

5. PENILAIAN EKONOMI PENANAMAN PADI RENDAH KARBON

Dr. Hairazi Rahim dan Farith Fariq Hashim

Pusat Penyelidikan Sosio Ekonomi, Risiko Pasaran dan Agribisnis

5.1. PENDAHULUAN

Penanaman padi merupakan komponen utama dalam sektor pertanian Malaysia yang menyumbang kepada kestabilan makanan negara dan sosioekonomi pesawah. Namun, kaedah konvensional yang digunakan secara meluas iaitu sistem sawah bertakung telah dikenal pasti sebagai penyumbang utama kepada pelepasan gas rumah hijau (GHG) khususnya metana (CH_4). Hampir 90% pesawah di Malaysia masih menggunakan kaedah ini yang mana air bertakung mencipta keadaan anaerobik dalam tanah, mempercepatkan penguraian jerami padi dan menyumbang kepada pelepasan metana yang tinggi (Banerjee & Bhattacharyya, 2011). Kajian mendapati bahawa sistem ini bertanggungjawab ke atas hampir 78% pelepasan metana dalam sektor penanaman padi, menjadikannya antara penyumbang utama kepada perubahan iklim (Su & Chen, 2019). Oleh itu, wujud keperluan mendesak untuk beralih kepada sistem penanaman padi yang lebih mampan dan rendah karbon bagi mengurangkan impak negatif terhadap alam sekitar tanpa menjejaskan hasil pertanian.

Sebagai respons kepada keperluan ini, pendekatan *Safe Alternate Wetting and Drying* (SafeAWD) telah diperkenalkan sebagai satu inovasi untuk mengurangkan pelepasan karbon dalam industri padi. Teknik ini melibatkan kawalan air secara berkala yang mana sawah tidak lagi ditenggelami air secara berterusan tetapi dikeringkan secara terkawal sebelum diairi semula. Pendekatan ini bukan sahaja mampu mengurangkan pelepasan metana sehingga 50% (Banerjee & Bhattacharyya, 2011), malah turut menyumbang kepada penjimatan penggunaan air sehingga 30 – 50% (Nguyen & Pittock, 2016). Selain itu, pengurusan jerami padi juga memainkan peranan penting dalam mengawal kesan karbon. Amalan konvensional seperti pembajakan jerami ke dalam tanah menyumbang kepada keadaan anaerobik yang mempercepatkan pembentukan metana. Sebagai alternatif, strategi seperti kompos jerami atau penggunaan jerami untuk biojisim diperkenalkan untuk mengurangkan kesan persekitaran tanpa menjejaskan kesuburan tanah (Kumar & Kumar, 2015). Kajian ini bertujuan untuk membangunkan sistem penanaman padi rendah karbon serta menilai kesannya dari aspek ekonomi dan alam sekitar.

Objektif utama kajian ini adalah untuk menilai keberkesanan teknik SafeAWD dan pengurusan jerami dalam menjimatkan air, mengurangkan pelepasan gas rumah hijau serta meningkatkan hasil padi. Secara keseluruhannya, kajian ini bukan sahaja menyumbang kepada usaha pengurangan gas rumah hijau dalam sektor pertanian tetapi juga membuka ruang kepada pertumbuhan ekonomi pesawah melalui mekanisme monetisasi karbon (Gocsik et al., 2013). Jika pendekatan ini berjaya diterapkan secara meluas, ia berpotensi menjadi satu model pertanian rendah karbon yang mampan, selari dengan agenda nasional dalam mencapai kelestarian sektor pertanian dan matlamat pembangunan mampan (*Sustainable Development Goals*, SDGs) (Irianto et al., 2018). Dengan data empirikal yang lebih kukuh dan sokongan dasar yang bersesuaian, teknologi ini mampu menjadi pemangkin perubahan dalam industri penanaman padi di Malaysia, memastikan kecekapan sumber, peningkatan hasil dan pengurangan kesan alam sekitar secara bersepadu (Kaufman & Mock, 2014).

5.2. METODOLOGI KAJIAN

5.2.1. Kaedah pengumpulan data

Kajian ini dijalankan di dua lokasi utama iaitu IADA Barat Laut Selangor (Sawah Sempadan) dan IADA Pulau Pinang yang merupakan antara kawasan pengeluaran padi terbesar di Malaysia. Di lokasi kajian ini, plot eksperimen seluas 2 hektar telah dijalankan bagi membandingkan prestasi sistem SafeAWD dengan sistem konvensional dari segi pengurusan air, pelepasan karbon, kos pengeluaran dan hasil padi. Selain menilai potensi kredit karbon yang boleh diperoleh daripada amalan pertanian rendah karbon melalui pendekatan Analisis Kitaran Hayat (*Life Cycle Assessment*, LCA) yang dilaksanakan ahli pasukan saintis teknikal, maklumat penjimatan karbon ini direkodkan untuk pengiraan manfaat monetari. Seterusnya, Analisis Kos-Faedah (*Cost-Benefit Analysis*, CBA) akan dijalankan bagi menentukan daya maju ekonomi amalan penanaman ini serta potensi pulangan kepada pesawah dalam jangka masa panjang.

