

NASKAH ORISINAL

Penguatan Pilar Sains Melalui Komputasi dan Virtualisasi Eksperimen Sistem Kontrol untuk Pembelajaran Eksperiensial

Yusuf Bilfaqih¹ | Mochammad Sahal¹ | Zulkifli Hidayat¹ | Nurlita Gamayanti¹ | Abdullah Alkaff¹ | Fadhilah Mileanasari^{1,*} | Zaidan Adenin Said²

¹Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia

²Departemen Pengiriman dan Pelayanan, PT. Huawei Tech Invesment, Telkomsel Bali Nusra, Indonesia

Korespondensi

*Fadhilah Mileanasari, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia. Alamat e-mail: mileanasari@its.ac.id

Alamat

Laboratorium Sistem dan Sibernetika, Departemen Teknik Elektro, Institut Teknologi Sepuluh Nopember, Surabaya, Indonesia.

Abstrak

Artikel ini menyajikan kegiatan pengabdian kepada masyarakat mengenai komputasi dan virtualisasi eksperimen pada masa pandemi Covid-19 untuk memungkinkan praktikum di/dari rumah. Pandemi Covid-19 telah memaksa transformasi digital di berbagai sektor dan telah menjadi salah satu pendorong utama dalam kemajuan berbagai sektor, termasuk dalam dunia pendidikan. Salah satu upaya penting dalam mendukung transformasi digital adalah melakukan virtualisasi eksperimen, yang memungkinkan mahasiswa dan peneliti untuk melakukan eksperimen secara virtual tanpa keterbatasan fisik, biaya, atau waktu. Upaya yang telah dilakukan untuk menjaga keberlanjutan transformasi digital, khususnya dalam konteks pendidikan, melalui penguatan teknik komputasi dan virtualisasi eksperimen. Komputasi dan eksperimen dikenal sebagai pilar sains. Pada makalah ini dikenalkan pendekatan untuk mengelola kegiatan pengabdian agar berfokus pada penguatan pilar sains, dan bagaimana memanfaatkan pilar sains sebagai penggerak lingkaran pengaruh kegiatan tridharma, pendidikan, penelitian, dan pengabdian di lab. Kegiatan pengabdian meliputi dua *workshop*: Komputasi menggunakan Matlab dan Pengembangan Modul Virtual dengan Simulink 3D. Kegiatan ini menghasilkan modul tugas komputasi, buku berbasis komputasi, serta teknik komputasi baru yang telah dipublikasikan di jurnal internasional. Eksperimen virtual sistem kontrol dimanfaatkan untuk praktikum, pembelajaran, penelitian, dan pengembangan. Kegiatan ini membentuk lingkaran tridharma yang berkelanjutan dan saling menguatkan, sehingga luaran turut memperkuat pilar sains secara sinergis.

Kata Kunci:

Eksperimen Virtual, Komputasi, Pandemi Covid-19, Pembelajaran Eksperiensial, Pilar Sains.

1 | PENDAHULUAN

1.1 | Latar Belakang

Kemajuan perkembangan ilmu pengetahuan dan teknologi sejauh ini dimungkinkan oleh kemampuan manusia melakukan konseptualisasi melalui refleksi terhadap sistem real di dunia nyata. Hasil konseptualisasi ini antara lain berupa model dinamis dalam bentuk persamaan matematis yang banyak dijumpai dalam berbagai teori di bidang Teknik Elektro. Pemahaman terhadap suatu teori akan lebih mendalam apabila mampu menginterpretasikan kembali ke dalam kejadian nyata, dan mengonfirmasi kebenaran teori melalui eksperimen. Teori dan eksperimen merupakan dua hal yang sangat menentukan dan menjadi pilar sains selama berabad-abad yang telah menentukan perkembangan ilmu pengetahuan^[1]. Berawal dari eksperimen, penemuan-penemuan baru dapat diambil interpretasinya kembali pada sistem real. Perkembangan teknologi digital membantu manusia mampu mengembangkan sistem virtual di dunia maya. Melalui sistem virtual kita mendapatkan pengalaman belajar layaknya pengalaman kongkret pada sistem real. Sistem virtual memungkinkan untuk melakukan simulasi dan eksperimen aktif untuk menerapkan metode atau modifikasi kejadian pada suatu sistem^[2].

Dunia pendidikan dihadapkan pada tantangan terbesar di awal tahun 2020 ini. Sumber daya yang luar biasa di lingkungan kampus seakan menjadi tidak berguna dan sia-sia ketika mahasiswa diharuskan belajar di/dari rumah dan dosen bekerja di/dari rumah. Hampir separuh Semester Genap 2019-2020 perkuliahan dilaksanakan oleh dosen dan mahasiswa di/dari rumah. Pada akhir semester, ketika dilakukan survei terhadap mahasiswa, sebanyak 94.1% mahasiswa menyatakan lebih baik perkuliahan *offline* atau luring daripada perkuliahan daring. Hal ini akumulasi dari ketidaksiapan beberapa aspek pembelajaran. Dalam hal infrastruktur, lebih spesifik terkait koneksi internet, 79.4% mengeluhkan kualitas yang buruk. Terkait materi pembelajaran, mayoritas dosen hanya memberi paparan dalam format PPT atau PDF, bahkan tidak sedikit dosen hanya memberi Tugas saja. Kasus yang lebih mengkhawatirkan adalah sebagian besar Praktikum tidak dapat dilaksanakan^[3]. Pada akhir semester, puncak masalah timbul ketika sistem pembelajaran daring mengalami beban lebih saat pelaksanaan Evaluasi Akhir Semester. Berbagai ketidaksiapan ini akan menjadi masalah besar apabila kondisi *Stay at Home* ini berlanjut.

