AITI: Jurnal Teknologi Informasi, Volume 23 No. 2 Juni 2026, 176-189
ISSN 1693-8348 E-ISSN 2615-7128
DOI: 10.24246/aiti.v23i2.176-189

JURNAL TEKNOLOGI INFORMASI

Analisis penerapan pembelajaran TPACK menggunakan metode *Random Forest* pada SMK Negeri 5 Sarmi di Bonggo

Aprilia*, Suprihadi
Fakultas Teknologi Informasi, Universitas Kristen Satya Wacana
Jl. Dr. O. Notohamidjojo No. 1-10, Blotongan, Kota Salatiga, Jawa Tengah 50715
Email: *672021241@student.uksw.edu

Riwayat Artikel

Diterima:	Direvisi:	Disetujui:
06-02-2025	17-04-2025	21-04-2025

Abstract

Modern education emphasizes the integration of knowledge, skills, attitudes, and mastery of Information and Communication Technology (ICT). One popular technology-based learning model is Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK), which synergizes technological, pedagogical, and content knowledge. This study analyzes TPACK implementation at SMK Negeri 5 Agribusiness and Agrotechnology Sarmi using random forest classification. Data collection involved questionnaires distributed to students and teachers, with responses categorized into five comprehension levels: "Very Good", "Good", "Fair", "Poor", and "Very Poor". The dataset was split into 80:20 training-test ratios. After training the random forest model, performance was evaluated using standard metrics and a confusion matrix. Additionally, a feature importance analysis was conducted to identify the most influential components in the model. Results showed 96% classification accuracy, with Technological Content Knowledge (TCK) emerging as the most significant factor. Pedagogical Content Knowledge (PCK), Content Knowledge (CK), and Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) themselves had the lowest importance scores, indicating that these components require prioritization for optimal technology-enhanced learning development at SMK Negeri 5 Agribusiness and Agrotechnology Sarmi.

Keywords: *classification, technology-based knowledge, Random Forest, SMK Negeri 5 Agribusiness dan Agrotechnology Sarmi, TPACK*

Abstrak

Pendidikan di era modern menekankan integrasi pengetahuan, keterampilan, sikap dan penguasaan Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK). Salah satu model pembelajaran berbasis teknologi yang popular adalah *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), yang menggabungkan pemahaman teknologi, pedagogic, dan konten/materi secara terpadu. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis implementasi pembelajaran TPACK di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi menggunakan metode klasifikasi *Random Forest*. Pengumpulan data dilakukan melalui penyebaran kuesioner kepada peserta didik dan guru, kemudian data dikategorikan ke dalam tingkatan pemahaman yaitu "Sangat Baik", "Baik", "Cukup", "Kurang", dan "Sangat Kurang". Data dibagi dengan rasio 80:20 untuk data uji dan latihan. Model *Random Forest* dilatih, selanjutnya kinerjanya diukur menggunakan metrik evaluasi dan confusion matrix untuk melihat performa klasifikasi. Selain itu, dilakukan analisis *feature importance* untuk

mengidentifikasi komponen yang paling berpengaruh dalam model. Hasil penelitian menunjukkan tingkat akurasi model *Random Forest* sebesar 96% dalam mengklasifikasikan komponen TPACK. Analisis *feature importance* mengungkapkan bahwa *Technological Content Knowledge* (TCK) merupakan komponen paling signifikan, sementara *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), *Content Knowledge* (CK), dan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) memiliki nilai terendah. Oleh karena itu, peningkatan ketiga komponen tersebut perlu diprioritaskan agar pembelajaran berbasis teknologi di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi dapat berkembang secara optimal.

Kata kunci: klasifikasi, pengetahuan berbasis teknologi, *Random Forest*, SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi, TPACK

Pendahuluan

Pembangunan suatu negara sangat bergantung pada kualitas pendidikan. Upaya pemerintah untuk meningkatkan mutu pendidikan terus dilakukan melalui berbagai aktivitas pengajaran di institusi pendidikan. Proses belajar merupakan rangkaian sistematis yang fokus pada pengembangan kapasitas intelektual, kemampuan praktis, dan potensi [1]. Di tengah perkembangan digital yang sangat cepat, penguasaan keterampilan konseptual dan pengetahuan mutakhir menjadi prasyarat utama. Konsekuensinya, model pembelajaran harus terus disempurnakan untuk memenuhi kebutuhan individual dan kolektif dalam menjalani kehidupan sehari-hari maupun professional [1].

Dalam bidang pendidikan, teknologi telah berkembang menjadi alat strategis yang sesuai dengan kemajuan masa kini. Teknologi mampu menyediakan informasi penting dalam konteks pendidikan dan berfungsi sebagai rujukan utama dalam mengembangkan metode dan pendekatan pengajaran yang inovatif [2]. Penggunaan teknologi informasi dan komunikasi sebagai pendukung ekosistem pendidikan menjadi kebutuhan yang mendesak di era digital, terutama setelah pandemi Covid-19 yang mengharuskan proses belajar mengajar dilakukan secara *online* [3]. Saat ini, integrasi pembelajaran dengan teknologi bukan sekedar tren, tetapi merupakan keharusan di berbagai negara di dunia, baik negara berkembang maupun negara maju. Salah satu konsep integrasi canggih yang telah dikenal adalah *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) [4].

Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) merupakan konsep yang terdiri dari pengetahuan tentang teknologi, pendidikan, dan konten yang sangat terkait [5][6]. Integrasi suatu teknologi, implementasi TPACK dalam pendidikan guru dapat meningkatkan praktik pedagogis dan pemahaman konseptual. Beberapa contoh teknologi yang dapat digunakan adalah laptop, LCD, proyektor, Microsoft Power Point sebagai materi pendidikan, YouTube, internet, dan video. Tujuan TPACK adalah untuk meningkatkan kreativitas dan kecakapan guru dalam menggunakan teknologi di kelas untuk meningkatkan pengalaman belajar siswa [7]. Selain itu TPACK memudahkan penyampaian materi ajar, pedagogi yang memuat metode dan model pembelajaran yang akan diterapkan, dan konten yang berisi materi pembelajaran [8].

SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi merupakan salah institusi pendidikan SMK Negeri yang berlokasi di Kecamatan Bonggo, Kabupaten Sarmi, Papua. Sekolah ini berfokus pada pengembangan keterampilan peserta didik dalam bidang agribisnis dan agroteknologi. Sebagai sekolah yang terus berupaya meningkatkan kualitas pendidikan, penerapan pembelajaran berbasis teknologi menjadi aspek penting untuk membantu peserta didik dan guru dalam beradaptasi dengan dinamika era digital masa kini. Oleh karena itu, analisis pembelajaran berbasis TPACK di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi menjadi sangat penting untuk memahami sejauh mana teknologi, pedagogi, dan konten diintegrasikan dalam proses pembelajaran di sekolah tersebut.

Kemajuan teknologi digital mendorong penggunaan *machine learning* sebagai alat analisis yang efektif untuk mengelola data kompleks dan menemukan pola tersembunyi [9]. Salah satu algoritma yang unggul dalam klasifikasi adalah *random forest,* metode *ensemble* dengan akurasi tinggi dan kemampuan menangani data yang beragam serta kompleks [10]. Algoritma ini dipilih karena mampu mengelola dataset dengan banyak fitur, seperti komponen TPACK, serta fleksibel dalam menangani data berskala besar tanpa memerlukan asumsi distribusi. *Random forest* juga andal dalam menghadapi *outlier* dan data yang hilang, menjadikannya cocok untuk analisis data pendidikan. Keunggulan utamanya terletak pada kemampuan mengurangi *overfitting* melalui teknik *bagging,* yang meningkatkan generalisasi model [11]. Selain itu, algoritma ini dapat mengidentifikasi fitur paling berpengaruh melalui analisis *feature importance,* memberikan wawasan mendalam tentang faktor utama yang memengaruhi pemahaman TPACK dan mendukung strategi pengajaran yang lebih efektif.

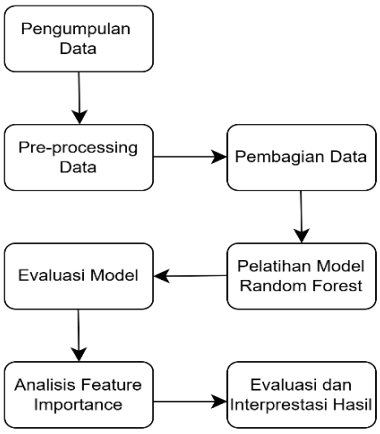
Sejumlah penelitian telah menerapkan algoritma *machine learning* dalam pendidikan, seperti *Decision Tree, Naïve Bayes, Support Vector Machine* untuk menganalisis pembelajaran. Namun, studi yang secara khusus menggunakan *Random Forest* dalam mengklasifikasikan komponen TPACK di SMK masih terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya hanya mengukur TPACK secara deskriptif tanpa pendekatan *machine learning,* seperti dalam studi di MI Salafiyah Jenggot 01 Pekalongan [7], analisis TPACK pada materi bioteknologi SMA/MA [1], analisis TPACK pada kognitif sains anak [12], dan analisis TPACK dalam pembelajaran matematika [13]. *Random Forest* dipilih karena keunggulannya dalam menangani data kompleks dan berdimensi tinggi serta menghasilkan *feature importance* yang lebih stabil dibandingkan *Decision Tree* atau *Naïve Bayes.* Berbeda dengan penelitian sebelumnya yang lebih mengandalkan metode statistik atau algoritma lain, studi ini mengevaluasi efektivitas *Random Forest* dalam mengidentifikasi aspek TPACK yang perlu dikembangkan. Penelitian ini selain membangun model klasifikasi juga mengungkap variabel utama yang memengaruhi pembelajaran berbasis teknologi, sehingga memberikan rekomendasi konkret bagi pendidik. Tidak hanya menerapkan *Random Forest* secara langsung, penelitian ini

juga mengoptimalkan parameter model, seperti *max_depth, n_estimators,* dan *min_samples_leaf.*

Permasalahan utama yang dikaji dalam penelitian ini adalah bagaimana efektivitas algoritma *Random Forest* dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasikan komponen-komponen TPACK yang perlu dikembangkan lebih lanjut. Penelitian ini juga berupaya untuk menganalisis faktor-faktor yang paling berpengaruh dalam proses klasifikasi berdasarkan *feature importance* dari algoritma tersebut. Berdasarkan permasalahan yang telah diuraikan, tujuan spesifik penelitian ini yaitu mengevaluasi efektivitas algoritma *Random Forest* dalam mengidentifikasi dan mengklasifikasi komponen-komponen TPACK yang memerlukan pengembangan lebih lanjut. Melalui pendekatan yang komprehensif, penelitian ini bertujuan menghasilkan rekomendasi strategis yang dapat mengoptimalkan model pembelajaran berbasis teknologi di institusi pendidikan terkhusus di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi, dengan fokus pada peningkatan kualitas dan relevansi pendidikan di era digital.

