

BAB I

PENDAHULUAN

Bab ini akan membahas hal-hal yang mendasari penulisan keseluruhan karya ilmiah, beserta gambaran umum mengenai topik penelitian yang dilakukan dan berbagai argumen empiris yang mendukungnya.

1.1 Latar Belakang

Matahari telah lama dikenal sebagai salah satu faktor yang paling berpengaruh terhadap kehidupan di bumi. Hubungannya dengan keadaan yang berlangsung di bumi merupakan kunci untuk menandai berlalunya waktu serta pertumbuhan berbagai tanaman. Hal ini membuatnya vital bagi kelangsungan peradaban di bumi sejak awal hingga kini dan menumbuhkan rasa keingintahuan yang mendalam bagi umat manusia akan sifat dan perilaku dari matahari (Ryan, 2014). Selama berabad-abad, keingintahuan ini telah menyebabkan berbagai pandangan ilmiah mengenai matahari yang semakin akurat, terlihat dari banyaknya artikel dan penelitian yang bermunculan terkait dengan perubahan di matahari (Douglas V. & Kenneth H., 1997). Beberapa pengamatan dan penelitian mengenai matahari belakangan ini dengan satelit seperti Yohkoh (Ogawara, et al., 1991), SOHO (Scherrer, et al., 1995), TRACE (Handy, et al., 1999), dan RHESSI (Lin, et al., 2002) telah mengungkapkan sebuah fakta baru bahwa atmosfer matahari memiliki berbagai macam aktivitas yang jauh lebih dinamis daripada yang diperkirakan. Dengan kemajuan instrumen, pengetahuan tentang aktivitas di permukaan matahari telah meningkat pesat, hal ini menyebabkan deskripsi aktivitas matahari yang jauh lebih rinci beserta dampaknya pada cuaca ruang angkasa (Asai, 2004).

Cuaca ruang angkasa sendiri didefinisikan sebagai kondisi di lingkungan magnetosfer, ionosfer, dan termosfer bumi karena matahari dan angin matahari yang dapat mempengaruhi kinerja dan performa dari berbagai macam sistem teknologi baik itu di darat maupun di ruang angkasa serta dapat membahayakan

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST (STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

Universitas Pendidikan Indoenesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

kesehatan atau kehidupan manusia. Kondisi yang buruk di lingkungan ruang angkasa dapat menyebabkan terganggunya jaringan komunikasi, navigasi dan jaringan distribusi operasi satelit yang menyebabkan berbagai kerugian sosial ekonomi (Moldwin, 2008). Cuaca ruang angkasa juga dapat berdampak pada industri tenaga listrik, penerbangan, pesawat ruang angkasa, satelit, minyak bahkan gas. Konsekuensi dari cuaca ruang angkasa dapat meluas ke berbagai sektor dan masyarakat yang bergantung pada industri tersebut, sehingga dapat menyebabkan kerugian ekonomi dan komersial yang sangat besar (Council, Sciences, Board, & Workshop, 2008). Diantara seluruh aktivitas matahari, *solar flares* (SFs) merupakan aktivitas matahari yang memiliki pengaruh terbesar terhadap perubahan cuaca di ruang angkasa maupun lingkungan bumi (Ahmed, 2011).

SFs merupakan letusan paling kuat di tata surya karena dapat melepaskan energi sebanyak 10^{32} ergs hanya dalam hitungan jam bahkan menit (Emslie, et al., 2012). Selain itu, radiasi yang dihasilkan bergerak dengan kecepatan cahaya sehingga dapat mencapai bumi hanya dalam kurun waktu 8 menit dan tidak dapat terdeteksi hingga radiasi tersebut mencapai bumi (Solar effects on communications, 1992). Meskipun proses kemunculannya belum sepenuhnya dipahami, berbagai macam observasi menunjukkan bahwa sebagian besar SFs terjadi di sekitar lingkungan *sunspots* (SSs) yang biasa disebut *active regions* (ARs) (Messerotti, et al., 2009). SSs dan ARs adalah sebuah daerah yang muncul pada lapisan fotosfer matahari yang keberadaannya dianggap sebagai satu kesatuan dan terkait dengan aktivitas magnetik yang tinggi, sehingga para peneliti meyakini bahwa perilaku dari SSs dan ARs dapat dipelajari untuk melakukan peramalan terhadap kemunculan SFs (Hathaway, Wilson, & Reichmann, 1994; Tanaka K. , 1991; McIntosh, 1990; Miller, 1988; Kurokawa, 1982; Sakurai, 1971; Warwick, Sunspot Configurations and Proton Flares, 1966).