Kegiatan pengabdian ini memberikan salah satu dari sekian banyak solusi yang mungkin dapat kita upayakan. Melalui program pengabdian ini telah dilaksanakan *workshop* pengembangan modul eksperimen virtual untuk mendukung praktikum di rumah saja bagi dosen perguruan tinggi di Surabaya dan sekitarnya. Kegiatan ini memanfaatkan salah satu fitur istimewa Matlab yang belum banyak digunakan, yaitu Simulink 3D. Kegiatan ini telah membekali peserta kemampuan membangun model virtual dan menerapkan model dinamik pada model virtual tersebut. Penerapan model dinamik pada model virtual menjadikan model virtual tersebut dinamis layaknya sistem atau *plant* sebenarnya. Kegiatan *workshop* ini membekali peserta kemampuan menerapkan kontroler pada *plant* atau model virtual tersebut. Dengan demikian, peserta mampu mengembangkan modul eksperimen virtual untuk digunakan praktikum di rumah saja oleh mahasiswanya di perguruan tinggi masing-masing.

Untuk melaksanakan kegiatan pengabdian ini, Laboratorium Sistem dan Sibernetika, Departemen Teknik Elektro (DTE), Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS), terlebih dahulu mengembangkan modul presentasi dan eksperimen virtual sebagai bahan *workshop* sekaligus sarana praktikum di rumah bagi peserta praktikum di lab. Mengingat bahwa eksperimen merupakan salah satu pilar sains, kegiatan pengabdian ini juga menerapkan strategi penguatan pilar sains sebagai penggerak lingkaran pengaruh kegiatan tridharma di lab. Jadi, bermula dari kegiatan pengabdian, hasil dan luaran kegiatan ini diarahkan untuk penguatan pilar sains, kemudian pilar sains ini dimanfaatkan sebagai penggerak lingkaran pengaruh yang dibentuk dari kegiatan pendidikan, penelitian, dan pengabdian di Laboratorium Sistem dan Sibernetika.

1.2 | Tujuan dan Manfaat Kegiatan

Program pengabdian ini bertujuan untuk mengembangkan komputasi dan eksperimen sistem kontrol dan menyebarluaskan teknik pengembangannya dalam bentuk *workshop*, yaitu: *workshop* Komputasi Menggunakan Matlab dan *workshop* Pengembangan Modul Virtual Menggunakan Simulink 3D. Program ini berkembang dalam lingkup transformasi digital di Laboratorium Sistem dan Sibernetika. Transformasi ini meliputi dua kegiatan pokok yaitu penerapan komputasi dan eksperimen virtual untuk menunjang program pendidikan, penelitian, dan pengabdian di laboratorium Sistem dan Sibernetika. Kedua hal ini berkenaan dengan dua dari tiga pilar sains yang sudah dikenal, yaitu: teori/analisis, eksperimen, dan komputasi. Kegiatan pengabdian ini memberikan manfaat untuk membangun dan menguatkan kedua pilar sains tersebut untuk mendukung kegiatan tridharma di laboratorium. Kegiatan pengabdian ini dapat memberikan dampak peningkatan dan keberlanjutan kegiatan tridharma dan menciptakan lingkaran pengaruh yang saling menguatkan antara kegiatan tridharma dan pilar sains.

1.3 | Target dan Capaian Luaran

Target utama adalah tersedianya modul komputasi dan eksperimen virtual sistem kontrol untuk mendukung kegiatan tridharma, khususnya untuk terselenggaranya praktikum kapan dan di mana saja pada saat pandemi. Dalam keberlanjutan dan pengembangan program pengabdian ini telah menghasilkan luaran lain berbasis komputasi dan eksperimen yang melengkapi pilar sains dalam mendukung kegiatan tridharma di laboratorium. Capaian dari luaran program pengabdian sebagaimana ditargetkan dan luaran yang lain disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Capaian Luaran Wajib dan Tambahan

No	Luaran	Keterangan
1	Buku Praktikum di Rumah Saja: Sistem Pengaturan Digital Berbasis <i>Plant Virtual</i>	ISBN: 9786025035630; HKI: EC00203235328
2	Buku Praktikum Di Rumah Saja: Virtualisasi Sistem Real Menggunakan Simulink 3D Matlab Untuk Praktikum Berbasis Pembelajaran Eksperiensial	ISBN: 9786230227684
3	Artikel Academia Letters	<i>Virtualize Control Systems Experiments Using Simulink 3D Matlab for Practicum at Home based on Experiential Learning During Covid-19 Pandemic</i>
4	Ekeperimen Virtual Sistem Pengaturan Digital	HKI: EC00203235329
5	Ekeperimen Virtual Sistem Pemanduan dan Autopilot pada <i>Unmanned Systems</i>	HKI: EC0020323531
6	Bahan Presentasi SINYAL DAN SISTEM: Analisis, Komputasi dan Simulasi	HKI: EC00202491297
7	Perangkat Lunak Komputasi Saintifik Sinyal Dan Sistem	HKI: EC00202491298

2 | TINJAUAN PUSTAKA

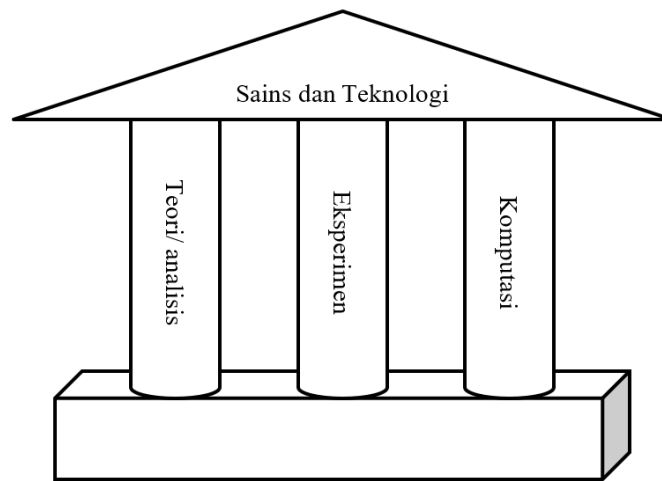
Untuk memadukan dan menyinergikan kegiatan pengabdian ini dengan kegiatan pendidikan dan penelitian, dibutuhkan untuk meletakkan ketiga kegiatan tersebut dalam ruang lingkup yang sama, dan strategi yang memanfaatkan lingkaran pengaruh ketiga kegiatan melalui pengelolaan yang tepat. Berikut dijelaskan ruang lingkup kegiatan dan strateginya dengan pendekatan sistem pembelajaran *laboratory based education* (LBE)^[4].