Metode Penelitian

Penelitian ini menerapkan algoritma *Random Forest* sebagai metode klasifikasi karena kemampuannya dalam mengelola data dengan banyak fitur dan menghasilkan prediksi yang akurat. Dengan menggabungkan beberapa pohon keputusan, *Random Forest* mampu mengurangi risiko *overfitting* yang sering terjadi pada model tunggal. Selain itu, *Random Forest* dapat mengidentifikasi fitur-fitur yang paling berpengaruh dalam proses klasifikasi, sejalan dengan tujuan penelitian untuk mengetahui komponen penting TPACK yang perlu ditingkatkan dalam pembelajaran berbasis teknologi. Pendekatan yang digunakan adalah deskriptif kuantitatif dengan melibatkan guru dan peserta didik sebagai responden, serta pengumpulan data melalui kuesioner. Tahapan penelitian terdiri dari tujuh tahapan, yang terlihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Alur tahapan penelitian

Tahap pertama adalah pengumpulan data melalui wawancara dengan pihak sekolah dan penyebaran kuesioner yang bertujuan untuk mengumpulkan informasi

mengenai penerapan pembelajaran berbasis TPACK di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi. Penyebaran kuesioner disusun menggunakan skala *Likert* untuk mengukur masing-masing komponen TPACK. Responden diminta memberikan penilaian terhadap setiap pertanyaan dengan lima pilihan jawaban, yaitu sangat baik, baik, cukup, kurang, dan sangat kurang. Sebagai dasar dalam proses analisis, kategori jawaban disesuaikan menjadi numerik dengan ketentuan: 1 = Sangat Kurang, 2 = Kurang, 3 = Cukup, 4 = Baik, 5 = Sangat Baik. Skala ini digunakan untuk mengukur persepsi responden terhadap setiap indikator komponen TPACK.

Tahap kedua adalah *preprocessing* data. *Preprocessing* data adalah langkah penting dalam *machine learning* untuk memastikan bahwa data siap untuk digunakan dalam pelatihan model [10]. Pada tahap ini, dilakukan pembersihan data dengan menghapus nilai yang hilang serta informasi yang tidak relevan terhadap analisis. Selanjutnya, dilakukan penghitungan skor total berdasarkan akumulasi nilai dari sejumlah indikator pertanyaan. Skor yang dihasilkan kemudian diklasifikasikan ke dalam lima kategori tingkat penguasaan, yaitu sangat kurang, kurang, cukup, baik, dan sangat baik, sebagai persiapan untuk proses klasifikasi model.

Tahap ketiga adalah pembagian data. *Dataset* dibagi menjadi data pelatihan dan pengujian, dengan 80% untuk data latih dan 20% untuk data uji. Pembagian data ini dipilih karena data yang relatif sedikit, sehingga diperlukan proporsi data dengan data pelatihan yang lebih besar untuk memberikan cukup informasi bagi model dalam mempelajari pola yang ada. Pembagian ini dimaksudkan untuk mengoptimalkan proses pelatihan model serta memperoleh evaluasi yang objektif melalui pengujian pada data yang tidak digunakan selama proses pelatihan.

Tahap keempat adalah pelatihan model *Random Forest*, yang dilakukan pada data pengujian dan data pelatihan dengan menggunakan proses *cross-validation* dan *hyperparameter tuning.* Untuk memperoleh performa model yang optimal, dilakukan *hyperparameter tuning* menggunakan *grid search cross validation*. Parameter yang disesuaikan meliputi *n_estimators* [50, 100, 150, 200], dengan pertimbangan bahwa jumlah pohon yang lebih banyak dapat meningkatkan akurasi hingga batas tertentu, *max_depth* [2, 4, 6, 8] digunakan untuk mencegah *overfitting, max_features* [2, 4, 6, 8] untuk mengatur jumlah fitur yang digunakan saat *split* agar model lebih beragam, dan *min_samples_leaf* [1, 2, 4] untuk menjaga agar tiap daun pohon memiliki sampel minimum sehingga model lebih general. Selama proses pelatihan, data training dibagi kembali menggunakan metode *k-fold cross validation* dengan nilai $k = 5$ untuk menghindari *overfitting* dan memastikan generalisasi model. Setelah proses pelatihan selesai dan model terbaik diperoleh, evaluasi dilakukan menggunakan data uji dengan mengukur *accuracy, precision,* dan *recall* sebagai indikator performa klasifikasi.

Tahap kelima adalah evaluasi terhadap model dilakukan dengan menerapkan *classification report* dan *confusion matrix. Classification report* adalah metrik evaluasi kinerja dalam *machine learning* berbasis klasifikasi.

