

## Kerja Sama Internasional dalam Mengatasi Dampak Negatif Cuaca Antariksa

Antonia Rahayu Rosaria Wibowo<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Direktorat Perumusan Kebijakan Riset, Teknologi, dan Inovasi, Badan Riset dan Inovasi Nasional

### SUBMISSION TRACK

---

Received : 23 July 2022  
Final Revision : 09 September 2022  
Available Online : 01 November 2022

### KEYWORD

---

*International Cooperation, International Organization, Space Weather*

### KATA KUNCI

---

Kerja Sama Internasional, Organisasi Internasional, Cuaca Luar Angkasa

### CORRESPONDENCE

---

E-mail : arosariawibowo@gmail.com  
Phone : 0895423493675

### ABSTRACT

---

Space weather refers to the dynamic condition on the sun and space environment and also its impacts toward the technology system. Space weather influences human life because human depends on space asset like communication satellite and navigation. If there is a problem related with space weather, human on earth will feel it. This paper answers a question on how is the international cooperation to overcome the negative impacts of space weather? The aim of this paper is to elaborate and analyze the international cooperation to overcome the negative impacts of space weather by using international organization and cooperation theory. This paper used descriptive method by describing the negative impacts of space weather and the international cooperation has been conducted to overcome them. International Space Weather Initiative (ISWI), International Space Environment Service (ISES), and Pan-European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS) were discussed on this paper. The analysis shows they have different tasks in mitigating space weather's negative impacts. ISWI has to study and predict space weather and also develop Earth-Sun relation model. ISES has to monitor, predict, and communicate space weather condition internationally. PECASUS has to give early warning on extreme space weather condition for aviation sector.

### ABSTRAK

---

Cuaca antariksa merujuk pada kondisi dinamis di matahari dan lingkungan antariksa serta dampak-dampaknya terhadap sistem teknologi. Cuaca antariksa berpengaruh terhadap kehidupan manusia sebab saat ini kehidupan manusia sangat bergantung pada aset antariksa seperti satelit komunikasi dan navigasi. Oleh karenanya, jika terjadi masalah terkait cuaca antariksa, maka kehidupan manusia di Bumi merasakan dampaknya. Makalah ini hendak menjawab pertanyaan bagaimana upaya kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif cuaca antariksa? Tujuan penulisan makalah ini adalah menguraikan dan menganalisis upaya kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif cuaca antariksa dengan menggunakan teori organisasi dan kerja sama internasional. Makalah ini menggunakan metode deskriptif dengan mendeskripsikan dampak negatif cuaca antariksa dan upaya kerja sama yang dilakukan untuk mengatasinya. Bentuk kerja sama internasional di bidang cuaca antariksa yang dibahas dalam makalah ini yaitu International Space Weather Initiative (ISWI), International Space Environment Service (ISES), dan Pan-European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS). Analisis menunjukkan bahwa ISWI, ISES, dan PECASUS memiliki peran berbeda dalam mitigasi dampak negatif cuaca antariksa. ISWI berperan mempelajari cuaca antariksa, membuat model hubungan Bumi-Matahari, dan memprediksi cuaca antariksa. ISES berperan memonitor, memprediksi, dan mengkomunikasikan kondisi cuaca antariksa secara internasional. PECASUS berperan memberikan peringatan dini saat kondisi cuaca antariksa ekstrim untuk sektor penerbangan.

## Pendahuluan

Emma Kiele Fry dalam makalahnya yang berjudul *The Risks and Impacts of Space Weather: Policy Recommendations and Initiatives* tahun 2012 menyebutkan bahwa cuaca antariksa merujuk pada kondisi dinamis di Matahari dan lingkungan antariksa serta dampak-dampaknya terhadap sistem teknologi.<sup>1</sup> Berdasarkan definisi tersebut, dapat dilihat bahwa cuaca antariksa mempengaruhi kondisi di Bumi khususnya sistem teknologi. Beberapa sistem teknologi yang terdampak oleh kondisi cuaca antariksa yaitu sistem satelit, sistem tenaga listrik, sistem navigasi, sistem komunikasi, dan pesawat antariksa berawak.<sup>2</sup> Contoh konkret dampak negatif cuaca antariksa dialami oleh para astronot saat terpapar radiasi di antariksa. Dampak negatif dari paparan radiasi ini adalah kerusakan DNA yang dapat memicu kanker. Selain paparan radiasi yang dialami astronot, cuaca antariksa dapat memberikan efek negatif lain bagi kehidupan manusia di bumi. Salah satunya adalah badai antariksa yang dapat menyebabkan terputusnya jaringan listrik di sebuah negara. Putusnya aliran listrik ini tentu membawa efek domino berupa kerugian dalam sektor-sektor kehidupan lain seperti terputusnya komunikasi, terganggunya jaringan hiburan seperti televisi dan radio, serta kerusakan satelit yang digunakan untuk penentuan posisi global dan perkiraan cuaca.<sup>3</sup> Oleh karena itu, perlu diadakan upaya bersama untuk mengatasi dampak negatif cuaca antariksa oleh negara-negara pelaku kegiatan

antariksa.

Kerja sama keantariksaan negara-negara berada di bawah subsidiary bodies Majelis Umum Perserikatan Bangsa Bangsa yang disebut *main and other sessional committee* yaitu dalam *fourth committee (special political and decolonization)*. Komite yang menangani kegiatan antariksa di dalam fourth committee disebut *United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space (UNCOPUOS)*. Kegiatan UNCOPUOS dilayani oleh *United Nations Office for Outer Space Affairs (UNOOSA)* yang dipimpin oleh seorang direktur. Direktur UNOOSA memiliki tugas mempersiapkan bahan untuk sidang-sidang tahunan UNCOPUOS dan dua subkomite di bawahnya. UNCOPUOS membahas kegiatan-kegiatan internasional yang berfokus pada penggunaan antariksa secara damai, salah satunya mengenai isu cuaca antariksa. UNCOPUOS mengambil inisiatif untuk menaungi kegiatan terkait cuaca antariksa sebab dampak negatif yang cukup parah akibat cuaca antariksa telah banyak diteliti.

