S = \frac{nd}{V_0}$$

n =frekuensi pembentukan vorteks(Hz)

d =diameter silinder

$$V_0 = \text{halaju aliran bebas}$$

Kewujudan sifat vorteks adalah menunjukkan bahawa sifat kelikatan amat penting. Ini kerana partikel hanya boleh disetkan ke keadaan pusar dengan wujudnya daya ricih yang tidak seimbang. Dinamik vorteks, sebenarnya mampu memisahkan sifat aliran kepada likat dan tak likat secara tidak langsung.

Pusaran ditakrifkan sebagai

$$\omega = \Delta X V$$

Namun itu sifat ke vorteksan mempunyai beberapa interpretasi fizikal. Yang paling biasa adalah pergerakan berputar satu objek pejal pada satu titik P' yang berhampiran dengan titik utama P. Disebabkan pergerakannya adalah seperti pergerakan jasad pejal, pertambahan halaju putaran P' berbanding P adalah

$$\partial v = \frac{1}{2} \omega X \partial r$$

Yang mana ω adalah sifat ke vorteksan dan P dan dr adalah pertambahan jarak dari P ke P'.

Beberapa pentakrifan yang berbeza mungkin akan dikaitkan dengan vorteks. Sebagai contoh, kita tahu bahawa pada setiap titik kita mungkin akan menjumpai satu set paksi utama orthogonal. Partikel pada paksi ini tidak mengalami

ubahbentuk ricih dan pergerakan yang dialaminya adalah translasi, pencapahan dan pemutaran. Maka dengan itu, penakrifan kedua tentang sifat ke vorteksan adalah pengukuran kadar putaran bendalir pada paksi utama.

Penakrifan berikutnya adalah lebih pada satu gambaran fizikal. Kita membayangkan bahawa satu partikel sfera bendalir itu membeku pada titik P tersebut. Bola yang membeku itu kemudiannya akan mengalami translasi dan berputar hasil dari pergerakan partikel sebelumnya. Jika kita memberikan momentum sudut yang sama pada sekitar P yang mana dipunyai oleh partikel yang bergerak, pemutaran akan berlaku pada pecutan $w/2$ dan momentum sudut akan diberikan oleh produk pusaran dan momen inersia sfera

1.3 :Objektif Projek

Projek ini adalah satu projek yang berasaskan simulasi komputer menggunakan software .Tajuk projek, iaitu penjanaan lapisan vorteks melalui 2 plat berkeadaan serong ini akan menjana pembentukan vorteks disekitar plat itu dengan kaedah simulasi .Setiap simulasi akan memaparkan keputusan yang berbeza untuk halaju dan sudut serongan plat yang berbeza. Simulasi dilakukan untuk sudut serongan $0^0, 4^0, 8^0, 12^0$, dan halaju yang dikenakan adalah antara 1m/s, 3m/s, 18m/s dan 36m/s. Software ANSYS/FLOTRAN berupaya memaparkan aliran sekitar plat serta memberikan vektor halaju, tekanan dan suhu serta banyak lagi parameter lain di dalam kejuruteraan bendalir. Apa yang penting di dalam simulasi ini adalah kita perlu memberikan spesifikasi dan sempadan yang betul. Ia juga berupaya menjalankan simulasi secara interaktif dan secara arahan dari fail yang

telah lengkap ditulis. Objektif utama projek ini adalah untuk mengkaji pola pembentukan vorteks pada aliran melalui plat berkeadaan serong dengan sudut serongan diubah-ubah dari 0° , 4° , 8° , 12° dan halaju diubah-ubah dari 1m/s, 3m/s, 18m/s dan 36m/s. Pola pembentukan vorteks diperhatikan pada keputusan yang diplot dalam bentuk gambarajah aliran bendalir, serta gambarajah vektor.

