

## ABSTRAK

Suatu hal yang paling menjanjikan untuk jaringan masa depan yaitu jaringan *wavelength division multiplexing* (WDM) terutama ketika diperlukan lebar pita yang cukup besar. Kapasitas transmisi dari suatu link jaringan optik telah mengalami peningkatan secara berarti berkaitan dengan penggunaan teknologi WDM.

Dalam tugas akhir ini dibahas dan dilakukan simulasi algoritma *tabu search* (TS) untuk melakukan perancangan dari jaringan transport yang didasarkan pada jaringan ring optik SONET atau WDM. Dalam kasus ini trafik *grooming* digunakan untuk jaringan *bidirectional line-switched ring* (BLSR). Sasarannya adalah untuk menempatkan panggilan-panggilan yang datang ke panjang gelombang tertentu sebagai cara untuk meminimalkan biaya keseluruhan dari peralatan elektronik (SONET *Add/drop Multiplexers* atau SADM).

Dengan melakukan trafik *grooming* jumlah dari SADM yang dibutuhkan dapat dikurangi (untuk 15 titik tanpa grooming diperlukan 105 SADM sedangkan dengan  $g = 2$  diperlukan 84 SADM, penurunan 20 %). Perubahan trafik akan mempengaruhi jumlah SADM yang dibutuhkan (untuk 15 titik dan  $g = 2$  dengan trafik *non-uniform* sebanyak 339 dibutuhkan 292 SADM, sedangkan untuk trafik sebanyak 292 dibutuhkan 260 SADM, sensitivitas = 1,47).

## ABSTRACT

The most promising candidate for future networks is wavelength division multiplexing (WDM) networks especially when large bandwidth is to be supported. The transmission capacity of link in today's optical networks has increased significantly due to wdm technology.

In this paper are explained and used tabu search (TS) algorithms for the design of transport networks based on SONET or WDM optical rings. In this case, traffic grooming used for bidirectional line-switched ring (BLSR). The objective is to assign calls to wavelength in a way that minimizes total cost of electronic equipment (SONET Add/Drop Multiplexers or SADM).

However, by traffic grooming the number of SADM can be reduced (for node 15 without traffic grooming needed 105 SADM while with  $g = 2$  needed 84 SADM, reduction 20 %). Change of traffic will be influence the number of SADM required (for node 15 and  $g = 2$  with 339 non-uniform traffic needed 292 SADM, while for 292 traffic needed 260 SADM, sensitivity = 1.47).

## DAFTAR ISI

BAB	Halaman
ABSTRAK	i
ABSTRACT	ii
KATA PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	v
DAFTAR LAMPIRAN	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
DAFTAR TABEL	xi
DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG	xiii
I PENDAHULUAN	1
I.1 Latar Belakang	1
I.2 Identifikasi Masalah	2
I.3 Tujuan	3
I.4 Pembatas Masalah	3
I.5 Sistematika Penulisan	4
II <i>SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK</i>	5
II.1. Network Element SDH	5
II.2. Struktur Frame SDH	6
II.3 Dasar SONET	8
II.4 Arsitektur SONET	12
II.5 Arsitektur WDM	14
II.6 <i>Wavelength Assignment</i>	16
II.7 <i>Trafik Grooming</i>	18
II.8 <i>Trafik Grooming</i> pada BLSR	23
III ALGORITMA <i>TABU SEARCH</i>	29
III.1 Dasar Algoritma <i>Tabu Search</i>	29
IV.2 Pemakaian Algoritma <i>Tabu Search</i>	31

IV	SIMULASI	41
V.1	Model Simulasi	41
IV.2	Trafik <i>Uniform</i>	42
IV.3	Trafik <i>Non-uniform</i>	63
V	KESIMPULAN DAN SARAN	85
VI.1	Kesimpulan	85
VI.2	Saran	86
	DAFTAR PUSTAKA	87
	LAMPIRAN	

## DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN	Halaman
A. Matrik Trafik	A-1
B. Program Simulasi	B-1
C. Rata-rata ADM	C-1
D. Rata-rata Persentasi Penurnan ADM	D-1
E. Grafik Hasil Simulasi	E-1

## DAFTAR GAMBAR

GAMBAR	Halaman
II.1. Terminal Multiplexer	5
II.2. Regenerator	5
II.3. Add-drop Multiplexer	6
II.4. Cross Connect	6
II.5. Struktur Frame STM-N	7
II.6. Topologi SONET	12
II.7. Sistem transmisi (a) <i>unidirectional</i> (b) <i>bidirectional</i>	13
II.8. Arsitektur <i>broadcast and select</i>	15
II.9. Arsitektur <i>wavelength routing</i>	16
II.10. Trafik dengan dua panjang gelombang	17
II.11. Trafik dengan tiga panjang gelombang	17
II.12. Arsitektur node pada suatu jaringan ring SONET/WDM	18
II.13. Ring SONET tanpa trafik <i>grooming</i>	21
II.14. Ring SONET dengan trafik <i>grooming</i>	22
II.15. Jaringan BLSR 4 titik dengan matrik trafiknya	24
II.16. Jaringan BLSR 5 titik dengan matrik trafiknya	26
III.1. Diagram alir metode <i>descent</i> algoritma <i>tabu search</i>	30
III.2. <i>Unidirected graph</i>	31
III.3. Data awal	32
III.4. Iterasi 1	33
III.5. Iterasi 2	33
III.6. Iterasi 3	34
III.7. Tabu iterasi	35
III.8. Iterasi 4	35

