



DESAIN MODEL REFOKUSING PENGEMBANGAN SISTEM PASOKAN BAHAN BAKU AGROINDUSTRI GULA TEBU BERKELANJUTAN

ROHAYATI



**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PERNYATAAN MENGENAI DISERTASI DAN SUMBER INFORMASI SERTA PELIMPAHAN HAK CIPTA

Dengan ini saya menyatakan bahwa disertasi dengan judul “Desain Model Refokusing Pengembangan Sistem Pasokan Bahan Baku Agroindustri Gula Tebu Berkelanjutan” adalah karya saya dengan arahan dari dosen pembimbing dan belum diajukan dalam bentuk apa pun kepada perguruan tinggi mana pun. Sumber informasi yang berasal atau dikutip dari karya yang diterbitkan maupun tidak diterbitkan dari penulis lain telah disebutkan dalam teks dan dicantumkan dalam daftar pustaka di bagian akhir disertasi ini.

Dengan ini saya melimpahkan hak cipta dari karya tulis saya kepada Institut Pertanian Bogor.

Bogor, Agustus 2026

Rohayati
NIM F3601201004



RINGKASAN

ROHAYATI. Desain Model Refokusing Pengembangan Sistem Pasokan Bahan Baku Agroindustri Gula Tebu Berkelanjutan. Dibimbing oleh MARIMIN, HARTRISARI HARDJOMIDJOJO, FARAH FAHMA dan KARTIKO EKO PUTRANTO.

Gula memiliki posisi strategis sebagai komoditas pangan di Indonesia dan sangat sensitif terhadap fluktuasi pasokan serta harga. Produksi gula nasional belum mampu mengimbangi pertumbuhan konsumsi yang terus meningkat. Defisit pemenuhan kebutuhan gula menyebabkan ketergantungan pada impor, khususnya dalam bentuk gula mentah atau *raw sugar*. Permasalahan mendasar industri gula nasional bersifat struktural dan sistemik, serta sangat dipengaruhi oleh sistem pengusahaan dan pasokan bahan baku tebu. Faktor penghambat pada aspek hulu antara lain meliputi stagnasi luas areal tebu, rendahnya rendemen, produktivitas tebu yang tidak optimal, keterbatasan varietas unggul, inefisiensi praktik budidaya, serta rendahnya adopsi teknologi.

Berbagai kebijakan telah dikeluarkan pemerintah untuk mendorong pencapaian swasembada gula nasional, namun pada praktiknya masih bersifat sektoral dan belum menyentuh akar permasalahan penyediaan bahan baku tebu secara berkelanjutan. Kebutuhan bahan baku tebu yang belum dapat tercukupi saat ini mengindikasikan bahwa upaya peningkatan produksi yang telah dilakukan belum memberikan hasil yang signifikan. Kondisi ini memperkuat urgensi perlunya pendekatan baru yang lebih sistemik dan adaptif serta intervensi kebijakan yang lebih agresif melalui ekspansi lahan, peningkatan produktivitas, dan modernisasi industri dalam pengembangan bahan baku tebu.

Penelitian ini bertujuan untuk merancang model refokusing pengembangan sistem pasokan bahan baku agroindustri gula tebu berkelanjutan untuk mendukung peningkatan produksi gula tebu. Tujuan khusus penelitian ini adalah (1) menganalisis situasi dan kondisi objektif industri gula serta ketersediaan bahan baku tebu untuk produksi gula di Indonesia, (2) mengembangkan model penilaian keberlanjutan pasokan bahan baku untuk agroindustri gula tebu, dan (3) merumuskan skenario dan strategi refokusing pengembangan bahan baku tebu untuk agroindustri gula tebu berkelanjutan.

Analisis situasional dilaksanakan menggunakan kerangka Soft Systems Methodology (SSM) untuk mendeskripsikan kondisi sistem agroindustri gula dan ketersediaan bahan baku tebu pada tingkat nasional dan wilayah. Model penilaian dan analisis keberlanjutan untuk menilai keberlanjutan pasokan bahan baku dikembangkan dengan kerangka *Multiaspect Sustainability Analysis* (MSA). Perumusan skenario dan strategi refokusing pengembangan yang relevan dan dapat diterapkan dilaksanakan dengan pendekatan perencanaan skenario (*scenario planning*) berdasarkan kerangka TAIDA (*Tracking, Analyzing, Imaging, Deciding, and Acting*).