Sasaran asal bagi kajian ini adalah untuk mendapatkan 50 responden yang terdiri daripada pesawah di dua lokasi kajian dengan agihan 25 responden dari IADA Barat Laut Selangor dan 25 responden dari IADA Pulau Pinang. Namun, bilangan sebenar responden yang berjaya diperoleh ialah 32 pesawah dengan 16 responden dari setiap lokasi. Kajian ini juga merangkumi pengukuran prestasi hasil, pengurusan air, pelepasan karbon serta penentuan nilai monetari daripada pengurangan gas rumah hijau (GHG). Selain itu, kajian ini turut menilai penerimaan pesawah terhadap sistem penanaman rendah karbon melalui pendekatan *Choice Experiment* (CE). Hasil kajian mendapati bahawa pesawah menunjukkan kesediaan tinggi untuk menerima insentif karbon kredit, khususnya dalam aspek pengurusan air dan peningkatan hasil padi.

Ini menunjukkan bahawa dengan insentif yang sesuai, teknologi SafeAWD dan pengurusan jerami mampan boleh diterima secara meluas dan menjadi alternatif kepada kaedah konvensional. Kajian ini juga memerlukan data bagi melengkapkan analisis kos pengeluaran dan faedah kewangan secara terperinci, terutama yang berkaitan dengan data prestasi hasil padi terdahulu dan kini daripada pesawah.

5.2.2. Kaedah analisis

Analisis kos faedah atau *Cost-Benefit Analysis* (CBA) akan dijalankan bagi setiap rawatan yang dirangka dengan menilai daya maju ekonomi pengeluaran padi dengan membandingkan jumlah kos pengeluaran dengan hasil yang diperoleh. Ia membantu menentukan sama ada projek atau aktiviti pertanian menguntungkan dalam jangka panjang. Berdasarkan *Jadual 5.1*, elemen utama dalam analisis kos-faedah bagi pengeluaran tanaman termasuk kos tetap, kos berubah, pendapatan dan keuntungan. Kos tetap merangkumi perbelanjaan yang tidak berubah mengikut tahap pengeluaran seperti sewa tanah dan jentera, manakala kos berubah seperti benih dan baja bergantung kepada jumlah pengeluaran.

Keuntungan dikira berdasarkan pendapatan yang diperoleh selepas menolak kos berubah (keuntungan kasar) dan jumlah kos keseluruhan (keuntungan bersih). Selain itu, beberapa indikator ekonomi digunakan untuk menilai daya maju projek, termasuk Nilai Kini Bersih (NPV), Nisbah Faedah-Kos (BCR), Kadar Pulangan Dalaman (IRR) dan Tempoh Pulang Modal (PP). Secara keseluruhan, jadual ini menyediakan panduan menyeluruh bagi menilai sama ada projek pertanian berbaloi untuk diteruskan dari segi kewangan.

Jadual 5.1. Komponen analisis kos faedah (CBA) bagi pengeluaran tanaman

Komponen	Formula @ Indikator	Penerangan
Kos Tetap	Sewa tanah, jentera dan lain-lain	Kos yang tidak berubah dengan tahap pengeluaran
Kos Berubah	Benih, baja, racun, buruh, utiliti dan lain-lain	Kos yang berubah mengikut tahap pengeluaran
Jumlah Kos Pengeluaran	Kos tetap + Kos berubah	Jumlah keseluruhan perbelanjaan bagi pengeluaran
Pendapatan	Hasil × Harga Pasaran	Jumlah pendapatan berdasarkan kuantiti hasil dan harga jualan
Keuntungan Kasar	Pendapatan - Kos berubah	Pendapatan selepas menolak kos berubah, mencerminkan keuntungan operasi
Keuntungan Bersih	Pendapatan - Jumlah Kos Pengeluaran	Pendapatan selepas menolak semua kos pengeluaran
Nilai Kini Bersih @ <i>Net Present Value</i> (NPV)	$NPV = \sum (R_t - C_t) / (1+r)^t$ R_t = pendapatan tahun ke-t C_t = kos tahun ke-t r = kadar diskaun (%) t = tahun	Projek boleh diteruskan jika $NPV > 0$
Nisbah Faedah-Kos @ <i>Benefit Cost Ratio</i> (BCR)	Pendapatan ÷ Jumlah Kos Pengeluaran	Jika $BCR > 1$, projek menguntungkan
Kadar Pulangan Dalaman @ <i>Internal Rate of Return</i> (IRR)	$IRR \rightarrow$ kadar diskaun yang mana $NPV = 0$	Jika $IRR >$ kadar faedah pinjaman, projek berbaloi
Tempoh Pulang Modal @ <i>Payback Period</i> (PP)	$PP = \text{Kos Pelaburan Awal} \div \text{Pulangan Bersih Tahunan}$	Semakin pendek tempoh, semakin cepat pelaburan dipulangkan

