

Kemampuan Kewirausahaan Petani Muda Hortikultura di Provinsi Jawa Barat

Entrepreneurial Ability of Young Horticultural Farmers in West Java Province

Gema Wibawa Mukti*, Anne Charina, Rani Andriani Budi Kusumo

Program Studi Agribisnis, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran

*Email: gema.wibawa@unpad.ac.id

(Diterima 30-12-2024; Disetujui 25-01-2025)

ABSTRAK

Saat ini, lebih dari 65% petani Indonesia berusia 45 tahun ke atas, dan diperkirakan dalam 30 tahun ke depan, Indonesia akan mengalami kekurangan petani. Tren ini mengkhawatirkan, karena penuaan tenaga kerja pertanian dan kurangnya petani muda menjadi tantangan yang signifikan bagi keberlanjutan sektor pertanian di Indonesia di masa depan. Dalam menghadapi tantangan tersebut, pemerintah perlu menumbuhkan generasi muda petani yang relatif berpendidikan dan memiliki kreativitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang kompetensi kewirausahaan utama yang dimiliki oleh para petani muda. Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan survei, variabel yang diteliti meliputi kemampuan kewirausahaan petani muda, dan bagaimana hubungan antara profil petani muda hortikultura dengan kemampuan kewirausahaan mereka. Jumlah responden petani muda hortikultura yang diambil dalam penelitian ini adalah sebanyak 100 orang. Hasil Penelitian menunjukkan bahwa pendidikan terbukti memiliki hubungan positif dan signifikan dengan kemampuan kewirausahaan, sementara pengalaman usahatani menunjukkan hubungan negatif. Program pengembangan kewirausahaan untuk petani muda harus berkonsentrasi pada peningkatan pendidikan, keterampilan, dan pengalaman, serta menciptakan ekosistem yang lebih kondusif untuk mendorong minat berwirausaha di kalangan pemuda di sektor. Penelitian ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk memotivasi petani muda untuk meningkatkan kemampuan kewirausahaan dan meningkatkan minat mereka dalam berbagai kegiatan kewirausahaan.

Kata kunci: Kewirausahaan, Petani Muda, Pendidikan, Pengalaman Usahatani

ABSTRACT

Currently, more than 65% of Indonesian farmers are 45 years old and above, and it is estimated that in the next 30 years, Indonesia will experience a shortage of farmers. This trend is worrying, as the aging of the agricultural workforce and the lack of young farmers pose significant challenges to the future sustainability of the agricultural sector in Indonesia. In facing these challenges, the government needs to cultivate a younger generation of farmers who are relatively well-educated and highly creative. This study aims to gain a deeper understanding of the key entrepreneurial competencies possessed by young farmers. This study uses quantitative methods with a survey approach, the variables studied include the entrepreneurial ability of young farmers, and how the relationship between the profile of young horticultural farmers and their entrepreneurial abilities. The number of horticultural young farmer respondents taken in this study was 100 people. The results showed that education proved to have a positive and significant relationship with entrepreneurial ability, while farming experience showed a negative relationship. Entrepreneurship development programs for young farmers should concentrate on improving education, skills, and experience, as well as creating a more conducive ecosystem to encourage entrepreneurial interest among youth in the sector. This study shows that there is a need to motivate young farmers to improve their entrepreneurial capabilities and increase their interest in various entrepreneurial activities.

Keywords: Entrepreneurship, Young Farmer, Education, Farming Experience

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan 70 % penduduknya tinggal di pedesaan dan mengandalkan sektor pertanian sebagai sumber penghidupan (Maman et al., 2022). Sektor pertanian memegang peranan penting dalam perekonomian nasional karena mampu menyerap tenaga kerja yang cukup besar, sekitar 40% dari total penduduk usia produktif (Alam & Velayati, 2020). Namun, masih terdapat beberapa tantangan dalam pengembangan sektor pertanian di Indonesia, salah satunya adalah penurunan jumlah petani muda yang terlibat dalam usaha tani (Widayati et al., 2021).

