

Penciptaan Nilai Bersama Melalui Manajemen Pengetahuan Kolaboratif dalam Edukasi Rekayasa Cerdas: Sebuah Validasi Empiris Kerangka TISE-Valorize

Meliana Christianti Johan

Armein Z. R. Langi

I Gusti Bagus Baskara Nugraha

Radiant Victor Imbar

Parlindungan Sinaga

2025-01-01

Abstract

Profesi rekayasa menghadapi krisis eksistensial karena Kecerdasan Buatan (AI) mengotomatisasi keterampilan teknis rutin, mengekspos kesenjangan pedagogis inti: kegagalan dalam menumbuhkan kompetensi unik manusia seperti penalaran etis, pemecahan masalah kompleks, dan identitas profesional. Paper ini menyajikan CKMS-SE, kerangka *Collaborative Knowledge Management System-Smart Engineering* berbasis teori, divalidasi sebagai cetak biru operasional untuk filosofi *Triune-Intelligence Smart Engineering* (TISE) dan *Valorize*.[1, 1] Desain sistem ini menggunakan arsitektur dwi-mesin (PUDAL untuk Pembelajaran Terpersonalisasi dan PSKVE untuk Penciptaan Nilai Bersama) [1] yang didasarkan pada prinsip TISE yang mensinergikan kecerdasan manusia, buatan, dan alami.[1] Kerangka kerja yang diperkaya ini memformalkan pemikiran ahli menggunakan **Taksonomi Multi-Graf** yang ketat (DAGs, *Weighted Graphs*) [1], merekayasa ulang insentif melalui **Portofolio Nilai PSKVE** (KC, PU, SV, ES, SB) [1], dan menyematkan alur kerja standar industri **Agile/Scrum**.[1] Sebuah studi kuasi-eksperimental dengan 142 mahasiswa sarjana rekayasa (N=143) dalam analisis kinerja [1] mengikuti Metodologi Riset Ilmu Desain (DSRM) [1] menunjukkan efek yang substansial di seluruh domain psikologis utama: motivasi intrinsik ($Cohen's d = 0.97, p < .001$), identitas profesional ($d = 0.84$), dan transfer pembelajaran ($d = 0.95$).[1] Temuan awal dari tiga kelas terpisah juga mengkonfirmasi adanya peningkatan kinerja kognitif yang terukur sesuai dengan paparan CKMS-SE (ANOVA $F = 13.34, p < 0.001$).[1] Analitik platform mendokumentasikan penciptaan 427 artefak dengan penggunaan kembali sebesar 16% oleh *cohort* berikutnya, memberikan bukti terukur dari penciptaan nilai holistik (Produktivitas, Keandalan, Dampak Sosial).[1] Temuan ini mengkonfirmasi bahwa kerangka TISE-Valorize berhasil menggeser tujuan pendidikan dari *mengetahui* (penguasaan konten) menjadi *menjadi sosok* (pembentukan profesional), menumbuhkan kapabilitas humanistik (*Homocordium*) yang esensial untuk Era AI.[1]

1. Pendahuluan

Krisis Nilai dan Kebutuhan akan Kerangka Pedagogis Baru

Profesi rekayasa menghadapi transformasi yang belum pernah terjadi sebelumnya. Meskipun mahasiswa berhasil menguasai konten teknis—algoritma, perhitungan, desain perangkat lunak—mereka lulus sebagian besar tidak siap untuk tantangan rekayasa

otentik: merancang solusi di tengah konteks sosial yang kompleks, membuat keputusan etis dalam ketidakpastian, dan berkolaborasi secara efektif lintas batas disiplin.[1] Pada saat yang sama, Kecerdasan Buatan (AI) mengancam untuk mengotomatisasi kompetensi teknis yang ditekankan dalam pendidikan rekayasa. Sebuah laporan *World Economic Forum* tahun 2023 memperkirakan bahwa 47% tugas rekayasa saat ini menghadapi otomatisasi dalam waktu lima tahun.[1]