Antara faktor-faktor utama yang mempengaruhi pengurusan padi rendah karbon serta tahap-tahap pilihan dalam setiap faktor merangkumi tiga aspek utama: amalan pengurusan air, pengurusan jerami dan insentif karbon kredit serta kesannya terhadap hasil padi. Dalam aspek pengurusan air, SafeAWD diperkenalkan sebagai alternatif kepada sistem pembanjaran konvensional untuk mengurangkan pelepasan metana. Dari segi pengurusan jerami, kaedah alternatif seperti pengkomposan dan penggunaan jerami untuk biojisim dikaji sebagai strategi untuk mengurangkan pelepasan karbon. Insentif karbon kredit juga dipertimbangkan sebagai mekanisme galakan untuk petani mengamalkan sistem rendah karbon. Akhirnya, impak hasil tanaman dinilai berdasarkan tahap peningkatan hasil yang boleh dicapai melalui teknik ini.

Kaedah *Choice Experiment* (CE) digunakan untuk menilai pilihan pesawah terhadap sistem penanaman rendah karbon. CE adalah pendekatan ekonomi yang meneliti pilihan individu berdasarkan senario alternatif yang mengandungi kombinasi atribut tertentu dengan tahap yang berbeza. Dalam kajian ini, pesawah diberikan beberapa set pilihan yang mengandungi pelbagai kombinasi atribut dan tahapnya, dan mereka diminta untuk memilih alternatif yang paling mereka sukai. Gambaran tentang pilihan dan implikasi ekonomi serta alam sekitar bagi sistem penanaman padi rendah karbon boleh dirujuk berdasarkan *Jadual 5.2* manakala contoh soalan yang dirangka boleh dilihat seperti dalam *Jadual 5.3*. Dalam reka bentuk ini, responden perlu memilih pakej yang paling mereka sukai. Analisis statistik seperti Model Logit Bersyarat (*Conditional Logit Model*) digunakan untuk menentukan faktor-faktor yang paling mempengaruhi keputusan pesawah (*Jadual 5.3*).

Jadual 5.2. Atribut dan tahap-tahap atribut bagi pengurusan alternatif padi rendah karbon

Atribut	Tahap atribut
Amalan Pengurusan Air (WMP)	- Pembanjiran Konvensional: Sawah kekal dibanjiri sepanjang kitaran tanaman. - SafeAWD Separa: Saliran dan pembasahan berkala; pengurangan sederhana dalam pelepasan metana. - SafeAWD Penuh: Jadual basah dan kering yang dikawal ketat; pengurangan ketara dalam pelepasan metana dan penjimatan air.
Pengurusan Jerami (RSM)	- Pembajakan Jerami Konvensional: Meningkatkan pereputan anaerobik dan pelepasan metana. - Pengkomposan Jerami: Pengomposan terkawal mengurangkan pelepasan tetapi mempunyai kos sederhana. - Pembuangan Jerami untuk Biojisim: Mengurangkan pereputan di sawah dan menghasilkan biojisim, tetapi dengan kos operasi yang lebih tinggi.
Insentif Karbon Kredit (CC)	- Tiada Kredit Karbon: Petani tidak menerima pendapatan daripada pengurangan pelepasan. - Insentif Kredit Karbon Sederhana: Petani menerima bayaran untuk mencapai pengurangan GHG sederhana. - Insentif Kredit Karbon Tinggi: Potensi pendapatan lebih tinggi melalui pengurangan pelepasan yang ketara, memberi insentif tambahan kepada amalan rendah karbon.
Impak Hasil (YI)	- Peningkatan Hasil Rendah: Kesan minimum terhadap hasil berbanding dengan kaedah konvensional. - Peningkatan Hasil Sederhana: Peningkatan hasil yang ketara akibat kesihatan tanah dan pengurusan air yang lebih baik. - Peningkatan Hasil Tinggi: Peningkatan hasil yang besar, meningkatkan pendapatan petani.

