

## Potensi Resiko Banjir dengan Menggunakan Citra Satelit (Studi Kasus : Kota Manado, Provinsi Sulawesi Utara)

Brian Laurensz<sup>1</sup>, Feibe Lawalata<sup>2</sup>, Sri Yulianto Joko Prasetyo<sup>3</sup>  
Program Studi Magister Sistem Informasi, Fakultas Teknologi Informasi,  
Universitas Kristen Satya Wacana.

Email : <sup>1</sup>brianlaurensz@gmail.com, <sup>2</sup>lawalata\_feibe@ymail.com, <sup>3</sup>sri.yulianto@uksw.edu

---

**Abstrak** — Bencana alam adalah salah satu fenomena yang dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun. Bencana alam banjir merupakan bencana yang paling banyak di dapati hampir diseluruh tempat, banjir dapat membawa kerusakan , kerugian dan bahkan dapat merenggut nyawa. Kondisi Sulawesi utara (Sulut) dan sekitarnya merupakan wilayah rawan bencana baik secara geografis, geologis, hidrologis dan demografis. Kondisi daerah Sulut berada di pertemuan beberapa lempeng tektonik bumi, di kelilingi oleh beberapa gunung berapi, daerah kepulauan dan degradasi lingkungan yang tinggi. Oleh sebab itu hampir sebagian besar potensi ancaman bencana berada di wilayah sulut dan sekitarnya. Berdasarkan kejadian bencana alam di Kota Manado beberapa tahun terakhir ini, yang terjadi di beberapa kecamatan. Dilihat dari karakteristik wilayah Kota Manado maka dilakukan pemetaan daerah risiko banjir dengan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang bertujuan untuk memberikan informasi lokasi-lokasi yang memiliki risiko bencana banjir. Pada penelitian ini menggunakan metode analisis *Standardized Precipitation Index* (SPI), *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI), *Soil Adjusted Vegetation Index* (SAVI) dan *Inverse Distance Weighted* (IDW) untuk eksplorasi data menggunakan Quantum GIS (QGIS). Dapat dilihat nilai NDVI atau indeks vegetasi tingkat kehijauan di Manado pada musim hujan ada pada rentang 0.451 – 0.639, yang menandakan indeks vegetasi kehijauan tinggi. Dan pada musim kemarau ada pada rentang 0.444 – 0.615, yang menandakan indeks vegetasi kehijauan tinggi. Dalam metode NDWI di dapati tingkat kebasahan di kota Manado ada pada tingkat sedang. Untuk metode SAVI di dapati Manado ad pada rentang nilai -0.103 sampai 0.153 yang menandakan banyak genangan air. Berdasarkan pembahasan di dapati kecamatan yang berpotensi banjir di kota Manado dari yang paling tinggi sampai dengan rendah yaitu : yang paling tinggi ada di kecamatan Tuminting, Singkil, Paal Dua, Tikala, Wanea, Sario, Wenang, Malalayang. Berpotensi sedang : Kecamatan Bunaken, dan berpotensi rendah Kecamatan Mapanget.

**Kata Kunci** — *Bencana alam banjir, GIS, NDVI, NDWI, SAVI*

---

### I. PENDAHULUAN

Bencana alam adalah salah satu fenomena yang dapat terjadi setiap saat, dimanapun dan kapanpun. Bencana alam banjir merupakan bencana yang paling banyak di dapati hampir diseluruh tempat, banjir dapat membawa kerusakan , kerugian dan bahkan dapat merenggut nyawa.[1] Tetapi sering kali didapati masi banyak masyarakat yang kurang peduli dengan kondisi tersebut, terlebih untuk masyarakat yang tinggal di dekat sungai dan tempat yang rawan terjadi bencana banjir.

Kondisi Sulawesi utara (Sulut) dan sekitarnya merupakan wilayah rawan bencana baik secara geografis, geologis, hidrologis dan demografis. Kondisi daerah Sulut berada di pertemuan beberapa lempeng tektonik bumi, di kelilingi oleh beberapa gunung berapi, daerah kepulauan dan degradasi lingkungan yang tinggi. Oleh sebab itu hampir sebagian besar potensi ancaman bencana berada di wilayah sulut dan sekitarnya[2].

