

## **PROGRAM VISUALISASI KURIKULUM UNTUK MENINGKATKAN LAYANAN KURIKULUM DI LINGKUNGAN FPMIPA UPI**

**Utari Wijayanti<sup>1</sup>, Nurjanah<sup>2</sup>, Dadi Rusdiana<sup>3</sup>**

Universitas Pendidikan Indonesia<sup>1,2,3</sup>

e-mail: [utari@upi.edu](mailto:utari@upi.edu)

### **ABSTRAK**

Mengembangkan kurikulum membutuhkan ketelitian tinggi karena memiliki banyak batasan termasuk di antaranya jumlah sks yang dapat diambil oleh mahasiswa pada setiap semester, ketersediaan tenaga pengajar, keterkaitan antara suatu mata kuliah dengan mata kuliah prasyarat, kematangan dan kesiapan mahasiswa dalam mengambil suatu mata kuliah, dan ketersediaan fasilitas untuk penyelenggaraan mata kuliah pada satu semester. Dalam penyusunan kurikulum, dengan banyaknya batasan yang perlu dipenuhi tidak jarang penyusun kurikulum mengalami kesulitan dalam menyusun kurikulum yang konsisten di mana suatu mata kuliah dapat ditawarkan pada suatu semester jika mata kuliah prasyarat sudah diambil oleh mahasiswa pada semester-seminster sebelumnya. Kurikulum tidak konsisten jika muncul suatu mata kuliah dengan mata kuliah prasyarat ditawarkan dengan urutan yang terbalik. Penelitian ini mengembangkan program visualisasi kurikulum sehingga membantu penyusun kurikulum menyusun kurikulum secara konsisten dan memudahkan tim akademik baik di program studi, departemen dan fakultas untuk melakukan supervisi terkait konsistensi kurikulum yang ada. Hasil penelitian menunjukkan program kurikulum yang dikembangkan memudahkan supervisi konsisten kurikulum.

**Kata Kunci:** *Kurikulum Konsisten, Keterkaitan Antar Mata Kuliah, Visualisasi Kurikulum*

### **ABSTRACT**

Developing a curriculum demands high precision because it must consider various constraints such as the number of credits (SKS) allowed per semester, the availability of teaching staff, the prerequisite interrelation between courses, student readiness, and the availability of facilities. Difficulty often arises in designing a consistent curriculum, where prerequisite courses must always be taken before advanced courses; the curriculum is considered inconsistent if the offering order of a course and its prerequisite is reversed. This research addresses this issue by developing a curriculum visualization program that helps curriculum developers achieve consistency and facilitates academic teams at the study program up to the faculty level to supervise the consistency of the existing curriculum, with results indicating that the developed program eases the supervision of curriculum consistency.

**Keywords:** *Curriculum Consistency, Courses Connectivity, Curriculum Visualization*

### **PENDAHULUAN**

Pengembangan struktur kurikulum membutuhkan ketelitian tinggi dan memiliki kerumitan karena memiliki banyak aspek yang perlu diperhatikan. Kerumitan semakin meningkat dengan perkembangan dunia pendidikan di mana mahasiswa di mungkinkan untuk meninggalkan kampus beberapa semester untuk menuntut ilmu atau mencari pengalaman di luar kampus. Sementara, program studi memiliki tanggung jawab untuk meluluskan mahasiswa dengan kompetensi minimum sesuai dengan gelar yang akan disandang sebagai sarjana. Sehingga umumnya penyusunan kurikulum dipadatkan agar mata kuliah mata kuliah wajib dapat diambil oleh mahasiswa sebelum mereka mengikuti program-program di luar kampus. Penyusunan kurikulum yang konsisten dengan memperhatikan urutan pengambilan di mana mata kuliah prasyarat harus diambil sebelum atau bersamaan suatu mata kuliah sering tidak



mudah karena banyaknya aspek yang harus diperhatikan meliputi jumlah mata kuliah maksimal yang dapat diambil oleh mahasiswa dalam satu semester serta keterkaitan antar mata kuliah di mana suatu mata kuliah menjadi prasyarat dari mata kuliah lainnya. Idealnya, suatu mata kuliah hanya bisa diambil setelah mata kuliah prasyarat telah diambil, namun konsekuensi dari pemanatan kurikulum tidak selalu mungkin, sehingga kriteria ini diperlemah menjadi suatu mata kuliah dapat diambil bersamaan dengan mata kuliah prasyarat.

