**PROPOSAL**

**SKEMA PENELITIAN …. (\*\*)**

**\*\**Pilih salah satu skema pada tabel dibawah ini dan isikan diatas.***

**SUMBER DANA ……(\*\*\*)**

**\*\*\**pilih salah satu sumber dana pada table dibawah dan isikan diatas.***

**TAHUN 2024**

**DETEKSI DINI PENYAKIT PADA TANAMAN**

**MENGGUNAKAN DATA HYPERSPECTRAL DAN**

**METODE VIT TRANSFORMER YANG SUDAH DIMODIFIKA**

**Tim Peneliti :**

Ketua Peneliti : Wijayanti Nurul Khotimah, M.Sc. / Departemen Teknik Informatika/ FTEIC /

Anggota Peneliti :

1. Nama / Departemen/ Fakultas / Instansi

2. Nama / Departemen/ Fakultas / Instansi

3. Nama / Departemen/ Fakultas / Instansi

Dst.

**DIREKTORAT RISET DAN PENGABDIAN KEPADA MASYARAKAT**

**INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER**

**SURABAYA**

**2023**

**TM/DRPM-ITS/PN.01.003**

# DAFTAR ISI

[DAFTAR ISI 2](#_Toc159579548)

[RINGKASAN/ABSTRAK 3](#_Toc159579549)

[BAB I PENDAHULUAN 4](#_Toc159579550)

[I.1 Latar Belakang 4](#_Toc159579551)

[I.2 Permasalahan yang akan diteliti 6](#_Toc159579552)

[I.3 Tujuan Khusus 6](#_Toc159579553)

[I.4 Urgensi Penelitian 6](#_Toc159579554)

[BAB II TINJAUAN PUSTAKA 7](#_Toc159579555)

[BAB III METODE 10](#_Toc159579556)

[BAB IV LUARAN 13](#_Toc159579557)

[BAB V JADWAL KEGIATAN 14](#_Toc159579558)

[BAB VI RENCANA ANGGARAN DAN BIAYA 15](#_Toc159579559)

[BAB VII Lampiran 12. Format Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti 20](#_Toc159579560)

[BAB VIII Lampiran 13. Format Surat Pernyataan Kesediaan Mitra Industri/Instansi 22](#_Toc159579561)

[BAB IX Lampiran 14. Format Surat Komitmen Peneliti Luar ITS 23](#_Toc159579562)

# RINGKASAN/ABSTRAK

Deteksi dini penyakit pada tanaman sangat penting untuk mengurangi kerugian hasil panen dan untuk meningkatkan ketahanan pangan. Hal ini karena, jika suatu panyakit terlambat untuk dideteksi, dengan kata lain penyakit tersebut terdeteksi ketika sudah parah, maka pengobatanya akan sangat sulit dan kemungkinan penyakit tersebut akan menular ke tanaman yang lain akan semakin besar. Hal tersebut bisa mengancam terjadinya gagal panen. Oleh karena itu, pendeteksian dini penyakit pada tanaman sebelum gejala visualnya muncul sangat penting.

Salah satu informasi yang bisa digunakan untuk mendeteksi dini penyakit pada tanaman adalah dengan menggunakan informasi hiperspektral. Hal ini karena informasi hiperspektral dari tanaman mampu mencerminkan kondisi jaringan suatu tanaman. Dimana ketika suatu tanaman terserang penyakit, di tahap awal jaringan di dalam tanaman tersebut akan memberikan respon terhadap penyakit tersebut.

Problemnya adalah informasi hiperspektral mempunyai dimensi yang tinggi dan sangat redundan. Oleh karena itu, pengolahan informasi hiperspektral untuk deteksi dini penyakit pada tanaman sangat sulit. Dalam penelitian sebelumnya, kami sudah mengusulkan suatu metode berbasis deep learning yang menggukan dilated convolution dan channel attention modul untuk mengolah informasi hiperspektral tersebut. Metode tersebut kami berinama SC-CAN dan sudah kami terbitkan di dalam jurnal Q1. Namun ternyata penggunaan dilated convolution kurang efektif untuk mengekstrak fitur global. Oleh karena itu, kami mencoba untuk menggunakan metode deep learning berbasis Transformer yang kami beri nama dengan MCE-ST untuk menyelesaikan problem tersebut. Metode MCE-ST ini juga sudah kami terbitkan di dalam jurnal Q1. Walaupun MCE-ST sudah merupakan state-of-the-art, namun akurasi dari metode tersebut masih perlu ditingkatkan sebelum diaplikasikan ke dalam dunia nyata. Salah satunya adalah dengan memanfaatkan pretrained ViT Transformer yang sejatinya digunakan untuk data gambar. Oleh karena itu, di dalam penelitian ini kami mencoba untuk memodifikasi pretrained ViT Transformer agar bisa digunakan untuk data hiperspektral yang berupa sinyal yang jumlahnya terbatas.

