

Optimasi Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Pewarnaan Graf

Theresia Sunarni⁽¹⁾, R. Kristoforus Jawa Bendi⁽²⁾, Achmad Alfian⁽³⁾

^{(1),(3)} Program Studi Teknik Industri,

⁽²⁾ Program Studi Informatika

Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Katolik Musi Charitas

Jalan Bangau No. 60 Palembang 30113

⁽¹⁾ t_sunarni@ukmc.ac.id

ABSTRAK

Penjadwalan perkuliahan merupakan suatu cara mengalokasikan mahasiswa yang mengambil mata kuliah, dosen yang mengampu mata kuliah, dan ruang yang digunakan untuk perkuliahan pada slot waktu yang tersedia. Kegiatan perkuliahan dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah dosen dan ruang kelas dan slot waktu yang tersedia. Prodi Teknik Industri Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Katolik Musi Charitas (TI FST UKMC) dalam mengatur mata kuliah, ruang kelas, dan dosen untuk proses penyusunan jadwal mata kuliah mengalami beberapa kendala, seperti bentrok mata kuliah karena dosen atau mahasiswa dengan semester yang sama dijadwalkan pada slot waktu yang sama, dan terjadi pelanggaran dalam penjadwalan terhadap permintaan dosen untuk tidak dijadwalkan pada slot waktu tertentu. Penjadwalan mata kuliah yang dihadapi perguruan tinggi perlu diperbaiki supaya lebih teratur serta pemanfaatan dosen dan ruang kelas lebih optimal.

Pewarnaan graf menempatkan kejadian setiap kejadian secara sekuensial ke dalam periode waktu yang valid sedemikian sehingga tidak ada konflik antar kejadian. Teknik ini menggunakan representasi graf, di mana kejadian direpresentasikan sebagai verteks dan konflik direpresentasikan sebagai jalur/simpul. Algoritma yang digunakan dalam pewarnaan graf pada penelitian ini adalah *welch powell*.

Hasil pewarnaan menjadi dasar dalam pengalokasian slot waktu dan ruang dalam proses penjadwalan. Pada penelitian ini proses tersebut dibuat 3 skenario dengan perbedaan slot waktu yang tersedia, ruang yang tersedia, dan hari yang tersedia. Dari ketiga skenario tersebut menunjukkan bahwa dengan skenario 4 slot waktu, 1 ruang, dan 6 hari mendapatkan hasil yang optimal dimana tidak terjadi bentrok dan semua permintaan dosen tidak dijadwalkan pada slot waktu tertentu dapat dipenuhi.

Kata kunci— Penjadwalan mata kuliah, optimal, pewarnaan graf, *welch powell*.

I. PENDAHULUAN

Penjadwalan merupakan kegiatan yang dilakukan untuk mengalokasikan sumber-sumber atau mesin-mesin yang ada untuk menjalankan sekumpulan tugas dalam jangka waktu tertentu (Baker, 1974). Topik mengenai permasalahan penjadwalan telah banyak dibahas dalam berbagai penelitian. Salah satunya adalah permasalahan penjadwalan matakuliah atau *university timetable problem*/UTP (Dewi, 2010; Hiryanto & Thio, 2011; Lumbantoran, 2014; Puspaningrum, Djunaidy, & Vinarti, 2013; Sabar, *et al*, 2012). Jat & Yang (2008) menyebutkan UTP sebagai persoalan alokasi yang bersifat multidimensi, di mana mahasiswa dan dosen dialokasikan dalam mata kuliah, kelas-kelas mata kuliah dan preferensi waktu (baik dosen maupun mahasiswa) dialokasikan dalam ruang (*classrooms*) dan slot waktu (*timeslots*). UTP merupakan jenis permasalahan alokasi waktu yang diselesaikan dengan mengevaluasi batasan-batasan yang diberikan.

Penyusunan jadwal perkuliahan menjadi bagian penting dari kegiatan yang rutin dilakukan setiap semester pada sebuah perguruan tinggi. Penjadwalan perkuliahan merupakan suatu cara mengalokasikan mahasiswa yang mengambil mata kuliah, dosen yang mengampu mata kuliah, dan ruang yang digunakan untuk perkuliahan pada slot waktu yang tersedia. Kegiatan perkuliahan dilakukan dengan mempertimbangkan jumlah dosen dan ruang kelas dan slot waktu yang tersedia.

