

KOMBINASI SPBK DAN INDEKS KUALITAS UDARA UNTUK PENANGANAN DAERAH RAWAN TERBAKAR AKIBAT KARHUTLA (Studi Kasus Kalimantan Barat)

Nata Miharja,¹ dan Kuncoro Wisnu²

^{1,2)} Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Pontianak

nata.miharja@lapan.go.id, kuncoro.wisnu@lapan.go.id

ABSTRAK - Provinsi Kalimantan Barat merupakan salah satu daerah rawan kebakaran hutan dan lahan (karhutla). Kejadian kebakaran di provinsi ini setiap tahun terus berulang dan terjadi pada saat musim kemarau. Karhutla yang terjadi tahun 2015 dan 2019 merupakan gambaran kejadian terbesar dalam lima tahun terakhir. Luasnya wilayah Provinsi Kalbar dan dampak yang ditimbulkan akibat karhutla berupa asap yang menyebar dan menyelimuti daerah tanpa mengenal batas administrasi. Parameter SPBK merupakan data inderaja yang menghasilkan data wilayah dan diklasifikasikan dengan tingkat bahaya kebakaran yang terjadi. Dampak asap karhutla yang membahayakan dapat diukur sehingga diperoleh Indeks Kualitas Udara. Keduanya menggunakan metode pengamatan data satelit dan peralatan pengukuran atmosfer permukaan *Air Quality Monitoring System* (AQMS). Hasil analisa SPBK dan indeks kualitas udara diperoleh data dan informasi sebagai indikator penentuan kriteria kejadian pra karhutla. Adanya data dan informasi tersebut sebagai tindakan pengurangan risiko terhadap kesehatan masyarakat dan perekonomian.

Kata Kunci : inderaja, indeks, karhutla, spbk, udara

ABSTRACT - West Kalimantan Province is one of the areas prone to forest and land fires. Fires in this province are repeated every year and occur during the dry season. The forest and land fires that occurred in 2015 and 2019 represent the biggest incident in the last five years. The vast area of West Kalimantan Province and the impact caused by forest and land fires are in the form of smoke that spreads and covers the area without knowing administrative boundaries. The SPBK parameter is sensory data that produces regional data and is classified according to the level of fire hazard that occurs. The impact of hazardous forest and land fires can be measured in order to obtain the Air Quality Index. Both use satellite data observation methods and the Air Quality Monitoring System (AQMS) surface atmosphere measurement equipment. The results of the SPBK analysis and air quality index obtained data and information as an indicator for determining the criteria for pre-forest and land fire events. The data and information are available as an action to reduce risks to public health and the economy

Keywords: remotesensing, index, forest and land fire, spbk, air

1. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Kebakaran hutan dan lahan (karhutla) pada daerah-daerah yang rentan terbakar merupakan persoalan penting setiap tahunnya yang selalu dihadapi oleh pemerintah dan masyarakat. Kebakaran tersebut terjadi saat musim kemarau. Menurut (BNPB, 2019), daerah-daerah yang rentan terbakar diantaranya Provinsi Riau, Jambi, Sumatera Selatan (Sumsel), Kalimantan Barat (Kalbar), Kalimantan Tengah (Kalteng), dan Kalimantan Selatan (Kalsel) dengan lahan terbakar mencapai 16-23 persen dari keseluruhan area dan merupakan daerah yang dinyatakan sebagai daerah darurat asap. Menurut (Bank Dunia, 2019) mengungkapkan total kerugian Indonesia akibat karhutla sepanjang 2019 mencapai US\$5,2 miliar atau setara Rp72,95 Triliun (kurs Rp 14.000) serta kesehatan masyarakat.

Menurut (BNPB, 2016), kejadian karhutla pada tahun 2015, Bank Dunia memperkirakan kerugian kesehatan masyarakat akibat karhutla mengakibatkan 28 juta jiwa terdampak, 19 orang meninggal dan hampir 500 ribu orang mengalami gangguan pernafasan atau Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA). Kejadian karhutla pada tahun tersebut telah terbakar hutan dan lahan seluas 2,61 juta hektar. Menurut (BNPB, 2019), dampak karhutla terluas terjadi di Provinsi Riau yang mencapai luas hingga 49.266 ha kemudian Kalteng seluas 44.769 ha, Kalbar seluas 25.900 ha, Sumsel seluas 11.426 ha, dan Jambi seluas 11.022 ha. Selain daripada itu karhutla juga memicu munculnya asap pekat yang menyebar dan meluas hingga negara-negara tetangga, seperti Malaysia, Singapura dan Brunei Darusalam. Munculnya asap terjadi karena faktor iklim pada musim kemarau, yaitu curah hujan yang sangat rendah.

Curah hujan menjadi faktor penting terhadap kondisi kelembapan bahan bakaran. Selain itu pembakaran lahan tanpa kendali menjadi bagian dari faktor penyebab munculnya karhutla. Kondisi ini menimbulkan kerawanan yang semakin tinggi jika ditemukan adanya gejala *el nino*. Peristiwa *el nino* merupakan fenomena alam, yaitu pemanasan temperatur laut secara tidak wajar di daerah lautan Pasifik. Fenomena ini sangat menguntungkan melakukan alih fungsi lahan khususnya gambut dengan cara pembakaran. Kandungan karbon lahan gambut akan terlepas menjadi emisi sehingga lahan tersebut menjadi kering dan mudah terbakar karena suhu, kelembapan udara, kedalaman lapisan serta penurunan muka air tanah yang tidak aman dan menimbulkan resiko terjadinya kebakaran.

Karhutla yang terjadi di Provinsi Kalbar pada saat musim kemarau pada tahun 2015 dan 2019 merupakan kebakaran terbesar dalam lima tahun terakhir dan menjadi satu keprihatinan bersama. Kejadian tersebut mengganggu aktifitas masyarakat, pemerintahan dan dunia usaha, seperti berhentinya kegiatan belajar dan mengajar, terganggunya pelayanan publik serta aktifitas transportasi udara, air dan darat. Transportasi ini merupakan sarana perekonomian daerah sebagai jalur distribusi barang dan manusia baik antar pulau, kota maupun wilayah. Karhutla juga menyebabkan kerusakan lingkungan dan ekosistem serta kesehatan masyarakat yang dapat menyebabkan tingginya penderita Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA).

Menurut (KLHK, 2016) telah mengidentifikasi 731 desa yang rawan karhutla di delapan provinsi Indonesia, diantaranya Provinsi Kalbar. Provinsi ini sebagai salahsatu daerah yang memiliki resiko tinggi ka. Sebagai daerah yang memiliki resiko tinggi dibutuhkan suatu sistem peringatan dini (*Early Warning System/EWS*) yang dapat digunakan untuk pencegahan dan kesiapsiagaan sebelum terjadi kebakaran yang lebih besar. EWS sangat penting sebagai manajemen pengelolaan terjadinya pra karhutla dibandingkan ketika saat karhutla. Penanggulangan pra karhutla memiliki resiko, kerugian serta dampak yang kecil bila dibandingkan dengan saat karhutla yang memiliki resiko yang besar dan lebih kompleks serta berbiaya mahal. Beberapa tindakan yang dilakukan pada kondisi pra diantaranya dengan pemantauan atau pengamatan wilayah yang rentan pada daerah kecil maupun lebih luas. Pengamatan dan pemantauan ini menggunakan sistem pengamatan berbasis keantariksaan dan atmosfer permukaan.