Saat ini, lebih dari 65% petani Indonesia berusia 45 tahun ke atas, dan diperkirakan dalam 30 tahun ke depan, Indonesia akan mengalami kekurangan petani (Ngadi et al., 2023). Tren ini mengkhawatirkan, karena penuaan tenaga kerja pertanian dan kurangnya petani muda menjadi tantangan yang signifikan bagi keberlanjutan sektor pertanian di Indonesia di masa depan. Tantangan lain bagi pertanian Indonesia adalah perubahan iklim yang menyebabkan pertanian menjadi sangat berisiko (Putri et al., 2018).

Dalam menghadapi tantangan tersebut, pemerintah perlu menumbuhkan generasi muda petani yang relatif berpendidikan dan memiliki kreativitas tinggi. Pembangunan pertanian di wilayah pedesaan saat ini tidak dapat dilepaskan dari aspek kewirausahaan. Keberadaan petani muda yang memiliki kemampuan kewirausahaan menjadi sangat penting untuk keberlanjutan sektor pertanian.

Perkembangan sektor pertanian sangat ditentukan oleh petani sebagai aktor utama dalam sektor tersebut. Peranan petani menjadi penting dalam pengembangan pertanian, terutama sebagai mata pencaharian yang dapat meningkatkan pendapatan dan kesejahteraan petani (Polan et al., 2021). Pemuda adalah sumber daya manusia produktif utama dalam pembangunan sosial-ekonomi pertanian. Pikiran kaum muda itu kreatif, inovatif, energik dan fleksibel sehingga dapat membuka peluang-peluang usaha baru di sektor pertanian (D'Silva et al., 2020). Petani muda dianggap sebagai aktor yang dapat menangani risiko dalam usahatani, seperti misalnya perubahan iklim, manajemen risiko dalam aktivitas usahatani dan pemasaran hasil pertanian.

Namun demikian, mayoritas petani tua tidak ingin generasi penerus mereka melanjutkan profesi tradisional mereka, karena rendahnya pendapatan dari pertanian dan buruknya kualitas hidup di daerah pedesaan (Widiyanti et al., 2018). Selain itu, rendahnya persepsi generasi muda terhadap profesi petani sebagai pekerjaan yang kurang bergengsi dan tidak menjanjikan secara ekonomis. Pertanyaan yang sering muncul kemudian adalah, apakah pertanian memang tidak layak bagi generasi muda saat ini? Atau mungkin sebaliknya, generasi muda harus mulai memilih sektor pertanian sebagai pekerjaan utama mereka.

Berbagai program peningkatan keberdayaan petani muda telah dilakukan oleh pemerintah. Program-program tersebut seperti inkubator bisnis pertanian, bantuan modal usaha, pelatihan pengolahan hasil pertanian, dan lain-lain. Namun, Petani muda masih menghadapi banyak tantangan dalam menjalankan usaha tani mereka, terutama terkait kemampuan dan keterampilan kewirausahaan (Hermawan et al., 2021).

Hal ini mencakup keterampilan manajerial, keterampilan perencanaan, keterampilan komunikasi, dan kompetensi lain yang membantu wirausahawan berhasil menjalankan usaha mereka (McElwee, 2008). Kemampuan kewirausahaan tidak selalu melibatkan melakukan hal-hal yang sama sekali baru, tetapi juga melakukan sesuatu dengan cara baru yang telah dilakukan (Jardim, 2021). Hal ini dapat melibatkan cara-cara inovatif dalam melakukan pendekatan terhadap proses, produk, atau layanan yang sudah ada untuk meningkatkan efisiensi, kualitas, atau nilai bagi pelanggan dan pemangku kepentingan.

Kewirausahaan bukan hanya tentang menciptakan sesuatu yang benar-benar baru, tetapi juga tentang menemukan solusi kreatif dan mengadaptasi metode yang ada untuk memenuhi kebutuhan yang belum terpenuhi atau menciptakan peluang pasar baru (GÜRBÜZ & Aykol, 2009). Kemampuan kewirausahaan mencakup berbagai keterampilan seperti keterampilan manajerial, keterampilan perencanaan, keterampilan komunikasi, dan lain-lain yang membantu para wirausahawan untuk menjalankan perusahaan mereka dengan sukses.