Konvergensi ini mengungkapkan kesenjangan pedagogis mendasar: pembelajaran tradisional berfokus pada pencapaian kompetensi dalam batas materi, sumber daya, dan durasi waktu yang terbatas, tanpa merumuskan dampak yang diharapkan dari kompetensi tersebut.[1] Munculnya AI dan akses pengetahuan yang murah dan merata secara fundamental telah menggeser kebutuhan pendidikan dari sekadar replikasi pengetahuan menjadi **pengelolaan pengetahuan (KM)**, berfokus pada pemecahan masalah kompleks yang memiliki nilai organisasi atau sosial yang signifikan.[1] Jika akuisisi dan reproduksi informasi—mata uang tradisional kesuksesan akademik—dapat diotomatisasi, proposisi nilai abadi dari gelar sarjana terancam.[1] Krisis ini diatasi dengan mengusulkan platform yang mengintegrasikan **Pembelajaran Kolaboratif (CL)** dan **Pembelajaran Terpersonalisasi (PL)**, disinergikan oleh AI, dalam konsep **Edukasi Berorientasi Nilai (VOE)** untuk mendorong **Penciptaan Nilai Bersama (VCC)** yang sistematis.[1]

Sintesis TISE-Valorize dan Kontribusi Riset

Kerangka Pembelajaran VALORIZE muncul sebagai respons yang kuat, mengusulkan pergeseran radikal dalam tujuan pendidikan dari penguasaan konten menjadi **“pembentukan sosok, karakter, dan pola pikir profesi”** (*menjadi sosok*) [1], yang secara langsung menerapkan prinsip TISE **Homocordium**.[1] *Homocordium* mewakili nilai, etika, kreativitas, dan tujuan manusia.[1] Dengan berfokus pada *menjadi sosok*, kerangka ini menumbuhkan penilaian ahli dan penalaran etis—proses yang secara inheren manusiawi dan tahan terhadap otomatisasi—memberikan proposisi nilai yang tahan lama untuk pendidikan tinggi di Era AI.[1]

Paper ini mengusulkan CKMS-SE, sebuah Artefak Edukasi Cerdas [1], sebagai validasi empiris dari sintesis TISE-Valorize. Pertanyaan riset inti adalah: *Apakah sistem manajemen pengetahuan kolaboratif yang dirancang melalui prinsip TISE-Valorize, yang menggabungkan pemodelan kognitif formal dan alur kerja profesional, meningkatkan pembentukan identitas profesional dan penciptaan nilai yang terukur dalam pendidikan rekayasa?*

Kontribusi utama kami adalah:

1. **Mengoperasionalkan TISE sebagai Filosofi yang Dapat Dieksekusi:** Kami menyajikan CKMS-SE sebagai instansiasi empiris pertama TISE-Valorize, yang secara formal menghubungkan prinsip abstrak **Homocordium** dan **Triune Intelligence** (TI) ke praktik pedagogis yang terukur melalui siklus **PUDAL** (Perceive, Understand, Decision-making, Act, Learning) dan manifold nilai **PSKVE** (Product, Service, Knowledge, Value, Environment) yang komprehensif.[1, 1]

2. **Meningkatkan Fidelitas Kognitif melalui Taksonomi Multi-Graf:** Kami meningkatkan mesin kognitif menggunakan **Taksonomi Multi-Graf** [1], bergerak dari peta pemecahan masalah metaforis ke struktur graf formal yang ketat (misalnya, *Directed Acyclic Graphs, Weighted Graphs*) yang secara eksplisit memodelkan dan menilai proses kognitif multi-tahap dari insinyur ahli (peningkatan Valorize 2.0).[1]
3. **Menyematkan Alur Kerja Profesional dan Nilai Holistik:** Kami merekayasa ulang *Knowledge Marketplace* menjadi **Portofolio Nilai PSKVE Multi-Aset** [1], yang menghargai produktivitas, keandalan, dan dampak sosial, serta mengintegrasikan *simulasi profesi* dengan **alur kerja Agile/Scrum** dan **Git/GitHub** untuk menciptakan catatan praktik profesional kolaboratif yang otentik dan dapat diverifikasi (peningkatan Valorize 2.0).[1]

2. Kerangka Konseptual dan Teoretis

Desain CKMS-SE mensintesis teori-teori pedagogis yang sudah mapan dengan filosofi TISE-Valorize yang komprehensif, menciptakan ekosistem yang koheren.

