

## TEKNIK SIMULASI UNTUK OPTIMASI RANDOM SEARCH DENGAN MENERAPKAN RELAKSASI PADA PERBAIKAN FUNGSI TUJUAN

oleh :

**Widandi Soetopo<sup>1</sup> dan Tiny Mananoma<sup>2</sup>**

---

### Abstrak

Alasan daripada penerapan cara simulasi untuk optimasi dengan teknik Random Search untuk menyelesaikan suatu model optimasi adalah karena mudah dan sederhana. Tetapi pada model-model yang mempunyai kondisi multi-optimal, teknik ini cenderung untuk terjebak pada kondisi optimal lokal. Pada penelitian ini diterapkan suatu prosedur relaksasi pada kriteria perbaikan fungsi tujuan. Teknik Random Search dengan prosedur relaksasi ini diterapkan untuk menyelesaikan suatu model optimasi manajemen distribusi air bersih. Hasilnya menunjukkan bahwa prosedur relaksasi ini dapat meningkatkan kinerja daripada teknik Random Search.

Kata kunci: simulasi, optimasi, random search, relaksasi.

### *Abstract*

*The reasons for applying the method of simulation for optimization with the Random Search technique in solving an optimization model is the easiness and simplicity. However, for models with multiple optima, this technique has a tendency to be trapped in local optimality. In this research, a relaxation procedure is being introduced to the objective function improvement criterions. The random search technique with relaxation procedure is then applied for solving*

---

<sup>1</sup> Mahasiswa S3 FT-UGM dan dosen FT Unibraw

<sup>2</sup> Mahasiswa S3 FT-UGM dan dosen FT Sam Ratulangi

*an optimization model for municipal water distribution management. The results show that this relaxation procedure can improve the performance of the random search technique.*

*Keywords: simulation, optimization, random search, relaxation.*

## **PENDAHULUAN**

### **1. Latar Belakang**

Perkembangan teknik-teknik pada metode simulasi untuk optimasi berjalan seiring dengan meningkatnya kemampuan komputer dalam hal kapasitas memori dan kecepatan pemrosesan. Simulasi untuk optimasi semakin menjadi alat utama bagi para praktisi simulasi (Bowden dan Hall, 1998). Hal ini terutama sangat berguna dalam menyelesaikan model-model optimasi yang mengandung sejumlah besar variabel-variabel keputusan. Cobb dan Charnes (2003) misalnya menggunakan pendekatan simulasi untuk optimasi guna mengestimasi nilai alternatif-alternatif investasi riil. Sedangkan Cave dkk (2002) menggunakan metode simulasi untuk optimasi dalam menyelesaikan masalah penjadwalan riil dalam industri.

Salah satu dari teknik-teknik dalam metode simulasi untuk optimasi adalah teknik Random Search. Teknik ini adalah populer dikalangan para peneliti ilmiah (Goldberg, 1989). Tetapi teknik Random Search mempunyai kekurangan dalam hal efisiensi. Dilain pihak, penerapan teknik Random Search adalah mudah. Karena alasan faktor kemudahan, maka dalam penelitian ini teknik Random Search diterapkan pada suatu model manajemen distribusi air bersih dari PDAM Tirtamarta di Daerah Istimewa Yogyakarta. Model manajemen distribusi air bersih ini merupakan bagian dari penelitian disertasi yang sedang dilakukan oleh penulis.

### **2. Permasalahan**

Teknik Random Search adalah mudah dan sederhana dalam penerapannya. Tetapi dalam mendapatkan solusi optimal global akan mengalami masalah-masalah berikut:

1. Untuk usaha pencarian (*searching*) terhadap solusi dalam lingkup yang luas (global) akan membutuhkan jumlah iterasi yang banyak.
2. Untuk pencarian terhadap solusi dalam lingkup yang sempit, solusi cenderung untuk terjebak dalam kondisi optimal lokal.
3. Untuk dapat keluar dari kondisi optimal lokal dengan menggunakan cara biasa, akan diperlukan lebih banyak iterasi lagi.

Oleh karenanya dalam penelitian ini dicoba suatu cara sederhana dan praktis untuk mengatasi masalah-masalah tersebut diatas.

### **3. Tujuan Penelitian**

Adapun tujuan dari penelitian ini adalah untuk meningkatkan kinerja daripada teknik Random Search dalam mencapai solusi yang optimal secara global dengan menerapkan suatu cara yang sederhana.

### **4. Batasan Penelitian**

Lingkup daripada penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

- a. Penelitian ini membandingkan antara kinerja teknik Random Search dalam dua kondisi, yaitu dengan terapan cara sederhana dan tanpa terapan.
- b. Awal pengamatan adalah saat proses pencarian solusi optimal global dengan teknik Random Search sudah mulai sering menemui titik-titik optimal lokal.
- c. Akhir pengamatan adalah pada saat perbedaan nilai Fungsi Kinerja (Fungsi Tujuan) antara kedua kondisi sudah terlihat definitif.
- d. Model optimasi yang digunakan ditampilkan dalam garis besarnya saja.

