JEMBATAN WHEATSTONE OTOMATIK

Thomas Agus Prajitno
Fakultas Teknik Elektro Universitas Tidar Magelang

ABSTRACT

A Wheatstone bridge is an instrument of resistance measurement which can be assumed the most accurate. But to measure needed sufficiently long time when comparing with digital multimeter.
This idea to overcome the weakness besides at the present time as measurement bridge instrument, but laboring automatically with the appearance the result digitally. So that one obtainable correctness facet and on the other side reachable speed.

Keywords : Wheatstone bridge, multimeter, resistance

A. PENDAHULUAN

Tulisan ini berupa suatu ide dasar yang belum dilakukan pengujian secara mendetail dan baru sekedar perhitungan di atas kertas yang masih memerlukan pengujian laboratoris lebih lanjut. Ide dari karangan ini adalah akibat adanya permasalahan dalam pengoperasian rangkaian jembatan yang memerlukan tenaga "trampil" agar dapat dilakukan pengukuran secara cepat dan akurat.

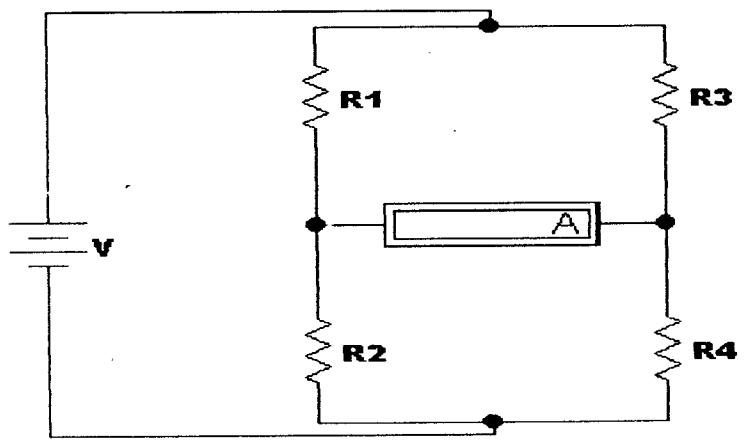
Dari beberapa cara pengukuran nilai komponen pasif (hambatan, induktas dan kapasitans), pengukuran dengan menggunakan prinsip jembatan dikenal sebagai cara pengukuran yang akan menghasilkan ketelitian yang tinggi.

Hal ini dapat dicapai karena .

1. prinsip rangkaian jembatan yang membandingkan nilai komponen yang diukur.

2. saat kesetimbangan telah dicapai, perubahan nilai sumber tidak akan mempengaruhi hasil pengukuran.

Rangkaian jembatan yang paling sederhana dan biasa dianggap sebagai rangkaian dasar suatu rangkaian jembatan adalah Jembatan Wheatstone seperti di bawah.

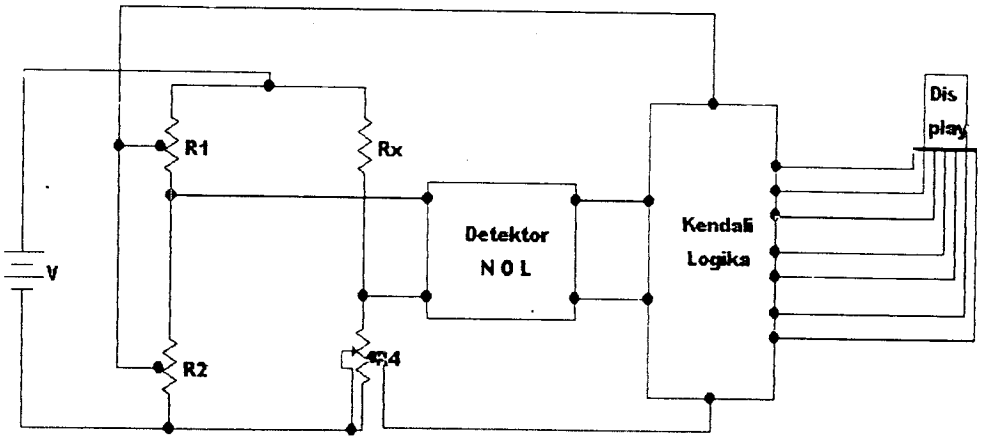


Gambar 1
Jembatan Wheatstone

Dalam keadaan setimbang (penunjukkan A adalah nol), akan berlaku keadaan :

1. $R_1 . R_4 = R_2 . R_3$
2. Nilai V tak mempengaruhi penunjukkan A.

