



ANALISIS PENGURANGAN CURAH HUJAN DENGAN TEKNOLOGI SISTEM SEMAI AWAN

**Budi Suhardi¹, Antoyo Setyadipratikto², Bambang Widi Asmoro³, Ryfqy
Rahmansyah Kushanando⁴**

^{*1}*Dosen Pendidikan Geografi FKIP UHamka*

²*PT. Reka Cuaca Indonesia*

³*PT. Reka Cuaca Indonesia*

⁴*Mahasiswa akhir Departemen Geografi-Universitas Indonesia*

**Email : budi.suhardi13@gmail.com*

Abstrak. Batu bara merupakan salah satu sumber energi untuk mendukung Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU) di Indonesia. Produksi batu bara sangat berlimpah dan negara Indonesia termasuk pengeksport terbesar ke-5 di dunia setelah China, Amerika Serikat, India, Australia. PT. Borneo Indobara (PT. BIB) yang terletak di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu produsen batu bara terbesar Indonesia. Pada tahun 2021 produksi batu bara PT. BIB mengalami penurunan produksi secara drastis akibat dampak adanya La Nina. Meskipun perusahaan sudah melakukan antisipasi terhadap La Nina dengan menaikkan rencana jam hujan tetapi kondisi aktual lebih buruk dari yang diharapkan. Karena itu diperlukan suatu langkah komprehensif melalui penggunaan teknologi untuk dapat memodifikasi cuaca. Target yang diharapkan adalah menurunkan durasi hujan dan intensitasnya sehingga dapat menaikkan jam kerja sesuai dengan rencana. Peningkatan jam kerja ini akan meningkatkan kesempatan operasional untuk dapat bekerja dan memenuhi target baik untuk produksi *overburden* dan batu bara. Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan Teknologi Sistem Semai Awan (TSSA) di area kerja PT. Borneo Indobara pada periode 2021/2022 sehingga terjadi penurunan durasi dan intensitas hujan aktual minimal sebesar 15% yang selanjutnya disebut sebagai “target”. Penghitungan durasi dan intensitas hujan digunakan beberapa metode perhitungan Nilai Keberhasilan dengan melihat prosen penurunan durasi dan prosen penurunan intensitas yang didasarkan atas pemantauan dari pemasangan 3 Alat *Automatic Weather Station (AWS)* sebagai target dan kontrol di lokasi yang sudah ditentukan. Selain data aktual hujan digunakan juga sebagai data pembanding dari data satelit yang berasal dari *Global Forecasting System, Accuweather, TRMM, dan GSMaP*. Setelah hasil perhitungan didapatkan nilai penurunan durasi sebesar 60% dan intensitas 40%.

Kata Kunci : Batubara, TSSA, nilai keberhasilan, data satelit

Abstract. Batubara is one of energy source for supporting steam power plant in Indonesia. Coal production was abundant and Indonesia as one of the country exporter number 5 in the world after China, United States of Amerika, India, Australia. Borneo Indobara Company (PT. BIB) which located at Tanah Bumbu District-South Kalimantan Province is one of the largest producer of coal in Indonesia. On year fiscal of 2021 coal production from PT. BIB was decreasing production a cause of *La Nina* impact. Although the company has anticipated against *La Nina* by raising hours of work according to plan but actual condition was worse than expected. Therefore it takes a comprehensive step through the use of technology to be able to modify the weather. The expected target is rainfall duration and intensity decreasing so that it could be raising work hours consistent with plan. This raising work hour will increasing operational opportunity for working and fulfill the target especially for *overburden* production and coal. Objective of this research is using application of Technology on Cloud Seeding System (TSSA) at working



region PT. BIB on period fiscal year 2021.2022. The expected research will decreasing actual duration and intensity rainfall till 15%. Calculation of duration and intensity rainfall used several method for success value with 2 parameters which are the first, percent of duration decreasing and percent of intensity decreasing. This research used 3 instruments for observing rainfall and located in 2 site as targets and 1 site as control area. Besides of actual data used, also the use of satellite data from the source *Global Forecasting System, Accuweather, TRMM, and GSMaP*. Result of this research output we get decreasing rainfall duration in the amount of 60% and rainfall intensity is 40%.

Keyword : *Coal, Technology of Cloud Seeding System, success value, satellite data.*