## **TINJAUAN PUSTAKA**

Teknik-teknik simulasi untuk optimasi dapat dibagi menjadi dua kelompok, yaitu kelompok teknik-teknik **klasik** dan kelompok teknik-teknik **non-klasik** (Wehrens dan Buydens, 2000). Sementara kelompok teknik-teknik klasik itu sendiri terbagi lagi menjadi dua kategori, yaitu teknik-teknik **kuat** (*strong*) dan teknik-

teknik **lemah** (*weak*). Teknik Random Search sendiri adalah termasuk dalam kategori teknik-teknik lemah.

Menurut Wehrens dan Buydens (2000), dalam banyak kesempatan teknik Random Search ini bukan menjadi pilihan, kecuali tidak ada alternatif lainnya. Tetapi dalam bidang kimia misalnya, strategi Random Search telah menuntun kepada penemuan obat-obatan yang baru. Sementara Muller dkk (2002) menyatakan bahwa suatu teknik Random Search yang dipercepat secara terkendali (*the guided accelerated random search technique*) telah diterapkan untuk mengoptimasi parameter-parameter pada sistem kontrol penerbangan, dan untuk mengoptimasi *perceptron* (model matematis dari neural biologis).

Menurut Andradottir (1998), ada dua teknik Random Search yang telah dikembangkan ditujukan untuk simulasi untuk optimasi dengan parameter diskrit. Kedua teknik ini pada dasarnya berbeda dalam pemilihan struktur wilayah sekitar yang digunakan. Satu teknik berkemampuan konvergen lokal, sementara teknik yang lainnya berkemampuan konvergen global. Sementara Olafsson dan Kim (2001) telah mengkombinasikan sejumlah elemen dari berbagai teknik, diantaranya teknik Random Search, menjadi suatu kerangka kerja daripada simulasi untuk optimasi model *black-box*.

Baumert dan Smith (2002) menyatakan bahwa teknik Random Search murni (*pure random search*) walaupun tidak layak dari segi perhitungan, tetapi merupakan suatu model abstrak daripada algoritma stokastik yang paling sederhana untuk tujuan optimasi global. Sementara Solomatine (1999) telah menerapkan sejumlah teknik-teknik optimasi global, diantaranya teknik Random Search Terkontrol, pada dua problem optimasi. Pada problem pertama yang berupa kalibrasi model hidrologi, teknik-teknik ini dapat mencari parameter-parameter model yang lebih sesuai, yang sulit kalau harus dicari dengan cara coba-banding. Pada problem kedua yang berupa model optimasi jaringan pipa distribusi air, maka teknik-teknik optimasi global ini mampu untuk mencari solusi-solusi yang jelas tidak mungkin untuk diperoleh lewat cara yang lebih tradisional.

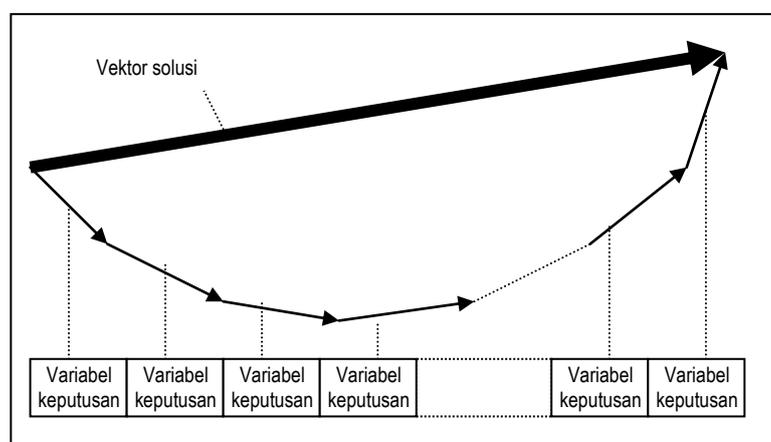
## LANDASAN TEORI

Salah satu jenis daripada problem optimasi adalah problem kombinasi (*combinatorial*), yang mempunyai kompleksitas yang besar dan kebanyakan bersifat non-polinomial (Wehrens dan Buydens, 2000). Problem kombinasi, atau juga disebut sebagai problem multivariate, mengandung variabel-variabel bebas yang jumlahnya dapat mencapai puluhan ribu (Kirkpatrick dkk, 1983). Secara matematis, maka model umum untuk optimasi global adalah sebagai berikut (Baumert dan Smith, 2002).

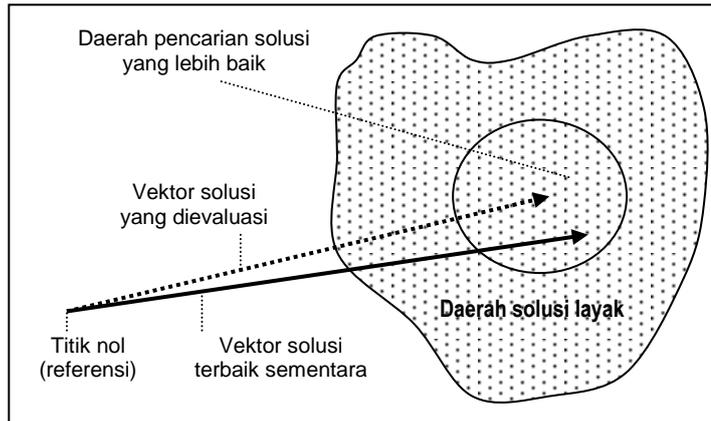
$$f(x^*) = \underset{x \in S}{\text{maks/min}} f(x) \quad (1)$$

dengan  $x$  adalah vektor variabel-variabel keputusan,  $x^*$  adalah vektor variabel-variabel keputusan yang optimal,  $S$  adalah daerah layak (*feasible*),  $f$  adalah Fungsi Tujuan, dan maks/min adalah pilihan yang tergantung apakah Fungsi Tujuan akan dimaksimumkan atau diminimumkan.