2.1 | Pilar Sains

Teori dan eksperimen. Keduanya merupakan dua pilar sains yang selama berabad-abad telah mendasari pemahaman kita tentang dunia di sekitar kita. Kita melakukan pengukuran dan pengamatan, kemudian kita tautkan ke teori yang menggambarkan, menjelaskan, dan memprediksi fenomena alam. Interaksi yang selalu dilakukan antara teori dan eksperimen, memungkinkan teori untuk dikonfirmasi, disempurnakan dan kadang-kadang bahkan dibatalkan, menjadi jantung metode ilmiah tradisional^[1].

Dengan kemajuan teknologi yang pesat, penelitian ilmiah kini dapat dilakukan dengan cara yang lebih efisien dan mendalam, melalui penggunaan alat-alat canggih seperti mikroskop elektron dan perangkat lunak simulasi komputer^[5]. Teknologi juga memungkinkan terciptanya eksperimen virtual dan simulasi yang dapat mempermudah peneliti dalam menguji hipotesis tanpa harus bergantung pada sumber daya fisik yang terbatas. Dalam konteks ini, virtualisasi eksperimen dan penggunaan model komputer menjadi sangat penting dalam menjaga relevansi dan efektivitas pendidikan sains di era digital. Hal ini penting untuk

menciptakan ilmuwan yang tidak hanya menguasai teori, tetapi juga mampu melakukan eksperimen, analisis data, dan mengkomunikasikan hasil penelitian secara efektif. Untuk alasan ini, komputasi telah berkembang dengan cepat menjadi pilar sains ketiga, ketiga pilar sains ini diilustrasikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Pilar sains: teori/ analisis, eksperimen, dan komputasi.

Komputasi mengisi kesenjangan antara teori dan eksperimen, komputasi dapat memberi tahu apa konsekuensi dari teori, memfasilitasi eksperimen dan pekerjaan observasi, sehingga dapat menilai apakah suatu teori valid. Komputasi bukan hanya alat tambahan. Komputasi adalah cara baru dalam melakukan sains, mengubah cara para ilmuwan belajar, bereksperimen, dan berteori. Untuk itu, pada kegiatan pengabdian ini, telah diupayakan bagaimana setiap pembelajaran tidak hanya menekankan pada teknik analisis matematis, namun juga mengenalkan dan mengajarkan komputasi, bagaimana teknik-teknik analisis dapat diterjemahkan ke dalam program komputer, dan melakukan simulasi dan eksperimen untuk mengonfirmasi teori secara virtual di kelas.

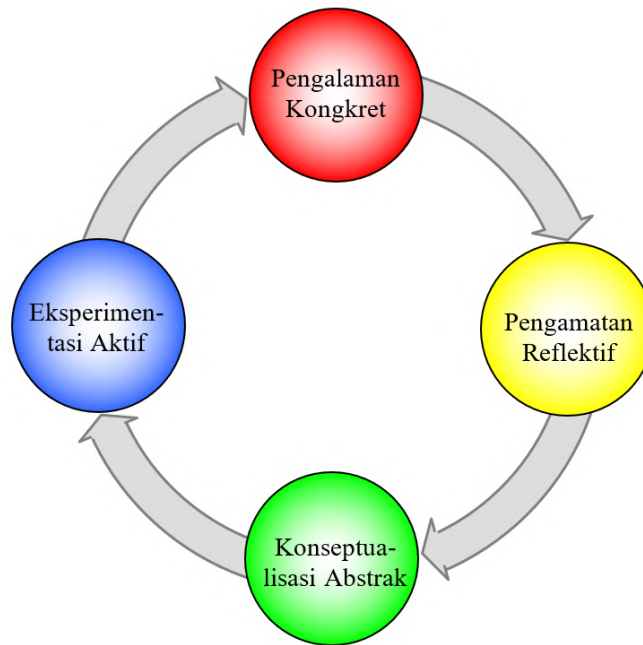
2.2 | Pembelajaran Eksperiensial

Pembelajaran eksperiensial merupakan satu bentuk pembelajaran orang dewasa yang berupa siklus pembelajaran^[6]. Berawal dari pengalaman kongkret diikuti dengan mengambil refleksi lewat pengamatan pada pengalaman tersebut secara personal. Proses ini kemudian diikuti dengan menurunkan teori umum untuk mendeskripsikan pengalaman tersebut, atau aplikasi dari teori yang telah diketahui yang relevan, dan selanjutnya hal ini digunakan untuk membangun cara untuk memodifikasi kejadian pada pengalaman berikutnya (eksperimentasi aktif), dan pada akhirnya hasil ini diterapkan sebagai pengalaman kongkret berikutnya^[7]. Siklus pembelajaran ini diilustrasikan pada Gambar 2.

Pembelajaran eksperiensial mengutamakan keterlibatan aktif siswa melalui pengalaman langsung, yang memungkinkan mereka untuk mengembangkan pemahaman dan keterampilan praktis. Eksperimen virtual menawarkan solusi inovatif untuk menerapkan model pembelajaran ini, terutama dalam konteks pendidikan sains dan teknologi. Menurut Anderson et al., dengan menggunakan platform virtual, siswa dapat melakukan eksperimen yang mungkin sulit atau tidak mungkin dilakukan dalam lingkungan fisik, seperti eksperimen berbahaya atau yang memerlukan biaya tinggi^[8]. Teknologi ini memungkinkan pembelajaran berbasis pengalaman, di mana siswa tidak hanya belajar teori, tetapi juga langsung berinteraksi dengan objek dan proses eksperimen dalam dunia virtual, memperkuat pemahaman mereka terhadap konsep-konsep ilmiah yang diajarkan.