Penelitian pertama dilakukan oleh United States National Academics pada tahun 2008 menyimpulkan bahwa badai antariksa parah dapat menimbulkan dampak sosial ekonomi yang besar yang memerlukan pemulihan selama 4-10 tahun. Penelitian lain dilakukan Lloyds of London tahun 2013, Royal Academy of Engineering tahun 2013, dan Oughton dkk tahun 2017 juga menyimpulkan bahwa badai antariksa adalah ancaman yang berdampak besar. Secara khusus Oughton dkk menambahkan adanya penurunan ekonomi yang dialami oleh daerah yang kehilangan sumber tenaga listrik akibat badai antariksa sebab infrastruktur modern berhubungan dengan kondisi ekonomi. Penelitian Cliver dan Svalgaard tahun 2004 menyebutkan mengenai dampak negatif badai antariksa yang terjadi di Carrington tahun 1859. Penelitian Riley tahun 2012 menyebutkan bahwa ada kemungkinan sebesar 12% bahwa badai antariksa dengan tingkat keparahan yang sama dengan yang

<sup>1</sup> Emma Kiele Fry, "The Risks and Impacts of Space Weather: Policy Recommendations and Initiatives," *Space Policy* 28, (Juni 2012): 180-184, <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2012.06.005> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>2</sup> Clara Y. Yatini, "Cuaca Antariksa," *Berita Dirgantara* 9, no. 1 (2008): 20-24.

<sup>3</sup> United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, "Thematic Priority 4. International Framework for Space Weather Services," United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/V17/081/73/PDF/V1708173.pdf?OpenElement> (diakses 23 Juli 2022).

terjadi tahun 1859 akan terjadi lagi pada dekade berikutnya.<sup>4</sup> Kegiatan terkait cuaca antariksa dalam kerangka Perserikatan Bangsa Bangsa dimulai tahun 2009 ketika UNCOPUOS menyepakati bahwa *Scientific and Technical Subcommittee (STSC)* akan menambah item baru pada agenda Long-term sustainability of outer space activities yang dimulai pada tahun 2010. Sebagai tanggapan atas kesepakatan tersebut, STSC membentuk kelompok kerja terkait *long-term sustainability of outer space activities (LTS)* dengan *Expert Group C* yang secara khusus menangani isu cuaca antariksa. *Expert Group C* mengajukan proposal berkaitan dengan cuaca antariksa untuk kelompok kerja LTS. Proposal tersebut disepakati pada sidang COPUOS tahun 2016 yang mengatur (a) pembagian data operasional dan prediksi cuaca antariksa dan (b) mengembangkan model dan alat cuaca antariksa dan mengumpulkan praktik-praktik yang telah dilakukan dalam upaya mitigasi dampak cuaca antariksa. Proposal ini bertujuan untuk mensosialisasikan pengumpulan, pengarsipan, pembagian, interkalibrasi, keberlanjutan jangka panjang dan diseminasi data-data penting, model, dan prediksi cuaca antariksa. Pada tahun 2013 cuaca antariksa menjadi mata agenda tetap dalam STSC dan expert group dibentuk dengan kewajiban melapor pada subkomite. Pada tahun 2015 COPUOS menginisiasi UNISPACE+50 yang diselenggarakan pada bulan Juni 2018 sebagai peringatan 50 tahun Konferensi PBB mengenai *Exploration and Peaceful Uses of Outer Space (UNISPACE I)* yang diadakan di Vienna tahun 1968. UNISPACE+50 Thematic Priority 4 (TP-4) — “Development of an International framework for Space Weather Services” merupakan peluang untuk berkoordinasi secara internasional dan

---

<sup>4</sup> Ian R. Mann et al., “International Collaboration Within the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Framework for International Space Weather Services (2018–2030),” *Space Weather* 16, (Mei 2018): 428-433, <https://doi.org/10.1029/2018SW001815> (diakses 23 Juli 2022).

membangun infrastruktur yang tepat terkait cuaca antariksa dalam periode 2018-2030.<sup>5</sup>

Makalah ini hendak membahas mengenai kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif cuaca antariksa. Kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif cuaca antariksa merupakan isu yang penting sebab cuaca antariksa dan dampak negatifnya tidak bisa diabaikan dari kehidupan sehari-hari. Negara, sebagai sebuah institusi yang bertanggungjawab untuk melindungi kehidupan rakyatnya, tentu bertanggungjawab untuk berupaya mengatasi dampak negatif cuaca antariksa bagi kehidupan manusia. Untuk memenuhi tanggung jawab tersebut, negara tidak dapat bekerja sendiri-sendiri tetapi perlu saling bekerja sama.

Emma Kiele Fry dalam penelitiannya yang berjudul *The Risks and Impacts of Space Weather: Policy Recommendations and Initiatives* tahun 2012 menyebutkan lima tujuan kerja sama di bidang cuaca antariksa. Kelima tujuan tersebut yaitu memberikan prediksi cuaca antariksa yang lebih akurat, mengembangkan teknologi yang lebih mampu menangkal dampak negatif cuaca antariksa, memberikan inisiatif kebijakan untuk memitigasi dampak cuaca antariksa terhadap komunikasi, sumber tenaga listrik, dan kehidupan manusia, memperbesar kerja sama internasional di bidang penelitian, serta mempromosikan pendidikan dan penjangkauan masyarakat luas yang lebih baik.<sup>6</sup>

Untuk bisa melakukan prediksi cuaca antariksa secara akurat serta menentukan upaya mitigasi untuk menangkal dampak

---

<sup>5</sup> Ian R. Mann et al., “International Collaboration Within the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Framework for International Space Weather Services (2018–2030),” *Space Weather* 16, (Mei 2018): 428-433, <https://doi.org/10.1029/2018SW001815> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>6</sup> Emma Kiele Fry, “The Risks and Impacts of Space Weather: Policy Recommendations and Initiatives,” *Space Policy* 28, (Juni 2012): 180-184, <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2012.06.005> (diakses 23 Juli 2022).

negatif cuaca antariksa, diperlukan studi yang komprehensif. Kerja sama internasional juga diperlukan dalam mempelajari cuaca antariksa sebab studi terkait cuaca antariksa memerlukan informasi dari lokasi berbeda dan pada waktu yang berbeda yang tidak mungkin disediakan oleh satu lembaga antariksa saja.<sup>7</sup> Salah satu aspek dalam studi terkait cuaca antariksa adalah observasi cuaca antariksa. Observasi cuaca antariksa dari Matahari sampai lapisan magnetik bumi memerlukan kerja sama internasional untuk akuisisi data dari lokasi berbeda pada waktu dan wilayah yang berbeda.<sup>8</sup> Tujuan-tujuan tersebut menjadi dasar untuk melakukan berbagai upaya kerja sama dalam rangka mengatasi dampak negatif cuaca antariksa.

Setelah memahami latar belakang tersebut, makalah ini hendak menguraikan dan menganalisis upaya kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif cuaca antariksa dengan menggunakan teori organisasi dan kerja sama internasional. Agar tujuan tersebut dapat tercapai, makalah ini mengajukan pertanyaan bagaimana upaya kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif cuaca antariksa?