Pada model Persamaan (1) diatas,  $x \in S$  menyatakan sistem kendala daripada model optimasi. Untuk menyelesaikan model optimasi pada penelitian ini akan digunakan teknik Random Search. Strategi daripada teknik Random Search adalah sederhana (Wehrens dan Buydens, 2000), yaitu mencoba terus kandidat daripada solusi-solusi baru sambil tetap mempertahankan solusi yang terbaik sampai waktu yang tersedia untuk simulasi habis. Suatu alternatif solusi merupakan vektor yang dibentuk dari semua variabel-variabel keputusan yang terkandung dalam model optimasi. Contoh vektor alternatif solusi ditampilkan pada Gambar 1 berikut.



Proses optimasi dengan teknik Random Search dimulai dengan suatu solusi yang diperoleh secara acak tetapi layak (yaitu memenuhi sistem kendala  $x \in S$ ) sebagai solusi terbaik sementara. Selanjutnya proses pencarian solusi optimal secara global dilakukan secara iteratif, dimana pada setiap iterasi, dilakukan evaluasi terhadap suatu vektor solusi acak disekitar vektor solusi terbaik sementara, seperti ditampilkan pada Gambar 2 berikut.

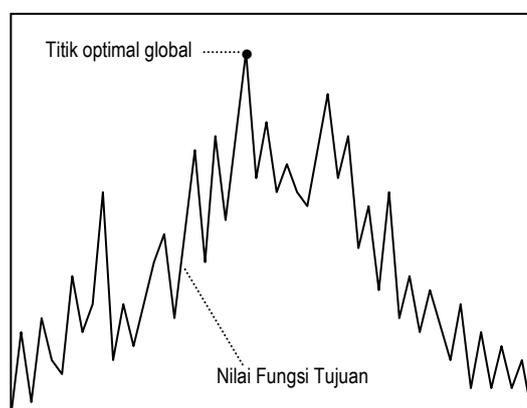


Gambar 2. Proses satu iterasi untuk perbaikan solusi Random Search.

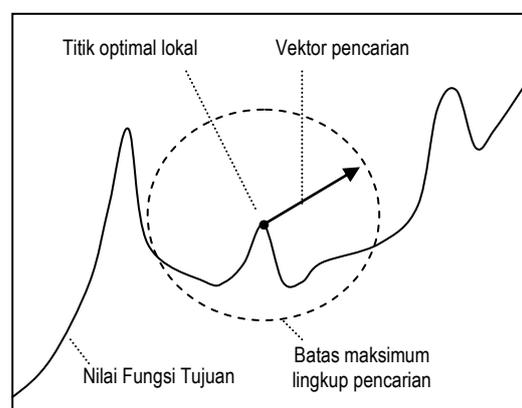
Apabila vektor solusi yang dievaluasi mempunyai kinerja yang lebih baik, maka terjadilah **perbaikan solusi**, yaitu vektor solusi yang dievaluasi ini akan menjadi vektor solusi terbaik sementara yang berikutnya. Dalam proses pencarian solusi optimal global ini, daerah pencarian solusi dimulai dengan suatu lingkup yang cukup besar. Apabila dalam iterasi pencarian solusi optimal global frekwensi perbaikan solusi sudah jarang, maka lingkup daerah pencarian solusi akan dipersempit.

Menyempitnya lingkup daerah pencarian solusi akan mengakibatkan menurunnya nilai perbaikan kinerja solusi. Proses iterasi pencarian solusi optimal global akan dihentikan apabila nilai perbaikan kinerja solusi sudah cukup kecil (atau lingkup daerah pencarian solusi sudah cukup sempit).

Model optimasi yang multivariate cenderung untuk mempunyai banyak titik-titik optimal lokal (multi-optimal). Kondisi multi-optimal biasanya menyebabkan problem nonlinier menjadi susah untuk diselesaikan (Wang, 1998). Untuk menjelaskan konsep daripada optimal lokal dan optimal global, maka dapat digunakan analogi bentuk daerah pegunungan (Wehrens dan Buydens, 2000). Analogi bentuk ini ditampilkan sebagai Gambar 3 berikut.



Gambar 3. Fungsi Tujuan yang multi-optimal



Gambar 4. Pencarian solusi terjebak pada optimal lokal

Puncak daripada sebuah gunung selalu merupakan titik optimal lokal. Tetapi hanya puncak gunung tertinggi yang merupakan titik optimal global. Dalam proses menuju titik optimal global, maka pencarian solusi dapat terjebak pada salah satu dari sekian banyak titik-titik optimal lokal. Kondisi terjebak pada titik optimal lokal ini dipaparkan pada Gambar 4.

