


“Saya akui bahawa saya telah membaca karya ini dan pada pandangan saya karya ini adalah memadai dari segi skop dan kualiti untuk tujuan penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)”

Tandatangan : 

Nama Penyelia : Dr. Mohd Yusoff Bin Sulaiman

Tarikh : 8/05/2007

**LAPISAN SEMPADAN BERGELORA PADA PLAT RATA DENGAN PELBAGAI
KEKASARAN**

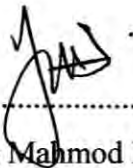
YONG MAHMOD ISKANDAR B. AB. WAHAB

Laporan ini diserahkan kepada Fakulti Kejuruteraan Mekanikal sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat penganugerahan Ijazah Sarjana Muda Kejuruteraan Mekanikal (Termal-Bendalir)

**Fakulti Kejuruteraan Mekanikal
Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia**

MEI 2007

“Saya akui laporan ini adalah hasil kerja saya sendiri kecuali ringkasan dan petikan yang tiap-tiap satunya saya jelaskan sumbernya”

Tandatangan : 

Nama Penulis : Yong Mahmod Iskandar B. Ab. Wahab

Tarikh : 3 MEI 2007

PRAKATA

Dengan lafaz “Dengan Nama ALLAH Yang Maha Pemurah Lagi Maha Penyayang” sebagai pembuka bicara bagi Laporan Projek Sarjana Muda ini. Segala puji-pujian dipanjatkan kepada Yang Maha Esa kerana dengan limpah dan kurnianya dapat saya menyiapkan Laporan ini.

Di kesempatan ini juga, saya ucapkan jutaan terima kasih kepada insan-insan yang telah mendidik saya sehingga saat ini, iaitu Emak, Ayah, dan keluarga serta semua pendidik-pendidik yang disayangi. Tidak lupakan, kepada Adik-Adik, semoga kejayaan ini menjadi perangsang agar kalian terus berjaya kelak. Juga penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada para pensyarah, guru-guru, juruteknik dan rakan-rakan seperjuangan yang telah banyak membantu, semoga ALLAH Merahmati anda semua. AMIN.

*“Semoga Allah Meredithai dan Memberi Kejayaan dalam Perjuangan Kita
Menuntut Ilmu”*

PENGHARGAAN

Di sini, saya ingin merakamkan jutaan terima kasih dan penghargaan kepada Dr. Mohd Yusof bin Sulaiman yang telah banyak membantu dan memberi tunjuk ajar kepada saya dalam menyiapkan projek ini, juga sebagai penyelia di sepanjang proses penyelidikan projek ini.

Juga jutaan terima kasih kepada semua staf akademik dan bukan akademik Fakulti Kejuruteraan Mekanikal, Universiti Teknikal Malaysia Melaka yang telah banyak memberi kerjasama dan sokongan sama ada secara langsung atau tidak langsung untuk memperkemas dan melancarkan perjalanan projek ini.

Diharap kerjasama seperti ini dari semua pihak dapat dikekalkan dan berterusan agar matlamat-matlamat penyelidikan untuk masa-masa mendatang dapat dicapai dan seterusnya memastikan Universiti Teknikal Malaysia Melaka terus Cemerlang, Gemilang dan Terbilang.

ABSTRAK

Apabila cecair melalui suatu permukaan yang tidak bergerak, bendalir yang bersentuhan akan mempunyai halaju yang rendah disebabkan oleh tegasan ricih pada dinding atau permukaannya. Halaju akan meningkat ke halaju yang maksimum dari dinding atau permukaan dalam arus aliran utama. Objektif kajian ini adalah untuk menentukan ketinggian lapisan sempadan dan ketebalan momentum untuk lapisan sempadan bergelora. Kekasaran permukaan terhadap lapisan sempadan dikaji untuk mendapatkan kesannya terhadap sesuatu permukaan.

Kajian dijalankan secara eksperimen dan simulasi dimana alatan ujikaji Air Flow Bench digunakan. Untuk mendapatkan kekasaran permukaan yang berlainan, kertas pasir dengan grid yang berlainan digunakan. Untuk simulasi pula, perisian fluent digunakan untuk mengkaji bentuk agihan halaju dan ketebalan lapisan sempadan pada plat rata yang ditetapkan nilai kekasaran permukaan yang sama seperti eksperimen.

