

OPTIMASI PENJADWALAN MATA PELAJARAN MENGGUNAKAN METODE TABU SEARCH (STUDI KASUS: SMKN 2 SINGOSARI)

Olive Khoirul L.M.A.¹, Agus Wahyu Widodo², Budi Darma Setiawan³

^{1,2,3}Teknik Informatika, Fakultas Ilmu Komputer, Universitas Brawijaya

Email: ¹olive.klma@gmail.com, ²a_wahyu_w@ub.ac.id, ³s.budidarma@ub.ac.id

Abstrak

Penjadwalan merupakan salah satu proses penting yang harus dilakukan oleh setiap organisasi untuk mencapai tujuan organisasi. Permasalahan penjadwalan dapat terjadi pada berbagai organisasi, terutama organisasi dengan sumber daya yang besar seperti perusahaan, pemerintahan, dan institusi pendidikan. Di SMKN 2 Singosari terdapat delapan jurusan, sehingga penjadwalan mata pelajaran menjadi salah satu masalah rumit yang selalu terjadi setiap awal semester. Selama ini proses penjadwalan yang berlangsung di SMKN 2 Singosari masih berjalan secara manual menggunakan bantuan Microsoft Excel. Sebuah sistem cerdas berbasis web dibuat untuk memudahkan proses penjadwalan di SMKN 2 Singosari. Sistem ini menggunakan algoritma Tabu Search untuk melakukan proses penjadwalan mata pelajaran. Dalam metode Tabu Search, solusi awal berupa jadwal dibangkitkan secara random, kemudian dicari solusi akhirnya dan yang menjadi Tabu List adalah kumpulan move berbentuk array yang merupakan solusi jadwal mata pelajaran dengan nilai total penalti paling kecil pada tiap iterasi. Hasil penjadwalan yang dibangkitkan memiliki total penalti sebesar 302 untuk penjadwalan pada 8 kelas.

Kata kunci: penjadwalan, mata pelajaran, tabu search

Abstract

Scheduling is one of the important processes that must be done by each organization to achieve organizational goals. Scheduling problems can occur in a variety of organizations, especially organizations with large resources such as companies, governments, and educational institutions. At SMKN 2 Singosari there are eight majors, so scheduling the subjects is one of the complex problems that always occurred in the beginning of each semester. So far the subject scheduling process that takes place at SMKN 2 Singosari is still run manually using the help of Microsoft Excel. A web-based intelligent system designed to facilitate the subject scheduling process in SMKN 2 Singosari. The system uses Tabu Search algorithm to perform the scheduling process. In Tabu Search method, the initial solution is to generate random schedule, then searching for the final solutions and Tabu List is a collection of move in array form containing solutions to the schedule of subjects with smallest total penalty on each iteration. The results has total penalty of 302 for scheduling 8 classes.

Keywords: scheduling, subjects, tabu search

1. PENDAHULUAN

Di SMKN 2 Singosari terdapat delapan jurusan, sehingga penjadwalan mata pelajaran menjadi salah satu masalah rumit yang selalu terjadi setiap awal semester. Selama ini proses penjadwalan yang berlangsung di SMKN 2 Singosari masih menggunakan bantuan Microsoft Excel. Dengan menggunakan Microsoft Excel, penjadwal harus menyusun jadwal untuk tiap-tiap kelas secara manual. Dengan sistem penjadwalan manual seperti ini, apabila terdapat satu perubahan pada jadwal, maka seluruh jadwal dapat terpengaruh. Selain itu, karena proses penggantian jadwal masih dilakukan secara manual, maka tidak ada sinkronisasi data yang dapat menyebabkan terjadinya duplikasi pada jadwal. Proses audit jadwal juga harus dilakukan oleh penjadwal secara manual, sehingga memungkinkan adanya human error. Jumlah kelas sangat berpengaruh pada lamanya proses penyusunan jadwal karena banyaknya variabel yang

harus diperhitungkan dalam penyusunan jadwal seperti jumlah kelas, guru, dan kurikulum sekolah.