Berdasarkan kejadian bencana alam di Kota Manado beberapa tahun terakhir ini, yang terjadi di beberapa kecamatan. Dilihat dari karakteristik wilayah Kota Manado maka dilakukan pemetaan daerah risiko banjir dengan pemanfaatan Sistem Informasi Geografis (SIG) yang bertujuan untuk memberikan informasi lokasi-lokasi yang

memiliki risiko bencana banjir.

Pemetaan Risiko Bencana adalah kegiatan pembuatan peta yang mempresentasikan dampak negatif yang dapat timbul berupa kerugian materi dan non materi pada suatu wilayah apabila terjadi bencana. Diperlukan data yang valid untuk proses pemetaan risiko sehingga dapat mempresentasikan kondisi sebenarnya di lapangan[3].

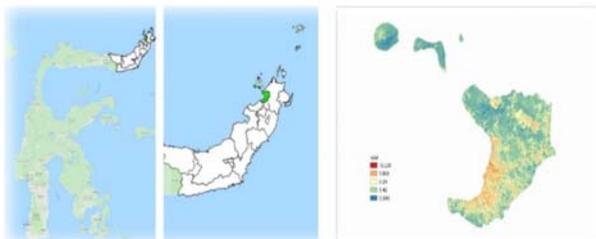
Perkembangan Sistem Informasi Geografis (SIG) mampu menyediakan informasi data geospasial seperti obyek dipermukaan bumi secara cepat, sekaligus menyediakan sistem analisis keruangan yang akurat. Sehingga dapat dilakukan upaya mitigasi bertujuan mencegah risiko yang berpotensi menjadi bencana atau mengurangi efek dari bencana ketika bencan itu terjadi[3].

### II. METODE PENELITIAN

#### A. Lokasi dan waktu penelitian

Penelitian dilaksanakan di Provinsi Sulawesi Utara, Indonesia. Provinsi Sulawesi Utara secara geografis berada pada posisi 00°15'51" - 05°34'06" Lintang Utara / 123°07'00" - 127°10'30" Bujur Timur, Kota Manado terletak di antara 1° 30' - 1° 40' Lintang utara dan 124° 40' - 126° 50' Bujur Timur. Batas wilayah Kota Manado adalah Sebelah Utara, dengan Kec. Wori (Kab. Minahasa Utara) & Teluk

Manado, Sebelah Timur dengan : Kec. Dimembe (Kab. Minahasa Utara) dan Kec. Pineleng (Kab. Minahasa), Sebelah Selatan dengan: Kec. Pineleng (Kab. Minahasa); dan Sebelah Barat dengan : Teluk Manado/Laut Sulawesi Secara administratif Kota Manado terbagi atas sembilan kecamatan dan delapan puluh tujuh kelurahan / desa sesuai dengan Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 1988 luas Kota Manado adalah 15.726 Ha[4]. Pada penelitian ini difokuskan pada kecamatan mana saja yang beresiko terkena banjir.



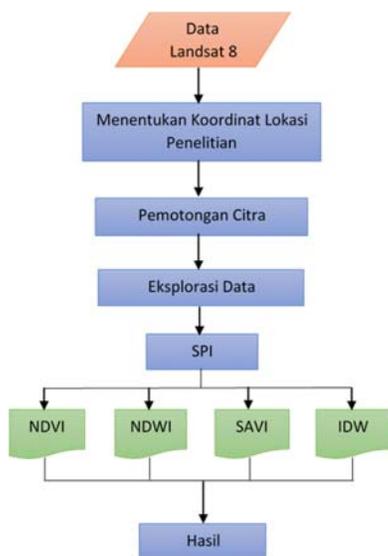
Gambar 1. Lokasi Penelitian Land Cover Manado

B. Jenis dan sumber data

Penelitian ini menggunakan citra Landsat 8 OLI Manado path/row : 112/059, resolusi 30x30 m, akusisi 17 Agustus 2018 dan 21 November 2018 yang di peroleh dari The US Geological Survey (USGS). Data curah hujan di ambil dari <http://dataonline.bmkg.go.id/>, data yang di ambil dari Januari 2018.