Pengamatan berbasis keantariksaan menggunakan teknologi Penginderaan Jauh (PJ) dapat menghasilkan informasi awal yang dapat dijadikan sebagai *Early Warning System* (EWS), yaitu sistem peringatan dini. Informasi ini untuk mengetahui potensi akan terjadinya karhutla dan penyebarannya. Sistem ini merupakan pengembangan *Fire Danger Rating System/FDRS*) dari Kanada yang dikenal sebagai Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran (SPBK). Seiring dengan perkembangannya, penggunaan SPBK sudah dapat dilakukan dengan sistem komputerisasi. Pengolahan data hasil pemantauan SPBK dapat dilakukan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) menjadi informasi spasial dan dapat digunakan untuk mitigasi bencana.

Dampak karhutlah dapat menimbulkan asap di atas permukaan atmosfer. Pemanfaat system pengamatan atmosfer permukaan merupakan salah satu sistem yang menghasilkan data dan informasi dalam bentuk indeks kualitas udara. Sistem ini untuk mengetahui tingkat pencemaran udara yang terjadi sebagai indikator dampak kesehatan masyarakat pada kondisi pra dan saat terjadinya karhutla. Partikel-partikel asap yang terkandung di udara tersebar dan terlintas dapat diukur oleh peralatan dengan menggunakan beberapa parameter unsur polutan. Pengukuran ini menghasilkan data dan informasi sebagai indek kualitas udara yaitu Indeks Standar Pencemaran Udara (ISPU). Beberapa parameter yang terukur dalam pengukuran udara ambien diantaranya parameter *Particulate Matter* (PM). Indeks ini merupakan data dan informasi kepada masyarakat dengan pola pemahaman yang sederhana sehingga mudah dimengerti sebagai gambaran kondisi kualitas udara.

Kondisi pra maupun saat karhutla dapat diketahui dari timbulnya asap yang menyebar dan mengakibatkan perubahan kualitas udara serta komposisi gas yang masuk ke atmosfer. Asap tersebut merupakan kumpulan polutan partikulat padat dalam bentuk debu yang dikategorikan sebagai sistem *disperse* (aerosol) dari proses mekanis seperti *crushing* (penghancuran), *handling* (penghalusan) atau *grinding* (penggerindaan). Salah satu indikatornya yaitu meningkatnya jumlah hotspot yang terjadi dan tersebar pada daerah yang terbakar.

Debu yang terdapat dalam asap karhutla pada lapisan atmosfer terdiri dari dua bagian, yaitu *Deposit Particulate Matter* yang merupakan partikel debu yang berada sementara di udara dan mengendap akibat daya tarik bumi (gravitasi) dan *Suspended Particulate Matter* yang merupakan debu yang tetap berada di udara dan tidak mengendap. Kedua partikulat ini disebut debu total. Berdasarkan ukurannya, partikulat debu dibagi menjadi

tiga yaitu: *inhalable*, *thoracic* dan *respirable*. Ketiganya memiliki tingkat bahaya untuk kesehatan manusia dan makhluk hidup lainnya pada sistem pernafasan. Kejadian karhutla yang terjadi menurut (Kemenkes RI, 2019) sebanyak 89 kejadian pada 7 provinsi diantaranya Provinsi Kalbar dan ada 504.000 warga terkena Infeksi Saluran Pernafasan Akut (ISPA).

1.2. Permasalahan

Efek karhutla sangat terasa oleh masyarakat namun untuk mendeteksi sumber terjadinya tidaklah mudah. Luasnya wilayah Provinsi Kalbar dan belum terjangkaunya semua daerah dengan infrastruktur jalan menjadi hambatan dalam penanggulangannya. Dampak yang ditimbulkan akibat kebakaran berupa asap yang menyebar di udara serta mengganggu masyarakat dan kegiatan ekonomi. Adanya keterbatasan upaya pemerintah daerah melakukan pengamatan pra karhutla dan pendeteksian kualitas udara menjadi permasalahan. Keterbatasan tersebut sulit untuk melakukan deteksi awal pra karhutla sehingga dibutuhkan kemampuan teknologi PJ untuk mendeteksi wilayah yang luas serta indicator kualitas udara untuk menjaga kesehatan masyarakat.

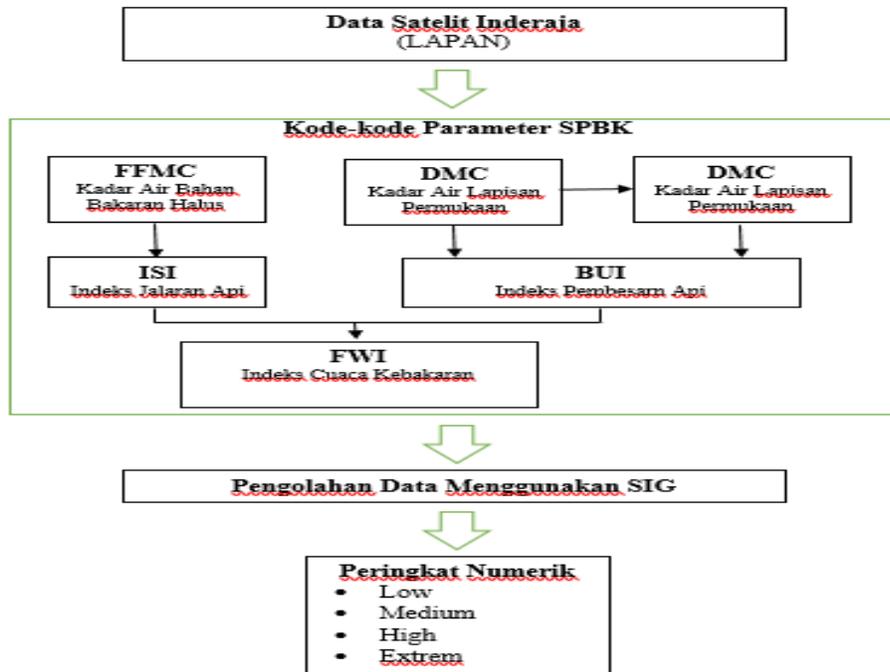
1.3. Tujuan

Penggunaan SPBK dan indeks kualitas udara pada kondisi pra karhutla membutuhkan inovasi pemanfaatannya. Penggunaan SPBK dan indeks kualitas udara merupakan dua sistem yang dapat digunakan oleh pemangku kepentingan untuk mengambil langkah-langkah penanganan sebelum terjadinya karhutla. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan hasil analisa parameter-parameter SPBK pada kondisi kerentanan permukaan terhadap tingkat bahaya karhutla. Hasil analisa parameter-parameter tersebut selanjutnya diolah menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) menjadi informasi spasial dalam bentuk peta tematik pra karhutla sedangkan pengamatan indeks kualitas udara menjadi indikator terjadinya pencemaran udara. Kombinasi keduanya dapat digunakan untuk mitigasi bencana.

1.4. Metodologi

SPBK merupakan sistem prediksi untuk mengetahui level bahaya potensi kebakaran dan sebarannya dengan menggunakan parameter-parameter sebagai gambaran indikator tingkat potensi terbakar. Parameter-parameter SPBK digunakan sebagai peringatan dini dengan waktu pemantauannya *near real time*. Data yang digunakan merupakan data inderaja turunan dari hasil pengamatan satelit oleh Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Hasil pengolahan data tersebut selanjutnya dilakukan pemetaan wilayah terhadap tingkat bahaya kebakaran hutan dan lahan menggunakan Sistem Informasi Geografi (SIG) dan diklasifikasikan terhadap tingkat bahaya kebakaran yang terjadi. SPBK digunakan sebagai parameter yang mewakili kondisi kerentanan permukaan terhadap bahaya kebakaran dan sangat mendukung untuk cakupan wilayah yang luas, seperti Provinsi Kalimantan Barat.