Berdasarkan permasalahan di atas, maka dibutuhkan sebuah sistem cerdas berbasis web untuk memudahkan proses penjadwalan yang ada di SMKN 2 Singosari. Sistem cerdas ini memberikan keluaran berupa beberapa alternatif solusi penjadwalan mata pelajaran. Sistem cerdas memberikan kontribusi untuk penjadwal dengan membantu proses penjadwalan berdasarkan solusi penjadwalan terbaik yang dihasilkan oleh sistem. Model sistem cerdas yang digunakan adalah dengan menggunakan metode Tabu Search.

Metode Tabu Search dipilih karena berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Aldy Gunawan et al. (2004), dalam menyelesaikan permasalahan penjadwalan mata kuliah, solusi hasil dari algoritma Tabu Search sedikit lebih baik dibandingkan dengan solusi hasil algoritma Simulated Annealing dan algoritma Genetika dalam perolehan nilai fungsi tujuan (objective function value). Selain itu, secara umum unjuk kerja algoritma Tabu Search juga lebih

baik dibandingkan algoritma Simulated Annealing dan algoritma Genetika dalam batas kualitas solusi yang dihasilkan. Namun algoritma Simulated Annealing mempunyai waktu komputasi yang lebih cepat dibandingkan waktu komputasi algoritma Tabu Search dan algoritma Genetika.

Pada penelitian ini, peneliti ingin mengetahui hasil optimasi penjadwalan mata pelajaran menggunakan metode Tabu Search dengan mempertimbangkan ketersediaan guru mata pelajaran, jumlah kelas, kurikulum sekolah, pemilihan waktu untuk mata pelajaran tertentu, serta alokasi waktu setiap mata pelajaran di SMKN 2 Singosari

2. METODE TABU SEARCH

Tabu Search adalah suatu metode optimasi matematis yang termasuk ke dalam local search. Tabu Search memperbaiki performansi local search dengan memanfaatkan penggunaan struktur memori. Sebagian solusi yang pernah dibangkitkan ditandai sebagai “tabu” sehingga algoritma Tabu Search tidak akan mengunjungi solusi tersebut secara berulang-ulang. Solusi algoritma Tabu Search yang lebih buruk dari solusi saat ini tetap dapat diterima, sehingga algoritma ini akan menyimpan solusi terbaik dan terus mencari berdasarkan solusi terakhir agar solusi terbaik tidak hilang. Sebagian solusi yang pernah ditemui akan diingat dan solusi yang telah ditelusuri akan dilarang untuk diingat untuk menghindari pengulangan yang sia-sia. Hal-hal inilah yang membuat algoritma Tabu Search menjadi lebih efisien dalam hal usaha dan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan permasalahan (Suyanto, 2010).

Metode Tabu Search dapat diatur dengan baik selama proses pencarian ketetanggaan menggunakan cara intensifikasi dan diversifikasi. Untuk mengimplementasikan keduanya, dibutuhkan suatu tambahan pada fungsi objektif (Reeves, 1993).

Tabu List merupakan struktur memori yang digunakan oleh Tabu Search untuk menyimpan atribut dari sebagian move (langkah transisi dari satu solusi ke solusi yang lain) yang telah diterapkan pada iterasi-iterasi sebelumnya. Fungsi lain dari Tabu List adalah untuk menolak solusi-solusi yang memenuhi atribut tertentu agar proses pencarian tidak dilakukan berulang kali di daerah solusi yang sama. Selain itu Tabu List juga digunakan untuk menuntun proses pencarian menelusuri solusi-solusi yang belum pernah dikunjungi (Suyanto, 2010).

2.1 Elemen Utama Tabu Search

Terdapat 5 elemen utama dari Tabu Search, yaitu (Suyanto, 2010):

- Mengklasifikasikan suatu subhimpunan langkah di dalam suatu ketetanggaan sebagai larangan atau tabu merupakan langkah utama untuk memanfaatkan memori di dalam Tabu Search.