Hasil analisis situasional berhasil mengidentifikasi *stakeholder* utama rantai pasok bahan baku di PG di Jawa Barat, yang terdiri dari petani dan Koperasi/BUMDes, importir gula kristal mentah (GKM), pabrik gula dan perusahaan perkebunan. Tantangan utama yang dihadapi oleh pabrik gula adalah produktivitas yang rendah dan gangguan giling berupa jam berhenti giling akibat

gangguan pasokan tebu. Model penilaian dan analisis keberlanjutan pasokan bahan baku tebu untuk industri gula menggunakan 3 aspek keberlanjutan, yaitu ekonomi, sosial, dan lingkungan, dengan 22 faktor. Nilai kemungkinan kondisi masa mendatang juga diakomodasi dalam model. Validasi dilaksanakan melalui studi kasus pada tingkat wilayah, yaitu pada tiga pabrik gula di Provinsi Jawa Barat. Hasil penilaian keberlanjutan menunjukkan bahwa agregat status keberlanjutan pasokan bahan baku tebu pada tiga pabrik gula adalah “berkelanjutan”, tetapi terdapat variasi kinerja antar-aspek, dengan status keberlanjutan tertinggi pada aspek sosial. Prioritas peningkatan keberlanjutan pada setiap pabrik gula berfokus pada aspek yang berbeda. Perbandingan simulasi skenario peningkatan keberlanjutan pasokan bahan baku secara teoretis dan berdasarkan pendapat narasumber menunjukkan hasil yang berbeda.

Perencanaan skenario dengan menggunakan kerangka TAIDA yang dilaksanakan berhasil menganalisis adanya dua ketidakpastian utama yang paling berpengaruh, yaitu (1) kapasitas peningkatan produksi tebu dalam negeri dan (2) derajat ketergantungan pada impor gula mentah. Tiga skenario refokusing pengembangan bahan baku tebu untuk agroindustri berkelanjutan berhasil dirumuskan, yaitu (1) skenario “*Scale and Tech Leap*” (Modernisasi dan Peningkatan Kapasitas), (2) skenario “*Smart Yield Path*” (Peningkatan Produktivitas), dan (3) skenario “*Import Lock-In*” (Mengandalkan Impor *Raw Sugar*). Ketiga skenario tersebut memiliki peluang yang sama dan memungkinkan untuk diimplementasikan di masa depan. Pelaksanaan refokusing pengembangan diupayakan tidak hanya melalui satu jalur kebijakan tunggal, tetapi melalui suatu bauran kebijakan (*policy mix*) untuk mendukung perwujudan swasembada gula. Implementasi arahan penerapan ketiga skenario tersebut disusun dalam suatu peta jalan dengan kerangka waktu 10 tahun.

Beberapa keterbatasan pada penelitian ini adalah (1) belum mengakomodasi arah perubahan kapasitas industri yang bersifat dinamis dan masih menggunakan pendekatan statis, (2) belum adanya pembandingan status keberlanjutan pasokan bahan baku industri gula terbaik pada level nasional yang objektif dan ilmiah, dan (3) validasi model masih terbatas pada tiga pabrik gula milik BUMN di satu wilayah. Penelitian lanjutan yang disarankan yaitu memperluas penerapan dan validasi model refokusing pengembangan ke sentra wilayah produksi lainnya, serta melibatkan lebih banyak pabrik gula; mengintegrasikan alat analisis lainnya dalam pengembangan model penilaian dan analisis keberlanjutan pasokan bahan baku tebu, seperti sistem dinamik atau *machine learning*; serta menerapkan model penilaian dan analisis keberlanjutan multiaspek pada pabrik gula dengan kinerja terbaik sebagai patokan banding ilmiah dan objektif di tingkat nasional. Kebaruan yang dihasilkan dari penelitian ini adalah (1) rangkaian integrasi teknik analisis dan perumusan strategi untuk refokusing pengembangan sistem pasokan bahan baku agroindustri gula tebu berkelanjutan, (2) model penilaian dan analisis keberlanjutan multiaspek pasokan bahan baku industri gula yang mengakomodasi 3 aspek dan 22 faktor, serta penilaian kemungkinan kondisi di masa mendatang, dan (3) rumusan skenario dan strategi untuk refokusing pengembangan sistem pasokan bahan baku agroindustri gula tebu berkelanjutan.

Kata kunci: agroindustri gula, keberlanjutan multiaspek, model refokusing, perencanaan skenario, tebu



SUMMARY

ROHAYATI. Design of a Development Refocusing Model for Sustainable Sugar Agro-industry Raw Material Supply System. Supervised by MARIMIN, HARTRISARI HARDJOMIDJOJO, FARAH FAHMA, and KARTIKO EKO PUTRANTO.

Sugar holds a strategic position as a food commodity in Indonesia and is highly sensitive to supply and price fluctuations. National sugar production has not been able to keep pace with the continued growth in consumption. The shortfall in meeting sugar needs has led to a reliance on imports, particularly raw sugar. The fundamental challenges of the national sugar agro-industry are structural and systemic, and are heavily influenced by the sugarcane management system and raw material supply. Key inhibiting factors in the upstream include stagnant sugarcane acreage, low sugarcane yields, suboptimal sugarcane productivity, limited availability of superior varieties, inefficient cultivation practices, and low technology adoption.

