

Info Artikel Diterima 19 Agustus 2022
Disetujui 30 September 2022
Dipublikasikan 30 Oktober 2022

**STRATEGI DIREKTIF MITIGASI DAN ADAPTASI PERTANIAN
SECARA BERKELANJUTAN DI INDONESIA**

**AGRICULTURAL ADAPTATION AND MITIGATION DIRECTIVE
STRATEGIES SUSTAINABLE IN INDONESIA**

Dem Vi Sara ¹, Maya Dewi Dyah Maharani ²

**¹Program Studi Agribisnis
Fakultas Sains dan Teknologi Universitas Terbuka**

**²Program Studi Ilmu Lingkungan
Fakultas Teknik, Universitas Sahid, Jakarta**

Email: demvisara@ecampus.ut.ac.id

ABSTRACT

The formulation of the Strategy Directive for Sustainable Agriculture Mitigation and Adaptation in Indonesia is very useful in the preparation of innovation, research and development of agricultural affairs, as well as input for the Long-term Development Plan document. This paper examines the formulation of the strategy through research in the City and District of Bogor. The research started from situational analysis in February 2018 obtained from the results of literature studies, surveys, and group discussions on expert opinions in systems, sustainability, mitigation and agricultural adaptation fields. Produced 52 attributes related to agricultural mitigation and adaptation in the ecological, economic, social, regulatory, and technological dimensions. In mapping perceptions that rely on Euclidian Distance between one dimension and another and to assess the quality of sustainability for each of these dimensions, Multi Dimensional Scaling (MDS) analysis, Leverage analysis and Monte Carlo analysis are used. The results of the MDS analysis followed by the Analytical Hierarchy Process (AHP) analysis resulted in the formulation of a directive strategy for farmer empowerment through low-carbon agricultural technology for climate mitigation efforts with a score of 0.201. These results can be used to determine agricultural programs and activities that are effective, efficient and able to anticipate disasters.

Keywords: *Sustainability, Mitigation, Adaptation, Agriculture, MDS, AHP.*

ABSTRAK

Perumusan Strategi Direktif Mitigasi dan Adaptasi Pertanian secara Berkelanjutan di Indonesia sangat bermanfaat dalam penyusunan inovasi, penelitian dan pengembangan urusan pertanian, serta masukan untuk dokumen Rencana Pembangunan Jangka Panjang. Tulisan ini mengkaji perumusan strategi tersebut melalui penelitian yang dilakukan di Kota dan Kabupaten Bogor. Penelitian dimulai dari analisis situasional pada bulan Februari 2018 dari hasil

studi literatur, survei, dan diskusi grup terhadap pendapat pakar bidang sistem, bidang keberlanjutan, bidang mitigasi dan bidang adaptasi pertanian. Dihasilkan 52 atribut terkait bidang mitigasi dan adaptasi pertanian pada dimensi ekologi, ekonomi, sosial, peraturan, dan teknologi. Dalam memetakan persepsi yang mengandalkan Euclidian Distance antara satu dimensi dengan dimensi lainnya dan untuk menilai kualitas keberlanjutan terhadap masing-masing dimensi tersebut digunakan analisis Multi Dimensional Scaling (MDS), analisis Leverage dan analisis Monte Carlo. Hasil analisis MDS dilanjutkan dengan analisis Analytical Hierarchy Process (AHP) menghasilkan rumusan strategi direktif pemberdayaan petani melalui teknologi pertanian rendah karbon guna upaya mitigasi iklim dengan score 0,201. Hasil ini dapat digunakan untuk menentukan program dan kegiatan pertanian yang efektif, efisien dan mampu mengantisipasi bencana.

Kata kunci: Keberlanjutan, Mitigasi, Adaptasi, Pertanian, MDS, AHP.

PENDAHULUAN

Haryono dan Irsal Las (2011) menyatakan bahwa tantangan utama dalam Pembangunan Pertanian di Indonesia antara lain meliputi: (a) kerusakan dan degradasi sumber produktivitas lahan dan pencemaran, (b) fragmentasi lahan pertanian, (c) alih fungsi lahan subur pertanian ke non pertanian, dan (d) peningkatan variabilitas dan terjadinya perubahan iklim. Pertanian merupakan salah satu urusan yang sangat merasakan dampak akibat dari perubahan iklim yang terjadi di seluruh dunia. Perubahan iklim ini mengancam ketahanan pangan di seluruh negara yang ada di dunia tersebut. Contoh yang paling aktual dari kejadian ini adalah terjadinya banjir yang sangat ekstrim di negara pengekspor beras Thailand. Kejadian ini menyebabkan negara ini menghentikan ekspor berasnya ke negara lain yang akhirnya berdampak pada kenaikan harga beras di seluruh dunia.

Sementara itu, mitigasi pertanian adalah upaya memperlambat laju pemanasan global serta perubahan iklim melalui penurunan emisi (pancaran) Gas Rumah Kaca (GRK) serta peningkatan penyerapan GRK. Sedangkan adaptasi pertanian merupakan upaya penyesuaian teknologi, manajemen dan kebijakan urusan pertanian dengan pemanasan global dan perubahan iklim.

Kondisi eksisting di Indonesia terkait mitigasi dan adaptasi pertanian memerlukan perhatian yang sangat serius. Upaya-upaya yang perlu dilakukan terkait hal tersebut antara lain: dalam menghadapi peningkatan variabilitas dan terjadinya perubahan iklim termasuk perubahan iklim global, penipisan ozon stratosfir, asam deposisi, eutrofikasi darat dan perairan ekosistem. Selain itu juga diperlukan upaya yang serius terhadap kejadian kepunahan spesies dan hilangnya keanekaragaman hayati, deforestasi dan degradasi hutan, desertifikasi, degradasi sumber daya tanah, dan perubahan penggunaan lahan. Kemudian, kenaikan permukaan laut, perusakan zona pesisir, penipisan air tawar dan perikanan laut, lahan basah dan zona riparian dan pengelolaan limbah berbahaya merupakan hal lain yang juga memerlukan perhatian serius (Reuters, 2010).