PENDAHULUAN

Menjelang pergantian tahun, dunia pertambangan batu bara dikejutkan oleh keputusan pemerintah yang melarang ekspor batu bara selama satu bulan, yaitu per 1 Januari 2022 (Bisnis.com, 10 Januari 2022). Hal ini mengakibatkan kerugian negara berupa hilangnya potensi devisa atas penjualan batu bara keluar negeri sekitar 3 milyar dolar AS pasti terjadi. Begitu pula dengan dukungan batu bara sebagai sumber energi untuk Pusat Listrik Tenaga Uap (PLTU). Krisis pasokan batu bara ke PLN dan *Independent Power Producer (IPP)* memang mengkhawatirkan, karena menyangkut ‘nyawa’ 20 PLTU berkapasitas 10.850 MW di sistem jaringan Jawa-bali. Bila pasokan batu bara bermasalah dan mengakibatkan berkurangnya produksi listrik, dampak langsungnya adalah pemadaman bergilir ke jutaan pelanggan dan industri di Jawa-Bali. Produksi batu bara sangat berlimpah dan negara Indonesia termasuk pengeksport terbesar ke-5 di dunia setelah China, Amerika Serikat, India, Australia. PT. Borneo Indobara (PT. BIB) yang terletak di Kabupaten Tanah Bumbu, Provinsi Kalimantan Selatan merupakan salah satu produsen batu bara terbesar Indonesia. Pada tahun 2021 produksi batu bara PT. BIB mengalami penurunan produksi secara drastis akibat dampak adanya La Nina.

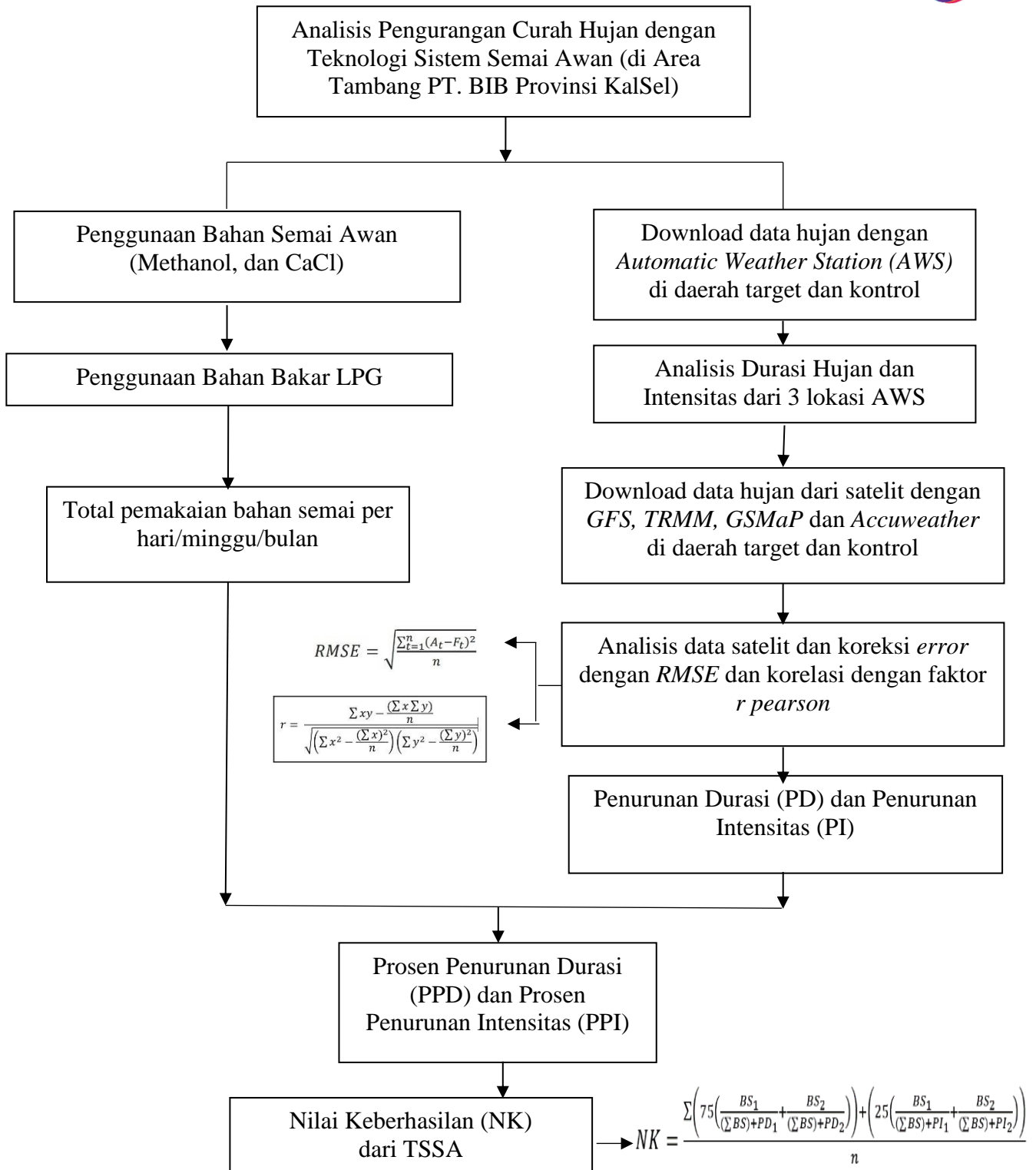
La Nina merupakan suatu kondisi di mana terjadi penurunan suhu muka laut di kawasan Timur ekuator di Lautan Pasifik. Selama kejadian La Nina, angin pasat Timur menguat dan perairan di sekitar Indonesia dan Australia menjadi lembap dan basah. Fenomena La Nina menyebabkan curah hujan di sebagian besar wilayah Indonesia bertambah, bahkan sangat berpotensi menyebabkan terjadinya banjir. Meskipun perusahaan sudah melakukan antisipasi terhadap La Nina dengan menaikkan rencana jam hujan tetapi kondisi aktual lebih buruk dari yang diharapkan. Karena itu diperlukan suatu langkah komprehensif melalui penggunaan teknologi untuk dapat memodifikasi cuaca. Target yang diharapkan adalah menurunkan durasi hujan dan intensitasnya sehingga dapat menaikkan jam kerja sesuai dengan rencana. Peningkatan jam kerja ini akan meningkatkan kesempatan operasional untuk dapat bekerja dan memenuhi target baik untuk produksi *overburden* (tutupan tanah di atas bijih batu bara) dan batu bara. Sedangkan rumusan masalah dalam penelitian ini bagaimana menggunakan teknologi komprehensif untuk menaikkan produksi batu bara yang pada akhirnya menurunkan durasi dan intensitas hujan serta menaikkan jam kerja di area konsesi tambang.

