

**IMPLEMENTASI ALGORITMA PEWARNAAN GRAF PADA
INTERACTIVE DASHBOARD PENDETEKSI KONFLIK
PENJADWALAN PERKULIAHAN**

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi sebagian dari
syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer
Program Studi Ilmu Komputer



Disusun oleh:

Nelly Joy Christi Simanjuntak
2000199

**PROGRAM STUDI ILMU KOMPUTER
FAKULTAS PENDIDIKAN MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN
ALAM
UNIVERSITAS PENDIDIKAN INDONESIA
BANDUNG
2024**

**IMPLEMENTASI ALGORITMA PEWARNAAN GRAF PADA
INTERACTIVE DASHBOARD PENDETEKSI KONFLIK PENJADWALAN
PERKULIAHAN**

Disusun Oleh:

Nelly Joy Christi Simanjuntak

NIM 2000199

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Komputer
pada Fakultas Pendidikan Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

© Nelly Joy Christi Simanjuntak, 2024

Universitas Pendidikan Indonesia

1 Agustus 2024

Hak Cipta Dilindungi Undang-Undang

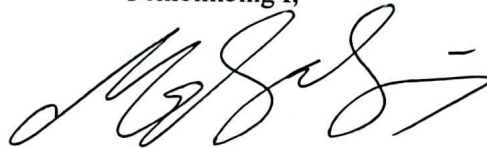
Skripsi ini tidak boleh diperbanyak seluruhnya atau sebagian, dengan dicetak
ulang, difotokopi, atau cara lainnya tanpa izin dari penulis

NELLY JOY CHRISTI SIMANJUNTAK
2000199

**IMPLEMENTASI ALGORITMA PEWARNAAN GRAF PADA
INTERACTIVE DASHBOARD PENDETEKSI KONFLIK
PENJADWALAN PERKULIAHAN**

DISETUJUI DAN DISAHKAN OLEH PEMBIMBING:

Pembimbing I,



Dr. Rani Megasari, M.T.

NIP. 19870524201404002

Pembimbing II,



Herbert Siregar, M.T.

NIP. 197005022008121001

Mengetahui,

Ketua Program Studi Ilmu Komputer



Dr. Muhammad Nursalman, M.T.

NIP. 197909292006041002

PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan bahwa skripsi dengan judul “IMPLEMENTASI ALGORITMA PEWARNAAN GRAF PADA *INTERACTIVE DASHBOARD* PENDETEKSI KONFLIK PENJADWALAN PERKULIAHAN” ini beserta seluruh isinya adalah benar-benar karya saya sendiri. Saya tidak melakukan penjiplakan atau pengutipan dengan cara-cara yang tidak sesuai dengan etika ilmu yang berlaku dalam masyarakat keilmuan. Atas pernyataan ini, saya siap menanggung resiko/sanksi apabila di kemudian hari ditemukan adanya pelanggaran etika keilmuan atau ada klaim dari pihak lain terhadap keaslian karya saya ini.

Bandung, 1 Agustus 2024
Yang Membuat Pernyataan



Nelly Joy Christi Simanjuntak
NIM 2000199

IMPLEMENTASI ALGORITMA PEWARNAAN GRAF PADA *INTERACTIVE DASHBOARD* PENDETEKSI KONFLIK PENJADWALAN PERKULIAHAN

Disusun Oleh

Nelly Joy Christi Simanjuntak

2000199

ABSTRAK

Penjadwalan merupakan permasalahan yang sering ditemui khususnya dalam tingkat universitas yang sering disebut dengan *University Course Timetabling* (UCT). Penjadwalan yang dilakukan secara manual tidak efektif karena harus dilakukan setiap semester dan sering mengalami perubahan. Permasalahan penjadwalan termasuk ke dalam *Constraint Satisfaction Problem* (CSP) yang dapat diselesaikan dengan algoritma pewarnaan graf. Penelitian ini mengimplementasikan batasan-batasan yang ada pada jadwal ke dalam bentuk pewarnaan graf menggunakan metode Welsh Powell. Pewarnaan graf memberikan warna minimum pada simpul-simpul graf sehingga dapat meminimalkan bahkan menghilangkan pelanggaran terhadap batasan pokok yang diberikan (*hard constraint*). Sedangkan untuk memenuhi batasan khusus/tambahan (*soft constraint*), maka perlu dilakukan perubahan minor dengan menerapkan *interactive dashboard*. Pengujian atas pembuatan graf menggunakan program Python membuktikan bahwa graf kelas yang dibuat telah valid. Pengujian atas hasil pewarnaan graf pada data dengan skala kecil, sedang, dan besar menunjukkan bahwa hasil pewarnaan graf dengan menggunakan Metode Welsh Powell memiliki akurasi 100%. Hasil penjadwalan menggunakan interaktif *dashboard* dapat dikatakan akurat dan menghasilkan jadwal tanpa konflik.