Sering kali pada proses penyusunan jadwal perkuliahan terjadi konflik atau bentrok mata kuliah/dosen/ruang kuliah pada suatu slot waktu tertentu. Hal ini dapat disebabkan karena: (a) adanya kesamaan dosen pengajar pada mata kuliah yang berbeda, (b) adanya penggunaan ruangan yang sama untuk mata kuliah yang berbeda, (c) adanya keterbatasan jumlah ruang kuliah yang tersedia, (d) adanya kebutuhan ruangan tertentu (khusus) untuk beberapa mata kuliah, dan (e) adanya permintaan dosen yang bersangkutan untuk tidak mengajar pada slot waktu tertentu.

Demikian juga penyusunan jadwal perkuliahan yang dilakukan di program studi TI FST UKMC, masih menghadapi kendala terjadinya bentrok dan belum terpenuhinya permintaan dosen untuk tidak dijadwalkan pada slot waktu tertentu. Penyusunan jadwal yang dilakukan dengan menempatkan mata kuliah tertentu pada suatu ruang dan slot waktu tertentu, selanjutnya untuk mata kuliah yang lain dengan mencari slot-slot waktu yang masih kosong. Penjadwalan yang dilakukan dengan cara coba-coba seperti ini tentunya akan menyulitkan dan membutuhkan waktu yang lama karena harus melakukan perbaikan berulang kali.

Salah satu cara untuk mengoptimalkan penjadwalan adalah dengan menerapkan berbagai metode-metode penjadwalan yang telah dikembangkan sebelumnya. Beberapa metode penjadwalan yang banyak digunakan untuk persoalan *University Timetable Problem* (UTP) antara lain penggunaan *metode berbasis populasi* (Sabar, *et al*, 2012; Saragih *et al*, 2012), *metode heuristik* (Buliali *et al*, 2008; Kohshori & Abadeh, 2012; Setemen, 2010; Siswono & Palgunadi, 2014; Puspaningrum *et al*, 2013; Yudhihartanti *et al*, 2011; Jat & Yang, 2008; Mushi, 2012), *metode pewarnaan graf* (Bozyer *et al*, 2011; Sabar *et al*, 2009; Malkawi *et al*, 2008; Astuti, 2011; Lumbantoruan, 2014; Hiryanto & Thio, 2011; Tasari, 2012; Dewi, 2010; Susiloputro *et al*, 2012; Setiawati *et al*, 2015; Dandashi & Al-Mouhamed, 2010).

Pewarnaan graf menempatkan kejadian setiap kejadian secara sekuensial ke dalam periode waktu yang valid sedemikian sehingga tidak ada konflik antar kejadian. Teknik ini menggunakan representasi graf, dimana kejadian direpresentasikan sebagai verteks dan konflik direpresentasikan sebagai jalur/simpul (Burke & Sanja, 2002). Dan Hasil telaah literatur menunjukkan algoritma yang sering digunakan dalam pewarnaan graf adalah *Welch-Powell algorithm* (Astuti, 2011; Hiryanto & Thio, 2011; Susiloputro *et al*, 2012; Qu *et al*, 2009).

Berdasarkan uraian tersebut, rumusan masalah penelitian ini adalah: bagaimana mengoptimalkan sistem penjadwalan kuliah di prodi TI FST UKMC menggunakan algoritma *welch powell* pada pewarnaan graf. Pengembangan sistem penjadwalan mata kuliah dapat menghindari adanya bentrok dan terpenuhinya permintaan dosen untuk tidak dijadwalkan pada slot waktu tertentu menjadi tujuan dari penelitian ini.