## Metode Penelitian

Makalah ini menggunakan metode deskriptif dengan menggali data dan informasi yang berkaitan dengan dampak negatif cuaca antariksa terhadap kehidupan manusia di Bumi serta upaya kerja sama internasional dalam mengatasi dampak negatif tersebut. Tiga inisiatif kerja sama internasional untuk mengatasi dampak negatif cuaca antariksa akan diuraikan dalam makalah ini. Teknik pengumpulan data

menggunakan metode kajian pustaka melalui berbagai referensi baik buku, jurnal ilmiah, maupun sumber-sumber lain yang relevan. Referensi tersebut diperoleh dari perpustakaan dan situs organisasi internasional seperti UNCOPUOS. Selanjutnya, untuk menjawab permasalahan yang telah dirumuskan, data dan informasi yang telah dikumpulkan dianalisis menggunakan teori organisasi dan kerja sama internasional.

## Literatur Review

### *Teori Organisasi Internasional*

Semenjak usainya Perang Dunia II, negara-negara mulai menyadari pentingnya kerja sama internasional untuk mencapai tujuan bersama sehingga negara-negara menjadi anggota dalam suatu organisasi internasional. John T. Rourke dalam bukunya yang berjudul *International Politics on the World Stage* menyatakan bahwa semua organisasi internasional beranggotakan pemerintah nasional sehingga disebut *international governmental organizations (IGOs)*.<sup>9</sup> Organisasi internasional mengacu pada proses politik ketika negara-negara anggota berusaha melalui tindakan kolektif dan percobaan diplomatik mempermudah transaksi di antara mereka.<sup>10</sup>

Menurut John T. Rourke, tujuh faktor yang menyebabkan muncul dan bertumbuhnya organisasi internasional yaitu pertama, meningkatnya kontak internasional lewat perkembangan teknologi komunikasi dan transportasi; kedua, meningkatnya ketergantungan antarnegara; ketiga, munculnya isu transnasional; keempat, sistem negara bangsa dianggap tidak cukup lagi; kelima, pergerakan politis transnasional;

<sup>7</sup> Ji Wu, Qingjiang Bai, dan Yongjian Xu, "International Cooperation: A Brief History We've Experienced," *Space Weather Space Climate* 11, no. 27 (2021): 1-5, <https://doi.org/10.1051/swsc/2021008> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>8</sup> Ji Wu, Qingjiang Bai, dan Yongjian Xu, "International Cooperation: A Brief History We've Experienced," *Space Weather Space Climate* 11, no. 27 (2021): 1-5, <https://doi.org/10.1051/swsc/2021008> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>9</sup> John T. Rourke, *International Politics on the World Stage* (California: Brooks/Cole Publishing Company, 1986).

<sup>10</sup> Walter S. Jones, *Logika Hubungan Internasional: Kekuasaan, Ekonomi-Politik Internasional, dan Tatanan Dunia 2* (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1993).

keenam, konsentrasi kekuasaan; terakhir adalah faktor model. Beberapa fungsi organisasi internasional yaitu menjaga perdamaian dunia, mempromosikan hukum internasional, mempromosikan kontrol senjata dan perlucutan senjata, mempromosikan kehidupan yang lebih baik bagi umat manusia, mempromosikan pemerintahan berdaulat untuk semua negara, dan mempromosikan integrasi dan kerja sama antarorganisasi internasional.<sup>11</sup>

Walter S. Jones menjelaskan bahwa ada tiga unsur yang menentukan kemampuan sebuah organisasi internasional untuk menyatukan anggota-anggotanya dalam melaksanakan keputusan kolektif. Ketiga unsur tersebut yaitu sifat organisasi tersebut asosiatif atau disosiatif, sumbangan organisasi tersebut bagi kebaikan di masa depan, dan kemampuan organisasi dalam membatasi perilaku anggota.<sup>12</sup>

### *Teori Kerja Sama Internasional*

Tujuan negara-negara menggabungkan diri dalam organisasi internasional adalah untuk mencapai kepentingan atau tujuan bersama. Oleh karena itu, sebagian besar interaksi negara-negara dalam sebuah organisasi internasional adalah kerja sama. K.J. Holsti dalam bukunya yang berjudul *International Politics, A Framework for Analysis, Fourth Edition* menjelaskan bahwa collaboration atau kerja sama adalah sebuah proses saat negara-negara memiliki suatu masalah yang memerlukan penyelesaian bersama saling mendekati untuk mengusulkan suatu cara penyelesaian masalah yang sedang dihadapi, merundingkan atau membahas masalah tersebut, memaparkan bukti teknis untuk menyetujui salah satu opsi penyelesaian, dan

mengakhiri perundingan dengan perjanjian atau pengertian tertentu yang memuaskan pihak-pihak yang berunding.<sup>13</sup>

### **Fakta dan Data**

#### *Dampak Negatif Cuaca Antariksa*

Clara Y. Yatini dalam penelitiannya yang berjudul *Cuaca Antariksa tahun 2008* menuliskan bahwa ada lima sistem teknologi yang dapat dipengaruhi oleh kondisi cuaca antariksa. Kelima sistem teknologi tersebut yaitu sistem satelit, sistem tenaga listrik, sistem navigasi, komunikasi, dan pesawat antariksa berawak.<sup>14</sup> Kelima sistem teknologi tersebut sangat penting bagi kehidupan manusia pada masa modern, yang meliputi:

a. Teknologi satelit dipengaruhi oleh partikel energetik dari matahari. Partikel dengan energi tinggi dapat merubah sinyal elektronik dan menyebabkan satelit memberikan informasi yang salah. Sementara itu, partikel dengan energi rendah akan menyebabkan pemuatan pada permukaan satelit. Elektron energetik juga berpengaruh pada menurunnya fungsi komponen satelit. Radiasi ultra violet dari matahari secara terus menerus akan mempengaruhi kala hidup satelit, khususnya satelit-satelit orbit rendah.

b. Sistem tenaga listrik khususnya distribusi tenaga listrik sangat dipengaruhi oleh perubahan yang diakibatkan aliran ionosfer di lintang tinggi. Perubahan aliran ionosfer ini biasanya terjadi pada saat badai geomagnet. Gangguan ini berakibat fatal sebab dapat merusak pembangkit listrik secara permanen dan mengakibatkan kegagalan jaringan listrik.

c. Sistem navigasi yang menggunakan sinyal frekuensi rendah bergantung pada keakuratan menentukan ketinggian ionosfer. Perubahan ketinggian secara cepat yang biasa terjadi saat flare dan

<sup>11</sup> John T. Rourke, *International Politics on the World Stage* (California: Brooks/Cole Publishing Company, 1986).

<sup>12</sup> Walter S. Jones, *Logika Hubungan Internasional: Kekuasaan, Ekonomi-Politik Internasional, dan Tatanan Dunia 2* (Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1993).