The government has issued various policies to enhance national sugar self-sufficiency, but in practice, these remain sectoral and have not yet addressed the root causes of sustainable sugarcane raw material supply. The current insufficiency of sugarcane indicates that efforts to increase production through conventional approaches have not yielded significant results. This situation reinforces the urgency of a new, more systemic and adaptive approach. More aggressive policy interventions, including land expansion, increased productivity, and industrial modernization in sugarcane development, as the agro-industry's raw material is also needed.

This research aims to design a model to refocus the development of a sustainable raw-material supply system for the sugar agro-industry to support increased sugar production. The specific objectives are to (1) analyze the objective situation and conditions of the sugar agro-industry and the availability of sugarcane raw materials for sugar production in Indonesia, (2) develop a model for assessing the sustainability of raw material supply for the sugar agro-industry, and (3) formulate scenarios and strategies for refocusing sugarcane raw material development for the sustainable sugarcane agro-industry.

A situational analysis was conducted using the Soft Systems Methodology (SSM) framework to describe the condition of the sugar agro-industry system and the availability of sugarcane raw materials at the national and regional levels. A sustainability assessment and analysis model was developed to assess the sustainability of raw material supplies using the Multiaspect Sustainability Analysis (MSA) framework. The formulation of relevant and applicable scenarios and development refocusing strategies was carried out using scenario planning based on the TAIDA (Tracking, Analyzing, Imaging, Deciding, and Acting) framework

The situational analysis identified key stakeholders in the raw material supply chain at sugar mills in West Java, including farmers and cooperatives/village-owned enterprises (VoE), raw sugar importers, sugar mills, and sugar companies. The challenges faced by the sugar mills are low productivity and milling disruptions, such as downtime due to disruptions in sugarcane supply. The model for assessing and analyzing the sustainability of sugarcane raw material supply for the sugar agro-

industry utilizes three sustainability aspects: economic, social, and environmental, with 22 factors. The model also incorporates the likelihood of future conditions. Model validation was conducted through case studies at the regional level, at three sugar mills in West Java Province. The results of the sustainability assessment indicate that the aggregate sustainability status of sugarcane supply at the three sugar mills is “sustainable”, but there is variation in performance across aspects, with the highest sustainability status in the social aspect. Priorities for improving the sustainability status at each sugar mill focus on different aspects. A comparison of theoretical simulations of scenarios for improving the sustainability of the raw material supply and the experts’ opinion shows diverse results.

Scenario planning using the TAIDA framework successfully analyzed the two most influential uncertainties, namely (1) the capacity to increase domestic sugarcane production and (2) the degree of dependence on sugar imports. Three scenarios for refocusing the development of sugarcane for sustainable agro-industry were successfully formulated, namely (1) the “Scale and Tech Leap” scenario (Modernization and Capacity Increase), (2) the “Smart Yield Path” scenario (Productivity Increase), and (3) the “Import Lock-In” scenario (Relying on Imported Raw Sugar). All three scenarios offer equal opportunities and are possible to be implemented in the future. The implementation of the refocusing of development is attempted not only through a single policy path, but through a policy mix to support the realization of sugar self-sufficiency. The implementation of the directions for applying the three scenarios is outlined in a ten-year roadmap.

Some limitations of this research are (1) it has not accommodated the dynamic direction of industrial capacity changes and still uses a static approach, (2) there is no objective and scientific comparison of the sustainability status of the best raw material supply for the sugar agro-industry at the national level, and (3) model validation is still limited to state-owned sugar mills in one region. Further research suggestion is to expand the application and validation of the development refocusing model to other production center areas, and involve more sugar mills; integrate other analytical tools in the development of the assessment and analysis model for the sustainability of sugarcane raw material supply, such as dynamic systems or machine learning; and apply the multi-aspect sustainability assessment and analysis model to the best-performing sugar mill as a scientific and objective benchmark at the national level. The novelties resulting from this research are (1) an integrated analysis techniques and strategy formulation for refocusing the development of a sustainable sugar agro-industry raw material supply system, (2) a multi-aspect sustainability assessment and analysis model of the raw material supply for the sugar agro-industry that accommodates 3 aspects and 22 factors, as well as an assessment of possible future conditions, and (3) the formulation of scenarios and strategies for refocusing the development of a sustainable sugarcane agro-industry raw material supply system.

Keywords: multi-aspect sustainability, refocusing model, scenario planning, sugar agro-industry, sugarcane.



- Hak Cipta Dilindungi Undang-undang
1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
 2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

© Hak Cipta milik IPB, tahun 2026
Hak Cipta dilindungi Undang-Undang.

Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan atau menyebutkan sumbernya. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik, atau tinjauan suatu masalah, dan pengutipan tersebut tidak merugikan kepentingan IPB.

Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apa pun tanpa izin IPB.