2.1 Inti Filosofis: Sintesis TISE-Valorize

Inti filosofis dari kerangka TISE-Valorize adalah pergeseran yang disengaja dari *mengetahui* (penguasaan konten) menjadi **menjadi sosok** (pembentukan karakter, pola pikir, dan penilaian profesional).[1, 1] Reorientasi ini secara strategis merespons AI, menegaskan bahwa nilai seorang insinyur berlabuh pada atribut manusiawi—**Homocordium**—yang mereka wujudkan (etika, kreativitas, empati).[1] Lingkungan pembelajaran TISE-Valorize dirancang sebagai *teater yang indah* untuk belajar bagaimana menjadi seorang insinyur.[1]

2.2 Konsep Pendidikan Fundamental (VOE, VCC, KM, CL, PL)

Platform CKMS-SE didasarkan pada integrasi strategis beberapa konsep kunci untuk mengatasi tuntutan Era AI [1]: * **Edukasi Berorientasi Nilai (VOE):** VOE menekankan bahwa pendidikan harus membentuk karakter dan nilai yang bermanfaat bagi individu dan masyarakat, menekankan pembelajaran berbasis etika, tanggung jawab sosial, dan kontribusi komunitas.[1] * **Penciptaan Nilai Bersama (VCC):** VCC melibatkan interaksi antara mahasiswa, dosen, dan teknologi untuk menciptakan pengalaman belajar yang bermakna, memposisikan mahasiswa sebagai partisipan aktif dalam penciptaan pengetahuan bersama.[1] * **Pengelolaan Pengetahuan (KM):** KM bertujuan untuk mengorganisasi, menyimpan, dan berbagi pengetahuan secara efisien di lingkungan pendidikan. AI menggeser kebutuhan dari replikasi pengetahuan menjadi pengelolaan pengetahuan.[1] * **Pembelajaran Kolaboratif (CL):** CL menekankan pentingnya kerja sama dalam pembelajaran untuk mencapai pemahaman yang lebih dalam dan keterampilan berpikir kritis.[1] * **Pembelajaran Terpersonalisasi (PL):** PL mengadaptasi pembelajaran berdasarkan gaya belajar, tingkat pemahaman, dan preferensi mahasiswa, dengan AI berperan kunci dalam analisis data dan umpan balik *real-time*.[1]

2.3 Pondasi Psikologis dan Kognitif (SDT, CLT, CoP)

CKMS-SE mengintegrasikan kerangka psikologis dan kognitif tradisional [1]: 1. **Self-Determination Theory (SDT)**: Motivasi intrinsik muncul dari kepuasan kebutuhan psikologis: *otonomi, kompetensi, dan keterkaitan (relatedness)*.[1] 2. **Cognitive Load Theory (CLT)**: Pembelajaran dioptimalkan ketika beban kognitif ekstrinsik diminimalkan.[1] 3. **Communities of Practice (CoP)**: Pengetahuan muncul melalui partisipasi dan kontribusi yang bermakna pada repositori bersama.[1]

2.4 Mesin Kognitif: Taksonomi Multi-Graf dan PUDAL

Untuk memodelkan proses kognitif ahli secara ketat, Valorize 2.0 memformalkan *Knowledge Maps* menggunakan **Taksonomi Multi-Graf** [1] yang berfungsi sebagai “**tata bahasa pengetahuan**” untuk pemikiran ahli.[1]