Tujuan dari penelitian ini adalah mengaplikasikan Teknologi Sistem Semai Awan (TSSA) di area kerja PT. Borneo Indobara pada periode 2021/2022 sehingga terjadi penurunan durasi dan intensitas hujan aktual minimal sebesar 15% yang selanjutnya disebut sebagai “target”. Sedangkan manfaat yang akan diperoleh dari penelitian ini adalah untuk pengurangan durasi dan intensitas curah hujan di daerah pertambangan.



Teknologi Sistem Semai Awan atau sering disingkat SSA adalah terobosan baru teknologi penyemaian dari darat yang saat ini sedang naik daun, diterapkan untuk pengurangan curah hujan di areal pertambangan. Teknologi SSA ini menggunakan bahan semai larutan, dari awal dirancang untuk mengganggu pertumbuhan awan dengan menghasilkan partical *Cloud Condensation Nuclei (CCN)* dalam jumlah yang sangat besar dengan diameter yang sangat kecil sekitar 0,2 μm s.d. 0,5 μm yang menyerupai diameter partikel di alam (Heru, 2021).

Para penemu teknologi sistem semai awan adalah Tim dari BPPT yakni Bambang Widi Asmoro, Pitoyo, Joko Gunawan tahun 2018 dan sudah dipatenkan sejak tahun 2019. Analisis pengurangan curah hujan telah banyak dilakukan oleh para ilmuwan baik menggunakan riset laboratorium maupun lapangan. Riset didasarkan pada hubungan antara aerosol, mikro fisika awan, dan curah hujan. *Pemakaian Automatic Weather Station (AWS)* sangat diperlukan dalam riset ini sebagai target durasi dan intensitas hujan aktual. Menurut Yin et al. (2000), berdasarkan perhitungan numerik terhadap dampak penyemaian bahan higroskopis, bahan semai berukuran kurang dari 2 μm mengakibatkan penurunan curah hujan sekitar 22-30%. Givati and Rosenfeld (2004), mempublikasikan hasil risetnya tentang polusi di California dan Israel yang mereduksi curah hujan tahunan sebesar 15 - 25%. Dalam penelitian ini disajikan diagram alir kerangka berpikir seperti tampak pada Gambar 1.

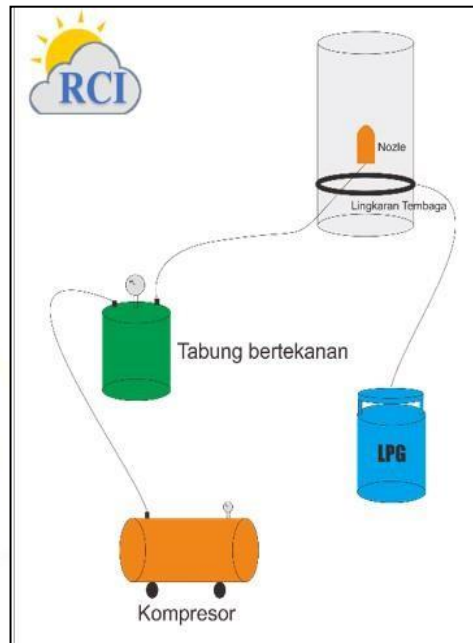


Gambar 1. Diagram alir Kerangka Berpikir

Berdasarkan pada kajian pustaka, Sistem Semai Awan (SSA) merupakan metode penyemaian awan dari darat yang menggunakan sistem larutan. Pada dasarnya SSA ini merupakan pembangkit partikel higroskopis yang sangat halus berukuran kurang dari 1 mikron. Sistem Semai Awan (SSA) adalah sistem larutan yang terdiri dari tiga bagian yang dipadukan sehingga akan membentuk sistem burning yang berfungsi sebagai generator partikel. Bagian pertama adalah burner (pembakar) yang menggunakan bahan bakar gas LPG. Bagian kedua adalah tabung larutan bertekanan berisi cairan sangat higroskopik (super hygroskopik liquid).