DESAIN MODEL REFOKUSING PENGEMBANGAN SISTEM PASOKAN BAHAN BAKU AGROINDUSTRI GULA TEBU BERKELANJUTAN

ROHAYATI

Disertasi
sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Doktor pada
Program Studi Teknik Industri Pertanian

**TEKNIK INDUSTRI PERTANIAN
FAKULTAS TEKNIK DAN TEKNOLOGI
INSTITUT PERTANIAN BOGOR
BOGOR
2026**

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

Penguji Luar Komisi Pembimbing Pada Ujian Tertutup Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Machfud, M.S.
2. Dr. Yustiar Gunawan, M. Eng.

Promotor Luar Komisi Pembimbing Pada Sidang Promosi Terbuka Disertasi:

1. Prof. Dr. Ir. Machfud, M.S.
2. Dr. Yustiar Gunawan, M. Eng.



Judul Disertasi : Desain Model Refokusing Pengembangan Sistem Pasokan Bahan Baku Agroindustri Gula Tebu Berkelanjutan

Nama : Rohayati

NIM : F3601201004

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc.

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Hartrisari Hardjomidjojo, D.E.A.

Pembimbing 3:

Prof. Dr. Farah Fahma, S.T.P., M.T.

Pembimbing 4:

Dr. Kartiko Eko Putranto, Dipl. Ing., D.E.A.



Diketahui oleh

Ketua Program Studi Teknik Industri Pertanian:

Prof. Dr. Ing. Ir. Suprihatin, IPU.

NIP. 196312211990031002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr.

NIP. 196105021986031002

Tanggal Ujian:

Ujian Tertutup: 13 Februari 2026

Ujian Terbuka: 15 April 2026

Tanggal Lulus:



@Hak cipta milik IPB University

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
 - a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
 - b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumumkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah *subhanahu wa ta'ala* atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah yang berjudul “Desain Model Refokusing Pengembangan Sistem Pasokan Bahan Baku Agroindustri Gula Tebu Berkelanjutan” ini dapat diselesaikan. Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc. selaku Ketua Komisi Pembimbing, Prof. Dr. Ir. Hartrisari Hardjomidjojo, DEA., Prof. Dr. Farah Fahma, S.T.P., M.T. dan Dr. Kartiko Eko Putranto, Dipl. Ing. D.E.A., sebagai anggota komisi pembimbing, atas waktu, ilmu, kesabaran, dan keikhlasannya dalam memberikan arahan, bimbingan, saran, dan dukungan moral, penulis dapat menyelesaikan penelitian dan penulisan disertasi ini.
2. Prof. Dr. Ir. Machfud, MS., Guru Besar Fakultas Teknik dan Teknologi IPB University, dan Dr. Yustiar Gunawan, M. Eng., Perekayasa Ahli Utama Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN) selaku penguji luar komisi pembimbing pada ujian tertutup sekaligus promotor luar komisi pembimbing pada sidang promosi terbuka.
3. Prof. Dr. Ir. Slamet Budijanto, M.Agr., Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi, IPB University selaku pimpinan sidang promosi terbuka, Dr. Ir. Erfiani, M.Si selaku moderator seminar hasil penelitian, Prof. Dr. Ir. Titi Candra Sunarti, M.Si. selaku penguji luar komisi pada ujian kualifikasi lisan penulis dan moderator pada ujian tertutup, Prof. Dr. Ir. Moh. Yani, M.Eng. selaku perwakilan Program Studi Teknik Industri Pertanian pada ujian kualifikasi lisan, ujian tertutup dan sidang promosi terbuka atas saran-saran yang sangat berarti bagi penyempurnaan disertasi.
4. Prof. Dr. Ing. Ir. Suprihatin, IPU., dan Dr. Ir. Andes Ismayana, M.T., selaku Ketua dan Sekretaris Program Studi Teknik Industri Pertanian, seluruh dosen dan staf Program Studi Teknik Industri Pertanian, Fakultas Teknik dan Teknologi, Institut Pertanian Bogor, atas petunjuk, motivasi, ilmu, serta semua bantuan yang diberikan.
5. Orang tua tersayang, Ibunda Hj. Sutarti dan Bapak H. Bardi (Alm.), Bapak H. Zainul Arifin (Alm.), kedua Mertua Bapak H. Chanif Ma'ruf (Alm.) dan Ibu Hj. Sholichah (Almh.), Suami H. Musbihin, ST. (Alm.), Nenek Hj. Romlah (Almh.), Kakek H. Abdur Rochman (alm.), Anak-anak Tercinta Chairani Halimatus Sa'diyah, Ahmad Maulana Athif Safaras, dan Atina Ilma Sholichah, serta seluruh keluarga besar yang telah memberikan dukungan, doa, kesabaran, pengorbanan, dan kasih sayang selama penulis menjalani kuliah, melaksanakan penelitian, dan menyelesaikan penulisan disertasi.
6. *The Putranto's Family* atas dukungannya selama penulis menjalani studi.
7. Pimpinan dan Manajemen BRIN yang telah memberikan ijin melaksanakan tugas belajar.
8. Dr. Nendar Herdianto, S.Si., M.Si., selaku Kepala Pusat Riset Komposit dan Biomaterial, Organisasi Riset Nanoteknologi dan Material BRIN, dan rekan-rekan periset di BRIN, khususnya di Kelompok Riset Keramik Maju dan Komposit Biomedis, atas dukungan dan motivasinya.
9. Pimpinan dan Manajemen PT RNI/ID Food, PT. PG Rajawali II, serta Unit Pabrik Gula-nya yang telah memfasilitasi, memberikan izin dan kerja sama

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.

yang sangat baik selama pelaksanaan pengumpulan data dan penelitian.

