

## Penderia pH Berkomputer Menggunakan Gentian Optik

Sahrim Hj. Ahmad<sup>1</sup>, Musa Ahmad<sup>2</sup> dan Wong Kok Loong<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Jabatan Fizik

<sup>2</sup>Jabatan Kimia

Universiti Kebangsaan Malaysia  
43600 Bangi, Selangor Darul Ehsan, Malaysia

Diterima 4 hb November 1994

### ABSTRAK

Kajian ini membincangkan pembinaan satu penderia pH menggunakan gentian optik. Gentian optik digunakan untuk memandu cahaya daripada sumber cahaya LED kepada prob dan seterusnya kepada pengesan, iaitu fotodiod keadaan pepejal. Beberapa titis fenolptalin ditambah kepada larutan sebelum penentuan pH dilakukan. Penderia ini diantaramukakan dengan komputer untuk mempermudah proses perolehan data.

### ABSTRACT

This paper discusses the development of a pH sensor using optical fibre. Optical fibre was used to guide light from the light source, LED, to the probe and eventually to a photodetector, i.e. solid state photodiode. A few drops of phenolptalin were added to the solution before the measurement was made. This sensor can be used for acid-base titration. The sensor was interfaced to a personal computer to facilitate the data retrieval process.

**Kata kunci: penderia, pH, gentian optik, komputer**

### PENGENALAN

Penderia spesies kimia dengan menggunakan gentian optik telah menarik minat ramai penyelidik dewasa ini memandangkan beberapa keistimewaan kaedah ini yang tidak terdapat pada kaedah penderiaan konvensional. Antara keistimewaannya ialah: ia berasaskan kepada optik yang pasif terhadap elektrik dan oleh itu, lebih selamat digunakan (Narayasawamy 1993); sesuai untuk penderiaan jauh kerana kemampuan gentian optik untuk memandu cahaya pada jarak yang jauh dengan atenuasi kuasa optik yang sangat rendah (Saari 1987); saiz yang kecil, geometri yang boleh lentur dan tahan karat, murah, tidak memerlukan elektrod rujukan, dan sesuai digunakan untuk penentuan *in situ* tanpa memerlukan proses persampelan.

Beberapa penderia pH yang berasaskan gentian optik telah dilaporkan dalam literatur oleh penyelidik-penyelidik yang terdahulu. Ini termasuklah

penderia pH menggunakan reagen metri warna (Peterson *et al.* 1980) atau reagen berpendarflour (Offenbacher *et al.* 1986) yang dijerap secara fizikal di atas penyokong polimer (Kirkbright *et al.* 1984). Penderia pH untuk mengukur darjah keasidan air hujan dengan menggabungkan gentian optik dan kaedah analisis suntikan-aliran juga telah dibangunkan (Woods *et al.* 1988). Dalam artikel ini, kami melaporkan hasil kajian awal kami mengenai penderia pH yang dapat berfungsi pada julat pH 8.5 – 10.5. Ia berdasarkan konsep yang mudah dengan menggunakan reagen fenolptalin yang dititiskan terus kepada larutan yang diuji tanpa pemegungan atau penggandingan dengan gentian optik. Proses perolehan data daripada penderia ini diautomatikan sepenuhnya dengan mengantaramukakan sistem penderia dengan mikrokomputer menggunakan perisian yang telah direka-bentuk dalam kajian ini.

