

OPTIMASI PENJADWALAN KULIAH DI UNIVERSITAS LANCANG KUNING MENGGUNAKAN ALGORITMA PEWARNAAN GRAF DAN BACKTRACKING

Kori Cahyono
Badan Penelitian Dan Pengembangan Provinsi Riau
Jl. Diponegoro No.24 A Pekanbaru
e-mail: Servernayaf7@yahoo.com

COLLEGE SCHEDULING OPTIMIZATION IN LANCANG KUNING UNIVERSITY USING GRAPH COLORING AND BACKTRACKING ALGORITHM

ABSTRACT

Schedule of lectures at the University of Lancang Kuning (Unilak) is done on every semester and adapted to the curriculum used. Creating a college schedule is a combinatorial complex problem that requires time and process analysis to produce a schedule that does not cross with other schedules. Scheduling should take into account the constraints and scheduling optimization criteria, so it is necessary to have an automated scheduling that can quickly anticipate changes and is also easy to use to make it more efficient. One of the heuristic methods that have been used to solve the problem is using the graph coloring approach and to obtain the optimal schedule used backtracking algorithm. The results show that graph coloring and backtracking algorithms can solve structural optimization problems in a structured way and can be used to improve service learning process implementation.

Keywords: *Scheduling, Graph coloring, Backtracking*

ABSTRAK

Penjadwalan kuliah di Universitas Lancang Kuning (Unilak) dilakukan pada setiap semester dan disesuaikan dengan kurikulum yang digunakan. Pembuatan jadwal kuliah merupakan suatu combinatorial complex problem yang membutuhkan waktu dan proses analisa agar dihasilkan jadwal yang tidak cross dengan jadwal lain. Penyusunan jadwal harus memperhatikan syarat-syarat (constraint) dan kriteria optimalisasi penjadwalan, sehingga sangatlah perlu adanya suatu penjadwalan otomatis yang dengan cepat dapat mengantisipasi perubahan dan juga mudah digunakan agar lebih efisien. Salah satu metode heuristik yang telah digunakan untuk menyelesaikan permasalahan tersebut adalah dengan menggunakan pendekatan pewarnaan graf (graph coloring) dan untuk memperoleh jadwal yang optimal digunakan algoritma backtracking. Hasil penelitian menunjukkan bahwa algoritma pewarnaan graf dan backtracking dapat menyelesaikan permasalahan optimasi penjadwalan secara terstruktur dan dapat digunakan untuk meningkatkan layanan proses pelaksanaan pembelajaran.

Kata kunci: *Penjadwalan, Pewarnaan Graf, Backtracking*

1. Pendahuluan

Penjadwalan kuliah dalam suatu institusi pendidikan sangat bervariasi sesuai dengan kebijakan dan kurikulum yang

diterapkan. Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan dan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 41 tahun 2007 tentang

Standar Pengelolaan dan Standar Proses, yang mengatur perencanaan proses pembelajaran mensyaratkan pendidik pada satuan pendidikan mengembangkan perencanaan pelaksanaan pembelajaran. Pengembangan rencana pelaksanaan pembelajaran (RPP) sangat berhubungan dengan penjadwalan resources atau manajemen sumber daya (dosen, waktu, kelas, ruang laboratorium dan fasilitas pembelajaran lainnya).

Permasalahan yang sering terjadi pada institusi pendidikan adalah proses manajemen pengalokasian dosen, waktu, dan ruang terhadap sebuah kelas. Pengalokasian tersebut akan sangat berpengaruh terhadap kelas-kelas lainnya dan akan berkembang menjadi sebuah permasalahan baru (*new hard complete problems*) dan sulit diselesaikan tanpa menggunakan komputasi berbasis heuristik.

Berdasarkan hasil survey, implementasi proses penjadwalan kuliah atau pembelajaran yang berlangsung di Universitas Lancang Kuning (Unilak) Pekanbaru belum optimal. Salah satu contoh adalah permasalahan yang berkaitan dengan pengalokasian penggunaan ruang kelas dan laboratorium computer belum terjadwal dengan baik. Permasalahan lainnya yang terjadi di Unilak adalah penjadwalan kuliah dengan sistem dimana pengalokasian ruang kuliah dan kelas yang berhubungan dengan waktu kehadiran sejumlah dosen yang hanya dapat mengajar pada waktu tertentu, jumlah mata kuliah yang dapat diampu oleh dosen yang sama, jumlah mahasiswa terdaftar dalam satu kelas, serta permasalahan alokasi ruang dan waktu kuliah yang hanya dapat dibagi dalam jumlah tertentu dalam sehari, serta 6 (enam) hari perkuliahan aktif selama seminggu.