Kata kunci: deteksi dini penyakit pada tanaman, informasi hyperspectral, ViT Transformer untuk data sinyal

# PENDAHULUAN

Bab ini membahas latar belakang dan permasalahan yang akan diteliti, tujuan khusus, dan urgensi penelitian.

## Latar Belakang

Penyakit pada tanaman pangan dapat disebabkan oleh faktor abiotik (misalnya: kadar garam yang berlebih, kekeringan, dan suhu ekstrim) atau faktor biotik (misalnya: pathogen seperti jamur dan serangga) (Sarwat et al., 2016). Penyakit tersebut mempengaruhi pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Suzuki et al., 2014) dan dapat diidentifikasi dengan mengamati gejala visual yang tampak (Wang et al., 2021). Namun, ketika gejala visual muncul, seringnya penyakit tersebut sudah parah dan sudah terlambat untuk mengobatinya, sehingga mengancam adanya kerugian hasil panen.

Sementara itu, ketika tanaman terserang penyakit pertama kali, tanaman tersebut memberikan respon awal terhadap penyakit tersebut dalam bentuk perubahan kandungan klorofil serta metabolisme sel dan degradasi jaringan (Mahlein et al., 2017). Perubahan ini pada gilirannya mempengaruhi reflektansi spektral pada tanaman, yang dapat ditangkap oleh sensor hiperspektral. Oleh karena itu, informasi spektral (intensitas pantulan per pita gelombang dalam data hiperspektral) dapat dimanfaatkan untuk deteksi dini penyakit pada tanaman.

Karena kemampuannya tersebut, sensor hiperspektral menjadi populer di bidang pertanian dengan aplikasi dalam pengelolaan tanaman, pemantauan tanaman, pemetaan tanaman, dan deteksi penyakit tanaman (Ang & Seng, 2021; Lei et al., 2021; Sonobe et al., 2021). Sensor ini memberikan informasi spektral, yang dapat digunakan untuk menilai kesehatan tanaman dengan memantau kadar air, laju transpirasi daun, struktur jaringan, atau pigmentasi (Plaza et al., 2009; West et al., 2010). Misalnya, penyakit atau stres dapat menyebabkan perubahan pigmentasi, reaksi hipersensitif, atau degradasi dinding sel (Blackburn, 2007; West et al., 2010).

Namun, penggunaan informasi hiperspektral untuk deteksi penyakit pada tanaman (atau klasifikasi penyakit tanaman) sangat menantang karena informasi hiperspektral berdimensi tinggi dan sangat redundan (Ang & Seng, 2021). Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk mengurangi jumlah dimensi dan tingkat redundansi pada data hiperspektral. Metode pemilihan fitur ansambel diusulkan untuk mengidentifikasi 15 pita spektral paling penting (dari 215) untuk fenotipe tanaman (Moghimi et al., 2018). Penelitian lain (Khotimah et al., 2020; Roy et al., 2019; Zhong et al., 2018) menggunakan principal component analysis (PCA) untuk mengurangi dimensi pita spektral.

Selain itu, data hiperspektral memiliki fitur lokal dan global yang sulit untuk diekstraksi. Menangkap fitur global (pola ketergantungan panjang) menggunakan pendekatan deep learning yang umum, seperti Convolutional Neural Network (CNN), Recurrent Neural Network (RNN), Long Short-Term Memory (LSTM) dan Gated Recurrent Units (GRU), sangat sulit. Meskipun CNN bagus dalam menangkap fitur lokal, CNN memerlukan jaringan yang sangat dalam dengan banyak parameter yang dapat menyebabkan penyesuaian berlebihan untuk menangkap fitur global (Peng et al., 2021). Selain itu, performa jaringan *deep CNN* juga terpengaruh oleh masalah difusi gradien dan degradasi jaringan, yang dapat secara signifikan mengurangi performanya (Rao, Qu, et al., 2022). RNN juga tidak cocok untuk rangkaian data yang panjang karena rentan terhadap masalah hilangnya gradien atau nilai gradien mendekati nol (Zhou et al., 2019). Meskipun LSTM cocok untuk data urutan panjang, namun rentang perhatiannya terbatas sehingga kurang cocok untuk data hiperspektral (Lea et al., 2017).

Sementara itu, akhir-akhir ini muncul model deep learning baru bernama Transformer yang unggul dalam menangkap pola ketergantungan panjang suatu rangkaian (Khan et al., 2022; Vaswani et al., 2017). Model ini mempunyai mekanisme self-attention yang membuat Transformer mampu mempelajari dengan lebih baik hubungan antara berbagai elemen dalam suatu data. Hal tersebut membuat Transformer unggul dalam menyelesaikan beberapa problem di berbagai area: pada NLP (misalnya, untuk meringkas artikel, menjawab pertanyaan, dan klasifikasi teks), pada visi komputer (misalnya, untuk klasifikasi gambar, segmentasi gambar, dan penerjemahan gambar) (Khan et al., 2022), dan pada penginderaan jauh (misalnya klasifikasi citra penginderaan jauh dan deteksi target citra hiperspektral) (Jamali et al., 2022; Rao, Gao, et al., 2022). Model Transformer sangat efektif dalam mengekstraksi fitur global dari data gambar hiperspektral dengan ketergantungan spektral yang panjang, terutama dalam konteks deteksi target (Rao, Gao, et al., 2022).