<sup>13</sup> K. J. Holsti, *International Politics, A Framework for Analysis, Fourth Edition* (Jakarta: Erlangga, 1983).

<sup>14</sup> Clara Y. Yatini, "Cuaca Antariksa," *Berita Dirgantara* 9, no. 1 (2008): 20-24.

badai geomagnet berakibat pada kesalahan beberapa kilometer dalam menentukan posisi. Sistem navigasi yang sering digunakan ialah *Global Positioning System (GPS)*. GPS bekerja dengan mengirimkan gelombang radio dari satelit ke penerima di bumi, pesawat udara, atau satelit lain. Sinyal radio berfungsi sebagai penghitung posisi secara akurat. Kesalahan dalam menghitung posisi dapat terjadi ketika sinyal yang dikirimkan terhambat oleh gangguan di ionosfer.

d. Sistem komunikasi radio frekuensi tinggi (*High Frequency/HF*) sangat terpengaruh dengan kondisi cuaca antariksa sebab frekuensi tinggi bergantung pada pemantulan dari ionosfer untuk membawa sinyal ke jarak yang jauh. Gangguan di ionosfer akibat kondisi cuaca antariksa dapat menyebabkan hilangnya sinyal dan gangguan gelombang HF. Gangguan pada ionosfer dapat mengakibatkan perubahan sifat sinyal sehingga sinyal tersebut tidak dapat diterima secara tepat di bumi.

e. Sistem pesawat antariksa berawak dipengaruhi oleh partikel energetik. Ketika manusia berada di bumi, manusia terlindungi dari partikel ini karena bumi memiliki atmosfer. Medan magnet bumi melindungi atmosfer dari partikel energi tinggi. Atmosfer juga memiliki kemampuan menyerap partikel sinar kosmik. Namun, saat manusia (astronot) sedang dalam misi antariksa, astronot berada pada lintang tinggi dan tidak ada atmosfer yang melindunginya. Kondisi ini menyebabkan astronot rentan terhadap paparan fluks partikel energetik yang meningkat beberapa ratus kali saat flare dan badai geomagnet.<sup>15</sup>

Selain kelima sistem teknologi tersebut, Anwar Santoso dalam penelitiannya yang berjudul *Cuaca Antariksa dan Dampaknya terhadap Jasa Keuangan atau Layanan Perbankan tahun 2015* menyebutkan bahwa kondisi ekstrim cuaca antariksa dapat berakibat fatal pada sektor-sektor lain. Ada setidaknya dua sektor yang

dipaparkan dalam penelitian tersebut yaitu sektor keuangan dan sektor perdagangan berkecepatan tinggi. Sektor keuangan dan sektor perdagangan berkecepatan tinggi sangat bergantung pada akurasi waktu. Akurasi waktu sangat penting dalam kedua sektor tersebut sebab satu mesin perdagangan dapat menangani jutaan transaksi setiap detik dan dalam beberapa bursa. Bila terjadi ketidakakuratan penanda waktu, akan menimbulkan kekacauan urutan transaksi sehingga menimbulkan gambaran nilai aset yang tidak tepat. Kondisi ini akan mengakibatkan kekacauan transaksi perdagangan.<sup>16</sup>

Selain sektor keuangan dan sektor perdagangan berkecepatan tinggi, sektor penerbangan juga bergantung pada keakuratan waktu. Oleh karena itu, sektor penerbangan juga sangat dipengaruhi oleh kondisi cuaca antariksa. Dokumen UNCOPUOS nomor A/AC.105/1117 berjudul *Thematic Priority 4. International framework for space weather services* poin 9 menyebutkan bahwa badai ionosfer dapat mengganggu satelit navigasi dan sinyal komunikasi frekuensi tinggi. Gangguan ini dapat berdampak pada setiap layanan yang mengandalkan informasi posisi yang akurat seperti layanan maskapai penerbangan, khususnya untuk penerbangan jarak jauh yang melewati kutub.<sup>17</sup>

Pemaparan di atas menunjukkan luasnya dampak negatif cuaca antariksa. Dampak negatif tersebut dapat mempengaruhi manusia di semua negara sehingga upaya kerja sama untuk mitigasi dampak negatif cuaca antariksa perlu dilakukan.

<sup>16</sup> Anwar Santoso, "Cuaca Antariksa dan Dampaknya terhadap Jasa Keuangan atau Layanan Perbankan," *Media Dirgantara* 10, no. 1 (2015): 6-8.

<sup>17</sup> United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, "Thematic Priority 4. International Framework for Space Weather Services," United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/V17/081/73/PDF/V1708173.pdf?OpenElement> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>15</sup> Clara Y. Yatini, "Cuaca Antariksa," *Berita Dirgantara* 9, no. 1 (2008): 20-24.

## Kerja Sama Internasional di Bidang Cuaca Antariksa

Terdapat tiga bentuk kerja sama internasional di bidang cuaca antariksa yang akan dipaparkan dalam makalah ini. Ketiga bentuk kerja sama internasional tersebut yaitu *International Space Weather Initiative (ISWI)*, *The International Space Environment Service (ISES)*, dan *Pan-European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS)*.

### *International Space Weather Initiative (ISWI)*

*International Space Weather Initiative (ISWI)* merupakan sebuah inisiatif dari UNCOPUOS yang diluncurkan pada tahun 2009. ISWI bertujuan untuk mengembangkan wawasan ilmiah yang diperlukan untuk memahami sains dan memprediksi cuaca antariksa. Kegiatan ISWI meliputi instrumentasi, analisis data, pemodelan, pendidikan, pelatihan, dan penjangkauan publik.<sup>18</sup> Pembahasan kegiatan ISWI dimulai tahun 2010 dan berlangsung sampai tahun 2012. Pada sidang subkomite ilmiah dan teknis (STSC) tahun 2012, subkomite menyepakati bahwa cuaca antariksa atau space weather akan menjadi mata agenda baru pada sidang STSC tahun 2013 dan tahun-tahun berikutnya. Dokumen UNCOPUOS nomor A/AC.105/1001 berjudul *Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its forty-ninth session, held in Vienna from 6 to 17 February 2012* menyebutkan bahwa penetapan space weather sebagai salah satu mata agenda sidang STSC adalah agar negara-negara anggota dan organisasi internasional yang berstatus sebagai pengamat tetap UNCOPUOS dapat bertukar pandangan mengenai kegiatan terkait

<sup>18</sup> United Nations Office for Outer Space Affairs, "International Space Weather Initiative (ISWI)," United Nations Office for Outer Space Affairs, <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/bssi/iswi.html> (diakses 23 Juli 2022).