Akurasi (*accuracy),* metrik ini mengukur proporsi prediksi benar yang dibuat oleh model di seluruh kumpulan data. Persamaan (1) adalah rumus akurasi.

$$Accuracy = \frac{TP + TN}{TP + FP + FN + TN} \quad (1)$$

Presisi *(precision),* presisi mengukur ketepatan pengklasifikasi. Untuk setiap kelas, presisi didefinisikan sebagai rasio positif benar terhadap jumlah positif benar dan positif salah. Persamaan (2) adalah rumus presisi.

$$Precision = \frac{TP}{TP + FP} \quad (2)$$

Recall, mengukur kelengkapan pengklasifikasi. Untuk setiap kelas, *recall* didefinisikan sebagai rasio positif benar terhadap jumlah positif benar dan negatif salah. Persamaan (3) adalah rumus *recall.*

$$Recall = \frac{TP}{TP + FN} \quad (3)$$

F1-Score, metrik yang menyeimbangkan *precision* dan *recall.* Persamaan (4) adalah rumus *F1-Score.*

$$F1\ Score = \frac{TP}{TP + \frac{1}{2}(FP + FN)} \quad (4)$$

Confusion matrix, digunakan untuk menilai performa dari model yang digunakan. *Confusion matrix* berbentuk tabel matriks yang menggambarkan kinerja model klasifikasi pada serangkaian data uji yang nilai sebenarnya diketahui. *True Positive, True Negative, False Positive,* dan *False Negative* adalah empat istilah yang menggambarkan hasil dari proses klasifikasi *confusion matrix.*

Tahap keenam adalah analisis *feature importance*. Tahap ini bertujuan untuk menganalisis komponen yang paling berpengaruh dan komponen yang perlu ditingkatkan dalam pembelajaran berbasis TPACK khususnya di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi.

Hasil dan Pembahasan

Metode pengumpulan data penelitian dilaksanakan melalui penyebaran kuesioner di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi untuk mengetahui tingkat implementasi pembelajaran berbasis TPACK. Dataset mencakup identitas responden seperti nama, jenis kelamin, kelas (untuk peserta didik), mata pelajaran yang diampu (untuk guru), serta penilaian terhadap tujuh komponen TPACK yaitu *Pedagogical Knowledge* (PK), *Content Knowledge* (CK), *Technological*

Knowledge (TK), *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), *Technological Content Knowledge* (TCK), *Technological Pedagogical Knowledge* (TPK), *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK), dengan masing-masing komponen diukur melalui tiga pertanyaan.

Total responden berjumlah 60 orang, terdiri dari 50 peserta didik dan 10 guru. *Dataset* ini akan dimanfaatkan untuk pengujian model klasifikasi komponen TPACK. Jumlah data yang terbatas disebabkan oleh fokus penelitian pada populasi di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi yang memang terbatas. Jumlah ini mewakili seluruh populasi di sekolah tersebut yang terlibat dalam penerapan pembelajaran berbasis TPACK. Meskipun terbatas, pengambilan data dari keseluruhan populasi memberikan gambaran menyeluruh tentang implementasi TPACK dalam konteks khususnya SMK bidang agribisnis dan agroteknologi. Keterbatasan jumlah data juga mencerminkan karakteristik sekolah kejuruan dengan spesialisasi khusus yang cenderung memiliki populasi peserta didik dan pengajar lebih sedikit dibandingkan sekolah umum. Pertanyaan kuesioner terkait dengan penerapan komponen TPACK di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 Pertanyaan kuesioner peserta didik dan guru

Komponen TPACK	Pertanyaan untuk Peserta Didik	Pertanyaan untuk Guru
Pedagogical Knowledge (PK)	• Sejauh mana Anda merasa guru Anda menggunakan metode pengajaran yang variatif • Sejauh mana Anda merasa guru Anda mampu menjelaskan materi dengan jelas • Sejauh mana Anda merasa guru Anda memberikan umpan balik yang membangun	• Sejauh mana Anda merasa percaya diri dalam menerapkan strategi pedagogis yang efektif • Sejauh mana Anda menggunakan metode pengajaran yang bervariasi dalam pembelajaran • Sejauh mana Anda memberikan umpan balik yang membangun kepada peserta didik
Content Knowledge (CK)	• Sejauh mana Anda merasa guru Anda memahami materi pembelajaran dengan baik • Sejauh mana Anda merasa materi yang diajarkan sesuai dengan kurikulum • Sejauh mana Anda merasa guru Anda memberikan contoh yang relevan dalam pembelajaran	• Sejauh mana Anda memahami materi yang diajarkan • Sejauh mana Anda merasa materi yang diajarkan sesuai dengan kurikulum • Sejauh mana Anda menggunakan sumber daya tambahan untuk memperdalam pemahaman peserta didik terhadap materi
Technological Knowledge (TK)	• Sejauh mana Anda merasa guru Anda menguasai teknologi yang digunakan dalam pembelajaran • Sejauh mana Anda merasa teknologi yang digunakan memudahkan proses belajar mengajar • Sejauh mana Anda merasa guru Anda memperkenalkan	• Sejauh mana Anda menguasai teknologi yang digunakan dalam pembelajaran • Sejauh mana Anda merasa nyaman menggunakan teknologi dalam proses pembelajaran • Sejauh mana Anda sering menggunakan teknologi dalam pembelajaran