Namun, Transformer dikenal sebagai model yang haus akan data latih (Hassani et al., 2021) dan berperforma baik saat dilatih dengan kumpulan data yang besar. Pada penelitian sebelumnya, (Dosovitskiy et al., 2021) telah menunjukkan bahwa Vision Transformer (ViT) mencapai akurasi 30% lebih baik saat dilatih dengan 300 juta gambar dibandingkan saat dilatih dengan hanya 10 juta gambar.

Masalah timbul ketika akan menggunakan Transformer untuk deteksi dini penyakit pada tanaman menggunakan data hiperspektral. Pasalnya, di dalam problem yang akan di selesaikan, data hiperspektral yang tersedia sangat terbatas, hanya beberapa ribu sampel data saja. Selain itu, sebelumnya belum pernah ada model Transformer yang dilatih menggunakan data hiperspektral. Oleh karena itu, penerapan Transformer untuk mendeteksi penyakit pada tanaman menggunakan data hiperspektral sangat menantang. Dan tantangan tersebut akan kami coba selesaikan di dalam penelitian ini.

## Permasalahan yang akan diteliti

Dalam penelitian ini beberapa permasalahan yang akan kami teliti antara lain:

* + - 1. Bagaimana cara untuk mendesain Transformer-based model yang sesuai untuk menyelesaikan problem pendeteksian dini penyakit pada tanaman?
      2. Bagaimana cara untuk memanfatkan pretrained ViT -Transformer agar bisa digunakan untuk data yang berbentuk sinyal?
      3. Bagaimana cara meningkatkan performa dari pendeteksian dini penyakit pada tanaman?

## Tujuan Khusus

Adapun tujuan khusus dari penelitian ini adalah untuk mendesain suatu model baru berbasis Transformer yang sesuai untuk data hiperspektral dan dapat digunakan untuk pendeteksian dini penyakit pada tanaman yang jumlah datanya sangat terbatas dengan akurasi yang tinggi.

## Urgensi Penelitian

Penelitian ini sangat penting untuk dilakukan kalua dilihat dari sisi ilmu pengetahuan dan aplikasi.

* Dari sisi ilmu pengetahuan: penelitian ini sangat penting untuk menemukan model baru berbasis Transformer tetapi digunakan untuk data yang berupa sinyal hyperspectral dan jumlahnya terbatas.
* Dari sisi aplikasi: hasil penelitian ini bisa dimanfaatkan untuk mendeteksi dini penyakit pada tanaman sehingga memudahkan proses pencegahan terjadinya gagal panen.

# TINJAUAN PUSTAKA

Secara umum, peta jalan bidang yang diteliti bisa dilihat pada Gambar 1. Penelitian tentang pendekteksian dini penyakit pada tanaman diawali dengan adanya beberapa penelitian sebelumnya yang sudah mengeksplorasi korelasi antara sinyal spectral dengan ciri-ciri physiology pada tanaman yang meliputi konsentrasi ion, kandungan air, kandungan klorofil, biomas, dan konduktansi stomata menggunakan Partial Least Square Regression (PLSR). Berbagai macam Spectral Vegetation Indexes (SVIs) yang spesifik terhadap jenis tanaman dan jenis penyakit sudah diinvestigasi. Penelitian-penelitian tersebut menemukan adanya korelasi yang kuat antara ciri-ciri physiologi pada tanaman dan sinyal spectral pada rentang 530 nm-550 nm untuk mendeteksi stress pada tanaman yang disebabkan karena kekurangan air pada tanaman anggur (Rapaport et al., 2015), pada rentang 600 nm-730 nm untuk mendeteksi stress karena kelebihan kandungan garam pada tanaman kedelai (Iliev et al., 2009), dan rentang 531 nm-571 nm untuk mendeteksi adanya mosaic virus pada tanaman ubi (Raji et al., 2015).

A diagram of a company

Description automatically generated

Gambar 1 Penelitian-penelitian sebelumnya

Karena penggunaan SVIs sifatnya khusus tergantung pada jenis tanaman dan jenis penyakit sehingga sulit untuk digeneralisasi, beberapa peneliti memilih menggukan metode pemilihan fitur untuk memilih beberapa fitur yang penting dari sinyal hiperspektral dari pada menggunakan SVIs. Moghimi dkk menggunakan ensamble feature selection untuk memilih 15 band yang paling penting dari 215 band yang tersedia yang selanjutnya band-band terpilih tadi diproses menggunakan quadratic discriminant analysis (QDA) untuk mendeteksi stress karena kelebihan garam pada tanaman (Moghimi et al., 2018). Penelitian lainnya menggunakan PCA untuk mengurangi dimensi hyperspectral dari 2500 menjadi 30 dan kemudian menggunakan support vector machine (SVM).