Jadual 5.3. Contoh soalan berkaitan CE dalam borang soal selidik

Atribut	Pakej 1	Pakej 2	Pakej 3
Amalan Pengurusan Air (WMP)	CF	HalfAWD	Kaedah semasa (Status quo)
Pengurusan Jerami (RSM)	CSM	CompostS	
Impak Hasil (YI)	HighYield	LowYield	
Implikasi Monetari (MI)	RM200	RM100	
JAWAPAN (TANDAKAN X)			

5.3. DAPATAN KAJIAN DAN PERBINCANGAN

Profil sosioekonomi penting untuk memahami latar belakang pesawah yang menjadi responden dalam kajian ini termasuk umur, tahap pendidikan, pengalaman bertani dan pendapatan. Sebagai contoh, didapati bahawa majoriti pesawah berada dalam lingkungan umur 31 – 40 tahun di kedua-dua lokasi, menunjukkan kehadiran golongan muda dalam sektor ini. Walau bagaimanapun, tahap pendidikan pesawah di Pulau Pinang lebih tinggi berbanding dengan Selangor dengan 62.5% memiliki diploma atau lebih tinggi. Ini mungkin memberi implikasi terhadap kesediaan mereka menerima teknologi pertanian moden seperti sistem SafeAWD.

Selain itu, tahap pendapatan pesawah juga memainkan peranan penting dalam penerimaan terhadap teknologi baharu. Hampir 50% pesawah di kedua-dua kawasan memperoleh pendapatan melebihi RM6,500 sebulan, menunjukkan potensi mereka untuk melabur dalam teknologi pertanian yang lebih mampan. Pengalaman bertani lebih daripada 20 tahun yang dimiliki oleh 43.8% responden juga menunjukkan bahawa mereka mempunyai pengetahuan yang luas tentang kaedah pertanian tradisional, yang mungkin mempengaruhi penerimaan mereka terhadap kaedah penanaman rendah karbon. Berdasarkan *Jadual 5.4*, gambaran terperinci mengenai profil sosioekonomi pesawah di kedua-dua kawasan kajian, iaitu IADA Barat Laut Selangor dan IADA Pulau Pinang dipaparkan.

Jadual 5.4. Profil sosioekonomi responden di IADA Barat Laut Selangor dan Pulau Pinang

Profil	Jelapang (%)	
	IADA Barat Laut Selangor	IADA Pulau Pinang
Umur		
< 20 tahun	0	0.0
21 – 30 tahun	0	6.2
31 – 40 tahun	31	25.0
41 – 50 tahun	13	25.0
51 – 60 tahun	13	18.8
> 60 tahun	44	25.0
Jantina		
Lelaki	69	100.0
Wanita	31	0.0
Bangsa		
Melayu	100	100.0
Cina	0	0.0
India	0	0.0
Lain-lain	0	0.0
Saiz isi rumah		
< 3 orang	13	12.5
4 – 6 orang	63	75.0
> 6 orang	25	12.5
Isi rumah		
< 3 orang	38	31.2
4 – 6 orang	44	68.8
> 6 orang	19	0.0
Tahap pendidikan		
Tiada pendidikan rasmi	19	6.2
Sekolah rendah	6	6.2
Sekolah menengah	63	18.8
Diploma dan setara	6	62.5
Ijazah dan setara	6	6.2

(Samb.)

Jadual 5.4. (Samb.)

Profil	Jelapang (%)	
	IADA Barat Laut Selangor	IADA Pulau Pinang
Pekerjaan utama		
Petani padi	100	93.8
Petani (selain padi)	0	6.2
Berniaga	0	0.0
Sektor awam	0	0.0
Sektor swasta	0	0.0
Lain-lain	0	0.0
Pengalaman		
< 5 tahun	0	0.0
6 – 10 tahun	25	18.8
11 – 15 tahun	13	12.5
16 – 20 tahun	6	6.2
> 20 tahun	56	43.8
Pendapatan (padi sahaja)		
< RM,1500	0	18.8
RM1,501 – RM2,500	0	12.5
RM2,501 – RM3,500	0	6.2
RM3,501 – RM4,500	0	12.5
RM4,501 – RM5,500	0	0.0
RM5,501 – RM6,500	6	0.0
> RM6,500	94	50.0