C. Metode

Pada penelitian ini menggunakan metode analisis *Standardized Precipitation Index (SPI)*, *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*, *Normalized Difference Water Index (NDWI)*, *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* dan *Inverse Distance Weighted (IDW)* untuk eksplorasi data menggunakan Quantum GIS (QGIS). Tahapan metodologi penelitian dapat di lihat pada Gambar 2. [5][6][7]



Gambar 2. Diagram Alir Penelitian

D. Landsat Satelit

Satelit LDCM (Landsat-8) adalah misi kerjasama antara NASA dan USGS (*U.S.Geological Survey*) dengan pembagian tanggung jawab masing-masing. NASA bertanggung jawab akan penyediaan satelit LDCM (Landsat-8), instrument-instrumen, pesawat peluncur dan elemen-elemen operasi misi sistem Stasiun Bumi. NASA juga akan mengelola fase awal peluncuran sampai dengan kondisi satelit beroperasi di orbitnya pada ruas antariksa (dari peluncuran sampai penerimaan). USGS bertanggung jawab akan penyediaan pusat operasi-operasi misi dan sistem-sistem pengolahan pada Stasiun Bumi (termasuk pengaripan dan jaringan-jaringan data), demikian juga tim operasi-operasi penerbangan.[8]

Sensor pencitraan OLI (*Operational Land Imager*) pada LDCM (Landsat-8) yang mempunyai 1 kanal inframerah dekat dan 7 kanal tampak reflektif, akan meliputi panjang-gelombang elektromagnetik yang direfleksikan oleh objek pada permukaan bumi, dengan resolusi spasial 30 meter. Sensor pencitra OLI mempunyai kemampuan resolusi spasial dan resolusi spectral yang menyerupai sensor ETM+ (*Enhanced Thermal Mapper plus*) dari Landsat-7. Akan tetapi sensor pencitra OLI tidak mempunyai kanal termal. Namun demikian, sensor pencitra OLI ini mempunyai kanal-kanal yang baru yaitu, kanal-1: 443nm untuk deteksi *aerosol* garis pantai dan kanal 9 : 1375nm untuk *cirrus*.[8]

E. Indeks Vegetasi

Algoritma pemrosesan sinyal digital untuk menghitung indeks vegetasi diperoleh dengan memanfaatkan karakteristik panjang gelombang pantul daun, struktur daun yang sangat bervariasi tergantung pada spesies dan kondisi lingkungan tumbuhan hidup. Karbon dioksida masuk ke dalam daun melalui lubang-lubang kecil yang di sebut dengan stomata. Setiap stomata dikelilingi oleh sel penjaga atau guard cell yang mengatu masuknya karbon dioksida kedalam daun untuk melakukan proses fotosintesis atau penyimpanan energy dengan bantuan matahari dengan reaksi kimia.[9]

Proses sintesis inilah yang dimanfaatkan oleh sebuah citra penginderaan jaun untuk menentukan kandungan vegetasi atau non-vegetasi. Molekul yang dikenai cahaya akan menghasilkan dua kondisi yaitu molekul menyerap dan tereksitasi ke tingkat energy yang lebih tinggi dan molekul memantulkan cahaya. Molekul pigmen yang terdapat pada tumbuhan hijau menyerap panjang gelombang cahaya pada daerah tampak dengan *range spectrum* antara 0,35µm hingga 0,7 µm.[9]

Indeks vegetasi merupakan suatu algoritma yang diterapkan terhadap citra (biasanya multisaluran), untuk menonjolkan aspek kerapatan vegetasi ataupun aspek yang berkaitan dengan kerapatan, misalnya biomassa, *Leaf Area Index (LAI)*, konsentrasi klorofil dan sebagainya. Secara praktis, indeks vegetasi ini merupakan suatu transformasi matematis yang melibatkan beberapa saluran sekaligus, dan menghasilkan citra baru yang lebih representatif dalam menyajikan fenomena vegetasi.[10]

F. *Normalized Difference Vegetation Index (NDVI)*

NDVI atau *Normalized Difference Vegetation Index*

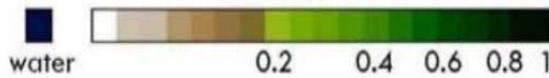
merupakan metode standar yang digunakan dalam membandingkan tingkat kehijauan vegetasi (kadar klorofil). Formula standar untuk menghitung nilai NDVI yaitu :

$$NDVI = \frac{(NIR - RED)}{(NIR + RED)}$$

Dimana :

NIR = Saluran Inframerah dekat (*Near Infrared*)

RED = Refletans Saluran Merah (*Red*)



