

SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PENINGKATAN KINERJA KEBERLANJUTAN RANTAI PASOK BERAS DENGAN PENDEKATAN *SOFT SYSTEM DYNAMIC METHODOLOGY*

NURUL MAGHFIROH



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

@Hak cipta milik IPB University

IPB University



IPB University
— Bogor Indonesia —

- 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.

Perpustakaan IPB University



@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 “Sistem Penunjang Keputusan Peningkatan Kinerja Keberlanjutan Rantai Pasok Beras Dengan Pendekatan *Soft System Dynamic Methodology*” 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

Nurul Maghfiroh
F3601211004



RINGKASAN

NURUL MAGHFIROH. Sistem Penunjang Keputusan Peningkatan Kinerja Keberlanjutan Rantai Pasok Beras Dengan Pendekatan *Soft System Dynamic Methodology*. Dibimbing oleh MARIMIN, TAJUDDIN BANTACUT dan ELISA ANGGRAENI

Peningkatan produksi padi yang berkelanjutan memerlukan peningkatan produktivitas untuk meningkatkan efisiensi penggunaan sumber daya serta efektivitas rantai pasok guna menjamin ketersediaan pangan secara berkelanjutan. Upaya tersebut dapat dilakukan melalui adopsi Varietas Unggul Baru (VUB) dan teknologi budidaya, namun masih menghadapi kendala rendahnya adopsi petani akibat keterbatasan diseminasi dan lambatnya difusi inovasi sehingga memerlukan dukungan pemerintah. Penelitian ini bertujuan untuk 1) menganalisis situasi keberlanjutan rantai pasok beras, 2) merancang model peningkatan produksi padi berkelanjutan melalui adopsi inovasi benih unggul 3) menganalisis peningkatan kinerja rantai pasok beras, 4) menganalisis peningkatan keberlanjutan rantai pasok beras dan 5) membangun prototipe sistem penunjang keputusan peningkatan kinerja keberlanjutan rantai pasok beras.

Penelitian ini menggunakan pendekatan *Soft System Dynamic Methodology* (SSDM) yang mengintegrasikan *Soft System Methodology* (SSM) dan *System Dynamics* (SD). Analisis dilakukan menggunakan MACTOR untuk memetakan hubungan antaraktor, SCOR DS untuk mengukur kinerja rantai pasok, System Dynamics untuk memodelkan adopsi VUB dan peningkatan produksi padi, serta *Multiaspect Sustainability Analysis* (MSA) untuk menilai keberlanjutan kinerja aktor. Selanjutnya, *System Development Life Cycle* (SDLC) digunakan untuk mengembangkan prototipe sistem pendukung keputusan berdasarkan hasil analisis dan pemodelan.

Penelitian ini telah mengembangkan Sistem Penunjang Keputusan (SPK) peningkatan kinerja keberlanjutan rantai pasok beras dengan pendekatan yang mengintegrasikan analisis situasi keberlanjutan rantai pasok, model peningkatan produksi padi melalui adopsi varietas unggul baru, pengukuran kinerja dan penilaian keberlanjutan rantai pasok. Sistem ini mampu mensimulasikan berbagai skenario kebijakan serta memberikan rekomendasi alternatif kebijakan optimum untuk meningkatkan kinerja dan keberlanjutan rantai pasok beras.

Pencapaian tujuan pertama menunjukkan bahwa analisis situasi keberlanjutan berhasil mengidentifikasi aktor-aktor kunci dan hubungan pengaruh dalam rantai pasok beras. Hasil analisis MACTOR menunjukkan bahwa aktor pemerintah, terutama Kementerian Pertanian, BRMP Padi, dan BRMP Jawa Barat, memiliki pengaruh terbesar dalam mendorong adopsi varietas unggul baru melalui kebijakan, diseminasi, dan penyediaan benih. Analisis *Matrix of Actor Objectives* (2MAO) menunjukkan seluruh aktor memiliki tujuan yang sama, yaitu meningkatkan produktivitas melalui adopsi VUB untuk mendukung produksi padi berkelanjutan. Kinerja rantai pasok eksisting menunjukkan keterbatasan produksi petani sehingga penggilingan padi masih bergantung pada pasokan gabah dari luar wilayah, dengan produksi gabah Subang hanya mampu memenuhi sekitar 17,89% kebutuhan bahan baku penggilingan padi. Dengan demikian pemerintah berperan sebagai pengambil

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.

keputusan strategis dalam menetapkan arah kebijakan peningkatan produktivitas melalui adopsi VUB.