Seluruh proses kognitif distrukturkan oleh siklus iteratif **PUDAL** (*Perceive, Understand, Decision-making & Planning, Act-Response, Learning-evaluating*), yang bertindak sebagai “mesin mikro-evolusioner” untuk penyempurnaan berkelanjutan.[1, 1] Siklus ini dipandu oleh kerangka **Triune Intelligence (TI) TISE** [1]: * **Kecerdasan Manusia (Homocordium)**: Fokus pada dimensi etika, moral, dan sosial.[1] * **Kecerdasan Buatan (Homodeus)**: Fokus pada aspek komputasi, data, dan logika.[1] * **Kecerdasan Alamiah (Natural Intelligence)**: Fokus pada hukum fisik, kendala sumber daya, dan ekologi.[1]

Siklus PUDAL: Analisis Triune Intelligence TISE dan Persyaratan Artefak [1]

Fase PUDAL [1]	Tugas Analisis Homocordium [1]	Tugas Analisis Homodeus [1]	Tugas Analisis Natural Intelligence [1]	Artefak Valorize 2.0 yang Diperlukan [1]
Perceive	Identifikasi pemangku kepentingan utama dan persepsi kualitatif mereka terhadap masalah.	Definisikan sumber data (sensor, pasar) dan strategi pengumpulan.	Identifikasi indikator lingkungan utama dan kendala fisik yang akan diukur.	Peta Asosiasi Faktual
Understand	Petakan nilai pemangku kepentingan, dilema etika, dan konteks budaya.	Analisis data untuk mengidentifikasi pola, korelasi, dan hambatan sistem.	Modelkan hukum fisik dan prinsip ekologis yang mengatur sistem.	Portofolio: DAG, Pohon Dekomposisi, Flowchart
Decision-making &	Definisikan pagar etika	Gunakan algoritma	Evaluasi opsi terhadap batas	Peta Analisis Trade-Off

Fase PUDAL [1]	Tugas Analisis Homocordium [1]	Tugas Analisis Homodeus [1]	Tugas Analisis Natural Intelligence [1]	Artefak Valorize 2.0 yang Diperlukan [1]
Planning	(<i>guardrails</i>) dan kriteria keberhasilan yang berpusat pada manusia.	optimasi atau simulasi untuk mengevaluasi opsi solusi.	sumber daya dan efisiensi termodinamika.	(<i>Weighted Graph</i>)
Act-Response	Rancang antarmuka pengguna dan model pengiriman layanan untuk interaksi manusia.	Kembangkan algoritma kontrol, <i>pipeline</i> pemrosesan data, atau aksi robotik.	Rancang komponen fisik dan mekanisme artefak.	Peta Aplikasi Proses (Flowchart)
Learning-evaluating	Refleksikan dampak solusi terhadap kesejahteraan dan kesetaraan manusia jangka panjang.	Perbarui model secara kuantitatif berdasarkan data hasil dan metrik kinerja.	Nilai dampak akhir solusi yang tidak dapat dinegosiasikan terhadap lingkungan.	Peta Desain Tersintesis (<i>Network Graph</i>)

2.5 Mesin Ekonomi: Portofolio Nilai PSKVE

Knowledge Marketplace direkayasa ulang menjadi **Portofolio Nilai PSKVE** multi-aset [1], yang secara langsung mensimulasikan tiga pilar nilai rekayasa modern: Ekonomi, Protektif, dan Sosial.[1, 1]

Dimensi PSKVE [1]	Aset TISE-Valorize [1]	Dimensi Nilai yang Dihargai [1]	Contoh Penciptaan Nilai Artefak [1]
Knowledge (K)	Knowledge Credits (KC)	Kedalaman Kognitif (Kapabilitas Intelektual)	Menghasilkan <i>Directed Acyclic Graph</i> (DAG) formal yang memetakan hubungan konseptual kompleks.
Product (P)	Productivity Units (PU)	Nilai Ekonomi (Produktivitas & Efisiensi)	Menulis <i>script Python</i> untuk mengotomatisasi perhitungan atau