Komponen TPACK	Pertanyaan untuk Peserta Didik	Pertanyaan untuk Guru
	teknologi baru dalam pembelajaran	
Pedagogical Content Knowledge (PCK)	• Sejauh mana Anda merasa guru Anda dapat menjelaskan konsep yang sulit dengan baik • Sejauh mana Anda merasa metode pengajaran guru mendukung pemahaman materi • Sejauh mana Anda merasa guru Anda mampu mengaitkan materi dengan kehidupan sehari-hari	• Sejauh mana Anda dapat menjelaskan konsep yang sulit dengan cara yang mudah dipahami oleh peserta didik • Sejauh mana Anda menggunakan contoh nyata untuk membantu peserta didik memahami materi • Sejauh mana Anda dapat menghubungkan materi pelajaran dengan kehidupan sehari-hari peserta didik
Technological Content Knowledge (TCK)	• Sejauh mana Anda merasa teknologi digunakan membantu Anda memahami materi pembelajaran • Sejauh mana Anda penggunaan teknologi meningkatkan minat belajar Anda • Sejauh mana Anda merasa teknologi yang digunakan relevan dengan konten pembelajaran	• Sejauh mana Anda menggunakan teknologi untuk menyampaikan materi pelajaran • Sejauh mana teknologi membantu Anda dalam menjelaskan konsep-konsep yang kompleks • Sejauh mana Anda mengevaluasi efektivitas teknologi yang digunakan dalam pembelajaran
Technological Pedagogical Knowledge (TPK)	• Sejauh mana Anda merasa guru Anda mengintegrasikan teknologi dengan metode pembelajaran • Sejauh mana Anda merasa penggunaan teknologi meningkatkan efektivitas pembelajaran • Sejauh mana Anda merasa guru Anda mampu memanfaatkan teknologi untuk mendukung pembelajaran aktif	• Sejauh mana Anda memahami bagaimana teknologi dapat mendukung metode pengajaran • Sejauh mana Anda mengintegrasikan teknologi dalam rencana pembelajaran • Sejauh mana Anda menyesuaikan penggunaan teknologi dengan kebutuhan peserta didik
Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)	• Sejauh mana Anda merasa pembelajaran yang menggunakan TPACK membantu Anda dalam memahami materi • Sejauh mana Anda merasa kombinasi teknologi, pedagogi, dan konten berkontribusi terhadap pemahaman Anda • Sejauh mana Anda merasa TPACK mempengaruhi motivasi Anda dalam belajar	• Sejauh mana Anda merasa kompeten dalam mengintegrasikan teknologi, pedagogi, dan konten dalam pengajaran • Sejauh mana Anda percaya bahwa penggunaan TPACK meningkatkan hasil belajar peserta didik • Sejauh mana Anda merasa siap untuk menerapkan pendekatan TPACK dalam pembelajaran

Data yang digunakan dalam penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 2 dan Tabel 3, di mana Tabel 2 merupakan data kuesioner peserta didik, sementara Tabel

3 merupakan data kuesioner guru. Pada Tabel 2 dan Tabel 3 disajikan data kuesioner yang hanya mencakup sebagian dari keseluruhan data, dimana hanya pertanyaan poin pertama pada Tabel 1 yang mewakili setiap komponen pada data yang disajikan.

Tabel 2 Data kuesioner peserta didik

Nama	Kelas	Komponen TPACK						
		PK	CK	TK	PCK	TCK	TPK	TPACK
Ika	XI	3	3	4	3	4	4	4
Anisa	XI	5	3	4	4	4	4	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...
Rendy	X	4	5	3	3	5	4	5
Aulia	X	5	5	5	5	5	5	5

Tabel 3 Data kuesioner guru

Nama	Kelas	Komponen TPACK						
		PK	CK	TK	PCK	TCK	TPK	TPACK
Andri Setiawan	Multimedia	5	5	5	5	5	5	5
Juni	Matematika	4	5	4	4	4	4	4
...	...	...	...	...	...	...	...	...
Eryanti Marenden	Bahasa Indonesia	4	4	4	4	4	4	4
Mega Silfani	Fisika	4	5	3	5	4	4	4

Tabel 4 Hasil *preprocessing* data

PK	CK	TK	PCK	TCK	TPK	TPACK
11	11	13	11	12	12	12
13	11	10	12	12	12	12
...	...	...	...	...	...	...
14	14	15	13	14	14	14
12	13	12	12	12	12	12

Dalam *preprocessing* data, setiap pertanyaan dalam kuesioner digabungkan sesuai dengan tujuh komponen TPACK yang menjadi dasar dari pertanyaan-pertanyaan tersebut. Setelah menggabungkan pertanyaan tersebut, dilanjutkan dengan menghapus beberapa fitur yang tidak dibutuhkan seperti nama, kelas (peserta didik), mata pelajaran yang diampu (guru), dan jenis kelamin serta menghitung setiap skor pertanyaan yang kemudian hasil skor dari pertanyaan tersebut disatukan ke dalam komponen TPACK. Tabel 4 memperlihatkan data yang telah diproses melalui *preprocessing*.

