



Penerapan Scilab sebagai FOSS untuk Pembelajaran Komputasional dan Simulator dalam Teknik Elektro sebagai Upaya Mengurangi Ketergantungan pada Lisensi Propietari

Jemie Muliadi

Universitas 17 Agustus 1945 Jl. Sunter Permai Raya, 14350, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL	A B S T R A K
<p>Received: August 15, 25 Revised: Sept 20, 25 Available online: Sept 27, 25</p>	<p>Perangkat lunak Scilab dapat diterapkan untuk mendukung pengajaran mata kuliah Teknik Elektro. Maka pembahasan di makalah ini difokuskan pada keunggulan dan wawasan dalam pengajaran, khususnya dalam adopsi perangkat lunak bebas dan sumber terbuka (<i>Free and Open Source Software/FOSS</i>). Scilab, sebagai salah satu perangkat lunak FOSS, membawa berbagai keunggulan seperti biaya rendah, kemudahan aksesibilitas, dan kesempatan pengembangan lebih lanjut, sehingga menjadi alternatif yang menarik dibandingkan perangkat lunak <i>proprietary</i> dalam pendidikan teknik. Dengan kapabilitas komputasi yang kuat dan kompatibilitas terhadap berbagai aplikasi teknik, Scilab menjadi aset strategis bagi institusi akademik yang tak ingin ketinggalan dalam pengkinian metode pengajaran dalam era disrupsi. Penerapan Scilab menunjukkan bahwa mahasiswa akan memilih alat bantu pembelajaran yang gratis atau berbiaya rendah tanpa mengorbankan fungsionalitas, terutama dalam lingkungan belajar dengan sumber daya yang terbatas. Pemilihan ini sejalan dengan tren pendidikan digital yang menekankan keterjangkauan dan keterbukaan. Oleh karena itu, institusi pendidikan dan pengelola akademik didorong untuk mendukung integrasi FOSS seperti Scilab ke dalam kurikulum dan infrastruktur. Pemanfaatan Scilab dalam kegiatan pembelajaran di kelas dapat meningkatkan pemahaman konseptual, keterlibatan praktis, serta keterampilan pemecahan masalah mahasiswa. Salah satu penerapan Scilab di Teknik Elektro UTA45 dilakukan pada kuliah Sistem Kendali dan menghasilkan peningkatan prestasi kelas. Pembelajaran dilakukan dengan menggunakan Scilab sebagai perangkat komputasi dan simulasi Sistem Kendali. Peningkatan nilai rata-rata kelas adalah sebesar 9.26% pada tahun 2024 dibandingkan tahun sebelumnya dengan penerapan Scilab dalam kuliah Sistem Kendali di Teknik Elektro UTA45</p> <p>Kata kunci— Kuliah Sistem Kendali, FOSS, Scilab, Xcos, Kuliah Teknik Kendali</p>
CORRESPONDENCE	A B S T R A C T
<p>E-mail: jemie.muliadi@uta45jakarta.ac.id</p>	<p><i>This manuscript presents the implementation of Scilab software as a tool for teaching engineering subject. Thus the discussion will emphasize the findings and insights for lecturers in electrical engineering study program that openly adopting FOSS tools in their class. Scilab, as a Free and Open Source Software (FOSS), offers advantages including cost-efficiency, accessibility, and extensibility, making it a compelling alternative to proprietary platforms in engineering education. Its robust computational capabilities and compatibility with various engineering applications position it as a strategic asset for academic institutions seeking to modernize their teaching methodologies. Students consistently favor low-cost or free tools that do not compromise on functionality, especially in resource-constrained learning environments. This preference aligns with broader trends in digital education, where affordability and openness are key drivers of adoption. Consequently, universities and academic administrators are encouraged to actively support the integration of FOSS tools like Scilab into their curriculum and infrastructure. Doing so not only reduces financial barriers but also fosters a culture of innovation and self-directed learning. When the lecturers are equipped and willing to incorporate Scilab into their instructional design, students demonstrate improved conceptual grasp and practical engagement with complex engineering topics. Ultimately, the ability of lecturers to accommodate Scilab in their classrooms serves as a catalyst for deeper student understanding, enhanced problem-solving skills, and a more inclusive approach to engineering education. This paper advocates for a broader institutional commitment to FOSS integration in technical pedagogy. One of the applications of Scilab in Electrical Engineering UTA45 was carried out in the Control Systems course. Scilab is used as a computational and simulation tool for Control Systems. The average class score increased by 9.26% in 2024 compared to the previous year with the implementation of Scilab in the Control Systems course in Electrical Engineering UTA45</i></p> <p><i>Keywords— Control System Teaching, FOSS, Scilab, Xcos, Control Engineering Teaching</i></p>

I. PENDAHULUAN

Integrasi Perangkat Lunak Bebas dan Sumber Terbuka (*Free and Open Source Software/FOSS*) ke dalam pendidikan keteknikan menjadi awal pergeseran strategis yang signifikan dalam dunia akademik. Hal ini didorong oleh meningkatnya kebutuhan akan sarana elektronik berbasis proses digital yang mudah diakses, berbiaya rendah, dan fleksibel untuk berbagai penyesuaian [1]. Seiring dengan upaya lembaga pendidikan untuk menghasilkan kerangka pedagogis yang semakin modern, FOSS hadir sebagai solusi berbasis teknologi yang layak dan selaras dengan interaksi dalam lingkungan pembelajaran yang inklusif. Transisi ini menggambarkan perluasan komitmen dalam upaya membekali mahasiswa dengan berbagai kompetensi praktis dan sekaligus mengurangi ketergantungan terhadap sistem perangkat lunak *proprietary* [2].