Dapat dilihat pada Gambar 4 diatas bahwa batas lingkup pencarian adalah terlalu kecil untuk dapat keluar dari daerah optimal lokal. Dalam hal ini diperlukan suatu prosedur sederhana untuk dapat keluar dari daerah optimal lokal **tanpa** merubah ukuran batas lingkup pencarian. Prosedur yang disarankan pada peneliti-

an ini adalah suatu prosedur sebagai berikut, yaitu *apabila tidak terjadi perbaikan solusi dalam jumlah iterasi tertentu, maka nilai fungsi tujuan diturunkan (untuk problem maksimisasi) atau dinaikan (untuk problem minimisasi) dengan suatu jumlah tertentu*. Prosedur **relaksasi** perbaikan fungsi tujuan ini mempunyai efek memberikan kemampuan untuk dapat melompat keluar dari daerah optimal lokal. Tetapi dalam hal ini lingkup pencarian sendiri tidak dirubah nilainya.

## METODE PENELITIAN

### 1. Model Optimasi

Model manajemen distribusi air bersih dari 24 sumber air ke 98 sub-wilayah di daerah operasi PDAM Tirtamarta DIY dalam penelitian ini dapat digambarkan sebagai Tabel 1 berikut.

Tabel 1. Konfigurasi Alokasi air bersih dari Sumber air ke Sub-Wilayah.

		SUB-WILAYAH									Distribusi produksi
		1	2	3	4	5	6	7	.....	98	
Sumber Air	1	0	0	0	$O_{14}$	0	0	0	.....	0	$Dp_1$
	2	0	0	0	$O_{24}$	0	0	0	.....	0	$Dp_2$
	3	0	0	0	$O_{34}$	0	0	0	.....	0	$Dp_3$
	4	0	0	0	0	0	0	0	.....	0	$Dp_4$
	5	0	0	0	0	0	0	0	.....	0	$Dp_5$
	6	0	0	0	$O_{64}$	$O_{65}$	$O_{66}$	$O_{67}$	.....	0	$Dp_6$
	7	0	0	0	$O_{74}$	$O_{75}$	$O_{76}$	$O_{77}$	.....	0	$Dp_7$
	8	0	0	0	$O_{84}$	$O_{85}$	$O_{86}$	$O_{87}$	.....	0	$Dp_8$
	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
	24	0	0	0	0	0	0	0	.....	0	$Dp_{24}$
Alokasi	$O_1$	$O_2$	$O_3$	$O_4$	$O_5$	$O_6$	$O_7$	.....	$O_{98}$		
Kehilangan	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_4$	$L_5$	$L_6$	$L_7$	.....	$L_{98}$		
Pemakaian	$K_1$	$K_2$	$K_3$	$K_4$	$K_5$	$K_6$	$K_7$	.....	$K_{98}$		

Keterangan:  $O_{ij}$  = volume alokasi air dari sumber  $i$  ke sub-wilayah  $j$  (nol berarti tidak ada koneksi),  
 $O_j$  = total volume alokasi air ke sub-wilayah  $j$ .  
 $L_j$  = volume kehilangan air di jaringan yang ada di sub-wilayah  $j$ .  
 $K_j$  = volume pemakaian air pelanggan semua golongan secara riil di sub-wilayah  $j$ .  
 $Dp_i$  = volume distribusi produksi daripada sumber air pasokan  $i$ .

Secara matematik hubungan diantara variabel-variabel  $Dp$ ,  $O$ ,  $K$ , dan  $L$  pada Tabel 1 diatas dapat dinyatakan dalam persamaan-persamaan berikut ini.

$$Dp_i = \sum_{j=1}^{98} O_{ij} \quad (i = 1 \text{ s/d } 24) \quad (2.a)$$

$$O_j = \sum_{i=1}^{24} O_{ij} \quad (j = 1 \text{ s/d } 98) \quad (2.b)$$

$$K_j = O_j - L_j \quad (j = 1 \text{ s/d } 98) \quad (2.c)$$

dengan  $Dp_i$  adalah volume distribusi produksi sumber air  $i$  (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ),  $O_{ij}$  adalah alokasi dari sumber air  $i$  ke sub-wilayah  $j$  (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ),  $O_j$  adalah total alokasi ke sub-wilayah  $j$  dari semua sumber air yang terkoneksi dengan sub-wilayah tersebut (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ), dan  $K_j$  adalah volume pemakaian air pelanggan semua golongan di sub-wilayah  $j$  (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ), dan  $L_j$  adalah volume kehilangan air di jaringan distribusi sub-wilayah  $j$  (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ).

Variabel  $O_{ij}$  merupakan **variabel keputusan** (*decision variable*) yang dalam model ini jumlahnya ada 1440 buah.

Sistem Persamaan (2.a) terdiri dari 24 persamaan, sistem Persamaan (2.b) terdiri dari 98 persamaan, dan sistem Persamaan (2.c) terdiri dari 98 persamaan. Seluruh sistem Persamaan (2.a), (2.b), dan (2.c) mengandung 220 persamaan. Ke-220 persamaan tersebut merupakan kendala dasar, yang ditambah dengan 6 kendala spesifik membentuk sistem kendala daripada model optimasi.