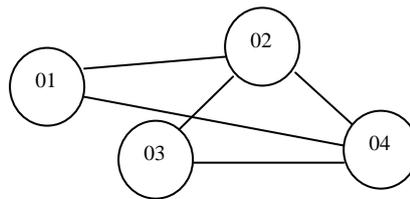
II. METODOLOGI

Tahapan yang akan dilakukan pada penelitian ini adalah (1) pendalaman studi literatur, (2) identifikasi kebutuhan sistem, (3) analisis dan pemodelan sistem penjadwalan, (4) disain sistem penjadwalan, dan (5) penjadwalan sistem. Berdasarkan studi literatur dan hasil identifikasi kebutuhan sistem, dipilih metode pewarnaan graf menggunakan algoritma *welch-powell*. Tahapan dalam penjadwalan dimulai dari mengidentifikasi hubungan antar verteks dalam hal ini mata kuliah, berdasarkan kesamaan dosen pengampu dan semester. Hubungan yang terbentuk menjadi dasar dalam penghitungan derajat mata kuliah yang digunakan dalam pewarnaan graf. Berikutnya hasil pewarnaan menjadi dasar dalam pengalokasian slot waktu dan ruang pada jadwal.

Graf (*graph*) adalah struktur diskrit yang terdiri dari simpul (*vertex*) dan sisi (*edge*), atau dengan kata lain, graf adalah pasangan himpunan (V,E) dengan V adalah himpunan tidak kosong dari *vertex* dan E adalah himpunan sisi yang menghubungkan sepasang simpul dalam graf tersebut. Gambar 1 merupakan contoh penggambaran simpul, sisi dan perhitungan derajat. Pada gambar ditunjukkan ada 4 mata kuliah (01, 02, 03, dan 04) dengan garis penghubung (sisi) antar mata kuliah yang menunjukkan adanya kesamaan dosen pengampu dan semester. Derajat simpul dihitung berdasarkan jumlah sisi yang dimiliki sebuah simpul. Besarnya derajat simpul 01 adalah 2, simpul 02 adalah 3, simpul 03 adalah 2, dan simpul 04 adalah 3.

Dalam teori graf dikenal istilah pewarnaan graf (*graph coloring*), yaitu sebuah metode untuk memberi label pada sebuah graf. Label tersebut bisa diberi pada simpul, sisi maupun wilayah (*region*). Pewarnaan simpul dari sebuah graf adalah memberi warna pada simpul-simpul suatu graf sedemikian sehingga tidak ada dua simpul bertetangga yang memiliki warna yang sama. Kita

dapat memberikan sembarang warna pada simpul-simpul asalkan berbeda dengan simpul-simpul tetangganya.



Gambar 1 Contoh penggambaran simpul dan sisi

Pada penelitian ini membahas pewarnaan simpul pada proses pewarnaan elemen graf dengan menggunakan algoritma *welch powell*. Algoritma *welch powell* merupakan salah satu algoritma pewarnaan graf yang melakukan pewarnaan berdasarkan derajat tertinggi dari simpul-simpulnya, disebut *Largest Degree Ordering (LDO)*. Algoritma *welch powell* dapat digunakan untuk mewarnai sebuah graf G secara efisien dan praktis, walaupun tidak selalu memberikan jumlah warna minimum yang diperlukan untuk mewarnai G . Adapun tahapan pewarnaan dengan algoritma *welch powell* adalah sebagai berikut:

- 1) Urutkan simpul-simpul dari G dalam derajat yang menurun
- 2) Gunakan satu warna untuk mewarnai simpul pertama (yang mempunyai derajat tertinggi) dan simpul-simpul lain (dalam urutan yang berurutan) yang tidak bertetangga dengan simpul pertama ini.
- 3) Mulai lagi dengan simpul berderajat tertinggi berikutnya di dalam daftar terurut yang belum diwarnai dan ulangi proses pewarnaan simpul dengan menggunakan warna kedua.
- 4) Ulangi penggunaan warna-warna sampai semua simpul telah diwarnai.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. *Pengolahan Data*

Sistem penjadwalan perkuliahan dilakukan pada prodi TI semester ganjil 2016/2017, yang di dalamnya terdapat 30 mata kuliah dengan 16 dosen pengampu. Setiap mata kuliah merupakan simpul, selanjutnya dibuat garis penghubung (sisi/*edge*) antar simpul yang memiliki dosen pengampu dan semester yang sama. Derajat simpul dihitung berdasarkan banyaknya sisi yang dimiliki setiap simpul. Pewarnaan simpul ditentukan berdasarkan besarnya derajat masing-masing simpul dengan menggunakan algoritma *Welch Powell*. Tabel 1 merupakan daftar mata kuliah, dosen, semester, derajat, dan warna mata kuliah di prodi TI FST UKMC.