FOSS menjadi perangkat yang signifikan oleh karena model lisensi terbuka dengan ciri akses tanpa batas terhadap kode sumbernya, sehingga pengguna dapat melakukan modifikasi praktis dan mendistribusikan ulang perangkat lunak sesuai dengan kebutuhan mereka. Dalam kurikulum pembelajaran teknik, fleksibilitas ini menghadirkan kesempatan bagi para pendidik untuk menyesuaikan pelaksanaan komputasi dalam meraih tujuan pembelajaran yang spesifik, dan semakin relevan dengan kedalaman substansi sesuai sasaran capaian. Penerapan FOSS secara strategis akan mendorong ekosistem pembelajaran yang dinamis dan interaktif, sehingga mahasiswa menjadi lebih aktif mendalami konsep-konsep teknik melalui eksperimen langsung (*hands on*) dan proses desain yang iteratif.

Pertimbangan ekonomi menjadi pendukung urgensi adopsi FOSS. Bahkan keterbatasan kondisi finansial tidak lagi menjadi penghambat akses terhadap paket perangkat lunak komputasional [3]. Dengan penyediaan alternatif yang tangguh tanpa tergantung lisensi, FOSS meredam hambatan akibat biaya serta mendorong akses yang setara terhadap sumber daya pembelajaran yang esensial. Institusi akademik pun semakin menyadari nilai jangka panjang dari mendukung platform *Open Source* untuk efisiensi operasionalnya dan perluasan infrastruktur digital [4]. Hal ini akan memicu inovasi dalam proses pembelajaran. Inovasi merupakan sarana peningkatan metode pengajaran khususnya dalam bidang rekayasa [5]. Berawal pada keteknikan, maka aspek rekayasa dapat meluas dari analisis komputasional [6] hingga kajian pesawat terbang [7].

Dari perspektif pedagogis, FOSS berkontribusi terhadap pengembangan keterampilan kognitif dan kolaboratif. Integrasi FOSS dalam kegiatan perkuliahan mendorong pelatihan kemampuan *problem-solving*, pembelajaran kolaboratif [8], serta membangun kompetensi dalam lingkungan perangkat lunak yang relevan dengan industri. Hasil-hasil ini sangat penting dalam mempersiapkan lulusan yang akan menghadapi kebutuhan dunia kerja teknik yang terus berkembang.

Untuk memaksimalkan manfaat FOSS, maka diperlukan dukungan institusional yang sistematis [9]. Hal ini mencakup program pengembangan dosen yang terarah, inisiatif penerapan dalam perancangan kurikulum, serta alokasi sumber daya untuk integrasi perangkat lunak *Open Source* [10]. Pemberdayaan para pengajar untuk memanfaatkan FOSS tidak hanya meningkatkan kualitas penyampaian materi ajar, tetapi juga memperkuat penguasaan mahasiswa terhadap prinsip-prinsip teknik, sehingga memposisikan mereka dalam meraih berbagai keberhasilan baik di ranah akademik maupun profesional [11].

Beberapa permasalahan penggunaan perangkat lunak propietari dibahas dalam publikasi Peter et al. [4]. Dari publikasi tersebut [4] dapat dilihat bahwa permasalahan penggunaan perangkat lunak propietari antara lain meliputi beban keuangan yang cukup besar untuk biaya lisensi dan biaya tahunan (*recurring cost*). Sebagai tambahan [4], sistem-sistem berbasis propietari tersebut hadir dengan pembatasan kostumisasi dan kemampuan adaptasi yang rendah ketika diterapkan pada konteks lokal.

Pemanfaatan perangkat lunak FOSS dibahas pula dalam publikasi Peter et al. [4]. Dari publikasi tersebut [4] disampaikan bahwa adopsi FOSS di universitas-universitas menghadirkan akses yang lebih luas bagi mahasiswa dalam memperkuat kemampuannya dalam memanfaatkan perangkat lunak edukatif. Biaya yang timbul dalam aktifitas perkuliahan dikatakan juga menjadi semakin efektif bila berbasis FOSS, dan memicu praktek pengajaran yang inovatif [4]. Keuntungan lainnya juga meliputi penghematan, meningkatnya keluwesan dan potensi meningkatkan kesadaran literasi digital antara pengajar dengan mahasiswa.

Terdapat suatu penelitian tentang kesadaran mahasiswa tentang Perangkat Lunak Bebas dan Sumber Terbuka (FOSS) di lingkungan Pendidikan Tinggi, dengan presentasi mahasiswa yang mengerti penggunaan dan keuntungan FOSS adalah 66.25% dari responden yang disurvei. Penelitian ini dilakukan di negara bagian Odisha, India, oleh Nayak dan Binjha [1]. Dari wilayah tersebut, hasil survey menunjukkan bahwa pengetahuan mahasiswa tentang fitur FOSS masih relative rendah yaitu 29.6%. Pengetahuan tersebut meliputi ketersediaan *source code*, berbagai kebebasan dalam penggunaan, modifikasi, dan redistribusi, keunggulan dalam aspek keamanan dan kehandalan.

Dari berbagai penelitian terdahulu ini maka latar belakang keunggulan penggunaan FOSS menjadi signifikan untuk menghasilkan rekomendasi awal penggunaan system-sistem tersebut bagi pendidik Teknik Elektro. Penggunaan FOSS dalam pembelajaran di lingkungan Teknik Elektro dapat diterapkan sebagai baik sebagai perangkat komputasi dan juga simulator yang meningkatkan kompetensi mahasiswa dalam interaksi mereka dengan perangkat lunak yang bervariasi.

II. SCILAB SEBAGAI PERANGKAT KOMPUTASI YANG MEMADAI

Pemanfaatan perangkat lunak berbasis FOSS di pendidikan teknik telah menjadi perhatian besar dalam beberapa tahun terakhir, khususnya ketika institusi pendidikan mencari alternatif yang berbiaya rendah namun tetap kuat secara pedagogis dibandingkan perangkat lunak *proprietary* [12]. Scilab, sebagai Perangkat Lunak Bebas dan Sumber Terbuka (*Free and Open Source Software/FOSS*), menyediakan lingkungan komputasi yang komprehensif untuk analisis numerik, pemodelan sistem, dan simulasi. Sejumlah studi telah menyoroti potensinya dalam mendukung mata kuliah inti Teknik Elektro seperti sistem kendali, pemrosesan sinyal, dan metode numerik, menjadikannya platform yang layak untuk kegiatan pengajaran maupun penelitian [13].