Kata kunci: *Constraint Satisfaction Problem* (CSP), dasbor, interaktif, pewarnaan graf, permasalahan penjadwalan, Welsh-Powell.

IMPLEMENTATION OF GRAPH COLORING ALGORITHM IN INTERACTIVE DASHBOARD FOR CONFLICT DETECTION IN COURSE SCHEDULING

Authored by

Nelly Joy Christi Simanjuntak

2000199

ABSTRACT

Scheduling is a problem that is often encountered, especially at the university level which is often called University Course Timetabling (UCT). Scheduling that is done manually is not effective because it must be done every semester and often changes. Scheduling problems are included in the Constraint Satisfaction Problem (CSP) which can be solved with a graph colouring algorithm. This research implements the constraints in the schedule into graph colouring using the Welsh Powell method. Graph colouring assigns minimum colours to the vertices of the graph to minimise or even eliminate violations of the hard constraints. Meanwhile, to fulfil additional constraints (soft constraints), it is necessary to make minor changes by implementing an interactive dashboard. Testing the graph generation using Python proves that the class graph created is valid. Testing the results of graph colouring on data with small, medium, and large scales shows that the results of graph colouring using the Welsh Powell Method have 100% accuracy. Scheduling results using interactive dashboards can be said to be accurate and produce schedules without conflicts.

Keyword: *graph colouring, course scheduling, Constraint Satisfaction Problem (CSP), Welsh-Powell method, interactive dashboard.*

KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan kepada Tuhan Yang Maha Esa yang senantiasa melimpahkan rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini dengan baik. Selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini, penulis banyak mendapat bimbingan, motivasi, semangat, dan bantuan dari berbagai pihak. Penulis ingin menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah berperan besar selama proses penelitian dan penulisan skripsi ini, diantaranya ialah:

1. Diri saya sendiri yang selalu berusaha melakukan yang terbaik selama proses pengerjaan skripsi ini dan tidak menyerah dalam situasi apapun.
2. Kedua orangtua penulis, yaitu Ibu Nursaully Situmorang dan Bapak Liston Simanjuntak, terima kasih karena tidak pernah lelah memberi dukungan dan doa kepada penulis selama proses penyelesaian skripsi ini, terima kasih karena selalu mengingatkan penulis untuk tidak pernah menyerah terhadap semua situasi yang dihadapi.
3. Kedua saudara penulis, yaitu Jessica Gabriela dan Kayta Artauli, terima kasih atas doa, dukungan, dan pengertian yang diberikan selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
4. Ibu Dr. Rani Megasari, M.T. selaku pembimbing I, terima kasih atas segala waktu dan tenaga yang telah diberikan untuk membimbing penulis, memberikan dukungan serta motivasi selama proses penulisan skripsi ini.
5. Bapak Herbert Siregar, M.T selaku pembimbing II, terima kasih atas segala waktu, bimbingan, dan motivasi yang sangat membantu penulis dalam menyelesaikan penulisan skripsi ini.
6. Bapak Prof. Dr. Lala Septem Riza, M.T. selaku dosen pembimbing akademik saya.
7. Bapak Dr. Nursalman, M.T. selaku Ketua Program Studi Ilmu Komputer.
8. Bapak dan Ibu Departemen Pendidikan Ilmu Komputer (Depilkom) yang telah berbagi ilmu selama masa perkuliahan kepada penulis.

9. Teman-teman kelas C1 yang telah bersama sama melalui masa perkuliahan sejak semester 1 bersama dengan penulis, terima kasih atas semua pengalaman berharga, kebersamaan, dan dukungan yang diberikan.
10. Teman-teman kelompok KKN Desa Tugumukti tahun 2023, terima kasih atas pengalaman dan dukungan yang diberikan.
11. Teman-teman kuliah lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.
12. Rudgresya, yang sedang dalam proses menyelesaikan skripsi, terima kasih atas semua waktu, dukungan, dan pengertian yang diberikan selama penulis menyelesaikan skripsi.
13. Teman-teman lain yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu, terima kasih atas dukungan secara langsung maupun tidak langsung yang diberikan kepada penulis.
14. Keluarga, saudara, dan orang lain yang senantiasa memberi dukungan kepada penulis untuk menyelesaikan skripsi ini.