Penelitian ini bertujuan untuk meneliti dan menganalisis kompetensi dan kemampuan kewirausahaan petani hortikultura muda di wilayah Jawa Barat, dengan mempertimbangkan berbagai faktor yang membentuk dan mempengaruhi kemampuan dan keterampilan kewirausahaan mereka. Tujuannya adalah untuk mendapatkan pemahaman yang lebih dalam tentang kompetensi kewirausahaan utama yang dimiliki oleh para petani muda ini, termasuk keterampilan manajerial, kapasitas perencanaan, kemampuan komunikasi, dan kompetensi penting lainnya yang memungkinkan mereka untuk berhasil menjalankan dan mengembangkan usaha pertanian mereka.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode kuantitatif dengan pendekatan survei. Pengambilan sampel dilakukan secara acak sederhana (*simple random sampling*) pada petani muda hortikultura di Jawa Barat. Data primer dikumpulkan melalui wawancara terstruktur dengan menggunakan kuesioner.

Variabel yang diteliti meliputi kemampuan kewirausahaan petani muda, dan bagaimana hubungan antara profil petani muda hortikultura dengan kemampuan kewirausahaan mereka. Jumlah responden petani muda hortikultura yang diambil dalam penelitian ini adalah sebanyak 100 orang.

Data dikumpulkan melalui wawancara dengan menggunakan kuisioner yang telah terstruktur dengan baik. Data yang terkumpul kemudian diklasifikasikan, ditabulasi, dianalisis, dan diinterpretasikan untuk membuat temuan-temuan tersebut menjadi bermakna. Penelitian ini juga menggunakan beberapa analisis atau ukuran statistik seperti frekuensi, persentase, rata-rata, standar deviasi dan koefisien korelasi.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil yang diilustrasikan pada Tabel 1 menunjukkan lebih dari setengah responden petani muda (56 persen) memiliki tingkat kemampuan wirausaha yang sedang atau cukup, diikuti oleh 14 persen dan 21,66 persen yang memiliki tingkat kemampuan wirausaha yang tinggi dan hanya 8 persen dengan tingkat kemampuan wirausaha yang sangat tinggi. Sementara itu, 22 persen responden petani muda memiliki tingkat kemampuan kewirausahaan yang rendah. Temuan ini menggambarkan bahwa masih diperlukan upaya dalam mengembangkan dan mengasah kemampuan kewirausahaan petani muda hortikultura di Jawa Barat. Hasil penelitian mengungkapkan bahwa mayoritas responden memiliki kemampuan wirausaha sedang hingga tinggi (78%).

Tabel 1. Kompetensi Kewirausahaan Petani Muda Hortikultura di Jawa Barat

No	Kategori	Frekuensi (orang)	Persentase (%)
1	Kemampuan Kewirausahaan Sangat Rendah	0	0
2	Kemampuan Kewirausahaan Rendah	22	22
3	Kemampuan Kewirausahaan Cukup	56	56
4	Kemampuan Kewirausahaan Tinggi	14	14
5	Kemampuan Kewirausahaan Sangat Tinggi	8	8
		100	100

Alasan utamanya mungkin karena para responden memiliki motivasi berprestasi, motivasi ekonomi, dan orientasi risiko yang tinggi, serta kecenderungan terhadap inovasi, kemampuan untuk mengkoordinasikan kegiatan, keterampilan dalam pengambilan keputusan, dan kemampuan dalam membuat perencanaan. Faktor-faktor ini kemungkinan berkontribusi pada kemampuan kewirausahaan sedang hingga tinggi yang diamati di antara para petani hortikultura muda dalam penelitian ini. Temuan ini sejalan dengan temuan yang dilaporkan oleh penelitian (Anwarudin et al., 2019; Cele & Wale, 2020; Lone & Baba, 2024; P. Patel et al., 2022; R. I. Patel et al., 2020; T. Patel et al., 2013; Polan et al., 2021).

Namun, pada aspek-aspek tertentu, kemampuan kewirausahaan petani muda masih belum optimal. Studi ini juga menemukan bahwa sekitar 22% responden memiliki tingkat kompetensi kewirausahaan yang rendah. Hal ini menunjukkan bahwa masih ada ruang yang cukup besar untuk perbaikan dalam membina dan mengembangkan keterampilan kewirausahaan petani hortikultura muda di Jawa Barat.