10. Pimpinan dan Manajemen Lembaga Pengelolaan Dana Pendidikan (LPDP) Kementerian Keuangan Republik Indonesia atas dukungan pembiayaan studi dan penelitian.
11. Pimpinan, pengurus dan pengajar Pondok Pesantren Tahfidz Fahliza Jakarta atas dukungannya selama penulis menjalani studi.
12. Prof. Dr. Diah Ratnadewi, DEA. atas dukungannya dalam studi penulis.
13. Seluruh sahabat dan kolega eks-Pusat Sistem Audit Teknologi, Kedeputian Pengkajian Kebijakan Teknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi atas dukungannya.
14. Seluruh Tim Peneliti skema *World Class Research* (2021-2022), Riset Terapan (2024) dan Riset PRIMESTeP (2025-2026) IPB University yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc., atas bantuan dan dukungannya.
15. Seluruh rekan-rekan mahasiswa pascasarjana pada Program Studi Teknik Industri Pertanian, IPB University, khususnya angkatan 2020, serta rekan-rekan mahasiswa pascasarjana IPB University dalam satu kelompok bimbingan yang tergabung dalam GKM Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc., atas kebersamaan, motivasi, dan dukungan.
16. Teman-teman *Awardee* LPDP PK 170 Naradipta Arunasweta dan *Awardee* LPDP Program Doktorat Tahun 2020 di IPB University atas dukungannya.

Semoga karya ilmiah ini dapat memberi manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan di bidang Teknik Industri Pertanian serta pengembangan ilmu pengetahuan secara umum.

Bogor, Agustus 2026

Rohayati

DAFTAR ISI

DAFTAR ISI	xv
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
DAFTAR ISTILAH	xix
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Ruang Lingkup Penelitian	4
1.6 Kebaruan (<i>Novelty</i>)	4
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Agroindustri Gula dan Bahan Baku Tebu	6
2.2 Tinjauan Sistematis Riset Pengembangan Agroindustri Gula Tebu Berkelanjutan	9
2.3 Celah Penelitian pada Pengembangan Agroindustri Gula Tebu Berkelanjutan	16
2.4 Keberlanjutan Agroindustri Gula Tebu	17
2.5 Pendekatan Sistem	21
2.6 <i>Soft Systems Methodology</i> (SSM)	22
2.7 Refokusing Strategi Pengembangan dengan <i>Scenario Planning</i>	24
III METODE PENELITIAN	27
3.1 Kerangka Pemikiran	27
3.2 Tahapan Penelitian	28
3.3 Waktu dan Tempat Penelitian	30
3.4 Tatalaksana Penelitian	30
3.5 Analisis Data	32
IV ANALISIS SITUASIONAL AGROINDUSTRI GULA TEBU DAN KETERSEDIAAN BAHAN BAKU	38
4.1 Kinerja Bahan Baku Tebu untuk Agroindustri Gula Nasional	38
4.2 Konfigurasi Rantai Pasok dan Kinerja Bahan Baku Tebu di PG di Jawa Barat	39
4.3 Hasil Analisis Permasalahan Tidak Terstruktur (<i>Rich Picture</i>), CATWOE dan <i>Root Definition</i>	43
4.4 Solusi Model Konseptual	45
V MODEL PENILAIAN DAN ANALISIS KEBERLANJUTAN PASOKAN BAHAN BAKU TEBU	47
5.1 Aspek dan Faktor dalam Model Penilaian dan Analisis Keberlanjutan Pasokan Bahan Baku Tebu	47
5.2 Hasil Penilaian Keberlanjutan Pasokan Bahan Baku Tebu	48
5.3 Validasi Hasil Analisis Keberlanjutan Pasokan Bahan Baku Tebu	50
5.4 Faktor dengan Daya Ungkit (<i>Leverage</i>) yang Tinggi	53