Sebagai Fungsi Tujuan model optimasi ini adalah meminimumkan total volume kehilangan air diseluruh sub-wilayah sebagai berikut.

$$\text{Minimumkan } Ltv = \sum_{j=1}^{98} L_j \quad (3)$$

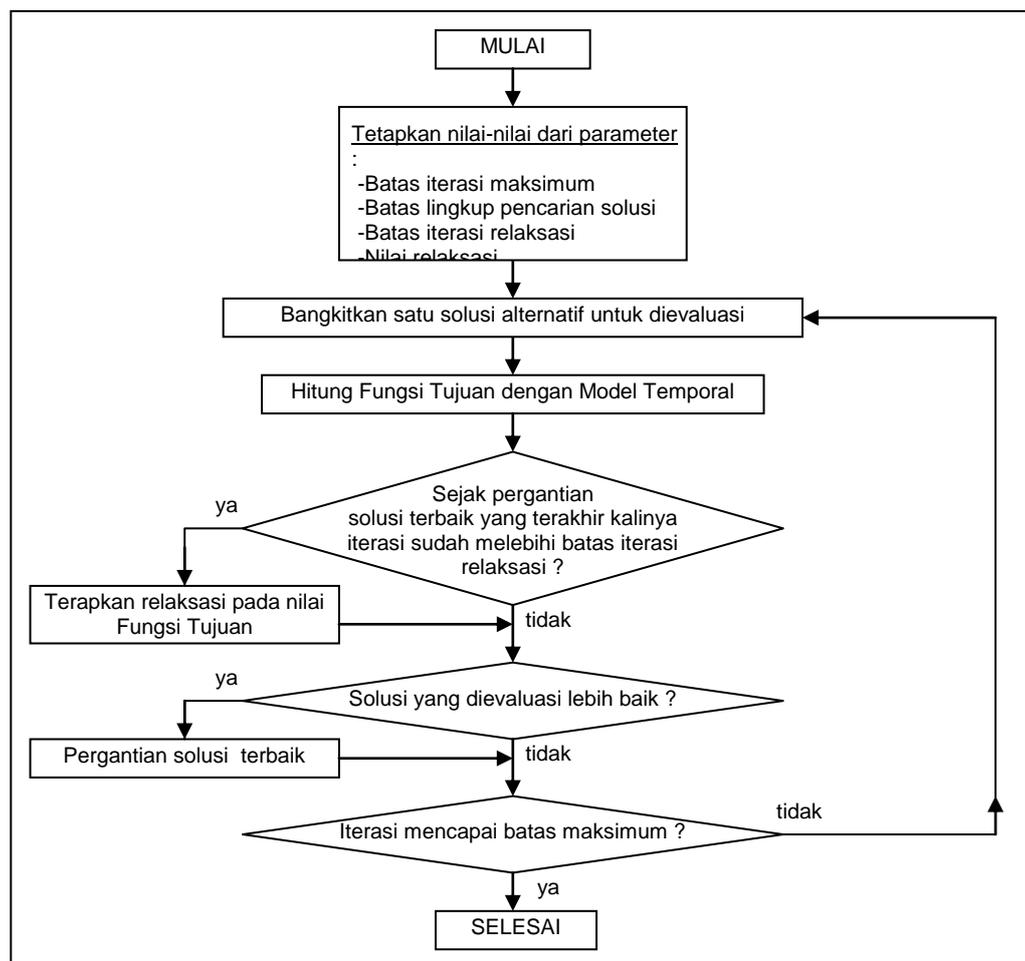
dengan  $L_j$  adalah volume kehilangan air di sub-wilayah  $j$  (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ), dan  $Ltv$  adalah total volume kehilangan air diseluruh sub-wilayah (satuan  $\text{m}^3/\text{bulan}$ ).

Adapun besarnya variabel  $L_j$  diperoleh dari suatu model temporal yang mampu memproyeksikan nilai  $L_j$  untuk suatu bulan tertentu berdasarkan data 12

bulan sebelumnya. Model temporal ini merupakan hasil penelitian disertasi yang sedang dilakukan oleh penulis. Model temporal ini tidak dibahas dalam tulisan ini karena hanya digunakan sebagai pembangkitan nilai variabel  $L_j$  yang akan dibandingkan nilainya pada dua kondisi yang berbeda.

## 2. Prosedur Random Search dengan Relaksasi Fungsi Tujuan

Adapun prosedur simulasi untuk optimasi dengan teknik Random Search dengan sisipan prosedur relaksasi perbaikan Fungsi Tujuan ini ditampilkan sebagai bagan alir pada Gambar 5 berikut.



Gambar 5. Bagan alir optimasi Random Search dengan prosedur relaksasi Fungsi Tujuan

Pada bagan alir Gambar 5 diatas dapat dilihat bahwa pada selain parameter batas iterasi maksimum, harus ditentukan juga batas nilai-nilai parameter:

- a. Batas lingkup pencarian solusi dalam satuan persen, yaitu kisaran simpangan maksimum dari masing-masing variabel keputusan.
- b. Batas iterasi relaksasi.
- c. Nilai relaksasi dalam satuan kehilangan (satuan  $m^3$ /bulan).