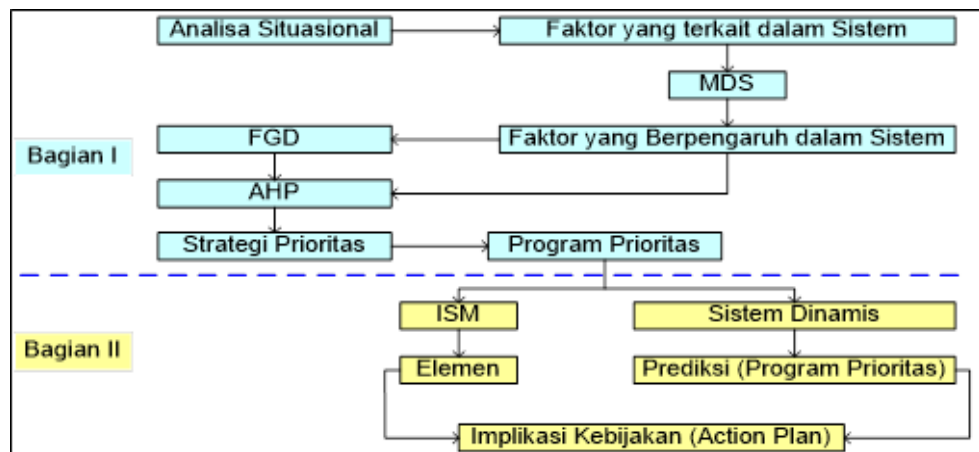
Keberlanjutan dimensi lingkungan dilakukan dengan penggunaan teknologi

anaerobic membrane bioreactors (AMBR) mampu menurunkan kandungan *Biochemical Oxygen Demand (BOD)* dan *Chemical Oxygen Demand (COD)* hingga 93,96 persen (Ahlem dan Sayadi, 2007). Sedangkan keberlanjutan dimensi ekonomi dilakukan melalui keterpaduan usaha jasa pemotongan, penjualan pangan asal ternak dan perdagangan hewan. Model keberlanjutan dimensi ekonomi ini banyak diminati oleh rumah potong hewan (RPH) swasta. Meskipun keberadaan RPH berdampak negatif, di Iran RPH ini merupakan salah satu unit usaha penyumbang energi terbarukan (Hosseiny, 2003). Kandungan biomassa limbah RPH berpotensi menghasilkan energi *biogasol* sebesar 90 persen (Ahring dan Langvad, 2008). Penggunaan teknologi terhadap limbah RPH mampu memulihkan kandungan hidrogen sulfida untuk sumber energi (Gomes *et al.*, 2005). Namun demikian, sebanyak 20 persen RPH tutup diakibatkan oleh risiko tinggi, keuntungan rendah, buruknya pembuangan limbah serta ketatnya peraturan oleh pemerintah daerah setempat. Oleh sebab itu diperlukan kajian strategi dan dukungan program dengan memperhatikan multi dimensi dan mempertimbangkan norma serta peraturan yang berlaku (Mann, 1984; Eriksen, 1978). Larangan penyembelihan hewan betina, bertanduk berproduksi yang melanggar norma, peraturan sekaligus kesejahteraan hewan menyebabkan kerugian ekonomi pada usaha jasa RPH, sehingga keuntungan menjadi berkurang (Atawalna *et al.*, 2013). Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengukur peubah-peubah yang penting dan diperlukan untuk menyusun model pengelolaan usaha jasa pertanian secara berkelanjutan, rencana strategi dan program menggunakan rancangan model yang telah dibuat, serta alternatif strateginya dengan mempertimbangkan dan mengintegrasikan lima dimensi, yaitu dimensi ekologi, ekonomi, sosial, peraturan dan teknologi. Hasil ini dapat digunakan untuk menentukan program dan kegiatan pertanian dalam arti luas yang efektif dan efisien serta mampu mengantisipasi bencana.

METODE PENELITIAN

Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian dimulai dari analisis situasional yang didapat pada bulan Februari 2018 dari hasil studi literatur, survei, diskusi *Forum Group Discussion (FGD)* terhadap pendapat pakar dari bidang sistem, dari bidang keberlanjutan, dan dari bidang mitigasi dan adaptasi pertanian. Rancangan ini menghasilkan 52 atribut terkait bidang mitigasi dan adaptasi pertanian, yaitu terdiri dari: 11 (sebelas) atribut pada dimensi ekologi, 9 (sembilan) atribut pada dimensi ekonomi, 7 (tujuh) atribut pada dimensi sosial, 10 (sepuluh) atribut pada dimensi peraturan, dan 15 (lima belas) atribut pada dimensi teknologi. Selanjutnya, dilakukan penilaian kualitas keberlanjutan terhadap masing-masing dimensi tersebut seperti yang terpapar pada Gambar 1 dengan menggunakan metode *Multi Dimensional Scaling (MDS)* atau program *Rap-Mitigasi Adaptasi* (modifikasi dari *Rapfish*). (Kavanagh, 2001; Kavanagh & Pitcher, 2004).



Gambar 1: Bagan Rancangan Penelitian

Hasil analisis MDS adalah berupa indeks keberlanjutan dan atribut-atribut *leverage* (pengungkit) yang diperkirakan berpengaruh kuat pada masing-masing dimensi. Atribut-atribut *leverage* yang ditemukan tersebut didiskusikan melalui FGD dan diolah dengan metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) (Saaty, 1993) dengan menggunakan *software expert choice* (Forman & Selly, 2002). Tujuannya adalah untuk menghasilkan alternatif strategi dan program yang mendukungnya terkait kondisi mitigasi dan adaptasi pertanian. Akan halnya dalam penulisan artikel ini selanjutnya dibatasi hanya terhadap diskusi yang terkait dengan bagian I saja.