Penjadwalan perkuliahan adalah masalah klasik tetapi sangat perlu dioptimasi untuk menghasilkan jadwal yang tersusun

secara lebih terstruktur, sehingga menghasilkan kegiatan pembelajaran yang berlangsung secara efektif dan efisiensi baik waktu, biaya dan proses pelaksanaan pembelajaran.

Tujuan dan Manfaat Penelitian

Tujuan penelitian adalah mengembangkan piranti lunak (*software*) aplikasi penjadwalan perkuliahan di Unilak Pekanbaru. Sedangkan manfaat penelitian adalah:

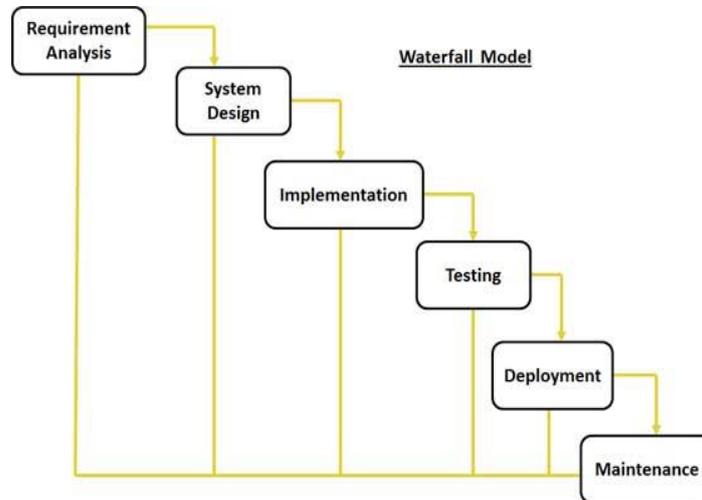
1. Bagi Dekan fakultas, agar dapat menganalisis kebutuhan (*needs assessment*) layanan pendidikan, dan mengoptimalkan proses pelaksanaan pembelajaran serta memberikan kebijakan perbaikan mutu pelaksanaan pendidikan sesuai dengan tujuan yang diharapkan.
2. Dosen dan mahasiswa, agar dapat meningkatkan disiplin waktu pelaksanaan pembelajaran sesuai dengan jadwal yang tersedia.
3. Untuk mengoptimasi dan meningkatkan layanan pendidikan sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan dan Peraturan Menteri Pendidikan Nasional nomor 41 tahun 2007 tentang Standar Pengelolaan dan Standar Proses Pembelajaran.

Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan metode penelitian pengembangan piranti lunak aplikasi (*software*) untuk mendukung proses pelaksanaan pembelajaran. Penelitian pengembangan adalah suatu jenis penelitian yang bertujuan untuk mengembangkan produk software aplikasi dan memvalidasi produk yang dihasilkan sebelum digunakan dalam proses pendukung pelaksanaan pembelajaran.

Pengembangan software aplikasi menggunakan *system development life cycle*(SDLC) model *waterfall* dengan 6 (enam) tahap yaitu *requirement analysis*,

system design, *implementation*, *testing*, *deployment* dan *maintenance*.



Gambar 1. Waterfall Model (<http://www.tutorialspoint.com>)

Data penelitian diperoleh dari basis data system informasi akademik Unilak pada tahun akademik 2010 s.d 2017. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Teknik ini digunakan untuk mendeskripsikan aplikasi penjadwalan kuliah yang dihasilkan secara fleksibel dapat digunakan untuk mendukung proses

pelaksanaan pembelajaran pada setiap semester di Unilak.

Penelitian melakukan pengembangan piranti lunak dengan penerapan teknik pewarnaan graf (*graph coloring*) dalam pembuatan jadwal kuliah secara efektif sehingga jadwal yang dihasilkan tidak berbenturan (*cross*) dengan jadwal yang lain dan penerapan algoritma *backtracking* untuk mengoptimasi jadwal kuliah secara lebih baik.