Pencapaian tujuan kedua menghasilkan model sistem dinamik yang mampu menggambarkan hubungan sebab akibat antara kapasitas diseminasi VUB, proses adopsi inovasi, penerapan Pengelolaan Tanaman Terpadu (PTT), peningkatan produktivitas, hingga peningkatan produksi padi. Hasil simulasi menunjukkan bahwa skenario 4 menghasilkan percepatan adopsi VUB, ditandai dengan Inpari 49 memasuki fase *early adopter* pada tahun 2028 dan penurunan penggunaan Inpari 32 terjadi lebih awal dibandingkan kondisi baseline. Percepatan adopsi tersebut meningkatkan produksi padi hingga 24,13%, dari sekitar 1,16 juta ton pada tahun 2023 menjadi 1,44 juta ton pada tahun 2045. Peningkatan produksi ini juga berdampak positif terhadap kinerja aktor rantai pasok. Model ini menjadi mesin simulasi SPK.

Pencapaian tujuan ketiga menunjukkan peningkatan produksi padi berdampak positif terhadap kinerja seluruh aktor rantai pasok. Secara keseluruhan, kombinasi peningkatan diseminasi VUB dan penerapan PTT memberikan dampak positif terhadap kinerja seluruh aktor rantai pasok beras. Skenario 4 menghasilkan kinerja terbaik karena mampu mempercepat adopsi VUB, meningkatkan produksi, serta memperbaiki kinerja pada dimensi resiliensi, ekonomi, lingkungan, dan sosial.

Pencapaian tujuan keempat menunjukan bahwa peningkatan diseminasi VUB dan penerapan PTT mempercepat transformasi keberlanjutan aktor rantai pasok beras. Skenario 4 memberikan hasil terbaik, dengan produsen benih dan petani mencapai kategori *sustainable* lebih cepat dibandingkan kondisi baseline. Peningkatan keberlanjutan tersebut didorong oleh penguatan dimensi sosial melalui diseminasi dan pelatihan, peningkatan produktivitas, efisiensi penggunaan sumber daya, serta kemampuan memenuhi permintaan.

Pada penggilingan padi, peningkatan pasokan gabah dan penggunaan VUB mampu memperbaiki dimensi resiliensi, ekonomi, dan lingkungan, tetapi nilai keberlanjutannya hanya meningkat dari *moderately sustainable* menjadi *fairly sustainable* karena sebagian indikator telah mencapai batas kapasitas dalam struktur model. Sementara itu, pedagang besar memiliki tingkat keberlanjutan awal yang relatif lebih tinggi dan telah mencapai kategori Sustainable sejak tahun 2024 pada seluruh skenario intervensi. Secara keseluruhan, hasil penilaian menunjukkan bahwa peningkatan adopsi VUB dan penerapan PTT menghasilkan efek berantai terhadap keberlanjutan aktor dari hulu hingga hilir. Skenario 4 menunjukkan hasil terbaik dalam mempercepat pencapaian keberlanjutan,

Pencapaian tujuan kelima menghasilkan prototipe yang mengintegrasikan analisis peran aktor, simulasi adopsi VUB dan peningkatan produksi padi pada berbagai skenario intervensi, pengukuran kinerja serta penilaian keberlanjutan aktor rantai pasok berdasarkan dimensi resiliensi, ekonomi, lingkungan, dan sosial. Prototipe diharapkan dapat membantu pengambil keputusan dalam merumuskan intervensi peningkatan adopsi VUB dan produksi padi serta mengevaluasi dampaknya terhadap peningkatan kinerja dan keberlanjutan aktor rantai pasok beras secara lebih terintegrasi.

Kata kunci :adopsi vub padi, peningkatan kinerja keberlanjutan, rantai pasok beras, sistem penunjang keputusan, *Soft System Dynamic Methodology*





SUMMARY

NURUL MAGHFIROH. Decision Support System for Improving the Sustainability Performance of the Rice Supply Chain Using a Soft System Dynamics Methodology Approach. Supervised by MARIMIN, TAJUDDIN BANTACUT, and ELISA ANGGRAENI

Sustainable rice production requires higher productivity through efficient resource use and a reliable supply chain. A key strategy is the adoption of improved rice varieties and appropriate crop management technologies. However, adoption remains limited due to inadequate technology dissemination, and the slow diffusion of innovation, thereby requiring stronger government intervention to accelerate the adoption process. This study aims to (1) analyze the sustainability of the rice supply chain; (2) develop a model for enhancing sustainable rice production through the adoption of improved rice varieties; (3) evaluate improvements in rice supply chain performance; (4) assess the sustainability performance of the rice supply chain; and (5) develop a prototype of a decision support system for improving the sustainability performance of the rice supply chain.

This study employed the Soft System Dynamics Methodology (SSDM), which integrates Soft Systems Methodology (SSM) and System Dynamics (SD). MACTOR and the SCOR Digital Standard (SCOR DS) were used to analyze stakeholder roles and supply chain performance, while System Dynamics was applied to model the adoption of improved rice varieties and rice production. Sustainability performance under different intervention scenarios was evaluated using the integrated models and the Multi-aspect Sustainability Analysis (MSA), and a prototype Decision Support System (DSS) was developed using the System Development Life Cycle (SDLC).