Metode Pengumpulan Data

Penelitian dilakukan di kota dan kabupaten Bogor yang berlangsung pada bulan Februari-Oktober 2018. Pengumpulan dan pencarian data primer, sekunder, serta informasi dari seluruh proses administrasi pemerintahan meliputi: hubungan kerja, timbal balik, koordinasi, kerjasama, komunikasi, metode, cara kerja, sistem, teknik, tata kerja, dan struktur. Metode pengumpulan tersebut dilakukan agar dapat melihat sejauh mana pengelolaan mitigasi dan adaptasi pertanian yang dilakukan selama ini. Prinsip hubungan saling mendukung, melaksanakan keputusan partisipatif dan pencapaian tujuan terbaik melalui visi holistik merupakan prasyarat fungsi-fungsi administrasi pemerintahan tersebut (Eriyatno, 2012; Eriyatno, Nurhayati, Pramudya, 2019).

Analisis *Multi Dimensional Scaling* (MDS)

Untuk menilai status keberlanjutan mitigasi dan adaptasi pertanian digunakan metode *Rap-Mitigasi Adaptasi Pertanian* yang telah dimodifikasi dari program *Rapfish* dengan teknik *Multi Dimensional Scaling* (MDS). Prosedur penggunaan *Rap-Mitigasi Adaptasi Pertanian* adalah sebagai berikut: (1) *review* atribut meliputi berbagai kategori dan skoring; (2) identifikasi dan pendefinisian atribut; (3) skoring untuk mengkonstruksi *reference point untuk good dan bad*; (4) *Multi Dimensional Ordination* untuk setiap atribut; (5) *Simulasi Monte Carlo*; (6) *Analisis Leverage*; dan (7) *Analisis keberlanjutan*. MDS pada hakekatnya

adalah *perceptual mapping* (pemetaan persepsi) yang mengandalkan *Euclidian Distance* antara satu dimensi dengan dimensi yang lain. Dalam *MDS*, atribut atau ukuran yang akan diukur dapat dipetakan dalam jarak *Euclidian*. Dalam hal ini, benda yang dipersepsikan memiliki karakteristik yang sama dianggap memiliki jarak *Euclidian* terdekat. Sebaliknya, obyek dengan karakteristik yang berbeda disebut memiliki *dissimilarities*. Karena itu, perbedaan keduanya dapat diukur dalam jarak persepsi yang diterjemahkan dalam indeks persepsi seperti indeks keberlanjutan. Teknik penentuan jarak tersebut didasarkan pada *Euclidian Distance* dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$d_{1,2} = \sqrt{(X_1 - X_2)^2 + (Y_1 - Y_2)^2 + (Z_1 - Z_2)^2 + \dots} \dots\dots\dots (1)$$

Keterangan :

- $d_{1,2}$ = Jarak *euclidian*
- X, Y, Z = Atribut
- 1,2 = Pengamatan

Jarak *euclidian* antara dua titik tersebut ($d_{1,2}$) kemudian di dalam *MDS* diproyeksikan ke dalam jarak *euclidian* dua dimensi ($\hat{D}_{1,2}$) berdasarkan rumus regresi pada persamaan berikut:

$$D_{1,2} = a + b D_{1,2} + c \dots\dots\dots (2)$$

Keterangan:

- a = *intercept*
- b = *slope*
- c = *error*

Dalam *MDS*, dua titik atau obyek yang sama dipetakan dalam satu titik yang saling berdekatan. Teknik yang digunakan di sini adalah algoritma *ALSCAL* yang mudah didapat karena tersedia pada hampir setiap *software* statistik (*SPSS* dan *SAS*). Pada *Rap-Mitigasi Adaptasi Pertanian*, prinsipnya adalah membuat iterasi proses regresi tersebut menjadi sedemikian rupa sehingga didapatkan nilai e yang terkecil dan berusaha memaksa agar *intercept* pada persamaan tersebut menjadi sama dengan 0 ($a=0$). Iterasi akan berhenti jika *stress* < 0,25. Sedangkan untuk atribut sebanyak m maka *stress* dapat dirumuskan dalam persamaan sebagai berikut:

$$stress = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \left(\frac{\sum_i \sum_j (D_{ijk}^2 - d_{ijk}^2)^2}{\sum_i \sum_j d_{ijk}^2} \right)}$$

Selanjutnya, melalui metode rotasi, maka posisi titik keberlanjutan dapat divisualisasikan melalui sumbu horizontal dan vertikal dengan nilai indeks keberlanjutan diberi skor 0 persen (buruk) dan 100 persen (baik). Jika sistem yang dikaji mempunyai nilai indeks keberlanjutan lebih besar atau sama dengan 50 persen, maka sistem dikatakan berkelanjutan (*sustainable*). Sebaliknya, jika nilai indeks keberlanjutan kurang dari 50 persen, maka sistem dikatakan tidak berkelanjutan. Ilustrasi untuk penentuan indeks keberlanjutan dalam skala

ordinasi pada dua titik ekstrim tersebut adalah sebagai “buruk” (0 persen) dan “baik” (100 persen). Dari hasil analisis tersebut diperoleh pengaruh galat yang dapat disebabkan oleh berbagai hal seperti kesalahan dalam pembuatan skor, kesalahan pemahaman terhadap atribut atau kondisi lokasi penelitian yang belum sempurna, variasi skor akibat perbedaan opini atau penilaian oleh peneliti, proses analisis MDS yang berulang-ulang, kesalahan input data atau ada data yang hilang dan tingginya nilai *stress*.

Analisis Leverage

Analisis *leverage* digunakan untuk mengetahui efek stabilitas jika salah satu atribut dihilangkan saat dilakukan ordinasi. Hasil analisis *Leverage* menunjukkan persen perubahan *root mean square* masing-masing atribut. Atribut yang memiliki persentase tertinggi merupakan atribut yang paling sensitif terhadap keberlanjutan (Kavanagh, 2001; Kavanagh & Pitcher, 2004).

