


“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 : Md. Isa Bin Ali  
Tarikh : 15/12/05

**CIRI-CIRI PEMINDAHAN HABA BAGI ALIRAN TIDAK MANTAP PADA  
MUNCUNG TERSANTAK**


**IDRIS BIN MASPIN**

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**

November 2005

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

Tandatangan :   
Nama Penulis : IDRIS BIN MASPIN  
Tarikh : 14/12/2005

## **DEDIKASI**

Buat keluarga tersayang...  
Kalianlah terbaik dalam hidupku...

Buat semua pensyarah...  
Kalianlah cikgu terbaikku...

Buat rakan-rakan seperjuangan...  
Kalianlah teman seperguruanku...

Buat kekasihku...  
Engkaulah sumber inspirasiku...

## PENGHARGAAN

Alhamdulillah, bersyukur ke hadrat Allah S.W.T kerana dengan limpah kurniaNya dan berkat keizinanNya, laporan projek ini berjaya disiapkan. Selawat dan salam ditujukan kepada junjungan Nabi Muhammad s.a.w.

Sekalung ucapan penghargaan dan terima kasih yang tidak terhingga kepada keluarga tercinta di atas galakan, dorongan, nasihat dan bantuan sepanjang tempoh pengajian saya di Kolej Universiti Teknikal Kebangsaan Malaysia.

Ribuan terima kasih diucapkan kepada penyelia projek, Encik Md. Isa bin Ali yang tidak jemu memberikan tunjuk ajar, nasihat serta semangat dalam usaha menyiapkan projek ini. Tidak dilupakan juga kepada semua staf Fakulti Kejuruteraan Mekanikal dan semua rakan seperjuangan di atas segala bantuan dan tunjuk ajar yang diberikan.

Akhir sekali, terima kasih diucapkan kepada Cik Suwarni binti Hj. Termuji di atas segala bantuan, dorongan dan semangat yang telah diberikan sepanjang tempoh menyiapkan projek ini.

Semoga jasa baik dan keikhlasan di atas bantuan dan pertolongan sekalian mendapat berkat daripada Allah S.W.T.

Amin Ya Rabbal Alamin.

Idris Bin Maspin

## ABSTRAK

Kajian ini dilakukan untuk mendapatkan ciri-ciri pemindahan haba aliran tidak mantap pada muncung tersentak. Beberapa jenis saiz muncung yang berlainan digunakan di dalam ujikaji ini. Pemampat digunakan untuk membekalkan sumber udara termampat pada halaju tinggi yang berkeupayaan memberikan santakan pada muncung. Jarak permukaan santakan juga diambil kira supaya santakan terhasil daripada muncung ke permukaan santakan. Nombor Reynolds digunakan untuk mendapatkan jenis aliran yang terhasil daripada muncung sama ada laminar, peralihan ataupun gelora.

Pada akhir kajian ini, dapatlah ditentukan ciri-ciri pemindahan haba yang terhasil daripada aliran tidak mantap pada muncung tersentak. Antara ciri-ciri yang dikenalpasti adalah perhubungan di antara kadar pemindahan haba terhadap perubahan jarak santakan, diameter muncung dan tekanan yang dikenakan pada muncung tersebut. Sama ada ianya berkadar terus ataupun sebaliknya bergantung pada keputusan ujikaji yang diperolehi.

Daripada kajian yang telah dijalankan, pemindahan haba yang berlaku pada muncung tersentak dapat diketahui. Berdasarkan kepada graf-graf yang diperolehi, ciri-ciri pemindahan haba didapati berkadar terus dengan suhu dan jarak santakan.

## ABSTRACT

This study purpose is to determine the heat transfer properties of unsteady flow at impinging jets. Various size of nozzle applies in this study. Air compressor is used to supply compressed air at high velocity to obtain impinging jets. The distance of impinging surface is important so that impinging effect from nozzle to impinging surface is considering. The Reynolds Number is used to determine type of yield flow from the nozzle whether its laminar, transition or turbulent.

At the end of this study, the feature of heat transfer that was produce from unsteady impinging nozzle was obtained. The features of heat transfer are related between heat transfer rates over impinging distance changing, diameter of nozzle and pressure that was attach on nozzle. It occurs in different situation are proportional or obviously. Both depend on the experiment result.

From this study, the heat transfers that occur on the impinging nozzle are obtained. Based on the plotted graphs, the properties of heat transfer are proportional to the temperature and the impinging distance.

