

TITISAN TUNGGAL DALAM PENYARIAN CECAIR-CECAIR

oleh:

Noor Azian Hj. Morad

Abstrak

Peralatan bagi mengeluarkan titisan tunggal bagi tujuan penilaian kecekapan penyarian dan pekali pindah jisim keseluruhan telah direkabentuk dan dibina (rajah 1). Ujikaji-ujikaji telah dijalankan dengan menggunakan sistem yang mempunyai tegangan antara muka yang tinggi iaitu campuran toluena-air-aseton dan sistem bertegangan antaramuka yang rendah dalam campuran n-butanol-air-asid suksinik. Keputusan yang diperolehi daripada ujikaji titisan tunggal ini kemudiannya dibandingkan dengan:

- a) *Keputusan daripada Model teori (iaitu model titisan tegar¹ dan model Handlos-Baron²), dan*
- b) *Keputusan ujikaji yang diperolehi daripada turus penyari loji pandu.*

Pengenalan

Penyarian cecair-cecair merupakan salah satu operasi pemisahan yang penting dalam kejuruteraan kimia. Dalam merekabentuk peralatan penyari, kefahaman asasi tentang mekanisme pemindahan jisim antara titisan cecair dengan fasa berterusan di sekelilingnya adalah tersangat penting.

Lazimnya, masalah ini diselesaikan dengan cara mengukur kadar pemindahan jisim yang diperolehi daripada turus penyari dan dibandingkan dengan kadar pindah jisim yang diramalkan oleh model titisan tunggal. Oleh kerana kadar pindah jisim bergantung kepada beberapa faktor; yang kadangkala tidak dapat diukur, seperti ketidakstabilan antara muka dan kotoran, maka telah dijangkakan penting bagi kita mengukur kadar pindah jisim daripada titisan tunggal dan kemudian membandingkannya dengan keputusan yang diperolehi daripada data kadar pindah jisim yang telah terlebih dahulu didapati daripada penyari cakera berputar (PCB)³, dan turus dulang ayak⁴ dengan menggunakan bahan kimia yang sama.

Adalah diharapkan cara begini dapat membimbing seseorang itu dalam mengenalpasti data-data yang penting yang diperlukan bagi tujuan merekabentuk penyari, terutamanya bagi turus dulang ayak, di mana terdapatnya kesamaan dengan radas titisan tunggal.

Model Teori

Proses penyarian daripada titisan tunggal yang terserak dalam bahantara berterusan dapat digambarkan seperti *rajah 2*. Semua titisan mempunyai tiga peringkat yang berlainan dalam tempoh hayatnya: iaitu peringkat pembentukan; peringkat bebas naik/jatuh; dan peringkat percantuman. Model asasi yang mengaitkan faktor-faktor pindah jisim, hidrodinamik dan fenomena antara muka dibina dengan menggunakan pendekatan matematik. Ada pun peringkat bebas naik/jatuh adalah termasuk dalam salah satu daripada empat model asasi.

Model *Newman*¹ adalah bagi titisan yang mana cecair di dalamnya genang. Bagi titisan seperti ini jisim dipindahkan arah jejarian dengan cara resapan molekul. Pekali pindah jisim tempatan bagi fasa terserak, $kD(z)$ diberi sebagai:

$$kD(z) = - \frac{d \ v_d}{6 \ z \ 2} \ln \left(\frac{6}{\pi^2} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{1}{n^2} \exp \left(- \frac{4 \ n^2 \ DAD \ z \pi^2}{d \ v_d} \right) \right)$$

Teori dua-filem biasanya digunakan bagi menghubungkan KOD dengan k_c dan kD dengan:

$$\frac{1}{KOD} = \frac{1}{kD} + \frac{m \ ^0D}{kc^0c}$$

*Kronig and Brink*⁵ mendapatkan satu hubungan bagi titisan beredaran laminar. Walau bagaimanapun, nilai pekali pindah jisim yang diperolehi mengikut model ini tidak jauh berbeza daripada nilai model titisan tegar.