2. Teori Pewarnaan Graf

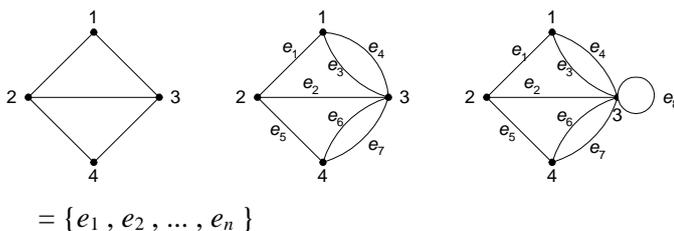
2.1 Definisi Graf

Graf $G = (V, E)$, yang dalam hal ini:

V = himpunan tidak-kosong dari simpul-simpul (*vertices*).

$$= \{ v_1, v_2, \dots, v_n \}$$

E = himpunan sisi (*edges*) yang menghubungkan sepasang simpul



Gambar 2. (a) graf sederhana, (b) graf ganda, dan (c) graf semu

Pada gambar 2, G_1 adalah graf dengan

$$V = \{ 1, 2, 3, 4 \}$$

$$E = \{ (1, 2), (1, 3), (2, 3), (2, 4), (3, 4) \}$$

G_2 adalah graf dengan

$$V = \{ 1, 2, 3, 4 \}$$

$$E = \{ (1, 2), (2, 3), (1, 3), (1, 3), (2, 4), (3, 4), (3, 4) \}$$

$$= \{ e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7 \}$$

G_3 adalah graf dengan

$$V = \{ 1, 2, 3, 4 \}$$

$$E = \{ (1, 2), (2, 3), (1, 3), (1, 3), (2, 4), (3, 4), (3, 4), (3, 3) \}$$

$$= \{ e_1, e_2, e_3, e_4, e_5, e_6, e_7, e_8 \}$$

2.2 Definisi Pewarnaan Graf

Pewarnaan graf adalah mewarnai node pada sebuah *graph* dengan jumlah minimum warna tanpa ada dua node berdekatan yang memiliki warna yang sama.

Pemberian warna biasanya direpresentasikan sebagai bilangan terurut mulai dari 1, pada objek tertentu pada graf. Objek tersebut dapat berupa simpul, sisi, wilayah atau pun kombinasi dari ketiganya.

2.3 Klasifikasi Pewarnaan Graf

Ada tiga macam pewarnaan graf, yaitu:

- Pewarnaan simpul (*vertex coloring*) yaitu pemberian warna atau label pada setiap simpul sehingga tidak ada dua simpul bertetangga yang memiliki warna sama.
- Pewarnaan sisi (*edge coloring*) yaitu pemberian warna pada setiap sisi pada graf sehingga sisi-sisi yang berhubungan tidak memiliki warna yang sama.
- Pewarnaan wilayah (*region coloring*) yaitu pemberian warna pada setiap wilayah pada graf sehingga tidak ada wilayah yang bersebelahan yang memiliki warna yang sama.

Jumlah warna minimum yang dapat digunakan untuk mewarnai graf dinyatakan dengan bilangan kromatik, yang disimbolkan dengan $\chi(G)$.

Graf yang memiliki bilangan kromatik 1 adalah graf kosong, yaitu graf yang hanya terdiri dari sebuah simpul. Sementara sembarang graf planar (graf yang dapat

digambar dibidang datar tanpa ada sisi yang menyalang diatas sisi lainnya) dapat digambar hanya dengan menggunakan 4 (empat) warna.

3. Algoritma Backtracking

Algoritma *backtracking* adalah suatu algoritma yang merupakan perbaikan dari algoritma *brute force* dengan menggunakan algoritma rekursif dan berbasis pada *depth-first-search (DFS)* dalam mencari solusi. *Backtracking* dapat dilihat sebagaimana *searching* dalam *tree*, dimana setiap *node* mewakili *state* dan turunan dari setiap *node* mewakili ekstensi dari *state* tersebut.

Backtracking secara meningkat berusaha mengembangkan solusi partial yang *consistent* untuk variabel, menuju ke solusi global optimal. Jika solusi melanggar *constraint*, *backtracking* melakukan langkah kembali ke solusi partial sebelumnya dan memilih nilai lain yang belum dicoba untuk variabel yang ingin diisikan, langkah tersebut berguna menghindari eksplorasi lebih lanjut dari solusi partial yang salah. Algoritma *backtracking* adalah sebagai berikut.

{ Kamus global }

Deklarasi

const n = ... { jumlah simpul graf }
const m = { jumlah warna yang disediakan }
type matriks = array[1..n, 1..n] of boolean
type tabel = array[1..n] of integer;
 GRAF : matriks
 x : tabel

Procedure PewarnaanGraf(input k : integer)

{ Mencari semua solusi pewarnaan graf; rekursif

Masukan: k adalah nomor simpul graf.