Kerumitan proses perancangan kurikulum yang dapat dikategorikan sebagai tugas kompleks tidak rutin menurut Van Den Brand & Groote (2015) memiliki peluang kegagalan 1 dari 10. Pada kondisi stres dan situasi darurat, kegagalan dapat meningkat hingga 9 dari 10. Untuk mengurangi tingginya peluang terjadi kegagalan, maka diperlukan alat bantu untuk memudahkan proses evaluasi dari struktur kurikulum yang sedang dikembangkan. Selain itu, desain kurikulum dapat dikategorikan sebagai proses yang kompleks dan serupa dengan desain diagram alir (Cameron & Birkett, 2020). Hal ini yang membutuhkan representasi visual untuk memudahkan pemahaman keterkaitan antar komponen.

Selain itu, memahami kurikulum bisa menjadi hal yang sulit bagi siswa atau mahasiswa, terutama mahasiswa *multi degree* (Nelson-Fromm & Fagen-Ulmschneider, 2022). Padahal struktur kurikulum perlu dipahami dengan baik oleh dosen pembimbing akademik dan mahasiswa karena kurang hati-hati dalam penyusunan rencana studi dapat mengakibatkan masa studi menjadi jauh lebih lama dari seharusnya. Sebagai contoh, saat seorang mahasiswa meninggalkan kampus misal pada semester 5 mahasiswa tersebut cuti atau mengikuti program *student exchange*, maka mahasiswa tersebut saat kembali ke kampus pada semester 6 bisa jadi tidak banyak mata kuliah yang bisa diambil karena mata kuliah prasyarat yang seharusnya diambil pada semester 5 belum diambil, sedangkan mata kuliah mata kuliah tersebut juga tidak ditawarkan pada semester 6. Dalam kasus ini, meskipun mahasiswa hanya meninggalkan kampus selama 1 semester dapat berdampak terjadi kemunduran masa studi selama 2 semester. Konsekuensinya bisa berbeda jika mahasiswa tersebut meninggalkan kampus pada semester 7, karena mata kuliah mata kuliah wajib telah selesai diambil, sehingga tidak banyak imbas pada masa studi mahasiswa tersebut.

Berdasarkan pemaparan di atas, dapat disimpulkan bahwa kendala terkait kurikulum dialami baik oleh mahasiswa, dosen pembimbing akademik (DPA), maupun penyusun kurikulum. Kesulitan bagi DPA dan mahasiswa adalah dalam merancang rencana studi yang optimal dengan memasukkan variabel disruptif seperti cuti, magang, atau mengikuti program pertukaran mahasiswa. Adapun bagi penyusun kurikulum, kesulitannya adalah menyusun kurikulum yang dapat memenuhi banyaknya kriteria dan kendala yang ada. Oleh karena itu, diperlukan alat bantu yang dapat memvisualisasikan kompleksitas kurikulum dan mempermudah perencanaan studi.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan program aplikasi Curriculum Graph yang dapat digunakan untuk membantu mengatasi kendala yang dihadapi oleh civitas akademika terkait kurikulum. Adapun tujuan dari penelitian ini adalah mengembangkan program aplikasi yang dapat menampilkan visualisasi dari kurikulum secara otomatis, baik saat dalam fase rancangan ataupun saat digunakan baik oleh civitas akademik termasuk di dalamnya mahasiswa dan dosen pembimbing akademik. Terkait permasalahan yang ada yang telah dibahas pada latar belakang, pendekatan yang dilakukan oleh (Vela et al., 2019) yang menunjukkan hasil penelitiannya bahwa visualisasi dapat meningkatkan identifikasi dan lokasi kegagalan. Visualisasi juga dapat berkontribusi dalam menyederhanakan proses yang kompleks (Veflen & Gonera, 2023). Selain itu, term visualisasi secara umum bermakna proses memetakan data menggunakan teknik encoding untuk memaksimalkan pemahaman manusia terhadap data (Friedman & Schneider, 2018).