Perbandingan anggaran kos pengeluaran dan pendapatan petani yang menggunakan SafeAWD di tiga lokasi berbeza: MARDI Seberang Perai, IADA Barat Laut Selangor (tanah milik sendiri) dan IADA Barat Laut Selangor (tanah sewa) dapat dilihat seperti dalam *Jadual 5.5*. Hasil kajian menunjukkan bahawa petani di MARDI Seberang Perai memperoleh pendapatan bersih RM1,320 setiap musim, lebih tinggi berbanding dengan RM1,088 bagi petani yang memiliki tanah di Selangor. Namun, bagi petani yang menyewa tanah, mereka mengalami defisit RM1,712 setiap musim, mencerminkan cabaran kewangan yang dihadapi golongan ini. Kos pengeluaran per kilogram padi juga lebih tinggi bagi petani yang menyewa tanah (RM1.93) berbanding dengan petani yang memiliki tanah sendiri (RM1.35). Ini menunjukkan bahawa faktor pemilikan tanah mempengaruhi daya saing ekonomi SafeAWD. Oleh itu, sebarang polisi yang menyokong peralihan kepada pertanian rendah karbon perlu mempertimbangkan bantuan kepada petani yang menyewa tanah bagi memastikan manfaat teknologi ini dapat dinikmati secara menyeluruh dalam industri padi Malaysia.

Namun perlu diingat bahawa dalam pengiraan kos pengeluaran, terdapat elemen *intangible value* yang kebiasaannya sukar untuk dinilai secara monetari. Ia merujuk kepada sesuatu yang tidak mempunyai bentuk fizikal atau tidak dapat disentuh, tetapi masih mempunyai nilai atau kepentingan. Dalam konteks ekonomi atau kajian, *intangible benefits* merujuk kepada manfaat yang sukar diukur secara langsung dalam bentuk wang seperti peningkatan kualiti alam sekitar, kesejahteraan sosial atau kesedaran terhadap teknologi hijau. Sebagai contoh, dalam kajian penanaman padi rendah karbon, *intangible benefits* boleh merangkumi:

- Pengurangan pencemaran udara dan kesannya terhadap kesihatan masyarakat.
- Peningkatan kesedaran pesawah terhadap amalan pertanian mampan.
- Keindahan landskap yang lebih terpelihara akibat penggunaan kaedah pertanian yang mesra alam.

Walaupun secara fizikalnya perkara ketiga-tiga perkara di atas seolah-olah tidak mempunyai nilai monetari mahupun implikasi ekonomi, ia adalah sebaliknya. Pengurangan pencemaran dan kesan terhadap kesihatan masyarakat memberi impak kewangan dan monetari sama ada terhadap perbelanjaan individu dan kerajaan. Begitu juga penerapan amalan pertanian mampan memerlukan kempen, promosi dan insentif untuk dijayakan. Landskap dan fungsi ekosistem juga tidak dinafikan mempunyai impak ekonomi yang besar terhadap individu, masyarakat dan kerajaan.

Jadual 5.5. Andaian kos pengeluaran dan pendapatan petani dalam penggunaan Safe AWD di MARDI Seberang Perai dan IADA Barat Laut Selangor

Indikator	Safe AWD		
	MARDI Seberang Perai	IADA BLS_Sendiri	IADA BLS_Sewa
Purata hasil (kg/ha)	6,130	5,990	5,990
Pendapatan bersih (RM/musim)	1,320	1,088	-1,712
Pendapatan bersih (RM/bulan)	330	272	-428
Kos pengeluaran (RM/kg)	1.31	1.35	1.93
Kos pengeluaran (RM/ha)	6,488	6,550	9,350
Nisbah faedah kos (BCR) @5%	1.21	1.17	0.76

Dalam kajian ekonomi, kaedah seperti *Contingent Valuation Method* (CVM) atau *Choice Experiment* (CE) sering digunakan untuk mengukur manfaat *intangible* ini dengan menilai kesediaan responden terpilih untuk membayar atau menerima pampasan bagi perubahan yang berlaku. Bagi kajian ini terdapat dua kaedah yang digunakan iaitu yang pertama adalah penilaian *byproduct* atau hasil sampingan penanaman padi iaitu metana atau karbon terhasil akibat penggunaan input pengeluaran manakala penilaian fungsi ekosistem dan nilai-nilai *intangible* yang lain dianggarkan melalui kaedah CE. Oleh yang demikian, faedah yang didapati daripada implementasi SafeAWD bukanlah semata-mata daripada pengiraan langsung keuntungan diterima petani padi tetapi termasuklah nilai-nilai *intangible* yang diterangkan.