Analisis Monte Carlo

Untuk mengevaluasi pengaruh galat pada pendugaan nilai ordinasi digunakan analisis *Monte Carlo*. Analisis *Monte Carlo* ini merupakan metode simulasi statistik untuk mengevaluasi efek dari *random error* pada proses pendugaan, serta untuk mengevaluasi nilai yang sebenarnya. Output dari analisis *Rap-Mitigasi Adaptasi Pertanian* adalah indeks keberlanjutan dari 0-100 yang ditampilkan dalam indikator ordinasi dan *leveraging*. Indeks keberlanjutan dikelompokkan ke dalam 4 (empat) kategori, yaitu: nilai 0-25 (kategori buruk atau tidak berkelanjutan); nilai 25,01-50 (kategori kurang berkelanjutan); nilai 50,01-75 (kategori cukup berkelanjutan); dan nilai 75,01-100 (kategori baik atau sangat berkelanjutan).

Analisis Analytical Hierarchy Process (AHP)

Metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP) dengan program *expert choice* digunakan untuk membuat keutamaan strategi (Saaty, 1993). Teknik ini digunakan untuk mengurai proses keputusan yang rumit menjadi keputusan yang lebih sederhana, sehingga dapat ditangani dengan mudah. (Forman & Selly, 2002). Komponen-komponen yang dikaji disusun dalam lima tingkat, yakni komponen “fokus” pada tingkat ke lima, komponen “faktor” pada tingkat ke empat, komponen “aktor” pada tingkat ke tiga, komponen “tujuan” pada tingkat ke dua dan komponen “alternatif strategi” pada tingkat pertama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekologi

Dimensi ekologi merupakan salah satu parameter penting dalam status keberlanjutan. Oleh sebab itu, dalam membuat rancang bangun, wajib dipertimbangkan untuk perencanaan jangka panjang. Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapat nilai indeks dimensi ekologi sebesar 53,11 persen. Nilai tersebut berada pada kisaran (50-75) persen atau masuk ke dalam kategori “cukup berkelanjutan”.

Hasil analisis atribut pengungkit (*leverage*) menunjukkan bahwa

keberlanjutan ketersediaan air secara berkeadilan (dengan nilai 5,16) dan pemanfaatan sumber daya biomassa pertanian (dengan nilai 5,08), memberi pengaruh yang besar pada indeks keberlanjutan dimensi ekologi.

Analisis risiko dengan menggunakan metode prakiraan risiko secara langsung dapat memprediksi besarnya risiko yang terjadi, dan merupakan fungsi besarnya probabilitas dengan konsekuensi tertentu (Bartram dan Sohnke, 2002). Hal ini pernah dilakukan dalam bidang peternakan yaitu di rumah pemotongan unggas, dan rumah pemotongan babi (FAO/WHO, 1976; Christensen *et al.*, 2001; Clare, 1999), serta RPU kota Bogor (Pribadi, 2010)

Indeks Keberlanjutan Dimensi Ekonomi

Berdasarkan analisis yang dilakukan, didapat nilai indeks keberlanjutan pada dimensi ekonomi sebesar 54,17 persen. Nilai tersebut berada dalam kisaran 50-75 persen. Maknanya adalah keberlanjutan dimensi ekonomi dalam mitigasi dan adaptasi pertanian adalah termasuk ke dalam kategori “cukup berkelanjutan”. Lebih jauh diketahui kemudian bahwa atribut pemberian insentif pada usaha agribisnis rendah karbon (dengan nilai 5,53); orientasi agro-eko-turisme (dengan nilai 5,44); akses pendanaan usaha agribisnis rendah karbon (dengan nilai 5,09); dan penetapan harga pokok produksi (HPP) pertanian secara bijak (dengan nilai 5,28) merupakan empat atribut yang memiliki nilai tertinggi secara berurutan. Hal ini menunjukkan bahwa keempat atribut tersebut merupakan faktor kunci yang perlu diungkit, namun berpotensi rawan konflik sosial. Namun demikian, orientasi pada agro-eko-turisme merupakan aktivitas pertanian yang sangat harmonis dengan dimensi ekologi, ekonomi dan sosialnya. (Eriyatno & Kolopaking, 2019), sehingga diperlukan pelatihan peningkatan higienitas dan sanitasi sebagai langkah awalnya (Nasution, 2003).

Indeks Keberlanjutan Dimensi Sosial

Berdasarkan analisis yang dilakukan terhadap indeks keberlanjutan dari dimensi sosial diperoleh nilai sebesar 54,62 persen. Nilai tersebut berada pada kisaran 50-75 persen, yang artinya adalah termasuk ke dalam kategori “cukup berkelanjutan”. Dalam kaitan ini, analisis atribut pengungkit (*leverage*) pemberdayaan masyarakat pedesaan (dengan nilai 6,10) merupakan atribut yang memiliki nilai tertinggi, dan sekaligus merupakan faktor kunci yang perlu diungkit. Sedangkan atribut nilai sosial (dengan nilai 4,85) merupakan atribut yang diperkirakan berpengaruh, karena atribut tersebut dibangun secara turun temurun oleh generasi pendahulu. Hal ini utamanya adalah karena salah satu fungsi dan peran atribut nilai sosial tersebut adalah sebagai perekat sosial dan mencegah konflik kekerasan (Sumardjo, 2010).

Indeks Keberlanjutan Dimensi Peraturan

Hasil analisis menunjukkan bahwa nilai indeks keberlanjutan dari dimensi peraturan adalah sebesar 46,49 persen. Nilai tersebut berada pada kisaran 25-50 persen, yang artinya termasuk ke dalam kategori “tidak berkelanjutan”. Selanjutnya, pada atribut penggunaan sarana dan prasarana (sarpras) utamanya

pada subsistem pengolahan dalam sistem agribisnis atau pertanian hemat energi (dengan nilai sebesar 6,45), dan pada atribut kemudahan perizinan usaha agribisnis (dengan nilai 6,39), diperkirakan berpengaruh besar terhadap ketidakberlanjutan mitigasi dan adaptasi pertanian. Hal ini disebabkan karena pedoman, petunjuk pelaksanaan dan petunjuk teknis yang bertujuan mendukung keberlanjutan pembangunan pertanian masih belum tersedia. Demikian juga dengan hasil-hasil penelitian yang terkait dengan upaya-upaya mitigasi dan adaptasi pertanian bahwa sampai saat ini belumlah banyak dimanfaatkan dalam perumusan kebijakan, baik yang bersifat direktif, strategis, operasional bahkan teknis. Namun untuk ke depan, hal yang sangat menjanjikan adalah bahwa dalam waktu dekat Kementerian Pertanian Republik Indonesia akan segera mengesahkan Rancangan Undang-Undang (RUU) tentang Pengembangan Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan sebagai pengganti Undang-Undang Budi Daya Pertanian. RUU Pengembangan Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan ini, termasuk ke dalam prioritas program legislasi nasional tahun 2018.