Dimensi PSKVE [1]	Aset TISE-Valorize [1]	Dimensi Nilai yang Dihargai [1]	Contoh Penciptaan Nilai Artefak [1]
Service (S)	Service Vouchers (SV)	Desain Berpusat pada Manusia (Kesejahteraan & Empati)	mengoptimalkan desain. Membuat analisis pemangku kepentingan atau peta perjalanan pengguna yang detail.
Value (V)	Economic Shares (ES)	Pertukaran Berkelaanjutan (Viabilitas Finansial/Sosial)	Mengusulkan model bisnis yang layak atau analisis biaya-manfaat untuk distribusi nilai yang adil.
Environment (E)	Sustainability Bonds (SB)	Nilai Protektif/Etika (Risiko & Keberlanjutan)	Melakukan <i>Lifecycle Assessment</i> (LCA) atau merancang sistem yang secara ketat memitigasi dampak lingkungan.

3. Metodologi Penelitian

3.1 Desain Studi dan Metodologi

Pengembangan dan evaluasi CKMS-SE mengikuti **Metodologi Riset Ilmu Desain (DSRM)** yang diartikulasikan oleh Peffers et al. [1] DSRM dipilih karena hasil riset adalah artefak berbasis solusi—sistem CKMS-SE.[1]

Studi empiris mengadopsi desain kuasi-eksperimental dengan kelompok kontrol ($n = 71$) dan kelompok intervensi ($n = 71$), dilakukan selama semester 12 minggu.[1] Populasi terdiri dari 142 mahasiswa sarjana rekayasa tahun ketiga yang terdaftar dalam dua mata kuliah inti paralel di Institut Teknologi Bandung: Probabilitas & Statistik dan Sistem Teknik.[1] Mata kuliah **Probabilitas dan Statistik** secara strategis dipilih sebagai *testbed* untuk mengevaluasi efektivitas integrasi CL/PL/VCC.[1]

3.2 Komponen Intervensi dan Pemetaan ASTF

Kelompok intervensi mengakses CKMS-SE, yang distrukturkan sebagai *Simulasi Profesi* berbasis prinsip TISE-Valorize 2.0.[1] Intervensi terdiri dari tiga sistem terintegrasi [1]:

1. **Knowledge Marketplace**: Dosen memposting “kebutuhan belajar” mingguan (*Sprint Goals*).[1] Mahasiswa secara sukarela menciptakan artefak sebagai respons, dihargai dengan **Portofolio Nilai PSKVE** multi-aset.[1]
2. **Knowledge Maps**: Alat visualisasi berbantuan AI memandu mahasiswa dalam membuat artefak sesuai **Taksonomi Multi-Graf** formal (misalnya, DAGs, *Weighted Graphs*).[1]
3. **Socratic AI Coaching**: Integrasi API memberikan *scaffolding real-time* dengan mengajukan pertanyaan klarifikasi tanpa memberikan jawaban langsung, mendukung otonomi mahasiswa (*Homodeus* melayani *Homocordium*).[1]

Proses pembelajaran diatur oleh metodologi Agile, di mana *peer review* berfungsi sebagai *Sprint Reviews* (rata-rata 9.2 ulasan per artefak) dan semua artefak utama dikelola menggunakan Git/GitHub.[1]

3.3 Instrumen Pengukuran

Metrik dikalibrasi untuk secara eksplisit mengukur keberhasilan pergeseran filosofis dari *mengetahui ke menjadi sosok* [1]: 1. **Homocordium (Afektif/Identitas)**: Diukur menggunakan *Intrinsic Motivation Inventory* ($\alpha = 0.89$) dan *Learning & Professional Identity in Practice Scale* (LPIPS, $\alpha = 0.84$).[1] 2. **Homodeus (Kognitif/Transfer)**: Diukur melalui penilaian *Transfer Learning* dengan kesepakatan penilai independen yang kuat ($\kappa = 0.84$).[1] 3. **Penciptaan Nilai Holistik (PSKVE)**: Dinilai melalui metrik platform, termasuk tingkat kreasi artefak, frekuensi *peer review*, dan, yang terpenting, **penggunaan kembali artefak oleh cohort berikutnya**.[1]

4. Arsitektur Sistem CKMS-SE

Arsitektur ini mengimplementasikan siklus kognitif berkelanjutan melalui dua mesin khusus yang terintegrasi dalam paradigma rekayasa cerdas.[1, 1]

