

**SHANKARA: APLIKASI *SMART FARMING* MENGGUNAKAN
MACHINE LEARNING BERBASIS DATA GEOSPASIAL
SEBAGAI AKSELERASI PEREKONOMIAN PERTANIAN
MENUJU PENCAPAIAN SDGS DI INDONESIA (STUDI KASUS:
KABUPATEN TABANAN, BALI)**

**Darell Liu Hermawan, Siti Nur'Azizah , Wanwha Sonia P.A.S , Ika Qutsiati
Utami, S.Kom., M.Sc.**

Universitas Airlangga

Abstrak

Indonesia adalah negara potensial dengan hasil pertanian yang melimpah. Berdasarkan Peta Jalan SDGs menuju 2030, luas hasil pertanian di Indonesia berpotensi mencapai 4,81 juta hektare yang diharapkan dapat memenuhi 60% kebutuhan penduduk yang terus bertambah. Akan tetapi, mayoritas petani di Indonesia adalah petani kecil yang tiap individunya hanya Mendapatkan Peringkat *Return* Terbaik Pula. Hal Ini Menjadi Tujuan Penelitian Kami Untuk Melakukan Optimalisasi *On-Demand Delivery* Di Bidang Logistik. mengelola 0,6 hektar lahan pertanian. Terlebih, ketidakpastian iklim menyulitkan petani dalam menentukan komoditas yang akan ditanam sehingga memicu terjadinya gagal panen di beberapa wilayah salah satunya di Kabupaten Tabanan, Bali. Pada tahun 2020, hasil pertanian di wilayah tersebut menyebabkan penurunan tingkat perekonomian daerah sekitar 1,20% dari 6,14%. Dari penurunan tersebut diperlukan upaya pengoptimalan hasil pertanian dan perluasan pemasaran yang sejalan untuk menghindari *oversupply*. Oleh karena itu, peneliti berinisiatif untuk memanfaatkan *machine learning* dalam memberikan rekomendasi tanaman potensial yang dapat bertahan hidup hingga waktu panen berdasarkan data geospasial. Salah satu metode pendekatan yang digunakan adalah *deep learning* dengan model *Long Short Term Memory* (LSTM) untuk memprediksi keadaan geospasial meliputi suhu, curah hujan dan kelembaban di Kabupaten Tabanan pada masa yang akan datang. Selain itu, alternatif sistem rantai pasok dengan metode *Short Food Supply Chain* (SFSCs) diterapkan untuk mengatasi masalah *oversupply*. Hasil penelitian berupa aplikasi yang dapat dimanfaatkan secara *real time* dengan dua fitur utama yaitu klasifikasi tanaman dan pemasaran hasil pertanian. Inovasi ditujukan mempermudah aktivitas pertanian di Kabupaten Tabanan melalui teknologi *Smart Farming* untuk meningkatkan perekonomian.

Kata Kunci : *Data Geospasial, Deep Learning, LSTM, SFSCs, Smart Farming.*

BAB I

PENDAHULUAN

A. Latar Belakang

Hasil pertanian merupakan salah satu sumber daya alam potensial di Indonesia. Pertanian menyumbang kontribusi yang sangat signifikan terhadap pencapaian target dan tujuan Program *Sustainable Development Goals* (SDGs) yakni memberantas kemiskinan (*No Poverty*) dan kelaparan (*Zero Hunger*). Berdasarkan Peta Jalan SDGs menuju 2030, hasil pertanian di Indonesia harus tumbuh sebesar 60% untuk memenuhi kebutuhan penduduk yang terus bertambah [1]. Berdasarkan perhitungan menggunakan metode Kerangka Sample Area (KSA) melalui teknologi Sistem Informasi Geografi (SIG) luas hasil pertanian yang potensial di Indonesia mencapai 4,81 juta hektare [2]. Potensi tersebut belum dimanfaatkan secara optimal karena mayoritas petani di Indonesia adalah petani kecil yang rata-rata hanya mengelola 0,6 hektar lahan pertanian [3]. Oleh karena itu, diperlukan upaya optimalisasi hasil produksi pertanian untuk memenuhi kebutuhan pangan, pembangunan, dan perekonomian Indonesia.

Salah satu hambatan dalam upaya optimalisasi hasil pertanian adalah perubahan iklim. Sejak pertama kali diumumkan oleh *Intergovernmental Panel on Climate Change* (IPCC) tahun 1988, masalah perubahan iklim belum tuntas bahkan belum mengarah pada perbaikan yang signifikan [4]. Risiko terberat bagi sektor pertanian adalah gagal panen di beberapa wilayah. Wilayah pertanian yang menjadi perhatian pemerintah saat ini adalah Kabupaten Tabanan, Bali karena menyumbang 1.20% dari 6.14% penurunan tingkat perekonomian daerah [5].

Ada beberapa permasalahan yang dihadapi petani di Kabupaten Tabanan, Bali. Permasalahan pertama yaitu kendala terkait penentuan komoditas pertanian yang akan ditanam akibat adanya prediksi keadaan lingkungan yang menyimpang dari kalender tanam. *World Meteorological Organisation* (WMO) memprediksi bahwa pada tahun 2025 akan terjadi kenaikan temperatur sebesar 1.5C dalam setahun [6]. Hal tersebut menimbulkan kekhawatiran petani dalam menentukan jenis komoditas yang akan ditanam. Permasalahan kedua yaitu kesulitan dalam pengolahan tanah karena kadar mineral dalam tanah dapat berubah dengan cepat akibat pengaruh kondisi lingkungan yang berlangsung. Upaya mengoptimalkan hasil pertanian harus mampu mengatasi dua permasalahan tersebut dan sejalan dengan upaya memperluas area pemasaran hasil pertanian untuk menghindari risiko kerugian besar akibat *oversupply*.

Upaya Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) untuk mengatasi permasalahan iklim adalah menghadirkan inovasi teknologi yang bermanfaat

bagi pertanian yang dimuat dalam *Indonesian Soil and Agro-climate Information System* (INA SOIL AGRO) yaitu SISCrop 2.0 dan Sistem Kalender Tanam Terpadu (KATAM) [7]. Inovasi tersebut digunakan untuk menampung data-

data pertanian, namun belum dapat digunakan secara *realtime*. Penggunaan INA SOIL AGRO juga masih memerlukan pemahaman cukup tinggi terkait iklim. Selain itu, INA SOIL AGRO difokuskan pada optimalisasi hasil pertanian dan belum dikembangkan untuk menyelesaikan masalah rantai pasok hasil pertanian.

Berdasarkan permasalahan tersebut, peneliti berinisiatif memberikan solusi dengan membuat aplikasi berbasis android yang dapat dimanfaatkan secara *realtime*. Aplikasi tersebut terdiri dari dua fitur unggulan yaitu fitur rekomendasi tanaman dan fitur dukungan yang menerapkan *Short Food Supply Chain* (SFSCs). Klasifikasi tanaman didasarkan pada kecocokan kondisi lingkungan yang telah diprediksi melalui pengolahan dan pemodelan data geospasial. Fitur klasifikasi tanaman akan memberikan daftar komoditas yang potensial sesuai dengan kondisi iklim yang berlangsung. Fitur dukungan yang menerapkan *Short Food Supply Chain* (SFSCs) bertujuan untuk meminimalkan kasus *oversupply* hasil pertanian di Kabupaten Tabanan. Oleh karena itu, peneliti mengusung gagasan yang berjudul “Shankara: Aplikasi *Smart Farming* Menggunakan Machine Learning Berbasis Data Geospasial sebagai Akselerasi Perekonomian Pertanian Menuju Pencapaian SDGs di Indonesia (Studi Kasus: Kabupaten Tabanan, Bali)”.

B. Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas diperoleh rumusan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana pemanfaatan *machine learning* dalam merekomendasi tanaman yang potensial untuk meminimalkan risiko gagal panen setiap bulan?
2. Bagaimana permasalahan rantai pasok dan solusinya dalam aktivitas pertanian di Kabupaten Tabanan?

C. Tujuan Penulisan

Tujuan Penelitian berdasarkan rumusan masalah tersebut adalah:

1. Mengaplikasikan *machine learning* dalam permasalahan rekomendasi tanaman yang potensial untuk meminimalkan risiko gagal panen setiap bulan.
2. Menganalisis permasalahan rantai pasok dan solusinya dalam aktivitas pertanian di Kabupaten Tabanan.

D. Manfaat Penulisan

1. Manfaat bagi penulis yaitu mengasah ketrampilan dengan membuat aplikasi yang dapat dimanfaatkan petani guna meningkatkan pertumbuhan ekonomi

Kabupaten Tabanan.

2. Manfaat bagi masyarakat yaitu mengatasi permasalahan pertanian di Kabupaten Tabanan yang berpengaruh pada tingkat pertumbuhan ekonomi..

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

A. Landasan Teori

Landasan teori ini berisi mengenai definisi, konsep, dan proposisi yang telah tersusun secara sistematis mengenai variabel penelitian. Fungsi utama dari landasan teori adalah untuk mengaitkan dengan pengetahuan yang baru dan juga memudahkan penelitian dalam menyusun sebuah hipotesis serta metode penelitian.