Bagi titisan beredaran gelora model *Handlqs-Baron*² seringkali digunakan. Model terubahsuai oleh *Wellek dan Skelland*⁶ memberi pekali purata pindah jisim sebagai:

$$KOD = - \frac{d \ v_d}{6 \ t} \ln^2 \sum_{n=1}^{\infty} B_n \exp \left(- \frac{VS \ z \ \lambda_n}{128 \ d \ v_d \ (1 + \mu_D / \mu_c)} \right)$$

Titisan mula berayun apabila nombor Reynolds melebihi 200. *Rose dan Kintner*⁷ telah mendapatkan satu model persamaan bagi meramal pekali pindah jisim bagi titisan yang berayun keliling dalam bentuk elipsoid. *Rajah 3* menggambarkan pengelasan bagi titisan dalam peringkat bebas naik/jatuh.

Pekali pindah jisim diperolehi daripada ujikaji. Kecekapan keseluruhan turus penyari titisan tunggal diberi sebagai:

$$EOD(T) = \frac{y(out) - y(in)}{y^*(out) - y(in)}$$

di mana, $y^*(out) = mx$

Kecekapan naik titisan, $EOD(R)$ diberi sebagai:

$$EOD(R) = \frac{y(out) - y(f)}{y^*(out) - y(f)}$$

Di mana $y(f)$ adalah kepekatan bahan larut fasa terserak semasa pembentukan. Kecekapan penyarian, $EOD(R)$ dihubungkan dengan jarak pindah jisim, Z dan ketinggian unit pemindahan, H dengan hubungan berikut:-

$$1 - EOD(R) = \exp(-Z/H)$$

Di sini, ketinggian unit pemindahan diperolehi dengan:

$$H = \frac{-Z}{\ln[1 - EOD(R)]}$$

Ketinggian unit pemindahan juga ditakrifkan sebagai:

$$H = \frac{d Vd}{6 KOD}$$

Nilai-nilai $EOD(T)$, Z , d dan Vd kesemuanya boleh didapati daripada ujikaji, jadi pekali pindah jisim keseluruhan, KOD boleh dihitung.

Nilai $y(f)$ tidak diperolehi daripada ujikaji tetapi didapati melalui kaedah beranalisis dengan memplotkan $EOD(T)$ melawan $Z^{0.5}$, di mana pintasan plot itu adalah $EOD(f)$ seperti mana yang ditunjukkan dalam *graf 1*. Kecekapan pembentukan, $EOD(f)$ diberi sebagai:

$$EOD(f) = \frac{y(f) - y(in)}{m x - y(in)}$$

Perbandingan juga dibuat antara halaju tamatan, Vd yang diperolehi daripada ujikaji dan sekaitan Hu dan $Kintner^0$.

Keputusan

Perbandingan keputusan yang diperolehi daripada ujikaji dengan yang diperolehi daripada model teori.

- 1) Halaju tamatan yang diperolehi daripada ujikaji, $Vd(expt)$ dibandingkan dengan halaju tamatan yang diperolehi daripada sekaitan, $Vd(HK)$.

Keputusan yang diperolehi untuk Vd , sebagai fungsi saiz titisan dan sifat fizik telah membuktikan ketepatan ramalan sekaitan *Hu-Kintner*.

- 2) Pekali pindah jisim yang diperolehi daripada ujikaji $KOD(expt)$ dengan keputusan yang didapati daripada ramalan model Handlos-Baron, $KOD(HB)$ dan model titisan tegar.

Graf 2 menunjukkan plot KOD melawan jarak pindah jisim, z bagi satu garispusat titisan. Keluarga lengkungan merupakan plot $KOD(HB)$ bagi nilai pekali pindah jisim fasa berterusan yang berlainan kc . Apa yang ketara ialah nilai $KOD(expt)$ berkurangan dengan lebih mendadak terhadap z , berbanding dengan nilai yang diperolehi teori (di mana kc adalah malar) kecuali pada jarak pindah jisim yang tinggi, di mana $KOD(expt)$ dan $KOD(HB)$ menuju ke nilai yang malar.