## EKSPERIMEN

### *Penyediaan Prob*

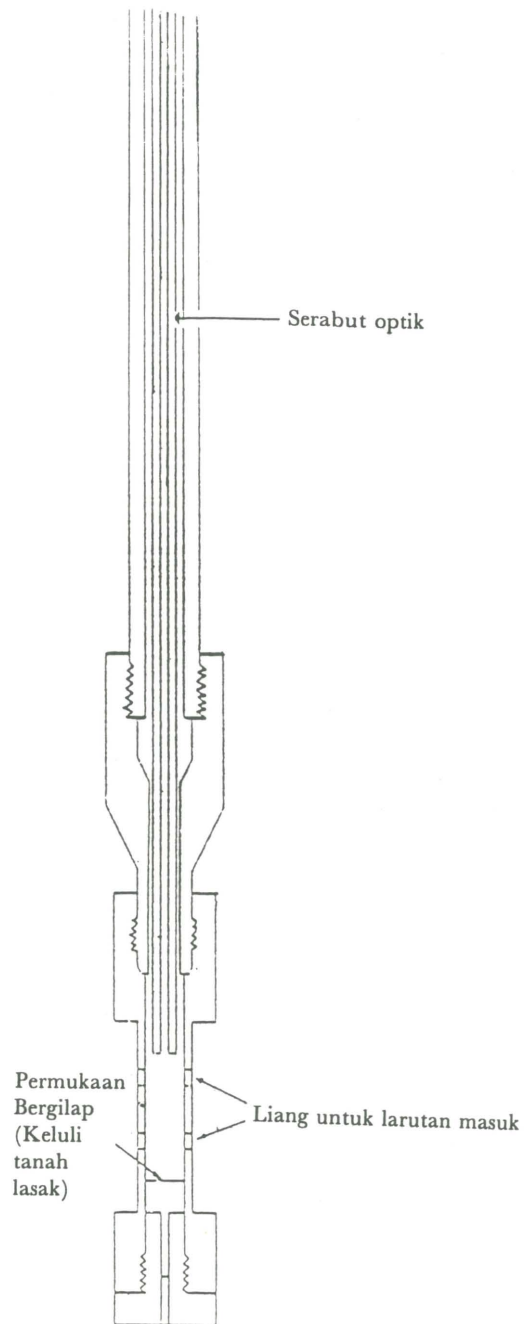
Bentuk prob yang telah direka bentuk dalam kajian ini ditunjukkan dalam *Rajah 1* dan mengandungi enam utas gentian optik (dua utas gentian suapan dan empat utas gentian pulangan) yang diperbuat daripada silika dengan penyalut plastik. Badan dan kepala prob diperbuat daripada loyang. Beberapa liang dibina di bahagian kepala prob untuk membenarkan larutan masuk dan bersentuhan dengan hujung gentian optik. Satu lapisan permukaan pemantul cahaya yang diperbuat daripada keluli tahan karat diletakkan di hujung gentian optik. Ini dilakukan dengan meletakkannya di dalam satu pemegang yang diperbuat daripada loyang dan disekerukan kepada kepala prob. Permukaan pemantul ini berfungsi untuk meninggikan keamatan cahaya yang dipantulkan masuk ke dalam gentian pulangan dan seterusnya ke pengesan.

### *Sistem Instrumentasi*

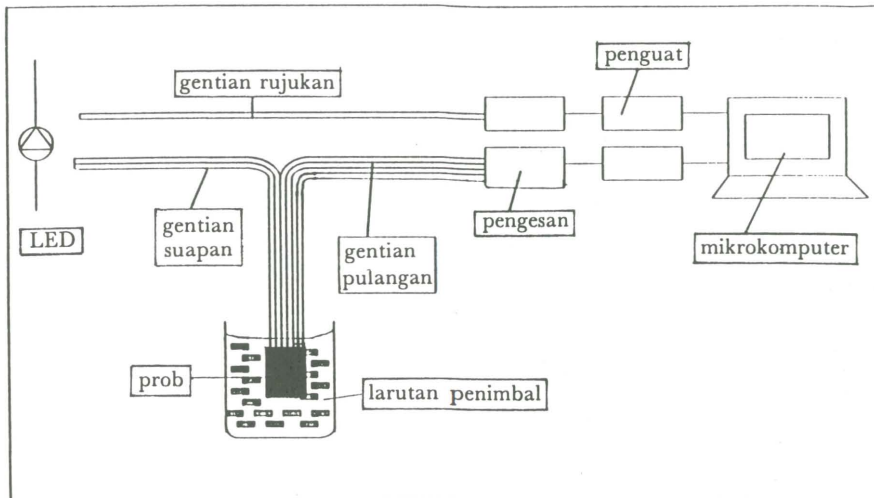
Sistem instrumentasi yang digunakan dalam kajian ini ditunjukkan dalam *Rajah 2*. Prinsip pengukuran pH di sini adalah berdasarkan kepada penentuan keamatan cahaya yang sampai kepada pengesan setelah melalui larutan berbanding dengan keamatan cahaya dalam gentian rujukan. Penambahan beberapa titis fenolptalin ke dalam larutan, akan mengubah warna larutan (bergantung kepada pH larutan). Perubahan ini menyebabkan perubahan dalam kuantiti cahaya yang diserap dan yang dipantulkan kembali ke dalam gentian pulangan dan seterusnya dikesan oleh pengesan fotiodiod. Hubungan antara perubahan pH dan keamatan cahaya yang dipantulkan ini dilakukan secara automatik oleh komputer.