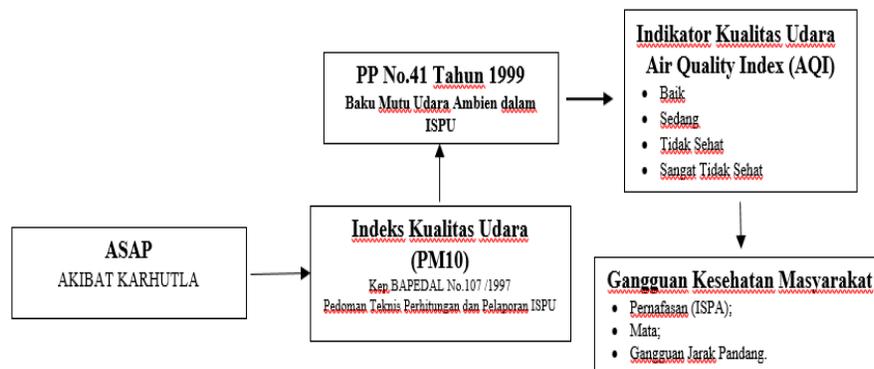
Metode yang dilakukan dalam menginterpretasikan parameter SPBK dibuat dalam bentuk diagram alir seperti terlihat pada gambar 1.1 di bawah ini.



Gambar 1.1 Diagram Alir Sistem Pengolahan SPBK
sumber : pengolahan mandiri

Berdasarkan gambar 1.1 penerjemahan parameter-parameter SPBK yang diperoleh dari sensor-sensor satelit sebagai pemodelan sistem pengamatan pra karhutla, yaitu data sebelumnya (kemarin) diolah menjadi data dan informasi yang selanjutnya digunakan untuk waktu berikutnya (hari ini). Teknik pengolahan dan analisisnya menggunakan perangkat software SIG. Data olahan dapat menggunakan rata-rata data harian maupun bulanan. Alat dan bahan penelitian yang digunakan yaitu; data spasial Rupa Bumi Indonesia (RIB) Badan Informasi Geospasial (BIG) untuk skala 1 : 250.000 wilayah Provinsi Kalbar, software SIG, data Kalbar Dalam Angka Tahun 2020 dan data pengamatan *Air Quality Monitoring System* (AQMS) udara ambien dalam ISPU parameter PM10.

Pengamatan indeks kualitas udara dalam ISPU menggunakan salah satu parameter pencemaran udara, yaitu PM10. Data ini diperoleh dari Dinas Lingkungan Hidup dan Kehutanan Provinsi Kalbar dan Dinas Lingkungan Hidup Pemerintah Kota Pontianak tahun 2019. Data ini diperoleh dari peralatan pengamatan atmosfer permukaan AQMS. Hasil olahannya menunjukkan adanya atau tidak gangguan kesehatan masyarakat. Kerangka penelitian untuk gangguan pencemaran udara terhadap gangguan kesehatan masyarakat dengan menggunakan metode diagram alir seperti yang terlihat pada gambar 1.2 di bawah ini.



Gambar 1.2 Diagram Alir Pengamatan ISPU Terhadap Gangguan Kesehatan Masyarakat
sumber : pengolahan mandiri

2. LANDASAN TEORI

Hutan merupakan sekumpulan pohon yang tumbuh beserta tumbuh-tumbuhan lain dengan ekosistem yang beraneka ragam dan berperan sangat penting bagi kehidupan di bumi ini. Kawasan-kawasan semacam ini terdapat di wilayah-wilayah yang luas dan berfungsi sebagai penampung karbon dioksida (*carbon dioxide sink*), habitat hewan, hidrologi, serta perlindungan dan merupakan salah satu aspek biosfer yang paling penting. Menurut Undang-Undang Nomor 5 tahun 1967, hutan diartikan sebagai tempat tumbuh pohon-pohon secara menyeluruh dan merupakan perkumpulan hidup hayati beserta habitatnya. Sedangkan lahan gambut merupakan tumpukan bahan yang terbentuk dari seresah organik tanaman/ tumbuhan yang terurai pada kondisi jenuh air dengan laju penambahan material organik lebih cepat dibandingkan penguraiannya serta sebagai gudang penyimpan bahan organik.

Hutan dan lahan merupakan ekosistem yang tidak hanya menyimpan sumberdaya alam, seperti kayu, tetapi juga potensi non kayu. Potensi ini dapat diambil manfaatnya oleh masyarakat melalui budidaya tanaman pertanian. Fungsi ekosistem hutan dan lahan sangat berperan dalam penyedia sumber air, penghasil oksigen, habitat hidup flora dan fauna serta penyeimbang lingkungan, yaitu pencegah pemanasan global. Semuanya itu mempunyai keterkaitan dalam hubungan ketergantungan satu sama lainnya. Tipe hutan dan lahan di wilayah Provinsi Kalbar termasuk jenis hutan hujan (*tropical rain forest*) dan gambut seperti terlihat pada gambar 2.1. dan 2.2.



Gambar 2.1. Tipe Ekosistem Hutan Tropis

Gambar 2.2. Tipe Ekosistem Lahan Gambut

sumber : ilmu geografi.com

Karhutla didefinisikan faktor lingkungan api yang memberikan pengaruh terhadap hutan yang menimbulkan kerugian dan rusaknya ekosistem dan lingkungannya. Upaya pencegahan perlu dilakukan agar dampak negatif tidak meluas. Saat terjadi karhutla, kerugian perekonomian daerah dan nasional, kerusakan ekosistem, degradasi hutan dan lahan serta gangguan kesehatan masyarakat yang tidak bisa dihitung antara biaya nyata yang dapat diukur (*tangible*) dan tidak dapat diukur (*intangible*) dengan nilai mata uang. Pada kondisi rehabilitasi dan rekonstruksi kerusakan hutan dan lahan akibat kebakaran memerlukan waktu yang lama untuk mengembalikannya menjadi hutan kembali serta dibutuhkan biaya yang besar.

Berdasarkan tempat terjadinya, kebakaran yang terjadi di wilayah Provinsi Kalbar, sebagian besar merupakan lahan gambut yang terbagi atas 3 bentuk tipe;

- kebakaran bawah (*ground fire*); api membakar humus dan tanah gambut bagian dalam;
- kebakaran permukaan (*surface fire*); merambat pada dasar hutan seperti semak/belukar;
- kebakaran tajuk (*crown fire*) atau antar tajuk; merambat pada tumbuhan lebih tinggi.

Ketiga tipe kebakaran seperti terlihat pada gambar 2.3 di bawah ini.



Gambar. 2.3 (a). Ground Fire, (b). Surface Fire, dan (c). Kebakaran Tajuk
sumber: [http:// ninayusmianaa.blogspot.com](http://ninayusmianaa.blogspot.com)

Faktor utama terjadinya karhutla yaitu pemicu kebakaran dan kondisi pendukung. Pemicu kebakaran merupakan faktor yang secara langsung mempengaruhi terjadinya penyulutan api. Pemicu kebakaran terutama disebabkan oleh aktivitas manusia, baik disengaja maupun faktor kelalaian. Sedangkan pemicu kebakaran yang disebabkan oleh faktor alam seperti halilintar atau gesekan ranting kering dan ini sangat jarang terjadi. Menurut Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.12 tahun 2009 tentang Pengendalian Kebakaran Hutan, karhutla merupakan suatu keadaan hutan dilanda api sehingga mengakibatkan kerusakan hasil hutan yang menimbulkan kerugian ekonomis dan lingkungan.