## ISI KANDUNGAN

<b>BAB</b>	<b>PERKARA</b>	<b>MUKA SURAT</b>
	<b>DEDIKASI</b>	<b>iii</b>
	<b>PENGHARGAAN</b>	<b>iv</b>
	<b>ABSTRAK</b>	<b>v</b>
	<b>ABSTRACT</b>	<b>vi</b>
	<b>ISI KANDUNGAN</b>	<b>vii</b>
	<b>SENARAI JADUAL</b>	<b>ix</b>
	<b>SENARAI RAJAH</b>	<b>x</b>
	<b>SENARAI SIMBOL</b>	<b>xi</b>
<b>1</b>	<b>Pengenalan</b>	<b>1</b>
	1.1 Pengenalan Projek	1
	1.2 Objektif Kajian	2
	1.3 Pernyataan Masalah	3
	1.4 Skop Kajian	2
	1.5 Kelebihan Projek	3
<b>2</b>	<b>KAJIAN LITERATURE</b>	<b>4</b>
	2.1 Teori Pemandahan Haba Muncung Tersentak	4
	2.1.1 Pertimbangan Hidrodinamik dan Geometri	4
	2.1.2 Pemandahan Haba Yang Diambil Kira Melalui Muncung Tersentak	6
	2.1.3 Peraturan Umum Muncung Tersentak	6
	2.1.4 Konfigurasi Muncung Tersentak	7
	2.1.5 Ciri-Ciri Kawasan Dalam Santakan Muncung	9
	2.2 Ulasan Kajian Lepas	10



<b>3</b>	<b>METODOLOGI</b>	<b>17</b>
	3.1 Pengenalan	17
	3.2 Rekabentuk Muncung	17
	3.3 Pemindahan Haba dan Saiz Muncung	18
	3.4 Menentukan Jenis Aliran	20
	3.4.1 Aliran Laminar ( $Re < 2300$ )	20
	3.4.2 Aliran Peralihan ( $2300 < Re < 4000$ )	21
	3.4.3 Aliran Gelora ( $Re > 4000$ )	21
	3.5 Penyediaan Radas Ujikaji	21
	3.5.1 Peralatan Tambahan	24
	3.5.2 Tatacara Ujikaji	25
<b>4</b>	<b>KEPUTUSAN</b>	<b>26</b>
	4.1 Pengenalan	26
	4.2 Data Ujikaji	26
	4.3 Contoh Pengiraan	32
	4.3.1 Halaju	32
	4.3.2 Pengiraan Nombor Reynolds	33
	4.3.3 Pengiraan Kadar Pemindahan Haba	33
<b>5</b>	<b>PERBINCANGAN</b>	<b>34</b>
	5.1 Nilai Kadar Pemindahan Haba Terhadap Jarak Santakan	34
	5.2 Nilai Purata Kadar Pemindahan Haba Terhadap Diameter Muncung	38
	5.3 Nilai Kadar Pemindahan Haba Terhadap Suhu	39
<b>6</b>	<b>KESIMPULAN</b>	<b>40</b>
<b>7</b>	<b>CADANGAN</b>	<b>42</b>
	<b>RUJUKAN</b>	<b>43</b>
	<b>LAMPIRAN A</b>	<b>44</b>
	<b>LAMPIRAN B</b>	<b>45</b>
	<b>LAMPIRAN C</b>	<b>46</b>

## SENARAI JADUAL

NO. JADUAL	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Keputusan Ujikaji Jatuhan Kecil Ketinggian Kelikatan	12
2.2	Perincian Orifis	14
2.3	Hentakan Tekanan Pada Suhu 47 °C, $Q = 1.12 \text{ W}$ dan $H = 500 \mu\text{m}$	16
4.1	Diameter Muncung 2 mm, Tekanan 500 kPa	27
4.2	Diameter Muncung 4 mm, Tekanan 500 kPa	28
4.3	Diameter Muncung 6 mm, Tekanan 500 kPa	29
4.4	Diameter Muncung 8 mm, Tekanan 500 kPa	30
4.5	Diameter Muncung 10 mm, Tekanan 500 kPa	31
A-1	Sifat Fizikal Untuk Udara Pada Tekanan Atmosfera	44
B-1	Nilai Piawai Pekali Pemindahan Haba Perolakan	45

## SENARAI RAJAH

NO. RAJAH	TAJUK	MUKA SURAT
2.1	Permukaan santakan untuk bulatan muncung tunggal	5
2.2	Aliran muncung tersantak	7
2.3	a) Santakan ke dalam air b) Santakan biasa	8
2.4	a) Santakan muncung bebas b) Santakan muncung terbatas	9
2.5	Ciri-ciri kawasan pada santakan muncung	10
2.6	Tindak balas gelung pada kelajuan tinggi muncung tersantak	15
3.1	Gambarajah muncung	18
3.2	Kebuk segiempat	22
3.3	Kedudukan peralatan ujikaji	23
3.4	Peralatan lengkap ujikaji	24
5.1	Graf $q$ melawan $H$ untuk muncung 2 mm	35
5.2	Graf $q$ melawan $H$ untuk muncung 4 mm	35
5.3	Graf $q$ melawan $H$ untuk muncung 6 mm	36
5.4	Graf $q$ melawan $H$ untuk muncung 8 mm	37
5.5	Graf $q$ melawan $H$ untuk muncung 10 mm	37
5.6	Graf purata nilai $q$ melawan diameter muncung	38
5.7	Graf $q$ melawan suhu ( $T$ )	39
C-1	Kaki meja berserta kotak ujikaji	46
C-2	Pandangan sisi projek	47
C-3	Pandangan atas-sisi projek	47
C-4	Pandangan atas-hadapan projek	48