### *Litar Pemandu Cahaya dan Penguat*

Oleh kerana keamatan cahaya merupakan parameter yang ingin dikesan,



Rajah 1: Rekabentuk prob pH



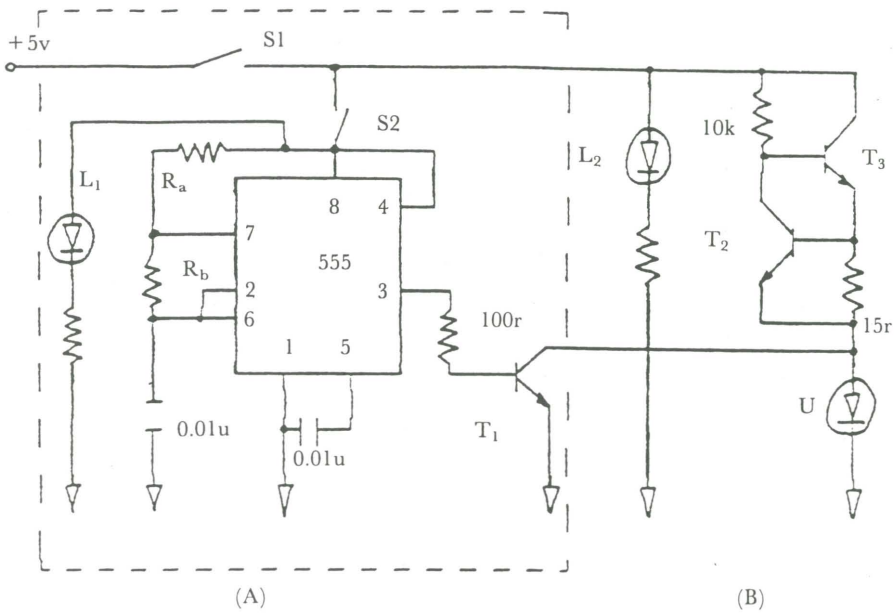
Rajah 2: Skema sistem instrumentasi untuk penderia pH berkomputer

litar arus mantap digunakan untuk memastikan keamatan cahaya tidak berfluktuasi dengan banyaknya. *Rajah 3* menunjukkan litar pemandu cahaya yang digunakan dalam kajian ini yang terdiri daripada dua bahagian utama, iaitu penghasil arus mantap dan penghasil arus denyutan.

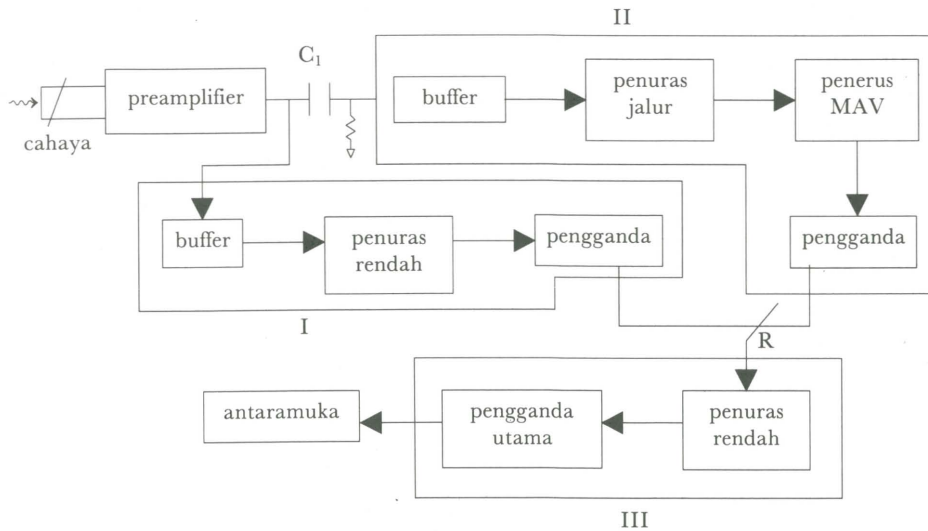
Dalam bahagian litar arus mantap (B), 2 transistor NPN dan 2 perintang sahaja digunakan untuk memberi satu arus mantap LED ultra hijau terang. Litar ini mengawal arus LED melalui kejatuhan voltan merentasi perintang 15 ohm. Jika arus LED bertambah, voltan merentasi perintang 15 ohm akan bertambah juga. Ini menyebabkan transistor  $T_2$  lebih mengkonduksikan arus. Oleh itu, arus yang memasuki tapak transistor  $T_3$  menjadi kecil dan menyebabkan  $T_2$  kurang mengalirkan arus. Ini seterusnya mengurangkan arus dalam LED ultra hijau terang. Apabila arus melalui LED mengurang, voltan merentasi perintang 15 ohm juga akan mengurang, dan  $T_2$  kurang mengalirkan arus. Sebaliknya membenarkan lebih arus mengalir ke dalam tapak transistor  $T_2$  dan meningkatkan kekonduksian dalam  $T_2$  dan lebih banyak arus dapat mengalir melalui LED. Proses ini berulang sehingga arus mantap melalui LED ultra terang.