Satu kemungkinan bagi perbezaan antara $KOD(expt)$ dan $KOD(HB)$ ialah bahawa kc berubah terhadap z (tetapi model *Handlos-Baron* adalah sah). Jadi, andaian bahawa kc malar bagi sesuatu garispusat titisan adalah tidak wajar. Sisihan daripada model *Handlos-Baron* pada titisan yang besar garispusatnya, terutama bagi sistem toluena-aseton-air mungkin juga menyumbang kepada kelainan yang terdapat dalam graf.

Penerangan alternatif ialah bahawa model *Handlos-Baron* tidak tepat dalam meramal perubahan $KOD(HB)$ terhadap z . Tambahan lagi, keputusan ujikaji menunjukkan bahawa z yang sama, jika model *Handlos-Baron* sah, kc akan berubah terhadap saiz titisan. Ini akan bercanggah dengan andaian model bahawa kc tidak berubah terhadap saiz titisan.

Nilai KOD seperti mana yang didapati daripada model titisan tegar adalah terlalu jauh lebih rendah daripada nilai ujikaji. Ini disebabkan titisan yang diperolehi dari ujikaji ini adalah terlalu besar bagi menepati syarat penggunaan model ini. Dari itu perbandingan keputusan ujikaji dengan keputusan yang diperolehi model titisan tegar tidak dapat diteruskan.

3. Perbandingan keputusan ujikaji dengan Keputusan Turus Penyari Pandu
 - a) Kedua-dua ujikaji dan loji pandu penyari cakera berputar (PCB) mempunyai kesamaan yang baik terutamanya bagi sistem n-butanol-air-asid suksinik di mana titisan yang dikeluarkan adalah bersaiz sama. Nilai kc bagi titisan bergarispusat 0.11 sm - 0.27 sm adalah di antara 0.0008 sm/s hingga 0.0016 sm/s bagi PCB. Sebagai perbandingan nilai kc berubah antara 0.0007 sm/s - 0.0015 sm/s bagi keputusan ujikaji bagi titisan bergarispusat antara 0.195 sm - 0.25 sm.
 - b) Dalam penyari dulang ayak, perbandingan dibuat bagi sistem toluena-air-aseton di mana titisan yang diperolehi bersaiz sama iaitu antara 0.4sm - 0.6sm. Nilai KOD bagi penyari loji pandu ini ialah 0.05sm/s tetapi bagi ujikaji penyari titisan tunggal KOD didapati antara 0.15sm/s - 0.195sm/s. Di sini patut diperkatakan bahawa nilai KOD bagi penyari dulang ayak berdasarkan pada peringkat naikan sahaja, sedangkan kesan pembentukan diambilkira dalam penyari titisan tunggal. Hujah-hujah yang logik tidak dapat mempertikaikan perbezaan yang terdapat antara kedua penyari ini. Mungkin kajian yang lebih mendalam diperlukan.

Kesimpulan

1. Keputusan ujikaji membuktikan bahawa jika model Handlos-Baron sah dipergunakan, maka kc mestilah berubah terhadap jarak pindah jisim dan saiz titisan.
2. Keputusan yang tidak munasabah telah diperolehi daripada model titisan tegar. Ini disebabkan titisan yang dikeluarkan dalam ujikaji ini terlalu besar bagi menepati syarat model ini.
3. Perbandingan keputusan ujikaji dengan keputusan turus dulang ayak menunjukkan perbezaan nilai-nilai KOD yang besar. Kajian yang lebih mendalam diperlukan untuk memberi penjelasan tentang perbezaan keputusan yang diperolehi.
4. Perbandingan keputusan ujikaji dengan keputusan PCB menunjukkan persetujuan yang baik terutama bagi titisan kecil dan jarak pindah jisim yang jauh.
5. Keputusan ujikaji membuktikan ketepatan persekaitan *Hu-Kintner* bagi halaju tamatan.