Ide Sistem yang Dipikirkan



Rangkaian Ide

Pada rangkaian di atas, saat jembatan setimbang akan berlaku keadaan :

$$R_1 \cdot R_4 = R_2 \cdot R_x$$

dengan :

- R_1 ; R_2 dan R_4 adalah hambatan yang telah diketahui nilainya serta ditentukan oleh Kendali Logika.
- R_x adalah hambatan yang ingin diukur.

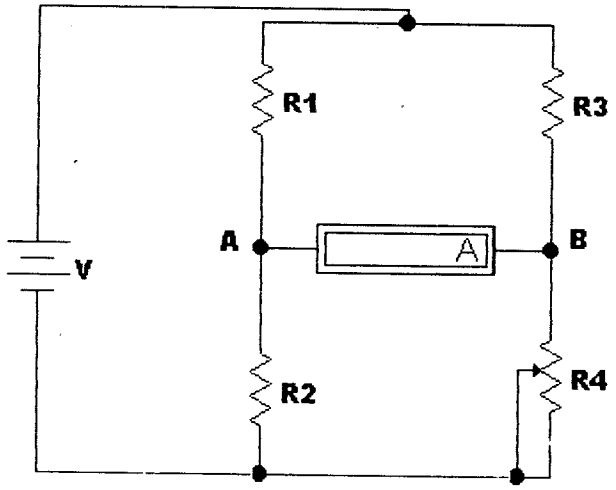
Prinsip dasarnya, selama detektor nol belum menunjuk nol atau dengan perkataan lain jembatan belum setimbang maka kendali logika perlu memerlukan kontrol berupa perintah untuk mengubah nilai R_1 : R_2 ataupun R_4 hingga diperoleh keadaan setimbang.

Landasan Teori

Pada jembatan Wheatstone seperti pada gambar 2 di bawah akan berlaku keadaan :

$$V_A = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V \quad \text{dan} \quad V_B = \frac{R_4}{R_3 + R_4} V$$

Dengan mengatur salah satu hambatan yang ada, maka akan dicapai keadaan $V_A = V_B$, sehingga akan diperoleh keadaan setimbang yang dalam hal ini ditunjukkan dengan kondisi meter A menunjukkan nilai 0 (nol).



Gambar 3
Jembatan Wheatstone

Dengan mengatur R_4, akan dapat diperoleh $V_A = V_B$, sehingga dapat dinyatakan :

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} V = \frac{R_4}{R_3 + R_1} V$$

$$R_2 \,.\, (R_3 + R_4) = R_4 \,.\, (R_1 + R_2)$$

$$R_2.R_3 + R_2R_4 = R_1.R_4 + R_2.R_4$$

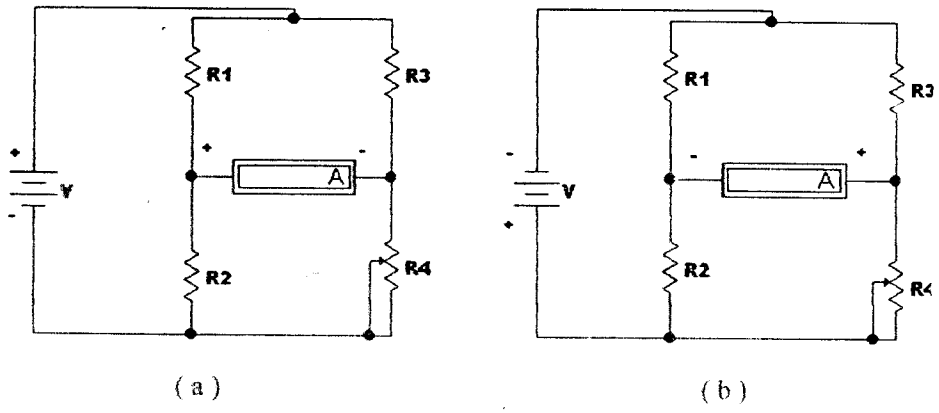
$$R_2.R_3 = R_1.R_4$$

$$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4$$

Jadi seandainya nilai R_3 belum diketahui dengan mengetahui nilai R_1 ; R_2 dan R_4 kita akan dapat memperoleh nilai R_3 tersebut.