Alih-alih menggunakan metode pemilihan fitur, beberapa penelitian terkini cenderung untuk memanfaatkan semua band dalam data hiperspektral dan kemudian menggunakan tehnik deep learning yang berbasis pada operasi konvolusi untuk mendeteksi penyakit pada tanaman. Penelitian yang dilakukan oleh Godliver dkk (Owomugisha et al., 2021) menggunakan *one-dimensional convolutional neural network* (1D CNN) untuk mendeteksi penyakit yang disebabkan oleh virus pada tanaman ubi jalar. Karena 1D-CNN lemah dalam mengekstraksi fitur global, Jin dkk mengusulkan untuk mengkonversi data sinyal hiperspektral ke dalam bentuk 2 dimensi dan kemudian menggunakan *two-dimentioanal convolutional neural network* (2D-CNN) untuk deteksi penyakit head blight pada tanaman gandum (Jin et al., 2018). 2D-CNN tersebut memang lebih bagus dari pada 1D-CNN, namun perubahan dimensi dari 1D ke 2D pada data hiperspektral memungkinkan adanya informasi yang hilang.

Oleh karena itu, Khotimah dkk mengusulkan suatu metode deep learning bernama SC-CAN yang menggunakan konvolusi 1 dimensi yang bisa mengekstraksi fitur local dan fitur global dengan cara menambahkan operasi dilasi pada proses konvolusi dan menambahkan modul channel attention untuk membuat model tersebut fokus pada informasi-informasi yang penting (Khotimah et al., 2022). Namun demikian, ternyata operasi dilasi pada proses konvolusi bisa mengakibatkan hilangnya informasi ketetanggaan jika rasio dilasinya terlalu tinggi. Selain itu layer konvolusinya juga mempunyai receptive field yang sudah fix yang tergantung pada rasio dilasi, sehingga mengurangi kemampuannya dalam mengekstraksi fitur global.

Sementara itu, Vaswani dkk mengusulkan suatu arsitektur deep learning yang tidak mengandung layer konvolusi sama sekali yang di sebut dengan Transformer untuk mengekstraksi fitur global dari suatu data (Vaswani et al., 2017). Transformer yang dilengkapi dengan mekanisme self-attention dapat mengekstraksi hubungan antar elemen dalam suatu input, sehingga sangat cocok digunakan untuk mengekstraksi fitur global. Model tersebut kemudian digunakan untuk menyelesaikan masalah di bidang NLP seperti: peringkasan dokumen, klasifikasi dokumen, translasi dokumen. Hasil eksperimennya menunjukkan bahwa model yang ia usulkan sangat menjanjikan. Keberhasilan Transformer dalam menyelesaikan problem di bidang NLP, menginspirasi banyak peneliti untuk mengadopsinya untuk menyelesaikan problem-problem pada domain yang lain, seperti pada visi (Khan et al., 2022).

Namun, karena Transformer merupakan suatu model yang membutuhkan data training yang besar mencapai jutaan data, tidak semua masalah bisa diselesaikan dengan Transformer secara langsung. Contohnya dalam aplikasi pendeteksian dini penyakit pada tanaman, data hiperspektral yang tersedia sangat terbatas. Sehingga pada penelitian kami sebelumnya, kami mengusulkan penggunaan modul spectral-to-token (S2T) dan multiscale conformer encoder (MCE) yang membuat Transformer mampu mengekstraksi fitur-fitur pada data hiperspektral walaupun jumlah data latih yang tersedia terbatas (Khotimah et al., 2023). Model tersebut kemudian disebut dengan MCE-ST.

Walaupun MCE-ST lebih bagus dibandingakan dengan metode-metode deep learning berbasis konvolusi dan merupakan state of the art, namun akurasinya masih perlu ditingkatkan sehingga bisa diterapkan di dunia nyata. Terinspirasi dari kesuksesan penggunaan Transformer pada aplikasi visi komputer, dalam penelitian ini kami mengusulkan untuk menggunakan pretrained Vit-Transformer (Transformer yang sudah di-pretrain menggunakan data gambar) untuk menyelesaikan problem deteksi dini penyakit pada tanaman menggunakan data hiperspektral. Karena data hiperspektral strukturnya 1 dimensi maka kami akan mendesain suatu modul tambahan agar input yang kami miliki sesuai untuk ViT-Transformer. Dan juga kami akan mengeksplor proses fine-tuning, sehingga deteksi penyakit dini pada tanaman menggunakan data hiperspektral mampu menghasilkan performa yang maksimal.

# METODE

Metode dan cara untuk mencapai tujuan yang telah ditetapkan dalam penelitian ini terdiri dari beberapa tahap. Adapun tahapan dan tanggung jawab masing-masing peneliti secara umum ditunjukkan pada diagram alir penelitian yang ditampilkan pada Gambar 2.