Melalui kajian yang dilakukan, didapati bahawa kekasaran permukaan banyak mempengaruhi nilai ketebalan lapisan sempadan, agihan halaju dan ketebalan momentum. Perbezaan ini disebabkan oleh daya seretan dan geseran permukaan yang bertambah apabila permukaan plat menjadi kasar. Daripada ujikaji ini juga, nilai-nilai tersebut dapat dibezakan dengan nilai kekasaran yang berbeza mengikut grid daripada paling kasar kepada yang paling halus dan seterusnya permukaan yang licin.

ABSTRACT

When a fluid flows over a stationary surface, the fluid touching the surface is brought to rest by the shear stress to at the wall. The velocity increases from the wall to a maximum in the main stream of the flow. The objectives of this thesis are to determine the boundary layer and momentum thickness for turbulent boundary layer. Surface roughness of the boundary layer been examined to determine the effect to certain surface.

This research has been done by the experiment and simulation using the Air Flow Bench Apparatus. To get the different surface roughness, sand paper with different grid of roughness has been used. For the simulation, fluent software is used to determine the shape of the velocity distribution and the thickness of the boundary layer accordingly to the same surface roughness as the experiment.

From this research, can be conclude that the surface roughness will effect a lot on the boundary layer thickness, velocity distribution and the momentum thickness. The different is because of the increases of the shear stress and the surface shear when the plat is rough. From this research also, the value are different with the different roughness according to the grid from rough to soft.

KANDUNGAN

BAB	PERKARA	MUKA SURAT
	PENGESAHAN PENYELIA	
	JUDUL	
	PENGAKUAN	ii
	PRAKATA	iii
	PENGHARGAAN	iv
	ABSTRAK	v
	ABSTRACT	vi
	KANDUNGAN	vii
	SENARAI JADUAL	x
	SENARAI RAJAH	xi
	SENARAI SIMBOL	xii
	SENARAI LAMPIRAN	xvi
1.0	Pengenalan	
	1.1 Objektif Projek	1
	1.2 Skop Projek	2
	1.3 Faedah Kajian	2

2.0 KAJIAN ILMIAH

2.1	Teori	
2.1.1	Lapisan Sempadan	4
2.1.2	Pembentukan lapisan sempadan	6
2.1.3	Aliran dalam likat	8
2.1.4	Persamaan aliran Bergelora	12
2.1.5	Kesan kekasaran permukaan	13
2.2	Kajian Lampau	
2.2.1	Kajian kekasaran Clauser	14
2.2.1.1	Halaju Min dan Halaju Detik Pergolakan	15
2.2.1.2	Kesimpulan	19
2.3	Kajian Awal	
2.3.1	Eksperimen	20
2.3.1.1	Kaedah Eksperimen	20
2.3.1.2	Data Ujikaji	21
2.3.1.3	Keputusan	23
2.3.1.3.1	Graf	23
2.3.1.3.2	Pengiraan Teori	24
2.3.2	Simulasi	25
2.3.2.1	Hasil Simulasi	26

3.0 KAEDAH KAJIAN

3.1	Pendahuluan	
3.2	Bahan dan Peralatan Penyelidikan	30
3.2.1	Plat rata dengan pelbagai kekasaran	31
3.2.2	Peralatan eksperimen	31
3.3	Kaedah penyelidikan	33
3.3.1	Kaedah Eksperimen	35
3.3.2	Simulasi	37

4.0 KEPUTUSAN

4.1	Data Ujikaji	38
4.2	Keputusan Ujikaji	42
4.2.1	Agihan halaju	43
4.2.2	Ketebalan lapisan sempadan	44
4.2.3	Ketebalan momentum	47
4.2.4	Faktor Bentuk	50
4.3	Pengiraan teori	51
4.4	Keputusan simulasi	52

5.0 PERBINCANGAN

5.1	Agihan halaju	55
5.2	Ketebalan lapisan sempadan	55
5.3	Ketebalan momentum	56
5.4	Faktor bentuk	56
5.5	Simulasi	57
5.6	Perbandingan	57
5.7	Kesimpulan	59
5.8	Cadangan	60