Salah satu keunggulan utama dari eksperimen virtual adalah kemampuannya untuk memberikan pengalaman pembelajaran yang lebih mendalam dan lebih mudah diakses oleh siswa dari berbagai latar belakang. Selain itu, eksperimen virtual memungkinkan siswa untuk melakukan percobaan berulang kali tanpa harus terikat pada batasan waktu dan sumber daya fisik, yang sering kali menjadi kendala dalam pembelajaran konvensional^[9]. Dengan menggunakan simulasi berbasis komputer, siswa

dapat menjelajahi berbagai skenario dan kondisi eksperimen yang beragam, yang mungkin tidak dapat diakses melalui fasilitas laboratorium tradisional. Hal ini juga memberikan kesempatan untuk mengembangkan keterampilan pemecahan masalah, pengambilan keputusan, dan analisis data yang esensial dalam dunia ilmiah dan teknologi.



Gambar 2 Pembelajaran eksperiensial.

2.3 | Pembelajaran Eksperiensial Sistem Kontrol

Sistem kontrol merupakan teknik untuk meningkatkan performa suatu *plant*, yaitu peralatan atau mesin yang dikendalikan, dengan cara menambahkan elemen pengendali (kontroler) guna mencapai respons yang diinginkan secara stabil, cepat, dan akurat^[10]. Program pendidikan teknik sistem kontrol disusun berdasarkan kebutuhan pengetahuan dan teknologi yang berkembang dengan mencakup domain konseptual dan eksperiensial. Konsep abstraksi diperlukan untuk mendapatkan gambaran secara ringkas dan komprehensif tentang permasalahan yang dihadapi, dan langkah-langkah penyelesaian yang mungkin untuk dilakukan. Konsep abstrak adalah elegan dan *powerful*, namun keberhasilan pembelajaran dapat ditingkatkan dengan melakukan percobaan langsung, dan membahas contoh-contoh yang memiliki relevansi dengan dunia nyata.

Program pendidikan di bidang studi teknik sistem kontrol disusun dengan obyektif menghasilkan lulusan yang memiliki kemampuan dalam hal:

- identifikasi dan analisis kebutuhan sistem kontrol,
- analisis dan desain sistem kontrol,
- implementasi sistem kontrol, dan
- realisasi/instalasi desain tersebut menjadi satu produk/sistem real.

Keempat kompetensi dasar ini tidak lain merupakan tahapan dalam pengembangan teknologi sistem kontrol. Untuk menjamin keberhasilan pencapaian keempat kompetensi ini, model pembelajaran yang diterapkan harus benar-benar merupakan metode/pendekatan yang tepat untuk pengajaran/pembelajaran. Pada kasus ini dapat dilihat korelasi antara keempat tahapan dalam pengembangan teknologi sistem kontrol dengan keempat fase dalam siklus pembelajaran eksperiensial sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 3^[3].



Gambar 3 Pemetaan kompetensi teknik sistem kontrol dalam pembelajaran eksperiensial.

Bagaimana model pembelajaran eksperiensial dapat mencapai kompetensi mata kuliah di bidang sistem kontrol secara singkat dideskripsikan pada Tabel 2^[11].

Tabel 2 Pencapaian Kompetensi Sistem Kontrol melalui Pembelajaran Eksperiensial

Kompetensi	Fase Pembelajaran	Cara	Indikator	Modus
Identifikasi kebutuhan	Pengamatan reflektif	<i>by thinking</i>	Connotation	Perkuliahan, tutorial, tugas, ujian, praktikum
Analisa dan desain	Konseptualisasi abstrak	<i>by knowing about</i>	Comprehension	Perkuliahan, tutorial, tugas, ujian, praktikum
Implementasi	Eksperimentasi aktif	<i>by using</i>	Denotation	Praktikum, eksperimentasi virtual
Realisasi/instalasi	Pengalaman kongkret	<i>by direct experience</i>	Apprehension	Kerja praktek, magang, proyek akhir, penelitian dengan dosen, dll.

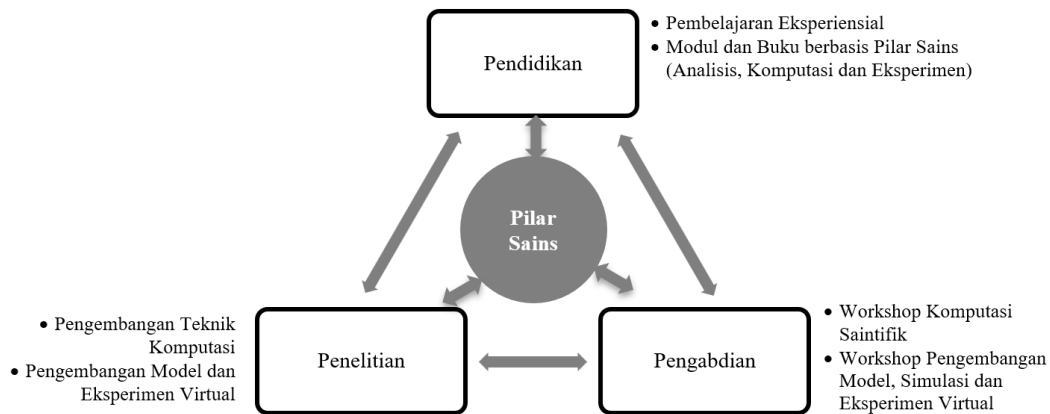
Dari sini dapat dipahami bahwa virtualisasi eksperimen akan melengkapi kebutuhan melakukan eksperimentasi aktif dalam siklus pembelajaran eksperiensial, tidak hanya di bidang keilmuan sistem kontrol, namun berlaku juga pada bidang keilmuan yang lain.