Berkaitan dengan karhutla, SPBK memiliki peranan penting untuk mengendalikan secara dini kerusakan hutan dan lahan. SPBK merupakan serangkaian sistem yang berfungsi menyampaikan akan terjadinya suatu peristiwa kejadian kebakaran pada hutan dan lahan. Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi mudah terbakarnya hutan dan lahan, tingkat penyebaran, kesulitan pengendalian, dampak dan faktor cuaca, SPBK dapat dikembangkan sebagai sistem peringatan dini. Kode-kode SPBK memiliki parameter-parameter sebagai berikut :

- *Fine Fuel Moisture Code (FFMC)*; peringkat numerik kandungan kelembapan dari serasah dan bahan bakar halus lainnya dengan kemudahan relatif api terbakar dan berhubungan dengan kejadian kebakaran yang disebabkan manusia atau sebagai indikator potensi penyulutan api.
- *Duff Moisture Code (DMC)*; peringkat numerik kandungan kelembapan rata-rata lapisan tanah organik yang tidak padat dengan kedalaman sedang.
- *Drought Code (DC)*; peringkat numerik kandungan kelembapan lapisan tanah organik yang padat sebagai indikator penting dampak musim kemarau bahan bakaran dan banyaknya nyala bara api dalam lapisan organik yang dalam atau sebagai indikator potensi api dalam kebakaran dan terjadinya kabut asap.
- *Initial Spread Index (ISI)*; peringkat numerik dari tingkat penyebaran api yang menggabungkan faktor angin dan FFMC yang menjalar/ merambat setelah penyulutan api.
- *Build-Up Index (BUI)*; peringkat numerik tingkat bahan bakaran yang akan terbakar dan merupakan kombinasi dari parameter DMC dan DC.
- *Fire Weather Index (FWI)*; peringkat numerik intensitas kebakaran yang disebut sebagai indeks bahaya kebakaran dengan tinjauan dari cuaca yang meliputi faktor yang mempengaruhi kemudahan terbakar, penyebaran api, dampak fisik kebakaran dan tingkat kesulitan pengendalian kebakaran serta mengevaluasi bahaya kebakaran sebagai fungsi dari kondisi cuaca sekarang dan yang lalu.

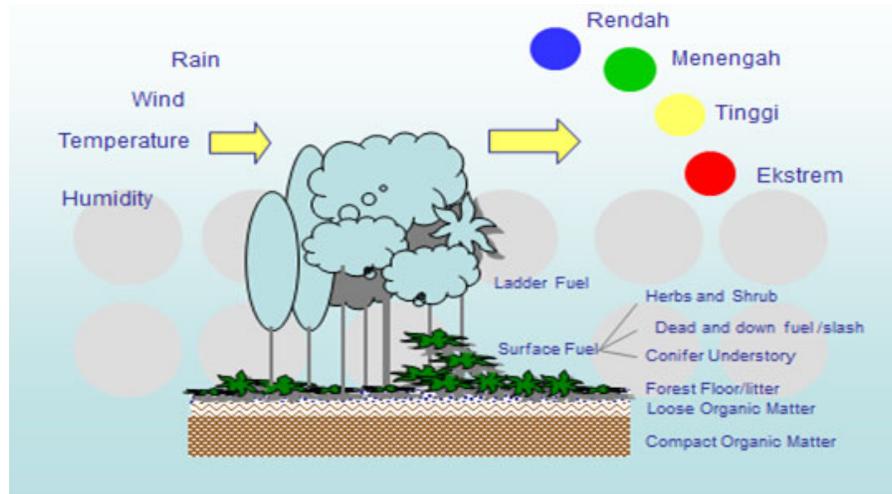
Data yang digunakan dan dihasilkan data secara spasial. Resolusi spasial data akhir yang diperoleh adalah 2.5 km x 2.5 km setelah sebelumnya diinterpolasi dalam bentuk grid. Kategori indeks bahaya kebakaran berdasarkan tabel di bawah ini. Indeks ini berdasarkan suatu ketetapan diberi warna sesuai dengan tingkat bahaya, yaitu; merah (ekstrem), kuning (tinggi), hijau (sedang), biru (rendah) dan digambarkan seperti terlihat pada tabel 2.1 dan gambar 2.4.

Tabel 2.1. Kategori Indeks SPBK

Kode Parameter FPMC		
Peringkat	Nilai	Interpretasi
Rendah	0-36	Pemicu api sangat rendah
Sedang	37-69	Api terjadi pada daerah terisolasi dan kering
Tinggi	70-83	Pemicu api sangat tinggi
Ekstrem	> 83	Pemicu api sangat tinggi, bahan bakaran halus dan sangat mudah terbakar
Kode Parameter ISI		
Rendah	0-1	Intensitas api rendah untuk bahan bakaran halus
Sedang	2-3	Intensitas api sedang untuk bahan bakaran halus
Tinggi	4-5	Intensitas api tinggi untuk bahan bakaran halus
Ekstrem	5+	Intensitas api sangat tinggi untuk bahan bakaran halus
Kode Parameter DC		
Rendah	< 140	Kondisi musim basah, kabut asap tidak akan terjadi
Sedang	140-260	Kondisi normal pertengahan musim kering. Pembakaran harus dipantau
Tinggi	260-350	Kondisi normal puncak musim kering seluruh pembakaran di atas lahan gambut harus dilarang
Ekstrem	> 350	Kondisi bahaya kekeringan. Pembakaran sepenuhnya harus dilarang
Kode Parameter FWI		
Rendah	0-1	Kebakaran akan padam dengan sendirinya
Sedang	2-6	Kebakaran dapat dipadamkan dengan peralatan sederhana
Tinggi	7-13	Kebakaran dapat dipadamkan dengan menggunakan pompa dan alat berat
Ekstrem	> 13	Kebakaran sukar dipadamkan

*Sumber : Field et al (2004)

Nilai parameter-parameter SPBK menggunakan data satelit penginderaan jauh satelit Himawari-8. Satelit ini merupakan satelit meteorologi generasi baru orbit geostasioner milik pemerintah Jepang yang memiliki sensor *Advanced Himawari Imager* (AHI) dengan resolusi temporal, spektral dan spasialnya lebih baik dibandingkan seri sebelumnya. Kanal yang dimiliki sebanyak 16 yang terdiri dari 3 kanal visibel, 3 kanal infra merah-dekat atau near infrared (NIR) dan 10 kanal Infrared (IR). Satelit ini memiliki resolusi spasial 0.5 km dan 1 km untuk kanal tampak (*visible*), 2 km untuk data kanal IR serta 1 km dan 2 km untuk kanal NIR. Untuk resolusi temporal, satelit ini memiliki resolusi 10 menitan untuk pengamatan global dan 2,5 menitan untuk pengamatan khusus. Data satelit Himawari diolah menggunakan piranti lunak *Satellite Animation and Interactive Diagnosis* (SATAID), yaitu teknik identifikasi objek dan pemanfaatan data dengan *Numerical Weather Prediction* (NWP).