RUJUKAN	61
----------------	----

LAMPIRAN

SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
1	Profil halaju Blasius	10
2	Data eksperimen dan ciri-ciri untuk permukaan berlainan	14
3	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar licin	21
4	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar kasar	22
5	Keputusan agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar licin	22
6	Keputusan agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar licin	23
7	Perbandingan Ketebalan Lapisan Sempadan	29
8	Grit kertas pasir	31
9	Contoh jadual untuk agihan halaju pada permukaan kekasaran berlainan	36
4.1	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar licin	38
4.2	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar kekasaran (P-46)	38
4.3	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar kekasaran (P-80)	39
4.4	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar kekasaran (P-100)	39
4.5	Agihan halaju untuk lapisan sempadan pada plat datar kekasaran (P-120)	40
4.6	Data pengiraan untuk agihan halaju	42
4.7	Data pengiraan ketebalan lapisan sempadan	43
4.8	Data pengiraan ketebalan momentum	46
4.9	Ketebalan Lapisan Sempadan melalui kaedah simulasi	54

5.1	Perbandingan keputusan ujikaji	57
5.2	Perbandingan ketebalan lapisan sempadan	58

SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
1	Ketebalan dan Lapisan Sempadan	4
2	Pembentukan Lapisan Sempadan pada plat rata	5
3	Putaran bendalir di Atas Permukaan Dinding	7
4	Agihan halaju purata pada permukaan licin dan kasar	14
5	Agihan halaju min pada permukaan yang berlainan	15
6	Kesalahan halaju min ($U_1^+ - U^+$) vs y/δ	15
7	$(u^+)^2$ vs y/δ	17
8	$(v^+)^2$ vs y/δ	17
9	$(-\langle u^+ v^+ \rangle)$ vs y/δ	18
10	Tenaga kinetik bergelora, di normalkan dengan U^2 vs y/δ	18
11	y (agihan halaju) vs δ^* (ketebalan lapisan sempadan)	23
12	Lakaran awal simulasi	25
13	Grid untuk simulasi	25
14	Agihan halaju pada plat rata (0 – 1m)	26
15	Agihan halaju pada plat rata (0 – 0.2m)	27
16	Perbandingan ketebalan lapisan sempadan	29
17a.b	Kelengkapan alat radas eksperimen	32
18	Seksyen Ujikaji	32
19	Carta alir proses penyelidikan yang akan dilaksanakan.	34
20	Lakaran Aliran pada Kepingan Plat Rata	37
21	Keadaan Sempadan Kepingan Plat Rata	37
4.1	Graf agihan halaju	42
4.2	Graf ketebalan lapisan sempadan	43
4.3	Graf ketebalan Momentum	46

4.4	Gambarajah literasi ke 5168.	52
4.5	Gambarajah agihan halaju	52
4.6	Agihan halaju pada kekasaran P-46	53
4.7	Agihan halaju pada kekasaran P-80	53
4.8	Agihan halaju pada kekasaran P-100	53
4.9	Agihan halaju pada kekasaran P-120	53
4.10	Agihan halaju pada plat rata	54
5.1	Graf perbezaan ketebalan lapisan sempadan antara kaedah simulasi dan eksperimen	58

SENARAI SIMBOL

SIMBOL	DEFINISI
τ	Tegasan ricih
L	Panjang
ρ	ketumpatan
g	Pecutan graviti
δ^*	Ketebalan lapisan sempadan
ν	kelikatan kinematik
U	halaju
Θ	ketebalan momentum
Re	Nombor Reynold's
μ	Kelikatan dinamik
P_0	Tekanan
H	Faktor bentuk
C_D	Pekali heretan
\int	Pengamiran
Δ	Perubahan

SENARAI LAMPIRAN

LAMPIRAN	TAJUK	MUKA SURAT
1	Carta Gantt PSM 1	1
2	Carta Gantt PSM 2	2

BAB 1

PENGENALAN

1.0 Pengenalan

1.1 Objektif Projek

Untuk menentukan ketebalan lapisan sempadan bergelora dan agihan halaju untuk permukaan plat rata dengan kekasaran yang berlainan. Menjalankan ujikaji menggunakan Air Flow bench untuk mengkaji profil halaju, ketebalan lapisan sempadan dan kesan kekasaran permukaan. Membuat simulasi untuk membuat perbandingan ketebalan lapisan sempadan dengan kaedah ujikaji.