III.9	Iterasi 5	36
III.10.	Iterasi 6	36
III.11.	Iterasi 7	37
III.12.	Iterasi 8	37
III.13.	Iterasi 9	38
III.14.	Iterasi 10	39
IV.1.	Model simulasi	41
IV.2.	Ring dengan 5 titik	42
IV.3.	Ring dengan 6 titik	50
IV.4.	Grafik jumlah ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> searah jarum jam dengan <i>random sheet 11</i>	58
IV.5.	Grafik persentasi penurunan ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> searah jarum jam dengan <i>random sheet 11</i>	59
IV.6.	Grafik jumlah ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> berlawanan arah jarum jam dengan <i>random sheet 11</i>	60
IV.7.	Grafik persentasi penurunan ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> berlawanan arah jarum jam dengan <i>random sheet 11</i>	60
IV.8.	Grafik rata-rata jumlah ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> dengan <i>random sheet 11</i>	61
IV.9.	Grafik rata-rata persentasi penurunan ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> dengan <i>random sheet 11</i>	62
IV.10.	Grafi waktu proses terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1,2$ , dan 3 untuk trafik <i>uniform</i> dengan <i>random sheet 11</i>	62
IV.11.	Grafik jumlah ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan 3 untuk trafik <i>non-uniform</i> searah jarum jam	77

	dengan <i>random sheet</i> 11	
IV.12.	Grafik persentasi penurunan ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan $3$ untuk trafik <i>non-uniform</i> searah jarum jam dengan <i>random sheet</i> 11	78
IV.13.	Grafik jumlah ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan $3$ untuk trafik <i>non-uniform</i> berlawanan arah jarum jam dengan <i>random sheet</i> 11	79
IV.14.	Grafik persentasi penurunan ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan $3$ untuk trafik <i>non-uniform</i> berlawanan arah jarum jam dengan <i>random sheet</i> 11	80
IV.15.	Grafik rata-rata ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan $3$ untuk trafik <i>non-uniform</i> dengan <i>random sheet</i> 11	81
IV.16.	Grafik rata-rata persentasi penurunan ADM terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan $3$ untuk trafik <i>non-uniform</i> dengan <i>random sheet</i> 11	82
IV.17.	Grafik waktu proses terhadap jumlah titik jaringan pada $g = 1$ dan $3$ untuk trafik <i>non-uniform</i> dengan <i>random sheet</i> 11	83



## DAFTAR TABEL

TABEL	Halaman
II.1. Kecepatan transmisi untuk PDH	9
II.2. Kecepatan transmisi untuk SONET/SDH	9
II.3. Matrik trafik untuk 4 titik	21
II.4. SADM tanpa <i>grooming</i> dan dengan <i>grooming</i>	27
II.5. Persentasi penurunan SADM	28
III.1. Solusi Greedy	32
III.2. Iterasi <i>tabu search</i>	34
III.3. Total iterasi <i>tabu search</i>	39
IV.1. Matrik trafik <i>uniform</i> untuk 5 titik	43
IV.2. Trafik (1-2) dengan kandidat yang mungkin	43
IV.3. Trafik (5-1) (1-2) dengan kandidat yang mungkin	44
IV.4. Trafik (5-1) (1-2) (2-4) dengan kandidat yang mungkin	45
IV.5. Trafik (5-3) dengan kandidat yang mungkin	47
IV.6. Trafik (5-3) (3-2) dengan kandidat yang mungkin	48
IV.7. Matrik trafik <i>uniform</i> untuk 6 titik	50
IV.8. Trafik (5-6) dengan kandidat yang mungkin	51
IV.9. Trafik (5-6) (6-2) dengan kandidat yang mungkin	52
IV.10. Trafik (5-6) (6-2) (2-4) dengan kandidat yang mungkin	52
IV.11. Trafik (5-3) dengan kandidat yang mungkin	55
IV.12. Trafik (5-3) (3-2) dengan kandidat yang mungkin	55
IV.13. Matrik trafik <i>non-uniform</i> untuk 5 titik	63
IV.14. Trafik (1-2) dengan kandidat yang mungkin	64
IV.15. Trafik (1-2) (2-4) dengan kandidat yang mungkin	64
IV.16. Trafik (3-2) dengan kandidat yang mungkin	67
IV.17. Trafik (3-2) (2-5) dengan kandidat yang mungkin	67
IV.18. Matrik trafik <i>non-uniform</i> untuk 6 titik	70

IV.19.	Trafik (4-1) dengan kandidat yang mungkin	70
IV.20.	Trafik (4-1) (1-2) dengan kandidat yang mungkin	71
IV.21.	Trafik (5-3) dengan kandidat yang mungkin	74
IV.22.	Trafik (5-3) (3-2) dengan kandidat yang mungkin	74
IV.23.	Pengaruh <i>random sheet</i> pada trafik <i>non-uniform</i>	84

## DAFTAR SINGKATAN DAN LAMBANG

SINGKATAN	NAMA
WDM	wavelength division multiplexing
BLSR	Bidirectional line-switched ring
ADM	Add/drop multiplexer
TM	terminal multiplexer
VoIP	Voice over Internet Protocol
HDTV	High Definition Television
VOD	Video on Demand
SONET	Synchronous Optical Network
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy
DS0	Digital signal-0
UPSR	Unidirectional path-switched ring
LAN	Local area network
WAN	Wide area network
WADM	WDM add/drop

## LAMBANG

$ADM_i^w$	Jumlah ADM di titik $i$ pada jumlah panjang gelombang $w$
$i$	Titik pada jaringan
$w$	Jumlah panjang gelombang
$N$	Jumlah titik pada jaringan
$g$	Faktor grooming
$c$	circle
$s$	sensitivitas