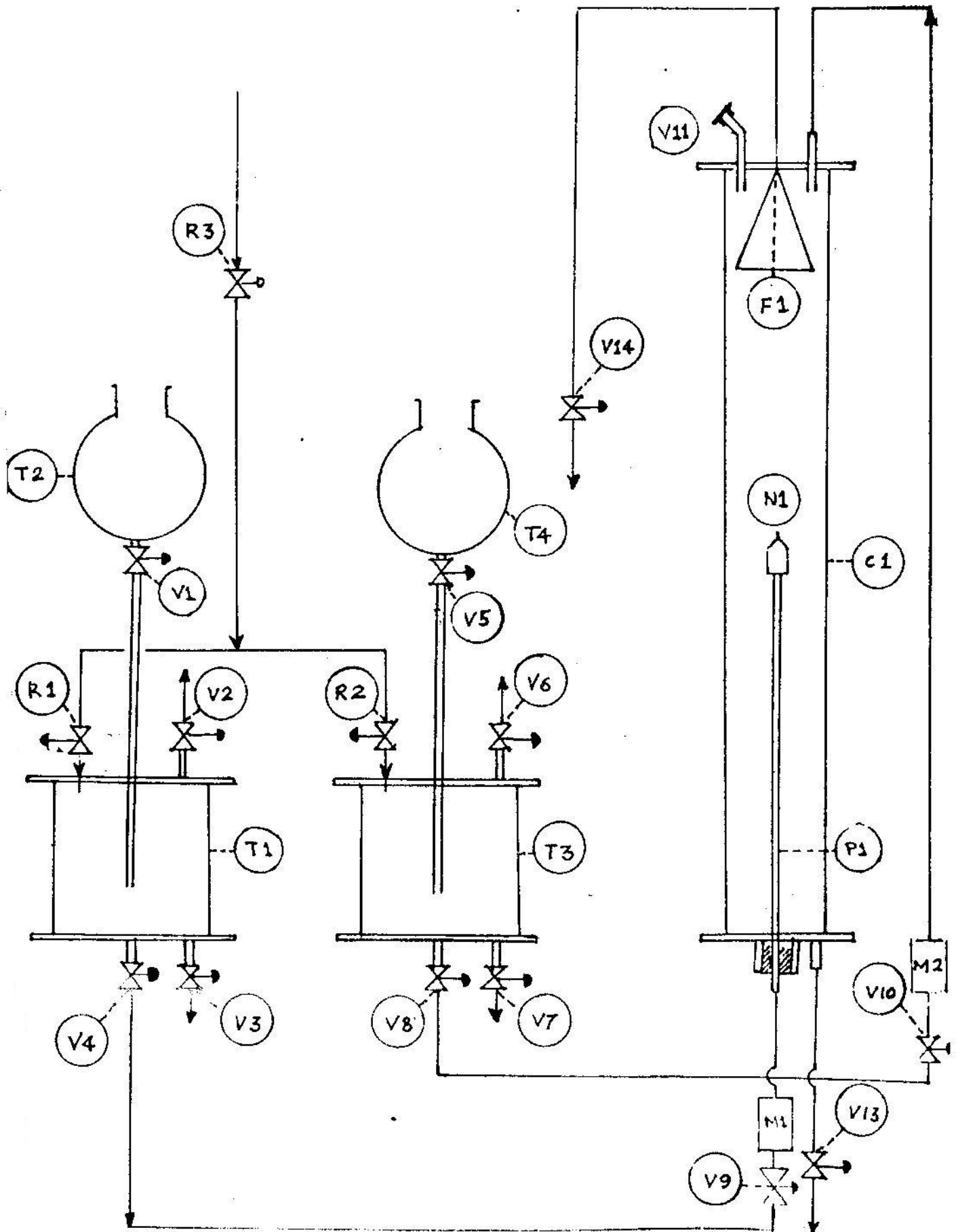
TATATANDA

ρ	- garispusat titisan
DAD	- kemeresapan bahan larut dalam pelarut
$EOD(f)$	- kecekapan pembentukan
$EOD(R)$	- kecekapan naikkan
$EOD(T)$	- kecekapan keseluruhan
H	- ketinggian unit pemindahan
kc	- pekali pindah jisim fasa berterusan
kD	- pekali pindah jisim fasa terserak
KOD	- pekali pindah jisim keseluruhan
m	- pekali agihan
t	- masa
Vd	- halaju tamatan titisan
x	- kepekatan bahan larut dalam fasa berterusan
$y(f)$	- kepekatan bahan larut dalam fasa terserak semasa pembentukan
y_{in}	- kepekatan bahan larut dalam fasa terserak pada alir masuk
y_{out}	- kepekatan bahan larut dalam fasa terserak pada alir keluar
y^*	- kepekatan bahan larut dalam fasa terserak dalam keseimbangan
Z	- tinggi pindah jisim
c	- ketumpatan fasa berterusan
D	- ketumpatan fasa terserak