Tabel 2. Korelasi Antara Profil Petani Muda dan Kompetensi Kewirausahaan

No	Variabel Bebas	Koefisien Korelasi
X1	Pendidikan formal	0.2180 *
X2	Pengalaman usahatani	-0.1865**
X3	Latar belakang keluarga	-0.1800 (non significant)
X4	Pekerjaan	-0.0420 (non significant)
X5	Penguasaan lahan	0.1680 (non significant)
X6	Pendapatan	0.1200 (non significant)
X7	Partisipasi sosial	0.1150 (non significant)
X8	Pelatihan informal	0.1540 (non significant)
X9	Paparan media digital	0.0598 (non significant)

Keterangan : * Significant at 5 % of Probability

** Significant at 1 % of Probability

Berdasarkan tabel 2, dapat disimpulkan bahwa, nilai 'r' hitung antara kemampuan kewirausahaan petani muda dengan pendidikan lebih besar daripada nilai 'r' tabel pada tingkat probabilitas 5 persen. Oleh karena itu, hipotesis nol ditolak dan hipotesis empiris diterima. Berdasarkan hal tersebut, dapat disimpulkan bahwa terdapat hubungan positif dan signifikan antara kemampuan kewirausahaan dengan pendidikan. Semakin tinggi tingkat pendidikan, maka semakin tinggi pula kemampuan kewirausahaan petani muda hortikultura di Jawa Barat (Polan et al., 2021) (Gorib & Asbaruna, 2022) (Mawar & Nawawi, 2023).

Nilai 'r' yang signifikan dan negatif menunjukkan bahwa kemampuan kewirausahaan para petani muda terlihat lebih baik di antara para petani yang masih baru atau yang baru terjun ke dunia pertanian. Berdasarkan tabel 2, terdapat hubungan negatif antara kemampuan wirausaha dengan pengalaman usahatani. Semakin lama pengalaman usahatani belum menjadi jaminan bahwa akan semakin tinggi kemampuan kewirausahaan petani muda.

Di sisi lain, nilai 'r' yang dihitung antara kemampuan kewirausahaan dengan latar belakang keluarga, pekerjaan, kepemilikan lahan, pendapatan tahunan, partisipasi sosial pelatihan informal, dan paparan media digital lebih kecil dari nilai 'r' tabel. Oleh karena itu, hipotesis nol diterima dan hipotesis empiris ditolak. Oleh karena itu, dapat disimpulkan bahwa tidak ada hubungan yang signifikan antara karakteristik di atas dan kemampuan kewirausahaan petani muda.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa petani muda berpendidikan tinggi memiliki orientasi risiko yang tinggi, serta memiliki kerentanan atau kecenderungan yang lebih besar terhadap inovasi. Mereka juga memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengkoordinasikan kegiatan, mengambil keputusan, dan merencanakan berbagai aspek usaha tani mereka. Petani muda yang berpendidikan lebih sadar dan siap untuk mengambil risiko dalam memulai usaha baru. Hal ini mungkin menjadi alasan hubungan positif dan signifikan antara pendidikan dan kemampuan kewirausahaan.

Pengalaman bertani para petani muda merupakan variabel yang penting dalam pengambilan keputusan dan memulai usaha baru. Hal ini membantu dalam mempelajari kemampuan untuk memanfaatkan sumber daya seperti tenaga kerja, material dan uang dengan cara yang lebih baik. Pengalaman juga membantu dalam mengembangkan kedewasaan dan kemampuan untuk menghadapi berbagai situasi yang pada akhirnya meningkatkan efisiensi manajerial individu.

Melihat hasil hubungan antara kemampuan kewirausahaan dengan pengalaman yang negatif, para petani muda sangat tajam dan aktif dalam mengelola usaha, namun berdasarkan hasil penelitian, petani muda juga masih ragu - ragu untuk memulai usahatani yang baru. Artinya pengalaman tidak signifikan dalam mempengaruhi kompetensi kewirausahaan dari seorang petani muda. Temuan ini berbeda dengan temuan (Anwarudin et al., 2019; Cele & Wale, 2020; Lone & Baba, 2024; P. Patel et al., 2022; R. I. Patel et al., 2020; T. Patel et al., 2013; Polan et al., 2021), yang mana pengalaman usahatani seharusnya berpengaruh positif terhadap pengembangan kompetensi kewirausahaan.