Terkait dengan program akreditasi internasional dari program studi program studi yang ada di fakultas, maka proses visualisasi kurikulum memudahkan proses perbandingan kurikulum lokal dengan kurikulum yang biasa digunakan secara internasional (Clear et al., 2022). Metode visualisasi ini tidak hanya untuk keperluan akreditasi internasional tetapi juga memudahkan analisis perbandingan dua kurikulum (Finamore et al., 2020). Visualisasi juga memudahkan perbandingan kurikulum antara program studi yang berbeda di dalam atau di luar fakultas, atau bahkan membandingkan perkembangan kurikulum program studi yang sama dari waktu ke waktu.

Di lain pihak, pemahaman pengguna yakni dosen pembimbing akademik dan mahasiswa terhadap struktur kurikulum berdasarkan penelitian (Yi et al., 2008) linier dengan pendapat di atas, yakni dapat ditingkatkan dengan visualisasi informasi. (Yang et al., 2014) juga menunjukkan bahwa perlunya pemahaman terhadap kemampuan pengguna dalam memahami dan preferensi untuk menyusun visualisasi informasi. Selain itu, perangkat bantu sistem grid terbukti esensial karena dapat menyederhanakan proses visualisasi dengan memanfaatkan tata letak terstruktur, seperti teknik "Small Multiples", yang mengurangi kompleksitas visual dan memfasilitasi perbandingan data yang efisien (Janssen et al., 2024).

## METODE PENELITIAN

Penelitian ini menerapkan metode kualitatif yakni dengan proses wawancara untuk mengidentifikasi masalah, kemudian mendesain program yang akan dikembangkan, implementasi, dan uji coba. Setelah berhasil, pengumpulan data untuk diinput ke sistem sebagai program aplikasi yang siap untuk dijalankan. Pengembangan perangkat lunak visualisasi kurikulum ini memerlukan beberapa siklus dan menerapkan Software Development Life Cycle (SDLC) (Ingi et al., 2018). Metode ini dipilih dibandingkan pendekatan prototipe dengan pertimbangan efisiensi sumber daya yang ada serta ruang lingkup program. Masing-masing siklus SDLC akan diimplementasikan selama satu tahun dan memiliki target berbeda pada tiap siklus. Desain secara keseluruhan akan memerlukan teori graf di mana mata kuliah sebagai simpul dan koneksi antar mata kuliah sebagai sisi (Auvinen et al., 2014) sebagaimana telah diterapkan oleh Auvinen et. al. pada program kurikulum yang dikembangkan. Graf yang dikembangkan perlu memiliki sifat dinamis agar memiliki kemampuan himpunan yang konsisten, dan mempertahankan sistem hirarki yang ada (Gignoux et al., 2017).

Subyek dari penelitian ini adalah kurikulum di lingkungan FPMIPA UPI. Pengumpulan data dilakukan peneliti melalui kerja sama dengan kaprodi untuk memasukkan data kurikulum pada form yang telah disiapkan oleh peneliti sehingga memungkinkan proses visualisasi secara otomatis dan dapat dianalisis dan dipelajari lebih lanjut oleh civitas akademika di lingkungan fakultas. Analisis hasil penelitian dilakukan dengan mengamati waktu yang dibutuhkan untuk mengidentifikasi munculnya ketidakkonsistensi pada mata kuliah berdasarkan format yang ada sebelumnya dengan kurikulum yang telah ditampilkan secara visual oleh program.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Hasil

Penelitian diawali uji coba program aplikasi. Setelah melalui fase uji coba program aplikasi, peneliti mendapati kendala untuk input kurikulum ke sistem karena kurangnya kekonsistensi penamaan dan penggunaan kode mata kuliah. Sehingga tim peneliti memutuskan membuat *file excel* sebagai antar muka input data kurikulum dari prodi ke tim peneliti untuk memastikan konsistensi data. Pada Gambar 1 berikut menampilkan tampilan antar muka. *File* di desain secara otomatis menggunakan fitur *look up* sehingga saat sel mata kuliah prasyaratkan mendapatkan input kode mata kuliah, maka nama mata kuliah muncul secara otomatis.