Rujukan

1. NEWMAN, A.B., Trans. A.I.Ch.E J., 27, p. 203 (1931)
2. HANDLOS, A.E., and BARON, T, A.I.Ch.E. J., 3, p. 127 (1957).
3. KORCHINSKY, W.J., and AL-HUSSEINI, R., J.Chem. Tech. Biotechnol., 36, p. 395 (1986)
4. RAOUECHE, A., M. Sc. Thesis, Victoria University of Manchester, 1987.
5. KRONIG, R. and BRINK, J.C., Applied Sci. Res., A-2, p. 142 (1950).
6. WELLEK, R.M., and SKELLAND, A.H.P., A.I.Ch.E. J., 11, p. 557 (1965).
7. ROSE, P.M. and KINTNER, R.C., A.I.Ch.E. J., 12, p. 531 (1966).
8. HU, SHENGEN and KINTNER, R.C., A.I.Ch.E. J., March, p. 42 (1955).

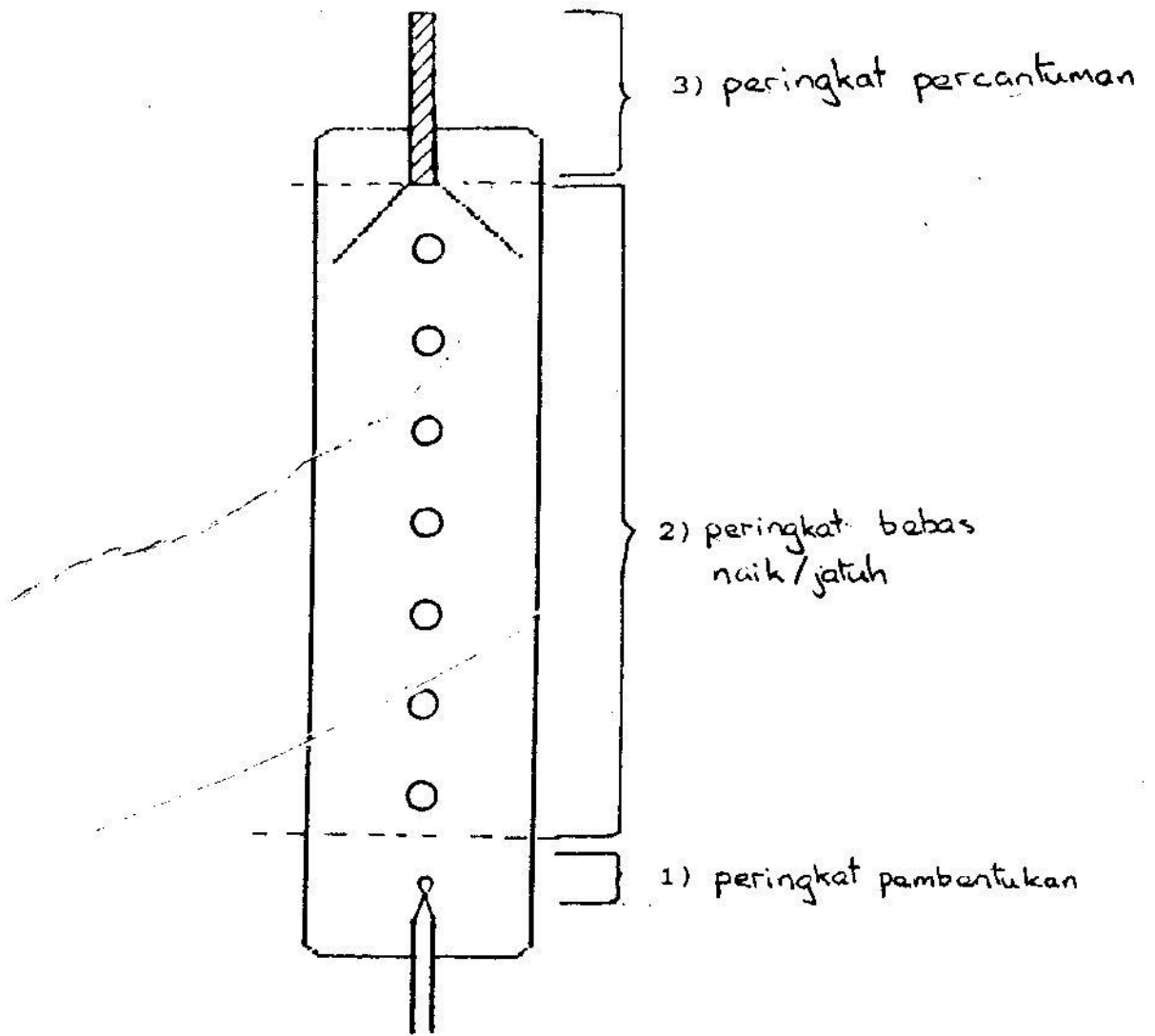
RAJAH 1. PERALATAN BAGI MENGEKLUARKAN TITISAN TUNGGAL



RAJAH 1

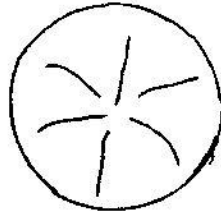
1. <C1> TURUS PENYARI
2. <F1> CORONG TERBALIK
3. <M1> ROTAMETER FASA TERSERAK
4. <M2> ROTAMETER FASA BERTERUSAN
5. <N1> MUNCUNG KELULI TAHAN KARAT