Gambar 3. Rentang Data NDVI

Gambar 3 menjelaskan bahwa wilayah yang mempunyai nilai tingkat kehijauan vegetasi NDVI di bawah 2.0, maka wilayah tersebut sudah keluar dari kelompok vegetasi (wilayah perairan atau tanah bebatuan). Wilayah yang bernilai diatas 4.0, dinyatakan dengan wilayah dengan nilai vegetasi tinggi (wilayah hutan lebat).[9]

G. *Normalized Difference Water Index (NDWI)*

Dalam menganalisis indeks kebasahan dengan citra landsat, kanal/band yang digunakan adalah 4 dan 5. Band 4 termasuk dalam spektral inframerah dekat (*near*)/*Near Infrared (NIR)* dengan panjang gelombang 0,76-0,90, kegunaan dari band 4 tersebut yaitu dapat membedakan jenis vegetasi yang dideteksi dan juga aktivitas vegetasi tersebut sehingga dapat membatasi tubuh air dan juga kelembaban tanah. Sedangkan band 5 termasuk dalam infra merah sedang/*middle infrared* dengan panjang gelombang 1.55-1.75, band 5 berguna untuk menunjukkan komposisi kelembaban tumbuhan dan kelembaban tanah, juga dapat membedakan salju dan awan. Indeks kebasahan ini juga menunjukkan *normalized difference water index (NDWI)*[11]. NDWI ini dikembangkan untuk menggambarkan badan air dari citra satelit. Dengan formula :

$$NDWI = NIR - SWIR / NIR + SWIR$$

Tabel 1 Klasifikasi NCWI

Kelas	Nilai NDWI	Tingkat Kebasahan
1	-1<NDWI<0	Non-Badan Air
2	0<NDWI<0.33	Kebasahan Sedang
3	0.33<NDWI<1	Kebasahan Tinggi

(Sumber : Haikal, 2014)

H. *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)*

Index vegetasi ini merupakan indeks vegetasi tanah yang disesuaikan, *Soil Adjusted Vegetation Index (SAVI)* ini mirip dengan indeks vegetasi NDVI, namun pada indeks SAVI lebih menekankan pada efek piksel tanah. Menggunakan factor penyesuaian kanopi latar belakang L yang merupakan fungsi dari kerapatan vegetasi. Menunjukkan nilai optimal L = 0,5 untuk memperhitungkan orde pertama variasi latar belakang tanah. Indeks ini paling baik digunakan di daerah

dengan vegetasi yang relative jarang dimana tanah terlihat melalui kanopi[12].

$$SAVI = \frac{1,5 * (NIR - Red)}{(NIR + Red + 0.5)}$$

Dengan :

NIR : Band inframerah dekat untuk sebuah sel (Band 5)

RED : Band merah untuk sebuah sel (Band 4)

Tabel 2 Nilai klasifikasi SAVI

Kelas	Kerapatan	Jenis RTH
-0,3667 -0,0187	Non RTH	Tubuh air seperti sungai dll
0,0187 -0,1041	Sangat rendah	Pemukiman lahan terbuka yang dilapisi dengan aspal atau paving maupun jalan aspal
0,1041 -0,3667	Rendah	Lahan vegetasi penutup tanah, seperti pada jalan tanah, lapangan kosong, tanpa dilapisi dengan aspal atau paving
0,3667 -0,5214	Sedang	Lahan vegetasi penutup berupa perkebunan kelapa, kebun campuran, vegetasi rerumputan, padang golf, alang-alang
0,5214 -0,7895	Tinggi	Vegetasi Berhutan

I. *Standardized Precipitation Index (SPI)*

Metode indeks kekeringan SPI adalah indeks yang digunakan untuk menentukan penyimpangan curah hujan terhadap normalnya dalam satu periode yang panjang (bulanan, dua bulanan, tiga bulanan dan seterusnya). Metode SPI ini dikembangkan oleh McKee tahun 1993. Metode ini merupakan model untuk mengukur defisit curah hujan pada berbagai periode berdasarkan kondisi normalnya.