## SENARAI SIMBOL

$A$	luas keratan rentas
$D$	diameter
$C_p$	haba tentu pada tekanan tetap
$F_l$	daya
$f$	faktor geseran
$G$	halaju jisim
$H$	jarak santakan
$h$	pekali pemindahan haba
$k$	keberaliran haba
$Nu$	nombor <i>Nusselt</i>
$P$	tekanan
$Pr$	nombor <i>Prandtl</i>
$q$	kadar pemindahan haba
$Re$	nombor <i>Reynolds</i>
$r$	jejari permukaan santakan
$T_s$	suhu permukaan santakan
$T_e$	suhu luar muncung
$V$	isipadu
$v$	isipadu tentu
$x$	panjang permukaan santakan

## **BAB 1**

### **PENGENALAN**

#### **1.1 Pengenalan Projek**

Kajian ini adalah mengenai pemindahan haba pada muncung tersentak bagi aliran tidak mantap terhadap saiz rekabentuk muncung dan jarak santakan yang berbeza. Dari segi istilah, santakan muncung adalah fenomena yang biasa mengenai bendalir yang keluar daripada muncung dan aliran yang bersudut tepat terhadap permukaan satah rata. Manakala muncung itu sendiri membawa maksud sebuah salur yang mempunyai keratan rentas yang berubah secara mengecil di mana pengaliran mantap sesuatu bendalir boleh dipercepatkan secara penyusutan tekanan di sepanjang salur tersebut [2]. Sebagai contoh muncung digunakan dalam turbin stim dan gas, enjin jet, motor roket, dan pengukuran aliran.

Apabila aliran sesuatu bendalir diperlahankan di dalam sesebuah salur, ia menyebabkan tekanan naik di sepanjang arus. Dalam aliran satu dimensi dianggap bahawa halaju bendalir dan ciri-cirinya berubah pada arah aliran sahaja. Ini bermakna halaju bendalir dianggap malar pada nilai min melintang keratan rentas salur. Beberapa pekali atau kecekapan yang sesuai digunakan untuk mengambil kira penyisihan daripada kes unggul tanpa geseran. Bergantung pada nombor Reynolds dan jarak permukaan muncung sama ada ianya menghasilkan aliran laminar, peralihan atau bergelora. Semasa santakan muncung berada dalam keadaan stabil, jenis aliran akan diketahui apabila purata nilai pemindahan haba pada aliran dikaji.

## 1.2 Objektif Kajian

Kajian ini dilakukan terhadap beberapa saiz diameter muncung dan jarak santakan yang berlainan. Ini bertujuan untuk mendapatkan santakan daripada muncung tersebut dan pemindahan haba dalam aliran tersebut dapat ditentukan. Di antara objektif kajian adalah:

- i) Menentukan nilai pemindahan haba yang berlaku semasa santakan terhasil.
- ii) Menentukan saiz muncung yang sesuai serta mendapatkan maklumat pemindahan haba yang berlaku.
- iii) Menentukan nilai nombor Reynolds daripada ujikaji yang dilakukan.
- iv) Menentukan jenis aliran yang terhasil daripada muncung.

## 1.3 Pernyataan Masalah

Penilaian prestasi pemindahan haba dalam aliran untuk rekabentuk muncung dilakukan di dalam kajian ini. Ini adalah bertujuan untuk mengaitkan dan menyelesaikan permasalahan yang berikut:

- i) Menentukan saiz diameter muncung yang bersesuaian dan aplikasinya.
- ii) Merekabentuk sesebuah muncung yang dilengkapi dengan alat-alat penyukat.
- iii) Menghubungkan setiap parameter supaya ianya memenuhi ciri-ciri pemindahan haba semasa santakan terhasil daripada muncung.

## **1.4 Skop Kajian**

Kajian eksperimen ini dilakukan untuk mendapatkan jenis aliran melalui Nombor Reynolds. Ini melibatkan rekabentuk peralatan ujikaji termasuk pengujian muncung yang berlainan saiz dan berlainan jarak santakan untuk menentukan ciri-ciri pemindahan haba aliran.