NO	KODE MK	MATA KULIAH	KEL MK	SKS	SMT	KODE PS 1	MK PS 1	KODE PS 2	MK PS 2	KODE PS 3
12	KU106	PENDIDIKAN BAHASA INDONESIA	PKKA-21	2	2					
14	MT312	PROGRAM KOMPUTER	PKPS	3	2					
21	MT450	Multimedia Digital Pendidikan Matematika	PKPS	4	4	DK306	STRATEGI PEMBELAJARAN	LITERASI TIK DAN MEDIA PEMBELAJARAN		
28	MT318	METODE NUMERIK	PKPS	3	5	MT312	PROGRAM KOMPUTER			
32	MT443	Program Aplikasi Komputer Matematika	PKPS	4	7	MT312	PROGRAM KOMPUTER			

**Gambar 1.** Tampilan Antar Muka Untuk Input Data Mata Kuliah Prasyarat Sebagai Alat Kontrol Konsistensi Nama Dan Kode Mata Kuliah

Setelah data diterima, tim peneliti memecah *file* menjadi dua berkas yakni *file* pertama berisi deskripsi mata kuliah dengan *field* meliputi kode mata kuliah, jumlah sks, semester, kategori dan nama mata kuliah. Gambar 2 menampilkan contoh *file* yang berisi deskripsi mata kuliah. *File* disimpan dalam format .csv. Kemudian *file* kedua berisi dua kolom yang menampilkan relasi suatu mata kuliah dengan mata kuliah prasyarat.

code	credits	semester	category	name
KU106	2	2	PKKA-21	PENDIDIKAN BAHASA INDONESIA
MT304	4	2	PKPS	Himpunan dan Teori Bilangan
MT312	3	2	PKPS	PROGRAM KOMPUTER
MT318	3	5	PKPS	METODE NUMERIK
MT443	4	7	PKPS	Program Aplikasi Komputer Matematika

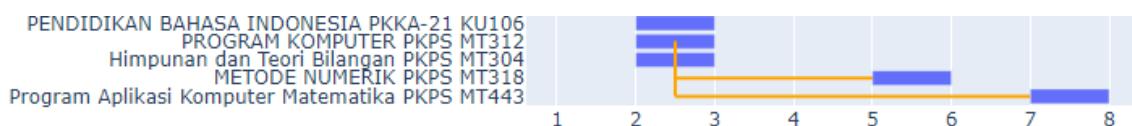
**Gambar 2.** File Berisi Informasi Mata Kuliah

Gambar 3 menampilkan contoh *file* yang menunjukkan relasi prasyarat, *file* juga disimpan dalam format .csv. Relasi prasyarat pada contoh tersebut adalah antara mata kuliah Metode Numerik dengan mata kuliah Program Komputer. Selain itu, ada relasi prasyarat antara mata kuliah Program Aplikasi Komputer Matematika dengan Program Komputer. Hal ini menunjukkan bahwa mata kuliah Program Komputer merupakan mata kuliah prasyarat yang wajib ditempuh agar bisa menempuh mata kuliah Metode Numerik dan Program Aplikasi Komputer Matematika.

code	require
MT318	MT312
MT443	MT312

**Gambar 3.** File .csv Relasi Mata Kuliah Prasyarat Yang Diwakili Oleh Kode Mata Kuliah

Gambar 4 menampilkan mata kuliah dan keterkaitannya dengan mata kuliah yang lainnya. Balok biru menunjukkan mata kuliah sedangkan garis kuning menunjukkan relasi antara mata kuliah. Dapat dilihat bahwa mata kuliah Program Komputer sebagai mata kuliah bersyarat yang ditempuh di semester 2 berelasi dengan mata kuliah Metode Numerik pada semester 5 dan mata kuliah Program Aplikasi Komputer Matematika pada Semester 8.