1.2 Skop Projek

Skop Projek Sarjana Muda ini adalah untuk membuat kajian dan pemerhatian terhadap kesan lapisan sempadan berkocak/bergelora. Kajian ini juga adalah untuk mengenalpasti kawasan dimana lapisan sempadan berkocak/bergelora berlaku disepanjang plat rata.

Saya juga menjalankan satu ujikaji untuk menentukan ketebalan lapisan sempadan, agihan halaju dan mengenalpasti kesan kekasaran permukaan pada lapisan sempadan.

1.3 Faedah Kajian

Kawalan aliran bagi lapisan sempadan menggunakan permukaan kekasaran pasif atau aktif merupakan satu daripada mekanisma kawalan sempadan paling penting kerana peralihan kekasaran secara tidak langsung terlibat dalam aplikasi kejuruteraan.

Dalam situasi-situasi fizikal yang realistik, tiada permukaan yang benar-benar licin dan kekasaran memainkan peranan yang penting dalam sifat lapisan sempadan. Terdapat jumlah tertentu kekasaran yang tidak dikehendaki di sayap satu kapal terbang samada disebabkan oleh proses-proses pembuatan (rivet, kimpal dan sebagainya) atau disebabkan oleh kekasaran yang tidak terkawal seperti kekotoran, dents atau serangga yang tersekat pada sayap. Kesan ini menjadi semakin penting dengan nombor Reynolds meningkat dan lapisan sempadan menjadi semakin kecil.

Dalam kes ini, walaupun ketinggian kekasaran adalah kecil tetapi ia mempunyai kesan yang dramatik terhadap lapisan sempadan yang nipis yang terhasil pada sayap. Dalam erti kata yang lain, faedah terhadap kekasaran yang diperlukan adalah ketinggiannya boleh dikawal, membenarkan sifat lapisan sempadan yang berlainan bergantung kepada aplikasi yang berlainan.

Terdapat banyak kelebihan menggunakan kekasaran sebagai mekanisma kawalan untuk lapisan sempadan, tetapi jumlah pemahaman adalah tidak mencukupi untuk mencirikan kekasaran terdorong peralihan. Oleh itu untuk mendapatkan pemahaman yang lebih baik tentang bagaimana kekasaran menjejaskan peralihan adalah rangsangan utama untuk melaksanakan projek ini

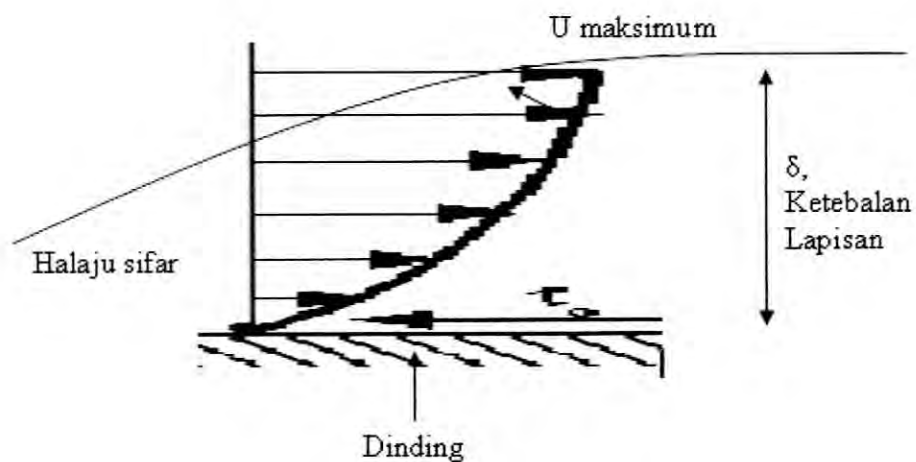
BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 Teori

2.1.1 Lapisan Sempadan

Apabila cecair melalui suatu permukaan yang tidak bergerak, contohnya sebatang sungai atau permukaan sebatang paip, bendalir yang bersentuhan akan mempunyai halaju yang rendah disebabkan oleh tegasan ricih pada dinding atau permukaannya. Halaju akan meningkat ke halaju yang maksimum dari dinding atau permukaan dalam arus aliran utama.