Program-program pengembangan jiwa kewirausahaan petani muda perlu terus ditingkatkan agar generasi penerus sektor pertanian dapat memiliki kompetensi yang memadai (Mukti et al., 2023) (Gorib & Asbaruna, 2022). Pendidikan, pelatihan, dan inkubasi bisnis pertanian merupakan hal penting yang dapat membantu meningkatkan keterampilan wirausaha petani muda (Mukti et al., 2023) (Gorib & Asbaruna, 2022) (Polan et al., 2021). Pentingnya pengembangan ekosistem kewirausahaan pertanian juga perlu menjadi perhatian khusus, sehingga nantinya pemuda dapat terlibat aktif dan termotivasi untuk memilih sektor pertanian sebagai karirnya (Mukti et al., 2023).

KESIMPULAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa lebih dari satu per dua (56 persen) responden memiliki tingkat kemampuan kewirausahaan yang sedang pada petani muda, diikuti oleh 14 persen dan 8 persen yang memiliki tingkat kompetensi kewirausahaan yang tinggi dan sangat tinggi, serta 22 persen yang memiliki tingkat kemampuan kewirausahaan yang rendah. Pendidikan terbukti memiliki hubungan positif dan signifikan dengan kemampuan kewirausahaan, sementara pengalaman usahatani menunjukkan hubungan negatif. Program pengembangan kewirausahaan untuk petani muda harus berkonsentrasi pada peningkatan pendidikan, keterampilan, dan pengalaman, serta menciptakan ekosistem yang lebih kondusif untuk mendorong minat berwirausaha di kalangan pemuda di sektor. Penelitian ini menunjukkan bahwa ada kebutuhan untuk memotivasi petani muda untuk meningkatkan kemampuan kewirausahaan dan meningkatkan minat mereka dalam berbagai kegiatan kewirausahaan.

Implikasi Kebijakan

Studi ini menyimpulkan bahwa sebagian besar petani muda memiliki tingkat kemampuan kewirausahaan yang sedang hingga tinggi. Ada kebutuhan untuk memberikan keterampilan teknis dan bantuan keuangan kepada para petani muda, serta mendorong mereka untuk memulai bisnis baru. Penyuluh harus menemukan cara dan sarana untuk mengembangkan keterampilan kewirausahaan di antara para petani yang tertarik untuk mengembangkan bisnis dan masa depan mereka.

Petani muda harus mampu mengenali perubahan lingkungan dan mengidentifikasi peluang-peluang baru. Para pembuat kebijakan harus merencanakan dan mengembangkan program pelatihan kewirausahaan yang efektif dengan menerapkan pengetahuan dan penugasan yang tepat, karena hal ini akan meningkatkan niat kewirausahaan di kalangan petani muda. Selain itu, pembentukan ekosistem kewirausahaan pertanian harus menjadi prioritas, sehingga kaum muda dapat secara aktif terlibat dan termotivasi untuk memilih sektor pertanian sebagai jalur karier mereka.

