

## **PRINSIP VARIASI VAN BAAK SEBAGAI METODE ALTERNATIF DARI TEOREMA SIMPAL KIRCHHOFF UNTUK MENYELESAIKAN PERSOALAN-PERSOALAN RANGKAIAN LISTRIK ARUS SEARAH**

Oleh

*Yuyu R. Tayubi, Andi Suhandi, Ida Kaniawati, Suhendiana Noor\**

*Jurusan Pendidikan Fisika  
Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Universitas Pendidikan Indonesia*

### **ABSTRACT**

This study compared teaching electric circuit by applying Van Baak Variation Principle and by applying Kirchhoff loop theorem in developing students' ability to solve DC circuit problems. The study was conducted in one high school in Lembang, about eight km from Bandung to the north. Most of the students come from farmer families with social-economic class status between middle and low. Two intact classes were involved in the study. One class was taught to use van Baak's variational principle, and the other one was taught to use Kirchhoff loop theorem to solve circuit problems. The result indicates that students performed significantly better in applying van Baak variational principle than Kirchhoff loops theorem to solve complex electric circuit problems. No difference was found in student performance for simple circuits.

*Keywords: Van Baak variation principle, Kirchhoff loop theorem, DC electric circuit.*

### **LATAR BELAKANG**

Selama ini, hukum Kirchhoff I dan II digunakan untuk menganalisis berbagai persoalan yang berkaitan dengan rangkaian listrik arus searah (DC = *direct current*) dalam pengajaran fisika di SMU. Menurut pengalaman guru-guru fisika SMU, sebagian besar siswa mengalami kesulitan dalam penggunaan hukum Kirchhoff II, terutama dalam menentukan arah ggl maupun arus listrik. Akibatnya,

---

\* Reviewer: Achmad A. Hinduan  
Prof. Pendidikan Fisika Pascasarjana/Jurusan Pendidikan Fisika  
FPMIPA UPI.

siswa tidak dapat menuliskan persamaan linier simultan yang menghubungkan besaran-besaran  $ggl$ , arus listrik dan resistor pada tiap-tiap cabang rangkaian.

Untuk mengatasi kesukaran yang dihadapi siswa, D.A Van Baak (1999) telah memperkenalkan suatu metoda baru untuk menyelesaikan persoalan rangkaian listrik DC. Metode ini tetap menggunakan hukum Kirchhoff pertama (teorema percabangan), tetapi tidak menggunakan hukum Kirchhoff kedua (teorema simpal). Sebagai gantinya, ia mulai dengan memisalkan harga kuat arus yang melalui setiap percabangan. Untuk setiap titik atau simpul percabangan, berlaku hukum Kirchhoff pertama, yaitu jumlah kuat arus yang memasuki titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang meninggalkan titik percabangan itu. Dari semua kombinasi kuat arus itu, kemudian dipilih satu set harga kuat arus yang menyebabkan suatu besaran listrik tertentu yang berlaku untuk rangkaian itu secara menyeluruh mempunyai harga **minimum**. Besaran listrik yang dipilih untuk diminimumkan bergantung pada komposisi rangkaian listrik.

Prinsip yang mendasari cara yang diusulkan van Baak untuk memecahkan masalah rangkaian listrik ini disebut Prinsip Variasi. Prinsip ini berlaku umum dan dapat diturunkan dari persamaan-persamaan Maxwell. Karena penurunannya cukup kompleks, maka dalam tulisan ini akan disajikan beberapa contoh penerapannya dalam dua macam rangkaian listrik.

Menurut van Baak, dalam menggunakan metode ini, siswa tidak perlu mengingat aturan penggunaan tanda-tanda seperti pada teorema simpal Kirchhoff. Dengan demikian diharapkan dapat menyederhanakan persoalan yang dihadapi para siswa. Dalam studi pendahuluan, beberapa pengajar fisika SMU menyatakan bahwa metode ini layak diberikan pada siswa kelas dua SMU, karena hanya memerlukan prasyarat matematika berupa konsep turunan (diferensiasi) biasa yang telah dipelajarinya dalam pelajaran matematika.

Studi ini mempelajari apakah metode van Baak dapat meningkatkan kemampuan siswa SMU dalam menyelesaikan soal-soal rangkaian listrik arus searah. Marilah kita mulai dengan meninjau dua contoh penerapan prinsip variasi ini.

## **ILUSTRASI PENERAPAN PRINSIP VARIASI VAN BAAK**

### ***Kasus 1:***

Untuk suatu rangkaian hambatan ohmik yang dilalui arus tetap yang berasal dari sumber arus dari luar rangkaian. Kita mulai dengan memisalkan kuat arus yang mengalir di tiap bagian dari rangkaian itu dengan mengikuti Kirchhoff pertama,

untuk tiap simpul percabangan. Besaran yang akan diminimalkan jumlah daya yang hilang dalam keseluruhan rangkaian, atau :

$$P_d = \sum i_k^2 R_k \quad (1)$$

dimana  $i_k$  adalah arus listrik yang melalui cabang rangkaian ke-k. Dipilih harga-harga kuat arus yang menyebabkan daya yang dituliskan dalam Persamaan 1 itu mempunyai harga terkecil.