6. <P1> PAIP KELULI TAHAN KARAT
7. <R1> PENGATUR UDARA KE BEKAS FASA TERSERAK
8. <R2> PENGATUR UDARA KE BEKAS FASA BERTERUSAN
9. <R3> PENGATUR BEKALAN UDARA TERMAMPAT
10. <T1> TANGKI BEKALAN FASA TERSERAK
11. <T2> TANGKI BEKALAN PENERIMA FASA TERSERAK
12. <T3> TANGKI BEKALAN FASA BERTERUSAN
13. <T4> TANGKI BEKALAN PENERIMA FASA BERTERUSAN
14. <V1> INJAP SALING HUBUNGAN ANTARA <T1> & <T2>
15. <V2> INJAP BOLONG BAGI <T1>
16. <V3> INJAP SALIR BAGI <T1>
17. <V4> INJAP SALING HUBUNGAN ANTARA <C1> & <T1>
18. <V5> INJAP SALING HUBUNGAN ANTARA <T3> & <T4>
19. <V6> INJAP BOLONG BAGI <T3>
20. <V7> INJAP SALIR BAGI <T3>
21. <V8> INJAP SALING HUBUNGAN ANTARA <C1> & <T3>
22. <V9> INJAP ROTAMETER BAGI <M1>
23. <V10> INJAP ROTAMETER BAGI <M2>
24. <V11> INJAP BOLONG BAGI <C1>
25. <V13> INJAP BOLONG BARI <C1>
26. <V14> INJAP AMBIL SAMPEL