1. Data Geospasial

Menurut Undang-Undang No 4 Tahun 2011, geospasial atau ruang kebumian adalah aspek keruangan yang menunjukkan lokasi, letak, dan posisi suatu objek atau kejadian yang berada di bawah, pada, atau di atas permukaan bumi yang dinyatakan dalam sistem koordinat tertentu [8]. Data geospasial digunakan untuk memudahkan dalam pengolahan dan pengumpulan informasi secara keseluruhan yang mana terdiri atas *consumer spending*, *demographic*, *foot print*, dan lain sebagainya. Masing-masing dari data tersebut dapat digunakan dalam menganalisis suatu permasalahan, seperti *site selection* untuk industri ritel, *urban planning* untuk sektor pemerintahan dan publik, dan sebagainya.

Sumber data geospasial diperoleh melalui pengukuran secara langsung maupun tak langsung. Seiring berjalannya waktu dan berkembangnya teknologi, saat ini sumber data geospasial terbesar adalah data GNSS (*Global Navigation Satellite System*) yang berasal dari Amerika [9]. Data geospasial lebih banyak dimanfaatkan dalam teknik *geospasial analysis* yang digunakan untuk pengambilan data sebagai pemahaman terkait pemodelan cuaca, peramalan populasi hingga tren penjualan.

2. Deep Learning

Deep learning adalah sub bidang *machine learning* yang algoritmanya terinspirasi dari struktur otak manusia. Struktur tersebut dinamakan *Artificial Neural Networks* (ANN). Pada dasarnya, *deep learning* merupakan jaringan saraf yang memiliki tiga atau lebih lapisan ANN yang mampu belajar dan beradaptasi terhadap sejumlah besar data serta menyelesaikan berbagai permasalahan yang sulit diselesaikan dengan algoritma *machine learning* lainnya [10]. Dalam teknologi, *deep learning* terdiri dari beberapa

jaringan saraf tiruan yang saling berhubungan dan ada beberapa jenis algoritma yang digunakan, di antaranya adalah:

a) *Convolutional Neural Networks* (CNN)

CNN atau ConvNets terdiri atas beberapa lapisan. Jenis algoritma *deep learning* ini digunakan dalam memproses data berupa gambar atau mendeteksi objek. Saat pertama diperkenalkan, CNN bernama LeNet dan berfungsi sebagai sistem untuk mendeteksi karakter seperti kode pos.

b) *Recurrent Neural Network* (RNN)

Algoritma RNN menghasilkan koneksi yang membentuk siklus teratur. Siklus tersebut kemudian memproses *output* yang berasal dari LSTM untuk dijadikan *input* pada fase terkini. Hal ini bisa terjadi karena RNN memiliki memori internal. RNN digunakan untuk memberi *caption* pada gambar, menganalisis deret waktu, memproses *natural-language*, hingga mengenali tulisan tangan.

c) *Long Short Term Memory Network* (LSTM)

LSTM merupakan salah satu jenis RNN yang dapat mempelajari sekaligus mengingat ketergantungan jangka panjang. Hasilnya, algoritma LSTM mampu mengingat kembali informasi dari waktu yang lama. LSTM mementingkan informasi dibandingkan waktu, hal ini membuat LSTM sangat efektif untuk memperkirakan deret waktu karena algoritma ini mampu mengingat *input* terdahulu.

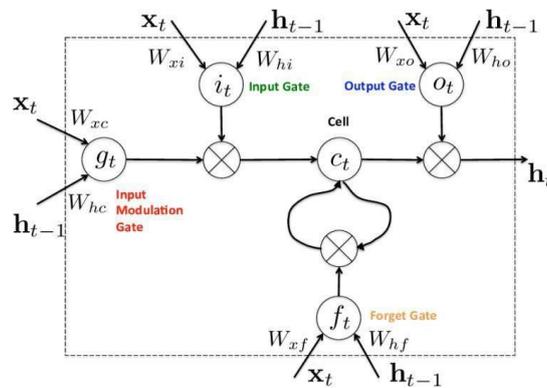
d) *Self-Organizing Maps* (SOM)

SOM memungkinkan visualisasi data untuk mengurangi dimensi data melalui jaringan neural buatan yang beroperasi mandiri. Algoritma SOM dirancang untuk membantu *user* memahami informasi berdimensi tinggi.

Manfaat dari *deep learning* adalah dapat memproses *unstructured data* seperti teks dan gambar, otomatisasi proses ekstraksi fitur tanpa perlu melakukan proses pelabelan secara manual, memberikan hasil akhir yang berkualitas serta dapat melakukan manipulasi data dengan lebih efektif. Untuk penerapan, *deep learning* digunakan di setiap aplikasi cerdas yang melibatkan bahasa alami (*Natural Language Processing*). NLP merupakan sub bidang *Artificial Intelligence* (AI) untuk menganalisis, memodelkan, dan memahami bahasa manusia. *Deep learning* juga dapat mendeteksi anomali yang merupakan tahapan untuk mengidentifikasi pola yang tidak beraturan atau tidak sesuai dengan perilaku yang diprediksi.

3. Long Short Term Memory Network (LSTM)

Long Short Term Memory Network (LSTM) merupakan varian dari unit Recurrent Neural Network (RNN). LSTM secara umum terdiri dari *cell*, *input gate*, *output gate*, dan *forget gate*. LSTM neural network hadir sebagai solusi yang tepat dalam mengklasifikasi, memproses, dan membuat prediksi berdasarkan data *time series* karena kemungkinan terdapat kelangkaan durasi yang tidak diketahui di antara peristiwa penting dalam rangkaian waktu [11]. Arsitektur umum LSTM terdiri dari *memory cell*, *input gate*, *output gate*, dan *forget gate*. LSTM *cell* mengambil masukan dan menyimpannya untuk beberapa waktu. Secara intuitif, *input gate* mengontrol sejauh mana nilai baru akan berjalan ke dalam *cell*, *forget gate* mengontrol sejauh mana nilai tetap di dalam *cell*, dan *output gate* mengontrol sejauh mana nilai dalam *cell* digunakan untuk menghitung aktivasi keluaran dari unit LSTM. Adapun arsitektur LSTM pada **Gambar 2.1**.



Gambar 2.1 Arsitektur LSTM

Data masuk pada *forget gates* akan diolah sesuai informasinya dan dipilih data yang akan disimpan pada *memory cell*. Fungsi aktivasinya menggunakan sigmoid. Persamaan (1) menggambarkan prinsip kerjanya, sedangkan *input gates* memiliki 2 *gate* yang menggunakan fungsi aktivasi *sigmoid* untuk memperbarui informasi dan menggunakan fungsi aktivasi *tanh* yang akan menyimpan nilai baru di *memory cell*. Hal ini dapat digambarkan pada persamaan (2) dan (3).

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_f) \quad (1)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_i) \quad (2)$$

$$\hat{c}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_c) \quad (3)$$

Persamaan (4) adalah hasil gabungan nilai pada *input gate*. *Forget gate* akan menggantikan nilai *memory cell* oleh *cell gates*. Pada *output gates* juga terdapat 2 *gate* yaitu untuk memutuskan nilai yang akan dikeluarkan dengan fungsi aktivasi *sigmoid* dan menyimpan nilai dengan memakai fungsi aktivasi *tanh*. Hal ini dirumuskan pada persamaan (5) dan (6).

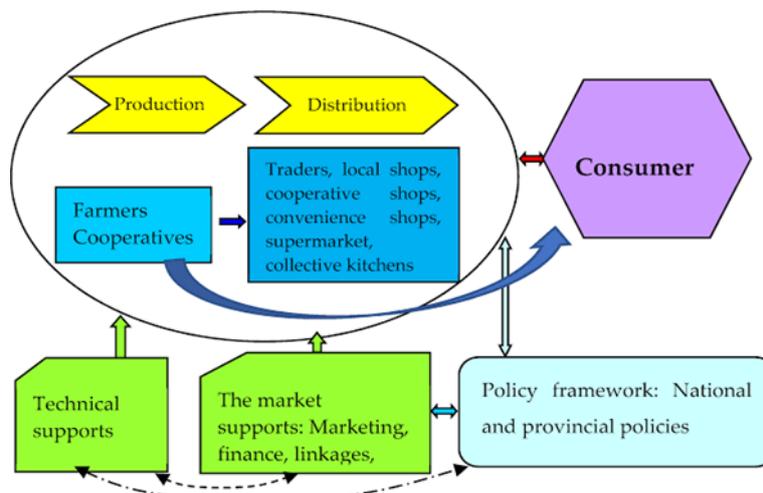
$$c_t = (f_t * c_{t-1} + i_t * c_t) \quad (4)$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, x_t] + b_o) \quad (5)$$

$$\hat{h}_t = (o_t \tanh(c_t)) \quad (6)$$

4. Short Food Supply Chain (SFSCs)

Short Food Supply Chain (SFSCs) adalah pasar makanan alternatif yang dicirikan oleh sedikit (atau tidak ada) perantara antara produsen dan konsumen [12]. SFSCs bertujuan untuk menyediakan produk yang mengandung karakteristik identitas lokal, alam, kesehatan, dan kepercayaan kepada konsumen [13]. SFSCs dapat menjadi peluang bagi produsen dan konsumen dalam meningkatkan interaksi dan penyebaran informasi mengenai produk. SFSCs dapat meningkatkan keberlanjutan produk dalam empat dimensi yaitu lingkungan, kesehatan dan kesejahteraan, sosial serta ekonomi. Dalam faktor lingkungan, SFSCs dapat mengurangi penggunaan sumber daya mineral. Selain itu, SFSCs dapat meningkatkan pengetahuan dan ketertarikan konsumen pada pangan dan pola hidup sehat. Pada sisi sosial, SFSCs dapat meningkatkan kepercayaan antara produsen dan konsumen. Pada sisi ekonomi, dalam jangka panjang dapat mengurangi biaya produksi dan distribusi produk, meningkatkan volume produksi serta jenis produk.