BAB 2

FENOMENA VORTEKS

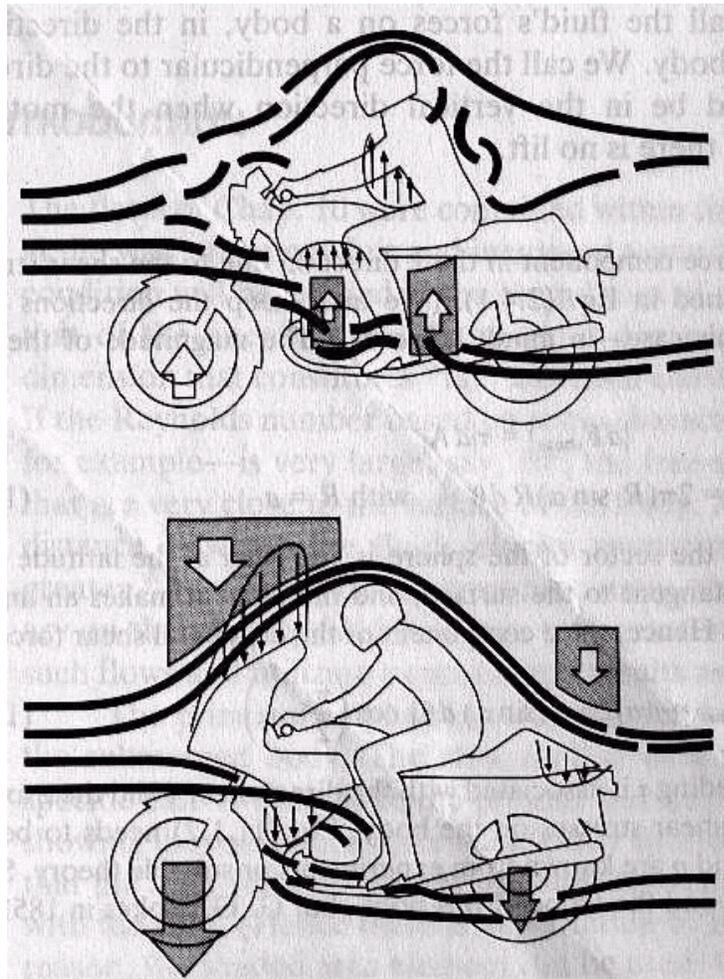
2.1 Umum

Salah satu ciri yang wujud dalam aliran luar adalah pembentukan vorteks yang mana ia adalah satu fenomena yang agak merbahaya jika berlaku pada bangunan tinggi, jambatan atau menara, kerana ia mungkin boleh menghasilkan resonans dan boleh menyebabkan struktur binaan itu runtuh. Oleh itu, jurutera yang terlibat dalam pembinaan jambatan atau menara yang berkeupayaan membentuk vorteks harus berhati hati kerana bengkokan disebabkan daya yang dikenakan oleh vorteks yang dijana itu mungkin akan menyebabkan runtuh. Itulah antara kepentingan pengkajian vorteks selain daripada aplikasinya dalam aeronautik.

Dalam contoh yang lain pula, aliran bendalir ini akan memberikan pengaruh terhadap rekabentuk kenderaan kerana ia akan mempengaruhi pekali geseran dan mungkin akan menyebabkan pembentukan vorteks di sekitar jasad tersebut yang mungkin akan menyebabkan perubahan pada “performance” jasad tersebut.

Dapat dilihat di dalam gambarajah yang dipaparkan di bawah ini, bentuk motosikal yang lebih aerodinamik mengurangkan pembentukan vorteks di sekitar jasad yang bergerak itu. Jasad dengan hujung tajam akan menambahkan lagi pemisahan

berbanding dengan jasad tumpul yang akan memberikan satu bentuk aliran yang licin. Ada banyak signifikasi dan perbezaan di antara dua keadaan ini yang mana pergerakan bendalir akan memberikan perbezaan pada daya dan pekali geseran pada jasad itu. Namun begitu, di dalam laporan ini, perbincangan mengenai pekali geseran dan daya yang disebabkan oleh aliran bendalir tidak akan dibincangkan, sebaliknya akan membincangkan mengenai lapisan vorteks yang terbentuk.



Gambarajah 2.1 Perbezaan bentuk aliran dan vorteks yang terbentuk akibat perbezaan bentuk motosikal itu.

Berikut adalah beberapa pendapat awal mengenai vortex yang dilahirkan oleh ahli sains terdahulu

"...Euler has distinctly pointed out that there are cases of fluid-motion in which no velocity-potential exists, for instance, the rotation of a fluid about an axis... Among the forces which can produce such motions may be named magnetic attractions acting upon a fluid conducting electric currents, and particularly friction... Hence, it appeared to me to be of importance to investigate species of motion for which there is no potential."

H. von Helmholtz (1858)

in P.G. Tait's translation (1867)

"At one time, about three hundred years ago, vortices were considered to be the most important thing in science, for they were supposed by Descartes to carry round the planets, and magnetism and all other physical phenomena were explained in terms of them. Today they are fallen so low that a man can take a good degree in physics without really knowing what a vortex is."