Gambar 2.4 Kategori Indeks SPBK
sumber :puslitbang.bmkg.go.id

Berdasarkan tabel 2.1 dan gambar 2.4, parameter dan indeks tersebut menjadi rujukan untuk menganalisis data harian atau data rata-rata bulanan hingga menjadi data olahan dan digabungkan digabungkan dengan cuaca harian, yaitu suhu udara, kelembapan relatif, kecepatan angin dan curah hujan, sehingga terbentuk menjadi data dan informasi dalam bentuk spasial. Pemanfaatan penggunaan SIG digunakan untuk monitoring, analisa dan rencana antisipasi melalui pemodelan dan pemetaan. SIG menjadikan SPBK sangat handal sehingga menghasilkan *output* (keluaran) berupa peta kawasan yang rawan terbakar, strategi, adaptasi dan penanganannya. Aplikasi ini penting untuk memahami sifat dasar dan pemodelan data menjadi raster dan vector. Model data ini digunakan sebagai *input* (masukan).

Karhutla di Provinsi Kalbar banyak terjadi pada daerah-daerah hutan tropis dan lahan gambut. Kebakaran pada kedua lahan bisa tak terkendali dan mengakibatkan pencemaran udara yang menimbulkan peningkatan kadar kandungan PM10 di udara menyebabkan penurunan kualitas udara karena masuknya zat dan/atau komponen lain pada udara ambien. Akibatnya baku mutu udara ambien turun sehingga tidak dapat memenuhi fungsinya. Baku mutu ini merupakan ukuran batas atau kadar unsur pencemaran udara yang diklasifikasikan sebagai udara bebas di permukaan bumi pada lapisan troposfer dan mempengaruhi kesehatan manusia, makhluk hidup dan unsur lingkungan hidup lainnya.

Nilai perubahan konsentrasi parameter PM10 diukur (lebih tinggi atau rendah) dalam nilai baku mutu udara ambien berdasarkan baku mutu nasional dan standar *World Health Organization* (WHO) sebagai baku mutu batas maksimum. Indikator hasil pengukurannya menjadi indikator rujukan penetapan Indeks Standar Pencemar Udara (ISPU), yaitu angka yang tidak mempunyai satuan yang menggambarkan kondisi mutu udara ambien di wilayah tersebut dan sekitarnya. Polutan ini memiliki pengaruh langsung dan signifikan pada kesehatan masyarakat. Akuisisinya berdasarkan konsentrasi parameter pencemar yang terukur mengacu pada Peraturan KEP-107/KABAPEDAL/11/1997 maupun KEP-45/MENLH/10/1997 yang dirumuskan sebagai berikut :

$$I = \frac{I_A - I_B}{X_A - X_B} (X_x - X_B) + I_B \dots\dots\dots (2.1)$$

Keterangan :

- I = ISPU terhitung
- I_A = ISPU batas atas
- I_B = ISPU batas bawah
- X_A = Kadar ambien batas atas (µg/m³)
- X_B = Kadar ambien batas bawah (µg/m³)
- X_x = Kadar ambien nyata hasil pengukuran (µg/m³)

Nilai perhitungan kadar udara ambien parameter PM10 menggunakan persamaan 2.1 sesuai Peraturan Pemerintah (PP) Nomor 41 Tahun 2019 untuk baku mutu PM10 adalah 150 µg/Nm³ (24 jam). Nilai ini sangat

tepat digunakan untuk daerah urban dan diterapkan ke semua wilayah lainnya serta dapat menjadi rujukan seperti yang terlihat pada tabel 2.2.

Tabel 2.2 Baku Mutu Udara Ambien Nasional dan WHO

Baku Mutu Udara Ambien Nasional Menurut PP No 41 tahun 1999				
No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode
1.	PM10 Partikel < 10µm	24 jam	150 µg/Nm ³	Gravimetric
Baku Mutu Udara Ambien Menurut WHO				
No.	Parameter	Waktu Pengukuran	Baku Mutu	Metode
1.	PM10 Partikel < 10µm	24 jam	50 µg/m ³	Gravimetric
		1 tahun	20 µg/m ³	

sumber :PP No.41 tahun 1999.

Berdasarkan tabel 2.2. perhitungan PM10 untuk penentuan nilai ISPU dituangkan lebih detil dalam Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 107 tahun 1997 tentang Perhitungan dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemaran Udara seperti terlihat pada tabel 2.3.

Tabel 2.3. Parameter-parameter PM10 dalam ISPU dan Waktu Pengukuran

No.	Parameter	Waktu Pengukuran Rata-rata
1	Partikulat (PM ₁₀)	24 jam

Catatan

- Hasil pengukuran untuk kontinu diambil harga rata-rata tertinggi waktu pengukuran
- ISPU disampaikan kepada masyarakat setiap 24 jam dari data rata-rata sebelumnya
- Waktu terakhir pengambilan data dilakukan pada pukul 15.00 WIB
- ISPU yang dilaporkann kepada masyarakat berlaku 24 jam ke depan pukul 15.00 tgl (n) sampai pukul 15.00 tgl (n+1)

sumber : Kep.dal No.107 tahun 1997

Hasil perhitungan digunakan untuk mendapatkan kategorisasi kondisi kualitas udara seperti yang terangkum pada Tabel 2.4 berikut.

Tabel 2.4. Kategori Parameter PM10

No.	Nilai ISPU	Kategori
1	0-50	Baik
2	51-100	Sedang
3	101-199	Tidak Sehat
4	200-299	Sangat Tidak Sehat
5	>300	Berbahaya

sumber : PP.No.41 tahun 1999

Berdasarkan tabel 2.4. kategori ISPU pengaruh kandungan PM10 terhadap kesehatan manusia dan makhluk hidup pada angka indeks 0-50 (baik) tidak ada efek. Pada nilai indeks 51-100 berkategori sedang, berakibat mulai adanya penurunan pada jarak pandang. Untuk nilai indeks 101-199 berkategori tidak sehat, jarak pandang menurun secara signifikan, dan pengotoran debu semua wilayah. Sedangkan pada nilai indeks berkategori 200-299 (sangat tidak sehat), meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronkhitis. Dan pada nilai ISPU di atas 300 atau masuk kategori berbahaya bagi manusia dan semua makhluk hidup lainnya. Kategori ini juga menjadi dasar dampak keluhan yang terjadi, yaitu gangguan pernafasan (kesehatan), aktifitas masyarakat dan jarak pandang yang menyebabkan sistem transportasi darat, sungai dan udara dan pengangkutan kebutuhan barang menjadi terganggu.

3. FAKTA DAN DATA

Wilayah Kalbar terletak pada bagian barat pulau Kalimantan dengan garis 2°08 LU - 3°05 LS dan 108°0 BT - 114°10 BT yang dilalui oleh garis Khatulistiwa (garis lintang 0°) tepatnya di atas Kota Pontianak. Wilayah ini juga merupakan salah satu daerah tropik dengan suhu udara cukup tinggi serta diiringi kelembapan yang tinggi dan termasuk salah satu provinsi di Indonesia yang berbatasan dengan Negara Bagian Serawak, Malaysia Timur. Wilayah Kalbar merupakan daratan berdataran rendah dengan luas 146.807 km² (7,53 %) luas Indonesia atau 1,13 kali luas pulau Jawa. Wilayah ini membentang lurus dari utara ke selatan sepanjang lebih dari 600 km dan sekitar 850 km dari Barat ke Timur. Kalbar memiliki luas tanah yang terdiri dari hutan (42,32%) dan padang/semak belukar/alang-alang (34,11%) serta areal perkebunan mencapai 1.574.855,50 atau 10,73 %, sedangkan untuk sektor kehutanan data yang dimiliki seperti terlihat pada tabel 3.1.