Skor yang telah dihitung, selanjutnya dikategorikan ke dalam lima tingkat penguasaan. Rentang skor 1 sampai 4 diklasifikasikan sebagai “Sangat Kurang”, skor 4 sampai 7 sebagai “Kurang”, skor 7 sampai 10 sebagai “Cukup”, skor 10 sampai 13 sebagai “Baik”, dan skor 13 -15 sebagai “Sangat Baik”. Kategorisasi ini bertujuan untuk mempermudah proses analisis serta interpretasi hasil, khususnya dalam mengidentifikasi tingkat penguasaan masing-masing komponen TPACK.

Dalam membangun model klasifikasi, dilakukan proses *cross-validation* dan *hyperparameter tuning* untuk mengoptimalkan pemilihan parameter terbaik.

Proses ini bertujuan untuk meningkatkan performa model dalam mengklasifikasikan komponen TPACK secara lebih akurat. *Cross-validation* digunakan untuk mengevaluasi kestabilan dan generalisasi model terhadap data, sedangkan *hyperparameter tuning* diterapkan untuk menyesuaikan parameter yang paling optimal guna memaksimalkan akurasi dan mengurangi risiko *overfitting.* Berikut hasil *hyperparameter tuning* yang dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 Hasil *hyperparameter tuning*

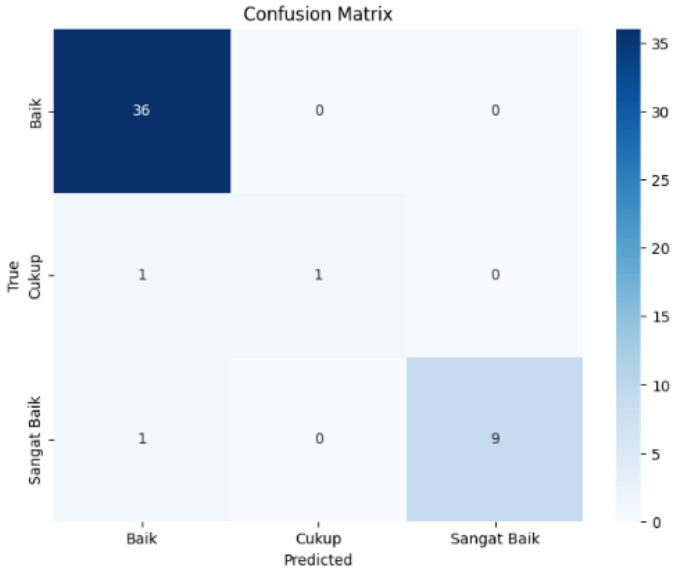
***Hyperparameter tuning* terbaik**	**Kedalaman maksimum**	**Jumlah fitur**	**Jumlah sampel minimum**	**Jumlah pohon keputusan**
	3	2	1	50
Nilai terbaik			0,9779	

Dari hasil *hyperparameter* dan *cross-validation* pada Tabel 5, dengan pembagian data 80:20, diperoleh hasil yang optimal dengan tingkat akurasi 97,79% pada data latih, yang memiliki *max_depth* = 3. Selanjutnya, model memilih dua fitur (*max_features*) secara acak saat membangun setiap pohon keputusan. Setiap cabang terakhir dari pohon (*leaf*) harus memiliki setidaknya satu data, dan model akan menggunakan 50 pohon keputusan (*n_estimators*). Hal ini menunjukkan bahwa model sudah efektif dalam mengklasifikasikan data pelatihan dengan akurat. Setelah memperoleh parameter yang terbaik dari hasil *hyperparameter tuning*, proses ini kemudian dilanjutkan dengan evaluasi model guna memperoleh performa terbaik model *Random Forest* dalam mengklasifikasikan komponen TPACK. Hasil evaluasi dari model *Random Forest* dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6 Hasil *classification report*

	Precision	***Recall***	***F1-Score***	***Support***
Baik	0,95	1,00	0,97	36
Cukup	1,00	0,50	0,67	2
Sangat Baik	1,00	0,90	0,95	10
Accuracy			0,96	48
Macro avg	0,98	0,80	0,86	48
Weighted avg	0,96	0,96	0,95	48