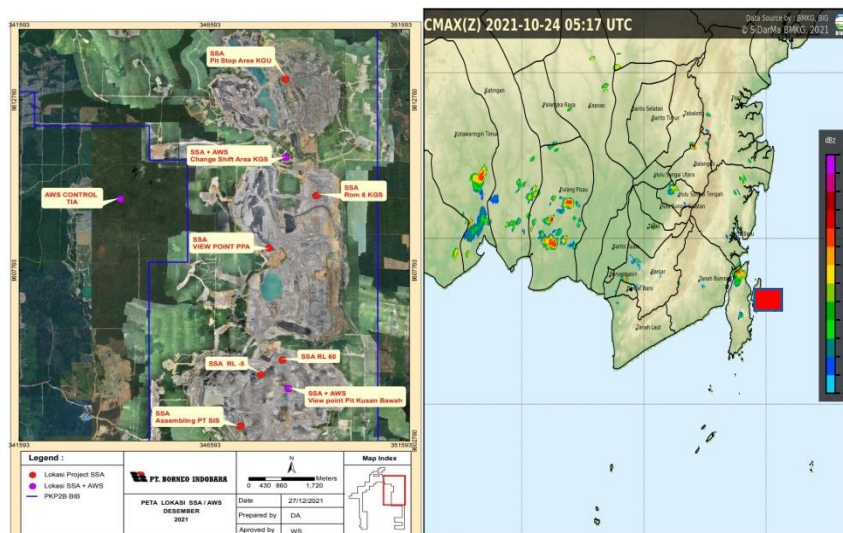
Tabung ini dilengkapi dengan gauge meter, saluran atau kran untuk memasukkan udara. Bagian ketiga adalah tabung LPG. Dalam operasionalnya, tangki diisi larutan dan diberi tekanan dari kompresor hingga mencapai 80 psi. Jika kran larutan dibuka perlahan maka larutan berbentuk butiran halus menyembur ke nyala api, terbakar, dan menghasilkan asap. Bagian keempat adalah kompresor (Bambang WA, 2021). Perhatikan pada **Gambar 2**.



Gambar 2. Sistem rangkaian SSA

METODE PENELITIAN

Daerah penelitian adalah area konsesi tambang PT. Borneo Indobara (BIB) seluas 24.100 hektar atau setara dengan 241 km² dan koordinat UTM yakni lintang antara 341593 hingga 351593, bujur antara 9602760 hingga 9612960 terikat pada WGS 84 dan zone 50. Area tambang termasuk ke dalam wilayah perpaduan Kecamatan Angsana dan Kecamatan Kuranji Kabupaten Tanah Bumbu Provinsi Kalimantan Selatan, perhatikan peta terlampir (**Gambar 3a dan b**).