DAFTAR PUSTAKA

- Alam, A. S., & Velayati, M. (2020). Tingkat kepuasan petani padi pandanwangi terhadap kinerja penyuluh lapangan di desa babakankaret kecamatan cianjur kabupaten cianjur. *AGROSCIENCE*, *10*(1), 84–108.
- Anwarudin, O., Sumardjo, S., Satria, A., & Fatchiya, A. (2019). Factors influencing the entrepreneurial capacity of young farmers for farmer succession. *International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering*, *9*(1), 1008–1014.
- Asbaruna, L. W. B. & others. (2022). Pengembangan jiwa entrepreneurship bagi generasi muda melalui pelatihan kewirausahaan. *Jurnal Pengabdian Masyarakat: Pemberdayaan, Inovasi Dan Perubahan*, *2*(3), 104–107.
- Cele, L., & Wale, E. (2020). Determinants of smallholders' entrepreneurial drive, willingness and ability to expand farming operations in KwaZulu-Natal. *Development in Practice*, *30*(8), 1028–1042.
- D'Silva, J. L., Dahalan, D., Zaremohzzabieh, Z., Ismail, I. A., & Krauss, S. (2020). Socio-demographic differences on youth behavioural intention to engage in agriculture. *International Journal of Academic Research in Business and Social Sciences*, *10*(15), 284–291.
- Esperanza, D., Putri, G., Rasmikayati, E., Qanti, S., & Yuwariah, Y. (2018). Adaptation behavior of mango farmers to climate change. *Jurnal Manajemen & Agribisnis*, *15*(3), 268–268.
- Gürbüz, G., & Aykol, S. (2009). Entrepreneurial management, entrepreneurial orientation and Turkish small firm growth. *Management Research News*, *32*(4), 321–336.
- Hermawan, I., Sudarwati, Y., Sari, R., Izzaty, I., & Wuryandani, D. (2021). Scrutinizing Indonesia's Agricultural Start-ups. *International Conference on Sustainable Innovation Track Humanities Education and Social Sciences (ICSIHES 2021)*, 317–320.
- Jardim, J. (2021). Entrepreneurial skills to be successful in the global and digital world: Proposal for a frame of reference for entrepreneurial education. *Education Sciences*, *11*(7), 356.
- Lone, A. H., & Baba, I. R. (2024). Entrepreneurial intentions of progressive farmers: The influence of innovativeness, risk-taking and proactiveness. *Journal of Agribusiness in Developing and Emerging Economies*, *14*(4), 769–787.
- Maman, U., Razak, Y., Saefuddin, A., Hendra, F., Ichdayati, L. I., & others. (2022). Formulating agricultural extension planning based on farmer achievement: The case of organic rice farming risk mitigation in Indonesia. *Universal Journal of Agricultural Research*, *10*(1), 64–76.
- Mawar, B., & Nawawi, Z. M. (2023). Analisis Pengaruh Mata Kuliah Kewirausahaan dan Motivasi Kewirausahaan Terhadap Minat Untuk Menjadi Pengusaha Muda Islami (Young Entrepreneur). *Cakrawala Repositori IMWI*, *6*(1), 138–149.
- McElwee, G. (2008). A taxonomy of entrepreneurial farmers. *International Journal of Entrepreneurship and Small Business*, *6*(3), 465–478.

- Mukti, G. W., Kusumo, R. A. B., & Charina, A. (2023). Pengembangan Ekosistem Kewirausahaan Pertanian: Sebagai Upaya Regenerasi Petani Muda Di Jawa Barat. *Mimbar Agribisnis: Jurnal Pemikiran Masyarakat Ilmiah Berwawasan Agribisnis*, 9(2), 2976–2990.
- Ngadi, N., Zaelany, A. A., Latifa, A., Harfina, D., Asiati, D., Setiawan, B., Ibnu, F., Triyono, T., & Rajagukguk, Z. (2023). Challenge of Agriculture Development in Indonesia: Rural Youth Mobility and Aging Workers in Agriculture Sector. *Sustainability*, 15(2), 922.
- Patel, P., Patel, J., & Rathava, S. (2022). Antecedents and managerial efficiency of the inland fish farmers. *Gujarat Journal of Extension Education*, 33(1), 53–61.
- Patel, R. I., Kalsariya, B., & Sharma, D. (2020). Management efficiency of farm women in post harvest management of fruits and vegetables. *Guj. J. Ext. Edu*, 31(1), 171–174.
- Patel, T., Gulkari, K. D., & Patel, J. (2013). *Entrepreneurial behaviour of poultry farmers*.
- Polan, T. S., Pontoan, K. A., & Merung, Y. A. (2021). Pemberdayaan Kaum Muda Untuk Mendorong Regenerasi di Sektor Pertanian. *Comserva: Jurnal Penelitian Dan Pengabdian Masyarakat*, 1(1), 26–34.
- Widayati, C., Reski, P., & Nur, R. (2021). Strengthening social capital in empowering village farming communities in Padaherang District, Pangandaran Regency. *2nd International Conference on Social Sciences Education (ICSSE 2020)*, 362–367.
- Widiyanti, E., Setyowati, N., & Ardianto, D. (2018). Young generation's perception on the agricultural sector. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 200(1), 012060.