3 | METODE KEGIATAN

Untuk keberhasilan pelaksanaan program pengabdian kepada masyarakat ini, strateginya meliputi pembentukan lingkaran pengaruh kegiatan tridharma dalam lingkup transformasi digital, secara khusus terkait komputasi dan eksperimen virtual, kemudian merencanakan kegiatan tridharma mengarah ke penguatan pilar sains, dan merencanakan keberlanjutannya.

3.1 | Strategi

Pada program pengabdian ini, ketiga pilar sains disusun sebagai penggerak lingkaran pengaruh kegiatan pengabdian, penelitian dan pendidikan di laboratorium Sistem dan Sibernetika agar saling menguatkan, sebagaimana diilustrasikan pada Gambar 4.



Gambar 4 Penguatan pilar sains untuk mendukung kegiatan tridharma Laboratorium Sistem dan Sibernetika.

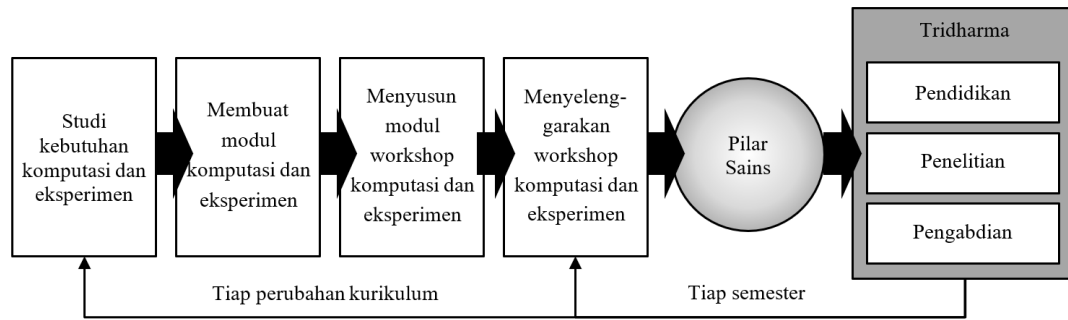
Pada bidang pendidikan, virtualisasi eksperimen dilakukan untuk mendukung pembelajaran eksperiensial mata kuliah, sedangkan komputasi dirancang sebagai bagian dari modul dan buku kuliah untuk menunjukkan dan mempelajari bagaimana teknik-teknik analisis dapat digantikan melalui komputasi menggunakan program komputer. Pada bidang penelitian, laboratorium Sistem dan Sibernetika mengembangkan teknik-teknik komputasi yang baru serta mengembangkan model dan eksperimen virtual. Kemudian, pada bidang pengabdian, Laboratorium Sistem dan Sibernetika menyelenggarakan *workshop* komputasi serta *workshop* pengembangan simulasi dan eksperimen virtual untuk mendukung kegiatan pendidikan dan penelitian. Selanjutnya, kegiatan tridharma ini kembali dikelola untuk penguatan pilar sains, demikian keduanya saling menguatkan.

3.2 | Rencana Kegiatan

Sebagai wujud dari strategi tersebut di atas, rencana kegiatan pengabdian kepada masyarakat ini diletakkan secara utuh ke dalam kegiatan tridharma agar dapat saling menguatkan secara terpadu. Dimulai dengan studi kebutuhan komputasi dan eksperimen dalam pembelajaran mata kuliah, kemudian dibuat modul komputasi dan eksperimen yang menjadi prioritas, terutama kebutuhan praktikum saat pandemi. Modul komputasi dan eksperimen ini melengkapi modul *workshop* yang disiapkan untuk *hands-on experiment* saat *workshop*. Selanjutnya, *workshop* diselenggarakan untuk menyebarluaskan kemampuan mengembangkan komputasi dan eksperimen sebagai bentuk penguatan pilar sains. Kedua pilar sains, komputasi dan eksperimen, dikelola untuk mendukung berbagai kegiatan tridharma, pendidikan, penelitian dan pengabdian. Seluruh kegiatan ini dikelola secara utuh sebagaimana disajikan pada Gambar 5. Sedangkan rincian kegiatan masing-masing tridharma diberikan pada Tabel 3. Ketiga kegiatan tridharma tersebut bersinergi dalam upaya menguatkan pilar sains, selanjutnya pilar sains ini kembali mendukung atau menguatkan ketiga kegiatan tridharma, pendidikan, penelitian dan pengabdian.

3.3 | Rencana Keberlanjutan Program

Kegiatan pengabdian di Laboratorium Sistem dan Sibernetika selalu diletakkan sebagai bagian tidak terpisahkan dari kegiatan tridharma agar saling menguatkan^[12]. Demikian pula, kegiatan *workshop* pengembangan modul virtual menggunakan Simulink 3D Matlab ini juga tidak terpisahkan dengan kegiatan pendidikan dan penelitian. Dalam menjaga keberlanjutan kegiatan ini, Laboratorium Sistem dan Sibernetika menetapkan misi untuk menguatkan pilar sains untuk mendukung seluruh kegiatan tridharma lab. Pada Gambar 6 diperlihatkan rangkaian kegiatan tridharma Laboratorium Sistem dan Sibernetika dalam konteks penguatan pilar sains sejak tahun 2020 sampai dengan tahun 2025.



Gambar 5 Rencana Kegiatan Pengabdian dan Keberlanjutannya.