5.5 Simulasi Skenario dan Skenario Prioritas untuk Peningkatan Keberlanjutan Sistem Pasokan Bahan Baku	59
VI PERENCANAAN SKENARIO (<i>SCENARIO PLANNING</i>) UNTUK REFOKUSING PENGEMBANGAN SISTEM PASOKAN BAHAN BAKU TEBU DI INDONESIA	64
6.1 Hasil <i>Tracking</i> dan <i>Analyzing</i>	65
6.2 Tahap <i>Imaging</i> untuk Pembentukan Spektrum Skenario	66
6.3 Analisis Skenario Utama	67
6.4 Tahap <i>Deciding</i> (Bauran Kebijakan Berbasis Skenario)	69
6.5 Tahap <i>Acting</i> (<i>Roadmap</i> Kebijakan Berdasarkan Skenario)	71
VII PEMBAHASAN UMUM	76
7.1 Situasi dan Kondisi Bahan Baku Tebu Lintas Level Analisis	76
7.2 Kinerja Keberlanjutan Pasokan Bahan Baku Tebu Tingkat Wilayah Berdasarkan <i>Multiaspect Sustainability Analysis</i> (MSA)	77
7.3 Integrasi Keberlanjutan Pasokan Bahan Baku Wilayah dengan Skenario Nasional	78
7.4 Dampak Kebijakan dan Jalur Transformasi Sistem Pasokan Bahan Baku Tebu	80
7.5 Kelebihan dan Keterbatasan Penelitian	83
7.6 Implikasi Manajerial	83
VIII KESIMPULAN DAN SARAN	86
8.1 Simpulan	86
8.2 Saran	87
DAFTAR PUSTAKA	88
LAMPIRAN	93
RIWAYAT HIDUP	98

DAFTAR TABEL

1	Jenis dan persyaratan warna gula berdasarkan SNI	6
2	Protokol telaah sistematis riset terdahulu	10
3	Hasil klasterisasi terhadap kata kunci untuk artikel yang ditelaah antara tahun 2016-2025	13
4	Ringkasan penelitian terdahulu dalam kerangka analisis keberlanjutan dengan MSA	20
5	Studi terdahulu mengenai kondisi bahan baku tebu untuk industri gula	26
6	Data dan responden dalam penelitian	30
7	Tujuan, jenis data, sumber data, metode dan hasil yang diharapkan dari pelaksanaan penelitian	31
8	Rentang nilai indeks dan kategori keberlanjutan	34
9	Luaran utama pada setiap tahapan TAIDA (<i>Tracking-Analyzing-Imaging-Deciding-Acting</i>)	37
10	Analisis CATWOE untuk sistem	44
11	Aspek dan faktor dalam model penilaian keberlanjutan pasokan tebu	47
12	Nilai indeks dan status keberlanjutan pasokan bahan baku tebu tiga pabrik gula per aspek	49
13	Hasil iterasi acak pada analisis keberlanjutan pasokan bahan baku tebu pabrik gula	51
14	<i>Uncertainty error</i> hasil analisis keberlanjutan pasokan bahan baku tebu pabrik gula	52
15	Peringkat prioritas faktor-faktor untuk meningkatkan keberlanjutan di PG XY	54
16	Peringkat prioritas faktor-faktor untuk meningkatkan keberlanjutan di PG YZ	56
17	Peringkat prioritas faktor-faktor untuk meningkatkan keberlanjutan di PG XZ	58
18	Hasil simulasi skenario untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG XY	60
19	Skenario prioritas untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG XY	60
20	Hasil simulasi skenario untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG YZ	61
21	Skenario prioritas untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG YZ (simulasi oleh narasumber)	62
22	Hasil simulasi skenario untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG XZ	62
23	Skenario prioritas untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG XZ (simulasi oleh narasumber)	63
24	Bauran kebijakan (<i>policy mix</i>) pengembangan bahan baku tebu berdasarkan skenario	70
25	Ringkasan hasil <i>scenario planning</i> dengan TAIDA (<i>Tracking-Analyzing-Imaging-Deciding-Acting</i>) untuk refokusing pengembangan bahan baku industri gula tebu berkelanjutan	74
26	Implementasi skenario nasional berbasis wilayah, kematangan industri dan kekuatan kelembagaan	80

Hak Cipta Dilindungi Undang-undang

1. Dilarang mengutip sebagian atau seluruh karya tulis ini tanpa mencantumkan dan menyebutkan sumber :
a. Pengutipan hanya untuk kepentingan pendidikan, penelitian, penulisan karya ilmiah, penyusunan laporan, penulisan kritik atau tinjauan suatu masalah
b. Pengutipan tidak merugikan kepentingan yang wajar IPB University.
2. Dilarang mengumunkan dan memperbanyak sebagian atau seluruh karya tulis ini dalam bentuk apapun tanpa izin IPB University.