Terdapat 3 (tiga) masalah yang patut diperhatikan pada jembatan Wheatstone saat dalam keadaan setimbang yaitu :

1. dalam keadaan setimbang perubahan polaritas sumber tegangan ataupun meter tak mempengaruhi (lihat gambar 4a dan 4b).
2. dalam keadaan setimbang perubahan nilai sumber tegangan tak mempengaruhi kesetimbangan jembatan.
3. meter hanya digunakan untuk melihat terjadinya arus saat jembatan belum setimbang.



Gambar 4
Perubahan Polaritas

B. PEMBAHASAN

Ralat Hasil Pengukuran

1. Dari rumus :

$$R_3 = \frac{R_1}{R_2} R_4$$

bila R_1 mempunyai ralat $\pm$ a % ; R_2 mempunyai ralat $\pm$ b % dan R3 mempunyai ralat $\pm$ c %, sesuai dengan teori ralat maka R3 akan mempunyai ralat = $\pm$ (a + b + c) %.

2. apabila terjadi temperatur dari hambatan R_1 ; R_2 dan R_4 berubah, keadaan ini dapat mengakibatkan kesalahan hasil pengukuran karena sifat fisis hambatan yang mempunyai kaitan dengan temperatur : $R_t = R_o (1 + \alpha.t)$

3. untuk nilai hambatan R_3 yang kecil, pengaruh hambatan kontak ataupun kabel penghubung akan sangat mempengaruhi ketelitian pengukuran.

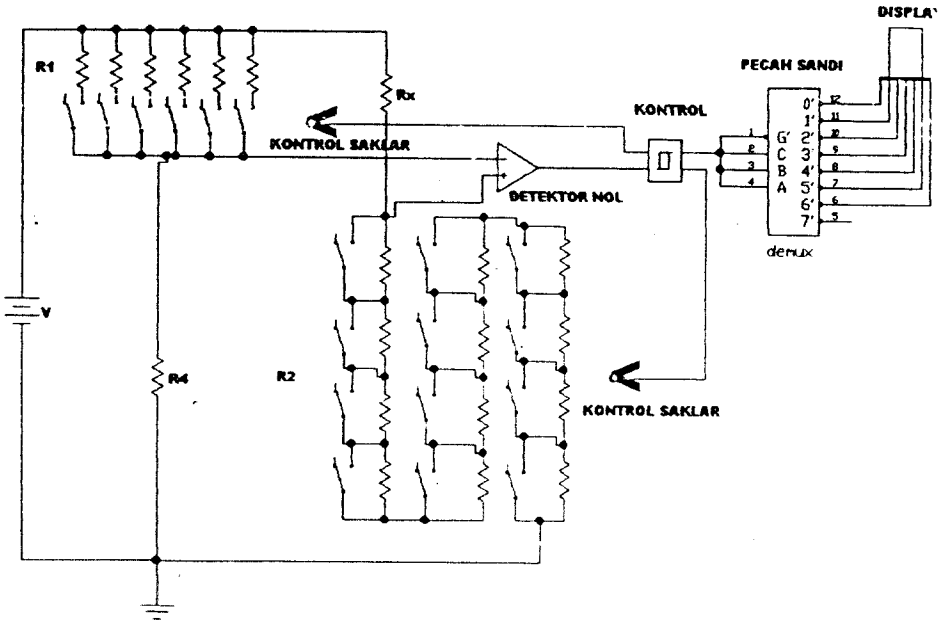
4. kepekaan meter yang rendah dapat mempengaruhi hasil pengukuran, karena dapat terjadi saat jembatan belum setimbang meter telah menunjuk nol.