## **1.5 Kelebihan Projek**

Selain daripada menghasilkan rekabentuk muncung, terdapat juga kelebihan-kelebihan lain yang diperolehi daripada kajian yang dijalankan ini. Antara kelebihan-kelebihan tersebut adalah:

- i) Dapat menghasilkan sebuah peralatan yang boleh mengkaji pemindahan haba melalui aliran tidak mantap muncung tersantak.
- ii) Menjelaskan mengenai bagaimana sistem pemindahan haba yang terhasil daripada muncung tersantak.
- iii) Mendapat pengetahuan mengenai kesan daripada aliran tidak mantap dan pemindahan haba dalam aliran muncung tersantak.

## BAB 2

### KAJIAN LITERATURE

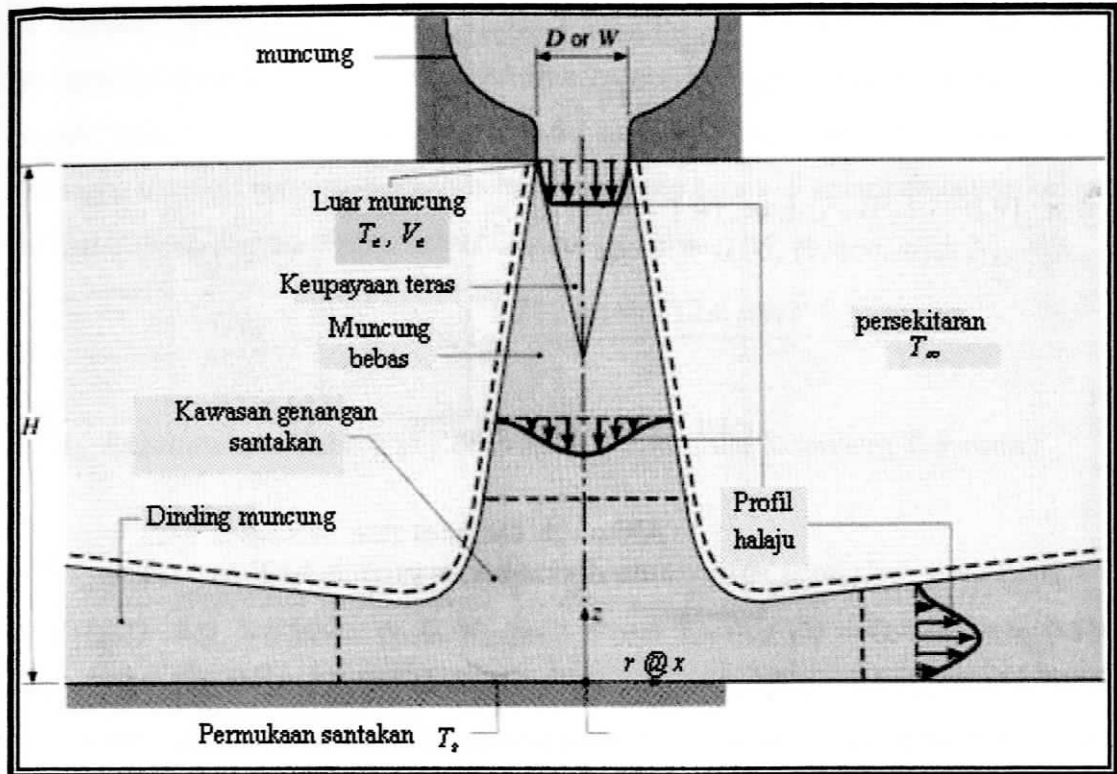
#### 2.1 Teori Pemindahan Haba Muncung Tersantak

Santakan biasanya berlaku apabila sesuatu daya dikenakan pada permukaan sama ada menggunakan cecair ataupun gas. Biasanya ianya digunakan untuk menambah kecekapan pada proses perolakan pemanasan, penyejukan, atau pengeringan. Penggunaan ini termasuk proses pengerasan kepingan kaca, proses sepuh lindap kepingan logam, pengeringan kain dan pembuatan kertas, penyejukan komponen dalam enjin turbin gas, dan sistem bunyi pada pesawat.

##### 2.1.1 Pertimbangan Hidrodinamik dan Geometri

Merujuk Rajah 2.1, pancutan biasanya merupakan perlaksanaan aliran tenang di sekitar diameter,  $D$  atau lubang alur (rongga) muncung dengan ketebalan,  $W$ . Biasanya pancutan muncung tersantak adalah daripada jenis aliran bergelora bersesuaian dengan gambaran corak menggunakan halaju seragam. Walau bagaimanapun, dengan pertambahan jarak daripada hujung muncung, momentum bertukar di antara pancutan dan sekeliling sempadan daripada muncung sehingga bahagian teras untuk mendapatkan halaju yang seragam.