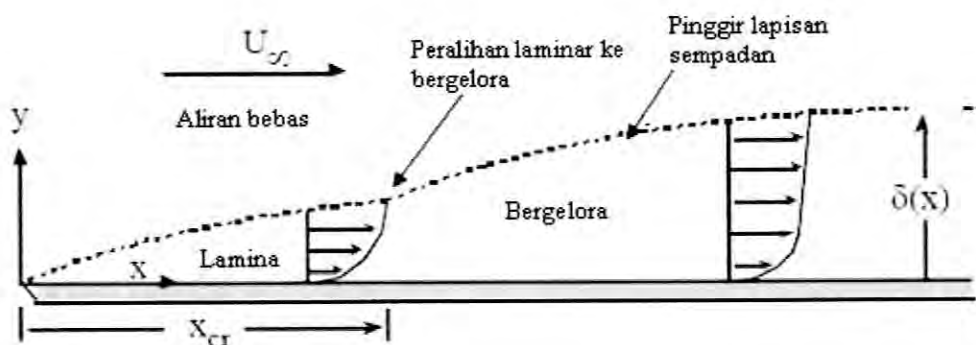


Rajah 1 : Ketebalan dan Lapisan Sempadan

Merujuk pada rajah dua dimensi diatas, kita dapat melihat profil halaju daripada dinding ke tengah aliran. Profil ini tidak hanya tamat di situ tetapi ia akan bertambah sedikit demi sedikit dari titik dimana aliran itu bermula melepasi permukaan contohnya apabila ia memasuki sebatang paip.

Jika kita pertimbangkan suatu plat rata yang diletakkan di tengah-tengah satu cecair, kita akan melihat peningkatan profil halaju apabila aliran cecair melalui atas plat rata. Di awalnya profil halaju adalah seragam tetapi apabila ia melalui sepanjang sesuatu permukaan yang panjang, profilnya akan menjadi tidak seragam. Ini adalah dikenali sebagai aliran terbentuk penuh.

Di kawasan ini, dimana terdapatnya satu kelajuan berprofil dalam aliran disebabkan oleh tegasan ricih di permukaan atau dinding, ianya dipanggil lapisan sempadan. Peringkat pembentukan lapisan sempadan ditunjukkan dalam rajah ini.



Rajah 2 : Pembentukan Lapisan Sempadan pada plat rata

Kita mentakrifkan ketebalan lapisan sempadan ini adalah sama seperti jarak dari dinding atau permukaan ke titik dimana halaju adalah 99% daripada halaju aliran bebas, halaju dipertengahan paip atau sungai. Ketebalan lapisan sempadan, $d =$ jarak dari dinding permukaan ke titik dimana $u = 0.99 u_{\text{mainstream}}$

Nilai d akan meningkat apabila jarak meningkat dari titik dimana bendalir mula melepasi sempadan. Sebagai contoh untuk plat rata, ia akan bertambah ke maksimum dalam aliran terbentuk penuh. Daya seret (Drag force) pada bendalir yang disebabkan oleh tegasan ricih meningkat dari sifar pada permukaan plat ke nilai yang maksimum ketika pembentukan aliran penuh dimana ia akan kekal malar.

2.1.2 Pembentukan lapisan sempadan .

Lapisan sempadan akan meningkat dari sifar apabila aliran bendalir mula mengalir melalui satu permukaan pepejal. Apabila ianya melepasi jarak yang panjang, lebih banyak bendalir yang berhalaju rendah kerana di perlahankan oleh geseran antara lapisan-lapisan bendalir yang menghampiri sempadan. Oleh itu ketebalan lapisan yang berhalaju rendah akan meningkat sama.

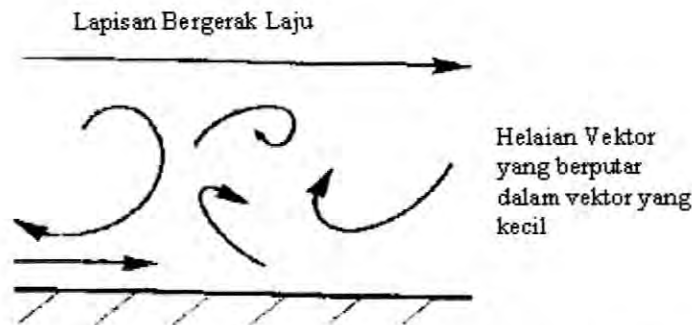
Bendalir yang berdekatan dengan lapisan sempadan yang teratas akan mengheret bendalir berdekatan permukaan pepejal disepanjang permukaan. Antara mekanisma seretan adalah

berlaku apabila daya-daya likat normal (daya dimana bendalir dikumpul dan di pegang bersama) adalah cukup besar untuk menggunakan kesan seretan di aliran bendalir yang perlahan berdekatan dengan sempadan pepejal. Jika lapisan sempadan adalah nipis, kecerunan halaju normal permukaan (du/dy), adalah besar sama seperti persamaan Newton kelikatan. Tegasan ricih $t = m (du/dy)$ adalah juga besar.