Meskipun berbagai upaya substansial telah diinvestasikan, namun rincian mengenai hubungan fisik antara produktivitas SFs dengan ARs yang tercemin dari berbagai macam parameter masih jauh dari pemahaman sepenuhnya. Dengan

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST (STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

lahirnya pengetahuan fundamental mengenai teori magnetik di lapisan fotosfer matahari, motivasi penggunaan berbagai parameter di medan fotosfer, terutama ARs untuk melakukan peramalan SFs semakin meningkat, tidak dengan berasumsi pada model fisik SFs melainkan melalui berbagai pendekatan statistik dan *machine learning* (Bloomfield, Higgins, McAteer, & Gallagher, 2012; Barnes, et al., 2016). Khususnya, *machine learning* adalah cabang disiplin dalam ilmu komputer yang menggunakan algoritma untuk mempelajari pola di dalam data guna melakukan peramalan suatu hasil ataupun kejadian di masa depan (Mitchell, 1997). Kelebihan dari *machine learning* sendiri yaitu dapat mengotomatisasi proses pembangunan model analitis dan memungkinkan wawasan yang tersembunyi ditemukan dari dalam data. Oleh karena itu, pendekatan *machine learning* kini lebih sering digunakan untuk melakukan peramalan SFs. Hal ini terlihat dari berbagai macam penelitian yang dilakukan selama beberapa dekade ke belakang.

Sebagian besar penelitian awalnya menggunakan parameter yang berasal dari komponen karakteristik radiasi elektromagnetik medan magnet di lapisan fotosfer untuk menghasilkan probabilitas terjadinya SFs dalam periode waktu tertentu. Sebagai contoh, (Gallagher, Moon, & Wang, 2002) dan (Bloomfield, Higgins, McAteer, & Gallagher, 2012) menggunakan sistem klasifikasi SSs *McIntosh* dan probabilistik *Poisson* untuk meramalkan probabilitas sebuah ARs menghasilkan SFs dalam kurun waktu 24 jam ke depan. Sedangkan (Song, Tan, Jing, Wang, Yurchyshyn, & Abramenko, 2009) mengadopsi berbagai parameter magnetik dan menggunakan sebuah metode bernama *Ordinal Logistic Regression* (OLR). Hasil dari penelitian (Bloomfield, Higgins, McAteer, & Gallagher, 2012) menunjukkan bahwa probabilitas peramalan seharusnya dikonversi terlebih dahulu menjadi peramalan “ya” atau “tidak” sebelum hasilnya nanti dapat diinterpretasikan secara praktis sebagai kelas “SFs yang berbahaya” ataupun “SFs yang tenang”. Menyadari bahwa konversi semacam itu di (Song, Tan, Jing, Wang, Yurchyshyn, & Abramenko, 2009) dicapai dengan suatu nilai ambang batas yang dipilih secara manual, (Yuan, Shih, Jing, & Wang, 2010) meningkatkan hasil

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST (STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

peramalan dengan menggunakan metode *Support Vector Machine* (SVM) sebagai klasifikasi biner, di mana nilai ambang batas diperoleh dari vektor-vektor pendukung untuk mendapatkan hasil peramalan SFs “ada” atau “tidak” dari SFs dengan kelas yang berbeda.

Dibandingkan dengan penelitian terdahulunya, terjadi perubahan tren parameter yang digunakan untuk peramalan SFs dengan adanya *Helioseismic and Magnetic Imager* (HMI) (Scherrer, et al., 2012) pada *Solar Dynamic Observatory* (SDO) (Pesnell, Thompson, & Chamberlin, 2012) di tahun 2010 yang termasuk ke dalam siklus matahari ke-24. Penemuan ini telah menghasilkan vektor magnetogram lapisan fotosfer yang belum pernah ada sebelumnya dengan cakupan cakram yang lengkap. Dengan menggunakan data bidang vektor SDO/HMI selama 4 tahun, (Bobra & Couvidat, 2015) menghitung sejumlah parameter magnetik untuk setiap AR. Penulis memilih 13 parameter, yang sebagian besar hanya berasal dari data vektor SDO/HMI dan mencapai kinerja peramalan yang baik dengan metode SVM untuk SFs dengan kelas $> M1.0$, seperti yang didefinisikan berdasarkan fluktuasi $1-8 \text{ \AA}$ yang diukur oleh *Geostationary Operational Environmental Satellite* (GOES). Selanjutnya, (Nishizuka, Sugiura, Kubo, Den, Watari, & Ishii, 2017) mengaplikasikan beberapa algoritma *machine learning* seperti SVM, *k-nearest neighbors* (k-NN) dan *extremely randomized trees* (ERT) dan menghasilkan model peramalan SFs yang baik untuk kelas $\geq M$ dan X.

Dengan data yang sama, (Liu, Deng, Wang, & Wang, 2017) meramalkan SFs dalam kelas GOES (B, C, M dan X) yang akan terjadi pada suatu AR dalam kurun waktu 24 jam kedepan menggunakan algoritma *Random Forest* (RF). Menyadari bahwa siklus matahari ke-24 termasuk ke dalam siklus matahari yang lebih tenang apabila dibandingkan dengan siklus sebelumnya, dimana frekuensi kemunculan SFs dengan kelas $\geq M$ lebih langka, penulis hanya memilih sampel data yang memiliki catatan SFs (B, C, M dan X) dan melakukan *undersampling* terhadap sampel SFs kelas C karena jumlah sampel datanya yang tergolong mayoritas, mencakup 80% dari keseluruhan sampel data yang digunakan. Penulis

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST
(STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

melakukan dua buah eksperimen yaitu klasifikasi *multiclass* (B, C, M dan X) sebagai eksperimen utama dan klasifikasi biner (B/C dan M/X) sebagai eksperimen tambahan dengan beberapa ukuran kinerja yang digunakan yaitu *recall*, *precision*, *accuracy* dan *True Skill Statistics*. Meskipun metode ini pertama kali digunakan untuk klasifikasi SFs *multiclass*, hasil dari eksperimen utama menunjukkan bahwa RF mencapai skor TSS yang jauh mengungguli (Yuan, Shih, Jing, & Wang, 2010) dan sebanding dengan (Bloomfield, Higgins, McAteer, & Gallagher, 2012) pada SFs kelas C dan M serta secara umum memperoleh nilai yang cukup baik untuk *recall* dan *precision* dibandingkan dengan (Yuan, Shih, Jing, & Wang, 2010; Bloomfield, Higgins, McAteer, & Gallagher, 2012; Bobra & Couvidat, 2015; Nishizuka, Sugiura, Kubo, Den, Watari, & Ishii, 2017). Selain itu, hasil dari eksperimen tambahan menunjukkan bahwa RF memiliki kinerja yang lebih baik pada kasus klasifikasi SFs biner, hanya saja hasilnya tidak dapat dikategorikan langsung ke dalam kelas GOES karena penulis hanya melakukan eksperimen dengan pengelompokan SFs kelas B/C dan M/X.

Di Indonesia sendiri, penelitian tentang sistem peringatan dini cuaca ruang angkasa baru dimulai pada tahun 2008 di *Space Science Application Center*, Lembaga Penerbangan dan Antariksa Nasional (LAPAN). Salah satu divisinya, divisi surya dan ruang angkasa memiliki tujuan utama untuk menyediakan informasi mengenai peramalan SFs dan mulai beroperasi penuh pada tahun 2010, yang dimana termasuk ke dalam siklus matahari ke-24. Para peneliti matahari di LAPAN melakukan peramalan SFs berdasarkan data karakteristik sekumpulan AR dalam bentuk *form checklist* harian, yang setiap AR-nya terdiri dari berbagai parameter seperti *location*, *area*, *number*, *type*, *magnetic class* serta jumlah kelas SFs (C, M dan atau X) yang muncul pada kurun waktu 48 jam ke belakang. Setiap AR akan diramalkan kemunculannya dan dikelompokkan ke dalam 4 buah skala secara berurutan yaitu *Quiet*, *Eruptive*, *Active* dan *Major Flares Expected*. Setelah itu, hasil peramalan SFs harian untuk 24 jam ke depan disimpulkan berdasarkan hasil peramalan SFs dari sekumpulan AR yang muncul di hari tersebut dengan skala SFs tertinggi (Dani, 2017). Sayangnya, tidak terdapat model

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST (STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

ataupun rumus statistik yang dapat dijadikan pijakan para peneliti matahari untuk melakukan proses peramalan, sehingga proses peramalan benar-benar bergantung pada pengalaman. Meskipun sebuah model *machine learning* berbasis *Backpropagation Neural Network* (BNN) telah berhasil dibangun sebelumnya, namun dengan hasil peramalan yang memiliki tingkat probabilitas mendeteksi SFs sebesar 0.522 dan tanpa memperhatikan adanya kasus *imbalanced*, hasil dari peramalan SFs condong terhadap SFs dengan skala yang lebih kecil apabila dibandingkan dengan skala aktualnya. Hal ini akan sangat beresiko apabila SFs yang muncul merupakan SFs dengan skala yang tinggi dan berdampak buruk pada cuaca ruang angkasa serta lingkungan bumi, sehingga pada akhirnya proses dan hasil peramalan masih sangat bergantung pada keputusan dan pengalaman peneliti matahari. Terlebih lagi, resiko yang ditimbulkan akan lebih besar apabila peneliti matahari yang melakukan peramalan tidak memiliki cukup banyak pengalaman (Dani, Nugroho, Mumpuni, & Suryana, 2010).

Untuk menangani masalah tersebut, penelitian ini mengusungkan sebuah model peramalan SFs yang berbasis pada algoritma RF. Algoritma ini dipilih karena sudah banyak pengaplikasiannya yang terbukti berhasil di bidang astronomi seperti identifikasi quasar (Breiman, Last, & Rice, 2003), pencarian supernova (Bailey, Aragon, Romano, Thomas, Weaver, & Wong, 2007), estimasi *photometric redshift* (Carliles, Budavári, Heinis, Priebe, & Szalay, 2010), pencarian gelombang gravitasi (Hodge, 2014) dan peramalan SFs itu sendiri (Liu, Deng, Wang, & Wang, 2017). Sebagai bentuk kontribusi, untuk menangani masalah sampel data yang bersifat *imbalanced* pada kasus siklus matahari ke-24 dengan algoritma RF, dibandingkan hanya dengan melakukan *undersampling* pada suatu kelas SFs yang diterapkan pada penelitian (Liu, Deng, Wang, & Wang, 2017), digunakanlah sebuah metode modifikasi dari RF bernama *Balanced Random Forest* (BRF) yang telah terbukti dapat menangani berbagai kasus klasifikasi *imbalanced* (Chen, Liaw, & Breiman, 2004). Metode BRF sendiri menerapkan teknik *resampling* dengan cara melakukan *undersampling* pada kelas mayoritas. Namun, hasil penelitian dari (Aridas, Alexandropoulos, Kotsiantis, & Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST
(STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

Vrahatis, 2017) menunjukkan bahwa teknik *resampling* akan lebih efektif diterapkan pada klasifikasi biner yang diperoleh dari pemecahan klasifikasi *multiclass* menggunakan metode *One-vs-All* (OvA). Selain itu, OvA terbukti dapat meningkatkan kinerja dan tingkat akurasi dari RF (Adnan & Islam, 2015). Oleh karena itu, kombinasi dari metode *One-vs-All* dan *Balanced Random Forest* ini diharapkan dapat menghasilkan sebuah model peramalan SFs dengan kinerja dan tingkat akurasi yang baik serta dapat menangani kasus *imbalanced* yang terdapat didalamnya. Model yang dihasilkan nantinya akan dijadikan sebagai komplementer, di mana hasil peramalan yang dihasilkan oleh model akan dijadikan sebagai pendukung keputusan peneliti matahari di LAPAN pada saat proses peramalan SFs. Untuk hasil peramalannya sendiri, hanya akan berlaku dalam kurun waktu 1×24 jam setelah proses peramalan dilakukan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan pada Subbab 1.1, maka dapat dirumuskan masalah sebagai berikut:

1. Bagaimana alur serta proses dari kumpulan data karakteristik AR dalam bentuk *form checklist* harian di LAPAN sehingga dapat diproses lebih lanjut oleh model *One-vs-All Balanced Random Forest*?
2. Bagaimana cara kerja dari kombinasi metode *One-vs-All* dan *Balanced Random Forest*?
3. Bagaimana model peramalan SFs *One-vs-All Balanced Random Forest* dibangun serta kinerja yang dihasilkannya?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah yang telah dirumuskan pada Subbab 1.2, maka tujuan yang ingin dicapai dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menghasilkan sekumpulan data karakteristik AR yang dapat diproses lebih lanjut oleh model *One-vs-All Balanced Random Forest*.

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST (STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

Universitas Pendidikan Indoenesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

2. Mengetahui cara kerja dari kombinasi metode *One-vs-All* dan *Balanced Random Forest*.
3. Menghasilkan model peramalan SFs *One-vs-All Balanced Random Forest* dengan kinerja yang baik sehingga dapat dijadikan sebagai pendukung keputusan peneliti matahari di LAPAN pada saat proses peramalan SFs.

1.4 Batasan Masalah

Batasan masalah yang terdapat dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Data yang digunakan yaitu data hasil pengamatan dan peramalan SFs harian pada hari kerja di LAPAN yang dimulai sejak tahun 2015 hingga 2017 dan termasuk ke dalam siklus matahari ke-24.
2. Hasil dari peramalan hanya berlaku dalam kurun waktu 1×24 jam setelah proses peramalan dilakukan.

1.5 Manfaat Penelitian

Dengan dilakukannya penelitian ini, diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Dapat membantu ataupun mendukung keputusan para peneliti matahari di LAPAN dalam proses peramalan SFs.
2. Sekurang-kurangnya dapat dijadikan sebagai bahan pertimbangan ataupun dikembangkan lebih lanjut, serta referensi terhadap penelitian sejenis.

1.6 Sistematika Penulisan

Secara umum sistematika penulisan yang digunakan dalam karya ilmiah ini adalah sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST (STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

Universitas Pendidikan Indoonesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu

Bab ini berisikan masalah yang diangkat dalam penelitian meliputi latar belakang yang menceritakan mengenai cuaca ruang angkasa, *solar flares*, peramalan *solar flares* dalam skala internasional dan Indonesia, serta berbagai metode yang biasa digunakan untuk meramalkan *solar flares*, rumusan masalah, tujuan penelitian, batasan masalah dan sistematika penulisan.

BAB II KAJIAN PUSTAKA

Bab ini berisi tentang berbagai kajian teori yang dibutuhkan selama proses penelitian meliputi teori struktur matahari, siklus matahari, aktivitas matahari, klasifikasi, *One-vs-All*, *Decision Trees*, *Random Forest* dan *Balanced Random Forest*.

BAB III METODE PENELITIAN

Bab ini berisikan dasar-dasar metodologi yang digunakan oleh penulis selama melakukan penelitian yang meliputi desain penelitian, metode penelitian dan alat penelitian.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini berisikan tentang pengumpulan data, persiapan dan praproses data serta hasil dari perancangan model *One-vs-All Balanced Random Forest* beserta eksperimen-eksperimen yang dilakukan didalamnya.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini berisikan kesimpulan dan saran berdasarkan penelitian yang dilakukan dari mulai perumusan masalah hingga selesai.

Farista Rachman Latuconsina, 2017

PERAMALAN SOLAR FLARES MENGGUNAKAN METODE ONE-VS-ALL BALANCED RANDOM FOREST
(STUDI KASUS: LEMBAGA PENERBANGAN DAN ANTARIKSA NASIONAL)

Universitas Pendidikan Indoenesia | repository.upi.edu | perpustakaan.upi.edu