**Rajah 2.1:** Permukaan santakan untuk bulatan muncung tunggal

Di dalam genangan atau kawasan santakan, aliran dipengaruhi oleh permukaan sesaran dengan mengurangkan atau meningkatkan kelajuan dari keadaan biasa,  $z$  dan arah melintang ( $r$  atau  $x$ ) secara berturut-turut. Walaubagaimanapun, ketika aliran berterusan memancut menghalakan momentum sifar daripada sekeliling muncung, pancutan mendatar tidak dapat terus ditentukan dan pancutan aliran di dalam kawasan genangan akan bertukar dengan mengurangkan kelajuan pancutan dinding. Justeru itu, dengan menambah nilai  $r$  atau  $x$ , halaju komponen selari dengan pertambahan permukaan daripada nilai sifar sehingga nilai maksimum berikutnya dan merosot kepada sifar. Profil halaju di dalam pancutan dinding adalah dinyatakan oleh halaju sifar pada bahagian santakan dan permukaan yang bebas. Jika  $T_2 \neq T_1$ , perolakan pemindahan haba berlaku pada bahagian genangan dan kawasan muncung dinding.

Kebanyakan pemindahan haba daripada santakan muncung dibuat melibatkan susunan muncung yang banyak. Dalam pertambahan aliran untuk setiap muncung seperti pancutan bebas, genangan dan kawasan dinding pancutan, kedua keputusan kawasan genangan daripada interaksi berhampiran dengan dinding muncung. Dalam

kebanyakan penggunaan mengenai muncung yang dikeluarkan dengan mengatasi had isipadu terbatas dengan sesaran permukaan dan kepingan muncung daripada titik tengah muncung tersebut. Kadar pemindahan haba bergantung pada penggunaan jenis gas, di mana mempunyai perubahan suhu yang ketara di antara muncung keluar dan permukaan santakan yang keluar daripada sistem.

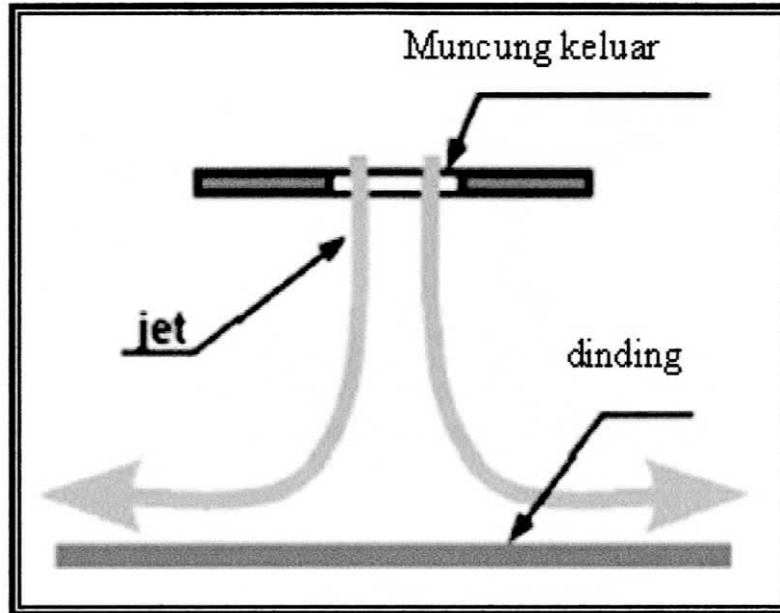
### **2.1.2 Pemindahan Haba Yang Diambil Kira Melalui Muncung Tersentak**

Kadar pemindahan haba merupakan hasil daripada perubahan suhu kawasan permukaan dan pemindahan haba yang berubah daripada keadaan asal pada permukaan. Justeru itu, ianya mempunyai dua cara bagaimana untuk mendapatkan nilai kadar pemindahan haba yang tinggi; samada melalui sentuhan permukaan pemindahan haba ataupun dengan meningkatkan kadar pemindahan haba daripada keadaan biasa.

Melalui permukaan, adalah mungkin untuk memperolehi kawasan permukaan tentu yang sangat tinggi. Pada nilai yang tinggi ini, pemadatan tidaklah mudah untuk dilakukan dalam pemindahan muncung tersentak, oleh yang demikian, ianya tidaklah mempunyai kelebihan dalam penggunaannya. Tambahan pula, pemindahan haba melalui muncung tersentak mempunyai kehilangan tekanan yang tinggi, dimana ia sebenarnya adalah untuk kegunaan pancutan.

### **2.1.3 Peraturan Umum Muncung Tersentak**

Muncung tersentak adalah satu konfigurasi aliran mudah, di mana bendalir keluar dari muncung secara normal ke arah satu dinding (Rajah 2.2). Salah satu ciri aliran santakan muncung adalah pemindahan haba dalam aliran akan bertukar diantara dinding dengan aliran bendalir tersebut. Ia telah dipastikan bahawa penggunaan muncung tersentak digunakan secara meluas dalam industri kerana kadar pertukaran pemindahan haba yang cepat terhasil daripada muncung.