Blok Diagram Sistem

Guna merealisasikan sistem yang dibayangkan digunakan pendekatan prinsip :

- saat jembatan belum setimbang berarti terjadi perbedaan tegangan antar titik tengah lengan jembatan.
- manfaatkan perbedaan tersebut untuk menggerakkan relai.
- relai dimanfaatkan untuk menentukan nilai hambatan pada lengan jembatan.
- jumlah relai yang digunakan tak boleh terlampau banyak, tetapi harus dapat memberikan nilai hambatan dengan daerah yang seluas mungkin.
- pengaktifan relai menggunakan rangkaian logika guna memperkecil masalah nilai ambang yang dapat mengacaukan posisi relai yang digunakan.

Untuk itu dibayangkan sistem mempunyai diagram kotak seperti pada gambar di bawah ini.



Gambar 5
Diagram Kotak Sistem

Dalam hal ini :

V = sumber tegangan

R_1 = sebagai hambatan batas ukur

R_2 = hambatan penentu hasil

R_4 = sebagai hambatan patokan (standart)

Cara kerja rangkaian dapat dijelaskan sebagai berikut :

- saat awal semua saklar pada R_2 dalam keadaan terbuka, sehingga nilai R_2 maksimum, untuk pengaturan saklar R2 ditutup satu persatu dari nilai terkecil.

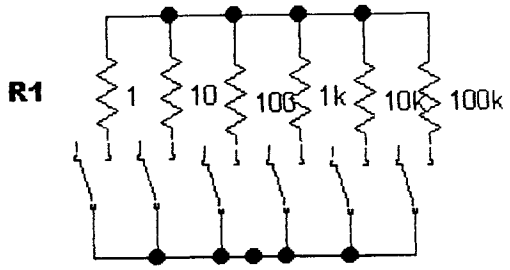
- sedang untuk R_1 mulai dari nilai yang terkecil, nilai ini diperbesar selangkah demi selangkah.

Pemilihan nilai sumber V harus dengan berbagai pertimbangan :

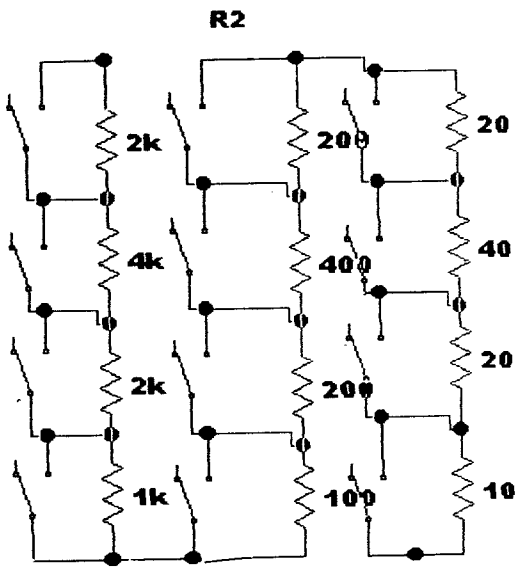
- sumber tidak terlampau besar agar dissipasi daya tak terlampau besar yang akan mengakibatkan perubahan nilai hambatan yang digunakan.

Batas Ukur

Dalam hal penentuan batas ukur dimanfaatkan hambatan R_1 yang mempunyai nilai 1 Ω ; 10 Ω ; 100 Ω ; 1 kΩ dan 100 kΩ (lihat gambar 6). Karena R_4 yang digunakan adalah 1 kΩ, maka akan didapat faktor skala : 0,001 ; 0,01 ; 0,1 ; 1 ; 10 dan 100 yang dihasilkan dari perbandingan antara R_1 dan R_4.