Litar penguat digunakan dalam kajian ini untuk menukarkan isyarat cahaya kepada isyarat elektrik dan seterusnya untuk menguatkan isyarat tersebut. Litar ini ditunjukkan dalam *Rajah 4* dalam bentuk gambar rajah blok.

Pada mulanya, isyarat cahaya yang diterima akan ditukarkan kepada isyarat elektrik dan digandakan oleh litar preamplifier. Isyarat elektrik



Rajah 3: Litar pemandu cahaya (A) litar pembekal denyutan dan (B) litar arus mantap.  $L_1$  dan  $L_2$  adalah LED biasa,  $U$  adalah LED hijau ultraterang manakala  $T_1$ ,  $T_2$  dan  $T_3$  adalah transistor 2N2222



Rajah 4: Litar penguat iaitu litar penguat terus (I), litar penguat denyutan (II) dan litar pengganda utama (III)



tersebut akan melalui bahagian litar arus terus (Bahagian I) jika isyarat tersebut jenis menerus. Jika isyarat tersebut segi empat berfrekuensi tinggi, maka ia boleh melalui penguat denyutan (Bahagian II) seperti *Rajah 4*. Isyarat yang melalui litar penguat terus (Bahagian I) terlebih dahulu akan melalui buffer sebelum melalui litar penuras rendah. Fungsi buffer adalah untuk membentuk impedans sumber bebas daripada rintangan beban. Litar penuras rendah hanya membenarkan isyarat kurang daripada 50 kHz melaluinya. Isyarat tersebut dihantar pula ke litar pengganda utama (Bahagian III). Sebelum isyarat tersebut digandakan oleh pengganda utama pula, ia sekali lagi dituras untuk meminimakan isyarat berfrekuensi tinggi dan akan dibufferkan dahulu sebelum diantaramukakan dengan komputer. Untuk isyarat denyutan segi empat pula, ia akan melalui kapasitor gandingan  $C_1$  sebelum memasuki litar penguat denyutan (Bahagian II). Fungsi  $C_1$  adalah untuk mengelakkan isyarat menerus melaluinya. Isyarat yang masuk akan dibufferkan dahulu sebelum diturunkan dengan penuras jalur. Isyarat denyutan ini kemudiannya akan ditukarkan kepada isyarat terus oleh penerus MAV sebelum digandakan. Akhirnya, isyarat gandaan yang keluar dihantar pula ke litar pengganda utama dan proses yang sama berlaku dalam litar pengganda utama ini seperti isyarat jenis menerus.

#### *Pengantaramukaan Penderia – Komputer*

Dua jenis kad PC-Labcards telah digunakan dalam kajian ini untuk mengantaramukakan pengganda elektronik luar kepada sistem komputer yang digunakan. Kad PCL-812PG merupakan kad antaramuka multipleksor yang mempunyai 16 saluran input analog ke satu saluran digital untuk sistem mikrokomputer. Satu isyarat elektrik luar dalam bentuk analog akan ditukarkan kepada bentuk digital oleh ADC 12 Bit yang terdapat pada kad tersebut sebelum dihantar ke mikrokomputer. Kad ini mempunyai pengganda 1,2,4,8 dan 16 dan boleh dikawal dengan perisian mengikut keperluan pengguna.

Kad PCLD-789 pula merupakan kad multipleksor 16 saluran input analog ke satu saluran output analog. Saluran outputnya dihubungkan dengan saluran input pada kad PCL-812PG, manakala saluran inputnya dihubungkan dengan output dari pengganda elektronik luar. Kad ini juga mempunyai gandaan 0.5, 1, 2, 10, 50, 100, 200 dan 1000 ataupun gandaan yang boleh ditakrifkan oleh pengguna.

#### *Perisian*

Satu perisian dalam bahasa Turbo C telah ditulis untuk menerima data-data input dari kad antaramuka, dan menganalisis dan memaparkan keputusan uji kaji. Perisian tersebut termasuklah atur cara tukar alamat singgahan, set gandaan, pratentu pH, simpan data, pengiraan nilai pH dan

sebagainya. Penggunaan perisian ini mudah kerana ia ditulis dalam bentuk menu dan pengguna hanya perlu mengikut arahan yang ditunjukkan di layar komputer.

Terdapat empat sub atur cara yang telah ditulis dan digunakan dalam kajian ini, iaitu menu, konfigurasi kad, pratentu pH dan meter pH. Sub atur cara pratentu pH berfungsi untuk menerima data nama larutan penunjuk, bacaan pH dari alat pengukur pH berelektrod kaca dan nisbah. Sub atur cara meter pH pula berfungsi untuk memanggil balik data-data yang telah disimpan di dalam fail tersebut. Carta alir untuk atur cara pratentu pH dan meter pH ditunjukkan dalam *Rajah 5* dan *Rajah 6*.

#### *Penyediaan Bahan Kimia*

Larutan penimbal asetik-amonia digunakan dalam kajian ini dengan mencampurkan 50 ml asid asetik glasial (Aldrich) dengan 50 ml larutan amonia (Aldrich) dan menjadikan larutan kepada 1 liter menggunakan air suling. Sedikit 1M NaOH atau 1M HCl ditambahkan kepada larutan penimbal untuk mengubahkan nilai pH larutannya. Larutan fenolptalin (BDH) digunakan sebagai penunjuk.

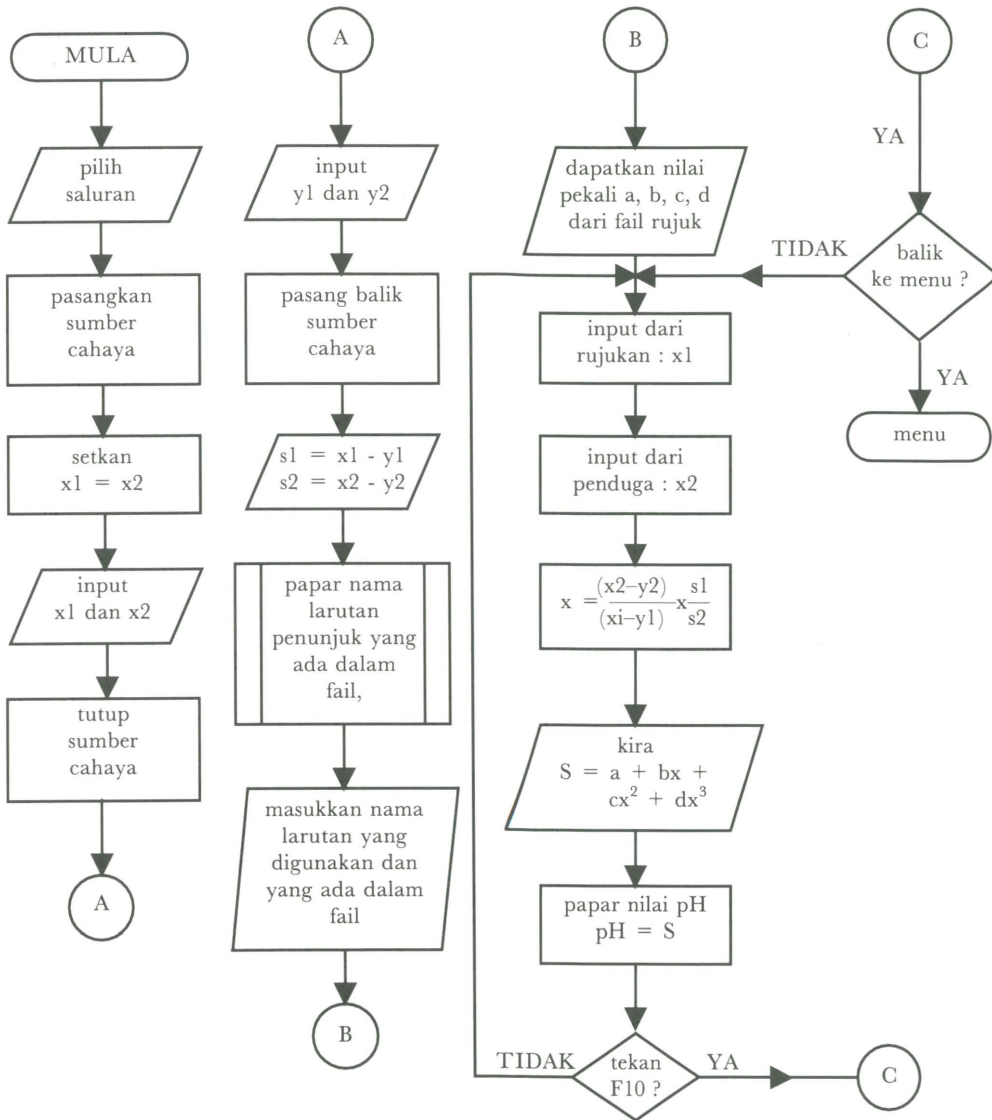
#### *Tatacara Pengukuran*

Larutan penimbal (150 ml) berlainan pHnya ditentukan terlebih dahulu nilai pHnya menggunakan alat pengukur pH elektrod konvensional. Nilai ini dijadikan nilai rujukan.

Beberapa titis penunjuk fenolptalin ditambah ke dalam larutan dan larutan dikacau supaya homogen. Prob pH berkomputer yang telah dibina dalam kajian ini kemudiannya dimasukkan ke dalam larutan tersebut. Graf kalibrasi diplotkan berdasarkan nilai-nilai pH daripada meter pH konvensional, dan bacaan yang diperolehi dengan menggunakan penderia pH berkomputer. Uji kaji yang serupa diulangi untuk empat larutan penimbal yang lain untuk menguji keboleh-harapan penderia pH berkomputer ini.

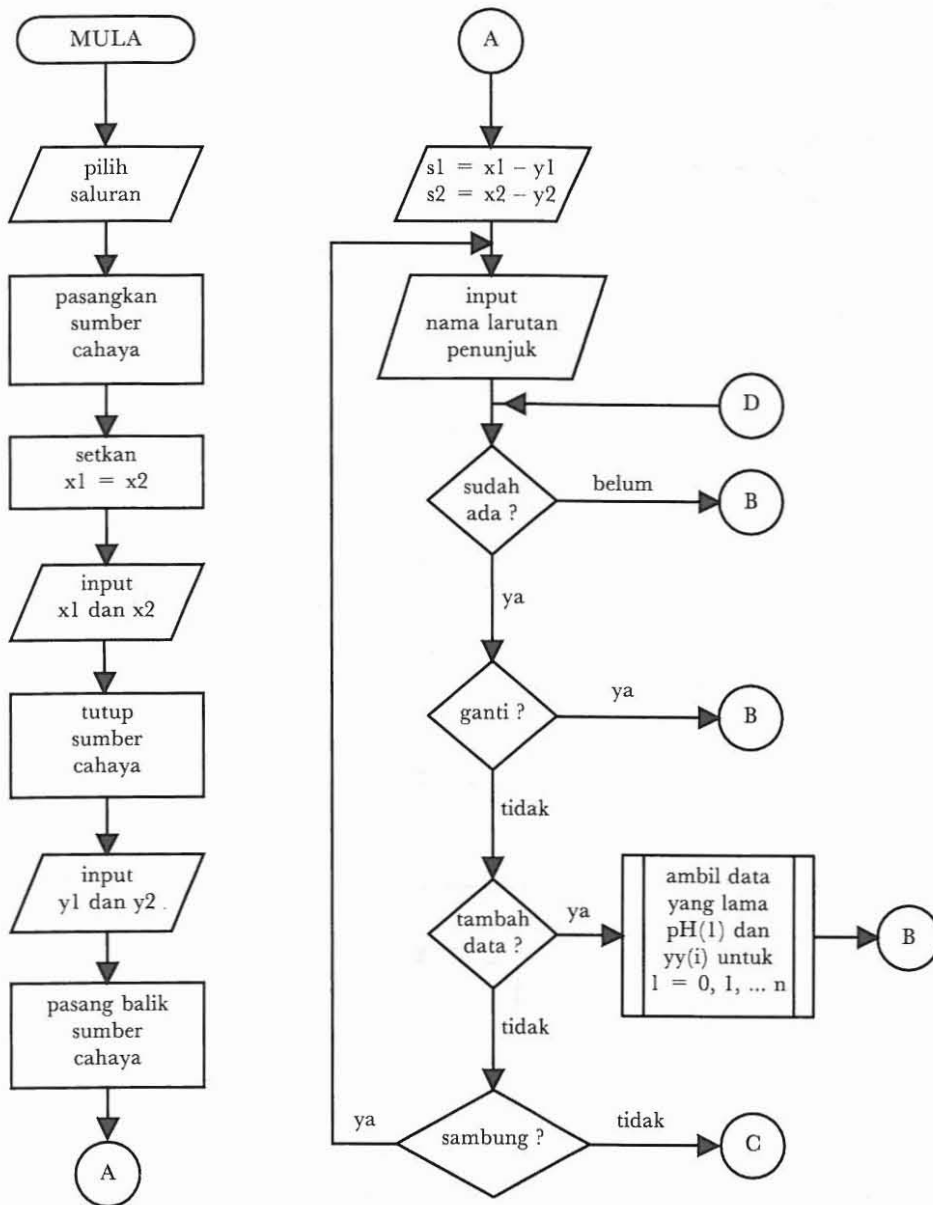
### **KEPUTUSAN DAN PERBINCANGAN**

Lengkung kalibrasi yang menghubungkan nilai pH dengan output daripada penderia pH berkomputer (dinyatakan dalam nisbah kepada rujukan) ditunjukkan dalam *Rajah 7*. Keputusan yang diperolehi untuk menunjukkan bahawa satu garis lurus diperolehi untuk julat pH 8.5 – 10.5. Julat perubahan pH bagi penunjuk fenolptalin dalam keadaan larutan biasa ialah pH 8.2 – 10.0 (Brady dan Huminston 1980). Ini menunjukkan bahawa dengan menggunakan penderia pH berkomputer ini, julat perubahan pH penunjuk ini masih tetap sama seperti dalam larutan biasa. Jadual 1 pula, menunjukkan nilai-nilai pH bagi empat larutan penimbal berbeza, apabila pHnya ditentukan dengan menggunakan meter pH kon-