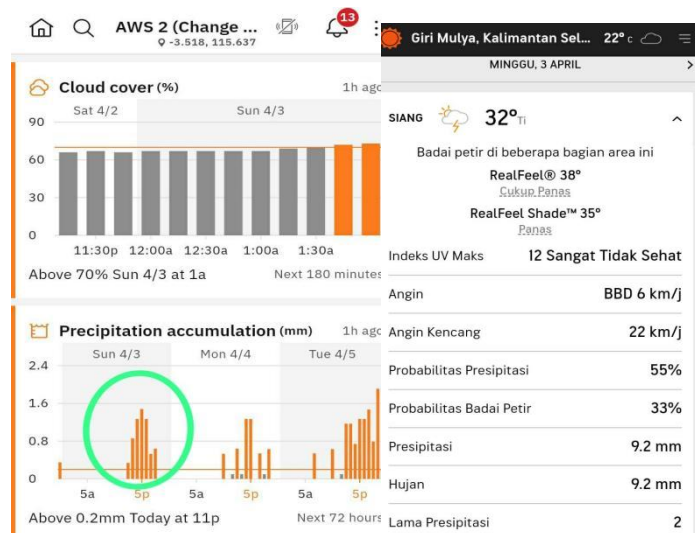
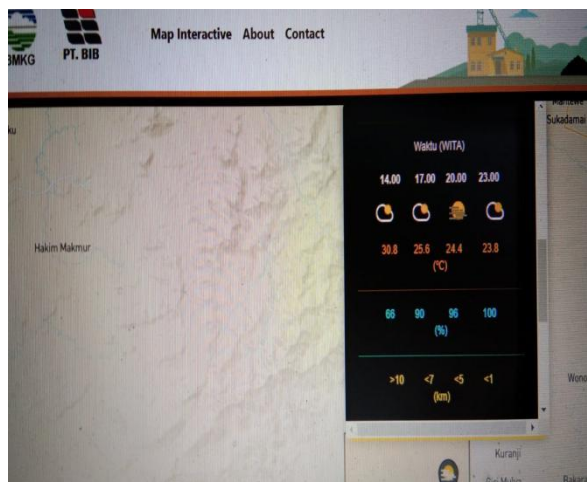
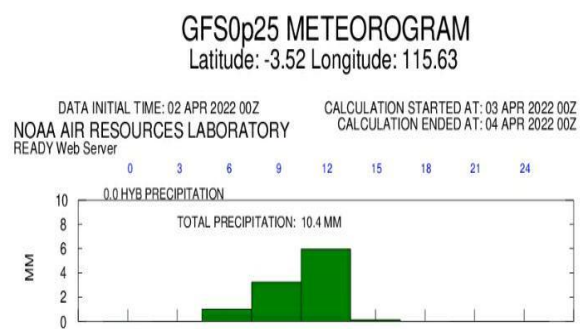
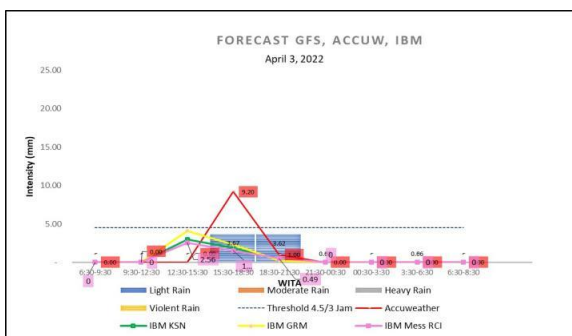
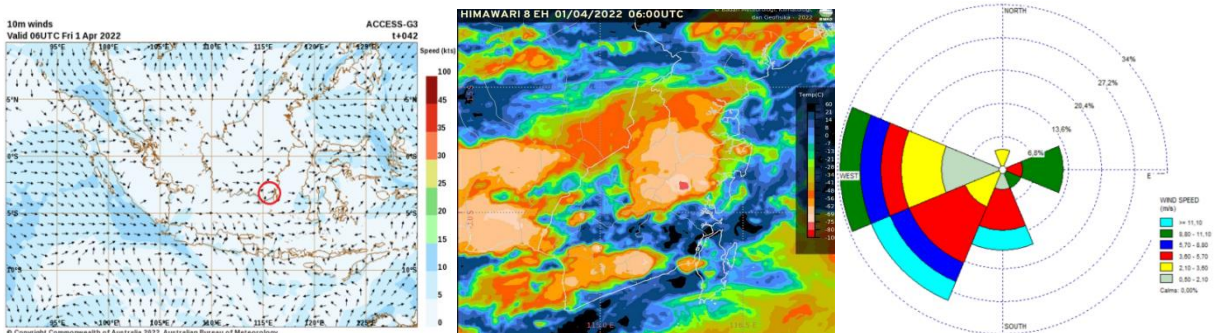


Gambar 3a dan b. Area Konsesi PT. BIB



Metode yang digunakan dalam penelitian berdasarkan pendekatan dan analisis statistik dan dinamika atmosfer. Perhitungan statistik sederhana dipakai untuk mengetahui validitas dan keakuratan data prediksi hujan aktual dari hasil pembacaan berdasarkan pengamatan *Automatic Weather Station (AWS)* dengan penggunaan data satelit *TRMM*, *GFS*, *GSMaP*, *AccuWeather*, *IBM*, dan *BMKG*. Penggunaan *RMSE (Root Mean Square Error)* dan Korelasi *r Pearson* dalam uji validitas dan akurasi hubungan antar 2 variabel. Menurut WMO no 8 Tahun 2014, *Automatic Weather Station (AWS)* didefinisikan sebagai stasiun meteorologi tempat observasi dilakukan dan dikirimkan secara otomatis (WMO, 1992a). Dalam pengukuran dan pengambilan data parameter cuaca menggunakan sensor. Sensor adalah sesuatu yang digunakan untuk mendeteksi adanya perubahan pada lingkungan berupa perubahan fisika maupun perubahan kimia.

Metode dinamika atmosfer diperlukan sebagai alat bantu dalam menginterpretasikan beberapa citra satelit dan radar yang dikeluarkan dari beberapa *source* gratis dari *National Oceanography and Atmospheric Administration (NOAA)* Amerika Serikat, *Bureau of Meteorology (BoM)* Australia, *JAXA* Jepang dan Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika (*BMKG*). Beberapa contoh citra dan *source* tersebut adalah: (Gambar 4 a s/d h).





Gambar 4 a s/d h. Data satelit

Analisis lanjutan adalah perhitungan dengan pendekatan, yakni di dalam menentukan target implementasi sistem semai awan (ssa) adalah penurunan durasi dan intensitas hujan aktual sebesar 15% atau disebut sebagai Nilai Keberhasilan (NK). Sebagai prinsip dasar perhitungan NK sebagai berikut::

- Nilai keberhasilan dihitung dari rata-rata bobot Persen Penurunan Durasi (PPD) dan Persen Penurunan Intensitas (PPI) dinyatakan dalam persen dengan perhitungan sebagai berikut :

$$NK = (75\% \times PPD) + (25\% \times PPI)$$

- Persen Penurunan Durasi (PPD) didapatkan dari rata-rata bobot dari Penurunan Durasi (PD) setiap area kerja dan dinyatakan dalam persen. Pembobotan didasarkan pada konsumsi bahan semai ditiap area.

$$PPD = \left(\frac{\text{Konsumsi area kerja 1}}{\text{Konsumsi total}} \times \text{PD area kerja 1} \right) + \left(\frac{\text{Konsumsi area kerja 2}}{\text{Konsumsi total}} \times \text{PD area kerja 2} \right)$$

- Penurunan Durasi (PD) setiap area didapatkan dengan membandingkan data durasi pada area kerja terhadap area kontrol dan dinyatakan dalam persen.

$$PD = \frac{(\text{Durasi area kontrol} - \text{Durasi area kerja})}{\text{Durasi area kontrol}} \times 100\%$$

- Persen Penurunan Intensitas (PPI) didapatkan dari rata-rata bobot dari Penurunan Intensitas (PI) setiap area kerja dan dinyatakan dalam persen. Pembobotan didasarkan pada konsumsi bahan semai ditiap area.

$$PPI = \left(\frac{\text{Konsumsi area kerja 1}}{\text{Konsumsi total}} \times \text{PI area kerja 1} \right) + \left(\frac{\text{Konsumsi area kerja 2}}{\text{Konsumsi total}} \times \text{PI area kerja 2} \right)$$

- Penurunan Intensitas (PI) setiap area didapatkan dengan membandingkan data intensitas pada area kerja terhadap area kontrol dan dinyatakan dalam persen.

$$PI = \frac{(\text{Intensitas area kontrol} - \text{Intensitas area kerja})}{\text{Intensitas area kontrol}} \times 100\%$$

Gambar 5. Standar Nilai Keberhasilan (NK).

Penentuan area kerja/target dan area kontrol tidak semudah yang diperkirakan dari awal penelitian, banyak pertimbangan yang menjadikan alasan pemilihan lokasi dengan beberapa persyaratan ilmiah dan survei. Hasil akhir yang didapatkan untuk lokasi tersebut diperlihatkan dalam **Gambar 6.** berikut.



Gambar 6. Pemilihan lokasi kontrol di Kuranji sebelah timur laut target

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengurangan Intensitas Dan Durasi Hujan

Hasil penelitian pengurangan intensitas dan durasi hujan di area tambang batu bara berdasarkan data tahun 2018 dan 2019 dengan periode pertama bulan Mei-Agustus dan periode kedua bulan Januari-Juli. Area target Giri Mulya berkurang intensitas hujannya sebesar 58.6% sedangkan area target Kusan mengalami penurunan intensitas sebesar 59.1%. Sedangkan untuk pengurangan durasi hujan di masing-masing area target Kusan Bawah dan Kusan Atas sebesar 458.7% dan 430.5%. Lebih jelasnya dapat diperhatikan **Tabel 1** di bawah ini,

Perhitungan Pengurangan Intensitas Curah Hujan

WAKTU	Giri Mulyo	Kusan	Kusan Bawah	Kusan Atas
	%	%	%	%
Mei-Agustus 2018	-58.63	-59.10	-	-
Januari-Juli 2019	-	-	-36.98	-9.80

Perhitungan Pengurangan Durasi Curah Hujan (Intensitas hujan >0,3 mm)

WAKTU	Kusan Bawah	Kusan Atas	Kusan Bawah	Kusan Atas
	(mm)	(mm)	%	%
Januari-Juli 2019	381.4	402.8	-458.70	-430.50

Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 1. Perhitungan Pengurangan Intensitas dan Durasi Hujan



Dalam analisis aktual dan prediksi dari pengamatan AWS beserta data satelit dapat ditunjukkan pada **Tabel 2** berikut,

Tabel 4.1. Analisa perbandingan curah hujan aktual di Kusan Bawah dan Kusan Atas terhadap nilai prediksi curah hujan (GFS), curah hujan historis rerata 5 tahun dan 10 tahun serta curah hujan daerah kontrol (Girimulya) Periode 1 Januari – 20 Juli 2019.

Lokasi dan Periode	Curah Hujan Aktual (AWS)	Curah Hujan Prediksi (GFS)	Curah Hujan Historis 5 tahun	Curah Hujan Historis 10 tahun	Curah Hujan Daerah Kontrol (AWS Girimulya)	Pengurangan (-) / Penambahan (+) Curah Hujan			
						GFS	Historis 5 tahun	Historis 10 tahun	Daerah Kontrol
Kusan Bawah 1 Januari - 20 Juli	1110.0	1799.8	1887.5	1967.8	1476.6	-689.8 (-38.3%)	-777.5 (-41.2%)	-857.8 (-43.6%)	-366.6 (-24.8%)
Kusan Atas 25 Januari - 20 Juli	1282.3	1577.7	-	-	1295.0	-295.4 (-18.7%)	-	-	-12.7 (-0.9%)