Apabila ketebalan lapisan sempadan menjadi lebih besar, kecerunan halaju menjadi lebih kecil dan tegasan ricih akan berkurangan sehingga ia tidak lagi cukup untuk mengheret bendalir perlahan berdekatan permukaan. Jika hanya terdapat daya likat yang bertindak maka bendalir akan berada dalam keadaan rehat (tidak bergerak).

Pada keadaan ini, aliran adalah dalam keadaan lamina dan Hukum kelikatan Newton (Newton's law of viscosity) digunakan. Bahagian lapisan sempadan ini dinamakan lapisan sempadan lamina.

Tegasan ricih likat telah memegang zarah-zarah cecair dalam pergerakan sekata mengikut lapisan. Ia akan menjadi kecil kerana lapisan sempadan bertambah dari ketebalan dan kecerunan halaju menjadi semakin kecil. Akhirnya ia tidak lagi boleh memegang aliran dalam lapisan dan cecair mula untuk berputar.



Rajah 3: Putaran bendalir di atas Permukaan Dinding

Ini menyebabkan aliran bendalir menjadi bergelora. Cecair dari rantau pergerakan yang laju bergerak ke zon lebih perlahan memindahkan momentum dan oleh itu menstabilkan cecair pada dinding dalam keadaan bergerak. Sebaliknya, bendalir perlahan bergerak ke rantau pergerakan yang laju memperlahkannya. Kesannya adalah peningkatan momentum dalam lapisan sempadan. Kita nyatakan bahagian lapisan sempadan ini adalah lapisan sempadan bergelora.

Pada kawasan yang hampir dengan sempadan, kecerunan halaju menjadi semakin besar. Kecerunan halaju menjadi semakin besar dengan daya ricih likat sekali lagi menjadi cukup besar untuk menstabilkan bendalir dalam pergerakan lamina. Kawasan ini dikenali sebagai lapisan bawah lamina (lamina sub layer). Lapisan ini terjadi dalam zon bergelora dan bersebelahan dengan dinding dan sangat nipis.

2.1.3 Aliran dalam likat

Aliran dalam likat mempunyai ciri-ciri utama lapisan sempadan seperti dibawah:

Rantau permulaan dimana lapisan sempadan membesar dan dp/dx malar.

Rantau yang sepenuhnya terhasil apabila:

- Lapisan sempadan memenuhi keseluruhan kawasan aliran
- Profil halaju, kecerunan tekanan dan τ_w adalah malar, ianya tidak sama dengan $f(x)$
- Aliran itu antara lamina atau bergelora sepanjang aliran, peralihan dari lamina ke bergelora tidak di ambil kira

Bagaimanapun, ciri-ciri aliran likat lapisan sempadan untuk aliran luar adalah sama sekali berbeza seperti yang ditunjukkan pada Rajah untuk aliran pada plat rata.

Untuk keadaan ini, kita perhatikan ciri-ciri dibawah:

- Ketebalan lapisan sempadan bertambah berterusan dari bermulanya bendalir menyentuh/ melalui permukaan. Cth; pinggir hadapan adalah fungsi bagi x , bukannya malar,
- Profil halaju dan tegasan ricih (τ) adalah $f(x,y)$.
- Aliran akan berada dalam lamina bermula dari $x = 0$
- Aliran akan bertukar dari laminar ke bergelora jika dimensi streamwise adalah besar dari jarak x_{cr} , bersepadanan dengan lokasi peralihan Number Reynold's Re_{cr} .
- Diluar rantau lapisan sempadan, keadaan stream bebas berlaku apabila kecerunan halaju dan kesan kelikatan adalah lazimnya diabaikan.

Kerana ianya adalah untuk aliran dalam, parameter aliran bendalir yang paling penting adalah Nombor Reynold's yang ditakrifkan sebagai: