

**OPTIMASI SUSUNAN BAHAN BAKAR TERAS PWR DENGAN
QUANTUM-INSPIRED EVOLUTIONARY ALGORITHM TANPA
CONSTRAINT PADA JUMLAH INVENTORI PERANGKAT BAKAR**

Oleh

Teguh Adi Syarif Hidayat

11/319340/TK/38469

Diajukan kepada Departemen Teknik Nuklir dan Teknik Fisika Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada pada tanggal 8 April 2016
untuk memenuhi sebagian persyaratan untuk memperoleh derajat sarjana S-1
Program Studi Teknik Nuklir

INTISARI

Manajemen bahan bakar nuklir merupakan salah satu permasalahan utama dalam pemanfaatan energi nuklir karena melibatkan bahan bakar fisil yang ketersediaannya terbatas di alam. Optimasi manajemen bahan bakar nuklir pada tahap *in core* dan *out of core* dapat dilakukan dengan penentuan susunan bahan bakar (*fuel loading pattern*) dan pemilihan pengayaan bahan bakar. Namun penentuan *fuel loading pattern* dan pemilihan pengayaan bahan bakar adalah permasalahan yang rumit dan merupakan permasalahan kombinatorial yang melibatkan *search space* yang sangat besar sehingga mencoba seluruh kemungkinan adalah hal yang tidak mungkin dilakukan. Penelitian ini berusaha untuk mengimplementasikan metode *metaheuristic* untuk permasalahan optimasi *fuel loading pattern* dan jenis pengayaan yang akan digunakan. *Quantum-Inspired Evolutionary Algorithm* (QEA) diimplementasikan untuk optimasi teras PWR yang diwakili oleh reaktor KSNP-1000. Tujuan dari penelitian ini adalah mencari konfigurasi teras paling optimum yang ditunjukkan dengan panjangnya *cycle length* dan jumlah ^{235}U yang digunakan. Namun, terdapat batasan dimana *Power Peaking Factor* (PPF) pada *Beginning of Cycle* dari konfigurasi tersebut harus kurang dari 2.

Tanpa adanya *constraint* pada jumlah inventori *fuel assembly*, program optimasi akan meninjau ulang jenis dan jumlah pengayaan yang telah digunakan pada konfigurasi teras standar KSNP-1000 dan ada kemungkinan perbedaan jumlah

^{235}U yang digunakan pada hasil optimasi. Teras reaktor KSNP-1000 dimodelkan dalam paket kode SRAC dengan menggunakan modul PIJ dan CITATION. Nilai *fitness* dari setiap konfigurasi yang terbentuk dihitung dan digunakan sebagai pembandingan dalam program optimasi. Nilai *fitness* merupakan fungsi dari k_{eff} , PPF dan faktor bobot (w). Sebelum dijalankan untuk optimasi teras reaktor, program terlebih dahulu dijalankan dengan variasi pada variabel instrinsik QEA ($\Delta\theta$) dan w untuk pengukuran *fitness*. Nilai paling optimum untuk optimasi ditemukan $\Delta\theta = 0,02\pi$ dan $w = 0,03$. Setelah program optimasi dijalankan 30 kali, ditemukan hasil paling optimum yaitu konfigurasi memiliki *cycle length* 812 hari. Konfigurasi ini memiliki *cycle length* 47,4% lebih besar dibandingkan konfigurasi standar yang hanya 551 hari. Jumlah ^{235}U yang digunakan pada konfigurasi hasil optimasi 24,6% lebih banyak dibandingkan konfigurasi standar.

Kata kunci: Optimasi, *fuel loading pattern*, *cycle length*, pengayaan, KSNP-1000, QEA

Pembimbing Utama : Dr. Alexander Agung, ST., M.Sc.

Pembimbing Pendamping : Nazrul Effendy, ST., MT., Ph.D

**PWR CORE FUEL LOADING PATTERN OPTIMIZATION WITH
QUANTUM-INSPIRED EVOLUTIONARY ALGORITHM WITHOUT
CONSTRAINT ON FUEL ASSEMBLY INVENTORY NUMBER**

by

Teguh Adi Syarif Hidayat
11/319340/TK/38469

Submitted to the Department of Nuclear Engineering and Physics Engineering
Faculty of Engineering Universitas Gadjah Mada on April 8th, 2016

ABSTRACT

Nuclear fuel management is one of the main problems in nuclear energy usage because it involves fissile material which resources are very limited. Nuclear fuel management optimization at the in-core and out of core stage can be done by choosing fuel loading pattern and fuel enrichment. However, choosing the right fuel loading pattern and fuel enrichment involves a very large search space making it impossible to try the whole possible combination. This research tried to implement metaheuristic method on this problem. Quantum-inspired Evolutionary Algorithm (QEA) is implemented for the optimization of PWR reactor core represented with KSNP-1000. The purpose of this research is to find best core configuration based on its cycle length and amount of ^{235}U used.

Without constraint on the number of fuel assemblies, the optimization program will review the type and enrichment amount already used on the standard configuration of KSNP-1000. KSNP-1000's reactor core will be modeled with SRAC's PIJ and CITATION module. Fitness value of each configuration will be computed and used as a comparison in the optimization program. Fitness value is a function of k_{eff} , PPF and weight factor (w). The best value for used parameters ($\Delta\theta$ and w) is evaluated before the actual optimization is started. Best values found are $\Delta\theta = 0,02\pi$ and $w = 0,03$. After being repeated 30 times, the optimization program found a configuration with cycle length of 812 days. This is 47,4% longer than the standard configuration which only has cycle length of 551 days. The amount of ^{235}U used in the optimized configuration is only 24,6% more than the amount used in

standard configuration. Therefore, the optimized configuration is more efficient than the standard configuration.

Keywords: Optimization, fuel loading pattern, cycle length, enrichment, KSNP-1000, QEA

Supervisor : Dr. Alexander Agung, ST., M.Sc.

Co-supervisor : Nazrul Effendy, ST., MT., Ph.D