Mesin PUDAL (*Perceive-Understand-Decision-Act-Learning-Evaluate*)

Mesin ini mengimplementasikan siklus perbaikan kognitif berkelanjutan yang dijelaskan di Bagian 2.4.[1] Mesin ini bertindak sebagai “**mesin mikro-evolusioner**” yang memaksa perbaikan dan adaptasi berkelanjutan.[1]

Mesin PSKVE (*Product-Service-Knowledge-Value-Environmental*)

Mesin ini mengelola dan mengoptimalkan **Penciptaan Nilai Bersama (VCC)** [1] dengan memastikan bahwa nilai yang diciptakan melampaui pembelajaran individu ke pembangunan aset komunitas yang dapat diverifikasi.[1, 1]

Sistem ini terdiri dari tiga elemen utama yang saling terhubung: *Core Engine* sebagai mekanisme sentral, *AI-based PUDAL Engine* untuk Pembelajaran Terpersonalisasi (PL), dan *PSKVE Engine* untuk manajemen Penciptaan Nilai Bersama (VCC).[1]

Figure 1. Arsitektur Sistem CKMS-SE, menunjukkan pondasi filosofis TISE-Valorize, mesin operasional PUDAL dan PSKVE, dan hasil terukur yang dihasilkan.[1, 1]

5. Hasil Penelitian

5.1 Hasil Kuantitatif (Afektif, Identitas, dan Kinerja Kognitif)

Analisis secara konsisten menunjukkan efek ukuran yang substansial ($d > 0.84$) pada domain *Homocordium* (Motivasi dan Identitas) dan *Homodeus* (*Transfer Learning*).[1]

Measure [1]	Control <i>M(SD)</i>	Intervention <i>M(SD)</i>	Cohen's d	95% CI	<i>p</i> -value
Intrinsic Motivation	3.2 (0.8)	4.1 (0.6)	0.97	[0.74, 1.20]	<.001
Professional Identity	3.4 (0.7)	4.2 (0.7)	0.84	[0.62, 1.06]	<.001
Transfer Learning	2.9 (0.9)	4.1 (0.8)	0.95	[0.72, 1.18]	<.001

Efek ukuran yang besar untuk **Identitas Profesional** ($d = 0.84$) secara empiris mendukung pergeseran filosofis dari konsumen pasif (*mengetahui*) menjadi pencipta pengetahuan dan kontributor komunitas (*menjadi sosok*).[1]

Peningkatan Kinerja

Analisis terpisah dari skor ujian tengah semester ($N = 143$) dari tiga kelas Probabilitas dan Statistik menunjukkan perbedaan kinerja yang signifikan sesuai dengan intensitas paparan CKMS-SE (ANOVA $F = 13.34, p < 0.001$).[1]

5.2 Metrik Penciptaan Nilai Holistik (Portofolio PSKVE)

Metrik platform mengkuantifikasi penciptaan nilai holistik, sejalan dengan manifold PSKVE.[1, 1]

Metrik [1]	Kuantitas	Implikasi untuk Penciptaan Nilai PSKVE [1]
Artefak Tercipta (12 minggu)	427	Manifestasi Knowledge Credits (KC) dan Productivity Units (PU) .
Peer Review per Artefak	9.2 Rata-rata	Bukti robust Service Vouchers (SV) (Dukungan Komunitas/Kolaborasi).
Penggunaan Kembali oleh Cohort Berikutnya	16% (n=68)	Bukti langsung Economic Shares (ES) jangka panjang

Metrik [1]	Kuantitas	Implikasi untuk Penciptaan Nilai PSKVE [1]
		(Aset komunitas yang persisten, dan dapat digunakan).