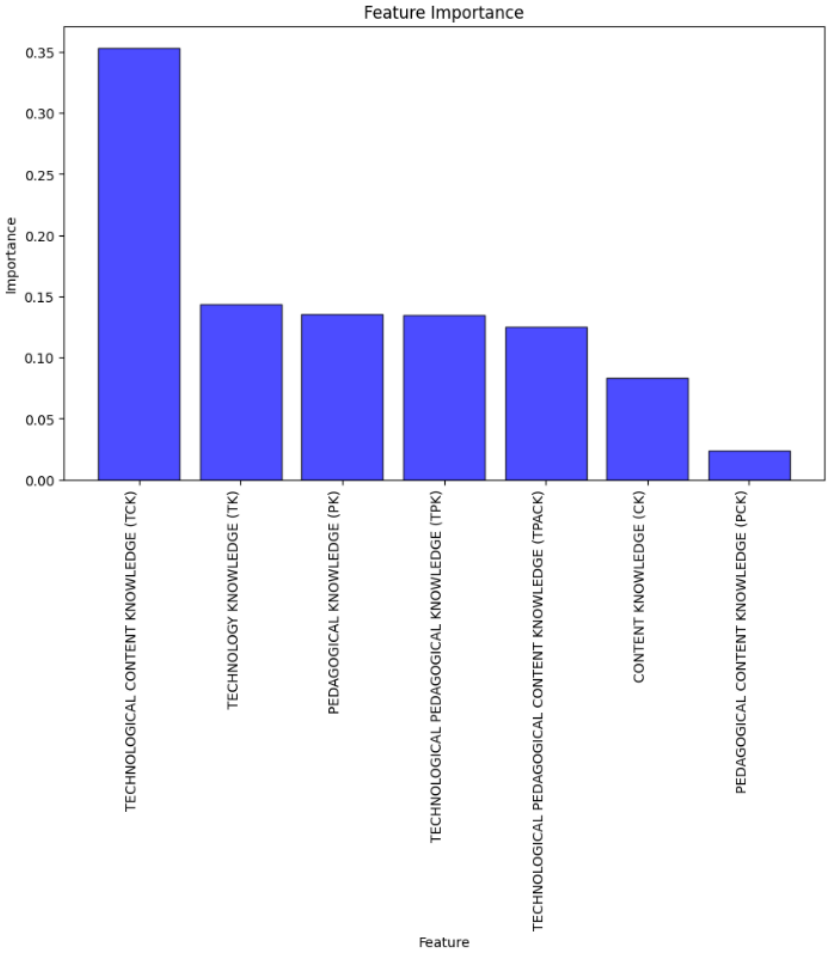
Gambar 2 menunjukkan hasil evaluasi model klasifikasi dalam memprediksi kategori “Baik”, “Cukup”, “Sangat Baik”. Berdasarkan data yang ada, model berhasil mengklasifikasikan dengan tepat 36 sampel “Baik”, satu sampel “Cukup”, dan sembilan sampel “Sangat Baik”. Namun, terdapat kesalahan klasifikasi, di mana satu sampel “Cukup” dan satu sampel “Sangat Baik” salah diklasifikasikan sebagai “Baik”. Terdapat perbedaan signifikan antara nilai *precision, recall,* dan *f1-score* pada kategori “Cukup” disebabkan oleh jumlah data yang sangat sedikit, yakni hanya dua sampel. *Precision* yang sempurna menunjukkan bahwa prediksi model untuk kategori ini sangat akurat, tetapi *recall* yang hanya 0,50 mengindikasikan bahwa model hanya berhasil mengenali separuh dari total data kategori tersebut. Hal ini menunjukkan bahwa model kurang optimal dalam mengindikasikan kelas dengan jumlah data yang minim.



Gambar 2 *Heatmap confusion matrix Random Forest*

Dari evaluasi model pada Tabel 6 ditemukan bahwa model memiliki tingkat akurasi yang tinggi dalam memprediksi komponen TPACK pada data uji. Dari evaluasi yang telah dilakukan, model ini memperoleh akurasi sebesar 96%. Terlepas dari ukuran dataset yang relatif kecil, model yang digunakan mampu mengklasifikasi data dengan performa yang sangat baik. *Feature importance* mengukur sejauh mana setiap fitur (variabel) berkontribusi dalam membuat keputusan pada model yang digunakan. Hasil *feature importance* dapat dilihat pada Gambar 3.

Hasil analisis *feature importance* menunjukkan bahwa beberapa fitur dalam dataset memiliki pengaruh yang lebih besar terhadap prediksi model dibandingkan fitur lainnya. Berdasarkan hasil yang diperoleh pada model, *Technological Content Knowledge* (TCK) memiliki nilai *importance* yang paling tinggi sebesar 0,3534. Fitur ini memberikan pengaruh yang signifikan terhadap kemampuan model dalam mengklasifikasi komponen. Aspek *technological content* menjadi faktor utama dalam komponen TPACK dan mencerminkan bahwa pemanfaatan teknologi dalam materi pembelajaran memiliki dampak signifikan terhadap efektivitas proses pembelajaran di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi. Beberapa fitur memiliki nilai *importance* rendah seperti *Pedagogical Content Knowledge* (PCK) sebesar 0,0237, *Content Knowledge* (CK) sebesar 0,0836, dan *Technological Pedagogical Content Knowledge* (TPACK) sebesar 0,1253. Meskipun ketiga fitur tersebut memberikan kontribusi, namun perannya tidak sebesar TCK dalam mempengaruhi hasil klasifikasi. Fitur lainnya yang memiliki kontribusi rendah menunjukkan bahwa beberapa aspek dalam data tidak terlalu berpengaruh dalam menentukan hasil model, namun tetap memiliki nilai yang dapat membantu meningkatkan akurasi prediksi dalam kondisi tertentu.



Gambar 3 Hasil analisis *feature importance*

Simpulan

Penelitian ini menganalisis efektivitas algoritma *Random Forest* dalam mengklasifikasi komponen TPACK di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi. Data diambil dari 60 responden dengan tujuh komponen TPACK, masing-masing memiliki tiga indikator. Setelah melalui *preprocessing*, model *Random Forest* menunjukkan akurasi tinggi sebesar 96%, dengan *precision* yang kuat pada pembagian data 80:20. *Feature importance* digunakan untuk mengidentifikasi komponen TPACK yang paling berpengaruh. Hasilnya, *Pedagogical Content Knowledge* (PCK), *Content Knowledge* (CK), dan *Technological Content Knowledge* (TPACK) memiliki pengaruh rendah, sehingga perlu ditingkatkan, khususnya dalam integrasi pedagogi, konten, dan teknologi.