**Tahapan Penelitian:**

1. Review Literatur

Tahapan pertama yang sedang peneliti lakukan adalah melakukan studi literatur. Ada 2 hal utama yang peneliti pelajari di dalam studi literatur yaitu: 1) metode yang dapat merubah sinyal hiperspektral menjadi image 2) bagaimana bisa memanfaatkan ViT Transformer untuk data yang jumlah data latihnya terbatas.

1. Pengumpulan dataset

Dataset yang akan kami gunakan untuk uji coba awal adalah dataset “Cassava Spectral and Image Dataset” yang kami dapat dari Havard Dataverse. Dataset tersebut mengandung data spectral tanaman ubi jalar yang sehat, yang terserang penyakit mosaic dan brown streak. Dataset tersebut bisa diakses di link berikut: https://dataverse.harvard.edu/file.xhtml?fileId=6419439&version=5.0.

Output: dataset

1. Implementasi Modul yang tepat untuk mengubah data hiperspektral ke dalam bentuk gambar.

Short Term Fourier Transform (STFT) adalah salah satu metode yang dapat menggambarkan frekuensi sinusoidal terhadap waktu. Dengan input sinyal terhadap waktu, STFT ini mampu merubah sinyal ke dalam image 2 dimensi. Problem yang akan diselesaikan di dalam penelitian ini, datanya bukan sinyal terhadap waktu melainkan sinyal terhadap panjang gelombang. Tapi kami berpendapat jika kami bisa memanfaatkan STFT ini untuk data hiperspektral, maka itu akan menjadi kontribusi tersendiri di dalam bidang yang kami teliti.

Input: sinyal hyperspectral

Output: gambar 2D

1. Melakukan percobaan terhadap ViT-Transformer

ViT Transformer adalah metode Transformer yang diadopsi untuk input berupa data gambar. Metode ini sangat unggul dalam menyelesaikan problem-problem yang berkaitan dengan visi computer seperti pengenalan wajah, pengenalan objek, dll. Berbeda dengan problem tersebut, kami akan mencoba mengadopsi ViT Transformer untuk mengenali gambar hasil dari modul sebelumnya.

Input: gambar 2D

Output: kelas dari gambar

1. Menggabungkan modul yang diusulkan dengan ViT Transformer

Karena modul STFT dan ViT Transformer pada awalnya adalah modul yang berdiri sendiri, di dalam penelitian ini kami akan mencoba menggabungkan kedua modul tersebut menjadi satu kesatuan.

Input: sinyal hyperspectral

Output: kelas dari sinyal hyperspektral

1. Melakukan ujicoba

Setelah proses pembuatan aplikasi yang isinya adalah modul-modul yang sudah kami usulkan selesai. Langkah berikutnya adalah kami akan melakukan uji coba untuk mengetahui performa dari metode yang kami usulkan. Jika hasil uji coba kami bagus, kami akan langsung menyelesaikan tahap berikutnya yaitu membuat karya tulis. Namun jika hasil uji coba kami masih kurang, kami harus menganalisa kekurangannya dan memperbaiki metode yang kami usulkan terlebih dahulu.

1. Pembuatan laporan dan karya tulis

Tahap akhir penelitian ini adalah membuat karya tulis yang nantinya akan di masukkan ke dalam jurnal Q1 dan membuat laporan akhir penelitian.

A diagram of a person's work flow

Description automatically generated

Gambar 2 Tahapan penelitian dan tanggung jawab masing-masing peneliti

# LUARAN

Luaran dari penelitian ini adalah:

1. Sebuah aplikasi untuk deteksi dini penyakit pada tanaman menggunakan data hiperspektral.
2. Sebuah karya tulis yang akan di submit ke dalam jurnal Q1 IEEE Access, IF: 3.9

# JADWAL KEGIATAN

Jadwal detil kegiatan penelitian ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1 Jadwal Kegiatan Penelitian

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Kegiatan | Bulan ke- | | | | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| 1 | Studi literatur |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 2 | Desain model secara Keselurahan |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 3 | Implementasi modul untuk untuk mengubah signal hiperspektral ke gambar |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 4 | Implementasi modul ViT Transformer |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 5 | Implementasi penggabungan 2 modul di atas |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 6 | Uji Coba |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 7 | Menulis hasil penelitian ke dalam karya tulis ilmiah |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 8 | Menulis Laporan Akhir |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

# RENCANA ANGGARAN DAN BIAYA

Adapun rencana anggaran belanja untuk penelitian ditunjukkan pada Gambar 2.