**Gambar 4.** Mata Kuliah Beserta Keterkaitan Antar Mata Kuliah

Gambar 5 berikut menampilkan tampilan program saat terjadi disrupsi pada suatu semester, misal mahasiswa mengambil program pertukaran mahasiswa (misal IISMA) pada semester 5. Maka mata kuliah pada semester tersebut (Metode Numerik) bergeser ke semester 8 secara otomatis dengan tetap memperhatikan keterkaitan mata kuliah prasyarat.



PENDIDIKAN BAHASA INDONESIA PKKA-21 KU106  
PROGRAM KOMPUTER PKPS MT312  
Himpunan dan Teori Bilangan PKPS MT304  
METODE NUMERIK PKPS MT318  
Program Aplikasi Komputer Matematika PKPS MT443

1 2 3 4 5 6 7 8

**Gambar 5.** Contoh Mata Kuliah Metode Numerik Bergeser Otomatis Saat Terjadi Disrupsi

Gambar 6 menampilkan terjadinya kesalahan urutan penempatan mata kuliah. Suatu mata kuliah ditawarkan sebelum mata kuliah prasyarat dalam program terlihat sebagai garis dengan pola dari sisi kiri. Pada gambar 6 ditandai dengan warna merah (tanda ini manual, belum secara otomatis). Hal tersebut menunjukkan bahwa adanya ketidakkonsistenan dalam mata kuliah.



**Gambar 6.** Kurikulum Yang Tidak Konsisten Dimana Terjadi Kesalahan Urutan Penempatan Mata Kuliah

## Pembahasan

Pembentukan kurikulum yang konsisten dan mudah diawasi merupakan tantangan yang kompleks bagi civitas akademika, mulai dari dosen pembimbing akademik hingga mahasiswa karena melibatkan banyak batasan seperti prasyarat mata kuliah, kapasitas SKS per semester, dan gangguan rencana studi (cuti, magang, pertukaran). Visualisasi struktur kurikulum menawarkan cara yang efektif untuk membuat struktur tersembunyi tersebut menjadi mudah dipahami dan dianalisis, sehingga memfasilitasi deteksi inkonsistensi urutan prasyarat dan titik-titik kritis dalam alur studi. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa visualisasi kurikulum mampu mengungkap peran kursus sebagai “hub” atau “bridge” dalam jaringan prasyarat, dan memberikan representasi yang mendukung analisis struktural kurikulum (MacNeil et al., 2020).

Hasil penelitian juga menunjukkan hasil yang sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan oleh (Van Den Brand & Groote, 2015) bahwa pekerjaan yang berulang yakni melakukan proses plotting kurikulum dalam proses visualisasi dapat disederhanakan dengan pengembangan program aplikasi. Otomatisasi ini secara signifikan mengurangi beban kerja manual tim akademik dan meminimalkan potensi kesalahan manusia dalam pemetaan data. Selain itu, program aplikasi memungkinkan pembaruan visualisasi secara real-time seiring adanya perubahan kurikulum, menjamin representasi yang selalu mutakhir. Proses identifikasi ketidakkonsistenan kurikulum juga menjadi lebih mudah dengan adanya visualisasi secara otomatis dan ini sesuai dengan hasil penelitian (Vela et al., 2019).

Hasil pengembangan aplikasi *Curriculum Graph* selaras dengan temuan literatur yang menekankan pentingnya menggabungkan dependensi kurikulum dengan data temporal mahasiswa (mis. kapan rata-rata mahasiswa mengambil suatu mata kuliah) untuk memberikan wawasan yang lebih operasional bagi pengambil keputusan akademik. Dengan mengotomatisasi ekstraksi dependensi dan memetakan waktu pengambilan, aplikasi ini memungkinkan tim akademik melihat tidak hanya apakah urutan prasyarat benar secara teori, tapi juga praktik aktual pengambilan mata kuliah oleh mahasiswa. Hal ini memperkuat kemampuan supervisi dan perencanaan berbasis bukti.