Tabel 3 Rencana Kegiatan dalam Kerangka Tridharma Perguruan Tinggi

No	Tridharma	Kegiatan untuk Penguatan Pilar Sains
1	Pengabdian	- Menyelenggarakan <i>workshop</i> komputasi saintifik untuk mendukung perkuliahan di teknik elektro. - Menyelenggarakan <i>workshop</i> pengembangan model, simulasi dan eksperimen virtual
2	Pendidikan	- Menerapkan modul eksperimen virtual untuk mendukung pembelajaran eksperiensial. - Menyusun buku berbasis komputasi yang menunjukkan dan mempelajari bagaimana teknik analisis yang dibahas dan dipelajari dapat dilakukan melalui komputasi menggunakan program komputer
3	Penelitian	- Mengembangkan teknik komputasi baru untuk menerapkan/menggantikan teknik-teknik analisis matematis menggunakan program komputer. - Mengembangkan model, simulasi, dan eksperimen virtual

2020	2021	2022	2023	2024	2025
- Workshop pengembangan modul eksperimen virtual menggunakan Simulink 3D Matlab - Workshop Komputasi dengan Matlab	- Menyusun buku "Praktikum di Rumah Saja" - Menyusun buku "Virtualisasi Eksperimen dengan Simulink 3D" - Workshop Komputasi dengan Matlab - Menerapkan pembelajaran eksperiensial	- Workshop pengembangan modul ajar kurikulum merdeka - Pengembangan modul eksperimen virtual sistem otonom - Workshop Komputasi dengan Matlab - Menerapkan pembelajaran eksperiensial	- Menyusun buku berbasis Komputasi "Sinyal dan Sistem" - Menyusun buku Keandalan Sistem dengan pendekatan Algoritma - Penelitian teknik komputasi keandalan - Workshop Komputasi dengan Matlab - Menerapkan pembelajaran eksperiensial	- Memublikasikan paper "Komputasi Keandalan" - Sertifikasi modul eksperimen virtual - Sertifikasi modul presentasi - Sertifikasi program komputer - Workshop Komputasi dengan Matlab - Menerapkan pembelajaran eksperiensial	- Menyusun modul workshop "Komputasi Saintifik" - Menyelenggarakan workshop "Komputasi Saintifik dengan Matlab" - Menerapkan pembelajaran eksperiensial

Gambar 6 Keberlanjutan kegiatan tridharma untuk penguatan pilar sains di Laboratorium Sistem dan Sibernetika.

4 | HASIL DAN DISKUSI

Melalui kegiatan utama pengabdian, Laboratorium Sistem dan Sibernetika telah menginisiasi praktikum di rumah dengan sistem pengaturan digital berbasis *plant* virtual^[9]. Proses virtualisasi dilakukan menggunakan *Simulink 3D Animation* pada Matlab. Proses ini tidak sekedar membuat sistem virtual namun dilakukan secara utuh berorientasi pada pembelajaran eksperiensial. Panduan untuk proses virtualisasi berorientasi pembelajaran eksperiensial telah didokumentasikan dalam bentuk buku yang dapat diperoleh oleh semua kalangan^[11]. Praktikum ini terdiri atas modul simulasi dan eksperimen virtual pengaturan *Rolling Mill*, *Inverted Pendulum*, *Continuous Casting*, *Ball and Beam*, *pH Control*, *Shape Control*, *Tank Level*, dan *Distillation Column*^[2]. Enam dari delapan modul tersebut adalah *plant* di industri, pada situasi normal pun tidak dapat diakses untuk praktikum di laboratorium. Namun pada saat pandemi justru dapat diakses untuk praktikum di rumah saja. Oleh karena itu, modul tersebut masih sangat penting dan sangat bermanfaat pasca pandemi.

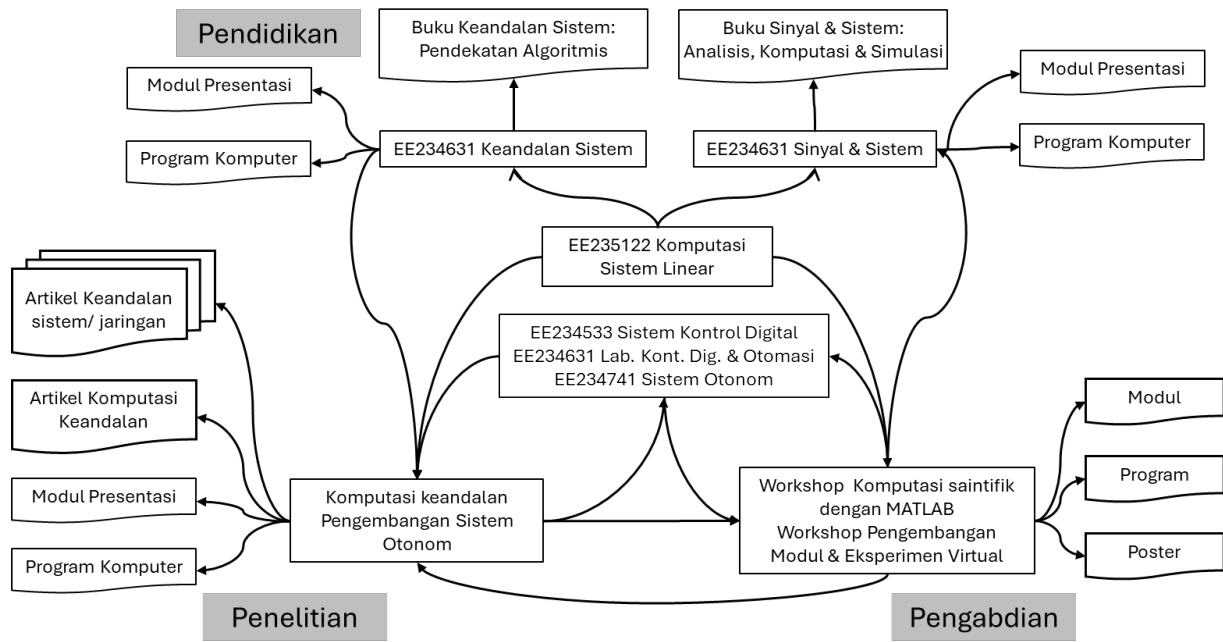
Pada bagian berikut dibahas hasil kegiatan pengabdian dalam upaya penguatan pilar sains berupa komputasi dan eksperimen virtual serta bagaimana pemanfaatannya untuk mendukung kegiatan tridharma. Jadi, melalui strategi yang diterapkan pada kegiatan pengabdian ini, hasil yang diperoleh tidak hanya dalam ranah pengabdian, namun juga berdampak memberikan hasil pada ranah pendidikan dan penelitian. Selanjutnya akan dibahas bagaimana lingkaran pengaruh kegiatan tridharma terbentuk dan saling mempengaruhi serta saling menguatkan. Pada Gambar 7 ditampilkan dokumentasi kegiatan yang dimulai saat pandemi dan berlanjut menjadi agenda rutin lab.