penelitian cuaca antariksa pada level nasional, regional, dan internasional. Kegiatan pertukaran pandangan ini diharapkan dapat mempromosikan kerja sama internasional yang lebih besar di bidang cuaca antariksa serta memperkecil kesenjangan yang ada pada penelitian cuaca antariksa.<sup>19</sup>

Situs resmi sekretariat ISWI menyebutkan tujuan ISWI dibagi dalam tiga kategori yaitu instrumentasi dan analisis data, koordinasi produk data untuk memberikan input terkait pemodelan sistem bumi-matahari, serta pendidikan, pelatihan, dan penjangkauan. Terkait instrumentasi dan analisis data, ISWI mempunyai tujuan memperluas instrumen yang sudah ada, menambah instrumen baru, dan memperluas upaya analisis data untuk keperluan ISWI serta data-data terkait lainnya. Terkait koordinasi produk data, ISWI mempunyai tujuan memasukkan data instrumen ke dalam model proses heliosfer, memberikan data yang berguna untuk pemodelan, dan memprediksi cuaca antariksa. Terkait pendidikan, pelatihan, dan penjangkauan, ISWI mempunyai tujuan mendukung bahan ajar dan kurikulum terkait ilmu pengetahuan antariksa di universitas dan mengembangkan penjangkauan publik terkait kegiatan ISWI.<sup>20</sup>

Tujuan-tujuan tersebut merupakan upaya untuk mengatasi dampak negatif cuaca antariksa. Kegiatan penambahan jumlah instrumen dan aktivitas analisis data selanjutnya akan dimasukkan dalam sistem pemodelan sistem Bumi-Matahari. Sistem pemodelan ini berguna untuk mempelajari hubungan antara kondisi Bumi dengan

<sup>19</sup> United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, "Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its forty-ninth session, held in Vienna from 6 to 17 February 2012," United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, [https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105\\_1001E.pdf](https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_1001E.pdf) (diakses 23 Juli 2022).

<sup>20</sup> International Space Weather Initiative, "International Space Weather Initiative: ISWI," International Space Weather Initiative, <http://iswi-secretariat.org/> (diakses 23 Juli 2022).

kondisi Matahari yang selanjutnya berguna untuk memprediksi cuaca antariksa. Adanya prediksi terkait kondisi cuaca antariksa dapat memberikan wawasan untuk mitigasi dampak negatifnya. Kegiatan pendidikan, pelatihan, dan penjangkauan publik berguna untuk mengembangkan ilmu pengetahuan di bidang cuaca antariksa yang memungkinkan penemuan teknologi baru di masa depan. Teknologi baru ini akan berguna untuk mitigasi dampak negatif cuaca antariksa di masa mendatang.

#### *The International Space Environment Service (ISES)*

Situs [spaceweather.org](http://spaceweather.org) menyebutkan *the International Space Environment Service (ISES)* adalah sebuah kolaborasi internasional yang menaungi organisasi-organisasi penyedia layanan cuaca antariksa di seluruh dunia. ISES merupakan organisasi yang mengkoordinir layanan cuaca antariksa secara internasional sejak tahun 1962. Saat ini anggota ISES terdiri dari 20 regional warning centers yang dikelola oleh negara-negara di dunia, empat pusat peringatan associate, dan satu collaborative expert center. Negara-negara anggota ISES berbagi data dan prediksi terkait cuaca antariksa dan menyediakan layanan cuaca antariksa di wilayahnya masing-masing. Beberapa layanan yang disediakan oleh ISES meliputi prediksi dan peringatan terkait kondisi matahari, magnetosfer, dan ionosfer, data lingkungan antariksa, analisis atas kejadian tertentu sesuai kebutuhan pelanggan, dan prediksi jangka panjang siklus matahari.<sup>21</sup>

Situs [spaceweather.org](http://spaceweather.org) juga menyebutkan bahwa ISES memiliki tiga tujuan. Pertama, ISES bertujuan untuk memberikan prediksi real-time dan memonitor kondisi cuaca antariksa untuk mengurangi dan mencegah resiko dampak

cucu antariksa terhadap infrastruktur, teknologi, dan aktivitas manusia. Kedua, ISES bertujuan memfasilitasi komunikasi internasional dan mengkoordinasikan layanan cuaca antariksa khususnya dalam kondisi cuaca antariksa ekstrim. Ketiga, ISES bertujuan untuk meningkatkan layanan cuaca antariksa dan mempromosikan pemahaman terkait cuaca antariksa dan dampaknya kepada pengguna, peneliti, media, dan masyarakat umum.<sup>22</sup>

Ketiga tujuan tersebut merupakan upaya kerja sama internasional yang dilakukan negara-negara melalui ISES untuk mitigasi dampak negatif cuaca antariksa. Kegiatan mitigasi diawali dengan memonitor dan memprediksi kondisi cuaca antariksa. Selanjutnya kondisi cuaca antariksa dikomunikasikan secara internasional untuk dilakukan upaya pencegahan dampak negatif yang parah khususnya dalam kondisi cuaca antariksa ekstrim. Upaya mitigasi tersebut juga disertai dengan upaya untuk memberikan pemahaman kepada masyarakat luas mengenai cuaca antariksa.

#### *Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS)*

Situs resmi PECASUS menyebutkan bahwa *Pan-European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS)* adalah konsorsium bagian dari *International Civil Aviation Organization (ICAO)*. PECASUS bertugas memberikan peringatan mengenai kondisi cuaca antariksa sesuai peraturan ICAO. Peringatan ini diberikan kepada maskapai penerbangan menggunakan jaringan yang tersedia untuk penerbangan internasional. Berdasarkan peraturan ICAO, peringatan mengenai kondisi cuaca antariksa hanya diberikan saat sedang terjadi badai antariksa dahsyat. Selain PECASUS, *Space Weather Prediction*

<sup>21</sup> International Space Environment Service, "ISES: Welcome to the International Space Environment Service," International Space Environment Service, <http://www.spaceweather.org/> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>22</sup> International Space Environment Service, "ISES: Welcome to the International Space Environment Service," International Space Environment Service, <http://www.spaceweather.org/> (diakses 23 Juli 2022).