- Mengidentifikasi solusi-solusi tetangga yang dapat dicapai dari solusi saat ini merupakan tujuan dari dibangunnya ketetanggaan (neighbourhood).
- Sejarah pencarian merupakan dasar klasifikasi, terutama kebaruan (recency) atau frekuensi (frequency) bahwa langkah atau komponen solusi tertentu (atribut) telah berpartisipasi pada pembangkitan solusi-solusi sebelumnya.
- Tabu Moves adalah Tabu List yang digunakan untuk mencatat langkah-langkah terlarang
- Kondisi atau kriteria pengabaian status tabu disebut kondisi aspirasi. Hal ini terjadi ketika suatu langkah tabu memberikan suatu solusi yang lebih baik dibandingkan semua langkah terbaik sebelumnya, maka status tabu dari langkah tersebut bisa diabaikan.

2.2 Kriteria Pemberhentian (Stopping Criterion)

Proses pencarian dengan Tabu Search akan dihentikan ketika sebuah solusi dengan nilai fungsi obyektif nol telah didapatkan. Begitu juga ketika jumlah iterasi maksimal yang ditentukan oleh pengguna telah tercapai dan solusi yang lebih baik dari solusi sebelumnya tidak tercapai, maka proses pencarian akan dihentikan (Aladag et al., 2007).

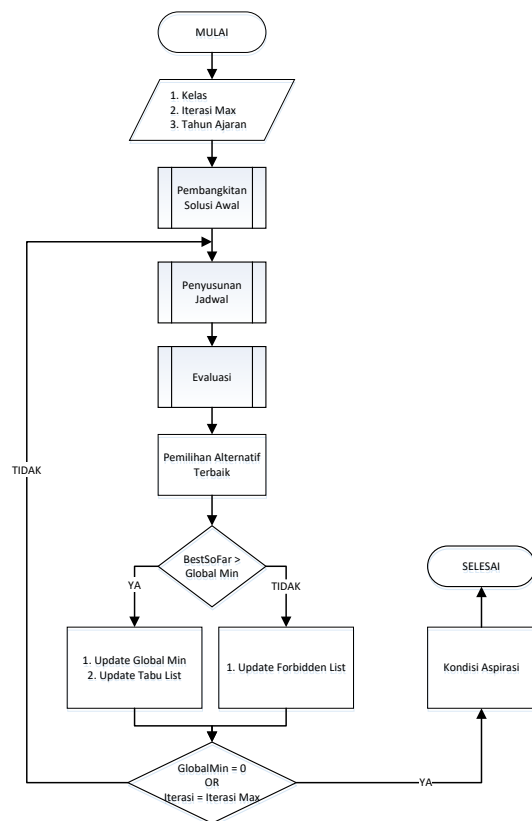
2.3 Pseudocode Tabu Search

Secara umum, pseudocode algoritma Tabu Search dapat dituliskan sebagai berikut (Rohini et al., 2016):

```
1. s ← s0
2. sBest ← s
3. tabuList ← []
4. while (not stoppingCondition())
5.   candidateList ← []
6.   bestCandidate ← null
7.   for (sCandidate in sNeighborhood)
8.     if ( (not tabuList.contains(sCandidate)) and (fitness(sCandidate) > fitness(bestCandidate)) )
9.       bestCandidate ← sCandidate
10.   end
11. End
12. s ← bestCandidate
13.   if (fitness(bestCandidate) > fitness(sBest))
14.     sBest ← bestCandidate
15.   end
16.   tabuList.push(bestCandidate);
17.   if (tabuList.size > maxTabuSize)
18.     tabuList.removeFirst()
19.   end
20. end
21. return sBest
```

3. PENGUJIAN

Diagram alir dari proses penjadwalan menggunakan metode Tabu Search dapat dilihat pada gambar 3.1



