

SIMULASI OPTIMASI PENEMPATAN KAPASITOR MENGUNAKAN METODA ALGORITMA KUANTUM PADA SISTEM TEGANGAN MENENGAH REGION JAWA BARAT

Mart Christo Belfry

NRP : 1022040

E-mail : martchristogultom@gmail.com

ABSTRAK

Dalam penyaluran energi listrik ada beberapa masalah yang dihadapi antara lain *drop* tegangan, faktor daya yang rendah dan rugi – rugi daya. Beban pada sistem tegangan menengah bisa berupa beban kapasitif maupun induktif, namun pada umumnya merupakan beban induktif. Apabila beban reaktif induktif semakin tinggi maka akan berakibat memperbesar *drop* tegangan, memperbesar rugi – rugi daya, menurunkan faktor daya dan menurunkan kapasitas penyaluran daya. Untuk mengurangi beban daya reaktif induktif diperlukan sumber daya reaktif kapasitif, salah satu diantaranya adalah dengan memasang nilai kapasitor yang optimal di lokasi yang tepat.

Metoda yang digunakan untuk penempatan kapasitor yang optimal adalah algoritma kuantum (algoritma grover). Algoritma kuantum (algoritma grover) digunakan untuk menentukan kandidat *bus* lokasi kapasitor, dan untuk menentukan besarnya kapasitor *bank* yang akan ditempatkan. Parameter yang digunakan untuk fungsi objektif dalam algoritma kuantum (algoritma grover) adalah total rugi – rugi daya aktif saluran minimal. Dengan parameter fungsi obyektif ini akan mendapat nilai kapasitor yang akan ditempatkan pada *bus* dan memenuhi batas tegangan yang ditentukan. Waktu yang dibutuhkan untuk menghitung nilai penambahan kapasitor sangat cepat dan akurat karena proses langkah pada metoda algoritma kuantum yaitu (\sqrt{N}) langkah, jika dibandingkan dengan metoda lain seperti algoritma genetika dsb.

Hasil pengujian menunjukkan bahwa optimasi penempatan kapasitor menggunakan algoritma kuantum (algoritma grover) dapat menemukan ukuran kapasitor yang optimal sehingga tegangan tiap *bus* sudah memenuhi batas tegangan yang ditentukan setelah penempatan kapasitor ($V_{\min} = 0.95$ dan $V_{\max} = 1.05$). Lokasi kapasitor yang optimal adalah *bus* 11 (70 MVar) dan *bus* 12 (40 MVar).

Kata Kunci : *Drop* Tegangan, Rugi – Rugi Daya, Kapasitor, Algoritma Kuantum (Algoritma Grover)

CAPACITOR PLACEMENT SIMULATION OPTIMIZATION USING QUANTUM ALGORITHM METHOD IN MEDIUM VOLTAGE SYSTEM WEST JAVA REGION

Mart Christo Belfry

NRP : 1022040

E-mail : martchristogultom@gmail.com

ABSTRACT

In the distribution of electrical energy there are several problems encountered include voltage drop, low power factor and power losses. The load on the intermediate voltage system can be either capacitive or inductive load, but is generally an inductive load. If the inductive reactive load is higher than it will result in increasing the voltage drop, increasing the loss of power, decreasing the power factor and decreasing the power distribution capacity. To reduce the inductive reactive power load a capacitive reactive resource is required, one of which is to install an optimum capacitor value at the right location.

The method used for optimal capacitor placement is the quantum algorithm (grover algorithm). The quantum algorithm (grover algorithm) is used to determine the candidate location of the bus capacitor, and to determine the size of the bank capacitor to be placed. The parameters used for the objective function in the quantum algorithm (grover algorithm) are the total losses of the channel's minimum active power. With this objective function parameter will get the value of the capacitor to be placed on the bus and meet the specified voltage limit. The time required to calculate the value of the addition of the capacitor is very fast and accurate because the step process in the quantum algorithm method is (\sqrt{N}) step, when compared with other methods such as genetic algorithm and so on.

The test results show that the optimization of capacitor placement using quantum algorithm (grover algorithm) can find the optimal capacitor size so that the voltage of each bus meets the specified voltage limits after capacitor placement ($V_{min} = 0.95$ and $V_{max} = 1.05$). The optimal capacitor location is bus 11 (70 MVar) and bus 12 (40 MVar).