Gambar 7 Dokumentasi Kegiatan Pengabdian: (A) Penyampaian Materi Simulink 3D oleh Narasumber, (B) Peserta *workshop* Simulink 3D, (C) Pengantar *workshop* oleh Koordinator Praktikum, (D) Wawasan Ilmiah oleh Dr. Moch. Sahal, S.T., M.Sc., (E) Penyampaian Materi Matlab App oleh Narasumber, (F) Peserta *Workshop* Matlab App di Ruang AJ-201 DTE.

4.1 | Lingkaran Pengaruh Tridharma

Di samping pandemi sebagai fungsi pemaksa untuk melaksanakan transformasi digital, program Pendidikan di lab juga sangat mendukung untuk melaksanakan transformasi digital (komputasi dan eksperimen virtual) dalam wujud mata kuliah komputasi dan mata kuliah yang berisi pemodelan dan simulasi. Hal ini menjadi penentu terbentuk dan berputarnya lingkaran pengaruh tridharma sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8 Lingkaran pengaruh tridharma untuk penguatan pilar sains di Laboratorium Sistem dan Sibernetika.

Berbekal keahlian yang dikuasai pada mata kuliah EE235122 Komputasi Sistem Linear, teknik-teknik komputasi dikenalkan dan diterapkan pada mata kuliah EE234631 Sinyal & Sistem dan EE234631 Keandalan Sistem sehingga menghasilkan luaran buku diterbitkan, modul presentasi serta program komputer. Keahlian dan keterampilan yang diperoleh dari mata kuliah EE234631 Keandalan Sistem membekali dan mendorong penelitian lebih lanjut di bidang Keandalan Sistem sehingga menghasilkan publikasi ilmiah, modul presentasi, dan teknik komputasi baru yang telah diimplementasikan dalam bentuk program komputer. Demikian pula, pada bagian yang lain, mata kuliah EE234741 Sistem Otonom menghasilkan lulusan yang tertarik penelitian pengembangan sistem otonom. Berbekal capaian kuliah dan penelitian yang telah dan sedang dilaksanakan, menimbulkan inisiatif untuk menyelenggarakan kegiatan pengabdian berupa *workshop* komputasi saintifik dan *workshop* pengembangan model dan eksperimen virtual. Kegiatan pengabdian ini menghasilkan luaran berupa poster kegiatan, modul serta program komputer untuk simulasi dan *hands-on experiment*, serta capaian pembelajaran/pelatihan diinternalisasi sehingga mendukung kegiatan pendidikan dan penelitian lebih lanjut. Demikian, lingkaran pengaruh ini berjalan, saling mempengaruhi untuk saling menguatkan apabila dikelola dengan baik.

4.2 | Hasil Kegiatan Tridharma untuk Penguatan Pilar Sains

Penerapan strategi kegiatan pengabdian ini telah membentuk dan menggerakkan lingkaran pengaruh kegiatan tridharma yang diperlihatkan pada Gambar 8. Kondisi ini artinya telah terbentuk sinergi antara ketiga kegiatan dalam lingkup transformasi digital, khususnya berkenaan komputasi dan eksperimen virtual. Kegiatan tridharma beserta hasil atau luaran yang disajikan pada Gambar 8, disajikan lebih rinci beserta pemanfaatannya lebih lanjut pada Tabel 4.

Kegiatan pendidikan, penelitian dan pengabdian tersebut mulanya untuk keperluan dan diambil manfaatnya secara internal di Laboratorium Sistem dan Sibernetika. Melalui kegiatan pengabdian yang dipublikasikan ini, pemanfaatannya dapat lebih luas

untuk lab lain, program studi lain bahkan institusi atau perguruan tinggi lain, dikarenakan bentuk kegiatan pengabdian berupa *workshop* yang dapat diikuti oleh siapa saja dan berkelanjutan.

Tabel 4 Hasil Kegiatan Tridharma untuk Penguatan Pilar Sains

No	Tridharma	Hasil Kegiatan Penguatan Pilar Sains	Kegunaan/ Pemanfaatan
1	Pendidikan	Modul eksperimen virtual Sistem Pengaturan Digital	• Praktikum EE234631 Lab Kontrol Digital dan Otomasi • Pembelajaran mata kuliah Sistem Kontrol Digital
		Modul eksperimen virtual Sistem Otonom	• Praktikum EE234631 Lab Kontrol Digital dan Otomasi • Pembelajaran mata kuliah EE234741 Sistem Otonom
		Program komputer Komputasi Sainifik	• Pembelajaran mata kuliah EE234631 Sinyal dan Sistem • Pembelajaran mata kuliah EE234741 Probabilitas dan Statistik • Pembelajaran mata kuliah EE234741 Proses Stokastik
2	Penelitian	Teknik komputasi fungsi keandalan sistem dengan komponen <i>multistate</i>	• Pembelajaran mata kuliah EE234631 Keadalan Sistem
		Simulasi dan eksperimen sistem pemanduan dengan algoritma <i>proportional line of sight (pLOS)</i>	• Praktikum EE234631 Lab Kontrol Digital dan Otomasi • Pembelajaran mata kuliah EE234741 Sistem Otonom
		Simulasi dan eksperimen sistem pemanduan dengan algoritma integral line of sight (<i>iLOS</i>)	
		Simulasi dan eksperimen sistem autopilot dengan kontroler Fuzzy-PID	
3	Pengabdian	Modul <i>workshop</i> komputasi saintifik.	• Pembelajaran mata kuliah berbasis komputasi: – Sinyal dan Sistem – Probabilitas dan Statistik – Proses Stokastik
		Modul <i>workshop</i> pengembangan model, simulasi dan eksperimen virtual	• Pengembangan Praktikum secara umum • Pengembangan Pembelajaran mata kuliah