Gambar 3.1 Diagram alir Penjadwalan Dengan Tabu Search

Masukan berupa data parameter penjadwalan. Selanjutnya dibangkitkan solusi awal. Lalu dilakukan iterasi sebanyak iterasi maksimal. Satu kali proses iterasi akan membangkitkan 6 alternatif. Alternatif adalah solusi yang dihasilkan dengan membedakan awal hari untuk penyusunan jadwal. Selama proses optimasi, pada setiap iterasi, solusi akan dievaluasi. BestSoFar adalah nilai total penalti di tiap iterasi, sedangkan GlobalMin adalah nilai total penalti sampai akhir iterasi max. Solusi tiap iterasi dengan BestSoFar terkecil akan dimasukkan ke dalam tabu list. TabuList berukuran maksimal 5 solusi. Apabila sudah tidak ada lagi solusi yang tidak menjadi anggota tabu list, maka nilai terbaik yang baru saja diperoleh merupakan solusi sebenarnya. Proses optimasi akan dihentikan ketika GlobalMin=0 atau jumlah iterasi telah mencapai jumlah iterasi Max. Kondisi aspirasi merupakan kondisi dimana solusi terbaik masuk ke Tabu List, sehingga harus dikeluarkan dari tabu list terlebih dahulu agar menjadi solusi terbaik.

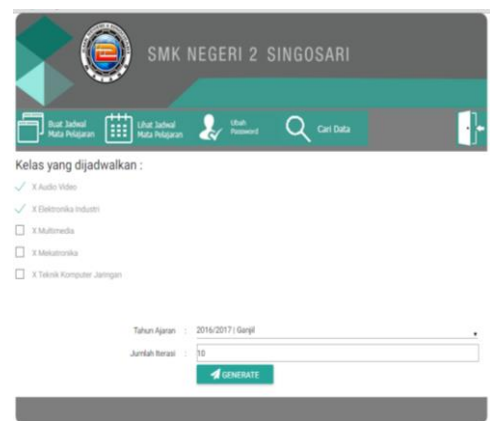
Intensifikasi pada proses penjadwalan dilakukan dengan cara memasukkan solusi yang nilai BestSoFar-nya di bawah GlobalMin ke dalam Forbidden List. Forbidden List ini akan di-reset ketika hasil solusi selanjutnya lebih baik daripada GlobalMin. Proses diversifikasi dilakukan dengan membangkitkan 6 alternatif tiap iterasinya.

Data constraint digunakan sebagai penentu kualitas dari solusi hasil penjadwalan mata pelajaran dalam sistem yang akan dibangun.

Tabel 3.1 Data Constraint

Constraint	Penalti
Bentrok Guru Mengajar Kelas Lain	20
Mata Pelajaran Diajarkan Lebih dari 4 Jam Mata Pelajaran Dalam Satu Hari	2

Tampilan halaman buat jadwal mata pelajaran dapat dilihat pada Gambar 3.2 sedangkan tampilan halaman hasil penjadwalan dapat dilihat pada Gambar 3.3.



Gambar 3.2 Tampilan Halaman Buat Jadwal

	Senin	Selasa	Rabu	Kamis	Jumat	Sabtu
Jam - 1	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 14	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 19	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	KEMIRASAHAN : 37	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18
Jam - 2	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 14	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 19	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	KEMIRASAHAN : 37	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18
Jam - 3	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 14	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 19	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	BAHASA JAWA : 11	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18
Jam - 4	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 14	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 19	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18	BAHASA JAWA : 11	PRODUKSI AUDIO VIDEO : 18
Jam - 5	BARANG DAN KONSELING : 3	OLAHRAGA : 13	BAHASA INDONESIA : 16	BAHASA INDONESIA : 1	SEN BUDAYA : 5	FIKSI : 15
Jam - 6	AGAMA ISLAM : 20	OLAHRAGA : 13	BAHASA INDONESIA : 16	BAHASA INDONESIA : 1	SEN BUDAYA : 5	FIKSI : 15
Jam - 7	AGAMA ISLAM : 20	OLAHRAGA : 13	MATEMATIKA : 12	BAHASA		

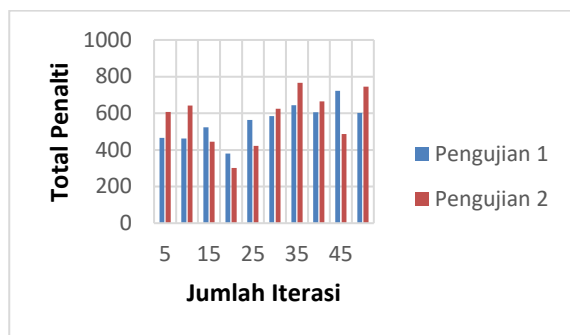
Gambar 3.3 Tampilan Halaman Solusi Akhir Penjadwalan

Pengujian dilakukan menggunakan uji MaxIterasi dengan parameter jumlah iterasi yang berbeda sebanyak 10 kali dan dilakukan sebanyak 2 set.

