
KEBUTUHAN STANDAR TEKNOLOGI HIPERSPEKTRAL DAN KESIAPAN TEKNOLOGINYA DI INDONESIA

Standards Needs Of Hyperspectral Technology and The Readiness In Indonesia

Meilinda Ayundyahrini, Reza Lukiawan, Ajun Tri Setyoko, Endi Hari Purwanto

Pusat Riset dan Pengembangan SDM, Badan Standardisasi Nasional
Gedung 430, Komplek Puspiptek, Muncul, Kec. Setu, Tangerang Selatan
E-mail: meilinda.ayundyahrini@bsn.go.id

Diterima: 16 Januari 2020 , Direvisi: 30 Juli 2020, Disetujui: 26 November 2020

Abstrak

Hiperspektral merupakan teknologi yang memanfaatkan radiasi elektromagnetik dan cahaya. Teknologi ini dimanfaatkan dalam pemetaan bumi baik pada satelit maupun insitu. Selain hiperspektral, terdapat multi spektral yang memiliki perbedaan pada jumlah kanal (band) yaitu mencapai 100-500 band pada hiperspektral. Tingginya band ini menghasilkan data yang kaya informasi, spesifik dan detail. Sensor dapat menangkap reflektansi atau pantulan spektrum gelombang tampak yang kembali dari permukaan bumi. Kompleksitas dan beragamnya pengolahan hiperspektral berdampak pada akurasi citra yang berbeda-beda. Sampai saat ini belum ada prosedur atau standar yang berlaku secara internasional, namun beberapa instansi internasional telah mengarah pada penyusunan standar terkait. Mengingat teknologi dan pemanfaatan hiperspektral di dunia yang kembali berkembang, sehingga perlu disusun sebuah standar agar citra yang didapat memiliki tingkat akurasi yang baik dan layak dijadikan dasar kebijakan. Tentunya dalam penyusunan standar perlu diawali dengan mengetahui kesiapan standar dan persepsi stakeholder. Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kuantitatif untuk menjelaskan fenomena yang terjadi dan analisa SWOT. Hasil dari penelitian ini menunjukkan bahwa perlu disusun standar pengukuran spektral dengan nilai 100%, standar kalibrasi peralatan dengan persentase setuju 93,3% dan rata-rata likert 4,47, dan komponen utama hiperspektral sebesar 93,3% dengan rata-rata likert 4,27. Responden yang menyampaikan bahwa Indonesia belum siap mengembangkan teknologi hiperspektral sebesar 72,86% dan 20% diantaranya harus segera memulainya. Urgensi penerapan hiperspektral di Indonesia adalah di bidang pertanian yang mana dapat mendukung *precision agriculture* dalam rangka mendukung program ketahanan pangan.

Kata kunci: kesiapan, standar, hiperspektral

Abstract

Hyperspectral is a technology that utilizes electromagnetic radiation and light. The technology for mapping the earth both on satellites and in situ. Apart from hyperspectral, there are multi spectral which has a difference in the number of bands, reaching 100-500 bands in the hyperspectral. This high band results in data that is rich in information, specifics, and details. The sensor pick up the reflectance or reflection of the visible wave spectrum returning from the earth's surface. The complexity and variety of hyperspectral processing have an impact on the accuracy of images. Until now, there are no procedures or standards that apply internationally, however, several international agencies have led to the preparation of related standards. Given the technology and utilization of hyperspectral in the world that is growing again, it is necessary to formulate a standard so that the image has a good level of accuracy and is worthy of being a policy basis. Measuring of the readiness of standards and stakeholder perceptions is necessary before standard development. This study uses quantitative descriptive methods to explain the phenomena and analyze SWOT. The results indicate that it is necessary to develop spectral measurement standards (100%), calibration equipment standards (93.3%, average Likert 4.47), and a major component of hyperspectral (93.3%, average Likert 4, 27). Respondents said that Indonesia was not ready to develop hyperspectral technology at 72.86% and 20% were approved had to start immediately. The urgency of implementing hyperspectral in Indonesia is precision agriculture in order to support food security programs.