5 | KESIMPULAN DAN SARAN

Pada masa pandemi Covid-19, Laboratorium Sistem dan Sibernetika berhasil mengatasi tantangan penyelenggaraan praktikum dengan menerapkan virtualisasi eksperimen sistem kontrol, memungkinkan mahasiswa mengikuti praktikum dari rumah. Inovasi ini diwujudkan melalui kegiatan pengabdian berupa *workshop* pengembangan komputasi menggunakan MATLAB serta

workshop eksperimen virtual dengan Simulink 3D. Awalnya ditujukan bagi civitas akademika internal ITS, khususnya mahasiswa dan dosen Teknik Elektro, kegiatan ini berkembang menjadi agenda rutin yang berkelanjutan dengan peserta dari berbagai institusi, baik dari dalam maupun luar ITS. Kegiatan pengabdian ini telah menghasilkan luaran berupa modul komputasi dan modul eksperimen yang dimanfaatkan dalam ranah tridharma, yakni praktikum, perkuliahan, penelitian, serta kegiatan pengabdian lanjutan. Pilar sains komputasi telah diintegrasikan dalam pembelajaran untuk mendukung kemampuan analitis mahasiswa, yang turut melahirkan luaran lain seperti modul penugasan komputasi, buku ajar berbasis komputasi, dan teknik komputasi baru yang telah dipublikasikan di jurnal internasional. Virtualisasi eksperimen sistem kontrol juga diterapkan secara luas dalam ranah tridharma yang meliputi praktikum, pembelajaran mata kuliah, serta penelitian dan pengabdian. Awalnya didorong oleh keterbatasan selama pandemi, pendekatan ini kini disadari memiliki nilai strategis untuk mempelajari sistem atau *plant* yang terbatas, mahal, atau memiliki risiko keselamatan tinggi. Berbagai *plant* industri yang sebelumnya tidak dapat dihadirkan di laboratorium, kini dapat dipelajari dan dikembangkan dalam bentuk virtual. Dengan demikian, penguatan pilar sains komputasi dan eksperimen virtual memiliki prospek yang sangat menjanjikan dalam peningkatan mutu pembelajaran, terlebih pembelajaran sains fundamental. Fenomena-fenomena ilmiah yang selama ini hanya disampaikan secara teoritis dan cenderung abstrak, kini dapat direpresentasikan secara nyata dan diuji melalui pendekatan komputasional, sehingga memperkaya proses pembelajaran dan pemahaman konseptual mahasiswa secara lebih mendalam dan aplikatif.

6 | UCAPAN TERIMA KASIH

Pengabdian kepada masyarakat ini dimulai dengan pendanaan melalui skema Dana Departemen Teknik Elektro, Direktorat Riset dan Pengabdian Kepada Masyarakat ITS, sesuai perjanjian Nomor: 1781/PKS/ITS/2020. Kegiatan pengabdian berlanjut dengan dukungan penuh dan partisipasi asisten dan dosen Laboratorium Sistem dan Sibernetika pada tahun-tahun berikutnya sampai naskah ini ditulis.

Referensi

1. Weinzierl T. Principles of Parallel Scientific Computing. Springer; 2021.
2. Bilfaqih Y. Praktikum di Rumah Saja: Sistem Pengaturan Digital Berbasis Plant Virtual. Al-Maidah Press; 2021.
3. Bilfaqih Y, Sahal M, Hidayat Z, Gamayanti N, Alkaff A, Mileanasari F. Pengabdian Kepada Masyarakat: Workshop Virtual Pengembangan Modul Percobaan Virtual Berbasis Simulink 3D Matlab Untuk Mendukung 'Praktikum Di Rumah Saja'. Surabaya: Departemen, Surabaya; 2020.
4. Bilfaqih Y, Aisyah AS. Model Pembelajaran Laboratory based Education. ITS Press; 2016.
5. Anderson I, The Impact of Technology on Scientific Research Methods; 2024. Diakses: 2025-06-15. <https://www.sciencecentre.com.au/the-impact-of-technology-on-scientific-research-methods>.
6. Kolb AY, Kolb DA. Learning styles and learning spaces: Enhancing experiential learning in higher education. Academy of management learning & education 2005;4(2):193–212.
7. Atherton J, Learning and Teaching; Experiential Learning; 2013. [Diakses: 04-06-2025]. <https://www.doceo.co.uk/l&t/learning/experience.htm>.
8. Jenkins C, Virtual Labs: Conducting Safe and Cost-Effective Science Experiments; 2025. Diakses: 2025-06-15. <https://virtual-reality.school/virtual-labs-conducting-safe-and-cost-effective-science-experiments/>.
9. Rajan MH, Herbert C, Polly P. A Synthetic Review of Learning Theories, Elements and Virtual Environment Simulation Types to Improve Learning within Higher Education. Thinking Skills and Creativity 2024;p. 101732.
10. Nise NS. Control systems engineering. John Wiley & Sons; 2020.
11. Bilfaqih Y, Pratama FI, Prabowo DA, Said ZA. Praktikum Di Rumah Saja Virtualisasi Sistem Real Menggunakan Simulink 3d Matlab Untuk Praktikum Berbasis Pembelajaran Eksperiensial. Deepublish; 2021.

12. Bilfaqih Y, Sahal M, Hidayat Z, Gamayanti N, Mileanasari F. Upaya Mendukung Kegiatan Tridharma Perguruan Tinggi melalui Penyelenggaraan Seri Workshop Bidang Sistem Otonom. *Sewagati* 2024;8(6):2297–2310.

Cara mengutip artikel ini: Bilfaqih, Y., Sahal, M., Hidayat, Z., Gamayanti, N., Alkaff, A., Mileanasari, F., Said, Z. A., (2025), Penguatan Pilar Sains Melalui Komputasi dan Virtualisasi Eksperimen Sistem Kontrol untuk Pembelajaran Eksperiensial, *Sewagati*, 9(3):815–827, <https://doi.org/10.12962/j26139960.v9i3.2672>.