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

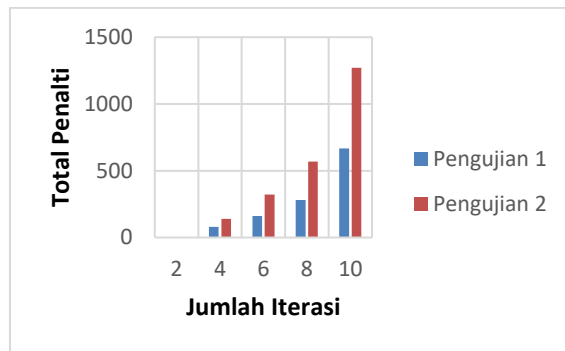
Hasil dilakukan pada 8 kelas dengan jumlah iterasi sebanyak 10 iterasi dan dilakukan pengujian masing-masing iterasi sebanyak dua kali. Hasil pengujian 1 dan 2 menunjukkan bahwa dengan parameter iterasi dan jumlah kelas yang sama, total penalti dari hasil penjadwalan memiliki perbedaan.

Hal ini disebabkan karena untuk setiap iterasi yang dilakukan, metode *Tabu Search* akan membangkitkan solusi awal secara acak yang kemudian akan dievaluasi dan dioptimasi menggunakan metode *Tabu Search*. Hasil pengujian terbaik terdapat pada percobaan ke 4 dengan iterasi 20, pengujian kedua dengan nilai penalti total 302. Gambar 5.1 menunjukkan grafik hasil pengujian dengan parameter *MaxIterasi*. Sedangkan Gambar 5.2 menunjukkan grafik hasil pengujian dengan parameter jumlah kelas.



Gambar 4.1 Grafik Hasil Pengujian dengan Parameter *MaxIterasi*

Pengujian kedua dilakukan dengan nilai iterasi yang sama, namun dengan jumlah kelas yang berbeda. Dari hasil pengujian kedua, hasil penjadwalan dengan nilai penalti terbaik terdapat pada percobaan 1, dimana jumlah kelas yang dijadwalkan hanya 2 kelas saja dengan hasil total nilai penalti = 0 baik pada pengujian 1 maupun 2. Pada pengujian selanjutnya, semakin banyak jumlah kelas yang dijadwalkan, maka jumlah total penalti yang didapat juga semakin meningkat. Hal ini disebabkan kompleksitas penyusunan dan sumber daya yang harus dijadwalkan meningkat, sedangkan jumlah guru mata pelajaran tertentu dan slot waktu yang dijadwalkan tetap.



Gambar 4.2 Grafik Hasil Pengujian dengan Parameter Jumlah Kelas.

5. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil implementasi dan pengujian penjadwalan mata pelajaran dengan metode *Tabu Search*, maka dapat diambil kesimpulan bahwa:

- Hasil dari pengujian menunjukkan bahwa total nilai penalti yang diperoleh dipengaruhi oleh hasil pembangkitan solusi awal jadwal mata pelajaran dan jumlah kelas yang dijadwalkan.
- Dalam metode *Tabu Search*, solusi awal berupa jadwal dibangkitkan secara random, kemudian dicari solusi akhirnya dan yang menjadi *Tabu List* adalah kumpulan move berbentuk array yang merupakan solusi jadwal mata pelajaran dengan nilai total penalti paling kecil pada tiap iterasi.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Aladag ,C.H. dan Hocaoglu ,G.. 2007.A *Tabu Search Algorithm To Solve A Course Timetabling Problem*. [e-journal] Tersedia melalui: <<http://dergipark.ulakbim.gov.tr/hujms/article/download/5000017516/5000017780>> [Diakses 20 Juni 2016]
- Fadillah,T.2013.*Sistem Pendukung Keputusan Ujian Komprehensif Menggunakan Algoritma Tabu Search*.S1. Universitas Brawijaya.
- Glover, F. dan Laguna, M. 2013. *Tabu Search*. [pdf] Ming Chuan University. Tersedia melalui: <http://www.cs.mcu.edu.tw/~s9170446/research/Tabu_Search/TABU%20SEARCH.pdf> [Diakses 20 Februari 2016].
- Glover, F. Dan Laguna, M. Dan Marti, R. 2007. *Principles Of Tabu Search*. University Of Colorado, Colorado.
- Gunawan, A; Ong, H.L. dan Ng., K.M. 2004. *Applying Metaheuristics for the Course Scheduling Problem*. [e-journal] Tersedia melalui :<https://www.researchgate.net/profile/Aldy_Gunawan/publication/267836506_APPLYING_METAHEURISTICS_FOR_THE_COURS>