Akhir kata, penulis ingin mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang terlibat dalam pembuatan skripsi ini. Semoga kebaikan yang telah diberikan akan kembali lagi pada kalian, Amin.

Bandung, 1 Agustus 2024



Nelly Joy Christi Simanjuntak

DAFTAR ISI

PERNYATAAN	iii
ABSTRAK	iv
ABSTRACT	v
KATA PENGANTAR	vi
DAFTAR ISI	viii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xii
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	5
1.4 Manfaat Penelitian.....	5
1.5 Batasan Masalah.....	5
1.6 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II KAJIAN PUSTAKA	8
2.1 Penjadwalan Kuliah.....	8
2.2 <i>Constraint Satisfaction Problem</i>	9
2.2.1 Perumusan <i>Constraint Satisfaction Problem</i>	10
2.2.2 Implementasi <i>Constraint Satisfaction Problem</i> dalam Penjadwalan	10
2.2.3 Batasan Permasalahan Penjadwalan dalam CSP.....	11
2.3 Algoritma Pewarnaan Graf Menggunakan Metode Welsh Powell	11
2.3.1 Algoritma Pewarnaan Graf	11
2.3.2 Algoritma Welsh Powell	12
2.3.3 Evaluasi Graf Welsh Powell	13
2.4 <i>Interactive Dashboard</i> Penjadwalan	14
2.4.1 <i>Interactive Dashboard</i>	14
2.4.2 Contoh <i>Dashboard</i> Interaktif	14
2.4.3 <i>Drag and Drop</i> pada <i>Interactive Dashboard</i>	15
2.4.4 <i>Dashboard</i> Berbasis <i>Website</i>	15
2.5 Fitur <i>Drag and Drop</i> pada <i>Website</i>	16

2.5.1	<i>Drag and Drop</i>	16
2.5.2	Fungsi Fitur <i>Drag and Drop</i> pada Interaktif <i>Dashboard</i>	17
2.6	Penelitian Terkait	17
BAB III METODE PENELITIAN		21
3.1	Desain Penelitian.....	21
3.1.1	<i>Analysis</i> (Analisis)	23
3.1.2	<i>Design</i> (Desain).....	24
3.1.3	<i>Development</i> (Pengembangan).....	25
3.1.4	<i>Implementation</i> (Implementasi)	25
3.1.5	<i>Evaluation</i> (Evaluasi).....	26
3.1.6	Analisis Hasil dan Kesimpulan	26
3.2	Lingkungan Komputasi	27
BAB VI HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....		28
4.1	<i>Analysis</i>	28
4.1.1	Identifikasi Masalah	28
4.1.2	Perumusan Masalah	28
4.1.3	Studi Literatur	29
4.1.4	Pengumpulan dan Analisis Data Penjadwalan Kuliah	29
4.2	<i>Design</i>	31
4.2.1	Perancangan Sistem Pendeteksi Konflik Penjadwalan Kuliah	31
4.2.2	Analisis Kebutuhan <i>Dashboard</i>	32
4.2.3	Desain Antarmuka.....	33
4.3	<i>Development</i>	34
4.3.1	Pengembangan Rumusan CSP Menjadi Graf	35
4.3.2	Pewarnaan Graf Menggunakan Metode Welsh Powell	35
4.3.3	Pengembangan <i>Interactive Dashboard</i> Pendeteksi Konflik	52
4.4	<i>Implementation</i>	56
4.4.1	Implementasi Hasil Pewarnaan Graf.....	56
4.4.2	Implementasi <i>Interactive Dashboard</i> Melalui Fitur <i>Drag and Drop</i>	57
4.5	<i>Evaluation</i>	59
4.5.1	Evaluasi Welsh Powell.....	60
4.5.2	Lingkup Pengujian	62

4.5.3	Pengujian Kebutuhan Fungsional Interaktif <i>Dashboard</i>	66
4.5.4	Pengujian Kebutuhan Non Fungsional	69
4.5.5	Pengujian Fitur <i>Drag and Drop</i>	73
4.5.6	Pengujian Hasil Jadwal pada Skenario Penjadwalan	76
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN		83
5.1	Kesimpulan.....	83
5.2	Saran.....	85
DAFTAR PUSTAKA		87