Scilab memiliki kinerja yang cukup baik dalam menyelesaikan persoalan aljabar linear dan persamaan diferensial bila dibandingkan dengan rekan *proprietary*-nya yaitu MATLAB, dengan perbedaan akurasi komputasi yang tidak signifikan [14]. Hal ini menunjukkan kesesuaian Scilab untuk lingkungan akademik yang menghadapi keterbatasan untuk mengakses seluruh fitur perangkat lunak komersial. Selain itu, sifat sumber terbuka dari Scilab memungkinkan para pendidik untuk menyesuaikan pustaka acuan dan manuskrip sesuai dengan capaian pembelajaran tertentu. Fleksibilitas tersebut sering kali tidak tersedia pada perangkat lunak *proprietary*.

Dalam konteks teknik kendali, Scilab telah banyak digunakan untuk mensimulasikan sistem dinamis dan merancang pengendali melalui fitur khususnya, yaitu Scicos atau Xcos [15]. Lewat fitur tersebut, Scilab memungkinkan mahasiswa untuk memvisualisasikan respons sistem dan bereksperimen dengan mekanisme umpan balik, sehingga meningkatkan pemahaman konseptual. Antarmuka grafis Scicos menyediakan lingkungan pemodelan yang intuitif yang mendukung konstruksi diagram blok dan simulasi waktu nyata, yang esensial dalam penguasaan teori kendali.

Scilab juga berperan dalam pengajaran variabel kompleks dan komputasi numerik. Kemampuan komputasi simbolik Scilab dan integrasinya dengan alat FOSS lainnya cukup baik untuk menyelesaikan persamaan kompleks dan memvisualisasikan fungsi dalam bidang kompleks. Integrasi ini memfasilitasi pemahaman yang lebih mendalam terhadap konsep matematika melalui komputasi interaktif dan representasi grafis.

Dengan keunggulannya maka mahasiswa sangat terbantu dengan pembelajaran berbasis Scilab. Hal ini dapat meningkatkan keterlibatan dan kepercayaan diri saat menggunakan Scilab dalam tugas laboratorium dan pembelajaran berbasis proyek. Aksesibilitas perangkat lunak, didukung oleh dokumentasi yang luas dan komunitas pengguna yang aktif, berkontribusi pada pengalaman belajar yang lebih inklusif dan mandiri [16].

Dampak Scilab secara institusional adalah penguatan dalam pengembangan kurikulum. Salah satunya adalah dengan mengintegrasikan Scilab ke dalam mata kuliah sistem kendali tingkat sarjana, yang bertujuan untuk menghasilkan peningkatan kinerja mahasiswa dan pengurangan biaya lisensi perangkat lunak [17]. Arsitektur terbuka Scilab dapat mendorong eksperimen dan inovasi di kalangan mahasiswa, sejalan dengan model pendidikan berbasis capaian.

Secara keseluruhan, Scilab bukan hanya alat teknik yang mumpuni secara teknis, tetapi juga platform yang efektif secara pedagogis dalam menumbuhkan pemikiran analitis dan kecakapan komputasi. Adopsinya dalam pendidikan teknik akan dapat mendukung tujuan yang lebih luas terkait aksesibilitas, kustomisasi, dan pengembangan keterampilan mahasiswa. Seiring dengan semakin meluasnya penerimaan solusi FOSS oleh institusi akademik, Scilab mulai tampil sebagai aset strategis dalam memodernisasi pengajaran teknik dan mempersiapkan mahasiswa menghadapi tantangan pasca kelulusannya.

III. PENDIDIKAN TEKNIK ELEKTRO DI ERA DISRUPTIF

Lanskap pendidikan Teknik Elektro tengah mengalami transformasi yang pesat, akibat dorong disrupti teknologi, berkembangnya kebutuhan industri, serta kemudahan akses pada alat digital. Model tradisional yang bergantung pada perangkat lunak *proprietary* dan kurikulum yang kaku semakin tidak selaras dengan karakter dinamis dari aktifitas rekayasa modern. Dalam konteks ini, Perangkat Lunak Bebas dan Sumber Terbuka (*Free and Open Source Software/FOSS*) muncul sebagai fasilitator strategis, menawarkan solusi yang skalabel, adaptif, dan hemat biaya bagi pendidik maupun peserta didik [18].

Teknologi disruptif seperti kecerdasan artifisial, *Internet of Things* (IoT), dan sistem energi terbarukan menuntut mahasiswa untuk berinteraksi dengan simulasi kompleks, analisis data, dan pemodelan sistem [19]. Perangkat Lunak *proprietary* dapat menimbulkan kendala finansial khususnya terkait lisensi yang membatasi akses serta eksperimen. Perangkat Lunak berbasis FOSS seperti Scilab, Octave, KiCad, hingga kerangka kerja berbasis Python akan menyediakan kapabilitas komputasi yang tidak kalah dengan rekan *proprietary*-nya sambil mendorong lingkungan pembelajaran terbuka. Ketersediaan ini memungkinkan mahasiswa mengeksplorasi konsep teknik tingkat lanjut dengan hambatan yang semakin berkurang.

Peralihan menuju model pembelajaran jarak jauh maupun hibrida semakin memperkuat urgensi integrasi FOSS [20]. Mahasiswa yang mengakses bahan ajar berasal dari latar belakang geografis dan ekonomi yang beragam. Oleh karena itu, ketergantungan pada perangkat lunak *proprietary* dan berbasis perangkat keras akan menjadi hambatan kritis dalam pembelajaran. Perangkat lunak FOSS yang ringan dan kompatibel lintas sistem mendukung pembelajaran terdesentralisasi serta kolaborasi lintas perangkat dan sistem operasi [21]. Fleksibilitas ini penting untuk menjaga kesinambungan instruksional dan inklusivitas di tengah disrupti global.