Keywords: readiness, standard, hyperspectral

1. PENDAHULUAN

Penginderaan jauh dengan menggunakan teknologi hiperspektral di Indonesia memiliki potensi yang cukup tinggi, terutama dalam hal pemantauan Sumber Daya Alam. Teknologi hiperspektral sendiri juga dikenal dengan pencitraan spectroscopy yang memiliki jumlah bandwidth terukur antara 100-500, dengan perbedaan panjang gelombang $5\text{nm} < \Delta\lambda < 10\text{nm}$ (Farahidy, Sadly, Kristijono, Sanjaya, & Frederik, 2005; Wiweka, 2008). Teknologi penginderaan jauh memanfaatkan gelombang elektromagnetik spektrum sinar matahari. Teknologi ini menggunakan sensor yang dapat menangkap reflektansi atau pantulan spektrum gelombang tampak yang kembali dari permukaan bumi. Hiperspektral dapat digunakan untuk mengidentifikasi materi dengan ekstraksi informasi yang cukup akurat. Hal ini memungkinkan adanya pemetaan rupa bumi sampai ke tingkat jenis kandungan mineral karena sensor hiperspektral dapat digunakan untuk mendiskriminasi rupa bumi berdasarkan karakteristik penyerapan dan pantulan radiasi elektromagnetik pada panjang gelombang yang sempit (Pattiasina, 2010).

Disamping kemampuan hiperspektral yang mampu mendeteksi hingga tingkat jenis dan kandungan suatu objek, hiperspektral juga memiliki sistem keseluruhan yang cukup kompleks. Hiperspektral prospektif untuk diaplikasikan di Indonesia yang mana memiliki *biodiversity* tinggi serta digunakan untuk pemantauan lingkungan dan Sumber Daya Alam. Hiperspektral tidak terbatas digunakan untuk lingkup lingkungan tetapi dapat diaplikasikan di dunia kedokteran, pertanian, pertambangan, dan kualitas makanan dan sebagainya. Sehingga apabila telah terpetakan kebutuhan standarnya memungkinkan aplikasi perluasan pemanfaatan di sektor yang lain.

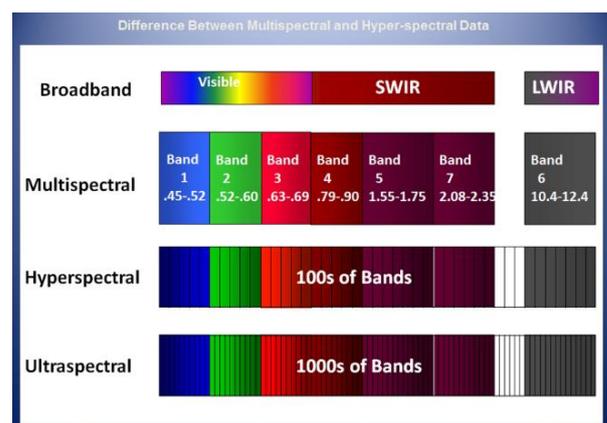
Citra hiperspektral permukaan bumi dapat dilakukan dengan bantuan wahana, yaitu penginderaan dirgantara (*airborne*) dan antariksa (*spaceborne*). Satelit yang dilengkapi dengan sensor hiperspektral terdapat 9 (sembilan) satelit, yaitu Sentinel 2, Hyperion, TianGong-1, PRISMA, HISUI, EnMAP, Shalom, HypSIIRI and HypXIM (Transon, d'Andrimont, Maignard, & Defourny, 2018). Selain kedua wahana tersebut, memungkinkan pula pengambilan citra dengan memanfaatkan pesawat tanpa awak dengan kelengkapan sensor untuk efisiensi waktu. Seiring dengan perkembangan teknologi, citra hiperspektral juga memungkinkan dilakukan dengan bantuan pesawat tanpa awak atau drone.

Hal ini dapat membantu dalam pengambilan citra dengan lokasi dan waktu tertentu.

Belum ada standar internasional maupun negara lain yang memiliki standar terkait hiperspektral. Namun, beberapa institusi mulai mengarah pada penyusunan standar terkait. Hiperspektral memiliki sistem yang kompleks dan perangkat yang terbatas sehingga dalam penyusunan standarnya diperlukan pemetaan kebutuhan standar hiperspektral dan kesiapan teknologi dari persepsi stakeholder.

2. TINJAUAN PUSTAKA

Citra yang digunakan di Indonesia sebagian besar didapatkan dari wahana dengan sensor multispektral. Multispektral rata-rata memiliki kurang dari 10 (sepuluh) band, sedangkan band hiperspektral rata-rata lebih dari 100 (seratus) band seperti pada Gambar 1 (Izzat Farahidy, 2005). Perbedaan jumlah band ini mempengaruhi data yang diterima. Data yang ditawarkan multispektral cukup terbatas dengan cuplikan spectrum yang rendah sedangkan sangat dimungkinkan gelombang elektromagnetik yang tidak tercakup memiliki informasi seperti yang ditunjukkan pada Gambar 1. Dengan interval saluran/kanal yang lebih sempit dan jumlah yang lebih banyak, sensor hiperspektral dapat digunakan untuk melakukan pemisahan, klasifikasi dan identifikasi objek di muka bumi sebagaimana objek aslinya (Pattiasina, 2010).