E.C. Da C. Andrade (1936)

"The formation of large, isolated vortices is an extremely common, yet spectacular phenomenon in unsteady flow. Its ubiquity suggests an explanation on statistical grounds."

L. Onsager (1949)

"Advantages of thinking in terms of vorticity, the only flow quantity whose values are not propagated at the enormous speed of sound, become particularly clear from examples... When one blows out a candle some distance away, the airflow during the puff consists of an irrotational 'source' flow in addition to the vorticity-induced flow. However, such irrotational flows fall off rapidly with distance. Accordingly, the candle does not respond until later, when the lip-generated 'vortex ring' ... has reached the candle. It would be hard to explain this motion by direct consideration of pressure-velocity interactions."

Sir M. J. Lighthill (1963)

"Vortices obsessed Leonardo da Vinci who regarded the violent revolving movements as the only ultimate alternative to the powers striving to maintain a straight course. Today, vortex motions are still described as the sinews and muscles of fluid motions..."

D. Kuchemann (1965)

"What is turbulence but a random chaotic field of vorticity ?"

P.G. Saffman (1981)

2.2 Kajian Ilmiah

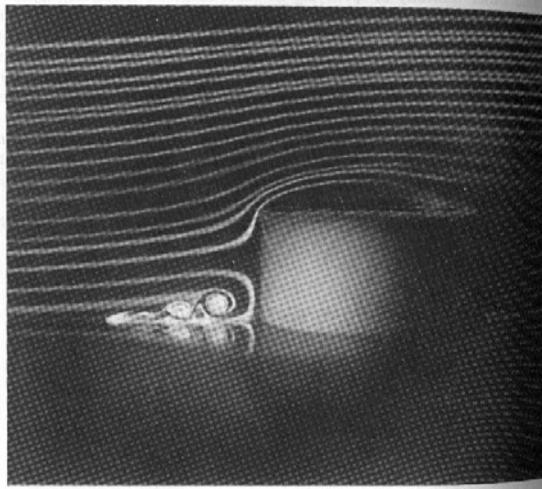
2.2.1 vorteks pada silinder

Beberapa kajian telah dilakukan oleh mereka yang terdahulu bagi mengkaji pembentukan vorteks sekitar silinder dalam situasi dan posisi yang berbeza.

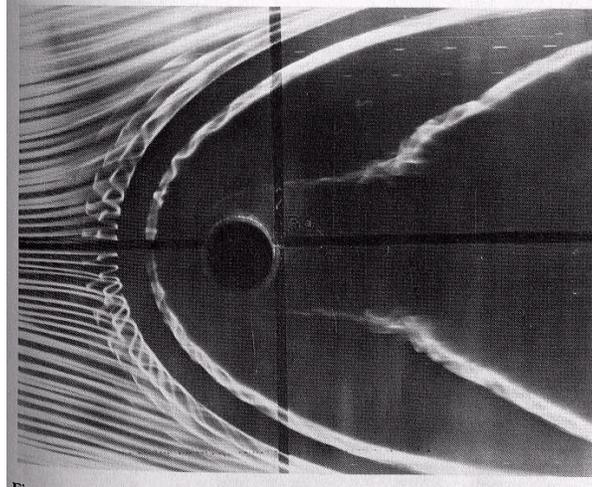
2.2.1a vorteks pada silinder yang terletak pada lantai.

Gambarajah pertama menunjukkan vorteks ladam kuda yang terbentuk pada tepi silinder dan lantai yang direalisasikan dengan menggunakan asap [1]. Ia samalah seperti keadaan pada bahagian bawah jambatan yang berada di dalam air. Pada mulanya dijangkakan bahawa aliran bendalir akan melalui halangan dengan selamat tanpa sebarang komplikasi, tetapi inilah hasil kajian yang dilakukan. Vorteks yang terhasil adalah dekat dengan silinder itu

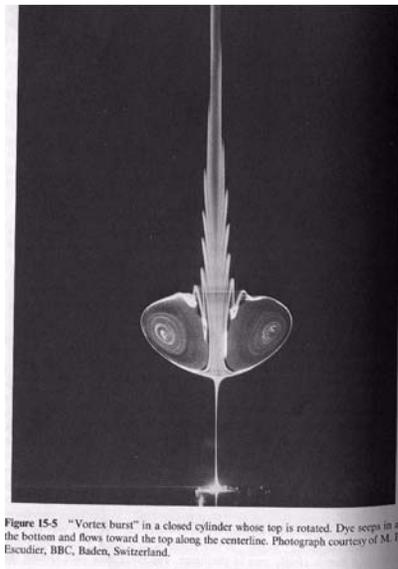
Gambarajah kedua pula menunjukkan gambarajah plan pembentukan vorteks ladam kuda di sekitar silinder bermuka bulat. Gambar diambil dari atas. Dapat disaksikan partikel yang melalui silinder akan semakin menjauhi silinder selepas itu. Eksperimen ini dilakukan dengan nombor Reynolds yang lebih tinggi dari gambarajah pertama. [1].