Keluaran: jika solusi ditemukan, solusi dicetak ke piranti keluaran }

Deklarasi

stop : boolean

Algoritma:

stop ← false
while not stop do
 { tentukan semua nilai untuk x[k] }
 Warna Berikutnya (k) { isi x[k] dengan sebuah warna }
if x[k] = 0 then { tidak ada warna lagi, habis }
 stop ← true
else

```

    if k = n then {apakah seluruh simpul
    sudah diwarnai?}
        Cetak Solusi (X,n)
    else
        Pewarnaan Graf (k+1) {warnai simpul
    berikutnya}
    endif
    endwhile

```

Procedure Warna Berikutnya (input k:integer)
{ Menentukan warna untuk simpul k

Masukan: k

Keluaran: nilai untuk x[k]

K.Awal: x[1], x[2], ... , x[k-1] telah diisi dengan warna dalam himpunan {1,2, ..., m} sehingga setiap simpul bertetangga mempunyai warna berbeda-beda.

K.Akhir: x[k] berisi dengan warna berikutnya apabila berbeda dengan warna simpul-simpul tetangganya. Jika tidak ada warna yang dapat digunakan, x[k] diisi dengan nol }

Deklarasi

stop, keluar : boolean

j : integer

Algoritma:

```

    stop ← false
    while not stop do
    x[k] ← (x[k]+1) mod (m+1) {warna
    berikutnya}
    if x[k]=0 then {semua warna telah terpakai}

```

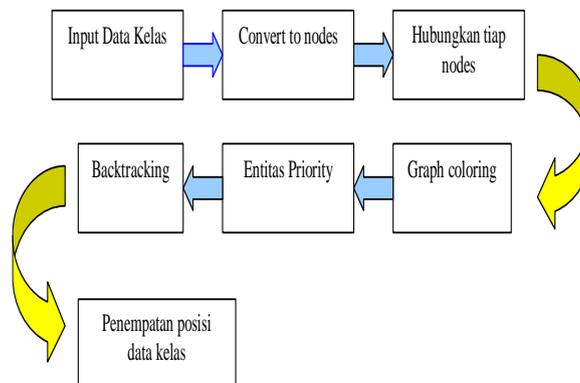
```

        stop ← true
    else
    {periksa warna simpul-simpul tetangganya}
        j ← 1
        keluar ← false
        while (j ≤ n) and (not keluar) do
        if (GRAF[k,j]) {jika ada sisi dari simpul k
        kesimpul j}
            and {dan}
                (x[k] = x[j]) {warna simpul k = warna
                simpul j }
            then
                keluar ← true {keluar dari loop}
            else
                j ← j+1 {periksa simpul berikutnya}
            endif
        endwhile
        { j > n or keluar }
        if j = n+1 {seluruh simpul tetangga telah
        diperiksa dan ternyata warna nya berbeda
        dengan x[k] }
            then
                stop ← true {x[k] sudah benar,
                keluar dari loop}
            endif
        endif
    endwhile

```

4. Sistem dan Permasalahan Penjadwalan

Berikut adalah gambaran umum sistem penjadwalan kuliah di Unilak.



Gambar 3. Sistem penjadwalan kuliah

Syarat(*constraint*) yang digunakan dalam menempatkan jadwal kuliah adalah:

- a. Setiap mata kuliah dijadwalkan hanya satu kali untuk setiap semester (periode pembuatan jadwal)
- b. Banyaknya warna yang digunakan ditentukan pada banyaknya *shift* waktu perminggu
- c. Shift waktu per minggu dihitung berdasarkan jumlah hari aktif selama 1 minggu dikalikan shift waktu per harinya.
- d. Prioritas jadwal ditentukan berdasarkan dosen yang telah memesan waktu dan ruang.
- e. Matakuliah yang memesan waktu dan ruang ditempatkan pada waktu dan ruang tersebut.
- f. Hari aktif kuliah ditentukan sampai hari sabtu.

Kriteria-kriteria yang digunakan pada optimalisasi penjadwalan antara lain :

- a. Matakuliah yang diampu oleh dosen yang sama, tidak boleh ditempatkan pada slot atau shift waktu yang sama
- b. Matakuliah yang sama dengan dosen pengajar yang berbeda ditempatkan pada waktu yang sama.
- c. Dalam satu hari tidak boleh ada jadwal yang memiliki semester sama lebih dari dua kali.