Gambar 2.2 Short Food Supply Chain (SFSCs) dalam sampel survei

SFSCs dianggap sebagai sistem rantai pasok yang tepat untuk produk pangan organik dan lokal untuk petani kecil. Menurut [13], karakteristik umum SFSCs tidak hanya terdiri dari hubungan produsen dan konsumen pada sistem rantai pasok namun juga mengenai hubungan *value* produk. Dengan sistem penjualan secara langsung, petani mendapatkan keuntungan yang lebih dibandingkan melalui pihak ketiga, selain itu petani dapat secara langsung memberikan informasi kepada konsumen mengenai keistimewaan produk organik. Pada sisi konsumen, mereka mendapatkan informasi mengenai produk organik dan berawal dari informasi mengenai produk organik tersebut selanjutnya dapat

meningkatkan ketertarikan dan kepedulian konsumen mengenai produk organik dan pola hidup sehat.

5. Smart Farming

Sistem cerdas berbasis kecerdasan buatan (*Artificial Intelligence*) di pertanian sudah diterapkan untuk berbagai aspek, mulai dari pembibitan dan penanaman hingga panen dan pascapanen, dari penyemprotan hingga pengelolaan ternak, dan sebagainya [14]. Model matematika digunakan untuk menganalisis data hasil panen sebelumnya, cuaca, kandungan kimiawi, kondisi daun, dan biomassa, seorang petani dapat memrediksi hasil pertanian dan dengan bantuan sistem pakar dapat memperoleh informasi upaya apa yang harus dilakukan berikutnya [15]. Peran *machine learning* dapat dilibatkan di sini dalam pencarian *insight* maupun pengambilan keputusan. Dengan prediksi semacam ini para petani akan tahu apa yang akan ditanam, di mana, dan kapan untuk mencapai hasil panen yang maksimal sehingga dapat meningkatkan produksi pertanian di daerah yang laju pertumbuhan penduduknya tinggi seperti di Indonesia.

6. *Systems Development Life Cycle* (SDLC)

Systems Development Life Cycle (SDLC) adalah siklus yang digunakan dalam pembuatan atau pengembangan sistem informasi yang bertujuan untuk menyelesaikan masalah secara efektif. Siklus yang efektif ini mengacu pada tahapan kerja yang bertujuan untuk menghasilkan sistem berkualitas tinggi yang sesuai dengan keinginan pelanggan atau tujuan dibuatnya sistem tersebut. SDLC menjadi kerangka yang berisi langkah-langkah yang harus dilakukan untuk memproses pengembangan suatu perangkat lunak. Pola dalam SDLC diambil untuk mengembangkan sistem perangkat lunak yang terdiri dari tahap-tahap: rencana (*planning*), analisis (*analysis*), desain (*design*), implementasi (*implementation*), uji coba (*testing*) dan pengelolaan (*maintenance*) [16].

Terdapat 3 jenis metode siklus hidup sistem yang paling banyak digunakan, yakni: siklus hidup sistem tradisional (*traditional system life cycle*), siklus hidup menggunakan *prototyping* (*life cycle using prototyping*), dan siklus hidup sistem orientasi objek (*object-oriented system life cycle*) [17]. SDLC berfungsi sebagai pembagi peranan dan tanggung jawab yang jelas antara pengembang, desainer, analis bisnis, dan manajer proyek. Di samping itu, SDLC juga dapat memberikan gambaran *input* dan *output* yang jelas dari satu tahap menuju tahap selanjutnya.

B. Penelitian Terdahulu yang Relevan

Untuk mendukung permasalahan terhadap pembahasan, peneliti berusaha menemukan berbagai literatur dan penelitian terdahulu (*prior research*) yang relevan terhadap masalah yang menjadi obyek penelitian saat ini. Hal ini menjadi syarat mutlak

dalam penelitian ilmiah dalam menghindari plagiarisme atau menyontek secara utuh hasil karya tulisan orang lain. Oleh karena itu, untuk memenuhi kode etik dalam penelitian ilmiah maka sangat diperlukan eksplorasi terhadap penelitian-penelitian terdahulu yang relevan. Tujuannya adalah untuk menegaskan penelitian, posisi penelitian dan sebagai teori pendukung guna menyusun konsep berpikir dalam penelitian. Adapun beberapa penelitian terdahulu yaitu:

Penelitian oleh [15] yang berjudul “Penerapan *Machine Learning* Berbasis Data Geospasial untuk Optimalisasi Lahan Pertanian Pada Masa Pandemi dan Pasca Pandemi”. Jenis penelitian ini merupakan deskriptif, dengan menggunakan metode pendekatan kualitatif. Persamaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah objek yang diteliti sama-sama terkait klasifikasi jenis tanaman berdasarkan data geospasial serta jenis dan metode pendekatan penelitian yang digunakan sama-sama menggunakan metode kuantitatif. Perbedaan penelitian sebelumnya dengan penelitian ini adalah lokasi penelitian sebelumnya terletak di sepuluh Kecamatan di beberapa Kabupaten/Kota yang ada di Jawa Timur sedangkan dalam penelitian ini yang menjadi Subjeknya adalah Kabupaten Tabanan, Bali. Data geospasial dalam penelitian sebelumnya diperoleh dari pengindraan jauh yang kemudian diolah oleh NASA *Goddard Space Flight Center* dan diakses dari Google *Earth Engine* sedangkan dalam penelitian ini data geospasial khususnya di Kabupaten Tabanan diperoleh dengan mengakses *Data Access Viewer* – NASA secara daring yang selanjutnya peneliti mengambil data rekomendasi tanaman dengan menggunakan platform Kaggle.

Sejumlah penelitian menunjukkan bahwa SFSCs dapat menciptakan manfaat ekonomi, sosial, dan lingkungan, tetapi sebagian besar metode tersebut diterapkan di negara maju. Penelitian oleh [18] bertujuan untuk mengetahui karakteristik rantai pasok pangan pendek dan manfaatnya bagi petani kecil di Vietnam yang merupakan negara berkembang. Akan tetapi, penelitian ini dapat menjadi bahan pertimbangan dalam membuat kebijakan untuk terkait SFSCs di Vietnam secara berkelanjutan di masa depan.

Persamaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya yaitu sama- sama meneliti tentang efektivitas penerapan SFSCs dengan cara mempertimbangkan manfaat ekonomi bagi petani kecil seperti menstabilkan *input*, harga *output*, dan pendapatan, menciptakan pendapatan yang berkelanjutan, serta meningkatkan kepuasan dan kepercayaan bagi mereka seperti hasil penelitian sebelumnya. Sedangkan perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya terletak pada objek penelitian dan peneliti juga menggunakan analisis potensi pasar. Peneliti mencoba melakukan penelitian di Indonesia yaitu Kabupaten Tabanan karena daerah tersebut memiliki tingkat kemandirian yang lebih tinggi dibandingkan daerah lain yang memprioritaskan sektor unggulan dan potensial,

namun tidak mengabaikan sektor-sektor lainnya.

BAB III

METODE PENELITIAN

A. Jenis Penelitian

Penelitian pada karya tulis ilmiah ini menggunakan metode tindakan kuantitatif. Penelitian tindakan merupakan metode penelitian terapan yang menggabungkan pengetahuan, pendidikan, dan tindakan [19]. Menurut [20], penelitian tindakan menekankan pada kegiatan yang mengujicobakan suatu ide ke dalam praktik yang diharapkan dapat memperbaiki, meningkatkan kualitas, dan melakukan perbaikan sosial. Tujuan dari penelitian tindakan adalah mengaplikasikan pemahaman praktisi untuk menunjang pihak-pihak yang terlibat dalam penggunaan aplikasi agar kinerja pihak-pihak yang terlibat menjadi lebih baik.

Di samping itu, peneliti menggunakan teknik penelitian kuantitatif berupa eksperimen. Metode eksperimen digunakan untuk melihat pengaruh variabel independen (perlakuan) terhadap variabel dependen (hasil). Variabel independen yang digunakan adalah suhu, curah hujan, dan kelembaban di Kabupaten Tabanan, Bali sejak tahun 2011 sampai dengan 2021, sedangkan variabel dependen pada penelitian adalah peluang suatu tanaman bertahan hidup pada bulan tertentu.