This study developed a Decision Support System (DSS) that integrates sustainability analysis, rice production modeling through the adoption of improved rice varieties, supply chain performance measurement, and sustainability assessment. The system simulates policy scenarios and recommends optimal strategies to enhance the sustainability performance of the rice supply chain.

The first objective identified the key actors and influence relationships in the rice supply chain. The MACTOR analysis identified government institutions as the most influential actors in promoting the adoption of improved rice varieties, while farmers remained highly dependent on other supply chain actors. The Matrix of Actor Objectives (2MAO) showed that all stakeholders shared a common objective of increasing productivity through the adoption of improved rice varieties to support sustainable rice production. However, the existing supply chain performance revealed insufficient local paddy production, with Subang supplying only 17.89% of the raw material required by local rice mills.

The second objective developed a system dynamics model linking improved rice varieties dissemination, innovation adoption, integrated crop management (ICM), productivity, and rice production. This model serves as the simulation engine of the DSS.. Simulation showed that Skenario 4 accelerated the adoption process, with Inpari 49 entering the early adopter stage by 2028 and reaching an adoption rate of 4.71%. This acceleration was also reflected in the earlier decline in the use of Inpari 32, which started in 2028 under Skenario 4 compared with 2029



under the baseline condition. Rice production also increased more rapidly under Skenario 4, rising by 24.13%, from 1.16 million tons in 2023 to approximately 1.44 million tons by the end of the simulation period in 2045.

The third objective showed that higher adoption of improved rice varieties and Integrated Crop Management (ICM) increased rice production and improved the performance of the rice supply chain. Skenario 4 achieved the best overall performance, with higher productivity and production volume driving profitability while supporting the goal of stabilizing paddy and rice prices.

The fourth objective showed that improved dissemination of improved rice varieties and the implementation of Integrated Crop Management (ICM) accelerated the sustainability transition of supply chain actors, although the timing varied among actor groups. Seed producers reached the Sustainable category by 2031 under Skenarios 3 and 4, compared with 2038 under the baseline condition. For farmers, Skenario 4 achieved the fastest transition to the Sustainable category by 2033, while the baseline remained Fairly Sustainable throughout the simulation period. These improvements were primarily driven by enhanced social performance through technology dissemination and training.

For rice millers, increased paddy supply and the adoption of improved rice varieties enhanced resilience, economic, and environmental performance, although sustainability improved only from Moderately Sustainable to Fairly Sustainable due to model capacity limits. Wholesalers exhibited relatively high initial sustainability and remained in the Sustainable category across all skenarios. Overall, greater adoption of improved rice varieties and Integrated Crop Management (ICM) generated cascading sustainability benefits throughout the rice supply chain, with Skenario 4 achieving the best overall performance.

The fifth objective resulted in a prototype that integrates actor analysis, simulation of improved rice variety adoption and rice production under different intervention skenarios, supply chain performance measurement, and sustainability assessment across resilience, economic, environmental, and social dimensions. The prototype is expected to support decision-makers in designing interventions to increase improved rice variety adoption and rice production while evaluating their impacts on supply chain performance and sustainability.

Keywords : adoption of improved rice varieties, decision support system, rice supply chain, soft system dynamic methodology, sustainability performance improvement



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.

SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN PENINGKATAN KINERJA KEBERLANJUTAN RANTAI PASOK BERAS DENGAN PENDEKATAN *SOFT SYSTEM* *DYNAMIC METHODOLOGY*

NURUL MAGHFIROH

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

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



@Hak cipta milik IPB University

IPB University

Penguji Luar Komisi pada Ujian Tertutup:

1. Prof. Dr.-Ing. Ir. Suprihatin, IPU
2. Dr. Topan Ruspayandi, M.Si

Anggota Promosi Luar Komisi pada Sidang Promosi Terbuka:

1. Prof. Dr.-Ing. Ir. Suprihatin, IPU
2. Dr. Topan Ruspayandi, M.Si



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.