Selain itu, efektivitas visualisasi sangat bergantung pada karakteristik pengguna: kemampuan spasial, gaya kognitif, dan literasi visual akan mempengaruhi bagaimana pengguna memahami dan menafsirkan visualisasi. Oleh karena itu, desain antarmuka *Curriculum Graph* mengadopsi prinsip adaptif dan penyederhanaan tampilan agar cocok bagi berbagai tipe pengguna dan tingkat literasi visual. Hal ini memastikan bahwa wawasan penting dari data kurikulum dapat diakses oleh semua pemangku kepentingan, tidak terbatas hanya pada mereka yang ahli visualisasi. Studi empiris menunjukkan korelasi antara karakteristik kognitif pengguna dan kemampuan membaca visualisasi, sehingga fitur adaptif ini penting untuk meningkatkan adopsi dan efektivitas alat (Lee et al., 2019).

Dari sisi teknik visualisasi, penggunaan *grid tools* dan tata letak otomatis membantu menyederhanakan proses pembuatan diagram kurikulum yang selama ini repetitif dan rentan kesalahan manual. Fitur tata letak otomatis (automatic layout) secara khusus memastikan bahwa kompleksitas hubungan prasyarat dapat direpresentasikan secara teratur dan minim tumpang tindih (overlap). Implementasi *layout* berbasis grid dalam *Curriculum Graph* memudahkan pembacaan hubungan prasyarat, menjaga konsistensi *alignment node*, dan mendukung pembuatan cetak/tampilan statis yang dapat dipakai dalam rapat kurikulum. Pendekatan serupa (layout otomatis + keterpaduan data mahasiswa) telah dilaporkan memberikan manfaat analitis tambahan seperti identifikasi *bottleneck* dan jalur alternatif lulusan.

Temuan evaluasi (studi kasus/feedback pengguna) menunjukkan dua dampak utama: (1) peningkatan kecepatan deteksi inkonsistensi dan potensi konflik prasyarat yang tidak terlihat pada representasi tabel konvensional; (2) peningkatan kualitas komunikasi antar pihak (dosen, koordinator, pembimbing akademik) karena adanya artefak visual bersama yang sama-sama dapat diinterpretasikan. Namun demikian, ada batasan: visualisasi yang kompleks dapat memunculkan beban kognitif jika fitur tidak diprioritaskan menurut kebutuhan pengguna, sehingga diperlukan pengujian antarmuka berulang (*iterative usability testing*) (Steichen & Fu, 2019).

Secara praktis, *Curriculum Graph* berpotensi menjadi alat bantu strategis untuk perencanaan kapasitas (mis. prediksi kebutuhan pengajar berdasarkan penjadwalan berulang), penanganan disruptif rencana studi (menguji dampak cuti/magang/pertukaran terhadap jalur kelulusan), serta mendukung audit kurikulum berkala. Ke depan, integrasi lebih lanjut dengan sistem informasi akademik (SIA) dan analitik pembelajaran dapat memperkaya fitur, misalnya memvisualkan korelasi antara urutan mata kuliah dan *outcome* (IPK, retensi) sehingga rekomendasi perubahan kurikulum lebih berbasis data. Namun pengembangan semacam ini harus memperhatikan aspek privasi data dan kebutuhan pelatihan bagi pengguna akhir.

## KESIMPULAN

Program saat ini telah berhasil dijalankan di jaringan lokal (intranet). Program memudahkan pengguna dan termasuk tim akademik serta fakultas mengevaluasi dan melakukan supervisi pada kurikulum yang ada, yakni mendekripsi apakah terdapat ketidakkonsistenan kurikulum. Untuk pengembangan lebih lanjut, maka fitur deteksi ketidakkonsistenan ini dapat muncul notifikasi secara otomatis. Selain itu pada tiap semester dapat muncul total SKS dari mata kuliah wajib yang ditawarkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didukung oleh dana penelitian FPMIPA UPI untuk meningkatkan layanan akademik. Kami berterima kasih kepada kepercayaan dari pimpinan fakultas yang memberikan dukungan penuh tidak hanya pendanaan, evaluasi program serta penyediaan data untuk di input ke sistem.