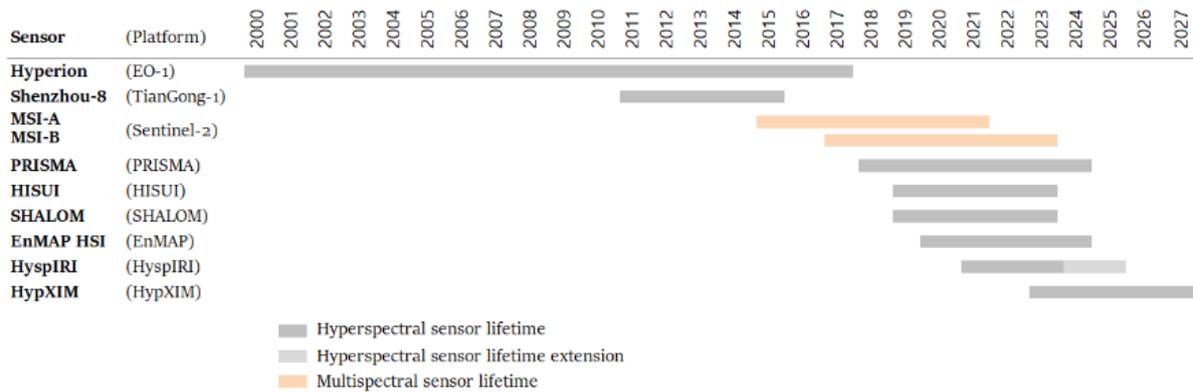


Gambar 1 Perbandingan pembagian kanal pada teknologi multispektral dan hiperspektral.

Pencitraan spectroscopy memanfaatkan gelombang elektromagnetik yang bersumber pada spectrum tampak matahari. Spektrum tampak terletak pada gelombang 400-700 nm (Gambar 2). Sensor hiperspektral berperan menangkap reflektansi atau pantulan cahaya yang kembali dari permukaan bumi.

Citra hyperspektral permukaan bumi dapat dilakukan dengan bantuan wahana, yaitu pengideraan dirgantara (airborne) dan antariksa (spaceborne). Satelit yang dilengkapi dengan sensor hyperspektral terdapat 8 satelit, yaitu Hyperion, TianGong-1, PRISMA, HISUI, EnMAP, Shalom, HypSIRI and HypXIM seperti pada Gambar 2. Selain kedua wahana tersebut, memungkinkan pula pengambilan citra dengan

memanfaatkan pesawat tanpa awak dengan kelengkapan sensor untuk efisiensi waktu. Seiring dengan perkembangan teknologi, citra hyperspektral juga memungkinkan dilakukan dengan bantuan pesawat tanpa awak atau drone. Hal ini dapat membantu dalam pengambilan citra dengan lokasi dan waktu tertentu.



Gambar 2 Satelit yang dilengkapi sensor hyperspektral dan usianya (Transon, d’Andrimont, Maignard, & Defourny, 2018).

3. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode deskriptif kualitatif dan kuantitatif. Metode kuantitatif digunakan untuk mengetahui standar yang dibutuhkan oleh stakeholder. Sedangkan metode deskriptif kualitatif dilakukan untuk mengetahui kesiapan teknologi hyperspektral di Indonesia. Didalamnya terdapat upaya mendeskripsikan, mencatat, analisis dan menginterpretasikan kondisi yang sekarang ini terjadi atau ada.

Data yang diperlukan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data sekunder diperoleh melalui studi literatur yaitu berupa identifikasi dan pemetaan kebutuhan stakeholder terkait standar sistem hyperspektral. Data primer diperoleh langsung dari jawaban isian kuesioner oleh responden yaitu mengetahui kebutuhan standar, kesiapan teknologi hyperspektral, dan pemanfaatan teknologi hyperspektral dari responden.

Key Informan dalam penyusunan roadmap standar metode hyperspektral adalah yang biasa di kenal dengan *The Triple Helix*, meliputi A (*intellectuals/academician*), B (*businessman/ consumer*), dan G (*government*). Responden terdiri dari ITS, UGM, IPB, ITB, ITENAS, BPPT, Kementerian Pertanian dan LAPAN.