Judul Disertasi : Sistem Penunjang Keputusan Peningkatan Kinerja Keberlanjutan Rantai Pasok Beras Dengan Pendekatan *Soft System Dynamic Methodology*

Nama : Nurul Maghfiroh

NIM : F3601211004

Disetujui oleh

Pembimbing 1:

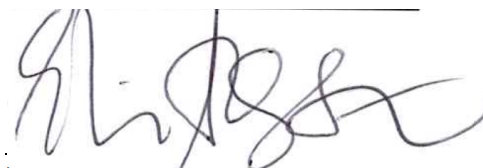
Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc

Pembimbing 2:

Prof. Dr. Ir. Tajuddin Bantacut, M.Sc

Pembimbing 3:

Dr. Elisa Anggraeni, STP., M.Sc



Diketahui oleh

Ketua Program Studi:

Prof. Dr.-Ing. Ir. Suprihatin

NIP 196312211990031002

Dekan Fakultas Teknik dan Teknologi:

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

NIP 196105021986031002

Tanggal Ujian:

Ujian Tertutup : 3 Agustus 2026

Ujian Terbuka : 14 Agustus 2026

Tanggal Lulus:

27 Agustus 2026



PRAKATA

Puji dan syukur penulis panjatkan kepada Allah subhanaahu wa ta'ala atas segala karunia-Nya sehingga karya ilmiah ini berhasil diselesaikan. Tema yang dipilih dalam penelitian yang dilaksanakan sejak bulan Agustus 2023 sampai bulan Juli 2026 ini ialah membangun Sistem Penunjang Keputusan, dengan judul “Sistem Penunjang Keputusan Peningkatan Kinerja Keberlanjutan Rantai Pasok Beras Dengan Pendekatan *Soft System Dynamic Methodology*”.

Terima kasih penulis ucapkan kepada para pembimbing, Prof. Dr. Ir. Marimin, M.Sc., Prof. Dr. Ir. Tajuddin Bantacut, M.Sc., dan Dr. Elisa Anggraeni, STP., M.Sc., yang telah membimbing dan banyak memberi saran. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada moderator seminar, dan penguji luar komisi pembimbing. Di samping itu, penghargaan penulis sampaikan kepada Direktur Jenderal Tanaman Pangan, Kepala BRMP Padi, Kepala BRMP Jawa Barat, Kepala Dinas Pertanian Kabupaten Subang, Kepala Satpel BPSBTPH Wilayah Subang, Kepala Satpel BPTPH Wilayah Subang, Kepala BPP Kecamatan Ciasem, Kepala Dinas Ketahanan Pangan Kabupaten Subang beserta para pejabat fungsional yang telah membantu selama pengumpulan data dan informasi. Ungkapan terima kasih juga disampaikan kepada TIP 2021 dan seluruh keluarga yang telah memberikan dukungan, doa, dan kasih sayangnya.

Semoga karya ilmiah ini bermanfaat bagi pihak yang membutuhkan dan bagi kemajuan ilmu pengetahuan.

Bogor, Agustus 2026

Nurul Maghfiroh

DAFTAR ISI

DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
DAFTAR ISTILAH	xx
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	3
1.5 Ruang Lingkup	4
1.6 Kebaruan (<i>novelty</i>)	4
II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1 Kerangka Teoritis	6
2.2 <i>Soft System Dynamic Methodology</i>	7
2.3 Saluran Rantai Pasok Beras	10
2.4 Peningkatan Produksi Padi Dari Upaya Adopsi Inovasi Benih Unggul.	14
2.5 Difusi Inovasi	16
2.6 Sistem Dinamik dalam Difusi Inovasi	19
2.7 Framework SCOR DS	20
III METODE	23
3.1 Kerangka Pemikiran Penelitian	23
3.2 Tata Laksana Penelitian	24
3.3 Teknik Analisis	28
IV ANALISIS SITUASIONAL	33
4.1 Analisis Peran Aktor Dalam Peningkatan Produktivitas Melalui Adopsi Inovasi VUB Untuk Peningkatan Produksi Padi Berkelanjutan	33
4.2 <i>Real World Problematic Situation</i>	37
4.3 <i>Problem System Thinking</i>	40
4.4 Kesimpulan	41
V MODEL PENINGKATAN PRODUKSI PADI MELALUI ADOPSI VUB	43
5.1 Kerangka Model Peningkatan Produksi Padi Melalui Adopsi VUB	43
5.2 Penyusunan Model	45
5.3 Validasi Model	56
5.4 Analisis Sensitivitas	61
5.5 Analisis Kebijakan	65
5.6 Kesimpulan	68
VI MODEL PENINGKATAN KINERJA RANTAI PASOK BERAS	69
6.1 <i>Framework SCOR</i> dalam Pengukuran Kinerja Rantai Pasok Beras	69
6.2 Model Konseptual Peningkatan Kinerja Rantai Pasok Beras	70
6.3 Kinerja Produsen Benih	73
6.4 Kinerja Petani	83