Tabel 3.1. Kawasan Hutan Kalimantan Barat

Status Kawasan/ Region Status		2016	2017	2018	2019
I	Kawasan Lindung/Protected Forest	3 931 919	3 931 919	3 931 919	3 931 919
	1. Kawasan Suaka Alam dan Kawasan Pelestarian Alam/Natural Reserve and Conservation Areas	1 621 046	1 621 046	1 621 046	1 621 046
	– Daratan/ Land	1 430 101	1 430 101	1 430 101	1 430 101
	– Perairan/ Sea	190 945	190 945	190 945	190 945
	2. Hutan Lindung/ Protected Forest	2 310 873	2 310 873	2 310 873	2 310 873
II	Kawasan Budidaya/CULTIVATED Area	4 457 682	4 457 682	4 457 682	4 457 682
	1. Hutan Produksi Terbatas/ Rested Production Forest	2 132 398	2 132 398	2 132 398	2 132 398
	2. Hutan Produksi Biasa/ Common Production Forest	2 127 366	2 127 366	2 127 366	2 127 366
	3. Hutan Produksi Konvers/ Conversion Production Forest	197 918	197 918	197 918	197 918
	Jumlah / Total	8 389 601	8 389 601	8 389 601	8 389 601

sumber : Kalbar Dalam Angka 2020, BPS Provinsi Kalimantan Barat,2020

Sektor demografi, pendidikan dan ketersediaan fasilitas kesehatan menurut Kalbar Dalam Angka, 2020, yaitu jumlah penduduk berjumlah 5,07 juta jiwa yang terdiri dari 2,58 juta (laki-laki) dan 2,49 juta(perempuan). Sektor pendidikan jumlah murid SD sebesar 589.247 siswa, SMP sebesar 235.560 siswa, SMU sebesar 130.869 siswa, SMK sebesar 75.603 siswa. Ketersediaan fasilitas kesehatan, Provinsi ini hanya memiliki 39 rumah sakit, 264 puskesmas dan 836 puskesmas pembantu.

Penggunaan SPBK sebagai EWS digunakan pada daerah-daerah yang rawan terbakar. Data SPBK yang digunakan dapat menggunakan data sebelumnya sebagai bentuk peringatan hingga ditetapkan menjadi tanggap darurat saat karhutla. Data yang digunakan diperoleh dari data inderaja pengamatan LAPAN, seperti terlihat pada tabel 3.2, data ini tampil sebagai data harian dan dapat diolah menggunakan SIG. Hasil olahan diproses dengan tampilan dengan indikator warna untuk menunjukkan tingkat kerawanan.

Tabel 3.2. Parameter SPBK Wilayah Kalbar

	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P
1	KABUPATEN	PROVINSI	WD011212	SUHU011212	RH011212	CH011212	FFMC301112	DMC301112	DC301112	ISI301112	BUI301112	FWI301112
2	Ketapang	Kalimantan Barat	2.9	31.9	63.8	7.4	76.7	5.8	10.9	1.0	5.7	0.5
3	Ketapang	Kalimantan Barat	3.7	31.9	63.7	5.4	56.4	4.3	5.4	0.4	4.0	0.2
4	Ketapang	Kalimantan Barat	3.7	31.9	63.7	5.4	56.4	4.3	5.4	0.4	4.0	0.2
5	Sintang	Kalimantan Barat	1.2	29.9	71.6	0.0	76.6	6.5	20.4	0.9	7.3	0.5
6	Pontianak	Kalimantan Barat	0.5	31.8	63.8	0.6	63.1	4.3	11.5	0.5	4.5	0.2
7	Ketapang	Kalimantan Barat	0.8	31.7	64.4	1.4	60.9	3.8	11.1	0.5	4.1	0.2
8	Sanggau	Kalimantan Barat	0.2	37.9	39.1	1.0	70.8	6.5	6.5	0.7	6.1	0.3
9	Ketapang	Kalimantan Barat	0.3	29.5	73.3	1.0	44.2	3.5	5.0	0.1	3.2	0.0
10	Sanggau	Kalimantan Barat	0.6	31.6	64.9	1.6	73.8	6.4	10.8	0.8	6.3	0.4
11	Sanggau	Kalimantan Barat	0.7	31.5	65.1	0.0	85.1	9.1	21.5	2.3	9.0	1.9
12	Sanggau	Kalimantan Barat	0.9	31.7	64.6	0.0	57.4	4.0	8.4	0.4	3.9	0.1
13	Ketapang	Kalimantan Barat	3.1	31.9	63.6	2.0	76.5	5.9	10.9	1.0	5.8	0.5
14	Ketapang	Kalimantan Barat	0.8	32.0	63.2	2.8	67.2	5.2	10.9	0.6	5.2	0.3
15	Ketapang	Kalimantan Barat	2.5	31.6	64.8	3.2	83.9	7.8	16.2	2.1	7.7	1.4
16	Ketapang	Kalimantan Barat	2.8	31.7	64.5	4.6	76.7	5.6	10.8	1.0	5.5	0.4
17	Sanggau	Kalimantan Barat	0.5	31.3	65.9	0.0	71.4	8.5	36.6	0.7	10.7	0.4
18	Ketapang	Kalimantan Barat	2.3	31.7	64.5	3.6	82.9	7.5	16.2	1.8	7.4	0.9
19	Sintang	Kalimantan Barat	0.9	34.8	51.5	0.0	71.0	3.6	8.3	0.7	3.6	0.3
20	Sambas	Kalimantan Barat	0.7	24.3	94.9	3.6	8.0	0.6	4.1	0.0	0.9	0.0
21	Kapuas Hulu	Kalimantan Barat	1.5	30.4	69.6	10.0	61.5	3.1	10.4	0.5	3.6	0.2
22	Sambas	Kalimantan Barat	1.2	34.4	53.3	2.8	67.0	5.4	35.1	0.6	7.8	0.3
23	Kapuas Hulu	Kalimantan Barat	1.3	31.6	64.9	0.0	52.4	2.4	5.4	0.2	2.3	0.1
24	Sanggau	Kalimantan Barat	0.3	31.8	64.0	0.0	59.2	5.1	8.4	0.4	4.9	0.2
25	Sanggau	Kalimantan Barat	0.4	31.8	64.1	0.0	81.6	10.3	21.7	1.4	10.3	0.9
26	Kapuas Hulu	Kalimantan Barat	0.9	28.6	77.2	1.2	50.8	1.9	9.7	0.2	2.6	0.1
27	Kapuas Hulu	Kalimantan Barat	1.4	31.7	64.3	1.0	52.3	2.7	5.4	0.2	2.6	0.1

sumber : www.lapan.go.id

Penggunaan pengamatan atmosfer permukaan untuk mengukur indeks kualitas udara digunakan data pengamatan AQMS milik Dinas Lingkungan Hidup Kota Pontianak. Data yang digunakan tahun 2019 yang merupakan data dengan kejadian karhutla terbesar dan terlama. Data yang disampaikan dalam pengolahan penelitian ini data parameter PM10 sebagai data pencemaran udara yang dikelompokkan dalam rata-rata bulanan seperti terlihat pada tabel 3.3.