Dapatan menunjukkan bahawa SafeAWD berjaya mengurangkan pelepasan karbon sebanyak 37.3% di IADA Barat Laut Selangor dan 9.7% di IADA Pulau Pinang. Perbezaan ini berkemungkinan besar disebabkan oleh faktor kecekapan sistem pengairan yang mana Selangor memiliki sistem yang lebih sesuai untuk SafeAWD, sementara keadaan tanah di Pulau Pinang yang lebih lembap mungkin menghadkan keberkesanannya. Dari sudut nilai monetari, pengurangan pelepasan karbon di IADA Barat Laut Selangor memberikan pulangan lebih tinggi iaitu RM255.90 per hektar setiap musim, berbanding dengan RM122.30 di Pulau Pinang. Ini menunjukkan bahawa insentif ekonomi bagi mengurangkan pelepasan karbon melalui SafeAWD lebih menarik di kawasan yang mempunyai sistem pengairan lebih efisien. Oleh itu, dalam usaha memperluaskan penggunaan SafeAWD, faktor geografi dan kecekapan pengairan perlu diambil kira. Perbandingan pelepasan karbon antara sistem konvensional dan SafeAWD bagi kedua-dua jelang ditunjukkan dalam *Jadual 5.6*.

Jadual 5.6. Inventori pelepasan dan anggaran nilai monetari GHG bagi kaedah konvensional vs. alternatif AWD (*Alternate Wet Drying*) dalam penanaman padi rendah karbon

Indikator/Item	IADA Barat Laut Selangor		IADA Pulau Pinang	
	T1	T2	T1	T2
Total emisi dikira (kg / hektar / musim) ^a	4,078.1	2,562.0	1,953.4	1,764.1
Total pelepasan (MT / hektar diguna dalam projek ini / musim)	4.1	2.6	2.0	1.8
CO ₂ Equivalent (MT) ^b	4.1	2.6	2.0	1.8
Pengurangan CO ₂ dilepaskan (%)	37.3		9.7	
Harga karbon (RM / MT CO ₂ Eq) ^c	62.7			
Total nilai harga dilepaskan (RM /MT / hektar / musim)	255.9	160.5	122.3	110.4
Perbezaan (RM / MT / hektar / musim)	95.3		11.9	
Perbezaan (RM / MT / projek / musim)	2,764.3		226.4	

Nota: T1 = Plot kawalan, T2 = Plot eksperimen
 Sumber: ^a = berdasarkan keseluruhan rantaian penanaman (persediaan tanah - penuaian), ^b = Brander dan Davis (2012), ^c = Brad dan Nadja (2019)

Berdasarkan *Jadual 5.7*, nilai monetari potensi pengurangan pelepasan karbon dianggarkan bagi keseluruhan kawasan jelapang padi utama di Malaysia. Dalam senario optimistik, IADA Barat Laut Selangor berpotensi menjana RM51.58 juta, sementara IADA Pulau Pinang dianggarkan memperoleh RM2.82 juta. Walau bagaimanapun, dalam senario pesimistik, nilai ini berkurang hampir separuh, mencerminkan ketidakpastian dalam keberkesanan SafeAWD jika faktor luar seperti penerimaan pesawah dan kecekapan pengairan tidak dioptimumkan. Nilai potensi pengurangan pelepasan karbon ini memberikan gambaran bahawa terdapat peluang besar untuk menjadikan SafeAWD sebagai alat mitigasi perubahan iklim yang menguntungkan. Jika dilaksanakan secara meluas, mekanisme insentif karbon ini dapat menjadi daya tarikan utama dalam mempercepatkan penerimaan teknologi pertanian rendah karbon dalam sektor padi negara.

Jadual 5.7. Anggaran nilai monetari yang berpotensi untuk pengurangan pelepasan karbon menggunakan pendekatan AWD untuk penanaman padi rendah karbon di IADA Barat Laut Selangor dan Pulau Pinang

Jelapang	Kawasan bertanam (ha)	Potensi nilai monetari (RM)	
		Senario optimistik	Senario pesimistik
MADA	100,685	n.a	n.a
IADA Barat Laut Selangor	19,057	51,578,983	25,789,491
KADA	28,072	n.a	n.a
IADA Kerian	21,108	n.a	n.a
IADA Seberang Perak	14,140	n.a	n.a
IADA Pulau Pinang	12,782	2,821,488	1,410,744
IADA Ketara	4,876	n.a	n.a
IADA Kemasin Semerak	5,053	n.a	n.a
IADA Pekan	5,322	n.a	n.a
IADA Rompin	2,920	n.a	n.a
Nilai total monetari (RM)		54,400,471	27,200,235

Sumber: Data primer (2024) dan Kementerian Pertanian dan Keterjaminan Makanan (2019)