Pengumpulan data primer dilakukan dengan *Focus Group Discussion* dan wawancara langsung menggunakan alat bantu berupa kuesioner untuk mendapatkan jawaban persepsi responden. Data primer berupa validasi dan konfirmasi analisa data dilakukan dengan Responden dalam penelitian ini adalah pakar atau akademisi dengan riset tentang hyperspektral, pemanfaat dan pengembang teknologi hyperspektral, dan regulator. Data sekunder berupa publikasi terkait penginderaan jauh dan teknologi hyperspektral yang terbit dalam jurnal nasional dan internasional. Pengolahan dan analisa data menggunakan deskriptif kuantitatif untuk menjelaskan fenomena yang terjadi.

Penelitian ini disebut penelitian deduktif, rasional-empiris, dimana kesimpulan diambil dari data-data lapangan dan hasil dari survei. Dari survei yang akan digambarkan dalam angka, maka penelitian kemudian akan dijadikan acuan untuk menggambarkan kecenderungan yang terjadi dalam realitas dan juga menjadi dasar untuk menafsirkannya. Dari hasil temuan dilapangan peneliti akan menyajikannya dalam bentuk angka, gambar dan grafik yang akan mengekspresikan realitas yang ada (Arikunto, 2010).

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Kebutuhan Standar Tentang Hiperspektral

Belum ada standar yang berlaku secara internasional tentang hiperspektral. Namun

terdapat 2 (dua) institusi pengembang standar mengarah pada penyusunan standar, yaitu IEEE dan NIST. Pemetaan standar kedua institusi tersebut disampaikan pada Tabel 1.

Tabel 1 Rencana dan kebutuhan penyusunan Standar Hiperspektral oleh IEEE dan NIST.

Intitansi/Kegiatan	Ringkasan
IEEE P4001 Hyperspectral Standards Working Group	<p>Standar P4001 mencakup:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Metodologi karakterisasi • Nomenklatur dan terminologi • Matrik kinerja instrument • Struktur pelaporan dengan perbedaan antara yang dibutuhkan, rekomendasi dan opsional <p>Kebutuhan untuk Standar Pencitraan Hiperspektral:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fragmentasi pelaporan spesifikasi • Teknik pengukuran yang tidak sebanding • Kurangnya keseragaman dalam RFI, RFP dan persyaratan / tanggapan Kontraktor • Platform dan desain sensor baru • Meningkatkan rentang aplikasi
<i>National Institute of Standards and Technology</i> (NIST)	Standar terkait dengan pencitraan hyperspectral dan memungkinkan mencakup: spesifikasi kinerja, standar kalibrasi, format data, terminologi, dan praktik terbaik

Penyusunan kuesioner kebutuhan standar disesuaikan dengan arah rencana penyusunan standar Tabel 1 dan publikasi. Terdapat 9 (sembilan) usulan standar pada kuesioner, yaitu: definisi tutupan lahan, pengkategorian tutupan

lahan, komponen sistem hiperspektral, terminologi, metodologi karakterisasi, kalibrasi perangkat, panjang gelombang reflektansi objek, pengukuran spektral, dan format citra seperti pada Tabel 2.

Tabel 2 Hasil analisa deskriptif kebutuhan standar.

No	Usulan Standar	Jml Setuju	% Setuju	Rata-rata	Tk Prior	Catt
1	Definisi tutupan lahan mengikuti SNI 7645-1-2014	11	73,3%	3,8	6	Perlu dibedakan definisi antara <i>land cover</i> dan <i>land use</i>
2	Berhubungan dengan kualitas citra hiperspektral yang lebih detail perlu dilakukan pembagian kelas atau kategori dalam pendefinisian tutupan lahan.	10	66,7%	3.93	7	Ranahnya berbeda, standar ini untuk multispektral. Untuk hiperspektral mungkin perlu dikaitkan dengan pustaka spektral
3	Sistem teknologi hiperspektral minimal terdiri dari 4 (empat) komponen utama yaitu, pengukuran spektral, konfigurasi spektral, pustaka spektral dan metode pengolahan.	14	93,3%	4.27	3	Penambahan proses analisis dan akurasi.
4	Perlu disusun standar terminologi teknologi hiperspektral	13	86,7%	4.33	4	-