Dari perspektif pengembangan kurikulum, FOSS memungkinkan pengajar dalam merancang pengalaman belajar yang modular dan fleksibel dengan penyesuaian yang diperlukan. Pengajar dapat memodifikasi *source code*, mengembangkan fitur khusus, dan mengintegrasikan fungsi spesifik untuk mencapai tujuan pembelajaran [22]. Adaptabilitas ini tidak hanya meningkatkan relevansi instruksional perkuliahan, tetapi juga mendorong mahasiswa untuk terlibat dalam pengembangan perangkat

lunak dan pemikiran algoritmik [23]—keterampilan yang semakin dihargai dalam profesi Teknik Elektro.

Lebih jauh, adopsi FOSS menumbuhkan budaya transparansi, telaah sejawat, dan inovasi berbasis komunitas. Mahasiswa yang terpapar ekosistem sumber terbuka memperoleh pemahaman tentang alur kerja kolaboratif, sistem pengendalian versi, dan repositori publik, yang mencerminkan praktik rekayasa di dunia nyata. Pengalaman ini mempersiapkan lulusan untuk berkontribusi secara efektif dalam tim multidisipliner dan proyek inovasi terbuka, memperkuat kesiapan mereka menghadapi lingkungan industri dan riset.

Bila diamati dalam garis besar, era disrupsi menuntut rekonfigurasi pendidikan Teknik Elektro yang mengedepankan aksesibilitas, adaptabilitas, dan ketelitian teknis. Perangkat Lunak FOSS menyediakan infrastruktur yang diperlukan untuk memenuhi kebutuhan tersebut, sehingga pendidikan berkualitas tinggi dapat diselenggarakan sambil mendorong inovasi dan kualitas. Integrasi strategis FOSS ke dalam kerangka pengajaran dan pembelajaran bukan sekadar langkah efisiensi biaya—melainkan suatu keharusan pedagogis dalam membentuk lulusan insinyur elektro di masa depan.

IV. PENERAPAN SCILAB DALAM SEBAGIAN PERKULIAHAN TEKNIK ELEKTRO

Integrasi Scilab ke dalam perkuliahan Teknik Elektro merupakan langkah strategis dalam memodernisasi pendidikan teknik melalui pemanfaatan FOSS. Di tengah kebutuhan yang semakin besar bagi institusi akademik untuk menyelenggarakan pembelajaran berkualitas tinggi dengan anggaran yang efisien, Scilab membawa alternatif yang tangguh secara teknis dan diminati secara ekonomi dibandingkan dengan perangkat lunak *proprietary*. Adopsi Scilab akan sejalan dengan bergeraknya tren global dalam pendidikan digital yang mengutamakan aksesibilitas, kustomisasi, dan fleksibilitas pedagogis.

Kemampuan komputasi Scilab sangat sesuai untuk mata kuliah inti teknik elektro seperti sistem kendali, pemrosesan sinyal, elektronika daya, dan metode numerik [24]. Perangkat lunak ini mendukung operasi matriks, persamaan diferensial, dan pemodelan sistem—fungsi-fungsi yang esensial dalam analisis teknik. Dengan memanfaatkan fitur bawaan dan antarmuka grafis Scilab, pengajar dapat merancang modul pembelajaran interaktif yang meningkatkan kejelasan konsep dan mendorong keterlibatan aktif mahasiswa.

Salah satu faktor penentu dalam pemilihan Scilab adalah efisiensi biayanya. Berbeda dengan perangkat lunak komersial yang memerlukan biaya lisensi tinggi, Scilab tersedia secara gratis bagi mahasiswa dan pengajar. Hal ini menghilangkan hambatan finansial dan memastikan akses yang setara terhadap sarana komputasi yang penting. Di wilayah dengan pendanaan pendidikan yang terbatas, penggunaan Scilab dapat memperluas jangkauan program teknik tanpa mengorbankan kualitas pembelajaran [25].

Secara pedagogis, Scilab mendorong eksperimen dan pembelajaran iteratif [26]. Sifat sumber terbukanya memungkinkan dosen untuk memodifikasi skrip, membuat fungsi khusus, dan mengintegrasikan aplikasi sesuai bidang

keilmuan ke dalam pengajaran. Adaptabilitas ini mendukung model pendidikan berbasis capaian, di mana tujuan pembelajaran selaras dengan keterampilan praktis dan pemecahan masalah nyata. Mahasiswa memperoleh manfaat dari paparan langsung terhadap praktik pengembangan perangkat lunak, yang semakin relevan dalam peran teknik multidisipliner.

Lebih lanjut, Scilab membentuk lingkungan pembelajaran yang kolaboratif. Kompatibilitasnya dengan sistem pengendalian versi dan repositori publik memungkinkan mahasiswa untuk berbagi kode, menyelesaikan masalah secara kolektif, dan berkontribusi dalam proyek sumber terbuka [27]. Pengalaman ini mencerminkan alur kerja profesional di bidang teknik dan mempersiapkan mahasiswa untuk inovasi berbasis tim dalam dunia industri maupun riset. Aspek komunal dari FOSS juga mendorong pembelajaran sejawat dan pertukaran pengetahuan di luar ruang kelas.