Tingkat penggunaan kembali artefak sebesar 16% oleh *cohort* berikutnya membuktikan konversi pekerjaan akademik menjadi aset komunitas yang persisten dan dapat diverifikasi, yang mendapatkan **Economic Shares**.[1]

6. Diskusi

Efek ukuran yang signifikan ($d > 0.84$) mengkonfirmasi bahwa kerangka TISE-Valorize, yang dioperasionalkan melalui CKMS-SE, menghasilkan dampak pedagogis yang mendalam.[1, 1]

6.1 Mekanisme Transformasi (Homocordium dan Homodeus)

Keberhasilan dikaitkan dengan tiga mekanisme sinergis:

1. **Pemodelan Kognisi Ahli (Taksonomi Multi-Graf):** Peningkatan signifikan dalam *Transfer Learning* ($d = 0.95$) adalah hasil langsung dari alur kerja kognitif formal. Mewajibkan mahasiswa menggunakan **Taksonomi Multi-Graf** (misalnya, *Weighted Graph* untuk membenarkan keputusan *trade-off*) membuat proses *penilaian ahli* yang biasanya implisit menjadi eksplisit dan dapat dipelajari.[1, 1]
2. **Nilai dan Alur Kerja Otentik (PSKVE dan Agile/Git):** Insentif direkayasa ulang. Dengan menghargai artefak di seluruh lima dimensi **Portofolio Nilai PSKVE** (misalnya, *Reliability Bonds, Impact Futures*), pasar mensimulasikan pendorong nilai otentik rekayasa (Nilai Ekonomi, Protektif, Sosial).[1, 1] Integrasi **sprint Agile/Scrum** dan penggunaan wajib **Git/GitHub** untuk “dokumen hidup” mengoperasionalkan *simulasi profesi*, menanamkan norma profesional kolaboratif dan akuntabel.[1]
3. **Menumbuhkan Identitas melalui Peringkat Bangsawan:** Pergeseran menjadi *menjadi sosok* didukung secara psikologis dengan memberikan pengakuan eksplisit terhadap atribut profesional. Filosofi Valorize menggunakan sistem seperti **Peringkat Bangsawan** (misalnya, *Page, Squire, Knight*) untuk secara formal mengakui dan memberi insentif pada pertumbuhan etika, kerja tim, dan tanggung jawab.[1]

6.2 Penyelarasan dengan Kesenjangan Pendidikan Global

Kerangka CKMS-SE secara langsung mengatasi kesenjangan utama dalam riset AI dalam Pendidikan (AIEd) [1]: * **Mengintegrasikan PL, CL, AI, dan VOE:** CKMS-SE menggabungkan Pembelajaran Terpersonalisasi (PL), Pembelajaran Kolaboratif (CL), AI (sebagai pengganda

kekuatan), dan Edukasi Berorientasi Nilai (VOE melalui PSKVE) dalam satu sistem terintegrasi.[1] * **Pengukuran VCC:** Manifold PSKVE menyediakan metode konkret untuk mengukur VCC melampaui hasil individu, menangkap nilai bersama seperti **Economic Shares (ES)** dari penggunaan kembali artefak.[1, 1] * **Mengatasi Kesenjangan Teori-Praktik:** Dengan mewajibkan artefak kognitif formal (Taksonomi Multi-Graf) dan alur kerja profesional (Agile/Git), kerangka ini menjembatani kesenjangan teori-praktik dengan membuat proses pemecahan masalah kompleks menjadi eksplisit dan dapat diverifikasi.[1]

7. Kesimpulan

7.1 Validasi CKMS-SE sebagai Filosofi yang Dapat Dieksekusi

Studi ini secara empiris memvalidasi kerangka CKMS-SE sebagai cetak biru operasional untuk filosofi TISE-Valorize.[1] Temuan ini menegaskan bahwa pergeseran fokus pendidikan rekayasa dari *mengetahui* menjadi **menjadi sosok** melalui simulasi terstruktur sangat efektif dalam menumbuhkan kompetensi unik manusia yang dibutuhkan di Era AI.[1]