Rajah 2.2a: Pembentukan vorteks dalam kuda pada simpang silinder dan dinding yang diilustrasikan oleh asap(oleh Thwaites,1960)



Rajah 2.2b :Pandangan plan pembentukan vorteks ladam kuda.Gambar ehsan dari A.Thomas,Lockheed-Georgia Co.Aliran ini adalah pada nombor Reynolds yang lebih tinggi dari rajah 2.2a



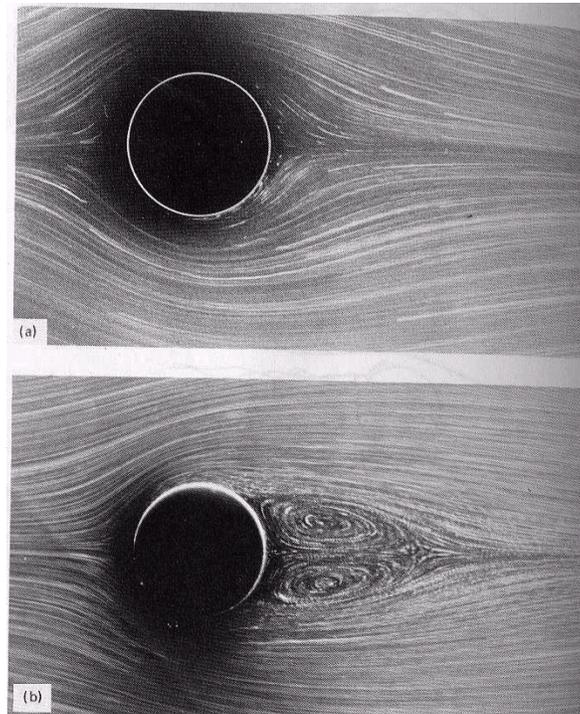
Rajah 2.2c :Hamburan vorteks di dalam silinder tertutup yang mana bahagian atas ditutup.Dye akan disedut masuk di bahagian dasar dan mengalir ke atas melalui paksi silinder.gambar oleh M.P. Escudier,BBC,Baden,Switzerland.

2.2.1b :Vorteks pada bahagian dalam silinder tertutup

Gambarajah 2.2c menunjukkan hamburan vorteks di dalam silinder di mana hujung silindernya diputar.Ia dilakukan di dalam tangki silinder tertutup dengan bahagian atas diputar.Bahagian atas yang berputar akan menyebabkan aliran terkeluar,yang mana akan bergerak kebahagian ke bawah ,di dalam tangki silinder itu, pada paksinya. Semasa pergerakan bendalir beginilah vorteks terbentuk.Pemerhatian dibuat dengan bantuan dye yang dimasukkan ke dalam tangki itu.[1].

2.2.1c :Vorteks pada silinder bermuka bulat

Gambarajah 2.2d di bawah ini pula menunjukkan bahawa aliran akan terpisah pada dan kemudian bersatu semula pada nombor Reynolds yang rendah.Pada Nombor Reynolds yang lebih tinggi, terdapat pembentukan vorteks pada bahagian belakang silinder[1].



Rajah 2.2d : aliran melalui silinder bulat dari kiri ke kanan(a) pada $Re=1.54$

(b) aliran pada $Re=26$. Oleh S.Taneda (1979).

2.2.1d vorteks melalui silinder bermuka empat segi.

Dalam eksperimen yang dijalankan oleh Bosch dan Rodi(Universiti Kalshure,Canada)[5],eksperimen dijalankan di dalam terowong air tertutup.Aliran benrdalir bermula 26 cm di hadapan pusat silinder.Keratan rentas adalah 51x39 cm.Ketebalan lapisan sempadan pada tempat di mana silinder diletakkan (tanpa

$$\frac{\delta}{D} = 0.1$$

kehadiran silinder)