- E_SCHEDULING_PROBLEM/links/55933dc708ae1e9cb42990b9.pdf> [Diakses 3 Maret 2016]
- Ji,M., Tang,H.2004.Global Optimizations and Tabu Search Based on Memory. Dalam: Suyanto.2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta :Graha Ilmu. pp. 138.
- Kamus Besar Bahasa Indonesia dalam jaringan (KBBI daring): <http://bahasa.kemdiknas.go.id/kbbi/index.php>
- Khang, N.T., Nguyen, D.T.T, dan Trieu, Trang . *Using Tabu Search for Solving a High School Timetabling Problem*. [pdf] University of Ho Chi Minh. Tersedia di:<link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-642-12090-9_26> [Diakses 10 Juni 2016]
- Kusumadewi, S. dan Purnomo, H. 2005. *Penyelesaian Masalah Optimasi Menggunakan Teknik-teknik Heuristik*. Yogyakarta: Graha Ilmu.
- Mushi,A.R. 2006. *Tabu Search Heuristic For University Course Timetabling Problem*. [pdf]University of Dar Es Salaam.Tersedia di : < <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.730.9259&rep=rep1&type=pdf> > [Diakses 10 Juni 2016]
- Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan No.70 Tahun 2013. Jakarta : Kementrian Pendidikan Negara Republik Indonesia.
- Reeves.C.R.,1999.Modern Heuristic Techniques for Combinatorial Problem. Dalam: Suyanto.2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta :Graha Ilmu. pp. 137.
- Rohini,V., Natarajan,A.M., 2016. *Comparison of Genetic Algorithm with Particle Swarm Optimisation, Ant Colony Optimisation, and Tabu Search Based onUniversity Course Scheduling System*. [e-journal] Tersedia melalui :< <http://www.indjst.org/index.php/indjst/article/download/85379/70133>> [Diakses 13 Juli 2016]
- Setyadi, D. 2012. *Aplikasi Penjadwalan Mata Pelajaran dengan Algoritma Tabu Search (Studi Kasus pada Sanggar*, [online] Tersedia melalui : < repository.uksw.edu/handle/123456789 > [Diakses 5 Maret 2016]
- Suyanto.2010. *Algoritma Optimasi Deterministik atau Probabilistik*. Yogyakarta :Graha Ilmu.
- Siregar,D.P.2011.Optimasi Penjadwalan Kuliah dengan Metode Tabu Search. [e-journal] Tersedia melalui : <repository.usu.ac.id/bitstream/123456789/21792/7/Cover.pdf> [Diakses 5 Maret 2016]
- Trisnawati,A.,Sangadji,B.M.,Karmila,S.,2011.*Implementasi Tabu Search untuk Penjadwalan Kelas*,[e-journal] Tersedia melalui : <<http://portal.kopertis3.or.id/bitstream/123456789/1344/1/IMPLEMENTASI%20METODE%20TABU%20SEARCH%20UNTUK%20PENJADWALAN%20KELAS.pdf>> [Diakses 10 April 2016]
- Valdes, A.R.,Crespo, E., Tamarit, J., 2001. *Tabu Search : An Efficient Heuristic For University Organization Problem*,[pdf] University of Valencia.Tersedia melalui : <<https://rev-inv-ope.univ-paris1.fr/files/22201/IO-22201-3.pdf>> [Diakses 1 Juli 2016]