Efek besar pada motivasi intrinsik ($d = 0.97$), identitas profesional ($d = 0.84$), dan *transfer learning* ($d = 0.95$), dikombinasikan dengan peningkatan kinerja yang terverifikasi ($F = 13.34$) [1], menunjukkan bahwa kerangka ini berhasil: 1. **Menumbuhkan Homocordium:** Dengan memusatkan insentif di sekitar **Portofolio Nilai PSKVE**.[1] 2. **Memformalkan Pemikiran Ahli:** Melalui siklus iteratif **PUDAL/TI** dan **Taksonomi Multi-Graf** yang ketat.[1] 3. **Menciptakan Nilai yang Dapat Diverifikasi:** Dengan mengimplementasikan alur kerja **Agile/Git** dan mencapai tingkat penggunaan kembali artefak 16%, mengubah tugas yang bersifat sesaat menjadi aset intelektual yang berkontribusi pada komunitas.[1]

7.2 Prospek Strategis dan Peta Jalan Riset

Sintesis TISE-Valorize adalah kerangka kerja yang dapat digeneralisasi untuk paradigma baru dalam pendidikan rekayasa. Pengembangan solusi ini diatur oleh **Peta Jalan Riset** jangka panjang [1] yang terstruktur dalam enam tahap, bergerak dari pengembangan fundamental hingga ekspansi global [1]:

Tahap [1]	Fokus [1]	Tujuan Utama [1]	Target Hasil (SAINS) [1]
1	BASELINE	Standard LMS / Knowledge Learning	<i>Knowledge Learning</i>
2	COLLABORATIVE	Group LMS	<i>Skill Learning</i>
3	PERSONALIZE	Personalized LMS	<i>Attitude Learning</i>
4	VALUE COCREATION	Value Creation LMS	<i>Value Learning</i>

Tahap [1]	Fokus [1]	Tujuan Utama [1]	Target Hasil (SAINS) [1]
5	CORPORATE VALUES	Value Creation LMS	<i>Values Learning</i>
6	GLOBAL SOCIETY VALUES	Value Oriented LMS	<i>New Values Learning</i>

Keberhasilan CKMS-SE memvalidasi metodologi hingga **Tahap 4 (Penciptaan Nilai Bersama)**, mengkonfirmasi transisi ke *Value Learning*.[1]

7.3 Lulusan TISE-Valorize: Portofolio yang Dapat Diverifikasi

Lulusan dari program TISE-Valorize keluar sebagai “**filsuf yang dapat dieksekusi**” (*executable philosopher*).[1] Hasil akhir mereka adalah **Portofolio Nilai yang Dapat Diverifikasi** yang kaya dan terbuka untuk umum (biasanya di *GitHub Repository*).[1] Portofolio ini memberikan bukti tak terbantahkan tentang kompetensi mereka di semua lapisan TISE: peta kognitif terstruktur, metrik penciptaan nilai PSKVE yang terkuantifikasi, dan riwayat *commit Git* yang *immutable* yang menunjukkan praktik profesional kolaboratif.[1]

7.4 Rekomendasi untuk Riset Masa Depan

Studi di masa depan harus fokus pada penilaian dampak longitudinal terhadap jalur karier pasca-kelulusan, menilai skalabilitasnya di berbagai disiplin ilmu rekayasa, dan secara ketat mengevaluasi strategi mitigasi beban kerja fakultas (penilaian berbantuan AI) yang diperlukan untuk implementasi institusional berskala besar.[1, 1] Temuan ini mendorong para pendidik rekayasa untuk merangkul kerangka kerja yang memosisikan mahasiswa sebagai produsen pencipta nilai yang aktif, memastikan misi inti pendidikan rekayasa tetap tangguh dan relevan di Era AI.

Referensi

- [1] Deci, E.L. and Ryan, R.M., The ‘what’ and ‘why’ of goal pursuits: human needs and the self-determination of behavior. *Psychological Inquiry*, 11, 4, 227-268 (2000).
- [1] Sweller, J., Cognitive load theory, learning difficulty, and instructional design. *Learning & Instruction*, 3, 4, 295-312 (1994).
- [1] Lave, J.E. and Wenger, E.. *Situated Learning: Legitimate Peripheral Participation*. Cambridge: Cambridge University Press (1991).