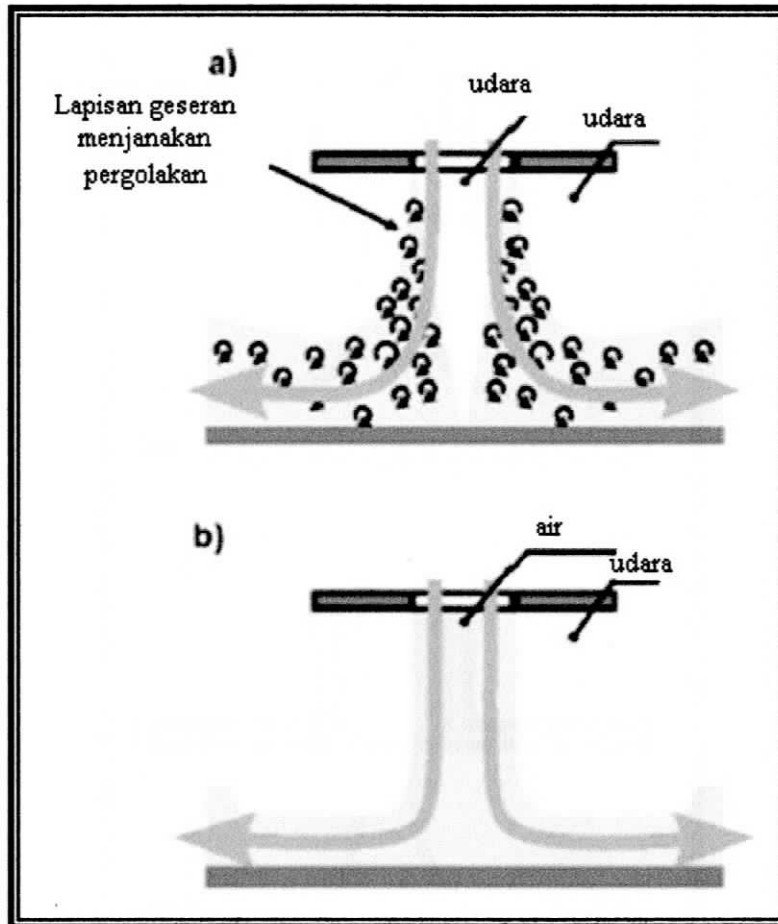


**Rajah 2.2:** Aliran muncung tersantak

#### 2.1.4 Konfigurasi Muncung Tersantak

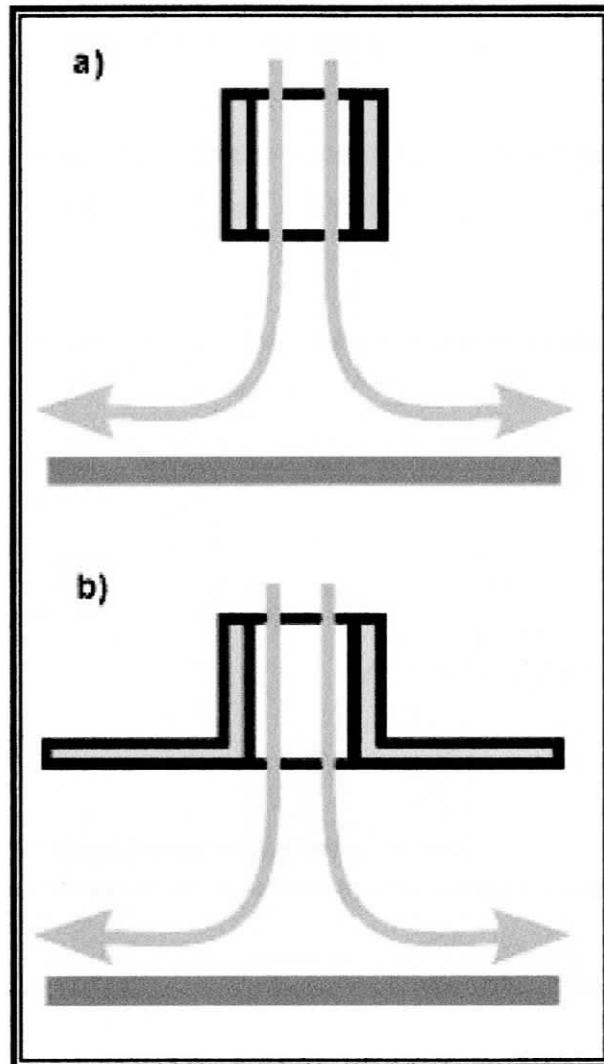
Dua kualitatif tatarajah aliran dapat dibezakan: santakan ke dalam air dan santakan biasa (Rajah 2.3). Bendalir yang keluar daripada muncung mempunyai sifat semulajadi yang sama dengan bendalir di sekeliling pancutan. Dalam santakan ke dalam air, lapisan geseran menjadikan ruang bendalir yang terpancut menjadi kecil. Bagi santakan biasa, lapisan geseran adalah tidak stabil dan memberikan aliran bergelora tanpa memberi kesan kepada santakan tersebut:

Dalam pancutan satah, pusaran terbentuk sebagai filamen selari dengan kawasan yang sempit. Ianya terbentuk pada kedua-dua jenis pancutan, sama ada dalam arah simetri atau berlawanan arah simetri.