Permasalahan dalam penjadwalan kuliah adalah sebagai berikut:

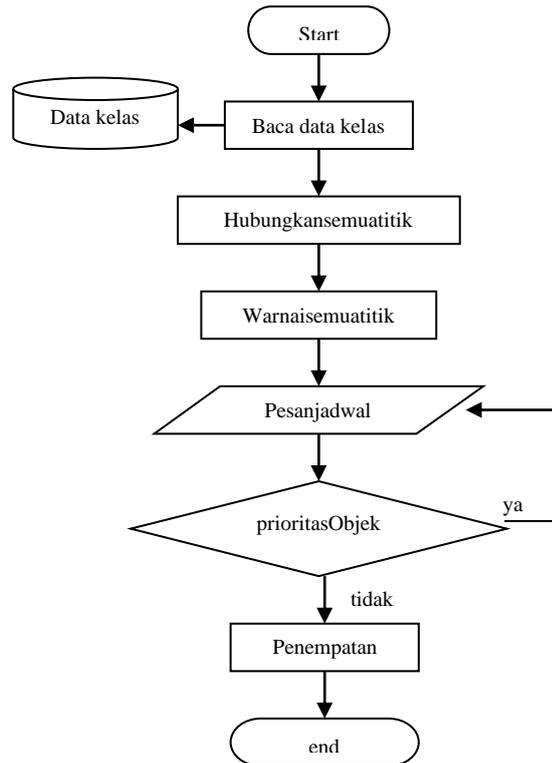
1. Bagaimana memodelkan basis data yang mengimplementasikan teori pewarnaan graf (*graph coloring*) berdasarkan data perkuliahan yang tersedia.
2. Bagaimana menerapkan teori pewarnaan graf (*graph coloring*) untuk membuat jadwal yang tidak *cross*.
3. Bagaimana menerapkan teknik *backtracking* untuk menyusun data input agar mendapat hasil yang lebih optimal.

5. Implementasi dan Pembahasan Hasil

5.1 Flowchart Penjadwalan

Implementasi penjadwalan kuliah secara garis besar dapat digambarkan menggunakan diagram alir (*flowchart*) sebagai berikut:

**OPTIMASI PENJADWALAN KULIAH DI
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
MENGUNAKAN ALGORITMA PEWARNAAN
GRAF DAN BACKTRACKING**



Gambar4. Flowchart Penjadwalan

5.2 Data Kelas

terdiri dari kode matakuliah, semester, tahun akademik dan nikdosen pengajar.

Data utama yang diproses pada aplikasi penjadwalan adalah data kelas. Data kelas

KE_KR_MK_ThrKl	KE_KR_MK_ID	KE_Tahun	KE_IDSemester	KE_Kelas	KE_DayaTampung
2004	CF1140	2004	1	-	55
2004	CF1140	2004	2	-	75
2004	CF1140	2005	2	A	53
2004	CF1140	2005	2	B	53
2004	CF1160	2005	2	-	50
2004	CF1211	2004	1	A	60
2004	CF1211	2004	1	B	78

Gambar 5. Data Kelas

Field yang digunakan untuk proses pewarnaan pada penjadwalan kuliah adalah

kode mata kuliah, nik dosen pengajar, kelas yang diadakan, dan field semester.

5.3 Pengaturan Data Input



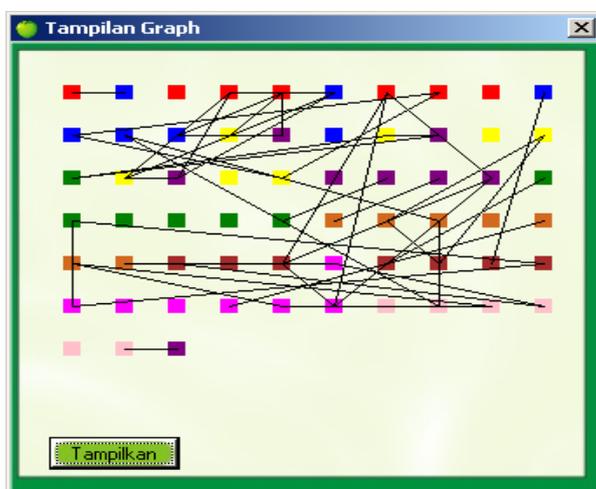
Gambar 6. Pengaturan Data Input

Data masukan (*input*) adalah berupa tahun akademik, semester pengada jadwal, field jumlah ruang pada suatu jurusan serta menentukan alokasi jumlah shift jam per harinya. Data pengujian yang diuji cobakan adalah data tahun akademik 2010 s.d 2017, pada semester ganjil dan genap. Untuk jumlah field ditentukan

sebanyak 8 (delapan) ruang dan jumlah *shift* perharinya sebanyak 4 (empat).