Gambar 6
Susunan R_1

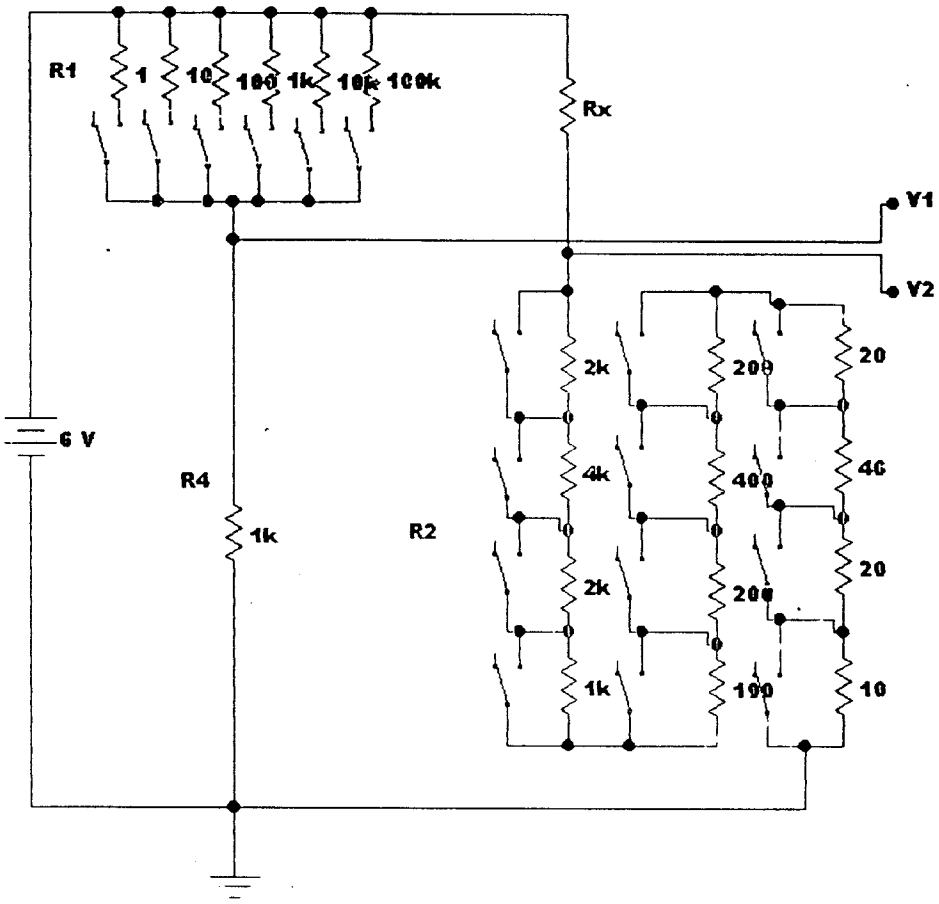


Gambar 7
Komposisi R_2

sedang untuk nilai R2, dalam hal ini digunakan nilai antara 10 Ω hingga 9990 Ω yang di dapat dengan mengkombinasikan 12 nilai hambatan yang dikontrol dengan relai (lihat gambar 7).