6.5	Kinerja Penggilingan Padi	92
6.6	Kinerja Pedagang Besar	98
6.7	Kesimpulan	101
VII	MODEL PENILAIAN KEBERLANJUTAN RANTAI PASOK BERAS	103
7.1	Arsitektur Model Penilaian Keberlanjutan Rantai Pasok Beras	103
7.2	Penyusunan Indikator Keberlanjutan Rantai Pasok	104
7.3	Klasifikasi Nilai Keberlanjutan Rantai Pasok Beras	110
7.4	Keberlanjutan Produsen Benih	111
7.5	Keberlanjutan Petani	116
7.6	Keberlanjutan Penggilingan Padi	121
7.7	Keberlanjutan Pedagang Besar	124
7.8	Kesimpulan	126
VIII	PROTOTIPE SISTEM PENUNJANG KEPUTUSAN KEBERLANJUTAN RANTAI PASOK BERAS	128
8.1	Analisa Sistem dan Perangkat Lunak	128
8.2	Perancangan Sistem	134
8.3	Implementasi System dan Perancangan System Manajemen Dialog	141
8.4	Model Analisis Peran Aktor	142
8.5	Model Peningkatan Produksi Padi Melalui Adopsi VUB	143
8.6	Model Penilaian Keberlanjutan Aktor Rantai Pasok Beras	145
8.7	Implementasi Sistem Penunjang Keputusan	147
8.8	Keunggulan dan Kelemahan Prototipe	149
8.9	Kesimpulan	150
IX	PEMBAHASAN UMUM	151
9.1	Peran Stakeholder dalam Pengambilan Keputusan Untuk Peningkatan Keberlanjutan Rantai Pasok Beras	151
9.2	Skenario Kebijakan Sebagai Dasar Pengambilan Keputusan Untuk Peningkatan Keberlanjutan Rantai Pasok Beras	152
9.3	Pengendalian dan Optimasi Indikator Kinerja Keberlanjutan Rantai Pasok Beras	153
9.4	Kontribusi dan Keterbatasan Penelitian	155
9.5	Implikasi Manajerial	158
X	SIMPULAN DAN SARAN	164
10.1	Simpulan	164
10.2	Saran	165
	DAFTAR PUSTAKA	167
	LAMPIRAN	174
	RIWAYAT HIDUP	251

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.



1	Tahapan kerangka SSDM	8
2	Atribut dan metrik kinerja SCOR DS	20
3	Jenis dan sumber data penelitian	26
4	Bidang dan pengalaman pakar	28
5	CATWOE peningkatan keberlanjutan rantai pasok beras	41
6	Simulasi petani adopter dengan menghitung nilai <i>Average Mean Error</i>	59
7	Hasil validasi produksi padi	60
8	Hasil sensitivitas variabel kebijakan terhadap laju adopter dan peningkatan produksi	61
9	Skenario kebijakan peningkatan produksi padi	66
10	Indikator keberlanjutan produsen benih	106
11	Indikator keberlanjutan petani	107
12	Indikator keberlanjutan penggilingan padi	109
13	Indikator keberlanjutan pedagang besar	110
14	Klasifikasi penilaian keberlanjutan	111
15	Transformasi indeks keberlanjutan produsen benih	112
16	Transformasi status keberlanjutan produsen benih	113
17	Transformasi indeks keberlanjutan petani	116
18	Transformasi status keberlanjutan petani	117
19	Transformasi indeks keberlanjutan penggilingan padi	122
20	Transformasi status keberlanjutan penggilingan padi	122
21	Transformasi indeks keberlanjutan pedagang besar	125
22	Transformasi status keberlanjutan pedagang besar	125
23	Kamus data analisis peran aktor	137
24	Kamus data model peningkatan produksi padi berkelanjutan melalui adopsi VUB	138
25	Kamus data peningkatan kinerja aktor rantai pasok beras	139
26	Kamus data peningkatan keberlanjutan aktor rantai pasok beras	140
27	Spesifikasi perangkat lunak pengembangan prototipe	142
28	Aspek implementasi SPK	148

DAFTAR GAMBAR

1	Kerangka teori keberlanjutan rantai pasok beras	7
2	Kerangka <i>Soft System Dynamic Methodology</i> (SSDM) (Ulloa dan Caceres 2005)	8
3	Saluran rantai pasok beras	11
4	Kategori adopter inovasi (Rogers 2003)	16
5	Kerangka pemikiran SPK peningkatan keberlanjutan rantai pasok beras	24
6	Tahapan pendekatan SDLC (Royce 1970)	32
7	Matriks MDII peningkatan produksi padi berkelanjutan	33
8	Peta pengaruh dan ketergantungan antar aktor peningkatan produksi padi berkelanjutan	36
9	Matrix 2MAO peningkatan produksi padi berkelanjutan	37
10	<i>Rich picture</i> rantai pasok beras	39