Tabel 1 Daftar Mata Kuliah, Derajat dan Hasil Pewarnaan

Kode MK	Kode Dosen	SKS	Smtr	Drjt	Warna	Kode MK	Kode Dosen	SKS	Smtr	Drjt	Warna
MK06	D05	2	3	10	1	MK11	D15	3	7	8	1
MK10	D01	3	5	10	1	MK18	D15	2	7	8	1
MK14	D05	2	3	10	2	MK19	D02	2	5	8	1
MK15	D01	3	5	10	1	MK23	D02	2	3	8	3
MK03	D15	2	3	9	3	MK25	D06	2	7	8	1
MK04	D05	2	7	9	3	MK08	D12	2	3	7	3
MK05	D01	3	1	9	1	MK09	D03	3	3	7	3
MK07	D06	3	5	9	1	MK17	D09	2	1	7	1
MK13	D13	2	5	9	1	MK24	D11	2	5	7	1
MK20	D05	3	7	9	4	MK26	D08	2	5	7	1
MK22	D13	3	5	9	1	MK12	D10	3	1	6	1
MK27	D13	3	3	9	3	MK16	D14	2	1	6	1
MK28	D01	3	7	9	1	MK21	D07	3	1	6	1
MK01	D09	3	3	8	3	MK29	D16	3	1	6	1
MK02	D06	2	7	8	1	MK30	D04	3	1	6	1

Tabel 2 Daftar Slot Waktu Larangan Dosen Dijadwalkan Mengajar

ID Dosen	Slot Larangan	Urutan	MK diampu	ID Dosen	Slot Larangan	Urutan	MK diampu
D01	T41,T42	5	MK10, MK15, MK05, MK28	D09	T41,T42	8	MK01, MK17
D02	T41,T43	6	MK19, MK23	D13	T41, T42,T43	4	MK13, MK22, MK27
D03	T41, T42,T43	2	MK09	D14	T32	12	MK16
D04	T32, T42	7	MK30	D15	T41,T42	9	MK03, MK11, MK18
D05	T41, T42,T43	3	MK06, MK14, MK04, MK20	D10	T32	13	MK12
D06	T32, T33, T41, T42, T43	1	MK07, MK02, MK25	D11	-	14	MK24
D07	T22	10	MK21	D12	-	15	MK08
D08	T42	11	MK26	D16	-	16	MK29

Keterangan :

Tij = hari ke-i slot waktu ke-j, misal : T32 : hari ke-3(Rabu) slot waktu ke-2

B. Hasil dan Pembahasan

Pada proses pengalokasian slot waktu dan ruang dibuat 3 skenario pengkondisian. Skenario disusun dengan pertimbangan dari jumlah mata kuliah yang akan dijadwalkan, yakni 30 dengan 7 mata kuliah membutuhkan ruang khusus (laboratorium) dan 23 mata kuliah membutuhkan ruang kelas biasa. Jika tiap mata kuliah dengan beban 2 atau 3 sks bisa dialokasikan pada tiap slot waktu yang tersedia, maka jumlah slot waktu minimal yang harus disediakan adalah 23. Slot waktu yang disediakan pada kasus ini adalah 24 slot, dengan kombinasi yang memungkinkan adalah: (1) 4 hari, 2 ruang kelas, dan 3 slot waktu/hari; (2) 3 hari, 2 kelas, dan 4 slot waktu/hari; dan (3) 6 hari, 1 ruang kelas, dan 4 slot waktu/hari. Tabel 3, 4, dan 5 menunjukkan hasil penjadwalan untuk skenario1, 2, dan 3. Beberapa batasan yang dipertimbangkan pada penjadwalan ini adalah: (1) mata kuliah dalam semester yang sama tidak dijadwalkan pada slot waktu yang sama, (2) mata kuliah dalam semester yang sama dijadwalkan maksimal 3 kali per hari, (3) Setiap dosen hanya dijadwalkan 1 mata kuliah pada slot waktu tertentu, (4) Setiap dosen dijadwalkan sesuai pada slot waktu sesuai kesediaannya atau tidak pada slot waktu larangannya, (5) Setiap dosen dijadwalkan mengajar maksimal 2 mata kuliah per hari, sedangkan mahasiswa bisa mengambil mata kuliah di semester yang berbeda diabaikan pada penelitian ini.