TABEL I. DISTRIBUSI NILAI SISTEM KENDALI TAHUN 2023 DAN 2024

No. Data	Identifier	Nilai 2023	Nilai 2024
2023.01	EE-UNZ	83.86	
2023.02	EE-UNS	93.48	
2023.03	EE-DNT	90.76	
2023.04	EE-DNZ	56.43	
2023.05	EE-DNE	51.12	
2023.06	EE-DNA	61.42	
2023.07	EE-DNS	76.12	
2023.08	EE-DNG	61.42	
2023.09	EE-DSL	67.91	
2023.10	EE-DNP	50.09	
2023.11	EE-DSQ	6.82	
2023.12	EE-DST	56.18	
2023.13	EE-DSZ	36.68	
		Rata-Rata 2023	60.95
		Simpangan Baku 2023	23.32
2024.01	NN-NSZ	57.72	
2024.02	NN-UNE	10.70	
2024.03	EE-DNE	71.14	
2024.04	EE-DNP	62.95	
2024.05	EE-DSZ	58.95	
2024.06	EE-DSE	77.85	
2024.07	EE-DSA	80.80	
2024.08	NN-DNA	64.33	
2024.09	NN-DNL	73.00	
2024.10	NN-DNB	59.00	
2024.11	EE-TNT	83.88	
2024.12	EE-TNE	80.18	
2024.13	EE-TNA	87.13	
2024.14	EE-TNS	71.15	
2024.15	EE-TNL	94.40	
2024.16	EE-TNB	77.24	
2024.17	EE-TSQ	79.50	
2024.18	EE-TTZ	72.30	
2024.19	EE-TTE	74.73	
2024.20	NN-TTS	01.00	
2024.21	NN-TTT	60.88	
2024.22	NN-TTZ	66.40	
		Rata-Rata 2024	66.60
		Simpangan Baku 2024	21.97

Terdapat kekuatiran bahwa Scilab kurang memiliki dukungan komersial dan tampilan antarmuka yang sehalus perangkat lunak *proprietary* [28]. Namun, kekhawatiran ini teratasi oleh dokumentasi yang luas, komunitas pengguna yang aktif, serta pengembangan berkelanjutan oleh kontributor dari seluruh dunia [29]. Selain itu, nilai pedagogis dari transparansi dan kemampuan modifikasi sering kali lebih penting daripada tampilan antarmuka, khususnya dalam konteks akademik yang menekankan pemahaman algoritma dasar.

Kesiapan institusi merupakan faktor lain yang menentukan keberhasilan implementasi Scilab. Program pengembangan pengajar, perancangan kurikulum, dan dukungan infrastruktur sangat penting agar dosen dapat mengintegrasikan Scilab secara efektif ke dalam perkuliahan. Universitas yang berinvestasi dalam aspek-aspek ini tidak hanya meningkatkan kualitas pengajaran, tetapi juga menunjukkan komitmen terhadap inovasi terbuka dan kesetaraan pendidikan.

Singkatnya, penerapan Scilab dalam perkuliahan teknik elektro merupakan langkah strategis yang menjawab tantangan pedagogis dan operasional. Langkah ini memberdayakan pengajar untuk menyampaikan pembelajaran yang inklusif dan berkualitas tinggi, sekaligus membekali mahasiswa dengan keterampilan komputasi yang dibutuhkan dalam lanskap teknik yang terus berkembang. Seiring meningkatnya permintaan terhadap alat pendidikan yang terbuka, adaptif, dan efisien, Scilab tampil sebagai aset transformatif dalam pedagogi teknik.

Di ruang kelas nyata, distribusi nilai kuliah Sistem Kendali di di tahun 2023 dan 2024 disajikan pada Tabel 1. Di kedua periode tersebut, Scilab diterapkan sebagai perangkat utama dalam pemodelan, simulasi dan analisis dalam pengajaran kuliah Sistem Kendali. Di tahun 2023, kuliah Sistem Kendali diikuti oleh 13 mahasiswa Teknik Elektro, sementara di tahun berikutnya 2024, kuliah Sistem Kendali diikuti oleh gabungan 14 mahasiswa Teknik Elektro bersama 8 mahasiswa Non Elektro. Di tahun 2024 tersebut, terdapat 3 mahasiswa Teknik Elektro yang pernah mengikuti Sistem Kendali di tahun sebelumnya.

Secara keseluruhan, dengan mengabaikan perbedaan Program Studi asal mahasiswa dan keberadaan peserta yang pernah mengikuti kuliah sebelumnya, maka terjadi peningkatan nilai rata-rata kelas dari sebesar **9.26%** yaitu dari senilai 60.95 di tahun 2023 menjadi 66.60 di tahun 2024.

Di kedua periode tersebut terlihat bahwa deviasi simpangan baku distribusi nilai terjadi di bawah dari 10%, yaitu dari 23.32 di tahun 2023 menjadi 21.97 di tahun 2024. Rendahnya deviasi dari simpangan baku tersebut menandakan konsistensi penyerapan mahasiswa *secara keseluruhan dalam interaksi kelas* dari tahun ajaran yang berbeda.

Meski demikian, untuk menajamkan analisis di dalam ruang lingkup Teknik Elektro, maka dilakukan beberapa pemurnian data, dari distribusi awal tahun 2024 yaitu:

- Analisis dipusatkan pada mahasiswa Teknik Elektro dengan meniadakan efek mahasiswa Non Elektro yang menjadi peserta kuliah Sistem Kendali.
- Analisis diterapkan pada mahasiswa yang baru **pertama kali** mengikuti kuliah Sistem Kendali, dengan

meniadakan efek mahasiswa yang pernah mengikuti kuliah ini di tahun sebelumnya.