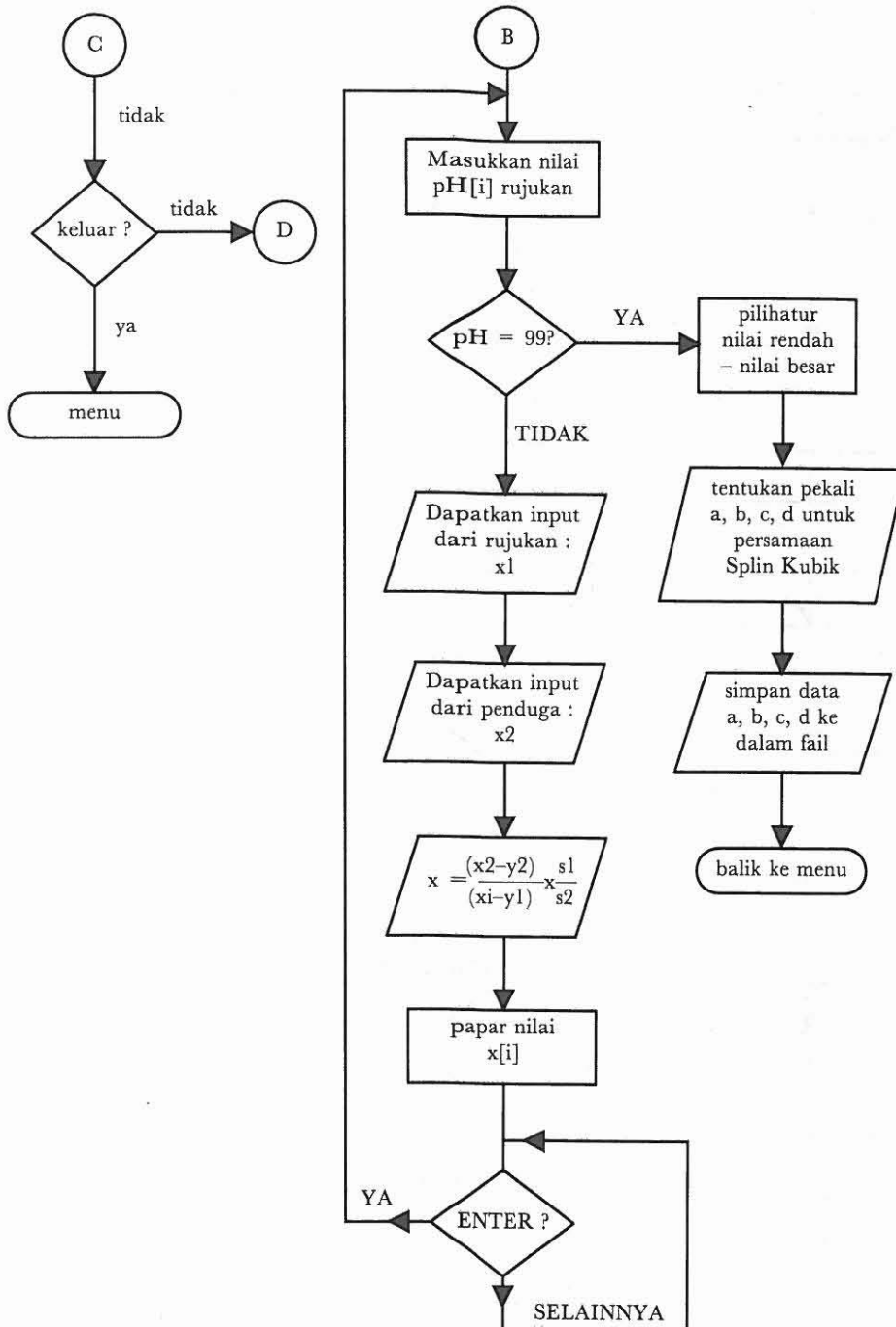


Rajah 5: Carta alir untuk sub-perisian pratentu pH



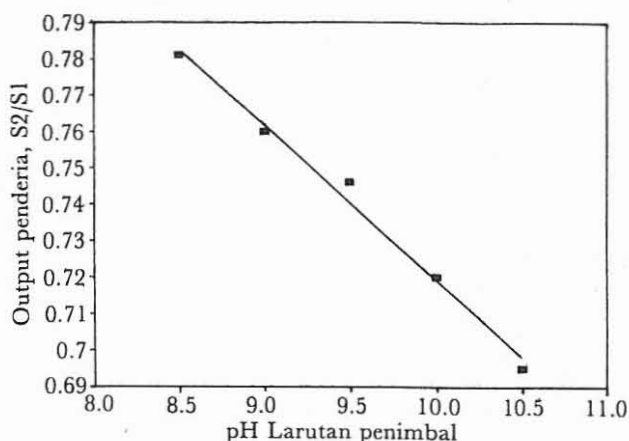


*Disambung mukasurat sebelah*



Rajah 6: Carta alir untuk sub-perisian meter pH

Penderia pH Berkomputer Menggunakan Gentian Optik



Rajah 7: Graf kalibrasi untuk output penderia dan nilai pH larutan

JADUAL 1

Penentuan nilai pH larutan penimbang menggunakan meter pH konvensional dan penderia pH berkomputer

Bilangan	Bacaan meter pH	Bacaan penderia pH berkomputer
1	8.50	8.70
2	9.00	8.90
3	9.50	9.30
4	10.00	10.10

vensional dan penderia pH berkomputer yang telah direka bentuk dalam kajian ini.

Keputusan menunjukkan satu bandingan yang baik antara nilai pH yang ditentukan menggunakan meter pH konvensional dan penderia pH berkomputer yang dibangunkan dalam kajian. Ralat relatif yang dicatatkan dalam kajian ini adalah kurang daripada 2.3%.

### KESIMPULAN

Penderia pH berkomputer yang berasaskan gentian optik telah dibangunkan dalam kajian ini dengan menggunakan penunjuk fenolplatin. Penderia ini yang tidak memerlukan elektrod rujukan didapati mampu memberikan prestasi yang setanding dengan meter pH konvensional. Ia boleh digunakan untuk pengukuran pH daripada julat pH 8.5 hingga 10.5.