B. Teknik Pengumpulan Data

Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan data dan informasi yang tersebar secara terbuka untuk menunjang proses penelitian. Dalam prosesnya, peneliti menggunakan studi literatur mengenai proses pengolahan data dengan format *time series*, faktor-faktor penting yang mempengaruhi suatu tanaman bertahan hidup selama masa panen, mendalami struktur dari LSTM, mempelajari struktur dari *Artificial Neural Network*, beserta dokumentasi lainnya yang dapat diperoleh melalui mesin pencari daring.

C. Alat dan Bahan Penelitian

Untuk mencapai keberhasilan penelitian ini, berikut merupakan alat dan bahan yang digunakan untuk menunjang penelitian tersebut:

1. Alat Penelitian

Pada penelitian ini, peneliti menggunakan alat bantu dalam menunjang keberhasilan penelitian, baik berupa perangkat lunak maupun perangkat keras. Perangkat keras yang digunakan dalam penelitian adalah seperangkat komputer yang memiliki spesifikasi sebagai berikut:

- a) Processor Intel i3
- b) Hard Disk berkapasitas 1 TB
- c) RAM berkapasitas 4 GB
- d) Monitor LED berukuran 14.0 inci HD 1366x768 pixel

Kemudian, adapun perangkat lunak yang digunakan adalah sebagai berikut:

- a) Sistem Operasi Windows 10 Pro 64-bit
- b) Anaconda (Jupyter Notebook)
- c) Google Chrome Version 103.0.5060.66 (Official Build) (64-bit)
- d) Kaggle
- e) Data Access Viewer - NASA POWER

2. Bahan Penelitian

Bahan penelitian yang digunakan adalah jurnal penelitian yang sudah dilakukan, hasil studi literatur perihal *machine learning*, materi tutorial yang diperoleh melalui kursus daring, dan dokumentasi yang didapat pada *World Wide Web* untuk mempelajari proses pengolahan data dengan format *time series*, faktor yang mempengaruhi suatu tanaman bertahan hidup selama masa panen, pendalaman struktur dari LSTM, dan struktur dari *Artificial Neural Network*.

D. Data

Data yang dipakai dalam penelitian ini adalah data geospasial Kabupaten Tabanan, Bali berbasis *time series* mulai pada tahun 2011 s/d 2021 dan data rekomendasi tanaman dengan ekstensi *.csv.

1. Data *Input*

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data geospasial Kabupaten Tabanan berbasis *time series* dan data rekomendasi tanaman. Peneliti mengambil data geospasial pada Kabupaten Tabanan selama periode tahun 2011-2021 dengan tujuan melatih model prediksi dengan data periode tahun 2011-2021, kemudian menguji model tersebut dengan data periode tahun 2021. Data geospasial Kabupaten Tabanan diperoleh dengan mengakses Data Access Viewer – NASA secara daring. Selanjutnya, peneliti mengambil data rekomendasi tanaman dengan menggunakan platform Kaggle.

2. Data *Output*

Data output yang diperoleh dalam penelitian ini adalah data bersih geospasial Kabupaten Tabanan untuk melakukan prediksi dan data rekomendasi untuk setiap

tanaman. Sebelumnya, baris pada data geospasial yang diperoleh dari Data Access Viewer – NASA tidak memiliki representasi yang jelas. Maka dari itu, perlu dilakukan data cleaning agar dapat diproses oleh model secara langsung.

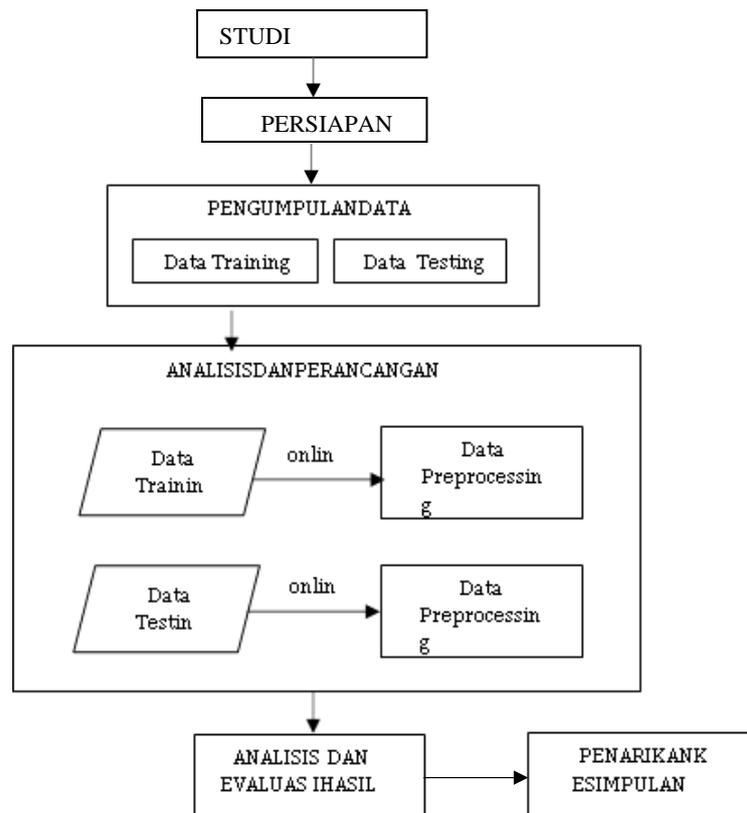
Dataset rekomendasi tanaman memiliki 2200 observasi dengan 100 observasi untuk masing-masing label tanaman. Pemrosesan data dilakukan untuk memperoleh *dataset* yang terdiri dari 100 observasi yang memiliki label yang bersesuaian dan 100 observasi lainnya pada label yang lainnya.

E. Rancangan Penelitian

Alur rancangan penelitian ini mencakup studi literatur, pengumpulan data, persiapan, analisis dan perancangan, implementasi, analisis dan evaluasi hasil, serta penarikan kesimpulan. Berikut adalah tampilan bagan rancangan penelitian ini.

F. Rancangan Penelitian

Alur rancangan penelitian ini mencakup studi literatur, pengumpulan data, persiapan, analisis dan perancangan, implementasi, analisis dan evaluasi hasil, serta penarikan kesimpulan. Berikut adalah tampilan bagan rancangan penelitian ini.



Gambar 3.1 Alur Rancangan Penelitian

1. Studi Literatur

Menurut [21], studi literatur merupakan penelitian yang meliputi penetapan topik penelitian, pengkajian teori yang berkaitan dengan teori yang berkaitan dengan topik penelitian. Dalam penelitian ini, dilakukan studi literatur mengenai proses pengolahan data dengan format *time series*, faktor fisis yang mempengaruhi suatu tanaman bertahan hidup selama masa panen, pendalaman struktur dari LSTM, struktur dari *Artificial Neural Network*, beserta dokumentasi lainnya yang dapat diperoleh melalui mesin pencari daring. Kemudian, akan didapati rumusan langkah-langkah sistematis yang diterapkan dalam penelitian ini.

2. Persiapan

Berikut merupakan langkah-langkah persiapan yang dilakukan dalam penelitian, sebagai berikut:

- a) Mengambil data geospasial per bulan pada Kabupaten Tabanan selama tahun 2011-2021, yang mana keadaan geospasial yang diambil terdiri dari suhu (temperatur rata-rata kulit bumi), kelembaban (humiditas relatif pada ketinggian 2 meter), dan curah hujan (koreksi bias curah hujan).
- b) Memproses data geospasial berbasis *time series* agar dapat dipakai oleh model secara langsung untuk melakukan *fitting*.
- c) Membagi data geospasial tersebut menjadi data *training* dan data testing dengan masing-masing berjumlah 100 dan 32 observasi. Data tersebut telah siap untuk diolah pada model.
- d) Mengambil data rekomendasi tanaman yang bersumber dari Kaggle dan menggunakan teknik statistika deskriptif untuk mengetahui distribusi data pada masing-masing label tanaman.

3. Pengumpulan Data

Pada data geospasial yang diperoleh, diambil data per bulan selama tahun 2011-2022 yang mana berjumlah total 136 observasi (12 bulan x 11 tahun). Data tersebut perlu diolah terlebih dahulu agar dapat diproses oleh model lebih mudah. Hal ini terjadi karena data yang diambil pada *Data Access Viewer* tidak memiliki representasi pada masing-masing kolom sehingga model tidak dapat menggunakan data latih untuk proses *fitting* dan mengujinya dengan data uji.

4. Analisis dan Perancangan

Analisis dan perancangan dilakukan untuk mempelajari dan mengevaluasi sistem yang dirancang dalam mengatasi permasalahan yang terjadi. Untuk memahami kinerja

dari sistem yang dibangun, perancang sistem harus memahami domain informasi untuk sistem, fungsi yang dibutuhkan, perilaku, kinerja, dan antarmuka sistem [22].