Keywords : *Voltage Drop, Power Loss, Capacitors, Quantum Algorithms (Grover Algorithm)*

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	
LEMBAR PENGESAHAN	
PERNYATAAN ORSINALITAS LAPORAN TUGAS AKHIR	
PERNYATAAN PERSETUJUAN PUBLIKASI LAPORAN TUGAS AKHIR	
KATA PENGANTAR	i
ABSTRAK	iii
ABSTRACT	iv
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
DAFTAR ISTILAH	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Identifikasi Masalah	2
I.3 Perumusan Masalah	3
I.4 Tujuan	3
I.5 Pembatasan Masalah	3
I.6 Sistematika Penulisan	3
BAB II LANDASAN TEORI	5
II.1 Sistem Jaringan Distribusi	5
II.1.1 Jaringan Distribusi Primer	6
II.1.2 Rugi-Rugi Jaringan	8
II.1.3 Pengaturan Tegangan	9
II.1.3.1 Jatuh Tegangan	10
II.1.3.2 Perbaikan Tingkat Tegangan	10
II.2 Besaran Per Unit	11
II.3 Kapasitor <i>Bank</i>	11
II.3.1 Kapasitor Seri Pada Jaringan	12

II.3.2	Kapasitor Paralel Pada Jaringan	13
II.4	Studi Aliran Daya (<i>Load Flow</i>).....	14
II.4.1	Representasi Sistem Tenaga Listrik	14
II.4.1.1	Generator Sinkron	14
II.4.1.2	Transformator	15
II.4.1.3	Saluran Transmisi.....	15
II.4.1.4	Kapasitor dan Reaktor Paralel	16
II.4.1.5	Beban (<i>Load</i>).....	16
II.4.2	Model Sistem.....	16
II.4.3	Metoda <i>Newton-Raphson</i>	17
II.5	Algoritma Kuantum.....	19
II.5.1	Sejarah Algoritma Kuantum (Algoritma Grover)	20
II.5.2	Konsep Algoritma Kuantum (Algoritma Grover).....	23
II.5.3	Algoritma Kuantum (Algoritma Grover) Superposisi.....	24
II.5.4	Algoritma Kuantum (Algoritma Grover) Keterikatan (Entanglement).....	26
II.5.5	Pencarian Algoritma Kuantum (Algoritma Grover).....	28
BAB III PERANCANGAN SISTEM		30
III.1	Diagram Blok dan Diagram Alir Perancangan Sistem	30
III.2	Metoda <i>Newton-Raphson</i> Untuk Aliran Daya	32
III.2.1	Tahap Perhitungan Aliran Daya Dengan <i>Newton-Raphson</i>	34
III.3	Algoritma Kuantum (Algoritma Grover) Untuk Pemilihan Kandidat Bus dan Penempatan Kapasitor	40
III.3.1	Tahap Menentukan Kandidat Bus Dengan Algoritma Kuantum (Algoritma Grover)	41
III.3.2	Tahap Optimasi Penempatan Kapasitor Dengan Algoritma Kuantum (Algoritma Grover)	42
III.3.3	Langkah – Langkah Optimasi Penempatan Kapasitor Dengan Algoritma Kuantum (Algoritma Grover).....	42
BAB IV PENGUJIAN DAN ANALISIS		44
IV.1	Data Sistem	44
IV.2	Hasil Pengujian	47

IV.2.1	Perhitungan Aliran daya Dengan Metoda <i>Newton-Raphson</i>	47
IV.2.2	Pengujian Penentuan Kandidat <i>Bus</i> Dengan Algoritma	
	Kuantum	49
IV.2.2	Pengujian Penempatan Kapasitor Dengan Algoritma	
	Kuantum	51
	IV.2.3.1 Pengujian 1	52
	IV.2.3.2 Pengujian 2	54
	IV.2.3.3 Pengujian 3	56
IV.2.4	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada	
	Pengujian 1	57
IV.2.5	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada	
	Pengujian 2	60
IV.2.6	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada	
	Pengujian 3	63
IV.2.7	Hasil Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor	
	Pada Semua Pengujian	66
BAB V SIMPULAN DAN SARAN		68
V.1	Simpulan	68
V.2	Saran	69
DAFTAR PUSTAKA		71
LAMPIRAN		A-1