RAJAH 2. TIGA PERINGKAT DALAM 'KEHIDUPAN' TITISAN

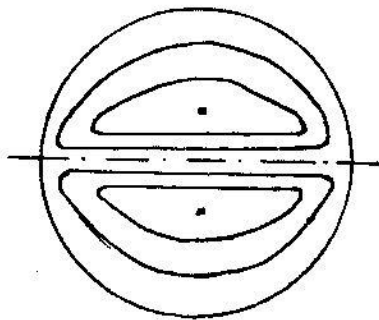


RAJAH 3: PENGKELASAN SIFAT-SIFAT TITISAN

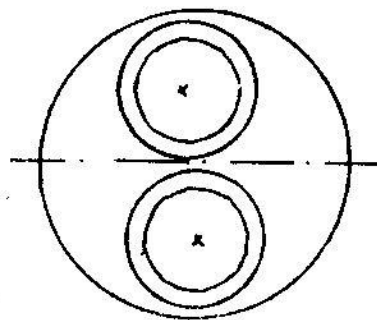
DALAM PERINGKAT BEBAS NAIK/JATUH



a) titisan tegar



b) titisan beradaran laminar

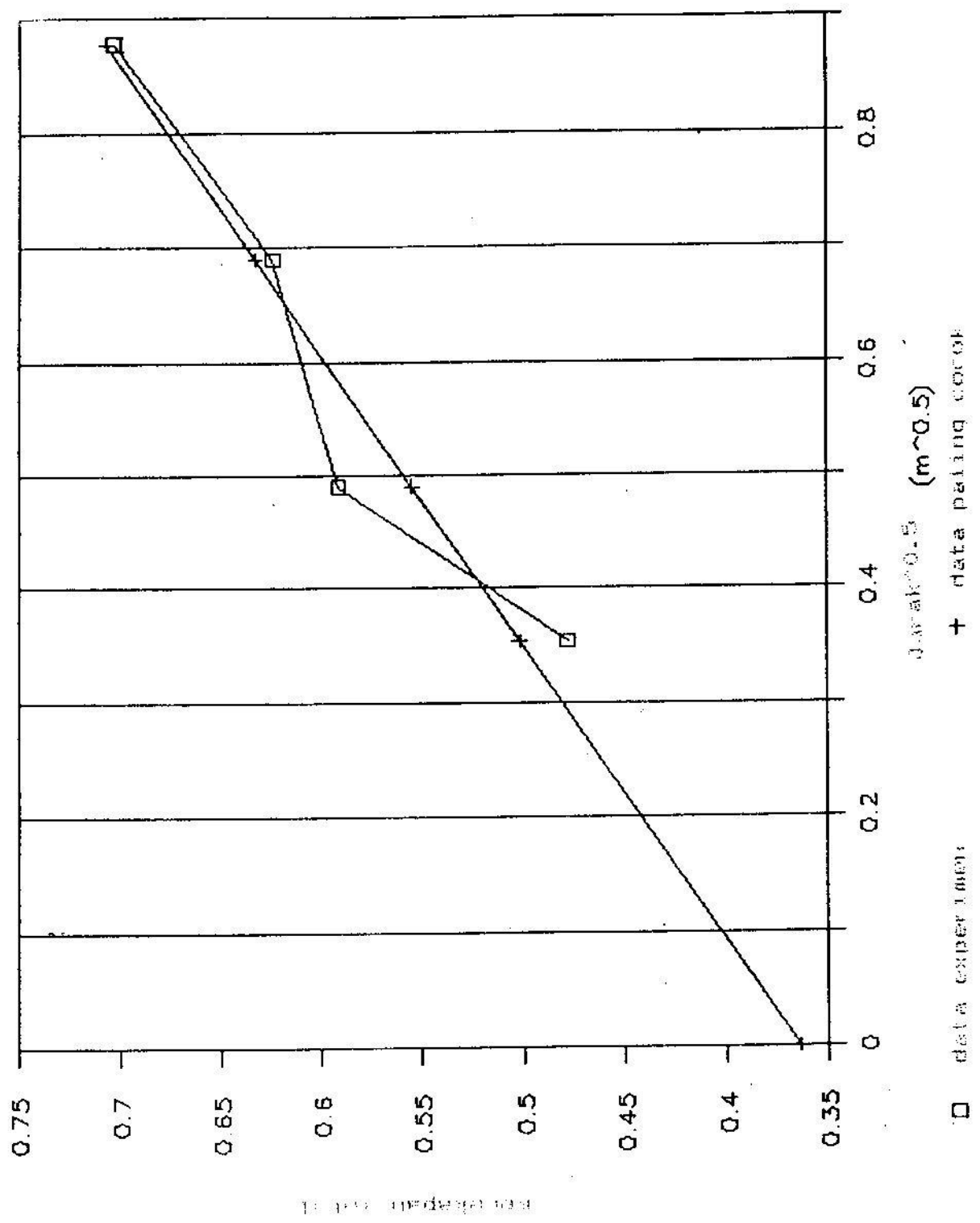