Adapun lembaga yang terkait di dalam penyusunan RUU Pengembangan Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan tersebut adalah Kementerian Agraria dan Tata Ruang, Kementerian Dalam Negeri, Kementerian Pekerjaan Umum dan Perumahan Rakyat Republik Indonesia (PUPR), Kementerian Hukum dan Hak Asasi Manusia (HAM), serta kementerian dan lembaga terkait lainnya. Beberapa substansi baru dalam RUU tersebut antara lain berkaitan dengan pertanian konservasi, pemanfaatan air, sumber daya genetik pertanian, serta pemuliaan oleh petani kecil dalam negeri. Upaya-upaya pemerintah tersebut merupakan langkah nyata yang antisipatif untuk menghadapi mitigasi dan adaptasi para petani di Indonesia dalam menghadapi bencana.

Indeks Keberlanjutan Dimensi Teknologi

Hasil analisis terhadap nilai indeks keberlanjutan dari dimensi teknologi diperoleh nilai sebesar 30,37 persen. Nilai tersebut berada pada kisaran 25-50 persen. Artinya masuk dalam kategori “tidak berkelanjutan”. Hasil analisis pengungkit (*leverage*) khususnya pada atribut teknologi *recycle* biomassa sumber daya pertanian (dengan nilai sebesar 5,32) diperoleh nilai yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai pada atribut teknologi yang lain. Hal ini menunjukkan bahwa atribut tersebut merupakan faktor kunci yang perlu diungkit untuk memfasilitasi serta menambah keuntungan sebagai usaha agribisnis. Selanjutnya, pada atribut teknologi biobriket dan biogas (dengan nilai sebesar 5,18) memiliki nilai tertinggi yang ke dua. Hal ini menunjukkan bahwa atribut tersebut juga merupakan faktor kunci yang perlu diungkit.

Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa rendahnya beberapa teknologi pertanian yang dimanfaatkan menyebabkan agribisnis sebagai aktivitas yang dapat menghasilkan sumber potensi rendah karbon untuk mendukung pembangunan *ecovillage* masih sulit dicapai. Disamping itu, keterbatasan jumlah dan kualitas profesi petani, serta pekerja tani yang tidak permanen menyebabkan peraturan menjadi banyak yang sulit untuk dilaksanakan. Kenyataan ini merupakan tantangan tersendiri yang memerlukan perhatian dan pertimbangan

berbagai pihak.

Namun demikian, dari hasil seleksi Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBM PTN) tahun 2019 melalui hasil pengumuman dari Kementerian Riset, Teknologi dan Pendidikan Tinggi (Kemristek Dikti) diperoleh informasi bahwa jurusan terfavorit ke dua yang dipilih oleh peserta SBM PTN setelah fakultas kedokteran adalah agroteknologi. Hal ini menunjukkan bahwa tingginya minat anak muda terhadap agroteknologi tersebut merupakan fenomena yang menjadi harapan pemerintah, khususnya Kementerian Pertanian (kementan) dalam mendorong berbagai program berbasis teknologi pertanian. Kementerian Pertanian dalam kurun waktu 4,5 tahun terakhir menyatakan terus mendorong pencetakan petani milenial melalui Perguruan Tinggi maupun pesantren termasuk di dalamnya program terkait mitigasi dan adaptasi pertanian.

Selanjutnya, dari validasi hasil simulasi *rap-Mitigasi Adaptasi Pertanian* untuk kelima dimensi (ekologi, ekonomi, sosial, peraturan, dan teknologi) dapat dilihat pada Tabel 1 yang ditunjukkan dengan nilai koefisien determinasi (R^2) yang cukup tinggi (yaitu $> 0,90$). Nilai ini berarti bahwa atribut-atribut yang disertakan tersebut memiliki peran yang cukup besar dalam menjelaskan keragaman dari model kelima dimensi yang dibangun. Besarnya nilai *S stress* kelima dimensi dapat merepresentasikan model yang dinilai baik.

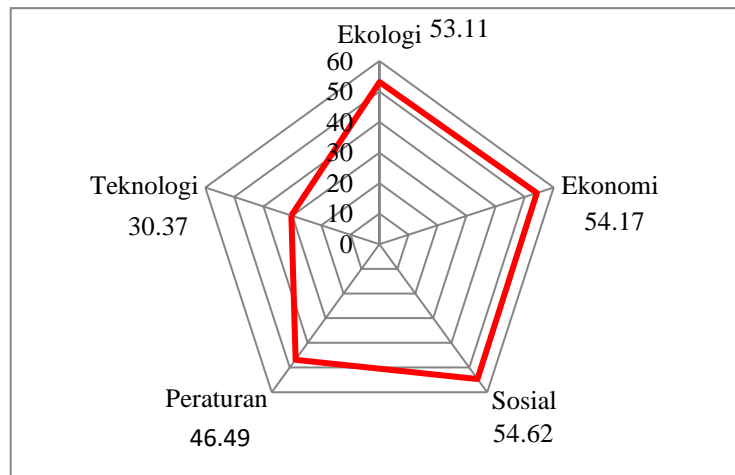
Tabel 1. Data Hasil Perhitungan R^2 , Nilai Stress, Analisis MDS dan Monte Carlo

No.	Dimensi	R^2	Nilai Stress	Hasil MDS	Hasil Monte Carlo	Selisih
1	Ekologi	0,950	0,213	53,110	52,745	0,365
2	Ekonomi	0,954	0,218	54,172	54,115	0,057
3	Sosial	0,958	0,212	54,618	54,486	0,132
4	Peraturan	0,930	0,214	46,486	46,158	0,328
5	Teknologi	0,956	0,130	30,370	30,081	0,289