Tabel 3 Hasil Penjadwalan dengan Skenario 1

Slot Waktu	Hari															
	Senin				Selasa				Rabu				Kamis			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	06/05/3/2	05/01/1/3	07/06/5/3	09/03/7/3	02/06/7/2	19/02/5/2			21/07/1/3	27/13/3/3		26/08/5/2	12/10/1/3	08/12/3/2		
T2	25/06/7/2	30/04/1/3	22/13/5/3		10/01/5/3	11/15/7/3			24/11/5/2	29/16/1/3		04/05/7/2	03/15/3/2	14/05/3/2		
T3	28/01/7/3	17/09/1/2	13/13/5/2		15/01/5/3	18/15/7/2			16/14/1/2	23/02/3/2		20/05/7/3	01/09/3/3			

Keterangan:

Pengkodean pada tiap slot waktu, hari, dan ruang adalah m/d/s/k

m = mata kuliah, d = dosen, s = semester, k = sks

Tabel 4 Hasil Penjadwalan dengan Skenario 2

Slot Waktu	Hari											
	Senin				Selasa				Rabu			
	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4	R1	R2	R3	R4
T1	06/05/3/2	30/04/1/3	07/06/5/3	09/03/7/3	02/06/7/2	16/14/1/2		26/08/5/2	24/11/5/2	03/15/3/2		20/05/7/3
T2	25/06/7/2	17/09/1/2	22/13/5/3		10/01/5/3	18/15/7/12			27/13/3/3	08/12/3/2		
T3	28/01/7/3	21/07/1/3	13/13/5/2		15/01/5/3	12/10/1/3		04/05/7/2	23/02/3/2	14/05/3/2		
T4	05/01/1/3	11/15/7/3			19/02/5/2	29/16/1/3			01/09/3/3			

Tabel 5 Hasil Penjadwalan dengan Skenario 3

Slot Waktu	Hari																	
	Senin			Selasa			Rabu			Kamis			Jumat			Sabtu		
	R1	R3	R4	R1	R3	R4	R1	R3	R4	R1	R3	R4	R1	R3	R4	R1	R3	R4
T1	06/05/3/2	07/06/5/3	09/03/7/3	02/06/7/2			30/04/1/3	26/08/5/2	21/07/1/3			29/16/1/3				03/15/3/2		
T2	25/06/7/2	22/13/5/3		10/01/5/3	04/05/7/2	17/09/1/2			16/14/1/2			27/13/3/3				08/12/3/2		
T3	28/01/7/3	13/13/5/2		15/01/5/3	20/05/7/3	11/15/7/3			12/10/1/3			23/02/3/2				14/05/3/2		
T4	05/01/1/3			19/02/5/2			18/15/7/2		24/11/5/2			01/09/3/3						

Hasil penjadwalan pada skenario 1 ditemukan 1 kali pelanggaran terhadap permintaan untuk tidak dijadwalkan pada slot waktu kedua hari Kamis pada mata kuliah MK03 dengan dosen pengampu D15; 1 kali bentrok jadwal mahasiswa, yakni : dua mata kuliah dalam semester 3 (MK03 dengan MK14) dijadwalkan pada slot waktu bersamaan yakni slot waktu kedua hari Kamis; dan mata kuliah pada semester yang sama dijadwalkan lebih dari 3 kali dalam 1 hari, yakni mata kuliah semester 3: MK03, MK 01, MK 08, dan MK 14 pada hari Kamis.