DAFTAR GAMBAR

1	Perkembangan kinerja tebu (a) dan produktivitas (ton gula/ha) (b) Indonesia (diolah dari laman FAOSTAT)	8
2	Tahapan tinjauan sistematis riset terdahulu berdasarkan PRISMA	9
3	Sebaran jumlah publikasi tahun 2016-2025	10
4	Persentase jenis artikel yang ditelaah	11
5	Sepuluh jurnal dengan publikasi terbanyak selama tahun 2016-2025	12
6	Area subjek penelitian terdahulu selama tahun 2016-2025	12
7	Sebaran publikasi antara tahun 2016-2025 berdasarkan negara	13
8	Visualisasi keterkaitan antar penelitian tahun 2016-2025	14
9	Visualisasi tren penelitian tahun 2016-2025	15
10	Hasil visualisasi densitas dengan Vosviewer	16
11	Kerangka <i>soft systems methodology</i> (SSM)	23
12	Tujuan dan fokus dalam <i>scenario planning</i>	25
13	Kerangka pemikiran penelitian	27
14	Tahapan penelitian.	29
15	Kerangka penelitian pengembangan model penilaian keberlanjutan dan pemilihan skenario peningkatan keberlanjutan dengan pendekatan <i>Multiaspect Sustainability Analysis</i> (MSA)	33
16	Langkah <i>scenario planning</i> dengan kerangka TAIDA (<i>Tracking-Analyzing-Imaging-Deciding-Acting</i>).	36
17	Konfigurasi rantai pasok bahan baku untuk industri gula	40
18	Profil perkembangan luas lahan tebu di tiga pabrik gula	41
19	Produktivitas tebu di tiga pabrik gula	42
20	Perbandingan rendemen dan hablur pada dua pabrik gula di Jawa Barat	42
21	Penggambaran permasalahan industri gula dan bahan baku tebu dalam <i>rich picture</i>	43
22	Solusi model konseptual untuk refokusing pengembangan bahan baku tebu untuk agroindustri gula tebu berkelanjutan	46
23	Agregat keberlanjutan tiga pabrik gula (Nilai indeks = 60-80 termasuk dalam kategori “berkelanjutan” dari lima kategori yang digunakan)	48
24	Posisi ordinansi status keberlanjutan untuk ketiga aspek di (a) PG XY, (b) PG YZ, dan (c) PG XZ	49
25	Iterasi acak sebagai validasi nilai keberlanjutan di (a) PG XY, (b) PG YZ, dan (c) PG XZ	50
26	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek sosial di PG XY	53
27	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek ekonomi di PG XY	53
28	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek lingkungan di PG XY	54
29	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek sosial di PG YZ	55
30	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek ekonomi di PG YZ	55
31	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek lingkungan di PG YZ	56

32	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek sosial di PG XZ	57
33	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek ekonomi di PG XZ	57
34	Profil faktor dengan daya ungkit (<i>leverage</i>) untuk aspek lingkungan di PG XZ	58
35	Perbandingan simulasi skenario oleh narasumber (a) dan secara teoretis (b) untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG XY	60
36	Perbandingan simulasi skenario oleh narasumber (a) dan secara teoretis (b) untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG YZ	61
37	Perbandingan simulasi skenario oleh narasumber (kiri) dan secara teoretis (kanan) untuk peningkatan keberlanjutan rantai pasok bahan baku di PG XZ	63
38	Tiga skenario refokusing pengembangan bahan baku tebu untuk agroindustri gula	67
39	Roadmap 10 tahun refokusing pengembangan bahan baku berdasarkan skenario	72
40	Model refokusing pengembangan sistem pasokan bahan baku agroindustri gula tebu berkelanjutan	82

DAFTAR LAMPIRAN

1	Jumlah indikator untuk kuesioner penilaian kondisi eksisting keberlanjutan bahan baku tebu	94
2	Definisi operasional indikator keberlanjutan	95
3	Rekap data utama analisis keberlanjutan	97



DAFTAR ISTILAH

B	Bahan Baku	: Bahan mentah, barang setengah jadi, atau barang jadi yang dapat diolah menjadi barang setengah jadi atau barang jadi mempunyai nilai ekonomi yang lebih tinggi, dalam kaitan dengan penelitian ini berupa tebu dan gula mentah (<i>raw sugar</i>)
E	Ekstensifikasi	: Peningkatan produksi gula tebu dengan perluasan lahan perkebunan tebu (Permenperin 47/2024)
G	Gula Kristal Mentah (GKM) atau <i>Raw Sugar</i>	: Gula kristal sukrosa yang dibuat dari tebu melalui proses defikasi, yang tidak boleh langsung dikonsumsi oleh manusia sebelum diproses lebih lanjut, digunakan sebagai bahan baku industri gula kristal rafinasi dan/atau industri gula kristal putih yang termasuk dalam pos tarif/ <i>harmonized system</i> (HS) 1701.12.00, 1701.13.00, 1701.14.00, atau perubahannya (Permenperin 47/2024)
	Gula Kristal Putih (GKP) atau <i>Plantation White Sugar</i>	: Gula kristal sukrosa yang dibuat dari tebu dan/atau GKM melalui proses defekasi/sulfitasi/karbonatasi/ fosfatasi digunakan untuk kebutuhan konsumsi masyarakat dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan pangan, yang termasuk dalam pos tarif/ <i>harmonized system</i> (HS) 1701.91.00, 1701.99.90, atau perubahannya (Permenperin 47/2024)
	Gula Kristal Rafinasi (GKR) atau <i>Refined Sugar</i>	: Gula kristal sukrosa yang diproduksi dari GKM atau gula yang dibuat dari umbi bit melalui proses klarifikasi dengan cara karbonatasi dan/atau fosfatasi dengan atau tanpa penambahan bahan tambahan pangan, digunakan sebagai bahan baku industri makanan, minuman, dan farmasi, yang termasuk dalam pos tarif/ <i>harmonized system</i> (HS) 1701.99.10 atau perubahannya (Permenperin 47/2024)
I	Industri	: Seluruh bentuk kegiatan ekonomi yang mengolah bahan baku dan/atau memanfaatkan sumber daya industri sehingga menghasilkan barang yang memiliki nilai tambah atau manfaat lebih tinggi, termasuk jasa industri. Industri yang dimaksud dalam kaitannya dengan penelitian ini adalah industri gula kristal putih dan industri gula kristal rafinasi. Terdapat dua macam status kepemilikan industri gula yang ada saat ini yaitu milik BUMN dan milik swasta (Permenperin 47/2024)
	Intensifikasi	: Peningkatan produksi gula tebu tanpa perluasan lahan perkebunan tebu (Permenperin 47/2024)