DAFTAR GAMBAR

Gambar II.1	Penyaluran Tenaga Listrik	6
Gambar II.2	Jaringan Radial.....	7
Gambar II.3	Jaringan Lingkaran (<i>Loop</i>).....	7
Gambar II.4	Segitiga Daya	12
Gambar II.5	Rangkaian Ekuivalen Saluran	13
Gambar II.6	Diagram vektor pada rangkaian faktor daya <i>lagging</i> tanpa kapasitor	13
Gambar II.7	Diagram vektor pada rangkaian faktor daya <i>lagging</i> dengan kapasitor	13
Gambar II.8	Model Sistem Tenaga Listrik	17
Gambar II.9	Iterasi Metode <i>Newton</i>	19
Gambar III.1	Diagram Blok Perancangan Sistem.....	30
Gambar III.2	Diagram Alir Perancangan Sistem	31
Gambar III.3	Diagram Alir Perhitungan Aliran Daya	32
Gambar III.4	Diagram Alir Proses Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode <i>Newton-Raphson</i>	33
Gambar IV.1	Bentuk Jaringan Sistem Tegangan Menengah Subsistem Bandung Selatan 150 kV	44
Gambar IV.2	<i>Drop</i> Tegangan Dari Perhitungan <i>Newton-Raphson</i>	44
Gambar IV.3	Grafik Perbandingan Tegangan <i>Bus</i> Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 1	58
Gambar IV.4	Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 1	59
Gambar IV.5	Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 1	59
Gambar IV.6	Grafik Perbandingan Tegangan <i>Bus</i> Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 2	61

Gambar IV.7	Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 2	62
Gambar IV.8	Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 2	62
Gambar IV.9	Grafik Perbandingan Tegangan <i>Bus</i> Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 3	64
Gambar IV.10	Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Aktif Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 3	65
Gambar IV.11	Grafik Perbandingan Rugi-Rugi Daya Reaktif Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 3	65



DAFTAR TABEL

Tabel IV.1	Data Sistem Kelistrikan Subsistem Bandung Selatan 150 kV	45
Tabel IV.2	Data Saluran Sistem Kelistrikan Subsistem Bandung Selatan 150kV	46
Tabel IV.3	Perhitungan Aliran Daya Dengan Metode <i>Newton-Raphson</i>	47
Tabel IV.4	<i>Line Flow And Losses</i>	48
Tabel IV.5	Output Algoritma Kuantum (Algoritma Grover).....	49
Tabel IV.6	Pengujian Perbaikan Tegangan 1	52
Tabel IV.7	<i>Line Flow And Losses</i> 1	53
Tabel IV.8	Pengujian Perbaikan Tegangan 2.....	54
Tabel IV.9	<i>Line Flow And Losses</i> 2	55
Tabel IV.10	Pengujian Perbaikan Tegangan 3.....	56
Tabel IV.11	<i>Line Flow And Losses</i> 3	57
Tabel IV.12	Perbandingan Tegangan <i>Bus</i> Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 1	58
Tabel IV.13	Perbandingan Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 1	60
Tabel IV.14	Perbandingan Tegangan <i>Bus</i> Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 2	61
Tabel IV.15	Perbandingan Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 2	63
Tabel IV.16	Perbandingan Tegangan <i>Bus</i> Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 3	64
Tabel IV.17	Perbandingan Rugi-Rugi Daya Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor Pada Pengujian 3	66
Tabel IV.18	Perbandingan Sebelum dan Sesudah Penempatan Kapasitor	66

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran A Program Aliran Daya <i>Newton-Raphson</i>	A-1
Lampiran B Program Algoritma Kuantum (Algoritma Grover).....	B-1
Lampiran C SPLN 72 : 1987.....	C-1



DAFTAR ISTILAH

- Bus* : lokasi di mana jalur transmisi, sumber generasi, dan beban distribusi bertemu.
- Line feeder* : saluran transmisi pada sistem jaringan distribusi
- Transformator : alat yang memindahkan tenaga listrik antar dua rangkaian listrik atau lebih melalui induksi elektromagnetik.
- Generator : sebuah mesin yang dapat mengubah energi gerak (mekanik) menjadi energi listrik (elektrik).
- Gardu induk : sub sistem dari sistem penyaluran (transmisi) tenaga listrik, atau merupakan satu kesatuan dari sistem penyaluran (transmisi).
- Daya Aktif : daya yang sesungguhnya dibutuhkan oleh beban.
- Daya Reaktif : daya yang dibutuhkan untuk pembentukan medan magnet atau daya yang ditimbulkan oleh beban yang bersifat induktif.
- Daya Semu : daya yang dihasilkan dari perkalian tegangan dan arus listrik.
Daya nyata merupakan daya yang diberikan oleh PLN kepada konsumen.
- Faktor Daya : perbandingan antara daya aktif dan daya nyata