No	Usulan Standar	Jml Setuju	% Setuju	Rata-rata	Tk Prior	Catt
5	Perlu disusun standar metodologi karakterisasi citra teknologi hiperspektral yang disesuaikan dengan lingkup penggunaan	11	73,3%	4,13	5	-
6	Perlu disusun standar kalibrasi peralatan teknologi hiperspektral	14	93,3%	4,47	2	Dalam kalibrasi alat yang digunakan adalah <i>white reference</i> biasanya materialnya adalah Barium Sulfat (BaSO ₄)
7	Perlu disusun standar panjang gelombang atau reflektansi objek, misalnya tanaman berklorofil, lautan, pemukiman dan seterusnya	11	73,3%	3,8	6	-
8	Perlu disusun standar pengambilan/pengukuran spektral	15	100%	4,53	1	untuk mendapatkan data dengan kandungan noise yang minimal.
9	Perlu disusun standar format citra	10	66,7%	3,40	8	-

Keterangan:

Jml Setuju : Jumlah Setuju

Tk Prioritas : Tingkat Prioritas

Catt : Catatan dari responden dan data sekunder

Dengan menggunakan skala likert didapatkan bahwa standar yang disepakati di butuhkan adalah standar pengukuran spektral, diikuti dengan standar kalibrasi perangkat, dan komponen utama hiperspektral. Proses atau tata cara pengukuran spektral perlu disusun standarnya. Hal ini dikarenakan perangkat dan reflektansi objek cukup mudah terpengaruh oleh faktor eksternal, seperti cuaca, kondisi awan, lokasi pengambilan, bahkan absorpsi partikel (Kamal & Arjasakusuma., 2010). Tujuan dari standar pengukuran spektral adalah untuk mengurangi *noise* akibat gangguan eksternal. Standar ini penting disusun dalam hal pembentukan pustaka spektral sehingga data yang merupakan acuan pembanding memiliki akurasi tinggi.

Pengukuran spektral dibedakan melalui wahana yang digunakan, menggunakan *drone* atau *handheld/insitu*. Pengukuran spektral yang dilakukan oleh Sari Virgawati (2019) dengan mengambil sampel lalu di *scan* sebanyak 10 kali dengan posisi yang berbeda dengan mengubah ring sampel secara melingkar, kemudian hasilnya dirata-rata untuk *post-processing*. Sedangkan

Narieswari (2012) melakukan pengukuran spektral padi dengan spesifikasi pada waktu 10.00.14.00, cuaca cerah dan stabil, tutupan awan yang ditoleransi <20%. Untuk mengkalibrasi spectroscopy dapat menggunakan *white reference* (Narieswari, 2012; S.Virgawati et al., 2019). Standar tentang komponen utama dan terminologi diusulkan dapat menjadi satu standar karena saling terkait.

4.2 Potret implementasi Teknologi Hiperspektral di Indonesia

Penelitian hiperspektral di Indonesia telah banyak dilakukan sejak tahun 2010 namun belum dilakukan kearah komersil dikarenakan terbatasnya sumber citra. Salah satu sumber citra yang dapat didapatkan tanpa biaya adalah Hyperion (EO-1) yang mana sudah tidak beroperasi. Pengukuran spektral memang tidak terbatas menggunakan satelit, memungkinkan dilakukan menggunakan *airborne* dan *handheld*. Namun sensornya juga masih belum dapat didapatkan dengan mudah. Perkembangan di Indonesia banyak diimplementasikan di bidang pertanian untuk mendukung ketahanan pangan dan kehutanan (vegetasi).

Tabel 3 Analisis SWOT kesiapan hiperspektral di Indonesia.