Setelah menyelesaikan pemrosesan data, akan dilakukan proses *training* dan *testing* menggunakan model berbasis *Deep Learning*, yaitu *Long Short Term Memory* (LSTM) dan *Artificial Neural Network* (ANN). Data *input* yang digunakan dalam penelitian ini adalah data geospasial Kabupaten Tabanan berbasis *time series* dan data rekomendasi tanaman. Keluaran dari proses ini adalah *prediction and recommendation data*.

5. Analisis dan Evaluasi Hasil

Dalam tahap ini, peneliti melakukan analisis dan evaluasi terhadap sistem dan model yang dirancang. Kemudian, diterapkan pula interpretasi dari hasil analisis tersebut. Hal ini dilakukan untuk mengetahui seberapa layak sistem atau model yang dibangun dalam mengatasi permasalahan secara riil.

6. Penarikan Kesimpulan

Pada langkah ini, peneliti menarik kesimpulan dari hasil analisis dan evaluasi sebelumnya terhadap sistem dan model yang dirancang. Pemilihan metrik yang tepat untuk masing-masing model pada sistem menjadi faktor yang penting dalam penarikan kesimpulan. Dengan demikian, kesimpulan tersebut dapat menentukan kinerja dari sistem yang telah dibangun

BAB IV

HASIL DAN PEMBAHASAN

Rekomendasi tanaman merupakan salah satu penerapan dari teknik klasifikasi dengan menggunakan *machine learning* yang merujuk pada hasil algoritma setelah dilatih menggunakan data historikal dan diterapkan pada data baru ketika memprediksi kecenderungan hasil tertentu. Di samping itu, *deep learning* merupakan konsep *machine learning* yang berbasis pada jaringan saraf tiruan. Kinerja dari model *deep learning* melampaui model *shallow learning* dan pendekatan data analisis tradisional. Data yang digunakan dalam proses *forecasting* terdiri dari data *training* dan data *testing*. Data *training* merupakan data yang digunakan untuk melatih model, sedangkan data *testing* dimanfaatkan sebagai tolak ukur akurasi model jika diberikan data yang belum bertemu pada data latih.

Semakin banyak data yang dimasukkan ke dalam model, maka semakin akurat model dalam merekomendasi tanaman yang sesuai dengan kondisi geospasial pada suatu

daerah dengan tepat. Data-data yang dipakai terdiri dari data keadaan geospasial per bulan di Kabupaten Tabanan, Bali selama tahun 2011-2021 dan data rekomendasi tanaman yang mana masing-masing dalam bentuk tabular. Data keadaan geospasial tersebut memiliki 132 observasi yang mana masing-masing observasi mewakili bulan dan tahun tertentu terhitung mulai pada tahun 2011. Data rekomendasi tanaman terdiri dari 2200 observasi dengan 100 observasi untuk setiap label tanaman sehingga data tersebut memiliki 22 label tanaman. Namun, peneliti menggunakan 11 label tanaman untuk penelitian ini. Berikut merupakan tahap pembuatan *Crop Recommendation* :

1. Preprocessing

Proses *preprocessing* adalah proses dalam mengubah data mentah sebelum data dimasukkan ke dalam model sehingga lebih mudah dipahami. Proses ini penting dilakukan karena data mentah sering kali memiliki format yang tidak teratur. Dalam penelitian ini, data geospasial yang diperoleh dari NASA tidak dapat diproses oleh model secara langsung. Oleh sebab itu, diperlukan teknik *preprocessing* untuk mengolah data geospasial agar dapat diproses oleh model. Terdapat 3 parameter dalam *dataset* tersebut mewakili nilai temperatur, kelembaban, dan curah hujan berturut-turut yaitu TS, RH2M, dan PRECTOTCORR. TS merupakan nilai parameter yang merepresentasikan rata-rata suhu (0C) pada kulit bumi. RH2M adalah nilai parameter yang merepresentasikan humiditas relatif pada 2 meter, yang mana didefinisikan sebagai rasio dari tekanan parsial sebenarnya dari uap air dengan tekanan parsial pada kejenuhan, diekspresikan dengan persentase (%). PRECTOTCORR adalah nilai parameter yang mewakili *precipitation corrected* (mm/hari). Ketiga parameter tersebut disediakan oleh model MERRA-2 (*Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Application, Version 2*).

Modern-Era Retrospective Analysis for Research and Application, Version 2 (MERRA-2) merupakan penyedia data meteorologi yang dikenalkan mulai tahun 1980 untuk menggantikan *dataset* MERRA asli. Hal ini dikarenakan kemajuan yang dibuat dalam sistem asimilasi yang memungkinkan asimilasi cahaya *hiperspektral modern* dan pengamatan gelombang mikro, bersama dengan *dataset* GPS-Radio *Occultation*. Di samping itu, MERRA-2 juga menggunakan pengamatan profil ozon NASA yang dimulai pada akhir 2004 dengan tambahan kemajuan dalam model GEOS dan sistem asimilasi GSI. Seiring dengan peningkatan asimilasi meteorologi, MERRA-2 mengambil langkah yang signifikan untuk menuju target GMAO sebagai analisis ulang Sistem Bumi. Dengan kata lain, MERRA-2 adalah analisis ulang global jangka panjang pertama yang mengasimilasi pengamatan aerosol berbasis ruang dan mewakili interaksi dengan proses fisik lainnya dalam sistem iklim.

Model pada aplikasi Shankara membutuhkan data yang berkaitan dengan kondisi lingkungan yaitu data konsentrasi Nitrogen, Fosfor, Potasium, pH, suhu, kelembaban dan curah hujan. Konsentrasi Nitrogen, Fosfor, Potasium dan pH merupakan data kimia yang diperoleh dari pengamatan atau penelitian secara langsung. Hal tersebut membutuhkan jumlah sumber daya yang banyak untuk membangun aplikasi Shankara. Oleh karena itu, penelitian ini tidak menggunakan data kimia. Data yang digunakan adalah data fisis (fisika) yaitu suhu, kelembaban dan curah hujan yang diperoleh dari *Data Access Viewer* – NASA. Untuk lebih lanjut, data keadaan geospasial pada Kabupaten Tabanan, Bali. Kemudian untuk data rekomendasi tanaman, peneliti mengonstruksi *dataset* yang memuat 200 observasi per label tanaman dengan cara memilih 100 data kepemilikan tanaman terkait dan 100 data lainnya dipilih secara acak. Misalkan tanaman Padi, 200 data observasi mengindikasikan bahwa terdapat 100 observasi diantara-Nya atas kepemilikan padi dan 100 lainnya bukan padi (dapat berupa cabai, mangga, bawang merah, dan sebagainya). Seperti yang telah diketahui di awal, jumlah data secara keseluruhan adalah 2200 yang diperoleh dari 22 tanaman dengan masing-masing tanaman memiliki 100 data. Dalam penelitian ini, peneliti menggunakan 11 jenis tanaman yang mana tiap jenis tanaman terdiri dari satu *dataset*. Peneliti mengonstruksi data tersebut sedemikian rupa agar dapat menggunakan model permasalahan klasifikasi biner untuk melihat kecenderungan suatu tanaman bertahan hidup atau justru sebaliknya. Label ‘1’ diberikan untuk tanaman yang sesuai dan label ‘0’ untuk tanaman yang tidak sesuai. Dalam pembahasan ini, peneliti menghindari pembuatan model klasifikasi *multi* kelas. Hal ini dikarenakan klasifikasi model tersebut hanya mengeluarkan satu *output* untuk setiap bulannya. Sedangkan pada pembahasan ini peneliti berinisiatif untuk menghasilkan lebih dari satu *output* setiap bulannya, sehingga masing-masing tanaman memiliki model yang berbeda- beda.

2. Prediksi / *Forecasting*

Prediksi adalah suatu proses memperkirakan secara sistematis tentang sesuatu yang paling mungkin terjadi di masa depan berdasarkan informasi masa lalu dan sekarang yang dimiliki, agar kesalahannya (selisih antara sesuatu yang terjadi dengan hasil perkiraan) dapat diperkecil. Prediksi tidak harus memberikan jawaban secara pasti kejadian yang akan terjadi, melainkan berusaha untuk mencari jawaban sedekat mungkin yang akan terjadi [23]. Dalam kasus ini, peneliti menggunakan data historikal dari keadaan geospasial pada Kabupaten Tabanan, Bali untuk mengembangkan model sehingga dapat memprediksi keadaan geospasial selama tahun 2022. Data hasil prediksi model tersebut terdiri dari tiga *output*, yaitu suhu, curah hujan, dan kelembaban.

3. Klasifikasi

Klasifikasi merupakan proses menentukan model untuk menggambarkan dan membedakan kelas data atau konsep agar dapat digunakan dalam memprediksi kelas dari objek yang label kelasnya tidak diketahui [24]. Proses klasifikasi dalam penelitian ini ialah membangun model untuk mengidentifikasi kelangsungan hidup tanaman pada keadaan lingkungan yang terjadi dalam kurun waktu tertentu. Kemudian model yang diperoleh akan dicocokkan dengan *dataset* yang tersedia. Proses klasifikasi menghasilkan informasi terkait rekomendasi tanaman yang baik untuk ditanam pada bulan tertentu dan berlangsung interaktif sampai masa panen.