**DAFTAR PUSTAKA**

- Auvinen, T., Paavola, J., & Hartikainen, J. (2014, November). STOPS: a graph-based study planning and curriculum development tool. In *Proceedings of the 14th Koli Calling International Conference on Computing Education Research* (pp. 25-34). <https://doi.org/10.1145/2674683.2674689>
- Cameron, I., & Birkett, G. (2020). Journey making: applying PSE principles to complex curriculum designs. *Processes*, 8(3), 373. <https://doi.org/10.3390/PR8030373>
- Clear, A., Clear, T., Takada, S., & Cuadros-Vargas, E. (2022, October). Comparing Global Curricula and Local Computing Degree programs using the CC2020 Curriculum Visualization Tool. In *2022 IEEE Frontiers in Education Conference (FIE)* (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/FIE56618.2022.9962485>
- Finamore, A. C., Jiménez, H. G., Casanova, M. A., Nunes, B. P., Santos, A. M., & Pires, A. P. (2020). A comparative analysis of two computer science degree offerings. *Journal of the Brazilian Computer Society*, 26(3). <https://doi.org/10.1186/s13173-020-00097-0>
- Friedman, A., & Schneider, E. (2018). Developing a visualization education curriculum in the age of big data using the dick and carey model. *Visual Communication Quarterly*, 25(4), 250-256. <https://doi.org/10.1080/15551393.2018.1530115>
- Gignoux, J., Chérel, G., Davies, I. D., Flint, S. R., & Lateltin, E. (2017). Emergence and complex systems: The contribution of dynamic graph theory. *Ecological Complexity*, 31, 34-49. <https://doi.org/10.1016/j.ecocom.2017.02.006>
- Inggi, R., Sugiantoro, B., & Prayudi, Y. (2018). *Penerapan System Development Life Cycle (Sdlc) Dalam (Sdlc) Dalam Mengembangkan SemantIK*, 4 (2), 193–200.
- Lee, S., Kwon, B. C., Yang, J., Lee, B. C., & Kim, S. H. (2019). The correlation between users' cognitive characteristics and visualization literacy. *Applied Sciences*, 9(3), 488. <https://doi.org/10.3390/app9030488>
- Lekschas, F., Zhou, X., Chen, W., Gehlenborg, N., Bach, B., & Pfister, H. (2020). A generic framework and library for exploration of small multiples through interactive piling. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 27(2), 358-368. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2020.3028948>
- MacNeil, S. M., Dorodchi, M. M., Al-Hossami, E., Benedict, A., Desai, D., & Mahzoon, M. J. (2020, June). Curri: A curriculum visualization system that unifies curricular dependencies with temporal student data. In *2020 ASEE Virtual Annual Conference Content Access*. <https://peer.asee.org/34362>
- Nelson-Fromm, T., & Fagen-Ulmschneider, W. (2022, August 23). Work In Progress: A Metro Map-Based Curriculum Visualization for Examining Interrelated Curricula. *ASEE Annual Conference and Exposition, Conference Proceedings*. <https://doi.org/10.18260/1-2--41447>
- Steichen, B., & Fu, B. (2019). Towards adaptive information visualization-a study of information visualization aids and the role of user cognitive style. *Frontiers in artificial intelligence*, 2, 22. <https://doi.org/10.3389/frai.2019.00022>
- Van den Brand, M., & Groote, J. F. (2015). Software engineering: Redundancy is key. *Science of Computer programming*, 97, 75-81. <https://doi.org/10.1016/j.scico.2013.11.020>



- Veflen, N., & Gonera, A. (2023). Perceived usefulness of design thinking activities for transforming research to impact. *Food Control*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2022.109264>
- Vela, A. P., Ruiz, M., & Velasco, L. (2019, July). Visualization tools for enhancing failure localization. In *2019 21st International Conference on Transparent Optical Networks (ICTON)* (pp. 1-4). <https://doi.org/10.1109/ICTON.2019.8840175>
- Yang, H., Li, Y., & Zhou, M. X. (2014). Understand users' comprehension and preferences for composing information visualizations. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction (TOCHI)*, 21(1), 1-30. <https://doi.org/10.1145/2541288>
- Yi, J. S., Stasko, Y. A. K. J. T., & Jacko, J. A. (2008). Understanding and characterizing insights: How do people gain insights using information visualization? *Proceedings of the 2008 Conference on BEyond Time and Errors: Novel EvaLuation Methods for Information Visualization 2008, BELIV'08*. <https://doi.org/10.1145/1377966.1377971>