11	Kerangka model peningkatan produksi padi melalui adopsi VUB	45
12	<i>Causal loop diagram</i> peningkatan produksi padi berbasis adopsi VUB	47
13	SFD sub model adopsi VUB	51
14	SFD sub model peningkatan produksi padi	54
15	Kurva kumulatif dan pertambahan adopter VUB	57
16	Validasi produksi aktual dan simulasi	60
17	Sensitivitas laju diseminasi litbang terhadap peningkatan jumlah adopter	62
18	Sensitivitas laju diseminasi program perbenihan terhadap peningkatan jumlah adopter	62
19	Sensitivitas kapasitas bantuan pemerintah terhadap peningkatan adopter	63
20	Sensitivitas initial diseminasi litbang terhadap peningkatan adopter	63
21	Sensitivitas initial diseminasi program perbenihan terhadap peningkatan adopter	64
22	Sensitivitas komponen PTT terhadap peningkatan produksi	65
23	Hasil simulasi adopsi VUB	67
24	Hasil simulasi produksi VUB	68
25	Framework SCOR pengukuran kinerja rantai pasok beras	70
26	Model konseptual peningkatan kinerja rantai pasok beras	72
27	Simulasi kinerja POF produsen benih	74
28	Kebutuhan produksi benih Inpari 49	75
29	Kebutuhan luas tanam benih Inpari 49	75
30	Simulasi kinerja PSO produsen benih	76
31	Simulasi kebutuhan produksi benih penjenis Inpari 49	77
32	Simulasi agilitas produsen benih	77
33	Simulasi <i>cost</i> produsen benih	78
34	Simulasi <i>water saved</i> produsen benih	79
35	Simulasi <i>material used</i> produsen benih	80
36	Simulasi konsumsi solar produsen benih	81
37	Simulasi konsumsi listrik produsen benih	81
38	Simulasi konsumsi emisi produsen benih	81
39	Simulasi <i>training</i> VUB produsen benih	82
40	Simulasi <i>training</i> irigasi produsen benih	83
41	Simulasi <i>training</i> PTT produsen benih	83
42	Simulasi kinerja POF petani	84
43	Simulasi kinerja <i>agility</i> petani	85
44	Simulasi kinerja <i>cost</i> petani	86
45	Simulasi kinerja <i>profit</i> petani	87
46	Simulasi kinerja <i>water consumption</i> petani	88
47	Simulasi kinerja <i>material used</i> petani	89
48	Simulasi kinerja konsumsi solar	90
49	Simulasi kinerja konsumsi listrik	90
50	Simulasi kinerja konsumsi emisi	91
51	Simulasi kinerja <i>training</i> VUB petani	92
52	Simulasi kinerja <i>training</i> PTT petani	92
53	Simulasi kinerja POF penggilingan padi	93
54	Simulasi kinerja PSO penggilingan padi	94
55	Simulasi kinerja <i>agility</i> penggilingan padi	94

56	Simulasi kinerja <i>cost</i> penggilingan padi	95
57	Simulasi kinerja <i>material used</i> penggilingan padi	97
58	Simulasi kinerja konsumsi listrik penggilingan padi	97
59	Simulasi kinerja konsumsi emisi penggilingan padi	98
60	Simulasi kinerja POF Pedagang Besar	99
61	Simulasi kinerja PSO pedagang besar	100
62	Simulasi kinerja agilitas pedagang besar	100
63	Simulasi kinerja <i>cost</i> pedagang besar	101
64	Kerangka penilaian keberlanjutan rantai pasok beras	104
65	Grafik radar keberlanjutan produsen benih tahun 2023	113
66	<i>Heat map</i> keberlanjutan produsen benih	115
67	Grafik radar keberlanjutan produsen benih tahun 2045	115
68	<i>Heat map</i> keberlanjutan petani	120
69	Grafik radar keberlanjutan petani tahun 2023	120
70	Grafik radar keberlanjutan petani tahun 2045	120
71	<i>Heat map</i> keberlanjutan penggilingan padi	123
72	Grafik radar keberlanjutan penggilingan padi tahun 2023	124
73	Grafik radar keberlanjutan penggilingan padi tahun 2045	124
74	<i>Heat map</i> keberlanjutan pedagang besar	126
75	BPMN keberlanjutan rantai pasok beras	129
76	<i>Use case</i> analisis peran aktor	130
77	<i>Use case</i> peningkatan produksi padi melalui adopsi VUB	130
78	<i>Use case</i> peningkatan kinerja rantai pasok beras	131
79	<i>Use case</i> peningkatan keberlanjutan rantai pasok beras	132
80	<i>Sequence diagram</i> (a) peningkatan produksi padi melalui adopsi VUB (b) peningkatan kinerja rantai pasok (c) peningkatan keberlanjutan rantai pasok	133
81	Konfigurasi SPK rantai pasok beras berkelanjutan	135
82	DFD level 0 SPK rantai pasok beras berkelanjutan	135
83	DFD level 1 SPK rantai pasok beras berkelanjutan	136
84	Halaman login prototipe SPK rantai pasok beras berkelanjutan	141
85	Menu matrik input MDI dan MAO sub model analisis peran aktor	142
86	Peta pengaruh dan ketergantungan aktor	143
87	Tampilan persetujuan aktor terhadap komponen tujuan peningkatan keberlanjutan produksi padi melalui adopsi VUB	143
88	Tampilan simulasi adopsi VUB	144
89	Tampilan simulasi produksi padi	144
90	Halaman utama simulasi power sim	145
91	Tampilan penilaian keberlanjutan produsen benih	146

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.