DAFTAR ISTILAH (LANJUTAN)

- M *Multiaspect Sustainability Analysis (MSA)* : Pendekatan analisis untuk menentukan nilai status keberlanjutan, indeks kinerja, atau indeks kinerja suatu aktivitas, tempat, kegiatan, lembaga, atau perusahaan dalam konteks *self-assessment* atau penilaian kondisi dan gambaran, untuk mengetahui langkah strategis berikutnya yang perlu diambil. Penilaian ini merupakan *Rapid Assessment (RA)* karena menggunakan basis data berupa pendapat pakar atau responden terpilih yang memenuhi kriteria
- P Perusahaan Perkebunan : Suatu perusahaan berbentuk badan usaha/badan hukum yang bergerak dalam kegiatan budidaya tanaman perkebunan di atas lahan yang dikuasai, dengan tujuan ekonomi/komersial, serta memperoleh izin usaha dari instansi yang berwenang dan bertanggung jawab atas pemberian izin usaha perkebunan. Perusahaan perkebunan yang diusahakan oleh pemerintah (BUMN) disebut Perkebunan Besar Negara (PBN) dan perusahaan perkebunan yang diusahakan oleh swasta disebut Perkebunan Besar Swasta (PBS) (BPS 2024)
- Perkebunan Besar : Perkebunan yang diselenggarakan atau dikelola secara komersial oleh perusahaan berbadan hukum. Perkebunan Besar terdiri atas Perkebunan Besar Negara (PBN) dan Perkebunan Besar Swasta (PBS) Nasional/Asing (BPS 2024)
- Perkebunan Rakyat (PR) : Usaha budidaya tanaman perkebunan yang diusahakan oleh rumah tangga dan tidak berbentuk badan usaha/ badan hukum (BPS 2024)
- Perusahaan Industri Gula (PIG) : Orang perseorangan atau korporasi yang melakukan kegiatan di bidang usaha industri gula pasir dan berkedudukan di Indonesia (Permenperin 47/2024)
- Perusahaan Industri Gula Berbasis Tebu : Perusahaan Industri Gula yang terintegrasi dengan kebun tebu dan hanya memproduksi Gula Kristal Putih (Permenperin 47/2024)
- Perusahaan Industri Gula Kristal Rafinasi : Perusahaan Industri Gula yang tidak terintegrasi dengan kebun tebu dan hanya memproduksi Gula Kristal Rafinasi (Permenperin 47/2024)
- R Refokusing : Rangkaian prinsip-prinsip mengenai cara baru dalam melakukan suatu perbaikan secara strategis untuk memperoleh pendekatan yang lebih kohesif dan terkoordinasi bagi kebijakan industri di masa yang akan datang (Parker 2019)



DAFTAR ISTILAH (*LANJUTAN*)

<i>Scenario planning</i>	: Suatu alat untuk perencanaan strategis yang efektif untuk perencanaan jangka menengah dan panjang dengan mengakomodir ketidakpastian dalam mempertajam strategi, menyusun rencana untuk hal-hal yang tidak terduga dengan memperhatikan arah yang benar dan isu-isu yang tepat
<i>Sustainability</i> atau keberlanjutan	: Istilah yang digunakan untuk keberlanjutan yang menunjukkan kinerja suatu proses bisnis yang memanfaatkan sumber daya alam dinilai dari berbagai dimensi atau aspek dan indikator
SSM	: <i>Soft systems methodology</i> , merupakan sebuah rangkaian metodologi berlandaskan pada pendekatan sistem yang menjelaskan dan mendeskripsikan situasi masalah dan mencari solusi ideal untuk menyelesaikan permasalahan kompleks (Rodriguez-Ulloa dan Paucar-Caceres 2005)

S