Hal ini mengindikasikan bahwa pemahaman guru dalam mengintegrasikan pedagogi dengan konten serta pemanfaatan teknologi dalam pembelajaran perlu ditingkatkan untuk mendukung proses belajar mengajar yang lebih efektif dan efisien di SMK Negeri 5 Agribisnis dan Agroteknologi Sarmi. Sementara itu, *Technological Content Knowledge* (TCK) memiliki nilai paling tinggi, menandakan pemanfaatan teknologi dalam penyampaian materi sudah berjalan dengan baik. Namun, model masih memiliki keterbatasan, terutama dalam generalisasi akibat

jumlah data yang kecil dan sifat *Random Forest* yang sulit diinterpretasikan. Penelitian lanjutan disarankan untuk menggunakan data yang lebih banyak dan perbandingan dengan algoritma lain seperti *Gradient Boosting* atau *XGBoost.*

Daftar Pustaka

[1] U. A. Gusti, A. S. Rahmi, A. Sunandar, A. Rahmat, Kusnadi, and Riandi, "Analisis TPACK (Technological, Pedagogical, And Content Knowledge) pada Materi Bioteknologi SMA/MA," *Biol. Educ. J.*, vol. 3, no. 1, pp. 65–75, 2023.

[2] R. Hermawan, A. Syahruroji, A. Nurhasanah, and I. A. V. Yandari, "Analisis Pembelajaran Berbasis TPACK Pada Peserta Didik di Kelas V SDN 2 Kandangsapi," *J. Pendidik. Dasar*, vol. 14, no. 2, pp. 290–301, 2023.

[3] R. Ismail and O. R. Imawan, "Meningkatkan Penguasaan TPACK Guru di Papua Melalui Pelatihan Pembuatan Video Pembelajaran pada Masa Pandemi COVID-19," *J2MM (Jurnal Masy. Mandiri)*, vol. 5, no. 1, pp. 277–288, 2021.

[4] E. Oktaviana and C. B. Yudha, "Tecnological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) Dalam Pembelajaran Abad Ke-21," *Soc. Humanit. Educ. Stud. Conf. Ser.*, vol. 5, no. 2, pp. 57–64, 2922.

[5] M. Hayati, "Peningkatan Hasil Belajar dengan Pendekatan TPACK pada Pembelajaran IPA," *Sci. J. Inov. Pendidik. Mat. dan IPA*, vol. 2, no. 4, pp. 477–483, 2022.

[6] N. Ratnawati, N. Wahyuningtyas, and F. Bashofi, "Analisis Kemampuan Technological, Pedagogical, and Content Knowledge (TPACK) Guru-guru IPS SMP di Malang," *J. Teor. dan Praksis Pembelajaran IPS*, vol. 7, no. 2, pp. 78–87, 2022.

[7] C. Nahdliyin and U. Mahmudah, "TPACK-Based Learning for Enhancing Learning Outcomes in the Natural and Social Sciences Subject at MI Salafiyah Jenggot 01 Pekalongan," *Soc. Humanit. Educ. Stud. Conf. Ser.*, vol. 6, no. 3, pp. 340–347, 2023.

[8] S. Z. Agustina, N. Nuryani, and R. S. Dewi, "Rancangan dan Penerapan Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) dalam Pembelajaran di Sekolah Dasar," *J. Educ.*, vol. 6, no. 1, pp. 9288–9294, 2023.

[9] M. Maulidah and N. Hidayati, "Prediksi Kesehatan Tidur dan Gaya Hidup Menggunakan Machine Learning," *CONTEN Comput. Netw. Technol.*, vol. 4, no. 1, pp. 81–86, 2024.

[10] F. Ramadhani, D. Septiana, S. N. Amalia, P. M. Fadilah, and A. Satria, "Klasifikasi Risiko Gizi Buruk Pada Ibu Hamil Menggunakan Metode Random Forest," *Djtechno J. Teknol. Inf.*, vol. 5, no. 2, pp. 370–380, 2024.

[11] W. Andriani, Gunawan, and N. N. P. W. Naja, "Analisis Perbandingan Machine Learning untuk Prediksi Kelayakan Kredit Perbankan pada Bank BRI Tegal," *IT-Explore J. Penerapan Teknol. Inf. dan Komun.*, vol. 4, no. 1,

pp. 82–92, 2025.

[12] Maisarah, C. Prasetya, and C. Sari Kumala, "Analisis Kebutuhan Media Pembelajaran Berbasis TPACK pada Kognitif Sains Anak," *J. Raudhah*, vol. 13, no. 1, pp. 117–125, 2025.

[13] C. Y. Melati, D. Juandi, and A. Jupri, "Analisis TPACK dalam Pembelajaran Matematika pada Materi Turunan Fungsi Aljabar dengan Dukungan WhatsApp," *Supremum J. Math. Educ.*, vol. 9, no. 1, pp. 15–27, 2025.