Disamping itu, perbedaan nilai hasil (selisih) penghitungan MDS kelima dimensi dengan hasil analisis Monte Carlo yang relatif kecil (yaitu < 1) menunjukkan bahwa hasil penghitungan MDS dapat mencerminkan nilai yang sebenarnya dengan tingkat presisi yang tinggi. Evaluasi pengaruh galat (*error*) acak yang dilakukan dengan menggunakan analisis Monte Carlo bertujuan untuk mengetahui: (1) pengaruh kesalahan pembuatan skor atribut, (2) pengaruh variasi pemberian skor, (3) stabilitas proses analisis MDS yang berulang-ulang, (4) kesalahan pemasukan atau hilangnya data (*missing data*), dan (5) nilai *stress*. Pada Gambar 2 dapat dilihat nilai indeks kelima dimensi yang dijadikan indikator untuk menilai status keberlanjutan pengelolaan usaha mitigasi dan adaptasi pertanian yang disajikan dalam bentuk diagram layang-layang.

Selanjutnya, pada uji *pairwise comparison* yang diperoleh dari penilaian pakar (*expert judgment*), menghasilkan skor tertimbang sebagaimana disajikan pada Tabel 2. Data ini menunjukkan bahwa nilai MDS indeks tertimbang keberlanjutan multi dimensi adalah sebesar 39,06. Artinya, termasuk ke dalam

kategori “tidak berkelanjutan”.



Gambar 2. Diagram layang-layang status keberlanjutan mitigasi dan adaptasi pertanian

Tabel 2. Nilai Indeks Keberlanjutan Multidimensi

No.	Dimensi	Bobot Dimensi (%)	Nilai Indeks	Nilai Indeks Hasil Pembobotan
1	Ekologi	0,06	53,11	3,19
2	Ekonomi	0,05	54,17	2,71
3	Sosial	0,05	54,62	2,73
4	Peraturan	0,30	46,49	14,06
5	Teknologi	0,54	30,37	16,40
Jumlah		100,00 (inkonsistensi 0,03)		39,06

Prioritas Strategi dan Program Prioritas Mitigasi Adaptasi Pertanian secara Berkelanjutan

Pada metode *Analytical Hierarchy Process* (AHP), analisis dimulai dengan membuat struktur, kemudian dilanjutkan dengan diskusi pakar untuk menentukan dan sekaligus melakukan validasi terhadap kriteria utama. Hasil analisis AHP pada Tabel 3 memperlihatkan bahwa tujuan mitigasi dan adaptasi pertanian adalah sebagai salah satu aktivitas yang berpotensi rendah karbon, dan menerapkan aktivitas pertanian dengan mengelola risiko. Hal ini dicapai antara lain dengan melalui skenario peningkatan keberlanjutan ketersediaan air secara berkeadilan (dengan nilai sebesar 0,31). Dalam tindakan ini, aktor penting yang terlibat di dalamnya adalah Badan Usaha Milik Desa (BUMD). Hal ini dimengerti karena BUMD mempunyai tugas pokok dan fungsi untuk meningkatkan sumber ekonomi petani dan masyarakat pedesaan (yaitu dengan nilai 0,41). Sedangkan lembaga lain yang memenuhi kriteria utama dalam pemanfaatan sumberdaya biomassa pertanian (dengan nilai 0,20) adalah kelembagaan penyuluh pertanian

(yaitu dengan nilai sebesar 0,24). Lembaga penyuluh pertanian adalah lembaga yang diketahui sangat dekat dan berhubungan langsung dengan kegiatan para petani.

Selanjutnya, sebagaimana telah disinggung di atas bahwa tujuan mitigasi dan adaptasi pertanian sesungguhnya adalah untuk menumbuhkan usaha penyediaan produk pertanian yang ramah lingkungan. Tujuan ini sekaligus merupakan tindakan memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan *input*. Dalam Tabel 3 dapat dilihat bahwa tindakan ini dapat dicapai melalui kriteria utama pemberian insentif usaha agribisnis rendah karbon (dengan nilai sebesar 0,07). Namun, dalam tindakan dengan kriteria utama ini, perlu diperhatikan aktor penting yang terlibat di dalamnya yaitu asosiasi usaha agribisnis (yaitu dengan nilai sebesar 0,204). Sebagai tindakan lain yang dapat dilakukan selanjutnya adalah yang dicapai melalui kriteria utama orientasi usaha agro-eko-turisme (dengan nilai 0,12). Yang perlu diingat dalam melaksanakan tindakan ini adalah melibatkan masyarakat lokal pedesaan (dengan nilai 0,219). Selain itu, Tindakan memaksimalkan keuntungan dan meminimalkan input dapat juga dicapai melalui kriteria utama akses pendanaan usaha agribisnis rendah karbon (dengan nilai 0,11). Di sini, yang memainkan peran penting adalah Kementerian Pertanian (dengan nilai 0,258) dan Pemerintah Daerah Kabupaten/Kota (dengan nilai 0,197). Selanjutnya, tindakan dapat juga dicapai melalui kriteria utama Penetapan Harga Pokok Produksi (HPP) komoditas agribisnis secara bijak (dengan nilai 0,02) dengan peran utamanya adalah pada Pemerintah Desa.