*Center of National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA)* dan *the ACFJ*, sebuah konsorsium yang dimotori oleh Australia, Canada, Perancis, dan Jepang, juga berperan memberikan peringatan mengenai kondisi cuaca antariksa untuk keselamatan penerbangan. Ketiga konsorsium tersebut memberikan pantauan cuaca antariksa secara bergantian menggunakan sistem shift dengan satu shift berlangsung selama dua minggu. Ketiga konsorsium tersebut secara bergantian mengambil peran sebagai on duty center, pusat cadangan utama, dan pusat cadangan sekunder.<sup>23</sup>

Dalam melaksanakan tugasnya sebagai konsorsium di bawah ICAO, PECASUS memiliki lima komitmen. Pertama, PECASUS berkomitmen untuk memberikan pengamatan secara akurat terkait aktivitas matahari dan dampaknya bagi bumi. Kedua, PECASUS berkomitmen untuk memberikan saran terkait cuaca antariksa sesuai standar ICAO kepada sektor penerbangan. Ketiga, PECASUS berkomitmen untuk menyediakan data dan layanan operasional yang terjamin. Keempat, PECASUS berkomitmen untuk menjadi tuan rumah kegiatan pelatihan yang disetujui ICAO untuk operator cuaca antariksa dan pengguna penerbangan. Kelima, PECASUS berkomitmen untuk mengoperasikan infrastruktur teknologi informasi yang komprehensif.<sup>24</sup> Komitmen PECASUS tersebut menunjukkan upaya mencegah dampak negatif cuaca antariksa khususnya pada sektor penerbangan. PECASUS berkomitmen untuk melakukan pengamatan dan memberikan laporan aktivitas Matahari secara akurat. Laporan terkait aktivitas Matahari juga disertai dengan saran untuk

sektor penerbangan yang disesuaikan dengan standar ICAO.

### Analisis

Bagian ini akan menganalisis ketiga upaya kerja sama internasional di bidang cuaca antariksa yang telah dipaparkan pada bagian sebelumnya dengan menggunakan teori organisasi internasional dan teori kerja sama internasional.

#### *International Space Weather Initiative (ISWI)*

Teori organisasi internasional John T. Rourke pada tahun 1986 menyebutkan bahwa salah satu faktor penyebab munculnya organisasi internasional adalah munculnya isu transnasional. Isu terkait antariksa telah menjadi isu transnasional sejak peluncuran Sputnik I oleh Uni Soviet. UNCOPUOS merupakan organisasi internasional yang mengurus kegiatan antariksa yang telah menjadi isu transnasional. UNCOPUOS menyadari pentingnya isu cuaca antariksa yang telah menjadi isu transnasional dan menginisiasi ISWI pada tahun 2009. ISWI melakukan kegiatan dari tahun 2010 sampai 2012. STSC sepakat untuk menambahkan space weather sebagai mata agenda baru mulai tahun 2013.

Selanjutnya, Walter S. Jones pada tahun 1993 menyebutkan tiga unsur yang membuat anggota-anggota organisasi internasional dapat melaksanakan keputusan kolektif yaitu sifat organisasi, sumbangan organisasi bagi kebaikan di masa depan, dan kemampuan organisasi dalam mengontrol perilaku anggota-anggotanya. UNCOPUOS bersifat asosiatif atau menyatukan anggota-anggotanya sebab semua negara anggota menyadari bahwa antariksa tidak dapat diklaim sebagai wilayah suatu negara tertentu dan antariksa dapat diakses secara bebas oleh semua negara. Secara lebih khusus mengenai cuaca antariksa, dalam laporan sidang STSC tahun 2020 poin 155 menyatakan bahwa:

<sup>23</sup> Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services, "PECASUS for ICAO," Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services, <http://pecasus.eu/> (diakses 23 Juli 2022).

<sup>24</sup> Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services, "PECASUS for ICAO," Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services, <http://pecasus.eu/> (diakses 23 Juli 2022).

*space weather, caused by solar variability, was an international concern, owing to its potential threat to space systems, human space flight, the safety of civil aviation and the ground- and space-based infrastructure upon which society increasingly relied. As such, it needed to be addressed in a global manner, through international cooperation and coordination, so that potentially severe space weather events could be predicted and their impact mitigated to guarantee the long-term sustainability of outer space activities.*<sup>25</sup>

Artikel 155 tersebut menunjukkan bahwa kesadaran mengenai dampak negatif cuaca antariksa menyatukan negara-negara anggota UNCOPUOS. Terkait sumbangan organisasi bagi kebaikan di masa depan, UNCOPUOS dalam setiap agenda sidangnya dan sidang-sidang subkomite di bawahnya selalu membahas isu-isu antariksa yang bertujuan membawa kebaikan bagi banyak orang. Secara khusus terkait cuaca antariksa, ISWI adalah program yang diinisiasi oleh UNCOPUOS dan menjadi agenda tetap dalam sidang STSC sejak tahun 2013. UNCOPUOS sukses mengontrol perilaku negara-negara anggotanya. Negara-negara anggota UNCOPUOS mematuhi keputusan sidang tahunan lembaga ini dan selalu mengupayakan kerja sama dalam kegiatan antariksa. Laporan sidang STSC tahun 2020 poin 164 mencatat bahwa *the workshop on the International Space Weather Initiative, supported by the Office for Outer Space Affairs... which had helped to raise awareness among Member States about the*

*importance of the impact of space weather.*<sup>26</sup>

Kutipan tersebut menunjukkan kemampuan UNCOPUOS secara khusus melalui program ISWI dalam mengontrol perilaku anggota-anggotanya sehingga mau terlibat dalam upaya bersama mengatasi dampak negatif cuaca antariksa.

Fungsi ISWI sebagai sebuah inisiatif kerja sama internasional untuk mengatasi dampak negatif cuaca antariksa adalah mempromosikan kehidupan yang lebih baik bagi umat manusia. Kegiatan ISWI yang bertujuan untuk mengembangkan wawasan ilmiah yang diperlukan untuk memahami sains dan meramalkan cuaca antariksa merupakan bukti bahwa ISWI hendak mempromosikan kehidupan manusia yang lebih baik dengan menghindarkan manusia dari dampak negatif cuaca antariksa. ISWI merupakan inisiatif kegiatan untuk mitigasi dampak negatif cuaca antariksa yang disetujui oleh negara-negara anggota UNCOPUOS. Inisiasi ISWI sesuai dengan teori kerja sama internasional yang menyatakan bahwa perundingan masalah bersama yang dihadapi negara-negara diakhiri dengan adanya persetujuan yang memuaskan semua pihak.

#### *The International Space Environment Service (ISES)*

Dalam teorinya, John T. Rourke pada tahun 1986 menyebutkan bahwa salah satu faktor yang menyebabkan organisasi internasional muncul dan bertumbuh dengan pesat adalah ketergantungan antara negara-negara anggota. Ketergantungan ini muncul karena adanya interaksi antarnegara sebagai akibat perkembangan teknologi. Teknologi

<sup>25</sup> United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, "Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its fifty-seventh session, held in Vienna from 3 to 14 February 2020. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Sixty-third session," United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, [https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac\\_105/aac\\_1051224\\_0\\_html/V2001426.pdf](https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105/aac_1051224_0_html/V2001426.pdf) (diakses 23 Juli 2022).