c) titisan beradaran gelora



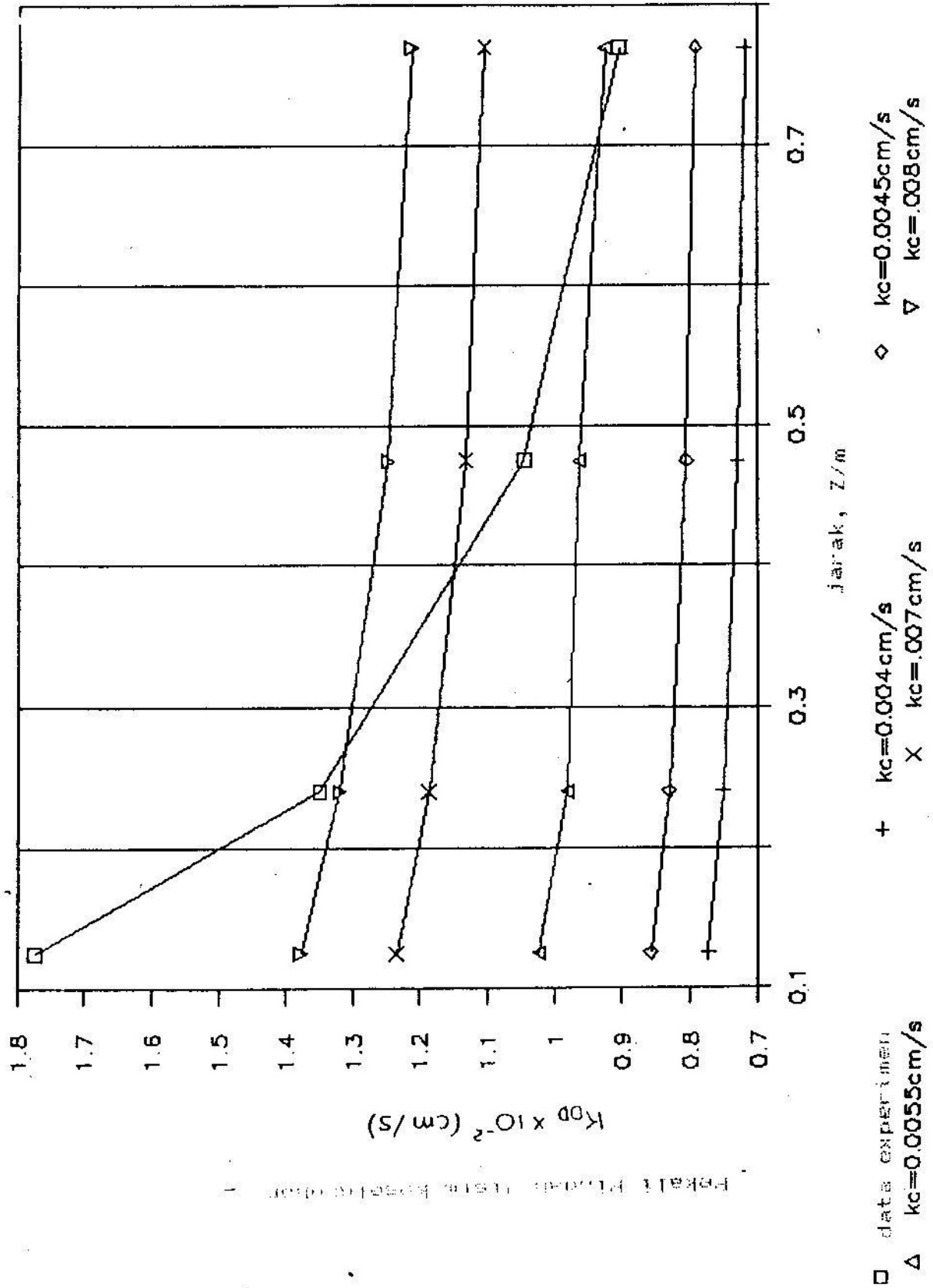
d) Titisan berayun: lenggok rawak atau lenggok simetri paksian

Uraian Tolak (d = 0.4/ram)



Gambar 12. Uraian Tolak (d = 0.4/ram) terhadap Jarak 0.5 (m^{0.5})

titik asal toluena (d = 0,475m)



DAFTAR PUSTAKA: ...