Tabel 3. Kriteria utama dan alternatif strategi hasil olahan *expert choice*

No	Kriteria Utama	Nilai	Alternatif Strategi	Nilai
1	Keberlanjutan ketersediaan sumber-sumber air secara berkeadilan	0,31	Pengembangan Kredit Usaha Agribisnis Rendah Karbon	0,130
2	Pemanfaatan sumberdaya biomassa pertanian	0,20	Kemitraan Usaha Agribisnis dengan Pelaku Usaha EBT (Energi Baru Terbarukan)	0,162
3	Pemberian insentif usaha agribisnis rendah karbon	0,07	Pengendalian & pengawasan Jumlah Usaha Pertanian Konvensional	0,161
4	Orientasi usaha agro-eko-turisme	0,12	Pengembangan Agro-Eko-Turisme	0,190
5	Akses pendanaan usaha agribisnis rendah karbon	0,11	Pemberdayaan Petani Melalui Teknologi Pertanian Rendah Karbon (Low Carbon) Guna Upaya Mitigasi Iklim	0,201
6	Pemberdayaan masyarakat pedesaan	0,04	Diversifikasi Usaha Pertanian Rendah Karbon	0,155
7	Penggunaan sapras pertanian hemat energi	0,04		
8	Kemudahan perizinan usaha agribisnis	0,04		
9	Teknologi <i>recycle</i> biomassa sumberdaya pertanian	0,05		
10	Penetapan Harga Pokok Produksi (HPP) komoditas Agribisnis secara bijak	0,02		

Sementara itu, bahwa tujuan mencapai pembangunan pertanian yang rendah karbon, merupakan tindakan meningkatkan perencanaan kolaborasi urusan-urusan, kewenangan, tugas pokok dan fungsi pemerintah pedesaan. Tindakan ini antara lain melalui pemberian insentif usaha agribisnis rendah karbon (dengan nilai 0,07), dan melalui peningkatan teknologi pertanian rendah karbon seperti pada teknologi *recycle* biomassa sumber daya pertanian (yaitu dengan nilai 0,05). Mengenai aktor penting yang terlibat dalam tindakan ini dan mempunyai tugas pokok serta fungsi langsung di sini adalah Badan Usaha Milik Desa (yaitu dengan nilai 0,205). Selanjutnya, dari hasil olahan *expert choice*, sebagaimana dapat diamati pada Tabel 3 dihasilkan prioritas alternatif strategi yang paling layak adalah pada “pemberdayaan petani melalui teknologi pertanian

rendah karbon (Low Carbon) guna upaya mitigasi iklim” yaitu dengan mendapat nilai tertinggi sebesar 0,201. Pembangunan rendah karbon ini merupakan pendukung pencapaian tujuan pembangunan berkelanjutan ke-13 yaitu tentang *Climate Action* (Bappenas, 2017).

Strategi ini pada kenyataannya didukung juga oleh program prioritas pengembangan sistem agribisnis yang efektif. Program efektif yang dimaksud difokuskan pada aplikasi teknologi rendah emisi, yaitu antara lain: pada penyediaan varietas unggul dan jenis tanaman rendah emisi dan atau kapasitas absorpsi karbon tinggi, penyiapan lahan (*land clearing dan land levelling*) tanpa bakar, pengembangan dan pemanfaatan *biofuel*, penggunaan pupuk organik, biopestisida serta pakan ternak rendah emisi gas rumah kaca (GRK). Selain itu, strategi ini juga bisa dilaksanakan dengan pengembangan agroforestri dalam hal mengarahkan jenis tumbuhan yang tidak ditebang kayunya, akan tetapi dapat dimanfaatkan pada buah bijinya, getahnya, maupun buahnya agar karbon yang terkandung didalamnya masih terjaga (Tejakusuma et al, 2011).

Jika hasil olahan *expert choice* sebagaimana tercantum pada Tabel 3 diamati lebih lanjut, terlihat bahwa alternatif strategi prioritas yang ke dua setelah strategi “pemberdayaan petani melalui teknologi pertanian rendah karbon (Low Carbon) guna upaya mitigasi iklim” adalah pada “pengembangan Agro-Eko-Turisme”. Strategi ini mempunyai nilai sebesar 0,190. Strategi tersebut pernah direkomendasikan sebagai alternatif strategi di Malaysia. (Pembengo & Dude, 2018).

KESIMPULAN

Sebagai simpulan dari hasil pembahasan melalui analisis penghitungan *Multi Dimentional Scaling* (MDS) terhadap kondisi eksisting mitigasi dan adaptasi pertanian, diperoleh gambaran berbagai dimensi dan atribut yang mengindikasikan pengelolaan mitigasi dan adaptasi pertanian yang dilakukan selama ini, yaitu sebagai berikut: untuk *dimensi ekologi* adalah: (1) keberlanjutan ketersediaan sumber-sumber air secara berkeadilan, dan (2) pemanfaatan sumber daya biomassa pertanian; untuk *dimensi ekonomi* adalah: (1) pemberian insentif usaha agribisnis rendah karbon, (2) orientasi usaha agro-eko-turisme, (3) akses pendanaan usaha agribisnis rendah karbon, dan (4) penetapan harga pokok produksi (HPP) komoditas agribisnis secara bijak oleh pemerintah; untuk *dimensi sosial* adalah: pemberdayaan masyarakat pedesaan; untuk *dimensi peraturan* adalah: (1) penggunaan sapras pertanian hemat energi, dan (2) kemudahan perijinan usaha agribisnis; dan untuk *dimensi teknologi* adalah: (1) teknologi *recycle* biomassa sumber daya pertanian. Berbagai dimensi dan atribut tersebut layak disertakan dalam perumusan strategi dan program prioritas keberlanjutan pengembangan sistem agribisnis. Demikian juga halnya dengan hasil analisis MDS yang dilanjutkan dengan analisis melalui *Analytical Hierarchy Process* (AHP) telah mampu menghasilkan rumusan strategi direktif pemberdayaan petani melalui teknologi pertanian rendah karbon (*Low Carbon*) guna upaya mitigasi iklim dan adaptasi yang efektif, yaitu dengan score 0,201. Hasil ini dapat digunakan untuk menentukan program dan kegiatan pertanian yang efektif dan efisien serta mampu mengantisipasi bencana. Dengan kata lain, Metode Rap-

Mitigasi Adaptasi Pertanian dapat tepat digunakan untuk menilai Indeks Keberlanjutan terhadap pengelolaan program-program yang mendukung mitigasi dan adaptasi pertanian di wilayah pengembangan pertanian lainnya di Indonesia.