DAFTAR LAMPIRAN

1	Pengukuran kinerja rantai pasok beras	175
2	SFD Produsen benih (Inpari 32)	177
3	SFD Produsen benih (Inpari 49)	178
4	SFD Petani	179
5	SFD Penggilingan Padi	181
6	SFD Pedagang Besar	182
7	Nilai Kinerja POF Produsen Benih	183
8	Nilai Kinerja PSO Produsen Benih	184
9	Nilai Kinerja Agilitas Produsen Benih	185
10	Nilai Kinerja Cost Produsen Benih	186
11	Nilai Kinerja Profit Produsen Benih	187
12	Nilai Kinerja Water Consumption Produsen Benih	188
13	Nilai Kinerja Material Used Produsen Benih	189
14	Nilai Kinerja Konsumsi Solar Produsen Benih	190
15	Nilai Kinerja Konsumsi Listrik Produsen Benih	191
16	Nilai Kinerja Konsumsi Emisi Produsen Benih	192
17	Nilai Kinerja POF Petani	193
18	Nilai Kinerja PSO Petani	194
19	Nilai Kinerja Agilitas Petani	195
20	Nilai Kinerja Cost Petani	196
21	Nilai Kinerja Profit Petani	197
22	Nilai Kinerja Water Consumption Petani	198
23	Nilai Kinerja Material Used Petani	199
24	Nilai Kinerja Konsumsi Solar Petani	200
25	Nilai Kinerja Konsumsi Listrik Petani	201
26	Nilai Kinerja Konsumsi Emisi Petani	202
27	Nilai Kinerja POF Penggilingan Padi	203
28	Nilai Kinerja PSO Penggilingan Padi	204
29	Nilai Kinerja Agilitas Penggilingan Padi	205
30	Nilai Kinerja Cost Penggilingan Padi	206
31	Nilai Kinerja Profit Penggilingan Padi	207
32	Nilai Kinerja Material Used Penggilingan Padi	208
33	Nilai Kinerja Konsumsi Listrik Penggilingan Padi	209
34	Nilai Kinerja Konsumsi Emisi Penggilingan Padi	210
35	Nilai Kinerja POF Pedagang Besar	211
36	Nilai Kinerja PSO Pedagang Besar	212
37	Nilai Kinerja Agilitas Pedagang Besar	213
38	Nilai Kinerja Cost Pedagang Besar	214
39	Nilai Kinerja Profit Pedagang Besar	215
40	Nilai Keberlanjutan Dimensi Resilience Produsen Benih	216
41	Nilai Keberlanjutan Dimensi Ekonomi Produsen Benih	217
42	Nilai Keberlanjutan Dimensi Lingkungan Produsen Benih	218
43	Nilai Keberlanjutan Dimensi Sosial Produsen Benih	219
44	Nilai Keberlanjutan Dimensi Resilience Petani	220
45	Nilai Keberlanjutan Dimensi Ekonomi Petani	221
46	Nilai Keberlanjutan Dimensi Lingkungan Petani	222

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.



- 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.

47	Nilai Keberlanjutan Dimensi Sosial Petani	223
48	Nilai Keberlanjutan Dimensi Reselience Penggilingan Padi	224
49	Nilai Keberlanjutan Dimensi Ekonomi Penggilingan Padi	225
50	Nilai Keberlanjutan Dimensi Lingkungan Penggilingan Padi	226
51	Nilai Keberlanjutan Dimensi Reselience Pedagang Besar	227
52	Nilai Keberlanjutan Dimensi Ekonomi Pedagang Besar	228
53	Aktor pengendali kinerja rantai pasok	229
54	Upaya optimasi kinerja rantai pasok	230
55	Rencana aksi skenario kebijakan adopsi VUB ke dalam implementasi program	232
56	Rencana aksi skenario kebijakan penerapan PTT ke dalam implementasi program	242



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.