5.4 Proses Pewarnaan Graf

Setelah memberikan masukan data pada form interface pengaturan data input, selanjutnya memproses data tersebut menjadi *coloring graph*. Hasil proses *coloring graph* divisualisasikan seperti terlihat pada gambar 7.



Gambar 7. Pewarnaan Graf

IDTitik	IDWarna
101	1
102	2
103	1
104	1
105	1
106	2

IDTitik1	IDTitik2
101	102
104	106
104	122
104	123
105	113
105	114

Gambar 8. Data Grafik Pewarnaan Graf

Data yang telah diseleksi pada form pengaturan data menghasilkan 80 data, dengan jumlah relasi 90 garis. Sedangkan untuk detail

data grafik yang diproses ditampilkan pada gambar 8.

5.5 Hasil Penempatan jadwal

Hari	Jam Ke	Ruang1	Ruang2	Ruang3	Ruang4	Ruang5
Senin	1	C1201-1-	C1201-1-	C1202-2-	C1202-2-	C12
	2	C1201-1-	C1204-5-	C1301-1-	C1302-1-	C12
	3	C1303-1-	C1307-2-	C1401-3-	C1401-3-	C14
	4	C1304-1-	C1307-2-	C1404-3-	C1407-3-	C14
Selasa	1	C1402-3-	C1415-5-	C1415-5-	C1416-5-	C14

Gambar 9. Hasil Penempatan jadwal

Hasil penempatan jadwal ditunjukkan pada gambar 9, selanjutnya ditampilkan dengan urutan prioritas default sesuai urutan warna pada titik. Titik yang memiliki warna yang berbeda harus diletakkan pada shift waktu yang berbeda, sedangkan untuk titik yang memiliki warna yang sama dapat ditempatkan pada shift yang sama dengan ruang yang berbeda. Setelah melalui proses penempatan, selanjutnya menampilkan data kelas sesuai dengan kode matakuliah yang terdapat pada form penempatan yang merupakan jadwal kuliah.

6. Kesimpulan Dan Rekomendasi

Kesimpulan yang dapat diberikan dari hasil pengujian adalah:

1. Masalah penjadwalan kuliah di Unilak dapat diselesaikan menggunakan pewarnaan graf dan algoritma *backtracking*.
2. Pewarnaan graf diterapkan untuk menghasilkan jadwal kuliah yang relatif lebih efektif, yaitu jadwal yang tidak mengalami *cross* dengan jadwal kuliah lain.
3. Algoritma *backtracking* digunakan untuk menghasilkan jadwal yang lebih optimal (baik).

Rekomendasi yang dapat diberikan dari hasil penelitian adalah optimasi penjadwalan dapat dikembangkan menggunakan algoritma *heuristic* lainnya seperti *genetic algorithm*, *ant*

colony, particle swarm atau kombinasinya sesuai dengan *constraint* dan *resources* yang tersedia.

DAFTAR PUSTAKA

Al-Omari, Hussein. and Sabri, Khair E. (2006). New Graph Coloring Algorithms. American Journal of Mathematics and Statistics 2(4) :739-741.

Baase, Sara; A. Van Gelder. (2000). Computer Algorithms : Introduction to Design and Analysis - 3rd edition. AddisonWesley.

De Werra, D. (1990). Heuristics for Graph Coloring, Computational Graph Theory, Comput. Suppl. 7, Springer, Vienna, 191-208.

Goldberg, David E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning, Kluwer Academic Publishers, Boston, MA.

Hertz, A. (1990). A fast algorithm for coloring Meyniel graphs, Journal of Combinatorial Theory B 50, pp. 231-240.

Huang, et al. (2006). A GA-based feature selection and parameters optimization for support vector machines. Elsevier, Expert Systems with Applications, pp. 231-240.

Munir, Rinaldi. (2004). Algoritma Runut Balik (Backtracking). Departemen Teknik Informatika ITB Bandung.

Tan, P.N., Steinbach, M; Kumar, V. (2006). Introduction to Data Mining, Pearson Education, Inc., Boston.

Peraturan Menteri Pendidikan Nasional Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 2007 Tentang Standar Proses untuk Satuan Pendidikan Dasar dan Menengah.

Peraturan Pemerintah Nomor 13 Tahun 2015 tentang Standar Nasional Pendidikan.

http://www.tutorialspoint.com/sdlc/sdlc_waterfall_model.htm