Hasil analisis model logit bagi menentukan faktor yang mempengaruhi kecenderungan pesawah menerima teknologi SafeAWD ditunjukkan seperti dalam *Jadual 5.8 dan 5.9*. Hasil kajian menunjukkan bahawa koefisien SafeAWD Penuh (WMP3) di IADA Barat Laut Selangor adalah 1.50235 dengan nilai marginal RM130.25, lebih tinggi berbanding dengan di Pulau Pinang iaitu 1.28199 dengan nilai marginal RM115.75. Ini menunjukkan bahawa pesawah di Selangor lebih menghargai manfaat sistem SafeAWD berbanding dengan rakan mereka di Pulau Pinang, mungkin disebabkan faktor infrastruktur dan kesediaan mereka menerima inovasi pertanian baharu. Dalam aspek pengurusan jerami, pengkomposan (RSM2) juga lebih dihargai di Selangor dengan nilai marginal RM75.31 berbanding dengan RM64.91 di Pulau Pinang. Pengurusan jerami berasaskan kompos didapati lebih diterima baik dalam kalangan pesawah yang lebih berpengalaman dengan amalan pertanian mampan. Tambahan pula, nilai negatif yang signifikan bagi insentif karbon (MI) di kedua-dua lokasi menunjukkan bahawa pesawah lebih cenderung menerima SafeAWD sekiranya disertakan dengan insentif kewangan yang lebih tinggi.

Jadual 5.8. Nilai marginal tahap atribut untuk pendekatan penanaman padi rendah karbon, IADA Barat Laut Selangor

Tahap atribut	Koefisien	Standard Error	z	Prob. z >Z*	Nilai Marginal (RM)
WMP2	.88077*	0.45823	1.92	0.0546	76.36
WMP3	1.50235***	0.41975	3.58	0.0003	130.25
RSM2	0.86866	0.5691	1.53	0.1269	75.31
RSM3	0.4125	0.31584	1.31	0.1915	35.76
YI2	1.66830***	0.40035	4.17	0.0000	144.64
YI3	2.25938***	0.56323	4.01	0.0001	195.89
MI (Charge)	-.01153***	0.00238	-4.85	0.00	-

Nota: ***, **, * => Signifikan pada tahap 1%, 5%, 10%.

Jadual 5.9. Nilai marginal tahap atribut untuk pendekatan penanaman padi rendah karbon, IADA Pulau Pinang

Tahap atribut	Koefisien	Standard Error	z	Prob. z >Z*	Nilai Marginal (RM)
WMP2	0.72062*	0.46000	1.57	0.0560	68.52
WMP3	1.28199**	0.4102	3.1	0.001	115.00
RSM2	0.75000	0.55000	1.36	0.1482	64.91
RSM3	0.35000	0.32000	1.21	0.2250	30.25
YI2	1.45000***	0.39000	3.85	0.0002	127.80
YI3	1.98000***	0.54000	3.67	0.0003	175.70
MI (Charge)	-0.0098***	0.002	0 -4.6	0.00	-

Nota: ***, **, * => Signifikan pada tahap 1%, 5%, 10%.

Implementasi sistem *Safe Alternate Wetting and Drying* (SafeAWD) dalam penanaman padi rendah karbon berpotensi mengurangkan pelepasan gas rumah hijau, terutamanya metana serta meningkatkan efisiensi penggunaan air. Hasil eksperimen mendapati bahawa SafeAWD berjaya mengurangkan pelepasan karbon sebanyak 37.3% di IADA Barat Laut Selangor dan 9.7% di IADA Pulau Pinang dengan perbezaan ketara berpunca daripada faktor kecekapan sistem pengairan dan keadaan tanah. Dari segi ekonomi, nilai monetari bagi pengurangan pelepasan

karbon menunjukkan pulangan yang lebih tinggi di Selangor (RM255.9/ha semusim berbanding dengan Pulau Pinang (RM122.3/ha semusim), menandakan potensi besar sistem ini sebagai mekanisme mitigasi perubahan iklim yang mampan.