Dengan menerapkan kriteria tersebut, maka seluruh persebaran nilai Sistem Kendali di tahun 2023, ditampilkan kembali pada Tabel II, dan hasil pemurnian data tahun 2024 ditampilkan pada Tabel III. Parameter statistik Tabel II tentu saja sama dengan paruh awal dari Tabel I, yaitu nilai rata-rata kelas sebesar 60.95 dengan simpangan baku sebesar 23.32. Sedangkan pada Tabel III terlihat bahwa, nilai rata-rata kelas semakin fokus menjadi 79.92 dengan penurunan nilai simpangan baku menjadi 6.72

TABEL II. DISTRIBUSI NILAI SISTEM KENDALI TEKNIK ELEKTRO 2023

No	Identifier	Prodi Asal Mahasiswa	Nilai 2023
1	EE-UNZ	T. Elektro	83.86
2	EE-UNS	T. Elektro	93.48
3	EE-DNT	T. Elektro	90.76
4	EE-DNZ	T. Elektro	56.43
5	EE-DNE	T. Elektro	51.12
6	EE-DNA	T. Elektro	61.42
7	EE-DNS	T. Elektro	76.12
8	EE-DNG	T. Elektro	61.42
9	EE-DNL	T. Elektro	67.91
10	EE-DNP	T. Elektro	50.09
11	EE-DSQ	T. Elektro	6.82
12	EE-DST	T. Elektro	56.18
13	EE-DSZ	T. Elektro	36.68
			Populasi 13
			Rata-Rata 60.95
			Simpangan Baku 23.32

TABEL III. DISTRIBUSI NILAI SISTEM KENDALI TEKNIK ELEKTRO 2024

No	Identifier	Prodi Asal Mahasiswa	Nilai 2024
1	EE-DSE	T. Elektro	77.85
2	EE-DSA	T. Elektro	80.8
3	EE-TNT	T. Elektro	83.88
4	EE-TNE	T. Elektro	80.18
5	EE-TNA	T. Elektro	87.13
6	EE-TNS	T. Elektro	71.15
7	EE-TNL	T. Elektro	94.4
8	EE-TNB	T. Elektro	77.24
9	EE-TSQ	T. Elektro	79.5
10	EE-TTZ	T. Elektro	72.3
11	EE-TTE	T. Elektro	74.73
			Populasi 11
			Rata-Rata 79.92
			Simpangan Baku 6.72

Setelah dilakukan pemurnian data, maka simpangan baku dari distribusi nilai menjadi berbeda sangat signifikan menjadi seperempat dari tahun sebelumnya, yaitu dari 23.32 menjadi 6.72. Perbedaan simpangan baku tersebut menjadi dasar pemilihan metode uji Welch t (*Welch t-test*) [30] untuk mendapatkan keyakinan statistik terkait kenaikan nilai rata-rata dari tahun 2023 ke 2024. De Winter [30] menyoroti batas kekuatan *Welch t-test* pada kasus-kasus dua grup independen dengan kombinasi perbedaan variansi dan perbedaan jumlah sampel di antara mereka.

Prosedur uji Welch t diawali dengan menentukan hipotesis H_0 dengan menyatakan bahwa tidak ada perbedaan rata-rata yang signifikan di antara tahun 2023 dengan nilai pada 2024, sedangkan H_1 didefinisikan dengan menyatakan bahwa rata-rata tahun 2024 lebih besar secara signifikan dibandingkan nilai-nilai tahun 2023. Selanjutnya, seperti dicontohkan dalam Liu & Wang [31], pengujian H_0 dimulai dengan perhitungan berikut.

$$t = \frac{M_2 - M_1}{\sqrt{\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}}} \quad (1)$$

Maka, dengan M_1 dan M_2 serta s_1^2 dan s_2^2 adalah nilai rata-rata M dan simpangan s^2 di tahun 2023 dan 2024, diperoleh nilai $t_{hitung} = 2.7997$.

Persamaan (1) menyatakan fungsi momen pertama dan momen kedua untuk melakukan estimasi dari data observasi di kedua grup dengan mempertimbangkan perbedaan jumlah masing-masing anggotanya. Nilai kritikal akan diperoleh dari distribusi t dengan ambang dari *level of significance* sebesar, $\alpha = 0.05$, dan parameter derajat kebebasan (*df, degree of freedom*) diestimasi dengan *Satterthwaite approximation*. Pendekatan Satterthwaite tersebut telah dimodifikasi oleh penulis dengan menerapkan suku “ n ” (derajat kebebasan populasi = jumlah populasi dalam grup). Modifikasi ini dilakukan untuk meniadakan koreksi Bessel yang tidak lagi diperlukan karena ketiadaan bias akibat semesta data yang akan dianalisis telah mencakup populasi (bukan lagi sampel, yang biasanya dihilangkan dengan koreksi Bessel, “ $n-1$ ”) sesuai lingkup persoalan yang menjadi pembahasan.

$$df = \frac{\left(\frac{s_1^2}{n_1} + \frac{s_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{1}{n_1} \left(\frac{s_1^2}{n_1}\right)^2 + \frac{1}{n_2} \left(\frac{s_2^2}{n_2}\right)^2} \quad (2)$$

Sehingga diperoleh estimasi df sebesar 15.5005 yang dibulatkan sebagai dasar menerapkan $df = 16$. Dari distribusi t dengan 16 derajat kebebasan dan $\alpha = 0.05$, maka diperoleh nilai $t_{kritikal}$ sebesar 1.7458.

Pada tahapan akhir uji *one-tail*, didapati bahwa nilai $t_{hitung} > \text{nilai } t_{kritikal}$ sehingga H_0 dapat ditolak dalam selang kepercayaan 95%. Dengan demikian kenaikan nilai rata-rata pada tahun 2024 memiliki keyakinan secara statistik bila dibandingkan dengan nilai rata-rata pada tahun sebelumnya.

Dalam komparasi keseluruhan kelas telah terlihat peningkatan nilai rata-rata kelas pada tahun 2024 sebesar **9.26%** dibandingkan sebelumnya pada mata kuliah Sistem Kendali dengan kode EE402 pada Teknik Elektro Universitas 17 Agustus 1945 Jakarta. Pembelajaran Sistem Kendali telah dilakukan berbasis Scilab baik Scinote (*syntax based coding*) dan Xcos (*graphical user interface*). Khusus pada populasi mahasiswa Teknik Elektro, terjadi peningkatan peningkatan nilai rata-rata kelas pada tahun 2024 sebesar **19.96%** dibandingkan sebelumnya di tahun 2023.