### Kasus 2:

Untuk rangkaian listrik yang terdiri dari hambatan-hambatan ohmik dan ggl-ggl ideal.

Besaran yang diminimalisasi adalah harga daya yang dimasukkan dan yang hilang dalam seluruh rangkaian, atau dapat dituliskan;

$$S = P_d - 2P_g \quad (3)$$

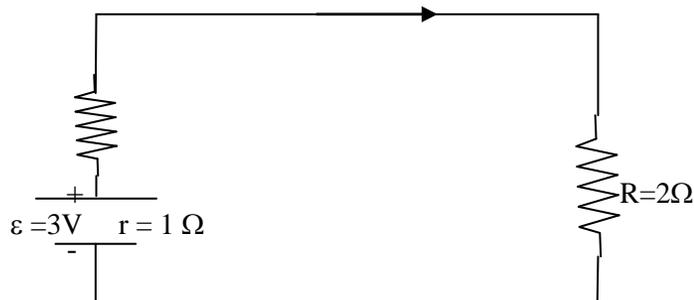
dimana  $P_d$  adalah total dari disipasi daya pada setiap cabang rangkaian seperti pada persamaan (1) dan  $P_g$  adalah resultan suplai daya dari ggl pada setiap cabang rangkaian;

$$P_g = \sum \varepsilon_k i_k \quad (4)$$

Untuk rangkaian listrik seperti ditunjukkan dalam Gambar 1, maka besaran listrik yang akan diminimalkan menurut persamaan (3) adalah:

$$S = P_d - 2P_g$$

Misalkan kuat arus yang mengalir dalam rangkaian itu adalah  $i$ . Maka sesuai dengan persamaan (1) dan (4) akan berlaku  $P_d = \sum i_k^2 R_k = i^2 r + i^2 R$  dan  $P_g = \sum \varepsilon_k i_k = \varepsilon i$



Dengan demikian

$$S = i^2 r + i^2 R - 2(\varepsilon i)$$

atau 
$$S = i^2 + 2i^2 - 6i = 3i^2 - 6i$$

Nilai minimum dari S dapat dicari sebagai berikut :

$$dS/di = 0 \quad (\text{karena } S \text{ hanya merupakan fungsi } i)$$

sehingga akan didapat  $i = 1 \text{ A}$

## **MASALAH PENELITIAN**

Masalah yang diungkap melalui penelitian ini adalah apakah Prinsip Variasi Van Baak dapat lebih handal digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan yang berkaitan dengan rangkaian listrik arus searah jika dibandingkan dengan teorema simpal Kirchhoff?

## **METODOLOGI PENELITIAN**

### **Metode dan Desain Penelitian**

Metode penelitian yang digunakan adalah metode penelitian eksperimen. Subyek penelitian adalah siswa kelas tiga SMU. Mula-mula ditentukan sampel. Karena di sekolah itu hanya ada dua kelas paralel., maka diambil kedua kelas itu, satu kelas untuk kelompok eksperimen dan kelas lain untuk kelompok kontrol. Tahap selanjutnya adalah menyelenggarakan tes awal (pre test), untuk mengetahui kemampuan awal siswa dalam menyelesaikan persoalan-persoalan rangkaian listrik arus searah. Berikutnya melaksanakan proses belajar mengajar terhadap masing-masing kelompok siswa. Kelompok kontrol mendapatkan pengajaran teorema simpal Kirshhoff, sedangkan kelompok eksperimen mendapatkan pengajaran prinsip variasi Van Baak. Terakhir melaksanakan post-test untuk mengevaluasi hasil PBM.

Instrumen atau alat yang digunakan untuk mengumpulkan data dalam penelitian ini adalah tes tulis berbentuk essay yang berisi soal-soal tentang rangkaian listrik DC, baik rangkaian sederhana maupun rangkaian majemuk atau kompleks, yang harus diselesaikan dengan teorema simpal Kirchoff untuk kelompok kontrol dan prinsip variasi Van Baak untuk kelompok kelas eksperimen.

Keseluruhan proses penelitian ini secara garis besar dapat digambarkan dalam disain eksperimen sebagai berikut:

	<b>Pre-test</b>	<b>Treatment</b>	<b>Post-test</b>
<b>Exp.</b>	T <sub>1</sub>	X <sub>a</sub>	T <sub>2</sub>
<b>Cont.</b>	T <sub>1</sub>	X <sub>b</sub>	T <sub>2</sub>

### **Teknik Analisis Data**

Data yang diperoleh dari hasil penelitian, telah dianalisis dengan menggunakan teknik analisis statistik parametrik, dengan menggunakan uji signifikansi perbedaan dua mean gain. Adapun tes statistik yang digunakan adalah tes t satu ekor (*one-tailed test*) (Luhut Panggabean, 1996). Yang menjadi pertimbangan digunakannya teknik analisis statistik parametrik adalah karena kedua skor gain baik untuk kelompok kontrol maupun kelompok eksperimen terdistribusi secara normal. Selanjutnya nilai t hasil perhitungan ( $t_o$ ) dikonsultasikan dengan nilai t dari tabel ( $t_t$ ) dengan ketentuan, jika  $t$  hitung ( $t_o$ ) lebih besar atau sama dengan  $t$  tabel ( $t_t$ ) berarti secara signifikan rata-rata gain dari penggunaan prinsip variasi Van Baak lebih tinggi dari rata-rata gain hasil penggunaan teorema simpal Kirchoff dan sebaliknya.