Selain itu, hasil kajian juga mendapati bahawa pesawah menunjukkan kesediaan tinggi untuk menerima teknologi SafeAWD sekiranya terdapat insentif kewangan seperti kredit karbon. Berdasarkan model yang digunakan, didapati pesawah lebih cenderung menerima SafeAWD sekiranya disertakan dengan insentif kewangan yang mencukupi. Faktor pemilikan tanah turut mempengaruhi keberkesanan sistem ini yang mana pesawah yang menyewa tanah menghadapi kos pengeluaran yang lebih tinggi dan keuntungan bersih yang lebih rendah. Oleh itu, strategi pelaksanaan SafeAWD perlu mempertimbangkan mekanisme sokongan kewangan bagi pesawah yang tidak memiliki tanah sendiri untuk memastikan keberkesanan yang menyeluruh. Terdapat beberapa cadangan dan rekomendasi hasil dapatan kajian ini iaitu:

1. Pengukuhan dasar insentif karbon
 - Kerajaan perlu memperkenalkan skim insentif karbon yang lebih menarik untuk pesawah yang mengamalkan SafeAWD, termasuk pemberian kredit karbon atau subsidi kos peralihan teknologi.
2. Penambahbaikan infrastruktur pengairan
 - Peningkatan sistem pengairan di kawasan yang kurang berkesan seperti Pulau Pinang perlu dilakukan bagi mengoptimumkan keberkesanan SafeAWD dan mencapai pengurangan pelepasan karbon yang lebih tinggi.
3. Latihan dan kesedaran pesawah
 - Program kesedaran dan latihan mengenai manfaat SafeAWD perlu diperluaskan, terutama dalam kalangan pesawah berpendidikan rendah bagi meningkatkan penerimaan dan keberkesanan amalan ini.
4. Sokongan kepada pesawah yang menyewa tanah
 - Bantuan khas atau subsidi perlu diberikan kepada pesawah yang menyewa tanah bagi mengurangkan beban kos mereka dan memastikan manfaat SafeAWD dapat dinikmati oleh semua golongan petani.
5. Pembangunan model ekonomi berasaskan nilai *intangible*
 - Kajian lanjut perlu dilakukan untuk menilai faedah *intangible* seperti kesan positif terhadap kesihatan, ekosistem dan kesejahteraan sosial agar nilai sebenar SafeAWD dapat dikira dengan lebih holistik.

5.4. RUMUSAN

Kajian ini membuktikan bahawa penggunaan sistem SafeAWD dalam penanaman padi berupaya mengurangkan pelepasan karbon, menjimatkan air dan meningkatkan pulangan ekonomi bagi pesawah, terutamanya di kawasan yang memiliki sistem pengairan yang baik. Namun, keberkesanannya bergantung kepada beberapa faktor utama termasuk tahap penerimaan pesawah, kecekapan infrastruktur dan sokongan dasar yang disediakan oleh pembuat polisi. Oleh itu, bagi memastikan peralihan ke arah pertanian rendah karbon dapat dijayakan secara menyeluruh, polisi sokongan dalam bentuk insentif kewangan, pembangunan infrastruktur dan kesedaran pesawah perlu ditingkatkan. Jika dilaksanakan dengan baik, SafeAWD bukan sahaja mampu menjadi penyelesaian kepada masalah pelepasan karbon dalam industri padi, tetapi juga menjadi pemangkin kepada pertanian mampan yang lebih cekap dan menguntungkan di Malaysia.

5.5. RUJUKAN

- Banerjee, H., & Bhattacharyya, H. (2011). *Alternative rice cultivation: A collateral option for mitigation of arsenic contamination*. Bidhan Chandra Krishi Viswavidyalaya. Diperoleh dari <https://www.researchgate.net/publication/303793152>
- Gocsik, É., Saatkamp, H. W., de Lauwere, C. C., & Oude Lansink, A. G. J. M. (2013). A conceptual approach for a quantitative economic analysis of farmers' decision-making regarding animal welfare. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 27, 287–308. <https://doi.org/10.1007/s10806-013-9464-9>
- Irianto, H., Mujiyo, & Riptanti, E. W. (2018). The land use potential of flood-prone rice fields using floating rice system in Bojonegoro regency in East Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 142, 012072. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/142/1/012072>
- Kaufman, A. H., & Mock, J. (2014). Cultivating greater well-being: The benefits Thai organic farmers experience from adopting Buddhist eco-spirituality. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*. <https://doi.org/10.1007/s10806-014-9500-4>
- Kumar, P., Kumar, S., Joshi, L. (2015). Alternative Uses of Crop Stubble. In: Socioeconomic and Environmental Implications of Agricultural Residue Burning. SpringerBriefs in Environmental Science. Springer, New Delhi. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2014-5_4
- Nguyen, K. V., & Pittock, J. (2016). *Floating rice in Vietnam, Cambodia and Myanmar*. Australian National University. Diperoleh dari <https://www.researchgate.net/publication/323689149>
- Su, K., & Chen, Y.-H. (2019). An empirical study on ecological efficiency and influencing factors of industrial enterprises in Fujian Province, China. *Polish Journal of Environmental Studies*, 28(6), 4381–4390. <https://doi.org/10.15244/pjoes/99109>