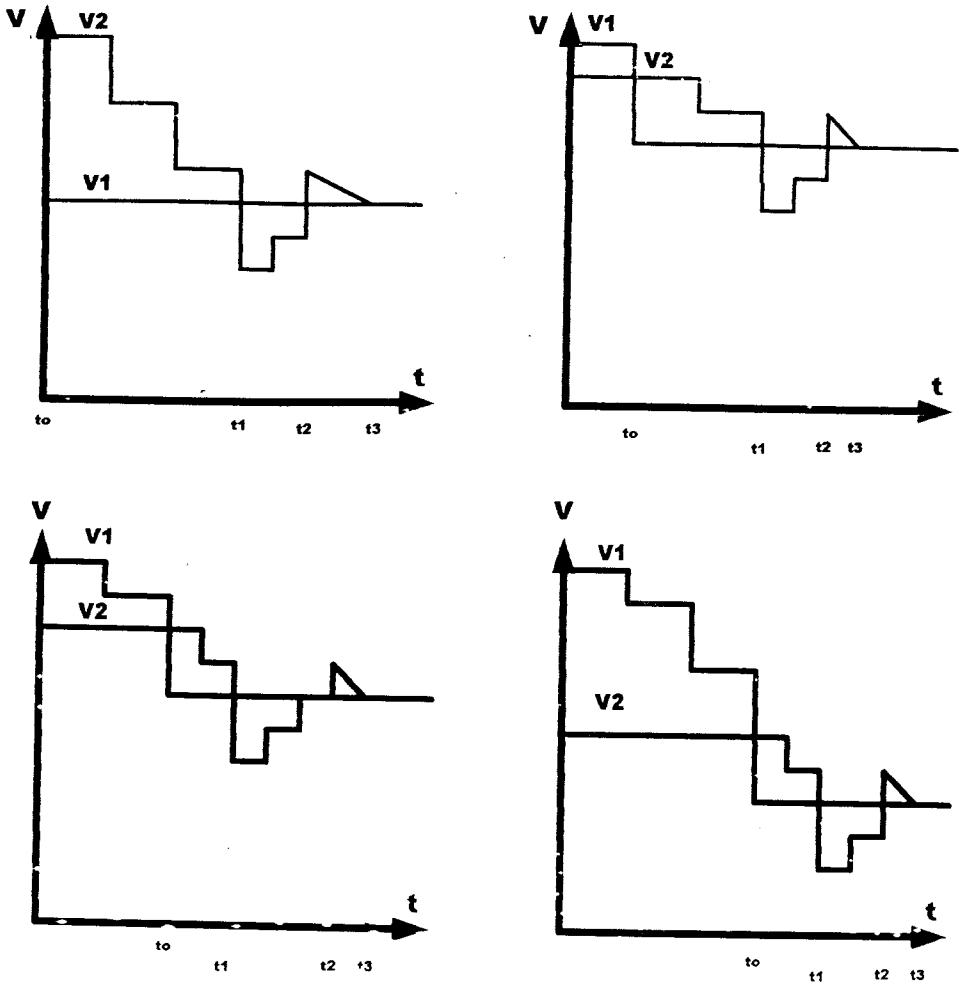
Perubahan Tegangan yang Terjadi

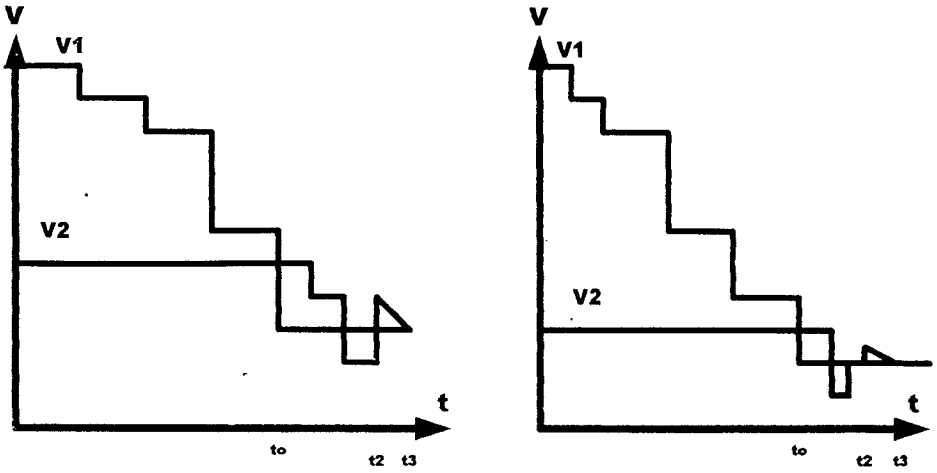
Untuk memperjelas kerja rangkaian dapat dilihat gambar 8 di bawah ini.



Gambar 8
Rangkaian Jembatan

Dari rangkaian tersebut terdapat beberapa keadaan perubahan V_1 dan V_2 yang mungkin terjadi seperti gambar 9 di bawah.