V. DISKUSI DAN SIMPULAN

Kemunculan Scilab sebagai sarana keteknikan yang tangguh telah memberikan pengaruh signifikan terhadap praktik komputasi di ranah akademik maupun profesional. Arsitektur sumber terbukanya, kapabilitas numerik yang luas, serta kompatibilitasnya dengan alur kerja teknik menjadikannya alternatif yang layak bagi perangkat lunak *proprietary*. Scilab mendukung berbagai operasi—mulai dari manipulasi matriks dan penyelesaian persamaan diferensial hingga pemodelan sistem kendali—yang sangat relevan untuk aplikasi Teknik Elektro. Integrasinya dengan Scicos juga semakin meningkatkan fungsionalitasnya melalui simulasi sistem dinamis dan pemodelan grafis, yang memudahkan mahasiswa memahami fenomena teknik yang kompleks.

Dalam konteks pendidikan Teknik Elektro, era disrupsi saat ini menuntut peninjauan ulang terhadap model pedagogis tradisional. Perkembangan pesat teknologi seperti *Internet of Things* (IoT), sistem energi terbarukan, dan kendali tertanam mengharuskan mahasiswa menguasai landasan teoritis sekaligus alat praktis. Solusi perangkat lunak konvensional kerap menimbulkan kendala finansial dan aksesibilitas, sehingga membatasi keterlibatan dan eksperimen mahasiswa. Sebagai Perangkat Lunak Bebas dan Sumber Terbuka (FOSS), Scilab menjawab tantangan ini dengan menyediakan akses terbuka terhadap sumber daya komputasi berkinerja tinggi, sehingga mendemokratisasi pendidikan teknik dan mendukung lingkungan belajar yang inklusif.

Adopsi Scilab oleh institusi juga mencerminkan komitmen strategis terhadap inovasi pendidikan. Melalui investasi dalam pelatihan dan perancangan kurikulum, perguruan tinggi dapat memastikan integrasi Scilab secara efektif ke dalam infrastruktur pengajaran. Langkah ini tidak hanya mengurangi ketergantungan terhadap lisensi perangkat lunak yang mahal, tetapi juga menumbuhkan budaya eksperimen dan inovasi terbuka. Seiring dengan terus berkembangnya pendidikan teknik sebagai respons terhadap disrupsi global, Scilab tampil sebagai alat transformatif yang menjembatani pengajaran teoritis dengan penerapan praktis.

Penerapan Scilab dalam perkuliahan Teknik Elektro menawarkan keuntungan baik secara pedagogis maupun operasional. Pengajar dapat merancang modul pembelajaran interaktif berbasis simulasi yang selaras dengan kerangka pendidikan berbasis capaian. Kemampuan untuk menyesuaikan skrip dan fitur memungkinkan pengajar mengadaptasi konten sesuai dengan tujuan mata kuliah, sehingga meningkatkan relevansi instruksional. Selain itu, mahasiswa memperoleh pengalaman langsung dalam praktik pengembangan sumber terbuka, yang mendorong literasi komputasi dan keterampilan pemecahan masalah secara kolaboratif. Kompetensi ini sangat penting dalam mempersiapkan lulusan menghadapi kompleksitas praktik teknik modern. Hal ini didukung oleh peningkatan nilai rata-rata kuliah Sistem Kendali di UTA45 di tahun 2024 sebesar 19.96% pada mahasiswa Teknik Elektro dibandingkan dengan capaian tahun sebelumnya.

Sebagai penutup, penerapan Scilab dalam pendidikan Teknik Elektro merepresentasikan pendekatan visioner dalam pengajaran di era disrupsi. Ketangguhan teknis,

efisiensi biaya, dan adaptabilitas pedagogis menjadikannya platform ideal untuk mendorong pembelajaran dan pengembangan keterampilan. Institusi dan pendidik yang mengadopsi Scilab berada dalam posisi yang lebih baik untuk menyelenggarakan pembelajaran teknik yang inklusif dan siap menghadapi masa depan, sesuai dengan kebutuhan dunia akademik dan industri.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Bapak/Ibu kolega di lingkungan Universitas Tujuh Belas Agustus 1945 (UTA45) Jakarta, Indonesia, khususnya Ketua Program Studi Teknik Elektro FTI UTA45, Dekan Fakultas Teknologi Industri UTA45, serta Rektor UTA45 Jakarta. Penulis juga menyampaikan apresiasi dan terima kasih kepada Bapak/Ibu kolega di lingkungan Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Indonesia, yaitu Kepala Pusat Riset Kecerdasan Artifisial dan Keamanan Siber (PRKAKS), Kepala Organisasi Riset Elektronika dan Informatika (OREI), serta Kepala Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), atas seluruh dukungan, perhatian, dan bantuan yang diberikan sehingga penulisan karya ini dapat diselesaikan dengan baik.