Tabel. 3.3. Hasil Data Pengolahan Udara Ambien PM10

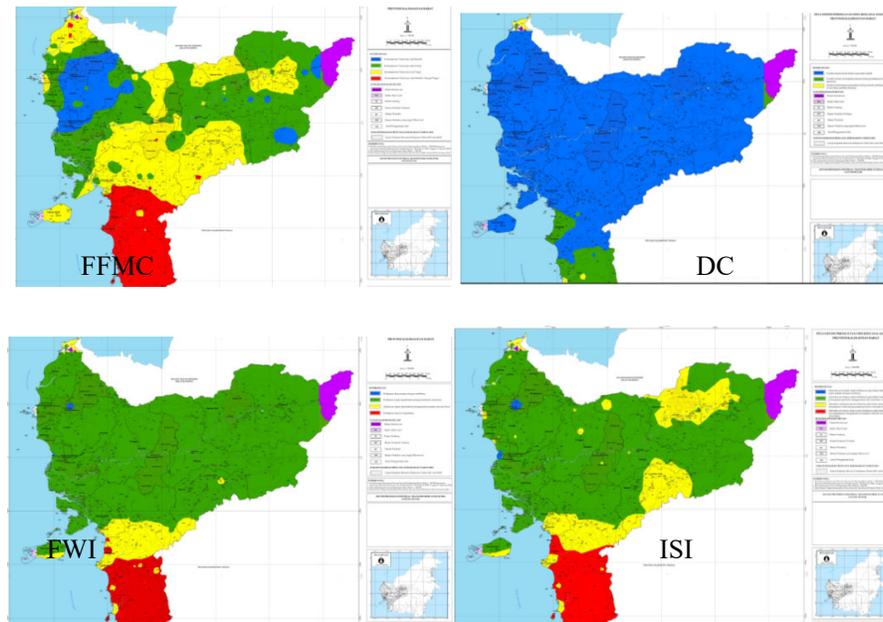
Data Parameter PM10 Tahun 2019 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)			
Bulan	Hasil		
	Min	Mean	Max
Januari	5,7	16,66	43,54
Februari	4,2	10,59	46,92
Maret	14,3	40,28	181,06
April	6,72	43,85	203,39
Mei	5,86	17,93	55,39
Juni	4,90	15,12	47,20
Juli	9,48	39,87	130,04
Agustus	29,39	113,00	374,93
September	39,28	140,85	460,03
Oktober	2,15	13,67	45,15
November	4,52	22,80	59,52
Desember	2,04	10,21	76,49

sumber : data olahan dari Dinas LH Kota Pontianak,2019

4. ANALISIS

Parameter data SPBK yang diperoleh dari data PJ ditumpangtindihkan (*overlay*) dan diekstrak sehingga diperoleh parameter FFMC, DC, ISI dan FWI wilayah Provinsi Kalbar. Data-data ini merupakan data sebaran berupa pengukuran dalam bentuk resolusi spasial wilayah Kalbar. Sebaran tersebut merupakan sebaran parameter

SPBK yang diolah hingga menjadi hasil data yang menunjukkan nilai dan peringkat parameter SPBK yang diberikan indicator pewarnaan (merah, kuning, hijau dan biru), seperti yang terlihat pada gambar 4.1.



Gambar 4.1. Hasil Pengolahan dan Analisis Parameter SPBK Wilayah Provinsi Kalbar
sumber : BPBD Provinsi Kalbar, 2012

Berdasarkan gambar 4.1 pola-pola hasil dan analisis data dapat dilakukan secara series baik dalam bentuk data harian maupun data rata-rata bulanan. Nilai-nilai kode parameter FFMC, DC, ISI dan FWI dengan pola distribusi yang cenderung meningkat menjelang puncak kejadian kebakaran dianggap sebagai nilai yang dapat mendeskripsikan kejadian kebakaran.

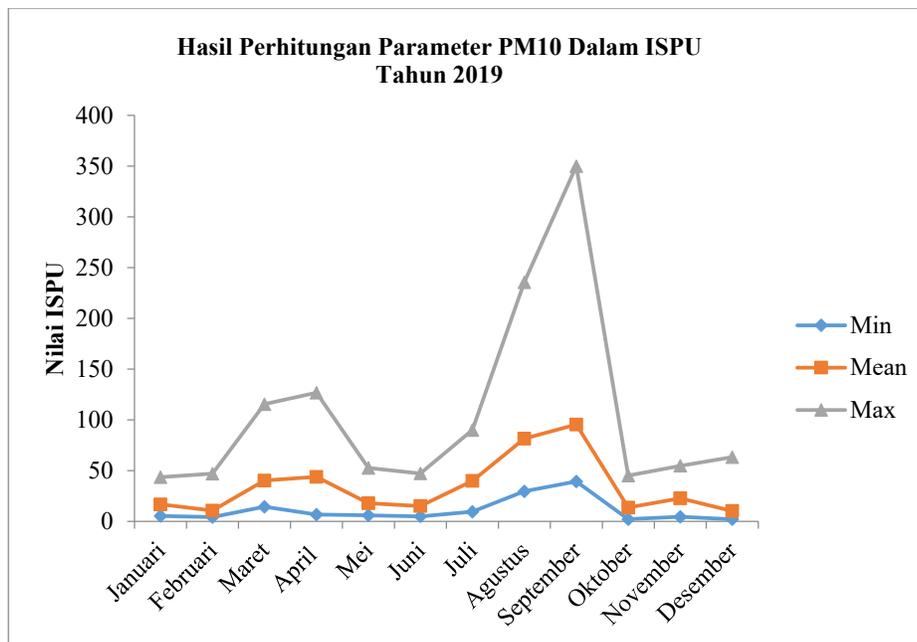
Dampak kebakaran pada beberapa wilayah dapat diukur parameter yang menyebabkan kualitas udara tercemar. Parameter tersebut, yaitu PM10 yang merupakan salahsatu parameter baku mutu udara ambien sebagai informasi indeks kualitas udara. Pengukuran dilakukan di wilayah Kota Pontianak. Kota ini merupakan wilayah yang diapit dengan 2 kabupaten, yaitu Kabupaten Kubu Raya dan Mempawah. Kedua kabupaten tersebut merupakan daerah yang rawan terbakar pada saat musim kemarau dan asap yang ditimbulkan masuk ke dalam wilayah Kota Pontianak. Hasil perhitungan periode tahunan indeks kualitas udara parameter PM10 tahun 2019 berdasarkan nilai rata-rata bulanan dalam bentuk 2 bagian, yaitu tabel 4.1. dan gambar 4.2. di bawah ini.

Tabel 4.1. Hasil Perhitungan ISPU Parameter PM10 Tahun 2019

Data Hasil Perhitungan Index Standar Pencemar Udara					
Parameter PM10 Tahun 2019					
Bulan	Indeks Standar Pencemar Udara	Batas Index $\mu\text{g}/\text{Nm}^3$ (24 jam)	Hasil Perhitungan		
			Min	Mean	Max
Januari			5,4	16,66	43,54
Februari			4,2	10,59	46,92
Maret			14,3	40,28	115,53
April	50	50	6,72	43,85	126,70
Mei	100	150	5,86	17,93	52,70
Juni	200	350	4,90	15,12	47,20
Juli	300	420	9,48	39,87	90,02
Agustus	400	500	29,48	81,50	235,61
September	500	600	39,28	95,43	350,04
Oktober			2,15	13,67	45,15
November			4,52	22,80	54,76
Desember			2,04	10,21	63,25

sumber : olahan data dari Dinas LH Kota Pontianak, 2019

Dalam bentuk gambar , seperti terlihat pada gambar 4.2



Gambar 4.2 Grafik Hasil Perhitungan ISPU Parameter PM10 Tahun 2019

Hasil perhitungan berdasarkan nilai rata-rata bulanan diperoleh kategori nilai parameter PM10 dalam ISPU Kota Pontianak dalam bentuk tabel seperti tabel 4.2.