Aplikasi Shankara memiliki dua model, yaitu model untuk memprediksi keadaan geospasial dan model untuk memberikan informasi rekomendasi tanaman. Model tersebut dirancang menggunakan pustaka perangkat lunak terkait komputasi *machine learning* yaitu Tensorflow. Tensorflow merupakan *open-source library* yang bekerja sangat baik dengan bahasa pemrograman Python untuk menerapkan *machine learning* dan *artificial intelligence*. Fasilitas Tensorflow yang membantu penelitian ini adalah perancang dapat membuat graf alur data yang menjelaskan data bergerak melalui graf atau deretan titik pemrosesan (*processing nodes*) dalam *Artificial Neural Network*.

Data keadaan geospasial per bulan tahun 2011 hingga 2021 dimasukkan ke dalam model yang akan digunakan untuk memprediksi keadaan geospasial pada bulan tertentu. Model untuk memprediksi keadaan geospasial terdiri dari model prediksi suhu, kelembaban dan curah hujan. Model tersebut menggunakan model *Long Short Term Memory* (LSTM) untuk mengenali dan memprediksi pola yang ada setiap tahun. LSTM merupakan suatu model dalam jaringan saraf tiruan yang mampu digunakan untuk memproses data tunggal, gambar dan data yang berpola seperti *time series sequences*.

Untuk mengukur kebaikan model yang dibangun ketika diterapkan pada permasalahan riil, perancangan model mempertimbangkan pemilihan yang tepat. Penelitian ini menggunakan metrik *mean squared error* (MSE) dan *mean absolute error* (MAE) dalam perancangan model pada prediksi keadaan geospasial. MSE digunakan untuk melihat estimasi nilai kesalahan pada hasil prediksi dan MAE digunakan untuk mengukur keakuratan suatu model dalam melakukan prediksi. Berdasarkan kedua pengukuran tersebut, diperoleh hasil prediksi model suhu memiliki nilai MSE dan MAE berturut-turut sebesar 0.4381041312907082 dan 0.5811783027648927. Lalu, hasil prediksi model kelembaban mempunyai nilai MSE dan MAE berturut-turut sebesar 5.292740415068386 dan 1.782479619979858. Terakhir, hasil prediksi model curah hujan mempunyai nilai MSE dan MAE berturut-turut adalah 5.553517807340738 dan 1.9920153071917592.

Hal yang sama juga berlaku untuk model klasifikasi dalam penelitian ini, yaitu

memilih metrik yang tepat berupa akurasi. Terdapat 12 label tanaman dengan satu model klasifikasi label untuk menentukan apakah suatu tanaman bertahan hidup atau tidak. Tanaman-tanaman tersebut antara lain: pisang, mangga, anggur, semangka, apel, jeruk, pepaya, kelapa, kapas, goni, dan kopi. Secara keseluruhan, diantara 12 model tersebut memiliki akurasi paling rendah sebesar 95.63% dan akurasi validasi paling rendah sebesar 92.50%. Dengan demikian, tidak ada model rekomendasi tanaman yang mengalami *overfitting* dan *underfitting*.

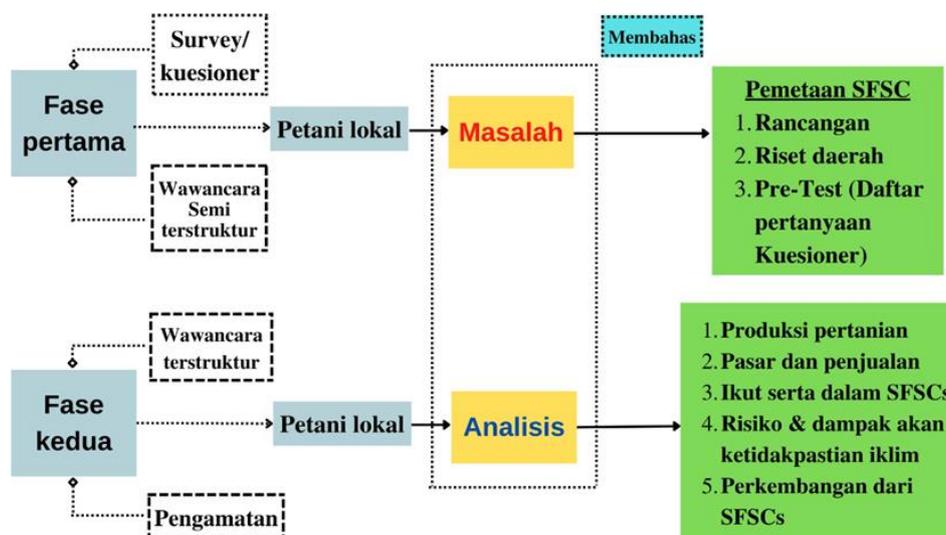
Konsep Pengembangan SFSCs di Kabupaten Tabanan, Bali

Upaya mengatasi permasalahan iklim pada produktivitas pertanian juga telah dikembangkan oleh BBDSLPP namun memiliki arah pengembangan yang berbeda dengan “Shankara”. BBDSLPP mengembangkan SISCrop 2.0 dalam INASOILAGRO ke arah pemenuhan kebutuhan pemangku kepentingan dan kebijakan serta perbaikan fungsi. Dalam perkembangannya SISCrop 2.0 merupakan pengembangan dari SISCrop 1.0 yang hanya menyediakan informasi fase pertumbuhan berdasarkan iklim yang berlangsung. SISCrop 2.0 dapat digunakan untuk menetapkan luas tanam dan panen, produktivitas dan estimasi produksi nasional. Sasaran SISCrop 2.0 adalah lembaga pemerintahan dan tidak melibatkan petani sebagai produsen yang berperan penting dalam ketersediaan hasil pertanian sehingga informasi yang dimuat memerlukan penjelasan yang lebih terperinci. Disamping itu, pengembangan Shankara berfokus pada manajemen rantai pasok dalam pemasaran hasil pertanian. Hasil pertanian yang tidak terkendali akan mengakibatkan *over supply* yang berdampak pada tidak stabilnya harga jual.

Dalam beberapa tahun terakhir, para peneliti telah mempelajari SFSCs dan mengungkapkan bahwa rantai ini memberikan kontribusi dalam pembangunan berkelanjutan pada bidang ekonomi, sosial, dan lingkungan [23-26]. SFSCs dapat menciptakan lapangan kerja dan meningkatkan pendapatan di daerah pedesaan, meningkatkan kepuasan kerja dan meningkatkan kapasitas masyarakat lokal, serta meningkatkan kepercayaan konsumen dalam sistem pertanian, meminimalkan limbah, dan menghindari migrasi dari daerah pedesaan ke pusat kota [27]. Hal ini sangat membantu dalam meningkatkan nilai tambah dan menjadi pendorong regenerasi ekonomi pedesaan, merancang ruang ekonomi baru, dan mengubah penurunan layanan pedesaan dan infrastruktur produksi pertanian.

Langkah pertama, metode survei/kuesioner dilakukan dalam mengumpulkan data dan informasi kualitatif sebagai media untuk mendefinisikan SFSCs, menggambarkan karakteristik pelaku rantai, aliran informasi, aliran produk, dan sistem pendukung [28]. Penelitian ini dirancang khusus untuk petani lokal Kabupaten Tabanan, maka sampel dengan skala kecil dipilih. Hasil dari langkah ini adalah memahami situasi umum lokasi

penelitian, memahami geografi, kebiasaan, jam kerja, metode transportasi yang digunakan di lokasi penelitian, serta kesulitan dan tantangan sebelum survei dilakukan [29]. Di samping itu, kuesioner dalam wawancara ini juga dilakukan untuk mengembangkan pemetaan dan kebijakan akan keberlanjutan rantai SFSCs di wilayah tersebut serta memahami hubungan komplementer antar petani lokal. Data kualitatif dan kuantitatif yang diperoleh nantinya dimanfaatkan untuk analisis lebih lanjut. Kuesioner disajikan dalam enam bagian yaitu informasi umum petani kecil, karakteristik pertanian produksi, pasar dan penjualan, partisipasi pertanian di SFSCs, risiko dan dampak akan ketidakpastian iklim dan potensi serta permintaan dukungan untuk mengembangkan SFSCs secara berkelanjutan. Langkah-langkah penelitian disajikan pada Gambar 4.1



Gambar 4.1 Langkah-langkah penelitian

Metode pengambilan sampel non-probabilitas [30] dengan banyaknya sampel tertentu yaitu:

$$SS = \frac{Z^2(p(1-p))}{e^2} = \frac{1,96^2(0,08(1-0,08))}{0,03^2} = 314 \quad (1)$$

Dengan Z adalah nilai statistik distribusi standar. Dengan kepercayaan 95%, Z = 1,96, p = peluang terpilih. Dengan keterbatasan waktu analisis, kami memilih p = 8%, dan e: tingkat kesalahan, e=3%. Metode perhitungan nilai rata-rata digunakan untuk mengetahui tingkat kepuasan petani dalam mengikuti SFSCs.

$$\text{Nilai rata-rata} = \frac{\text{Maksimum} - \text{Minimum}}{n} = \frac{5-1}{5} = 0,8 \quad (2)$$

Nilai rata-rata dihitung dengan jumlah petani pada setiap tingkat kepuasan dan koefisien setiap tingkat dan dibandingkan dengan interval dalam skala kepentingan, diberikan **Tabel 4.1** untuk mengetahui skala penilaian.