<sup>26</sup> United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, "Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its fifty-seventh session, held in Vienna from 3 to 14 February 2020. Committee on the Peaceful Uses of Outer Space Sixty-third session," United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space, [https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac\\_105/aac\\_1051224\\_0\\_html/V2001426.pdf](https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105/aac_1051224_0_html/V2001426.pdf) (diakses 23 Juli 2022).

antariksa, khususnya yang berkaitan dengan pemberian layanan terkait cuaca antariksa juga turut berkembang dengan semakin majunya perkembangan zaman. Seiring semakin berkembangnya teknologi antariksa dalam penyediaan layanan cuaca antariksa, negara-negara menyadari bahwa berbagi data dan prediksi cuaca antariksa penting untuk dilakukan sehingga tersedia data yang selalu update dan dapat dipercaya. Interaksi antarnegara dan kesadaran akan adanya kepentingan bersama ini mendorong dibentuknya ISES pada tahun 1962 yang terus berkembang sehingga sampai saat ini ISES sudah memiliki 20 anggota sebagai penyedia layanan cuaca antariksa dari 20 negara.

Selanjutnya, ISES juga memenuhi tiga kriteria yang dapat mempersatukan negara-negara anggotanya. Pertama, ISES bersifat asosiatif atau mempersatukan. ISES memiliki sifat asosiatif sebab ISES dibentuk untuk mewadahi kolaborasi negara-negara yang memiliki layanan penyedia informasi terkait cuaca antariksa. Kedua, ISES memberikan sumbangan bagi kebaikan di masa depan. Informasi layanan terkait kondisi cuaca antariksa senantiasa diperlukan oleh negara-negara di dunia ini sebab kondisi cuaca antariksa mempengaruhi kegiatan di bumi, misalnya kegiatan komunikasi radio HF dan penerbangan. Oleh karena itu, fasilitas dan layanan yang disediakan oleh ISES memberikan sumbangan kebaikan bagi kehidupan bersama negara-negara di dunia. Ketiga, ISES dapat bertahan sebagai sebuah organisasi yang menampung kolaborasi negara-negara anggotanya karena ISES mampu mengontrol perilaku negara-negara anggotanya. Interaksi dan kepentingan negara-negara anggota ISES adalah berbagi data mengenai kondisi dan prediksi cuaca antariksa. Setiap penyelenggara layanan cuaca antariksa nasional saling membagikan datanya untuk kebaikan bersama semua negara di dunia ini.

Dilihat dari fungsi organisasi internasional menurut John T. Rourke pada tahun 1986, ISES berfungsi sebagai penjaga

perdamaian dunia dan promotor kehidupan yang lebih baik bagi umat manusia. Sebagai organisasi yang mewadahi lembaga-lembaga penyedia layanan cuaca antariksa yang dimiliki oleh negara-negara, ISES turut menjaga perdamaian dunia. Dengan dibentuknya ISES, negara-negara dapat saling berbagi data mengenai cuaca antariksa. ISES menyatukan kepentingan bersama negara-negara terkait cuaca antariksa dan dampaknya bagi kehidupan di bumi. Selanjutnya, ISES juga berfungsi sebagai promotor kehidupan yang lebih baik bagi umat manusia sebab ISES memfasilitasi negara-negara yang memiliki layanan informasi cuaca antariksa dan dengan adanya ISES layanan dari negara-negara di dunia dapat terkoordinir demi kebaikan semua manusia.

Dilihat dari teori kerja sama internasional, pembentukan ISES sesuai dengan teori kerja sama internasional menurut K.J. Holsti pada tahun 1983 yang menyatakan bahwa tujuan negara-negara menggabungkan diri dalam suatu organisasi internasional adalah untuk mencapai kepentingan bersama. Dalam konteks ISES, kepentingan bersama yang ingin dicapai yaitu tersedianya informasi dan prediksi kondisi cuaca antariksa baik di Matahari, magnetosfer, maupun ionosfer.

*Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS)*

Dilihat dari faktor terbentuknya, PECASUS muncul karena adanya isu transnasional yaitu pengaruh cuaca antariksa terhadap penerbangan. PECASUS diinisiasi untuk memfasilitasi isu atau kepentingan bersama negara-negara di dunia dalam mendapatkan informasi yang akurat terkait kondisi cuaca antariksa. (PECASUS, 2021). Selanjutnya, PECASUS sebagai sebuah konsorsium dapat menyatukan negara-negara anggota ICAO atau disebut bersifat asosiatif. Terkait sumbangan bagi kebaikan, PECASUS memberikan sumbangan yang signifikan

bagi kebaikan dengan selalu menyediakan informasi yang akurat mengenai cuaca antariksa serta memberikan peringatan saat terjadi badai antariksa yang membahayakan keselamatan penerbangan. PECASUS sebagai sebuah konsorsium yang melaporkan kondisi cuaca antariksa untuk keselamatan penerbangan dapat mengontrol perilaku negara-negara. Hal ini terlihat dari adanya kepatuhan negara-negara terhadap peraturan yang dikeluarkan oleh ICAO. Salah satu pertimbangan untuk membuat aturan tersebut adalah saran dari PECASUS.

Dari pemaparan tersebut, dapat dikatakan bahwa fungsi PECASUS sebagai konsorsium internasional adalah mempromosikan kehidupan yang lebih baik bagi umat manusia dan mempromosikan integrasi dan kerja sama antarorganisasi internasional. PECASUS sebagai penyedia laporan kondisi cuaca antariksa untuk keselamatan penerbangan telah menunjukkan upaya menjaga manusia tetap selamat selama penerbangan. Dalam menyediakan laporan cuaca antariksa, PECASUS bekerja sama dengan Space Weather Prediction Center of NOAA dan the ACFJ, sebuah konsorsium yang dimotori oleh Australia, Canada, Perancis, dan Jepang. Kerja sama dengan kedua organisasi ini menunjukkan bahwa PECASUS berfungsi sebagai promotor integrasi dan kerja sama antarorganisasi internasional.

Kegiatan konsorsium PECASUS juga sesuai dengan teori kerja sama internasional K. J. Holsti tahun 1983 yang menyatakan bahwa kerja sama atau kolaborasi adalah kondisi ketika negara-negara memiliki suatu masalah yang memerlukan penyelesaian bersama saling berdiskusi dan mencapai kesepakatan atau perjanjian yang memuaskan semua pihak. Dalam kasus PECASUS, isu yang menjadi perhatian negara-negara adalah mengenai pengaruh cuaca antariksa terhadap penerbangan internasional. Negara-negara anggota ICAO yang menyadari perlunya konsorsium khusus untuk memberikan laporan akurat

mengenai kondisi cuaca antariksa membentuk konsorsium PECASUS.