DAFTAR ISTILAH

A	AME(<i>average mean error</i>)	:	rata-rata besarnya kesalahan antara nilai aktual/observasi dan nilai hasil simulasi model.
	AWD (<i>Alternate Wetting and Drying</i>):	:	Teknik pengelolaan irigasi dengan periode penggenangan dan pengeringan secara bergantian untuk meningkatkan efisiensi penggunaan air dan berpotensi menurunkan emisi CH ₄ .
B	<i>balancing loop</i>	:	Feedback yang cenderung mengurangi perubahan dan mengarahkan sistem menuju kondisi keseimbangan
C	CLD (<i>causal loop diagram</i>):	:	Diagram yang menggambarkan hubungan sebab-akibat antarvariabel dan feedback loop dalam sistem.
D	<i>Delays</i>	:	Jeda waktu antara perubahan suatu variabel dengan munculnya dampaknya pada variabel lain
	Diseminasi	:	Proses penyampaian dan penyebaran informasi/teknologi VUB dari lembaga sumber teknologi kepada pengguna, terutama petani.
	DFD (<i>data flow diagram</i>)	:	Diagram yang menggambarkan aliran data antara aktor, proses, penyimpanan data, dan sistem.
	DPI	:	besarnya dampak perubahan iklim terhadap produksi padi yang direpresentasikan melalui serangan dan gagal panen akibat kekeringan dan banjir.
F	<i>feedback loops</i>	:	Hubungan sebab-akibat yang membentuk suatu mekanisme penguatan atau penyeimbangan dalam sistem
	Fraksi	:	Proporsi atau persentase suatu variabel yang digunakan untuk menentukan besarnya aliran dalam model.
	<i>Framework SCOR DS (Supply Chain Operations Reference Digital Standard)</i> :	:	Kerangka untuk mengukur kinerja rantai pasok berdasarkan dimensi resiliensi,, ekonomi, lingkungan dan sosial
G	GHG (<i>green house gass</i>)	:	Gas rumah kaca yang dihasilkan dari aktivitas dalam sistem, khususnya emisi CH ₄ dari budidaya padi.
	GKP (gabah kering panen)	:	Gabah hasil panen yang belum melalui proses pengeringan sampai kadar air standar
	GKG (gabah kering giling):	:	Gabah yang telah dikeringkan hingga memenuhi kondisi untuk proses penggilingan.



I	<i>Imitation</i>	:	Proses ketika petani mengadopsi VUB karena melihat atau mengikuti keputusan petani lain yang telah menggunakannya.
O	OPT (organisme pengganggu tanaman)	:	Hama, penyakit, atau organisme lain yang mengganggu pertumbuhan dan produktivitas tanaman.
P	Prilaku model	:	Pola perubahan output model dari waktu ke waktu, misalnya meningkat, menurun, berfluktuasi, atau berbentuk S.
	PTT (Pengelolaan Tanaman Terpadu)	:	pendekatan inovatif dalam upaya meningkatkan produktivitas dan efisiensi usahatani melalui perbaikan sistem/ pendekatan dalam perakitan paket teknologi yang sinergis antar komponen teknologi, dilakukan secara partisipatif oleh petani serta bersifat spesifik lokasi
R	<i>Reinforcing loop</i>	:	Feedback yang memperkuat perubahan awal, sehingga pertumbuhan dapat semakin cepat atau penurunan semakin besar.
	<i>rich picture</i>	:	Digunakan dalam SSM/SSDM untuk menggambarkan aktor, aktivitas, masalah, hubungan, dan konflik dalam sistem secara menyeluruh.
	RMU (<i>rice milling unit</i>)	:	Unit penggilingan padi yang mengolah GKP/GKG menjadi beras
	<i>root definition</i>	:	Pernyataan mengenai sistem yang ingin dibangun/diperbaiki, termasuk siapa yang melakukan, apa yang dilakukan, dan untuk tujuan apa
S	Sensitivitas	:	Analisis untuk mengetahui variabel mana yang paling memengaruhi hasil model ketika nilainya diubah.
	SFD (<i>stock flow diagram</i>)	:	Diagram yang menunjukkan stock, flow, auxiliary, dan connector dalam model dinamika sistem
	Struktur model	:	Susunan hubungan antarvariabel, stock-flow, feedback, parameter, dan persamaan yang membentuk model.
	<i>S-shaped growth</i>	:	Pola pertumbuhan yang awalnya lambat, kemudian meningkat cepat, lalu melambat ketika mendekati batas kapasitas/adopser potensial.
V	VUB (Varietas Unggul Baru)	:	Salah satu hasil inovasi yang merupakan komponen utama teknologi padi dan telah terbukti mampu meningkatkan produktivitas padi dan pendapatan petani

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.



- 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.

Waste generated : Jumlah limbah yang timbul dari aktivitas dalam rantai pasok, misalnya sekam, dedak, jerami, atau limbah proses lainnya.

WOM (Word of Mouth) : Penyebaran informasi dari satu petani ke petani lain berdasarkan komunikasi atau pengalaman penggunaan VUB.