SARAN

1. Metode *Rap-Mitigasi Adaptasi Pertanian* dapat tepat digunakan untuk menilai Indeks Keberlanjutan terhadap pengelolaan program-program yang mendukung mitigasi dan adaptasi pertanian di wilayah pengembangan pertanian lainnya di Indonesia.
2. Perbaiki keberlanjutan pengembangan sistem agribisnis di Indonesia penting dan perlu dilakukan dengan mempertimbangkan peningkatan skor dari atribut-atribut pada dimensi peraturan dan teknologi. Peningkatan skor ini dimaksudkan agar tercapai harmonisasi dengan dimensi-dimensi ekologi, ekonomi dan sosial untuk mewujudkan strategi direktif pemberdayaan petani melalui teknologi pertanian rendah karbon (Low Carbon) guna upaya mitigasi iklim dan adaptasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahlem S, Sayadi S. (2007). "Application of acidogenic fixed-bed reactor prior to anaerobic membrane bioreactor for sustainable slaughterhouse waste water treatment". *Journal of Hazardous Materials*. 149(3): 700-706.
- Ahring BK, Langvad N. (2008). "Sustainable low cost production of lignocellulosic bioethanol-The carbon slaughterhouse. A process concept developed by bio gasol". *Journal International Sugar*. 110(1311): 184-190.
- Atawalna, J, Emikpe, BO, Shaibu, E, Mensah, A, Eyarefe, OD, Folitse, RD. (2013). Incidence of Fetal Wastage in Cattle Slaughtered at the Kumasi Abattoir, Kumasi, Ghana. *Journal of Global Veterinaria*. 11(4): 399-402.
- Bappenas. (2017). *Perencanaan Pembangunan Rendah Karbon Local Action Global Impact*. Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional Badan Perencanaan Pembangunan Nasional, Jakarta.
- Bartram, Sohnke M. (2002). Enhancing shareholder value with corporate risk management. *Corporate finance review*. 7(3): 7-12.
- Christensenuist B, Sommer H, Rosenquist H, Nielsen N. (2001). Risk assessment on *Campylobacter jejuni* in chicken product, 1st edn. Pp. 15,34 Copenhagen: Ministry of Food and Agriculture, Danish Veterinary and Food Administration.
- Clare. A. et al., (1999). Pathogen reduction options in slaughterhouse and methods for evaluating their economic effectiveness.
- Eriksen PJ. (1978). *Slaughterhouse and slaughterslab design and construction* (FAO animal production and health paper no. 9). ISBN-10: 9251005435, ISBN-13: 978-9251005439.
- Eriyatno, S. (2012). *Ilmu sistem meningkatkan mutu dan efektivitas manajemen*. Jilid 1 edisi ke 4. Jakarta: Guna Widya Surabaya.
- Eriyatno, S., Kolopaking, L.M. (2019). *Platform AGFIN 4.0 Sistem Pembiayaan Untuk Usaha Mikro Pertanian*. Jilid 1 edisi ke 1. IPB Press, Bogor.
- Eriyatno, S., Nurhayati, N., Pramudya, H. (2019). *Sistem 4.0 Menjawab*

- Tantangan Kejutan Teknologi. Jilid 1 edisi ke 1. Agro Indo Mandiri, Bogor.
- [FAO] Food Agricultural Organization. (1976). Recommended international code for hygienic practice for fresh meat, joint FAO/WHO food standard programme, Rome.
- Forman, E.H. & Selly, M.A. (2002). Decision by objective. Expert Choice Inc. George Washington University.
- Gomes, X, Moren A, Cuetos, MJ, Sanchez, ME. (2005). "The production of hydrogen by dark fermentation of municipal solid wastes and slaughterhouse waste: A two-phase process". Journal of Power Sources. 157(2): 727-732.
- [FAO] Food Agricultural Organization. 1976. Recommended international code for hygienic practice for fresh meat, joint FAO/WHO food standard programme, Rome.
- Haryono dan Irsal Las. (2011). "*Mitigation Strategy and Agricultural Adaptation to Global Climate Change Impacts*". JOURNAL Biotek LIPI. Naskah Orasi.
- Kavanagh, P. (2001). Rapid appraisal for fisheries (Rapfish) Project. Rapfish software description (for Microsoft excel). University of British Columbia Fisheries Center. Vancouver.
- Kavanagh, P., Pitcher, TJ. (2004). *Implementing microsoft excel software for rapfish: a technique for the rapid appraisal of fisheries status. Fisheries Center Method. Rev.* 12(2):136-140.
- Mann, (1984). Guidelines on small slaughterhouses and meat hygiene for developing countries, publication VPH 83.56.
- Nasution DA. (2003). Hubungan perilaku pekerja terhadap kesehatan dan keselamatan kerja (K3) dengan timbulnya Dermatomikosis di PD. RPH-R Kota Medan. USU Institutional Repository University of SUMUT USU Library Official .
- Pembengo, W., Dude, S. (2018). *Pemberdayaan Masyarakat melalui Teknologi Pertanian Efisien Karbon Guna Upaya Mitigasi Bencana Iklim di Desa Tangkubu, Kuala Lumpur dan Wonggahu Kabupaten Boalemo*. Laporan KKS Pengabdian Destana. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Masyarakat Universitas Negeri Gorontalo.
- Pribadi ES. (2010). Analisis Risiko Aktivitas Tempat Pemotongan Unggas (TPU) Pondok Rumput Kota Bogor terhadap Penyebaran Virus Avian Influenza.
- Reuters, T. (2010). "*Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*". An International Journal Devoted to Science Engineering, Socio-Economic and Policy Responses to Environmental Change. ISSN: 1381-2386, (Print) 1573-1596).
- Saaty, T.L. (1993). Decision making in economic, political, social, and technological environments with the analytical hierarchy process. University of Pittsburgh America.
- Sumardjo. (2010). *Penyuluhan Pembangunan Menuju Pengembangan Kapital Manusia dan Kapital Sosial, mewujudkan Kesejahteraan Rakyat*. Orasi Guru Besar IPB, IPB Bogor. 1. (2010), 2010.
- Tejakusuma., et al. (2011). "Analisis Pembangunan Rendah Karbon Studi Kasus Propinsi Lampung". Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia. 13(2): 95-102.