Sedangkan **Tabel 3** berikut adalah appraisal dari pihak PT. BIB atas keberhasilan dari kegiatan penelitian pengurangan hujan dengan teknologi sistem semai awan. Untuk **Tabel 4** dan **5** perhitungan lebih rinci dari tiap lokasi penelitian

Summary		sinarmas mining	
For January – July period, TMC activity give impact as below :			
1. Rain duration and intensity reduction			
	Kusan Bawah		Kusan Atas
	41 hours or 13.57%		55 hours or 19.71%
	367 mm		13 mm
2. Additional overburden and coal including pumping hour reduction			
	Kusan Bawah		Kusan Atas
	433,428 BCMs		554,743 BCMs
	104,440 tonnes		122,433 tonnes
	976 hours		(7) hours
3. Benefit and Cost in IDR			
	Benefit		Cost
	38,181,743,722		7,083,120,830
4. TMC activity give benefit for our operation, B/C Ratio for this project is 5.39			

Tabel 3. Keberhasilan pengurangan durasi dan intensitas hujan



Kusan Bawah											
Bulan	Rencana		Aktual			Selisih			Selisih (%)		
	2018	2019	2018	2019	2019 (AWS >0.3 mm)	2018	2019	2019 (AWS >0.3 mm)	2018	2019	2019 (AWS >0.3 mm)
	1	2	3	4	5	(3-1)	(4-2)	(5-2)	$((3-1)/1)*100$	$((4-2)/2)*100$	$((5-2)/2)*100$
Jan	56	66	54	75.4	27.0	-2.0	9.1	-39.3	-3.6	13.7	-59.3
Feb	53	86	49	68.4	13.0	-4.2	-17.8	-73.2	-7.9	-20.7	-84.9
Mar	123	90	124	85.7	34.5	1.5	-4.1	-55.3	1.2	-4.6	-61.6
Apr	66	63	55	85.8	33.0	-11.3	23.3	-29.5	-17.0	37.2	-47.2
May	84	84	80	75.9	29.5	-4.1	-7.8	-54.2	-4.8	-9.4	-64.8
Jun	94	106	114	145.0	57.5	19.9	39.3	-48.2	21.1	37.2	-45.6
Jul	110	86	88	13.3	4.0	-21.2	-72.3	-81.6	-19.3	-84.5	-95.3
Aug	38		19			-18.5			-49.2		
Sep	26		36			9.9			37.7		
Oct	20		11			-9.1			-45.0		
Nov	61		74			12.7			20.7		
Dec	80		83			2.5			3.1		
						-23.9	-30.4	-381.4	-63.1	-31.0	-458.7

Tabel 4. Perhitungan pengurangan durasi dan intensitas hujan Kusan Bawah

Kusan Atas											
Bulan	Rencana		Aktual			Selisih			Selisih (%)		
	2018	2019	2018	2019	2019 (AWS >0.3 mm)	2018	2019	(AWS >0.3)	2018	2019	2019 (AWS >0.3 mm)
	1	2	3	4	5	(3-1)	(4-2)	(5-2)	$((3-1)/1)*100$	$((4-2)/2)*100$	$((5-2)/2)*100$
Jan	83.7	73.7		85.1	3.5		11.3	-70.2	0.0	15.4	-95.3
Feb	119.4	80.1	47.5	55.9	21.0	-71.9	-24.2	-59.1	-60.2	-30.2	-73.8
Mar	151.0	69.4	148.2	80.4	35.0	-2.8	11.0	-34.4	-1.8	15.8	-49.6
Apr	68.6	57.3	61.5	125.7	29.0	-7.1	68.4	-28.3	-10.3	119.5	-49.3
May	81.5	70.4	96.9	88.3	38.5	15.4	17.9	-31.9	19.0	25.4	-45.3
Jun	86.6	77.3	107.3	193.2	61.5	20.7	115.9	-15.8	23.9	149.9	-20.5
Jul	102.2	168.5	74.8	11.5	5.5	-27.4	-157.0	-163.0	-26.8	-93.2	-96.7
Aug	67.4		21.5			-46.0			-68.2		
Sep	47.0		37.3			-9.6			-20.5		
Oct	54.0		15.7			-38.3			-71.0		
Nov	56.7		93.6			36.9			65.1		
Dec	76.7		98.7			22.0			28.7		
						-108.0	43.4	-402.8	-122.2	202.7	-430.5

Tabel 5. Perhitungan pengurangan durasi dan intensitas hujan Kusan Atas

KESIMPULAN

Keperluan akan penggunaan batu bara masih sangat besar bagi negara kita, selain dapat diekspor sebagai salah satu sumber devisa juga diperuntukkan sebagai bahan energi di PLTU, walaupun memiliki dampak lingkungan sangat besar. Produksi batu bara menurun jika terjadi peristiwa La Nina di area konsesi tambang batu bara seperti yang terjadi di Kawasan tambang P

T
Borneo Indobara (BIB). Pendekatan komprehensif dengan rekayasa cuaca/*weather modifications* sangat diperlukan terutama teknologi sistem semai awan dari darat.