Skenario kedua menunjukkan hasil adanya 2 kali bentrok mahasiswa atau semester yang sama dijadwalkan bersamaan seperti pada skenario pertama. Bentrok terjadi pada slot waktu kedua dan ketiga di hari Rabu. Pada slot waktu kedua bentrok antara MK08 dengan MK 2, sedangkan pada slot waktu ketiga antara MK14 dengan MK23 yang semuanya adalah mata kuliah semester 3. Selain itu terjadi pelanggaran mata kuliah pada semester yang sama dijadwalkan lebih dari 3 kali dalam 1 hari, yakni mata kuliah semester 3: MK27, MK23, MK01, MK03, MK08, MK14. Sedangkan pada skenario 3 tidak ditemukan pelanggaran terhadap permintaan larangan slot waktu dosen dan bentrok dosen maupu mahasiswa pada slot waktu dan ruang kelas. Hal ini menunjukkan bahwa skenario 3 sudah optimal.

IV. PENUTUP

Hasil penelitian menunjukkan bahwa pewarnaan graf dengan algoritma *welch powell* dapat menghasilkan jadwal yang optimal, yakni diperoleh jadwal yang tidak bentrok mahasiswa/dosen/ruang dan juga permintaan dosen untuk tidak dijadwalkan pada slot waktu tertentu dapat dipenuhi. Penelitian ini masih akan dilanjutkan dengan melakukan penjadwalan dengan cakupan yang lebih luas dan akan dibuat perangkat lunak untuk penjadwalan dengan pewarnaan graf menggunakan algoritma *welch-powell*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari Program Hibah Penelitian Produk Terapan tahun 2017 yang dibiayai Direktorat Penelitian dan Pengabdian Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi. Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada seluruh responden yang telah bersedia memberikan data. Juga kepada pimpinan dan kolega di Universitas Katolik Musi Charitas atas dukungan dan semangatnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Astuti, S., 2011, "Penyusunan Jadwal Kuliah Dengan Algoritma Pewarnaan Graf Welch Powell", *Jurnal Dian*, Vol. 11 No1, hlm. 68-74.
- Baker, K. R., 1974, *Introduction To Sequencing And Scheduling*, New York: John Wiley & Sons, Inc.
- Bozyer, Z., Basar, M. S., & Aytakin, A., 2011, "A Novel Approach of Graph Coloring for Solving University Course Timetabling Problem", *The Second International Symposium on Computing in Science & Engineering*, hlm. 560-566, Kusadasi, Aydin, Turkey: Gediz University Publications.