Gambar 3 Rencana Anggaran Belanja Penelitian

**DAFTAR PUSTAKA**

Ang, K. L. M., & Seng, J. K. P. (2021). Big data and machine learning with hyperspectral information in agriculture. *IEEE Access*, *9*, 36699–36718. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3051196

Blackburn, G. A. (2007). Hyperspectral remote sensing of plant pigments. *Journal of Experimental Botany*, *58*(4), 855–867. https://doi.org/10.1093/jxb/erl123

Dosovitskiy, A., Beyer, L., Kolesnikov, A., Weissenborn, D., Zhai, X., Unterthiner, T., Dehghani, M., Minderer, M., Heigold, G., Gelly, S., Uszkoreit, J., & Houlsby, N. (2021). An Image is Worth 16x16 Words: Transformers for Image Recognition at Scale. *ArXiv Preprint*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2010.11929

Hassani, A., Walton, S., Shah, N., Abuduweili, A., Li, J., & Shi, H. (2021). Escaping the Big Data Paradigm with Compact Transformers. *ArXiv Preprint*. https://doi.org/10.48550/arXiv.2104.05704

Iliev, I., Krezhova, D., Yanev, T., Kirova, E., & Alexieva, V. (2009). Response of chlorophyll fluorescence to salinity stress on the early growth stage of the soybean plants (Glycine max L.). *4th International Conference on Recent Advances Space Technologies*, 403–407. https://doi.org/10.1109/RAST.2009.5158234

Jamali, A., Mahdianpari, M., Mohammadimanesh, F., & Homayouni, S. (2022). A deep learning framework based on generative adversarial networks and vision transformer for complex wetland classification using limited training samples. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *115*, 103095. https://doi.org/10.1016/j.jag.2022.103095

Jin, X., Jie, L., Wang, S., Qi, H., & Li, S. (2018). Classifying Wheat Hyperspectral Pixels of Healthy Heads and Fusarium Head Blight Disease Using a Deep Neural Network in the Wild Field. *Remote Sensing*, *10*(3), 395.

Khan, S., Naseer, M., Hayat, M., Zamir, S. W., Khan, F. S., & Shah, M. (2022). Transformers in Vision: A Survey. *ACM Computing Surveys*, *54*(10s), 1–41. https://doi.org/10.1145/3505244

Khotimah, W. N., Bennamoun, M., Boussaid, F., Sohel, F., & Edwards, D. (2020). A high-performance spectral-spatial residual network for hyperspectral image classification with small training data. *Remote Sensing*, *12*(19), 3137.

Khotimah, W. N., Bennamoun, M., Boussaid, F., Xu, L., Edwards, D., & Sohel, F. (2023). MCE-ST: Classifying crop stress using hyperspectral data with a multiscale conformer encoder and spectral-based tokens. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *118*, 103286. https://doi.org/10.1016/j.jag.2023.103286

Khotimah, W. N., Boussaid, F., Sohel, F., Xu, L., Edwards, D., Jin, X., & Bennamoun, M. (2022). SC-CAN: Spectral Convolution and Channel Attention Network for Wheat Stress Classification. *Remote Sensing*, *14*(17), 4288. https://doi.org/10.3390/rs14174288

Lea, C., Flynn, M. D., Vidal, R., Reiter, A., & Hager, G. D. (2017). Temporal Convolutional Networks for Action Segmentation and Detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, 156–165.

Lei, L., Wang, X., Zhong, Y., Zhao, H., Hu, X., & Luo, C. (2021). DOCC: Deep one-class crop classification via positive and unlabeled learning for multi-modal satellite imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *105*, 102598. https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102598

Mahlein, A.-K., Kuska, M. T., Thomas, S., Bohnenkamp, D., Alisaac, E., Behmann, J., Wahabzada, M., & Kersting, K. (2017). Plant disease detection by hyperspectral imaging: from the lab to the field. *Advances in Animal Biosciences*, *8*(2), 238–243. https://doi.org/10.1017/S2040470017001248

Moghimi, A., Yang, C., & Marchetto, P. M. (2018). Ensemble Feature Selection for Plant Phenotyping: A Journey from Hyperspectral to Multispectral Imaging. *IEEE Access*, *6*, 56870–56884.

Owomugisha, G., Melchert, F., Mwebaze, E., Quinn, J. A., & Biehl, M. (2021). Matrix Relevance Learning from Spectral Data for Diagnosing Cassava Diseases. *IEEE Access*, *9*, 83355–83363. https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3087231

Peng, Z., Huang, W., Gu, S., Xie, L., Wang, Y., Jiao, J., & Ye, Q. (2021). Conformer: Local Features Coupling Global Representations for Visual Recognition. *Proceeding of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 367–376.

Plaza, A., Benediktsson, J. A., Boardman, J. W., Brazile, J., Bruzzone, L., Camps-Valls, G., Chanussot, J., Fauvel, M., Gamba, P., Gualtieri, A., Marconcini, M., Tilton, J. C., & Trianni, G. (2009). Recent advances in techniques for hyperspectral image processing. *Remote Sensing of Environment*, *113*(SUPPL. 1). https://doi.org/10.1016/j.rse.2007.07.028

Raji, S. N., Subhash, N., Ravi, V., Saravanan, R., Mohanan, C. N., Nita, S., & Kumar, T. M. (2015). Detection of mosaic virus disease in cassava plants by sunlight-induced fluorescence imaging: a pilot study for proximal sensing. *International Journal of Remote Sensing*, *36*(11), 2880–2897. https://doi.org/10.1080/01431161.2015.1049382