Dari hasil penelitian yang dilakukan dapat di simpulkan sebagai berikut:

1. Tekonologi sistem semai awan dari darat sangat efektif digunakan saat terjadinya dampak *La Nina*.
2. Penggunaan teknologi sistem semai awan tidak menimbulkan efek negatif terhadap lingkungan.
3. Pengurangan durasi dan intensitas hujan sangat signifikan bila di nilai dari perhitungan keberhasilan saat *overburden* dan *coal*.



4. Mendapatkan pola karakteristik hujan baik temporal maupun spasial di daerah penelitian.
5. Setelah hasil perhitungan didapatkan nilai penurunan durasi sebesar 450% dan intensitas 59%.

DAFTAR PUSTAKA

- Chai, Y., Jin, C., Wang, A., Guan, D., Wu, J., Yuan, F., Xu, L. (2015). *Spatio-Temporal Analysis of the Accuracy of Tropical Multisatelillite Precipitation Analysis 3B42 Precipitation Data in Mid-High Latitudes of China*. Plos One. doi: 10.1371/journal.pone.0120026
- Collischonn, B., Collischonn, W., Tucci, C.E.M. (2008), *Daily Hydrological Modeling in The Amazon Basin Using TRMM Rainfall Estimates*. *Journal of Hydrology*, 360, 207- 216. doi: 10.1016/j.jhydrol.2008.07.032
- Gu, H-h., Yu, Z-b., Yang, C-g., Ju, Q., Lu, B-h., Liang, C. (2010), *Hydrological Assesment of TRMM Rainfall Data Over Yangtze River Basin*. *Water Science and Engineering*, 3(4), 418-430. doi:10.3882/j.issn.1674- 2370.2010.04.005.
- Mantas, V.M., Liu, Z., Caro, C., Pereira, A.J.S.C. (2015). *Validation of TRMM Multi-Satellite Precipitation Analysis (TMPA) Products in the Peruvian Andes*. *Atmospheric Research*, 163, 132- 145 doi: 10.1016/j.atmosres.2014.11.012
- Miles, M., Huberman, M., Mathew, 2007. *Metode Penelitian Sosial Berbagai Alternatif Pendekatan*. UIP Jakarta.
- Mori, S., Hamada, J.-I., Y.I. Tauhid, M.D. Yamanaka, N. Okamoto, F. Murata, N. Sakurai, and T. Sribimawati, *Diurnal land-sea rainfall peak migration over Sumatera Island, Indonesia maritime continent observed by TRMM satellite and intensive rawinsonde soundings*. *Mon. Wea. Rev.*, 132, 2021-2039, 2004.
- Muslim, Nuraniah. 2012. *Sistem Informasi Geografis Berbasis Web Pemetaan Potensi Panas Bumi di Indonesia menggunakan Google Maps*. *Jurnal DAS* Vol. 13 No. 2 Juni 2012 ISSN: 1411-3201
- Sagita, N., Prasetya, R. (2013). *Analisis Citra Satelit MTSAT dan TRMM Menggunakan Software ER MAPPER, SATAID dan PANOPLY saat Kejadian Curah Hujan Ekstrem di Wilayah Manado 16 Februari 2013*. *Jurnal Fisika dan Aplikasinya*, 9 (2) , 6 6 - 7 2 .
- Sakurai, N., F. Murata, M.D. Yamanaka, S. Mori, Hamada J.-I., H. Hashiguchi, Y.I. Tauhid, T. Sribimawati, and B. Suhardi, *Diurnal cycle of cloud system migration over Sumatera Island*. *J. Meteor. Soc. Japan*, revised
- Syaifullah, M.D. (2014). *Validasi Data TRMM Terhadap Data Curah Hujan Aktual di Tiga DAS di Indonesia*. *Jurnal Meteorologi dan Geofisika*, 15(2), 109-118
- Suhardi, Budi, Saputra Hadi, dan Jantika Haswan, Leni. (2018) *Pengaruh Madden Julian Oscillation Terhadap Kejadian Curah Hujan Ekstrem Di Provinsi Jawa Barat (Studi Kasus Di Kabupaten Sukabumi)* *Jurnal Geografi, Edukasi dan Lingkungan (JGEL)*, Vol. 2, No. 2, Juli 2018:65-77 ISSN P: 2579 – 8499; E: 2579 – 8510 Website: <http://journal.uhamka.ac.id/index.php/jgel>



Wibowo, K. M., Kanedi, I., Jumadi, Juju. 2015. *Sistem Informasi Geografis (SIG) menentukan Lokasi Pertambangan Batu Bara di Provinsi Bengkulu Berbasis Website*. Jurnal Media Infotama Vol. 11 No. 1, Februari 2015 ISSN 1858-2680

Wirjohamidjojo, S., & Yunus Swarinoto. (2010). *IKLIM KAWASAN INDONESIA (Dari Aspek Dinamik - Sinoptik)*. Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.