**Rajah 2.3:** a) Santakan ke dalam air b) Santakan biasa

Ada dua jenis pancutan yang biasa digunakan iaitu santakan muncung bebas dan santakan muncung terbatas (Rajah 2.4). Dalam aplikasi bidang industri, santakan muncung untuk proses penyejukan biasanya dalam jumlah yang besar (muncung yang banyak) di mana santakan tunggal kebiasaannya tidak mencukupi dalam sistem penyejukan. Oleh yang demikian, satu siri pancutan aliran yang mantap adalah sukar untuk diperolehi.



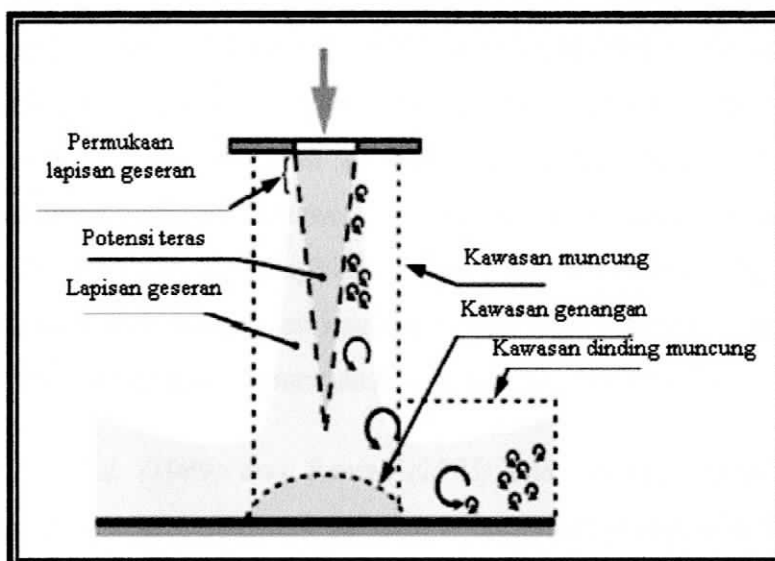
**Rajah 2.4:** a) Santakan muncung bebas      b) Santakan muncung terbatas

### 2.1.5 Ciri-Ciri Kawasan Dalam Santakan Muncung

Kawasan pancutan aliran muncung tersantak boleh dibahagikan kepada tiga bahagian: kawasan pancutan, kawasan genangan dan kawasan dinding pancutan. Kawasan pancutan terletak secara langsung di bawah muncung (Rajah 2.5). Bendalir yang keluar daripada muncung akan bercampur dengan bendalir tidak aktif di sekelilingnya dan menjadikan kawasan aliran menjadi jauh sehingga ke dinding pancutan. Aliran tersebut akan membesar sehingga 6 atau 7 kali ganda daripada

diameter muncung tersebut. Kebiasaannya, jarak antara muncung dan dinding adalah kecil untuk mendapatkan jenis aliran yang terhasil.

Aliran yang keluar daripada muncung tersantak biasanya adalah aliran gelora, bergantung kepada saiz muncung dan jarak di antara muncung dengan permukaan dinding santakan.



**Rajah 2.5:** Ciri-ciri kawasan pada santakan muncung

## 2.2 Ulasan Kajian Lepas

Kajian mengenai muncung tersantak amatlah meluas cuma skop dan objektif kajian sahaja yang berbeza. Ini menunjukkan aplikasi muncung tersantak adalah meluas dan memerlukan kajian yang mendalam sebelum melaksanakan sesuatu kajian. *Martin (1977)*, memperkenalkan perbincangan umum mengenai sifat-sifat pancutan, pembahagian Nombor Nusselt dan perhubungan pemindahan haba untuk lubang salur tunggal dan mengelilingi pancutan dengan sebaik mungkin untuk analisa daripada jarak muncung dalam susunannya memfokuskan keseluruhan bulatan tunggal santakan muncung. Ulasan ini memberi perhatian bukan sahaja untuk pemindahan haba, tetapi juga terhadap struktur pusaran dalam pancutan muncung [7].