Strength (S)	Weakness (W)
<ul style="list-style-type: none"> • Pada tahun 2008 telah dilakukan proyek Kementerian Pertanian dalam mendukung ketahanan pangan (Sadly, Mulyono, & Sulaiman, 2013). • Riset dan proyek pustaka spektral dari tanaman padi dan jagung untuk pertanian (Maspiyanti, Fanany, & Arymurthy, 2013; Narieswari, 2012; Sadly et al., 2013; Sukojo, Nabilah, & Swastyastu, 2019; Widyasasi, Sukmono, Sukojo, Handayani, & Darmawan, 2013), kehutanan dan perkebunan, kandungan tanah (S.Virgawati et al., 2019), koral (Erwin et al., 2013), pertambangan (Agustina, Mustakim, Okfalisa, Bella, & Ramadhan, 2018; Kirsch et al., 2018; Kun Tan, Wu, Du, Du, & Chen, 2019), dan sebagainya • Riset pengembangan metode optimalisasi dalam mendukung program ketahanan pangan seperti Framework aplikasi hiperspektral dan Model prediksi HyperSRI (Sadly et al., 2013). 	<ul style="list-style-type: none"> • Setiap objek memiliki karakteristik berbeda (Ali, Darvishzadeh, Skidmore, & van Duren, 2017; Sun, Wu, Lv, & Zhao, 2017) • Kualitas spektral sangat dipengaruhi kondisi eksternal seperti waktu, cuaca, kondisi angin, matahari dan awan. • Terbatasnya perangkat lunak dalam pemrosesan data • Pengolahan data yang belum baku atau variatif menghasilkan akurasi berbeda
Opportunities (O)	Threats (T)
<ul style="list-style-type: none"> • Efisiensi waktu dan biaya dalam melakukan pemantauan fase tanaman • Indonesia merupakan negara agraris dan ketahanan pangan selalu menjadi prioritas nasional (Perdinan, Dewi, & Dharma, 2018; Rusliyadi, Jamil, & Kumalasari, 2019; Sembiring, 2018) • Memungkinkan dikembangkan untuk sektor lainnya 	<ul style="list-style-type: none"> • Terbatasnya sumber citra hiperspektral • Diperlukan waktu lama dan biaya yang tinggi dalam membangun sistem hyperspectral • Membutuhkan peralatan dan personel khusus

Sumber: Olah Data dari berbagai sumber (2019)

Berdasarkan data dari LAPAN, citra hiperspektral digunakan untuk keperluan khusus. LAPAN yang bertugas untuk menyediakan citra mendapatkan beberapa daftar permintaan dari berbagai instansi di Indonesia. Permintaan 30 citra dari 32 instansi berbeda sebanyak 56,6% dilayani dengan citra hiperspektral. Permintaan data yang seluruhnya dilayani dengan citra hiperspektral adalah kebakaran hutan yang meliputi sistem

peringkat bahaya kebakaran, informasi titik panas (*hotspot*), daerah terbakar (*burned area*), Respon bencana kebakaran lahan. Pelayanan dengan citra multispektral dikarenakan terbatasnya sumber citra hiperspektral. LAPAN sebagai wali data dapat melayani permintaan data hiperspektral secara gratis dengan bekerjasama dengan penyedia citra luar negeri.

Tabel 4 Permintaan dan pelayanan data penginderaan jauh.

No	Permintaan	Jumlah	Hiperspektral
1	Pertanian	7	3 = 42,86%
2	Maritim	7	3 = 42,86%
3	Bencana	9	7 = 77,78%

No	Permintaan	Jumlah	Hiperspektral
4	Kebakaran Hutan	4	4 = 100%
5	Gakkum	3	-
	Jumlah	30	17 = 56,67%

Sumber: Bidang Diseminasi LAPAN (2019)

Dari responden didapatkan 26,67% menyatakan Indonesia siap mengimplementasikan teknologi hiperspektral. Sedangkan 73,33% (11 dari 15 responden) menyatakan belum siap karena terkendala perangkat dan sumber datanya. Namun, 2 dari 11 (18,18%) responden tersebut menyatakan Indonesia harus segera memulai pemanfaatan hiperspektral dengan kolaborasi dari berbagai instansi dan dukungan pemerintah.

Kebutuhan aplikasi hiperspektral cukup tinggi di Indonesia (60 %) terutama untuk tujuan *precision farming* dimana ketahanan pangan (Sembiring, 2018; Thorp, Wang, Bronson, Badaruddin, & Mon, 2017) selalui menjadi isu nasional dan pemantauan Sumber Daya Alam (SDA). Meskipun 40% responden menyampaikan belum mendesak diterapkan di Indonesia, 100% responden menyampaikan hiperspektral berpotensi diterapkan di Indonesia. *Precision farming* sendiri selaras dengan topik riset dunia yaitu tentang *natural vegetation and agriculture* (Transon et al., 2018).

Berdasarkan data dari LAPAN, citra hiperspektral digunakan untuk keperluan khusus. LAPAN yang bertugas untuk menyediakan citra mendapatkan beberapa daftar permintaan dari kementerian dan Lembaga Pemerintah Non Kementerian (LPNK) di Indonesia. LAPAN tidak memiliki satelit yang dilengkapi dengan sensor hiperspektral sehingga perlu mengakses satelit luar negeri. Sedangkan peralatan spectrometer di Indonesia tersedia di beberapa instansi, yaitu LAPAN, BPPT, Universitas Palangkaraya, dan Universitas Gadjah Mada untuk keperluan praktikum/laboratorium. Peralatan tersebut terbatas dikarenakan harga yang mahal dan mencapai Rp. >500 juta dan rentan rusak.