Rao, W., Gao, L., Qu, Y., Sun, X., Zhang, B., & Chanussot, J. (2022). Siamese Transformer Network for Hyperspectral Image Target Detection. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *60*. https://doi.org/10.1109/TGRS.2022.3163173

Rao, W., Qu, Y., Gao, L., Sun, X., Wu, Y., & Zhang, B. (2022). Transferable network with Siamese architecture for anomaly detection in hyperspectral images. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, *106*, 102669. https://doi.org/10.1016/j.jag.2021.102669

Rapaport, T., Hochberg, U., Shoshany, M., Karnieli, A., & Rachmilevitch, S. (2015). Combining leaf physiology, hyperspectral imaging and partial least squares-regression (PLS-R) for grapevine water status assessment. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, *109*, 88–97. https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2015.09.003

Roy, S. K., Krishna, G., Dubey, S. R., & Chaudhuri, B. B. (2019). Hybridsn: Exploring 3-d-2-d cnn feature hierarchy for hyperspectral image classification. *IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters*, *17*(2), 277–281.

Sarwat, M., Ahmad, A., Abdin, M. Z., & Ibrahim, M. M. (2016). *Stress signaling in plants: Genomics and proteomics perspective*. Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-42183-4

Sonobe, R., Yamashita, H., Nofrizal, A. Y., Seki, H., Morita, A., & Ikka, T. (2021). Use of spectral reflectance from a compact spectrometer to assess chlorophyll content in Zizania latifolia. *Geocarto International*, *37*(18), 5363–5375. https://doi.org/10.1080/10106049.2021.1914747

Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, *203*(1), 32–43.

Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., Uszkoreit, J., Jones, L., Gomez, A. N., Kaiser, Ł., & Polosukhin, I. (2017). Attention is all you need. *Advances in Neural Information Processing Systems*, *30*, 5999–6009.

Wang, Y., Wang, H., & Peng, Z. (2021). Rice diseases detection and classification using attention based neural network and bayesian optimization. *Expert Systems with Applications*, *178*, 114770.

West, J. S., Bravo, C., Oberti, R., Moshou, D., Ramon, H., & McCartney, H. A. (2010). Detection of fungal diseases optically and pathogen inoculum by air sampling. In *Precision Crop Protection - The Challenge and Use of Heterogeneity* (pp. 135–149). Springer Netherlands.

Zhong, Z., Li, J., Luo, Z., & Chapman, M. (2018). Spectral–Spatial Residual Network for Hyperspectral Image Classification: A 3-D Deep Learning Framework. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, *56*(2), 847–858. https://doi.org/10.1109/TGRS.2017.2755542

Zhou, F., Hang, R., Liu, Q., & Yuan, X. (2019). Hyperspectral image classification using spectral-spatial LSTMs. *Neurocomputing*, *328*, 39–47.

1. **TIM RISET**

Bagan organisasi tim peneliti bisa dilihat pada Tabel 1.

Tabel 2 Organisasi Tim Peneliti

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **No.** | **Nama** | **Departemen/Fakultas** | **Posisi di Tim Riset (Ketua/Anggota/Mahasiswa)** | **Uraian Tugas** |
| 1 | Wijayanti Nurul Khotimah | Teknik Informatika/ FTEIC | **Ketua** | Memastikan jalannya penelitian, Membangun modul untuk merubah sinyal menjadi gambar (modul 1), Melakukan Ujicoba, Menulis Artikel dan Laporan |
| 2 |  |  | **Anggota** | Mengeksplorasi ViT Transformer, Melakukan Ujicoba, Menulis Artikel |
| 3 | Hari Purnomo | Teknik Informatika/ FTEIC | **Anggota** | Tenaga Administrasi |
| 4 | Ahmad Padilla | Teknik Informatika/FTEIC | Mahasiswa | Membangun koneksi antara modul 1 dengan ViT Transformer, Melakukan Ujicoba |

1. **LAMPIRAN**

Berisi :

1. Lampiran CV.

Dokumen-dokumen terkait sesuai ketentuan dalam panduan yang meliputi: ketua dan anggota, H-index scopus, dan mencantumkan rekam jejak penelitian yang relevan dalam 5 (lima) tahun terakhir yang terdiri dari rekam jejak publikasi/ HKI/buku/kegiatan penelitian, dan penghargaan. (**Format Lihat Lampiran 12**)

1. Surat Pernyataan Kesediaan Mitra Industri/Instansi. (**Format Lihat Lampiran 13**)
2. Surat Komitmen Peneliti Luar ITS. (**Format Lihat Lampiran 14**).