Ketiga nilai-nilai tersebut diatas dalam penentuannya saling berhubungan satu sama lain, dan dalam penelitian ini ditentukan secara heuristik. Untuk kondisi tanpa Prosedur Relaksasi, maka nilai batas iterasi relaksasi dibuat sangat besar sehingga Prosedur Relaksasi ini tak akan pernah dilakukan.

### **3. Prosedur Simulasi Perbandingan Dua Kondisi Fungsi Tujuan**

Pada simulasi perbandingan antara dua kondisi perbaikan Fungsi Tujuan, yaitu dengan dan tanpa Prosedur Relaksasi, maka perbandingan mulai dilakukan pada saat frekwensi kejadian pergantian solusi terbaik mulai jarang. Lalu dilakukan simulasi perbandingan secara paralel untuk kedua kondisi. Pada penelitian disertasi yang dilakukan oleh penulis, ada 24 bulan proyeksi nilai. Dari 24 bulan proyeksi ini, diambil 4 bulan yang mulai memperlihatkan tanda-tanda terjebak dalam optimal lokal, yaitu bulan ke-14 (Pebruari 2002), bulan ke-20 (Agustus 2002), bulan ke-21 (September 2002), dan bulan ke-23 (November 2002).

## **SIMULASI PERBANDINGAN**

### **1. Pengaturan Parameter Teknik Random Search**

Pengaturan parameter-parameter teknik Random Search untuk simulasi perbandingan ini dilakukan sebagai berikut.

- a. Batas lingkup pencarian solusi adalah 1% (bulan ke-14), 2% (bulan ke-20), 5% (bulan ke-21), dan 2% (bulan ke-23).
- b. Batas iterasi relaksasi adalah 100.
- c. Nilai relaksasi adalah  $100 m^3$ /bulan.

Nilai dari parameter-parameter diatas berlaku terus sepanjang simulasi perbandingan dengan batas iterasi sebagai berikut.

- a. Batas pertama iterasi simulasi perbandingan adalah 4000. Pada saat ini nilai perubahan nilai variabel  $Ltv$  (total volume kehilangan air diseluruh sub-wilayah) sudah tampak stabil.
- b. Batas-batas selanjutnya dari simulasi perbandingan adalah per 1000 iterasi, dan dilakukan sebanyak 4 kali hingga mencapai iterasi ke-8000.

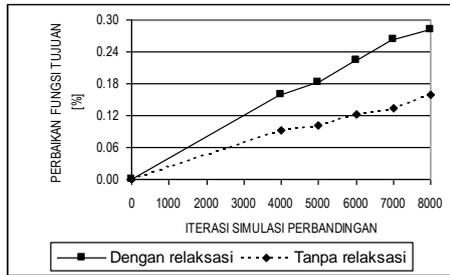
## 2. Hasil Simulasi Perbandingan

Adapun hasil simulasi perbandingan yang ditampilkan disini adalah nilai-nilai daripada perbaikan Fungsi Tujuan  $Ltv$ , iterasi perbaikan, dan iterasi relaksasi. Perbaikan Fungsi Tujuan  $Ltv$  disajikan dalam bentuk persen (%) supaya nilainya setara diantara ke-empat bulan proyeksi. Hasil tersebut disajikan pada Tabel 2 berikut.

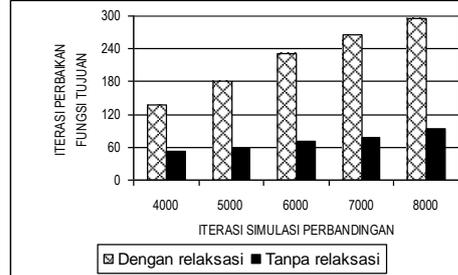
Tabel 2. Hasil Simulasi Perbandingan

No Bulan Proyeksi	Parameter yang dibandingkan	Kondisi prosedur relaksasi	ITERASI simulasi perbandingan					SATUAN
			4000	5000	6000	7000	8000	
14	Perbaikan Fungsi Tujuan	dengan	0.1595	0.1812	0.2231	0.2623	0.2808	%
		tanpa	0.0914	0.1021	0.1225	0.1337	0.1588	
	Iterasi Perbaikan	dengan	138	181	231	265	296	---
		tanpa	53	60	72	79	95	
	Iterasi Relaksasi	dengan	12	17	20	23	27	---
		tanpa	---	---	---	---	---	
20	Perbaikan Fungsi Tujuan	dengan	0.6713	0.7258	0.7939	0.8466	0.8589	%
		tanpa	0.6871	0.7192	0.7328	0.7434	0.7835	
	Iterasi Perbaikan	dengan	169	203	231	260	278	---
		tanpa	133	144	152	157	170	
	Iterasi Relaksasi	dengan	8	12	15	18	22	---
		tanpa	---	---	---	---	---	
21	Perbaikan Fungsi Tujuan	dengan	0.6818	0.8776	1.0079	1.0610	1.3430	%
		tanpa	0.9694	1.1006	1.1787	1.2031	1.3402	
	Iterasi Perbaikan	dengan	73	96	109	119	140	---
		tanpa	77	88	93	97	109	
	Iterasi Relaksasi	dengan	15	17	23	27	30	---
		tanpa	---	---	---	---	---	
23	Perbaikan Fungsi Tujuan	dengan	0.3139	0.4026	0.4819	0.5726	0.6496	%
		tanpa	0.0628	0.0945	0.1683	0.1966	0.2291	
	Iterasi Perbaikan	dengan	132	168	198	234	265	---
		tanpa	16	26	48	59	70	
	Iterasi Relaksasi	dengan	10	12	14	17	20	---
		tanpa	---	---	---	---	---	