5. KESIMPULAN

Usulan standar dengan yang disepakati oleh responden adalah pengukuran spectral pengukuran spectral dengan nilai persetujuan 100% dan rata-rata likert 4,53. Usulan standar kalibrasi peralatan dengan nilai persetujuan 93,3% dan rata-rata likert 4,47 dan standar

komponen utama hiperspektral sama-sama memiliki nilai persetujuan 93,3% dan rata-rata likert 4,27. Prioritas kebutuhan standar untuk teknologi hiperspektral yang dibutuhkan oleh pengembang dan pemanfaat adalah pengukuran spectral, kalibrasi perangkat, terminologi dan komponen utama hiperspektral, metodologi karakteristik obyek, gelombang reflektansi obyek, dan format citra. Tutupan lahan yang diutamakan adalah untuk optimalisasi lahan pertanian (berhubungan dengan perubahan cuaca) dan remote area yang sulit dijangkau atau sulit dilakukan *check ground*.

Hiperspektral prospektif diterapkan di Indonesia dengan 60% untuk *precision agriculture* dimana ketahanan pangan selalu menjadi isu nasional dan pemantauan Sumber Daya Alam (SDA). Kendala utama dalam penerapannya adalah terbatasnya sumber citra yang dapat diakses dengan gratis sedangkan pembelian citra membutuhkan biaya yang tinggi. Sedangkan LAPAN belum memiliki satelit yang dilengkapi dengan sensor hiperspektral. Beberapa instansi di Indonesia sendiri seperti LAPAN, BPPT, IPB, Universitas Palangkaraya melakukan riset untuk menciptakan pustaka spektral, sayangnya tidak ada institusi yang mengumpulkan pustaka spektral tersebut.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami sampaikan kepada Kementerian Riset dan Teknologi Pendidikan Tinggi yang telah membiayai penelitian ini melalui dana insentif riset flagship Insinas Tahun 2019. Ucapan terima kasih juga kami sampaikan kepada LAPAN, BIG, dan akademisi beberapa perguruan tinggi dan pihak-pihak lain yang mendukung. Semua penulis pada artikel ini adalah sebagai kontributor utama.

DAFTAR PUSTAKA

Agustina, S. D., Mustakim, Okfalisa, Bella, C., & Ramadhan, M. A. (2018). Support Vector Regression Algorithm Modeling to Predict the Availability of Foodstuff in Indonesia to Face the Demographic Bonus. *Journal of*