Tabel 4.2 Penentuan Kategori ISPU Parameter PM10 Tahun 2019

No.	Bulan	Nilai ISPU (Perhitungan) $\mu\text{g}/\text{m}^3$.	Nilai ISPU (PP.41 Tahun 1999)	Kategori
1	Maret	115.53	0-50 (Baik)	Tidak Sehat
2	April	126.70	51-100 (Sedang)	Tidak Sehat
3	Juli	90.02	101-199 (Tidak Sehat)	Sedang
4	Agustus	235.61	200-299 (Sangat Tidak Sehat)	Sangat Tidak Sehat
5	September	350.04	>300 (Berbahaya)	Berbahaya

sumber: Olahan Data berdasarkan PP No.41 Tahun 1999

Berdasarkan PP Nomor 41 tahun 2009 tentang tentang pengendalian pencemaran udara pada tahun 2019 menunjukkan bulan Maret, April berada pada kategori tidak sehat, bulan Juli berada pada kategori sedang dan bulan Agustus serta September berada pada kategori sangat tidak sehat dan berbahaya.

5. PENUTUP

SPBK memiliki peranan penting untuk mengendalikan secara dini kerusakan akibat karhutla. Komponen parameter SPBK yang terdiri dari FFMC, DC, ISI dan FWI diperoleh dari data PJ dan merupakan data sebaran yang ditangkap oleh sensor-sensor satelit dengan resolusi spasial. Hasil ekstraknya dapat diolah menjadi data spasial wilayah cakupan, seperti wilayah Kalbar serta dapat dibuat menjadi informasi harian atau bulanan. Berdasarkan faktor-faktor yang mempengaruhi mudah terbakarnya hutan dan lahan, tingkat penyebaran, kesulitan pengendalian, dampak dan faktor cuaca sehingga dapat menyebabkan pencemaran udara yang menyebabkan kualitasnya menurun.

Indeks terjadinya pencemaran udara dinyatakan dalam ISPU dengan salahsatu parameternya, yaitu PM10. Kandungan PM10 pada angka indeks 0-50 (baik) tidak ada efek. Pada nilai indeks 51-100 berkategori sedang dan mulai adanya penurunan pada jarak pandang. Nilai indeks 101-199 berkategori tidak sehat, jarak pandang menurun secara signifikan, dan pengotoran debu semua wilayah. Nilai indeks berkategori 200-299 (sangat tidak sehat), meningkatnya sensitivitas pasien yang berpenyakit asma dan bronkhitis. Nilai ISPU di atas 300 atau masuk kategori berbahaya bagi manusia dan semua makhluk hidup lainnya.

Penggunaan SPBK dan indeks kualitas udara merupakan 2 sistem yang berbeda dan dapat dimanfaatkan pada daerah rawan terbakar di wilayah Kalbar secara bersama-sama pada kondisi pra dan saat karhutla. Hasil pemanfaatan kombinasi kedua sistem ini bisa dimanfaatkan sebagai informasi dan publikasi secara elektronik, cetak dan digital. Informasi dan publikasi tersebut sebagai langkah mitigasi bencana sehingga dapat digunakan untuk melakukan kebijakan penanganan karhutla.

6. UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Pengamatan Antariksa dan Atmosfer Pontianak LAPAN yang telah menyediakan sarana dan prasarana serta dukungan lainnya dalam kegiatan penelitian ini berlangsung. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada rekan-rekan kerja di lingkungan BPAA Pontianak dalam memberikan masukan, saran dan bantuan lainnya. Ucapan terimakasih juga disampaikan kepada Dinas Lingkungan Hidup Kota yang telah membantu terlaksananya kegiatan penelitian ini terlebih akses kemudahan dalam mengolah data.

7. DAFTAR ACUAN

- Aditama TY.1999, Dampak Asap Kebakaran Hutan Terhadap Kesehatan Paru. Jakarta YP IDI, Jakarta
- BNPB, 2019, Luas Lahan Terbakar Capai Sekitar 857.000 Hektar, nasional.kompas.com, 22 Oktober 2019, Jakarta
- BNPB, 2019, Biaya Penanganan Karhutla 2019 Jauh Lebih Besar Dibanding Sebelumnya, nasional.kompas.com, 11 Desember 2019, Jakarta.
- Bank Dunia, 2019, Kerugian Indonesia Dampak Karhutla 2019 Capai Rp72,95 Triliun, www.mongabay.co.id, 16 Desember 2019, Jakarta.
- Bank Indonesia, 2020, Laporan Perekonomian Provinsi Kalimantan Barat Triwulan 1, 27 Mei 2020, Pontianak.
- BPS Provinsi Kalimantan Barat, 2020, Kalbar Dalam Angka Tahun 2020, Pontianak.
- BPBD Provinsi Kalimantan Barat, 2012, Peta Sistem Peringatan Dini Bencana Asap, Pontianak.
- Dinas Lingkungan Hidup Pemkot Pontianak, 2019, Data ISPU Tahun 2019, Pontianak.
- Field, R.D., Yonghe Wang, Orbita Roswintiarti, Guswanto. 2004. A Drought-Based Predictor of Recent Haze Events in Western Indonesia. *Atmospheric Environment* 38,1869–1878.
- Guswanto dan Eko Heriyanto. 2009. Operational Weather Systems For National Fire Danger Rating. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, Volume 10 Nomor 2 November 2009.

- Lawson, B.D. and O.B. Armitage. 2008. Weather Guide for the Canadian Forest Fire Danger Rating System. Canadian Forest Service Northern Forestry Centre.
- Kementerian Lingkungan Hidup, 1997, *Keputusan Menteri Lingkungan Hidup Nomor 45 Tahun 1997 Tentang Indeks Standar Pencemar Udara, 13 Oktober 1997*, Jakarta.
- Kementerian Kehutanan, 2009, *Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.12 Tahun 2009 Tentang Pengendalian Kebakaran Hutan, 23 Februari 2009*, Jakarta.
- Kementerian Sekretariat Negara RI, 1999, *Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 41 Tahun 1999 Tentang Pengendalian Pencemaran Udara, 26 Mei 1999*, Lembaran Negara Republik Indonesia Tahun 1999 Nomor 86, Jakarta.
- Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan RI, 1997, *Keputusan Kepala Badan Pengendalian Dampak Lingkungan Nomor 107 Tahun 1997 Tentang Pedoman Teknis Perhitungan Dan Pelaporan Serta Informasi Indeks Standar Pencemar Udara, 21 November 1997*, Jakarta.
- Khomarudin, M.R., O. Roswintiarti, dan A. Tjahjaningsih. 2005. Estimasi Unsur-Unsur Cuaca untuk Mendukung Sistem Peringkat Bahaya Kebakaran Hutan/Lahan dengan Data MODIS. Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XIV "Pemanfaatan Efektif Penginderaan Jauh Untuk Peningkatan Kesejahteraan Bangsa", Surabaya, 14 – 15 September.
- Rainha, M., Fernandes P. M., 2002. Using the Canadian Fire Weather Index (FWI) in the Natural Park of Montensinho, N.E. Portugal: calibration and application to fire management. Forest Fire Research & Wildland Fire Safety, Viegas (ed.). Millpress, Rotterdam. ISBN 90-77017-72-0.
- Rita, Lestiani, D.D., Hamonangan, E., Santoso, M., dan Yulinawati, H. 2016. "Kualitas Udara (PM10 dan PM2,5) untuk Melengkapi Kajian Indeks Kualitas Lingkungan Hidup". Ecolab Vol. 10 No. 1
- Syaufina, L., 2008. Kebakaran Hutan dan Lahan di Indonesia. PT. Bayu Media Publishing, Malang.