Tabel 4.1 Interval level dan artinya

No.	Nilai	Tingkat	
		Perlakuan	Keterangan
1	1,00 - 1,80	Tidak pernah	Sangat tidak puas
2	1,81 - 2,60	Jarang	Tidak puas
3	2,61 - 3,40	Kadang – kadang	Netral
4	3,41 - 4,20	Sering	Puas
5	4,21 - 5,00	Sering	Sangat puas

Berdasarkan fakta yang ada, Indonesia adalah negara yang masih dalam tahap berkembang. Pemerintah pusat dan daerah sebisa mungkin mengupayakan kinerja dalam menciptakan lingkungan yang efektif untuk menghasilkan produk pangan melalui keputusan, resolusi, arahan, kebijakan, dll. Lembaga keuangan seperti Bank Pertanian dan Pembangunan pedesaan memberi mereka pinjaman kecil. Sedangkan Universitas dan organisasi pendidikan memberikan dukungan terkait pemasaran, hubungan rantai, dan manajemen pertanian. Namun, peran para pemangku kepentingan ini harus diatur secara jelas karena SFSCs adalah konsep baru dan sejauh ini hanya negara maju yang menerapkannya, walaupun beberapa negara berkembang juga tengah menuju proses penerapan di negara masing- masing. Dalam **Tabel 4.2** diberikan evaluasi empat faktor utama yang diperlukan untuk meningkatkan proses produksi, yaitu:

Tabel 4.2 Evaluasi tingkat permintaan dukungan dalam proses produksi.

No.	Kriteria	Kesimpulan
1	Terlatih dalam pemasaran	Penting
2	Terhubung ke pengecer lokal dan konsumen	Penting
3	Terlibat dalam produk/merek	Penting
4	Berpartisipasi aktif dalam rantai distribusi	Penting

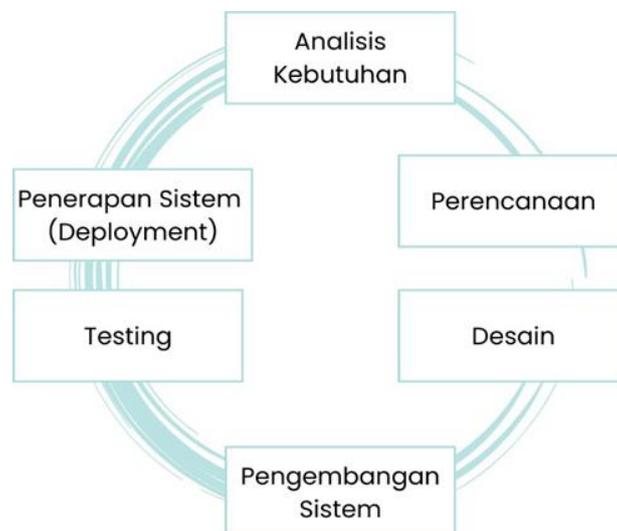
Berbagai manfaat berkelanjutan yang didapatkan dari rantai pasok SFSCs di tiga bidang penting diantara-Nya yaitu :

1. Ekonomi: menstabilkan *input*, harga *output*, dan pendapatan; menciptakan pendapatan yang berkelanjutan; dan meningkatkan kepuasan dan kepercayaan diri.
2. Sosial: menciptakan pekerjaan yang stabil bagi petani lokal; memberikan kontribusi yang signifikan untuk meningkatkan mata pencaharian bagi petani; berpartisipasi melalui koperasi, memfasilitasi dan menyatukan orang-orang di desa; menciptakan peluang bagi petani untuk berkolaborasi, memulai, dan mendapatkan dukungan dari otoritas atau organisasi lokal; dan berkontribusi

pada penguatan kapasitas atau kekuatan petani ketika bernegosiasi dengan perantara distribusi serta memperbesar pasar *output*.

3. Lingkungan: peningkatan efisiensi dan pola pikir tentang produksi hijau, organik, dan bersih bagi petani. Untuk bergabung dengan SFSCs, petani harus benar-benar mematuhi standar keamanan produksi, termasuk peraturan tentang penggunaan obat hewan yang aman, bahan kimia pelindung, pengawet, bahan sanitasi makanan dan fitosanitasi. Model produksi ini menyediakan produk pertanian yang aman dalam memastikan sanitasi makanan dan fitosanitasi kepada pelanggan. Lebih penting lagi, petani sendiri memperoleh manfaat dari pengurangan paparan bahan kimia, sehingga kesehatan dan lingkungan hidup mereka, termasuk udara, tanah, dan lingkungan air lebih segar, lebih sehat, dan terjamin. Masyarakat juga memperoleh manfaat dengan memastikan keanekaragaman hayati, meminimalkan perusakan habitat, mengurangi polusi tanah dan air dari pestisida dan pupuk yang berlebihan.

Strategi dalam meningkatkan ekonomi masyarakat melalui pengembangan teknologi dalam aplikasi “Shankara” secara garis besar diterapkan sesuai dengan konsep SDLC. Konsep SDLC digambarkan sebagai berikut



Gambar 4.2 Konsep SDLC

1. Analisa Kebutuhan dilakukan pada sistem yang akan dikembangkan. Kebutuhan sistem dalam penelitian ini yaitu tampilan yang *user friendly* untuk petani lokal dan beberapa fitur yang dibutuhkan petani untuk memantau perubahan lingkungan dalam kegiatan pertanian.
2. Perencanaan didasarkan pada hasil analisa kebutuhan agar inovasi yang diciptakan mampu mencapai tujuan yaitu meningkatkan perekonomian petani

di Tabanan, Bali. Perencanaan juga memuat risiko terburuk dari *software* yang akan dibuat

3. Design dilakukan dengan kolaborasi dengan petani Tabanan, Bali untuk memberikan penilaian atas perencanaan yang telah dibuat menjadi design visual.
4. Pengembangan sistem melibatkan kemampuan pemrograman untuk membangun produk sesuai perkembangan kebutuhan petani Tabanan, Bali.
5. *Testing* sangat penting dilakukan untuk memastikan produk yang sampai ke petani tidak cacat atau memberikan informasi yang salah
6. Penerapan sistem berbentuk pemasaran produk pada petani, merencanakan pengembangan produk berdasarkan masukan *user*, dan melakukan pemeliharaan.

BAB V

PENUTUP

A. Kesimpulan

Usaha memaksimalkan hasil pertanian dapat diterapkan secara maksimal menggunakan *machine learning* dengan cara merekomendasikan tanaman yang sesuai. Pertanian presisi (*precision agriculture*) tetap dimanfaatkan hingga saat ini. Hal ini membantu petani untuk memperoleh keputusan yang sesuai tentang strategi pertanian. Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, perancangan aplikasi *crop recommendation* dapat menggunakan teknik *deep learning*. Proses perancangan aplikasi Shankara sebagai *Smart Farming* meliputi ekstraksi data, data *preprocessing*, *modelling* prediksi keadaan geospasial, dan *modelling* rekomendasi tanaman.

Penelitian ini menggunakan 2 *dataset*, yaitu *dataset* keadaan geospasial dan rekomendasi tanaman. Dalam prosesnya, peneliti memilih 3 parameter kondisi geospasial yang dapat diprediksi, yakni suhu, kelembaban, dan curah hujan. Hal tersebut dapat dilakukan dengan mengakses data keadaan geospasial oleh NASA melalui model *dataset* MERRA-2. Berdasarkan hasil perancangan model prediksi tersebut, diperoleh nilai MSE dari model suhu, kelembaban, dan curah hujan berturut-turut sebesar 0.4438, 5.2927, dan 5.5535.

Selanjutnya, model rekomendasi tanaman dibuat untuk mengidentifikasi apakah suatu tanaman berpotensi untuk bertahap hidup selama masa panen. Sebanyak 12 label

tanaman pada data tersebut yang mana dirancang satu model per tanaman. Secara keseluruhan, diantara 12 model tersebut memiliki akurasi paling rendah sebesar 95.63% dan akurasi validasi paling rendah sebesar 92.50%.

Salah satu permasalahan di bidang pertanian Kabupaten Tabanan, Bali adalah manajemen rantai pasok. SFSCs merupakan solusi yang dapat dijadikan metode alternatif untuk mengatasi permasalahan tersebut dengan cara mempromosikan pembangunan ekonomi yang berkelanjutan di kalangan petani lokal. Oleh karena itu, pemerintah sebaiknya memperhatikan penciptaan iklim investasi pengembangan SFSCs untuk menetapkan kebijakan dalam mendukung partisipasi petani dalam pemasaran, perdagangan dan promosi. Untuk menentukan jenis SFSCs yang sesuai dengan kepentingan petani sebagai pelaku utama dalam rantai pasok dilakukan melalui analisa hasil survei. Hasil survei digunakan sebagai pedoman dalam pengembangan SFSCs dengan memperhatikan SDLC

B. Saran

Melibatkan pihak yang bergerak di bidang pertanian, yaitu Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian untuk membagikan data rekomendasi tanaman secara terbuka khususnya di Indonesia dengan memasukkan data kondisi fisis dan kimiawi yang sesuai dengan tanaman tersebut. Terlebih lagi, label tanaman yang digunakan tergolong dapat dikonsumsi sebagai makanan pokok(karena *dataset* yang kita pake dari India, yang mana secara iklim sudah berbeda dan yang tersedianya hanya data itu saja).