Ulasan data mengenai santakan muncung telah diterbitkan oleh *Webb & Ma (1995)*. Hasil kerjanya telah disesuaikan untuk melengkapkan data pemindahan haba, walaubagaimanapun maklumat mengenai kelajuan tidak diberikan. Kekasaran permukaan dinding memberikan kesan terhadap pemindahan haba daripada muncung, maka permukaan ini perlu diubahsuai supaya kesan daripada pancutan adalah lebih baik untuk diulas. Keputusan untuk kuantiti purata dan lapangan kelajuan aliran gelora yang terdapat pada muncung tersantak menerusi aliran bersilang dengan kelajuan rendah menunjukkan wujudnya dua perbezaan aliran. Ciri-ciri aliran tidak simetri dan dimensi kawasan pusaran dengan gangguan yang besar di dalam kawasan santakan ke arah pembentukan aliran. Kesesuaian lain untuk muncung tersantak simetri dengan kawasan pusaran yang kecil yang tidak bersambung dengan perbezaan implikasi ciri-ciri aliran. Perkara yang rumit dikenal pasti daripada kawasan pusaran dan implikasi pada struktur kawasan gelora santakan dan ianya teramat penting untuk memahami jenis aliran tersebut [8].

*Barata et al. (1989) dan Barata (1993)* telah mengenalpasti satu ciri-ciri daripada nisbah santakan muncung bahawa kebanyakan punca adalah sukar untuk mengenal pasti jenis-jenis aliran. Mereka menunjukkan bagaimana banyak parameter kerja boleh untuk memperlihatkan kemasukan pusaran sebagai salah satu fungsi beberapa parameter yang sebenar berhubung dengan penyebaran tekanan permukaan. Kemasukan pusaran boleh dikira dengan menggunakan  $X_p$  di mana terdapat tekanan tetap yang maksimum, atau  $X_s$  yang bersamaan dengan sifar  $C_p$ . Kebanyakannya terpengaruh daripada pusaran yang dikira sebagai  $X_p$  dan ianya adalah menggunakan jumlah penetrasi. Kaedah yang lain untuk menggunakannya adalah dengan menggambarkan asap yang memberikan penetrasi untuk menutup posisi tersebut [9].

*Kenneth S. Ball (1997)* mengkaji mengenai muncung tersantak pada nilai kelikatan yang tinggi. Kajian ini dilakukan terhadap dua jenis cecair iaitu sirap jagung dan minyak silikon. Antara parameter yang diambil kira adalah suhu, berat, geseran salur, frekuensi, halaju, dan kelikatan. Hasil daripada ujikaji yang telah dijalankan didapati bahawa sirap jagung merupakan rangkaian yang banyak mengeluarkan aliran melalui salur dan kesan ciri-ciri ketidakstabilan kelikatan muncung tersantak dikenal pasti. Parameter kajian tidak digunakan untuk melaksanakan pecahan dengan kadar yang banyak dan kewujudan pemboleh ubah

tidak bersandar kelikatan aliran tersebut. Kesan jatuhan ketinggian untuk bendalir adalah 1.7 m untuk setiap ujikaji yang dijalankan. Manakala untuk minyak silikon pula terdapat dua persamaan kelikatan yang digunakan dalam siri berasingan kajian. Kelikatan normal pada kadar 60 000 cSt, dan kelikatan lain pada kadar 12 500cSt. Frekuensi untuk kedua-dua bendalir dan halaju adalah ditentukan sebagai fungsi dalam kadar alir jisim. Kesan jatuhan ketinggian kelikatan adalah sama dengan sirap jagung iaitu 1.7 m [10].

**Jadual 2.1:** Keputusan ujikaji jatuhan kecil ketinggian kelikatan

Ujikaji	Kelikatan (cSt)	Jatuhan Ketinggian (m)	Kadar Alir Jisim (g/s)	Ketidakpastian (Kadar Alir Jisim)	Frekuensi (Hz)	Ketidakpastian (Frekuensi)
1	60 000	0.33	8.8	0.007	16.7	0.09
2a	60 000	0.29	36.5	0.06	13.2	0.05
2b	60 000	0.28	36.5	0.06	12.6	0.05
4	12 500	0.315	3.5	0.003	87.4	0.7
5	12 500	0.28	10.2	0.06	56.6	0.07
6	12 500	0.28	16.5	0.04	42.1	0.03
7	12 500	0.24	24.8	0.06	29.4	0.08

Untuk tinggi kelajuan pancutan yang mencukupi dan jarak yang dekat antara pancutan yang keluar dengan permukaan satah untuk menghasilkan santakan, dua bahagian aliran dilihat untuk menghasilkan kelebihan tertentu; bahagian santakan dan kawasan pusaran dijangka akan berinteraksi di antara hujung dinding muncung dengan silang aliran.

Rupabentuk, saiz dan lokasi pusaran boleh diperolehi bergantung pada nisbah halaju. Pengkaedahan berdasarkan pada wujudnya pengukuran halaju untuk sifat pusaran. Untuk nisbah halaju yang tinggi menghasilkan tekanan pada dinding muncung yang dikenakan secara tidak kuat daripada permukaan pusaran, dan menggambarkan halaju menjadi serupa. Pecutan aliran bersilang di penghujung permukaan pusaran telah dikesan untuk menghubungkan secara terus dengan halaju