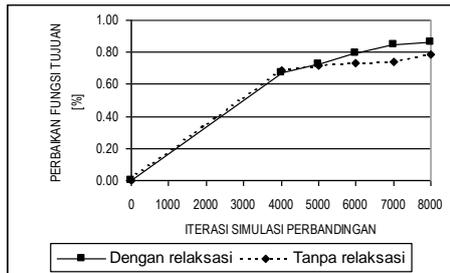
Pada Gambar 6 dan Gambar 7 berikut ditampilkan perbandingan perbaikan nilai  $Ltv$  dan iterasi perbaikan antara dua kondisi dengan dan tanpa relaksasi.



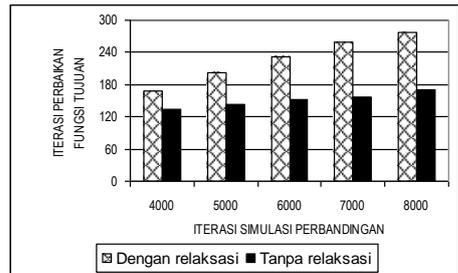
Gambar 6.a. Perbandingan perbaikan Ltv bulan ke-14



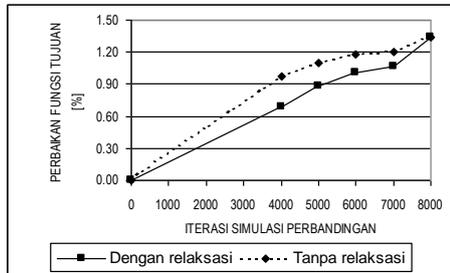
Gambar 7.a. Perbandingan iterasi perbaikan bulan ke-14



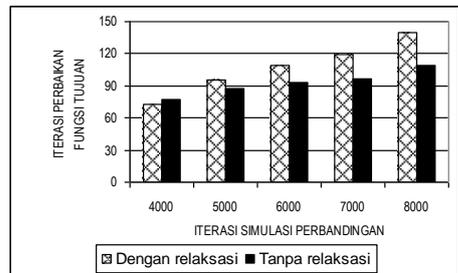
Gambar 6.b. Perbandingan perbaikan Ltv bulan ke-20



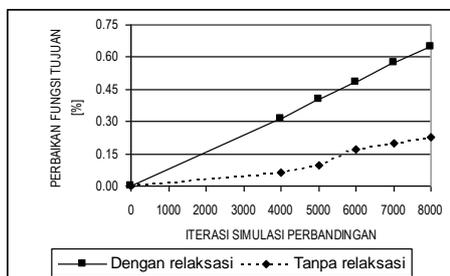
Gambar 7.b. Perbandingan iterasi perbaikan bulan ke-20



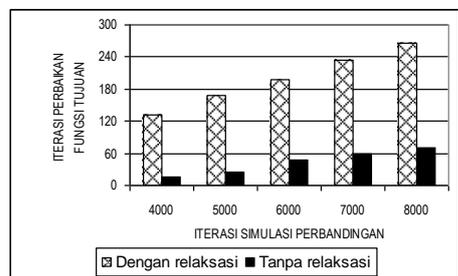
Gambar 6.c. Perbandingan perbaikan Ltv bulan ke-21



Gambar 7.c. Perbandingan iterasi perbaikan bulan ke-21



Gambar 6.d. Perbandingan perbaikan Ltv bulan ke-23



Gambar 7.d. Perbandingan iterasi perbaikan bulan ke-23

### 3. Pembahasan Hasil Simulasi Perbandingan

Dari hasil simulasi perbandingan antara dua kondisi, yaitu dengan dan tanpa relaksasi, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2 dan Gambar-gambar 6 dan 7 diatas, dapat dikemukakan hal-hal berikut.