Penerapan aplikasi ini tidak terbatas hanya untuk satu daerah saja, bahkan berpotensi untuk satu negara. Untuk merealisasikan itu, diperlukan pengeluaran yang cukup besar dan pemanfaatan API untuk mengekstrak data keadaan geospasial pada seluruh wilayah di Indonesia. Agar keamanan data pada aplikasi ini terjamin, dibutuhkan SDM yang memiliki keahlian dalam hal *backend* guna menghindari penyalahgunaan data dan informasi serta tidak sembarang orang dapat mengakses aplikasi ini.

Petani sering kali menjadi aktor utama dalam SFSCs, tetapi mereka menghadapi kesulitan besar dalam memasarkan dan mempromosikan produk. Oleh karena itu, kebijakan pemasaran dan promosi produk dapat membantu mereka ketika berpartisipasi dalam SFSCs, di mana mereka dapat secara langsung memperkenalkan, mengiklankan, dan menjual produk kepada konsumen. Ada beberapa aspek pendukung seperti dukungan logistik untuk pasar lokal; bantuan teknis untuk membuat platform pemasaran; kapasitas negosiasi; mengakses layanan pemasaran dan produksi; mengembangkan toko ritel kolektif; bantuan untuk memfasilitasi sertifikasi produk; pengembangan logo produk,

merek dagang, dan *branding*.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Darma, D. C., Purwadi, P., & Wijayanti, T. C. (2020). *Ekonomika gizi: dimensi baru di Indonesia*. Yayasan Kita Menulis.
- [2] Pasandaran, E., Djufry, F., & Suradisastra, K. Kesiapan daerah mendukung pertanian modern.
- [3] DPR RI. (2020, 17 Juni). "Pertanian jadi Sektor Terbesar yang Terdampak Pandemi". Diakses pada 13 Juli 2022, dari <https://www.dpr.go.id/berita/detail/id/29040/t/Pertanian+jadi+Sektor+Terbesar+yang+Terdampak+Pandemi>
- [4] Kasa, I. W., & Gunam, I. B. W. (2019). Menyimak fenomena pemanasan global/perubahan iklim (La-Nina), alih fungsi lahan dan mitigasi kerusakan lingkungan di Pulau Bali. *Simbiosis*, 7(2), 1-9.
- [5] BANK INDONESIA. (2020, 4 September). "Laporan Perekonomian Provinsi Bali Agustus 2020". Diakses pada 04 Juli 2022, dari <https://www.bi.go.id/id/publikasi/laporan/lpp/Pages/Laporan-Perekonomian-Provinsi-Bali-Agustus-2020.aspx>
- [6] BBC News. (2021, 29 Mei). "Perubahan iklim: Bumi makin panas, makin besar kemungkinan suhu bisa naik 1,5 derajat celcius dalam setahun". Diakses pada 02 Juli 2022, dari <https://www.bbc.com/indonesia/dunia-57264356>.
- [7] Apriyana, Y., Surmaini, E., Estiningtyas, W., Pramudia, A., Ramadhani, F., Suciantini, S., ... & Syahbuddin, H. (2021). Sistem Informasi Kalender Tanam Terpadu: Mekanisme koping variabilitas iklim untuk pertanian berkelanjutan di Indonesia. *Keberlanjutan*, 13(11), 6495.
- [8] Indonesia. Undang-Undang Nomor No 4 Tahun 2011 tentang Informasi Geospasial. Sekretariat Negara. Jakarta.
- [9] Arisanto, P. T., & Pratiwi, T. S. (2022). Pemanfaatan Teknologi Geospasial Di Indonesia Pada Masa Pandemi COVID-19. *NUSANTARA:Jurnal Ilmu Pengetahuan Sosial*, 9(5), 1474-1486.
- [10] Manaswi, N. K. (2018). *Deep Learning with Applications Using Python*. Apress.
- [11] Choldun, M. I., & Surendro, K. (2018). Klasifikasi Penelitian Dalam Deep Learning. *Improve*, 10(1), 25-33.
- [12] Renting, H.; Marsden, T.; Banks, J. Understanding Alternative Food Networks: Exploring the Role of Short Food Supply Chains in Rural Development. *Environ. Plan. A* 2003, 35, 393–411.
- [13] Marsden, T.; Banks, J.; Bristow, G. Food Supply Chain Approaches: Exploring their Role in Rural Development. *Sociol. Rural.* 2000, 40, 424–438.

- [14] Colantoni A, Monarca D, Laurendi V, Villarini M, Gambella F, Cecchini M. 2018. Smart Machines, Remote Sensing, Precision Farming, Processes, Mechatronic, Materials and Policies for Safety and Health Aspects. *Agriculture*. 8(47): 1-14.
- [15] Endrayanto, R. K., & Muttaqin, A. (2021, April). Penerapan Machine Learning Berbasis Data Geospasial Untuk Optimalisasi Lahan Pertanian Pada Masa Pandemi Dan Pasca Pandemi. In *Seminar Nasional Geomatika* (pp. 161- 170).
- [16] Pricillia, T. (2021). Perbandingan Metode Pengembangan Perangkat Lunak (Waterfall, Prototype, RAD). *Jurnal Bangkit Indonesia*, 10(1), 6-12.
- [17] Dasmadi, S. E. (2022). *Seri Buku Ajar Sistem Informasi Manajemen*. Penerbit Lakeisha.
- [18] Bui, T. N., Nguyen, A. H., Le, T. T. H., Nguyen, V. P., Le, T. T. H., Tran, T. H., ... & Lebaillly, P. (2021). Can a short food supply chain create sustainable benefits for small farmers in developing countries? An exploratory study of Vietnam. *Sustainability*, 13(5), 2443.
- [19] Mulyatiningsih, E. (2019). *Metode Penelitian Tindakan Kelas*. Ilmu Keolahragaan Nasional, 8.
- [20] Zuriyah. (2003). *Penelitian Tindakan dalam Bidang Pendidikan dan Sosial*. Malang: Banyu Publishing
- [21] Moh. Nazir. (1998). *Metode Penelitian*. Ghalia Indonesia. Jakarta
- [22] Mulyani, S. (2016). *Metode Analisis dan Perancangan Sistem Edisi Ke 2 Cetakan Pertama*. Bandung: Abdi Sistematika.
- [23] Herdianto. 2013. *Prediksi Kerusakan Motor Induksi Menggunakan Tesis Oleh Herdianto Fakultas Teknik*. (Tesis). Fakultas Teknik, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- [24] Kursini, Luthfi. E.T., 2009, *Algoritma Data Mining*, Andi Offset, Yogyakarta
- [25] Irene, C. Is the short food supply chain an efficient solution for sustainability in food market? *Agric. Agric. Sci. Procedia* 2016, 8, 402–407.
- [26] Vittersø, G.; Torjusen, H.; Laitala, K.; Tocco, B.; Biasini, B.; Csillag, P.; de Labarre, M.D.; Lecoœur, J.-L.; Maj, A.; Majewski, E.; et al. Short Food Supply Chains and Their Contributions to Sustainability: Participants' Views and Perceptions from 12 European Cases. *Sustainability* 2019, 11, 4800.
- [27] Lucian, T. Functional Short Food Supply Chains in the Field of Romanian Rural Tourism. Case Study: Harghita and Neamt counties. *Ecoforum* 2015, 4, 210–217.
- [28] Tanasa, L.; Bruma, I.-S.; Dobos, S. The Role of Short Food Supply Chains in the Development of Small-Scale Local Producer Case Study: Harghita County. In *Proceedings of the Agrarian Economy and Rural Development- Realities and Perspectives for Romania*, 6th ed.; International Symposium: Bucharest, Romania, 20 November 2015.
- [29] Roep, D.; Wiskerke, H. *Nourishing Networks Fourteen Lessons about Creating Sustainable Food Supply Chains*; Rural Sociology Group of Wageningen University and Reed Business Information: Wageningen, The Netherlands, 2006.

- [30] Galletta, A. *Mastering the Semi-Structured Interview and Beyond: From Research Design to Analysis and Publication*; New York University Press: New York, NY, USA; London, UK, 2013; p. 45. 71.
- [31] Converse, J.M.; Presser, S. *Survey Questions: Handcrafting the Standardized Questionnaire*, 1st ed.; SAGE Publications: London, UK, 1986.
- [32] Islam, M.N. *An Introduction to Sampling Methods: Theory and Applications*, 3rd ed.; Book World: Dhaka, Bangladesh, 2005