### **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Hasil-hasil yang diperoleh dari penelitian ini dapat dilihat pada tabel 1.

Dari hasil uji statistik (uji t) terhadap kedua rata-rata gain, diperoleh; harga  $t$  hitung ( $t_o$ ) sebesar 2,57 dan harga  $t$  tabel ( $t_t$ ) pada taraf signifikansi 95 % dan derajat kebebasan 80 sebesar 1,99. Ternyata  $t_o > t_t$ , berarti secara signifikan rata-rata gain yang diperoleh dari penggunaan prinsip variasi Van Baak lebih tinggi dari rata-rata gain yang diperoleh dari penggunaan teorema simpal Kirchoff.

**Tabel 1**  
**Data-data hasil pretest dan posttest serta gainnya**

	Kel. Eksperimen N = 40			Kel. Kontrol N = 42		
	Pretest	Posttest	Gain	Pretest	Posttest	Gain
Skor tertinggi	13	20	10	14	20	8
Skor terendah	0	4	3	0	1	1
Mean	4,11	13,23	5,93	3,86	9,10	4,21
SD (standar deviasi)	3,98	4,52	3,21	4,01	7,14	2,83

Hasil analisis lebih lanjut, menunjukkan bahwa untuk persoalan rangkaian listrik sederhana (bersimpal tunggal) kedua metode penyelesaian dapat sama-sama handal untuk digunakan. Sedangkan untuk persoalan rangkaian listrik kompleks (bersimpal jamak), prinsip variasi Van Baak lebih handal dibanding teorema simpal Kirchhoff.

Dari pengamatan sumber-sumber kesalahan utama yang dilakukan siswa dari penggunaan prinsip variasi Van Baak, menunjukkan bahwa setengah dari kesalahan yang dibuat siswa (50 %) bersumber dari kesalahan dalam melakukan penurunan fungsi secara parsial. Sedangkan dari pengamatan sumber-sumber kesalahan utama yang dilakukan siswa dari penggunaan teorema simpal Kirchhoff, menunjukkan bahwa sebagian besar (70 %) dari kesalahan yang dibuat oleh siswa adalah bersumber dari kesalahan dalam melakukan penandaan arah-arah arus dan ggl dihubungkan dengan arah simpal yang dibuat.

## KESIMPULAN DAN REKOMENDASI

### Kesimpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian adalah bahwa prinsip variasi Van Baak relatif lebih handal digunakan untuk menyelesaikan persoalan-persoalan rangkaian listrik arus searah dibanding teorema simpal Kirchhoff, terutama untuk rangkaian-rangkaian listrik yang bersimpal jamak. Kendala yang masih banyak dihadapi para siswa dalam penggunaan metode baru ini adalah kesulitan dalam melakukan pendiferensiasian (penurunan) suatu fungsi secara parsial. Sedangkan kendala klasik yang sering terjadi pada penggunaan teorema simpal Kirchhoff yaitu kesalahan dalam penandaan arah arus dan ggl dihubungkan dengan arah simpal yang dibuat, juga banyak dialami oleh sebagian besar siswa dalam penelitian ini.

### **Rekomendasi**

Atas dasar hasil penelitian ini, peneliti menyarankan agar prinsip variasi Van Baak dapat mulai diperkenalkan secara lebih luas lagi di kalangan siswa SMU sebagai metode alternatif dari metode lama yaitu teorema simpal Kirchhoff dalam pembahasan rangkaian listrik arus searah. Dan agar hasil yang diperoleh dari penggunaan prinsip variasi Van Baak ini dapat lebih optimal, maka pengetahuan tentang aturan turunan (diferensial) parsial perlu ditanamkan sebaik mungkin dikalangan para siswa sebelumnya.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada pengelola proyek penelitian Dana Rutin UPI tahun 2001 yang telah mendanai penelitian ini.

### **DAFTAR PUSTAKA**

Halliday dan Resnick, (1986). *Fisika*, Jakarta: Erlangga.

Van Baak, D.A. (1999). *Variational Alternatives to Kirchhoff's Loop Theorem In dc Circuits*, Am. J. Phys. 67 (1), January, pp. 36-44,

Luhut P. Panggabean, (1996). *Penelitian Pendidikan*, Bandung: FPMIPA IKIP.