- Buliali, J. L., Herumurti, D., & Wiriapradja, G., 2008, "Penjadwalan Matakuliah Dengan Menggunakan Algoritma Genetika dan Metode Constraint Satisfaction", *Jurnal Ilmiah Teknologi Informasi*, Vol 7 No 1, hlm. 29-38.
- Burke, E. K., & Petrovic, S., 2002, "Recent Research Directions In Automated Timetabling", *European Journal of Operational Research*, hlm. 266-280.
- Burke, E., Jackson, K., Kingston, J., & Weare, R., 1997, "Automated University Timetabling: The State of the Art", *The Computer Journal*, hlm. 565-571.
- Cauvery, N. K., 2011, "Timetable Scheduling using Graph Coloring", *International Journal of P2P Network Trends and Technology*, Vol 1 No 2, hlm. 57-62.
- Dandashi, A., & Al-Mouhamed, M., 2010, "Graph Coloring for Class Scheduling", *IEEE/ACS International Conference on Computer Systems and Applications*, hlm. 1-4, Hammamet: IEEE.
- Dewi, F. K., 2010, "Pembangunan Perangkat Lunak Pembangkit Jadwal Kuliah dan Ujian Dengan Metode Pewarnaan Graf", *Buana Informatika*, Vol 1 No1, hlm. 57-68.
- Hiryanto, L., & Thio, J. S., 2011, "Pengembangan Metode Graph Coloring Untuk University Course Timetable Problem Pada Fakultas Teknologi Informasi Universitas Tarumanagara", *Jurnal Ilmu Komputer dan Informasi*, Vol 4 No 2, hlm. 82-91.
- Jat, S. N., & Yang, S., 2008, "A Memetic Algorithm for the University Course Timetabling Problem", *IEEE International Conference on Tools With Artificial Intelligence*, hlm. 427-433, IEEE.
- Kohshori, M. S., & Abadeh, M. S., 2012, "Hybrid Genetic Algorithms for University Course Timetabling", *International Journal of Computer Science Issues*, Vol 9 No 2, hlm. 446-455.
- Lumbantoruan, I., 2014, "Perancangan Aplikasi Penjadwalan Bimbingan Belajar Dina Education Center Menggunakan Metode Welch Powell. *Pelita Informatika Budi Darma*", Vol 7 No 2, hlm. 141-146. Diambil kembali dari <http://www.pelita-informatika.com/berkas/jurnal/24.%20imelda.pdf>
- Malkawi, M., Hassan, M. A.-H., & Hassan, O. A.-H., 2008, "A New Exam Scheduling Algorithm Using Graph Coloring", *The International Arab Journal of Information Technology*, Vol 5 No 1, hlm. 80-87.
- Mushi, A. R., 2012, "Implementation Of A Tabu Search Heuristic For The Examinations Timetabling Problem", *Tanzania Journal Of Science*.
- Puspaningrum, W. A., Djunaidy, A., & Vinarti, R. A., 2013, "Penjadwalan Mata Kuliah Menggunakan Algoritma Genetik di Jurusan Sistem Informasi ITS", *Jurnal Teknik POMITS*, Vol 2 No 1, hlm. 127-131.
- Qu, R., Burke, E. K., McCollum, B., Merlot, L. T., & Lee, Y. S., 2009, "A Survey of Search Methodologies and Automated System Development for Examination Timetabling", *Journal of Scheduling*, hlm. 55-89.
- Sabar, N. R., Ayob, M., Kendall, G., & Qu, R., 2009, "Roulette Wheel Graph Colouring for Solving Examination Timetabling Problems", *Third International Conference, COCOA 2009*, hlm. 463-470, Huangshan, China: Springer Berlin Heidelberg.
- Sabar, N. R., Ayob, M., Kendall, G., & Qu, R., 2012, "A Honey Bee Mating Optimization Algorithm For Educational Timetabling Problems", *European Journal of Operatorin Research*, Vol 216 No 3, hlm. 533-543.
- Saragih, H., Hoendarto, G., Reza, B., & Setiyadi, D., 2012, "Aplikasi Sistem Perangkat Lunak Menggunakan Algoritma Ant Untuk Mengatur Pendjadwalan Kuliah", *Jurnal Teknik dan Ilmu Komputer*, Vol 1 No 3, hlm. 241-256.
- Setemen, K., 2010, "Implementasi Algoritma Genetika Dalam Pengembangan Sistem Aplikasi Penjadwalan Kuliah", *Jurnal IKA*, Vol 8 No 1, hlm. 56-68.
- Setiawati, F., Noviani, E., & Prihandono, B., 2015, "Pewarnaan Sisi Graf Bipartit Untuk Penjadwalan Kuliah", *Bimaster*, Vol 4 No 1, hlm. 69-76.
- Siswono, T., & Palgunadi, S., 2014, "Analisa Kombinasi Algoritma Genetika Dengan Algoritma Palgunadi Untuk Penjadwalan Mata Kuliah Di Universitas Sebelas Maret", *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi*, hlm. 50-55.
- Susiloputro, A., Rochmad, & Alamsyah., 2012, "Penerapan Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Ujian Menggunakan Algoritma Welsh Powell", *UNNES Journal Of Mathematics*, Vol 1 No 1, hlm. 1-7.
- Tasari, 2012, "Aplikasi Pewarnaan Graf Pada Penjadwalan Perkuliahan Di Program Studi Pendidikan Matematika Unwidha Klaten", *Magistra*, No 82 Th 24 Desember 2012, hlm.70-78.
- Yudhihartanti, Y., Syukur, A., & Wahono, R. S., 2011, "Analisis Komparasi Metode Mamdani dan Sugeno dalam Penjadwalan Mata Kuliah", *Jurnal Teknologi Informasi*, Vol 7 No 2, hlm 109-116.