V
V2
V1
t
to
t1
t2
t3
V
V1
V2
t
to
t1
t2
t3
V
V1
V2
t
to
t1
t2
t3
V
V1
V2
t
to
t1
t2
t3



Gambar 9
Kemungkinan Proses Perubahan

Keenam keadaan tersebut dapat terjadi, karena dibayangkan proses pengaturan adalah dengan langkah :

- bila $V_1 > V_2$, bagian kontrol akan mengatur hingga $V_2 > V_1$.
- saat $V_2 > V_1$, bagian kotnrol akan melakukan pengaturan dalam 3 tahapan yaitu :
  - pencacah ratusan akan menghitung turun hingga $V_2 < V_1$
  - dilanjutkan pencacah puluhan akan menghitung naik hingga $V_2 > V_1$
  - dan terakhir pencacah satuan menghitung turun hingga $V_2 \leq V_1$
- serta $V_2 \leq V_1$, bagian kontrol akan menghentikan tugasnya dan keadaan akan tetap serta hasil hitungan akan ditampilkan.

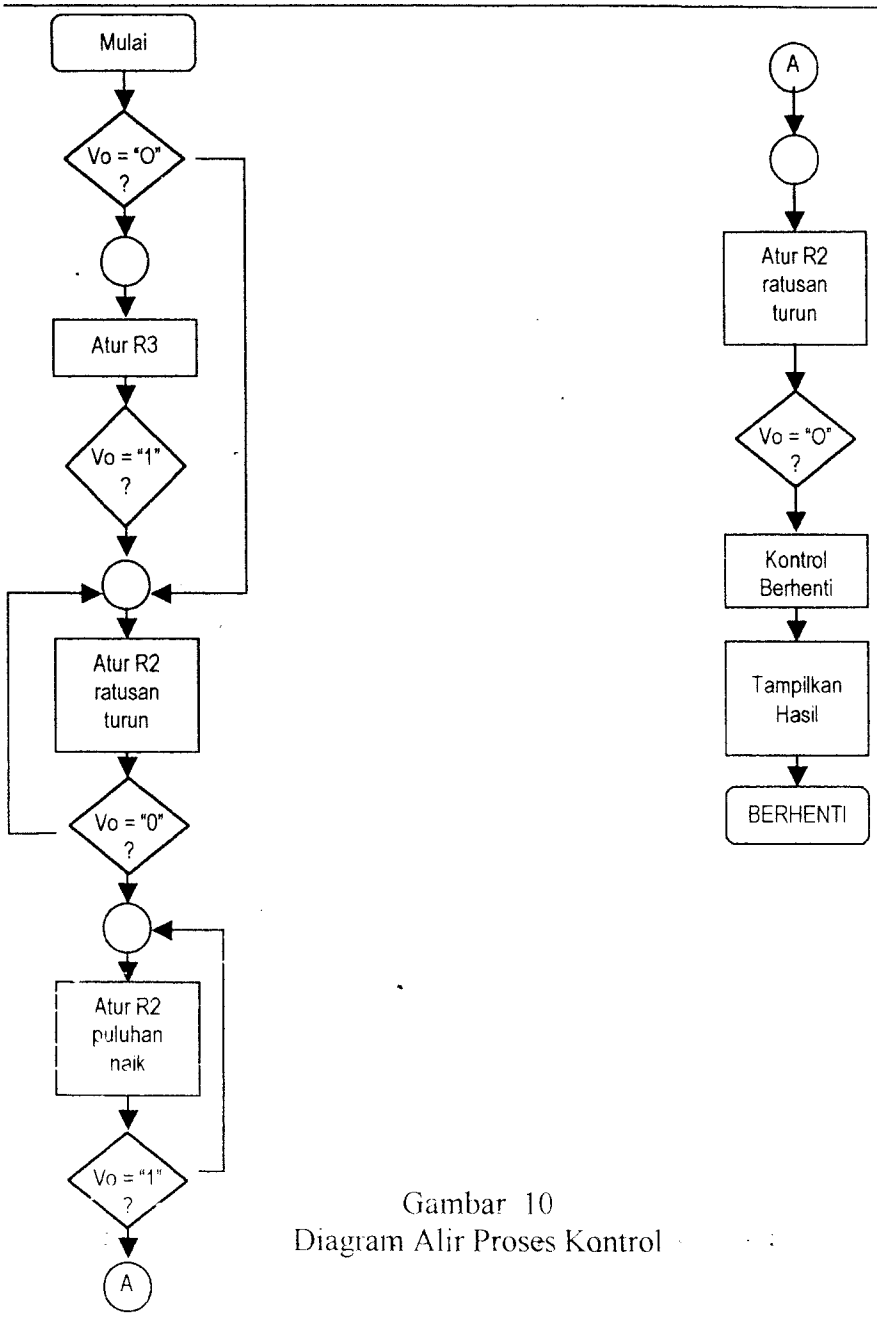
Bila kita anggap $Vo = V_1 - V_2$, maka kita dapat membayangkan proses tersebut seperti pada diagram alir pada gambar 10 di bawah.