### PENGHARGAAN

Penyelidik-penyelidik ingin merakamkan ucapan terima kasih kepada Universiti Kebangsaan Malaysia yang telah membiayai penyelidikan ini sepenuhnya melalui projek Kod 12/90.

## RUJUKAN

- BRADY, J.E. and G.E. HUMISTON. 1980. *General Chemistry: Principles and Structure*. New York: Wiley.
- KIRKBRIGHT, G.F., R. NARAYANASWAMY and A.N. WELTI. 1984. Fibre optic pH probe based on the use of an immobilised colorimetric indicator. *Analyst* **109**: 1025-1028.
- NARAYANASWAMY, R. 1993. Chemical transducers based on fibre optics for environmental monitoring. *The Science of the Total Environment* **135**: 103-113.
- OFFENBACHER, H., O.S. WOLFBEIS and E. FURLINGER. 1986. *Sensors Actuators* **9**: 73.
- PETERSON, J.I., S.R. GOLDSTEIN and R.V. FITZGERALD. 1980. Fibre optic pH probe for physiological use. *Anal. Chem.* **52**: 864-869.
- SAARI, L.A. 1987. Trends in fibre optic sensor development. *Trends in Analytical Chemistry* **6(4)**: 85-90.
- WOODS, B.A., J. RUZICKA, G.D. CHRISTIAN, N.J. ROSE and R.J. CHARLSON, 1988. *Analyst* **113**: 301.