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Peta literatur penelitian.....	8
Gambar 2.2 Contoh Dashboard Penjadwalan oleh (Rahadi et al., 2019).....	15
Gambar 3.1 Desain Alur Penelitian.....	22
Gambar 4.1 Context Diagram Sistem Pendeteksi Konflik Penjadwalan Kuliah...31	
Gambar 4.2 Susunan key element User Interface pada Website	34
Gambar 4.3 Implementasi proses pewarnaan graf pada Python	36
Gambar 4.4 Visualisasi graf mahasiswa	40
Gambar 4.5 Visualisasi graf dosen.....	43
Gambar 4.6 Visualisasi Circular Graf Akhir (Gabungan)	43
Gambar 4.7 Visualisasi circular hasil pewarnaan graf.....	46
Gambar 4.8 Visualisasi Fruchterman-Reingold hasil pewarnaan graf	46
Gambar 4.9 Hasil eksekusi pengujian graf skala kecil	47
Gambar 4.10 Visualisasi Fruchterman-Reingold graf skala sedang	49
Gambar 4.11 Hasil eksekusi pengujian graf skala sedang	50
Gambar 4.12 Visualisasi Fruchterman-Reingold pada graf skala besar	50
Gambar 4.13 Hasil eksekusi pengujian graf skala besar.....	51
Gambar 4.14 Contoh format file JSON.....	52
Gambar 4.15 Tampilan landing page pada website	53
Gambar 4.16 Tampilan website sebelum upload file JSON	53
Gambar 4.17 Tampilan website setelah Upload file JSON.....	54
Gambar 4.18 Hasil eksekusi pewarnaan graf dengan 1000 simpul	62
Gambar 4.19 Visualisasi hasil pewarnaan graf skenario penjadwalan	78
Gambar 4.20 Hasil eksekusi pengujian graf skenario penjadwalan.....	78

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Studi literatur penelitian terkait.....	18
Tabel 4.1 Data input untuk membuat graf	36
Tabel 4.2 Data kelas yang diambil setiap mahasiswa	39
Tabel 4.3 Data kelas gabungan yang di ambil mahasiswa.....	40
Tabel 4.4 Data kelas yang di ajar setiap dosen	41
Tabel 4.5 Data kelas gabungan yang diajar dosen setiap kelas.....	42
Tabel 4.6 Hasil Pengujian Graf yang telah diwarnai	47
Tabel 4.7 Rencana pengujian website.....	63
Tabel 4.8 Hasil pengujian kebutuhan fungsional website.....	66
Tabel 4.9 Hasil pengujian kebutuhan non fungsional.....	70
Tabel 4.10 Hasil pengujian fitur drag and drop pada website.....	73
Tabel 4.11 Tabel data input skenario penjadwalan.....	76
Tabel 4.12 Hasil pewarnaan kelas.....	80
Tabel 4.13 Data hasil warna kelas dosen D001	82

DAFTAR PUSTAKA

- Adesfiana, Z. N., Astuti, I., & Enawaty, E. (2022). Pengembangan chatbot berbasis web menggunakan model addie. *Jurnal Khatulistiwa Informatika*, 10(2). <https://doi.org/10.31294/jki.v10i2.14050>
- Aguilar-Canepa, J., Menchaca-Mendez, R., Menchaca-Mendez, R., & García, J. (2021). A structure-driven genetic algorithm for graph coloring. *Computacion y Sistemas*, 25(3). <https://doi.org/10.13053/CyS-25-3-3901>
- Akgunduz, A., & Zeng, Y. (2017). Innovative course scheduling and curriculum design. *Proceedings of the Canadian Engineering Education Association (CEEA)*. <https://doi.org/10.24908/pceea.v0i0.6459>
- Alvianto, D. A., & Putra, R. E. (2021). Rancang bangun aplikasi chatbot rekomendasi jadwal penggunaan ruangan berbasis graph coloring menggunakan Dialogflow dan Neo4j. *Journal of Informatics and Computer Science (JINACS)*, 2(03). <https://doi.org/10.26740/jinacs.v2n03.p194-203>
- Amrulloh, A., & Sela, E. I. (2021). Course scheduling optimization using genetic algorithm and tabu search. *Jurnal Teknologi Dan Sistem Komputer*, 9(3). <https://doi.org/10.14710/jtsiskom.2021.14137>
- Arifin, S., Muktyas, I. B., Al Maki, W. F., & Aziz, M. K. B. M. (2022). Graph coloring program of exam scheduling modeling based on bitwise coloring algorithm using Python. *Journal of Computer Science*, 18(1). <https://doi.org/10.3844/jcssp.2022.26.32>
- Arifin, S., Muktyas, I. B., & Mandei, J. M. (2022). Graph coloring program for variation of exam scheduling modeling at Binus University based on Welsh and Powell algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 2279(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2279/1/012005>
- Assi, M., Halawi, B., & Haraty, R. A. (2018). Genetic algorithm analysis using the graph coloring method for solving the university timetable problem. *Procedia Computer Science*, 126. <https://doi.org/10.1016/j.procS.2018.08.024>
- Babaei, H., Karimpour, J., & Hadidi, A. (2015). A survey of approaches for university course timetabling problem. *Computers and Industrial Engineering*, 86. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2014.11.010>