- Physics: Conference Series*, 1028(1).
<https://doi.org/10.1088/1742-6596/1028/1/012240>
- Ali, A. M., Darvishzadeh, R., Skidmore, A. K., & van Duren, I. (2017). Specific leaf area estimation from leaf and canopy reflectance through optimization and validation of vegetation indices. *Agricultural and Forest Meteorology*, 236, 162–174.
<https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2017.01.015>
- Arikunto. (2010). *Prosedur Penelitian: Suatu Pendekatan Praktek*. Jakarta: Rineka Cipta.
- Erwin, H. P., H, E. W., Pengelolaa, B., Aaliran, D., Tondano, S., Taman, B., & Bunaken, N. (2013). Kajian teknis penggunaan citra satelit eo-1 hyperion untuk pemetaan habitat terumbu karang di pesisir utara taman nasional bunaken. *Info BPK Manado*, 3(1), 65–78.
- Farahidy, I., Sady, M., Kristijono, A., Sanjaya, H., & Frederik, M. (2005). Application of Hyperspectral Technology in Indonesia: Overview on Bppt Hyperspectral Program. In *Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV* (p. TIS-329-TIS-336).
- Kamal, M., & Arjasakusuma., S. (2010). Ekstraksi Informasi Penutup Lahan Menggunakan Spektrometer Lapangan Sebagai Masukan Endmember Pada Data Hiperspektral Resolusi Sedang. *Jurnal Ilmiah Geomatika*, 16(2), 10–22.
- Kirsch, M., Lorenz, S., Zimmermann, R., Tusa, L., Möckel, R., Hödl, P., ... Gloaguen, R. (2018). Integration of Terrestrial and Drone-Borne Hyperspectral and Photogrammetric Sensing Methods for Exploration Mapping and Mining Monitoring. *MDPI Journal*, 10(9).
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs10091366>
- Kun Tan, Wu, F., Du, Q., Du, P., & Chen, Y. (2019). A Parallel Gaussian–Bernoulli Restricted Boltzmann Machine for Mining Area Classification With Hyperspectral Imagery. *Applied Earth Observations and Remote Sensing*, 12(2), 627–636.
<https://doi.org/10.1109/JSTARS.2019.2892975>
- Maspiyanti, F., Fanany, M. I., & Arymurthy, A. M. (2013). Klasifikasi Fase Pertumbuhan Padi Berdasarkan Citra Hiperspektral dengan Modifikasi Logika Fuzzy (Paddy Growth Stages Classification based on Hyperspectral Image using Modified Fuzzy Logic). *Jurnal Penginderaan Jauh*, 10, 41–48.
- Narieswari, L. (2012). Pembangunan pustaka spektral tanaman padi (Development of Paddy Spectral Library as a Key. *Globe*, 14(2), 134–145.
- Pattiasina, T. F. (2010). Potensi Penggunaan Data HYPERSPECTRAL untuk Pemetaan Sebaran Jenis- Jenis Mangrove (The Potential of Hyperspectral data utilization for mapping distribution of mangrove species). *Warta Konservasi*, 18(1), 16–17.
- Perdinan, Dewi, N. W. S. P., & Dharma, A. W. (2018). Lesson learnt from Smart Rice Actions in Indonesia. *Future of Food: Journal on Food Agriculture and Society*, 6(2), 9–20. <https://doi.org/10.17170/kobra-2018122067>
- Rusliyadi, M., Jamil, A. B. H. M., & Kumalasari, R. T. (2019). Analysis of household food security policy : case of food security village programme , indonesia. *Asian Journal of Agriculture and Rural Development*, 9(1), 19–32.
<https://doi.org/10.18488/journal.1005/2019.9.1/1005.1.19.32>
- S.Virgawati, Mawardi, M., Sutiarto, L., Shibusawa, S., Segah, H., & Kodaira, M. (2019). Exploration of soil spectral reflectance characteristics relating to the soil organic matter content. *Jurnal Teknik Pertanian Lampung*, 8(September), 214–223.
- Sady, M., Mulyono, S., & Sulaiman, A. (2013). Pengembangan Sistem Prediksi Produktifitas Padi dengan Pendekatan Integrasi Teknologi Hyperspectral Remote Sensing, Algoritma Genetika dan Model Pertumbuhan Ekonomi Pertanian berdasarkan Dinamika Nonlinier: -Sistem untuk Mendukung Program Ketahanan Pangan. In K. Wikantika & L. F. Yayusman (Eds.), *Bunga Rampai Penginderaan Jauh Indonesia 2012* (pp. 2–22). Bandung: Pusat Penginderaan Jauh.
- Sembiring, S. A. (2018). Analysis of rice policy based on presidential instruction on household food security: Simultaneous equation model. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 122(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/122/1/012010>
- Sukojo, B. M., Nabilah, S., & Swastyastu, C. A. (2019). Landsat 8 satellite imagery analysis for rice production estimates (Case study: Bojonegoro regencys). *Journal of Theoretical and Applied Information Technology*, 97(1), 98–108.
- Sun, Z., Wu, D., Lv, Y., & Zhao, Y. (2017).

- Polarized reflectance factors of vegetation covers from laboratory and field: A comparison with modeled results. *Journal of Geophysical Research*, 122(2), 1042–1065. <https://doi.org/10.1002/2016JD025892>
- Thorp, K. R., Wang, G., Bronson, K. F., Badaruddin, M., & Mon, J. (2017). Hyperspectral data mining to identify relevant canopy spectral features for estimating durum wheat growth, nitrogen status, and grain yield. *Computers and Electronics in Agriculture*, 136, 1–12. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.02.024>
- Transon, J., d'Andrimont, R., Maignard, A., & Defourny, P. (2018). Survey of hyperspectral Earth Observation applications from space in the Sentinel-2 context. *Remote Sensing*, 10(2), 1–32. <https://doi.org/10.3390/rs10020157>
- Widyasasi, D., Sukmono, A., Sukojo, B. M., Handayani, H. H., & Darmawan, A. (2013). Model Estimasi Kerapatan Daun Tanaman Padi Dengan Citra Hyperspectral Berbasis Spectral In Situ untuk Pemantauan Fase Tumbuh Padi. In *Seminar Nasional Pendayagunaan Informasi Geospasial* (pp. 148–154).
- Wiweka. (2008). Kapabilitas citra hiperspektral. *Berita Dirgantara*, 9(3), 55–60.