# Lampiran 12. Format Biodata Ketua dan Anggota Tim Peneliti

1. Identitas Peneliti

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 1 | Nama Lengkap (dengan gelar) |  |
| 2 | Jenis Kelamin | L/P |
| 3 | NIP/NIK/Identitas lainnya |  |
| 4 | NIDN (jika ada) |  |
| 5 | Tempat dan Tanggal Lahir |  |
| 6 | E-mail |  |
| 7 | Nomor Telepon/HP |  |
| 8 | Nama Institusi Tempat Kerja |  |
| 9 | Alamat Kantor |  |
| 10 | Nomor Telepon/Faks |  |

1. Riwayat Pendidikan

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | S-1 | S-2 | S-3 |
| Nama Perguruan Tinggi |  |  |  |
| Bidang Ilmu |  |  |  |
| Tahun Masuk-Lulus |  |  |  |
| Judul Skripsi/Tesis/Disertasi |  |  |  |
| Nama Pembimbing/Promotor |  |  |  |

1. Pengalaman Penelitian Dalam 5 Tahun Terakhir

(Bukan Skripsi, Tesis, dan Disertasi)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Tahun | Judul Penelitian | Pendanaan | |
| Sumber Dana | Jumlah Dana (Rp) |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |  |

1. Publikasi Artikel Ilmiah Jurnal yang Relevan Dalam 5 Tahun Terakhir

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Judul Artikel Ilimah | Nama Jurnal | Volume / Nomor / Tahun |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |

1. Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) yang Relevan Dalam 5 Tahun Terakhir

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) | Pemakalah Seminar Ilmiah (*Oral Presentation*) | Waktu dan Tempat |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |

1. Karya Buku dalam 5 Tahun Terakhir

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Judul Buku | Tahun | Jumlah Halaman | Penerbit |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |  |

1. HKI dalam 10 Tahun Terakhir

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Judul/Tema HKI | Tahun | Jenis | Nomor P/ID |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |  |

1. Pengalaman Merumuskan Kebijakan Publik/Rekayasa Sosial Lainnya dalam 10 Tahun Terakhir

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Judul/Tema/Jenis Rekayasa Sosial Lainnya yang Telah Diterapkan | Tahun | Tempat Penerapan | Respon Masyarakat |
| 1 |  |  |  |  |
| 2 |  |  |  |  |
| 3 |  |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |  |

1. Penghargaan dalam 10 tahun Terakhir (dari pemerintah, asosiasi atau institusi lainnya)

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| No | Jenis Penghargaan | Institusi Pemberi Penghargaan | Tahun |
| 1 |  |  |  |
| 2 |  |  |  |
| 3 |  |  |  |
| Dst. |  |  |  |

**Semua data yang saya isikan dan tercantum dalam biodata ini adalah benar dan dapat** **dipertanggungjawabkan secara hukum. Apabila di kemudian hari ternyata dijumpai ketidaksesuaian** **dengan kenyataan, saya sanggup menerima sanksi.** **Demikian biodata ini saya buat dengan sebenarnya untuk memenuhi salah satu persyaratan dalam** **pengajuan**

**Kota, tanggal-bulan-tahun**

**Ketua Utama/Ketua Sub Judul/ Anggota Sub Judul/Ketua/Anggota\***

**Tanda tangan**

**(Nama Lengkap)**

**\****Disesuaikan dengan jabatan dalam tim pelaksana*

# Lampiran 13. Format Surat Pernyataan Kesediaan Mitra Industri/Instansi

**SURAT PERNYATAAN KESEDIAAN MITRA INDUSTRI/INSTANSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini kami:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | ............................................................................ |
| Jabatan | : | ............................................................................ |
| Nama Industri/Instansi | : | ............................................................................ |

menyatakan bersedia untuk melaksanakan tanggung jawab sebagai mitra penelitian :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Judul Penelitian | : | ............................................................................ |
| Ketua Tim Peneliti | : | ............................................................................ |

Dengan memberi kontribusi atau dana pendamping *in cash* sebesar Rp ............................

dan/atau *in kind* berupa ........................................................................................................

Surat pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya untuk digunakan seperlunya.

Kota, Tanggal-Bulan-Tahun

Pimpinan Mitra/Instansi

*Materai Rp. 10.000*

(....................................................)

# Lampiran 14. Format Surat Komitmen Peneliti Luar ITS

**SURAT KOMITMEN PENELITI LUAR ITS**

Yang bertanda tangan di bawah ini kami:

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Nama | : | ............................................................................ |
| Jabatan | : | ............................................................................ |
| Nama Perguruan Tinggi | : | ............................................................................ |

menyatakan bersedia untuk melaksanakan tanggung jawab sebagai anggota tim penelitian :

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Judul Penelitian | : | ............................................................................ |
| Ketua Tim Peneliti | : | ............................................................................ |

Dengan tugas …………………………………………………………………………………..

…………………………………………………………………………………………………

Surat pernyataan ini kami buat dengan sebenarnya untuk digunakan seperlunya.

Kota, Tanggal-Bulan-Tahun

Mengetahui,

Ketua LPPM/Direktur Penelitian/DRPM Peneliti Mitra,

Afiliasi Mitra,

*Materai Rp. 10.000*

(....................................................) (....................................................)