REFERENSI

- [1] Nayak, K., & Binjha, P. B. (2022). Student's awareness of free and open-source software (FOSS) in higher education. *Asian Journal of Education and Social Studies*, 26(2), 81-87.
- [2] Ndaba, N. E., & Gedala, M. N. (2024). Digital transformation challenges in higher education institutions post COVID-19. *Corporate Governance and Organizational Behavior Review*, 8, 54-63.
- [3] Tomazin, M., & Gradisar, M. (2009, June). Cost-benefit analysis of free/open source software in education. In *Proceedings of the ITI 2009 31st International Conference on Information Technology Interfaces* (pp. 473-478). IEEE.
- [4] Peter, U. I., Orubebe, E. D., & Oladokun, B. D. (2024). Transforming Education in Nigerian Universities: The Role of Free and Open-Source Software (FOSS) in Teaching and Learning. *Asian Review of Social Sciences*, 13(1), 39-47.
- [5] Muliadi, J., & Afrilionita, D. (2016). Encouraging the Innovation-Based Improvement of Teaching's Methods by the Implementation of Engineering Working System for Continuous Professional Development. *Proceeding of International Conference on Teacher Education and Professional Development (InCoTePD)*, 2016, 288.
- [6] Muliadi, J. (2015). Investigating the Accuracy of BPPT Flying Wing UAV's Linearized Equation of Motion Compared to BPPT-04C Sriti Flight Test Data. *Proceeding of the 3rd IndoMS International Conference on Mathematics and Its Applications (IICMA)*.
- [7] Muliadi, J. (2016). The Analysis of Unconventional Aircraft Flight Dynamics Model by Linearizing its Equation of Motion as Applied in BPPT's V-Tail Configuration UAV Gagak. *Proceeding of the Conference on Fundamental and Applied Science for Advanced Technology (ConFAST)*.
- [8] Mercier, E., Goldstein, M. H., Baligar, P., & Rajarathinam, R. J. (2023). Collaborative learning in engineering education. In *International handbook of engineering education research* (pp. 402-432). Routledge.
- [9] Fortunato, L., & Galassi, M. (2021). The case for free and open source software in research and scholarship. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*, 379(2197), 20200079.
- [10] Ray, B., & Bhaskaran, R. (2013). Integrating simulation into the engineering curriculum: a case study. *International Journal of Mechanical Engineering Education*, 41(3), 269-280.
- [11] Robertsons, G., & Lapina, I. (2023). Digital transformation as a catalyst for sustainability and open innovation. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 9(1), 100017.
- [12] Wahyudi, M. N. A., Budiyo, C. W., Widiastuti, I., Hatta, P., & bin Bakar, M. S. (2024). Understanding Virtual Laboratories in Engineering Education: A Systematic Literature Review. *International Journal of Pedagogy and Teacher Education*, 7(2), 102-118.
- [13] (2022) Research & Education Need Open Tools for Knowledge Building & Sharing. Scilab Use Cases. [Online]. Available: <http://www.scilab.org/>
- [14] Gayoso Martínez, V., Hernández Encinas, L., Martín Muñoz, A., & Queiruga Dios, A. (2021). Using free mathematical software in engineering classes. *Axioms*, 10(4), 253.
- [15] Gomez, C., & Mannori, S. (2008, January). Scilab/Scicos: an open source platform for embedded real time systems development. In *Embedded Real Time Software and Systems (ERTS2008)*.
- [16] Li, J., & Liang, W. (2024). Effectiveness of virtual laboratory in engineering education: A meta-analysis. *PloS one*, 19(12), e0316269.
- [17] Biswas, S., Benabentos, R., Brewe, E., Potvin, G., Edward, J., Kravec, M., & Kramer, L. (2022). Institutionalizing evidence-based STEM reform through faculty professional development and support structures. *International journal of STEM education*, 9(1), 36.
- [18] Azure, I., Wiredu, J. K., Musah, A., & Akolgo, E. (2023). AI-enhanced performance evaluation of python, matlab, and scilab for solving nonlinear systems of equations: A comparative study using the broyden method. *American Journal of Computational Mathematics*, 13(04), 644-677.
- [19] Singh, P. (2024). *Model-Based Systems Engineering for Engineering Education Systems Simulation* (Doctoral dissertation, University of South Florida).
- [20] Bhola, J., Bhatnagar, M., & Soni, N. D. (2021). The Role of Simulation Tools in Blended Education Environment. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 11(03), 44-46.
- [21] Mikac, M., Logožar, R., & Horvatić, M. (2022). Performance Comparison of Open Source and Commercial Computing Tools in Educational and Other Use—Scilab vs. MATLAB. *Tehnički glasnik*, 16(4), 509-518.
- [22] Dias, C. G., Feitosa, N. T., & da Silva, L. C. (2020). The Use of Scilab-Cloud for Teaching Digital Signal Processing Concepts in Electrical Engineering Curricula. *American Scientific Research Journal of Engineering, Technology and Sciences (ASRJETS)*, 74(1), 101-114.
- [23] Andreeva, H., Gabrova, R., & Kuzmanov, I. (2024). INTERACTIVE RESOURCE FOR IMAGE PROCESSING IN SCILAB. *Journal of Hygienic Engineering & Design*, 46(1).
- [24] Martínez, M. P., Guardarrama, J. R., Baranda, J. S., & Freire, R. C. S. (2022). Use of Scilab software as a didactic tool in electrical circuits laboratory practices. *Ingeniería Energética*, 43(3), 71-79.
- [25] Sharma, S. (2023). Virtual experiments of Physics using Scilab. *Educational Trend (A Journal of RIE, Ajmer-NCERT)*, 4(1), 4-9.
- [26] Dibarbora, C. (2021, May). Computational models and experimental validation at the physics teacher training college using scilab and arduino™. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1882, No. 1, p. 012139). IOP Publishing.
- [27] Liu, Y., & Zhu, H. (2022). Simulation Experiment of 3D Digital Core Visual Modeling Based on SCILAB Software. *Advances in Computer, Signals and Systems*, 6(7), 18-23.
- [28] Martínez, L. C. J., Facio, J. T., Granados, R. A., Santos, R. R., & Hernández, A. R. C. (2025). Dynamic Simulation of a Non-linear CSTR Using Scilab/Xcos®: a Practical Approach for Chemical Engineering Education. *TECNOCENCIA Chihuahua*, 19(1), e1874-e1874.
- [29] Godlewski, M., & Rogowski, K. (2022). Data Acquisition and Control System Based on Scilab Software Environment. *Pomiary Automatyka Robotyka*, 26.
- [30] de Winter, J. C. F. (2013). Using the Student's t-test with extremely small sample sizes. *Practical Assessment, Research & Evaluation*, 18(10), ISSN 1531-7714.
- [31] Liu, Q & Wang, L. (2020). t-Test and ANOVA for data with ceiling and/or floor effects. *Behavior Research Methods*, 2021(53), 264-277.