Permasalahan yang Mungkin

Dari beberapa pengamatan sepintas, perlu beberapa perhatian dalam hal ini adalah :

1. Kemungkinan adanya nilai hambatan ‡ 0 saat kontak yang akan mengakibatkan ralat.
2. Kemungkinan pengaruh frekuensi akan terasakan bila digunakan frekuensi lonceng (clock) yang terlampau tinggi akibat masalah akibat masalah maknetisasi dari relay mekanik yang digunakan. Bila hal ini terjadi kemungkinan untuk mengatasinya adalah dengan merendahkan frekuensi lonceng dengan akibat harus mengorbankan kecepatan kerja yang mengakibatkan harapan untuk memperoleh rangkaian jembatan yang dapat beroperasi secara tepat harus dikorbankan.
3. Kemungkinan untuk menggunakan saklar elektronis sebagai pengganti relay perlu dipertimbangkan, walau pasti tak akan diperoleh nilai hambatan nol saat kontak. Hal ini akan mengakibatkan sebagai penyumbang nilai rapat pengukuran yang akan mengurangi keunggulan pemilihan rangkaian jembatan sebagai alat ukur yang teliti.

Dari permasalahan-permasalahan di atas mungkin alternatif tetap mempertahankan penggunaan relay mekanik tetap menjadi sasaran pertama, karena pemanfaatan saklar elektronis mungkin akan mengakibatkan rangkaian menjadi terlampau kompleks sedang ketelitian akhir masih perlu dipertanyakan pula.



Gambar 10
Diagram Alir Proses Kontrol

C. SIMPULAN

1. Secara teoritis realisasi pembuatan jembatan Wheatstone yang akan beroperasi secara otomatik adalah dimungkinkan, baik dengan memanfaatkan relay mekanik ataupun saklar analog.
2. Secara teknis untuk dapat merealisasikan rangkaian ini diperlukan kajian lebih mendalam mengingat banyaknya masalah-masalah yang mungkin timbul dan telah diungkap di atas.
3. Secara ekonomis hasil guna dari rangkaian ini masih perlu dipertanyakan, walau mungkin dari bidang teknik merupakan suatu kajian yang menarik dan perlu dikembangkan.
4. Secara umum Jembatan Wheatstone Otomatik ini dapat membantu mengatasi diperlukannya tenaga "trampil" untuk mengoperasikan jembatan yang biasa digunakan untuk pengukuran.

Dari ketiga hal tersebut dapat disimpulkan bila masalah Jembatan Wheatstone Otomatik ini merupakan suatu kajian yang menarik dan perlu dilakukan uji coba laboratoris dengan titik berat utama adalah keuntungan pengetahuan yang akan diperoleh dan bukan dari segi ekonomis penggunaannya.

DAFTAR PUSTAKA

Cooper W, D and Helfrik AD, 1992, *Modern Electronic Instrumentation and Measurement*, 2nd ed, Prentice Hall.

Franco S., 1988, *Design with Operational Amplifier and Analog Integrated Circuits*, McGraw Hill. Book Company

Anton FP van Putten, 1988, *Electronic Measurement System*, Prentice Hall.

National Semiconductor Corporation, *TTL Data Book*, 1992, Santa Clara, California.

National Semiconductor Corporation, *Linear Data Book*, 1992, Santa Clara, California.

Oliver Bernad M, & Cage, John M, 1971, *Electronic Measurements and Instrumentation*, McGraw Hill Book Company.

Taub, Herbert & Schilling Donald, 1977, *Digital Electronic*, McGraw Hill Book Company.