- Bania, R. K., & Duarah, P. (2018). Exam time table scheduling using graph coloring approach. *International Journal of Computer Sciences and Engineering*, 6(5), 84–93. <https://doi.org/10.26438/ijcse/v6i5.8493>
- Bebko, A. O., & Troje, N. F. (2020). bmlTUX: design and control of experiments in virtual reality and beyond. *I-Perception*, 11(4). <https://doi.org/10.1177/2041669520938400>
- Caramia, M., & Dell’Olmo, P. (2002). Constraint propagation in graph coloring. *Journal of Heuristics*, 8(1), 83–107. <https://doi.org/10.1023/A:1013665718444>
- Chen, X., Yue, X. G., Man Li, R. Y., Zhumadillayeva, A., & Liu, R. (2020). Design and application of an improved genetic algorithm to a class scheduling system. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 16(1). <https://doi.org/10.3991/IJET.V16I01.18225>
- Cipta, H., Widyasari, R., & Batubara, F. H. (2023). Graph coloring implementation using welch powell algorithm in lecture scheduling design for mathematics department. *Mathline : Jurnal Matematika Dan Pendidikan Matematika*, 8(4). <https://doi.org/10.31943/mathline.v8i4.537>
- Duan, Y., & Lu, W. (2021). Automatic course scheduling system in universities based on hybrid genetic-ant colony algorithm. *Journal of Physics: Conference Series*, 2066(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2066/1/012079>
- Even, S., Itai, A., & Shamir, A. (1975). On the complexity of timetable and multi-commodity flow problems. *Proceedings - Annual IEEE Symposium on Foundations of Computer Science, FOCS, 1975-October*. <https://doi.org/10.1109/SFCS.1975.21>
- Ganguli, R., & Roy, S. (2017). A study on course timetable scheduling using graph coloring approach. *International Journal of Computational and Applied Mathematics*, 12(2), 469–485.
- Guan, B., Zhao, Y., & Li, Y. (2021). An improved ant colony optimization with an automatic updating mechanism for constraint satisfaction problems. *Expert Systems with Applications*, 164. <https://doi.org/10.1016/j.eswa.2020.114021>
- Hasanah, N., Jannah, R., Syafii, M., & Hasibuan, L. H. (2022). Penerapan pewarnaan graf pada penjadwalan mata kuliah program studi Matematika UIN