- a. Untuk bulan ke-14 (Gambar 6.a) dan bulan ke-23 (Gambar 6.d), kinerja proses optimasi dengan prosedur relaksasi terlihat jelas lebih baik.
- b. Untuk bulan ke 20 (Gambar 6.b), kelebihan prosedur relaksasi baru terlihat setelah iterasi simulasi perbandingan ke-4000.
- c. Untuk bulan ke 21 (Gambar 6.c), kinerja proses optimasi antara kedua kondisi tidak menunjukkan perbedaan. Apabila dilihat mulai awal dari iterasi simulasi perbandingan, kinerja proses optimasi tanpa prosedur relaksasi tampak semakin lebih baik. Tetapi menuju akhir dari iterasi simulasi perbandingan (iterasi ke-8000), kedua kondisi mengarah untuk sama lagi. Bahkan tampak bahwa kondisi dengan prosedur relaksasi cenderung untuk lebih baik.
- d. Perbedaan kinerja proses optimasi antara kedua kondisi juga ditunjukkan dengan indikator banyaknya iterasi perbaikan Fungsi Tujuan  $Ltv$  seperti yang ditunjukkan pada Gambar-gambar 7.a, 7.b, 7.c dan 7.d. Bahkan iterasi perbaikan pada kondisi dengan prosedur relaksasi cenderung lebih untuk banyak, walaupun pada saat yang sama perbaikan nilai Fungsi Tujuan  $Ltv$  lebih rendah, seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6.c dan Gambar 7.c. Hal ini adalah wajar mengingat bahwa pada proses optimasi dengan prosedur relaksasi bukan saja harus melewati kisaran perbaikan nilai  $Ltv$  yang biasa, tetapi juga ditambah dengan kisaran jumlah nilai relaksasi yang terjadi selama proses optimasi.
- e. Banyaknya iterasi relaksasi, seperti yang ditampilkan pada Tabel 2, menunjukkan efektivitas daripada prosedur relaksasi dalam upaya mengatasi titik-titik optimal lokal. Banyaknya iterasi relaksasi juga dapat menjadi indikator daripada banyaknya titik-titik optimal lokal pada daerah solusi yang dilewati oleh proses optimasi dengan prosedur relaksasi.

## **KESIMPULAN DAN SARAN**

Kesimpulan yang dapat ditarik dari hasil simulasi perbandingan antara dua kondisi tersebut diatas adalah sebagai berikut.

1. Penambahan prosedur relaksasi pada teknik Random Search ternyata dapat meningkatkan kinerjanya dalam mencapai solusi optimal global.
2. Penentuan parameter-parameter teknik Random Search dan prosedur Relaksasi yang disisipkan dalam penelitian ini dilakukan secara heuristik yang membutuhkan pengalaman dalam bidang simulasi untuk optimasi.
3. Penyisipan prosedur relaksasi pada penelitian ini cukup mudah dan sederhana.

Untuk penelitian-penelitian selanjutnya dapat dikemukakan saran-saran sebagai berikut.

1. Masih terbuka peluang untuk memperbaiki prosedur relaksasi yang ditinjau dalam penelitian ini, yaitu dalam cara penentuan yang lebih prosedural untuk batas iterasi relaksasi dan nilai relaksasi.
2. Tetapi agar diperhatikan bahwa perbaikan prosedur jangan sampai menjadikan penyisipan prosedur relaksasi menjadi rumit, karena tidak sesuai dengan tujuan penelitian ini.

## ***DAFTAR PUSTAKA***

- Andradottir, S., 1998, **A Review of Simulation Optimization Techniques**, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 151-158.
- Baumert, S. and Smith, R.L., 2002, **Pure Random Search for Noisy Objective Functions**, Technical Report, The University of Michigan.
- Bowden, R.O. and Hall, J.D., 1998, **Simulation Optimization Research and Development**, Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, 1693-1698.
- Cave, A., Nahavandi, S. and Kouzani, A., 2002, **Simulation Optimization for Process Scheduling Through Simulated Annealing**, Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference, 1909-1913.

- Cobb, B.R. and Charnes, J.M., 2003, **Simulation and Optimization for Real Options Valuation**, Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference, 343-350.
- Goldberg, D.E., 1989, **Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning**, Addison-Wesley Publishing Company, Inc, Massachusetts.
- Kirkpatrick, S., Gelatt, Jr., C.D., and Vecchi, M.P., 1983, **Optimization by Simulated Annealing**, Journal of Science, 220(4598), 671-680.
- Muller, S.D., Marchetto, J., Airaghi, S., and Koumoutsakos, P., 2002, **Optimization Based on Bacterial Chemotaxis**, IEEE Transactions on Evolutionary Computation, 6(1), 16-29.
- Olafsson, S. and Kim, J., 2001, **Toward a Framework for Black-Box Simulation Optimization**, Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference, 300-306.
- Solomatine, D.P., 1999, **Random search methods in model calibration and pipe network design**, Water Industry Systems: Modelling and Optimization Applications, 2, 317-332, Baldock, UK.
- Wang, H., 1998, **Global Optimization of Nonconvex Factorable Programs with Applications to Engineering Design Problems**, Master thesis, Virginia Polytechnic Institute and State University, Blacksburg -Virginia.
- Wehrens, R. and Buydens, L.M.C., 2000, **Classical and Nonclassical Optimization Methods**, Encyclopedia of Analytical Chemistry, 9678-9689, John Wiley & Sons Ltd., Chichester.

**Dipublikasikan dalam :**  
**Jurnal Teknik-Fakultas Teknik Universitas Brawijaya, Volume XI No.3,**  
**Desember 2004**  
**TERAKREDITASI**

<b>Identitas Jurnal Ilmiah</b>	<b>:</b>	<b>a. Nama Jurnal</b>	<b>: Jurnal Teknik</b>
		<b>b. Nomor/Volume</b>	<b>: No.3 Volume XI</b>
		<b>c. Edisi (bulan/tahun)</b>	<b>: Desember 2004</b>
		<b>d. Penerbit</b>	<b>:FakultasTeknik</b>
			<b>Universitas Brawijaya</b>
	<b>e. Jumlah halaman</b>	<b>: 79</b>	