## Kesimpulan

Seperti telah dipaparkan pada bagian pendahuluan, cuaca antariksa memiliki dampak negatif bagi kehidupan manusia. Dampak negatif cuaca antariksa mempengaruhi semua negara yang ada di dunia ini sehingga diperlukan upaya kerja sama pada level internasional untuk mengatasi dampak negatif cuaca antariksa tersebut. Beberapa upaya kerja sama internasional di bidang cuaca antariksa yaitu (International Space Weather Initiative) ISWI, The International Space Environment Service (ISES), dan Pan-European Consortium for Aviation Space Weather User Services (PECASUS). Inisiatif kerja sama tersebut menunjukkan bahwa negara-negara di dunia memiliki kesadaran bersama terkait isu cuaca antariksa. Munculnya kerja sama tersebut menunjukkan bahwa isu cuaca antariksa adalah isu global yang perlu penanganan global.

ISWI, ISES, dan PECASUS memiliki peran masing-masing dalam mitigasi dampak negatif cuaca antariksa. ISWI merupakan sarana untuk mengembangkan wawasan ilmiah, mempelajari ilmu terkait cuaca antariksa, dan memprediksi cuaca antariksa. ISES merupakan organisasi yang menaungi organisasi penyedia layanan cuaca antariksa di seluruh dunia. PECASUS sebagai pemberi peringatan dini kondisi cuaca antariksa untuk keselamatan penerbangan. Melalui perannya masing-masing, ketiga inisiatif kerja sama internasional tersebut telah mendukung upaya meminimalkan dampak negatif cuaca antariksa.

Setelah melihat ketiga bentuk kerja sama internasional tersebut menggunakan teori organisasi dan kerja sama internasional, dapat disimpulkan bahwa ISWI, ISES, dan PECASUS bersifat asosiatif, memberikan kontribusi bagi kehidupan manusia di masa depan, dan mampu mengontrol perilaku anggota-anggotanya. Terkait dengan fungsi

organisasi internasional, ISWI berfungsi sebagai promotor kehidupan yang lebih baik bagi manusia. ISES berfungsi sebagai penjaga perdamaian dunia dan promotor kehidupan yang lebih baik bagi manusia. PECASUS berfungsi sebagai promotor kehidupan manusia yang lebih baik serta promotor integrasi dan kerja sama antarorganisasi internasional.

Cuaca antariksa masih terus menjadi agenda tetap pada sidang subkomite ilmiah dan teknis (STSC) di UNCOPUOS. Oleh karena itu, diskusi mengenai topik ini masih terus berkembang. Praktisi dan pemerhati Ilmu Hubungan Internasional masih terus dapat mengamati perkembangan isu ini pada level internasional dan kemudian melakukan riset mengenai cuaca antariksa pada level internasional dengan menggunakan teori selain organisasi dan kerja sama internasional. Mayoritas penelitian terkait cuaca antariksa menyinggung aspek sains dan bukan aspek sosial, padahal isu cuaca antariksa sudah menjadi permasalahan sosial global yang bisa dianalisis menggunakan pendekatan sosial. Penelitian terkait aspek sosial global pada isu cuaca antariksa dapat memperkaya studi yang telah ada pada bidang Ilmu Hubungan Internasional.

#### DAFTAR PUSTAKA

- Fry, Emma Kiele. "The Risks and Impacts of Space Weather: Policy Recommendations and Initiatives." *Space Policy* 28, (Juni 2012): 180-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.spacepol.2012.06.005> (diakses 23 Juli 2022).

- Holsti, K. J. *International Politics, A Framework for Analysis*, Fourth Edition. Jakarta: Erlangga, 1983.
- International Space Environment Service. "ISES: Welcome to the International Space Environment Service." International Space Environment Service. <http://www.spaceweather.org/> (diakses 23 Juli 2022).
- International Space Weather Initiative. "International Space Weather Initiative: ISWI." International Space Weather Initiative. <http://iswi-secretariat.org/> (diakses 23 Juli 2022).
- Jones, Walter S. *Logika Hubungan Internasional: Kekuasaan, Ekonomi-Politik Internasional, dan Tatanan Dunia 2*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama, 1993.
- Mann, Ian R., S. Di Pippo, H. J. Opgenoorth, M. Kuznetsova dan D. J. Kendall. "International Collaboration Within the United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space: Framework for International Space Weather Services." *Space Weather* 16, (Mei 2018): 428-433. <https://doi.org/10.1029/2018SW001815> (diakses 23 Juli 2022).
- Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services. "PECASUS for ICAO." Pan European Consortium for Aviation Space Weather User Services. <http://pecasus.eu/> (diakses 23 Juli 2022).
- Rourke, John T. *International Politics on the World Stage*. California: Brooks/Cole Publishing Company, 1986.
- Santoso, Anwar. "Cuaca Antariksa dan Dampaknya terhadap Jasa Keuangan atau Layanan Perbankan." *Media Dirgantara* 10, no. 1 (2015): 6-8.
- United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. "Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its forty-ninth session, held in Vienna from 6 to 17 February 2012." United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. [https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105\\_1001E.pdf](https://www.unoosa.org/pdf/reports/ac105/AC105_1001E.pdf) (diakses 23 Juli 2022).
- United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. "Thematic Priority 4. International Framework for Space Weather Services." United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. <https://documents-dds-ny.un.org/doc/UNDOC/GEN/V17/081/73/PDF/V1708173.pdf?OpenElement> (diakses 23 Juli 2022).
- United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. "Report of the Scientific and Technical Subcommittee on its fifty-seventh session, held in Vienna from 3 to 14 February 2020." United Nations Committee on the Peaceful Uses of Outer Space. [https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac\\_105/aac\\_1051224\\_0\\_html/V2001426.pdf](https://www.unoosa.org/res/oosadoc/data/documents/2020/aac_105/aac_1051224_0_html/V2001426.pdf) (diakses 23 Juli 2022).
- United Nations Office for Outer Space Affairs. "International Space Weather Initiative (ISWI)." United Nations Office for Outer Space Affairs. <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/psa/bssi/iswi.html> (diakses 23 Juli 2022).
- Yatini, Clara Y. "Cuaca Antariksa." *Berita Dirgantara* 9, no.1 (2008): 20-24.
- Wu, Ji, Qingjiang Bai, dan Yongjian Xu. "International Cooperation: A Brief History We've Experienced." *Space Weather Space Climate* 11, no. 27 (Februari 2021): 1-5. <https://doi.org/10.1051/swsc/2021008> (diakses 23 Juli 2022).