- Imam Bonjol Padang. *JOSTECH: Journal of Science and Technology*, 2(2).
<https://doi.org/10.15548/jostech.v2i2.4349>
- Jordan, S., & Dylan, G. (2015, November 30). *Partie III : la coloration par Welsh-Powel – M6 coloration des graphes*.
<https://m6colorationgraphes.wordpress.com/2015/11/30/partie-iii-la-coloration-par-welsh-powel/>
- Kamal, J. S., Megahnia, R., Izzah, I., Makhfudloh, A. B. A., & Wulandari, Y. N. (2024). *The use of graph coloring theory to complete lecture scheduling at kuningan university*.
- Kehinde, S., Olalekan, P., Olusayo, E., & Akin, C. (2024). First fit algorithm : a graph coloring approach to conflict - free university course timetabling. *Asian Journal of Research in Computer Science*, 17(5), 125–139.
- M., M., A., R., & M., A. (2015). Genetic algorithm for solving course timetable problems. *International Journal of Computer Applications*, 124(10), 1–7.
<https://doi.org/10.5120/ijca2015905408>
- Mateus, D. A., Silva, C. A., De Oliveira, A. F. B. A., Costa, H., & Freire, A. P. (2021). A systematic mapping of accessibility problems encountered on websites and mobile apps: A comparison between automated tests, manual inspections and user evaluations. *Journal on Interactive Systems*, 12(1).
<https://doi.org/10.5753/jis.2021.1778>
- Nandhini, V. (2019). A study on course timetable scheduling and exam timetable scheduling using graph coloring approach. *International Journal for Research in Applied Science and Engineering Technology*, 7(3).
<https://doi.org/10.22214/ijraset.2019.3368>
- Nategh, M. N., Hosseinabadi, A. A. R., & Balas, V. E. (2018). University-timetabling problem and its solution using GELS algorithm: A case study. *International Journal of Advanced Intelligence Paradigms*, 11(3–4).
<https://doi.org/10.1504/ijaip.2018.095473>
- Papaioannou, E., Athanassopoulos, S., & Kaklamanis, C. (2017). Efficient course and exam scheduling using graph coloring. *IJAEDU- International E-Journal of Advances in Education*. <https://doi.org/10.18768/ijaedu.309802>
- Rahadi, A. P., Simbolon, A. M., Pani, E. B., & Kristanto, Y. (2019). Application of

- graph coloring in the course scheduling case of mathematics education department in Unai. *Abstract Proceedings International Scholars Conference*, 7(1). <https://doi.org/10.35974/isc.v7i1.815>
- Ranuharja, F., Ganefri, G., Fajri, B. R., Prasetya, F., & Samala, A. D. (2021). Development of interactive learning media edugame using Addie model. *Jurnal Teknologi Informasi Dan Pendidikan*, 14(1), 53–59. <https://doi.org/10.24036/tip.v14i1.412>
- Robert, Y., & Vivien, F. (2009). *Introduction to scheduling*. books.google.com. https://books.google.com/books?hl=en%5C&lr=%5C&id=49_jI7izwdsC%5C&oi=fnd%5C&pg=PP1%5C&dq=yves+introduction+to+scheduling%5C&ots=I8aWg8lXYv%5C&sig=0gNE1mYrS_HUD0zn88cy-a4YXk0
- Rosmasari, R. (2019). Implementasi algoritma constraint satisfaction problems pada sistem penjadwalan mata kuliah. *JITK (Jurnal Ilmu Pengetahuan Dan ...*, 3(2).
- Sammak Jalali, M., Fatemi Ghomi, S. M. T., & Rabbani, M. (2020). A graph-based decision support system for analyzing hybrid make-to-stock/make-to-order manufacturing environments. *Brazilian Journal of Operations & Production Management*, 17(1). <https://doi.org/10.14488/bjopm.2020.009>
- Sari, Y. N. P., Prihandini, R. M., & Roikhatul, D. A. (2024). *Implementation of graph coloring algorithm for optimization exam schedule at jember islamic university*.
- Sassi, I., Anter, S., & Bekkhoucha, A. (2021). A graph-based big data optimization approach using hidden Markov model and constraint satisfaction problem. *Journal of Big Data*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40537-021-00485-z>
- Spatioti, A. G., Kazanidis, I., & Pange, J. (2022). A comparative study of the addie instructional design model in distance education. In *Information (Switzerland)* (Vol. 13, Issue 9). <https://doi.org/10.3390/info13090402>
- Tamilselvam, S. G., Panwar, N., Khare, S., Aralikkatte, R., Sankaran, A., & Mani, S. (2019). A visual programming paradigm for abstract deep learning model development. *ACM International Conference Proceeding Series*. <https://doi.org/10.1145/3364183.3364202>
- Tosuni, B. (2015). Graph coloring problems in modern computer science. *European*

Journal of Interdisciplinary Studies, 2(1).
<https://doi.org/10.26417/ejis.v2i1.p87-95>

Wahyudi, I., & Syazili, A. (2021). Dashboard monitoring website dosen studi kasus Universitas Bina Darma. *Jurnal Pengembangan Sistem Informasi Dan Informatika*, 2(3). <https://doi.org/10.47747/jpsii.v2i3.555>

Wen-Jing, W. (2018). Improved adaptive genetic algorithm for course scheduling in colleges and universities. *International Journal of Emerging Technologies in Learning*, 13(6). <https://doi.org/10.3991/ijet.v13i06.8442>