McKee menggunakan klasifikasi si bawah ini untuk mengidentifikasi intensitas kekeringan, dan juga kriteria kejadian kekeringan untuk skala waktu tertentu. Kekeringan terjadi pada waktu SPI secara berkesinambungan negatif dan mencapai intensitas kekeringan dengan SPI bernilai -1 atau kurang, sedangkan kekeringan akan berakhir apabila nilai SPI menjadi positif.[13]

**Tabel 3 Klasifikasi Nilai SPI**

Nilai SPI	Klasifikasi
$\geq 2.00$	Amat Sangat Basah
1.50 s.d 1.99	Sangat Basah
1.00 s.d 1.49	Cukup Basah
-0.99 s.d 0.99	Mendekati Normal
-1.00 s.d -1.49	Cukup Kering
-1.5- s.d -1.99	Sangat Kering
$\leq -2.00$	Amat Sangat Kering

(Sumber : Saidah, 2017)

Perhitungan nilai SPI berdasarkan jumlah sebaran gamma yang didefinisikan sebagai fungsi frekuensi atau peluang kejadian sebagai berikut[13] :

$$G(x) = \int_a^b g(x) dx = \frac{1}{\beta \alpha r(a)} \int_x^0 t^{a-1} e^{-\frac{x}{\beta}} dx \tag{1}$$

Nilai  $\alpha$  dan  $\beta$  diestimasi untuk setiap stasiun hujan dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$a = \frac{x^2}{sd^2} \tag{2}$$

$$\beta = \frac{x}{a} \tag{3}$$

Dimana

$$A = \ln(x) - \frac{\ln \sum(x)}{n} \tag{4}$$

n = Jumlah data curah hujan

dan karena fungsi gamma tidak terdefinisi untuk x=0, maka nilai G(x) menjadi :

$$H(x) = q + 1(1 - q)G(x) \tag{5}$$

Dimana q = m/n dengan m adalah jumlah kejadian hujan 0 mm dalam deret seri data hujan. Perhitungan nilai SPI untuk  $0 < H(x) \leq 0.5$

$$Z = SPI = - \left( t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \tag{6}$$

Dan transform gamma distribution :

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(H(x))^2} \right]} \tag{7}$$

Sedangkan untuk  $0.5 < H(x) \leq 1.0$

$$Z = SPI = + \left( t - \frac{c_0 + c_1 + c_2 t^2}{1 + d_1 t + d_2 t^2 + d_3 t^3} \right) \tag{8}$$

Dan transform gamma distribution :

$$t = \sqrt{\ln \left[ \frac{1}{(1 - H(x))^2} \right]} \tag{9}$$

Dengan :

$c_0 = 2.515517$	$d_1 = 1.432788$
$c_1 = 0.802853$	$d_2 = 0.189269$
$c_2 = 0.010328$	$d_3 = 0.001308$

Kekeringan terjadi pada waktu nilai SPI secara berkesinambungan negative dan mencapai intensitas kekeringan sengan SPI bernilai -1 atau lebih kecil.[13] Metode SPI dapat menghitung tingkat kekeringan dengan beragam periode, seperti 1, 3, 6, dan 12 bulanan tergantung peruntukan hasil perhitungannya.[14]

### J. Inverse Distance Weighted (IDW)

Metode ini memiliki asumsi bahwa setiap titik input mempunyai pengaruh yang bersifat local yang berkurang terhadap jarak. Metode IDW umumnya dipengaruhi oleh inverse jarak yang diperoleh dari persamaan matematika. Pada metode interpolasi ini kita dapat menyesuaikan pengaruh relative dari titik-titik sampel. Nilai power pada interpolasi IDW ini menentukan pengaruh terhadap titik-titik masukan (input), dimana pengaruh akan lebih besar pada titik-titik yang lebih dekat sehingga menghasilkan permukaan yang lebih detail.[7]

Pengaruh akan lebih kecil dengan bertambahnya jarak dimana permukaan yang dihasilkan kurang detail dan terlihat lebih halus. Jika nilai power diperbesar berarti nilai keluaran (output) sel menjadi lebih terlokalisasi dan memiliki nilai rata-rata yang rendah. Peburunan nilai power akan memberikan pengaruh untuk area yang lebih luas. Jika nilai power diperkecil, maka dihasilkan permukaan yang lebih halus. Bobot yang digunakan untuk rata-rata adalah turunan fungsi jarak antara titik sampel dan titik yang diinterpolasi.[7]

Fungsi umum pembobotan adalah inverse dari kuadrat jarak, dan persamaan ini digunakan pada metode Inverse Distance Weighted yang dirumuskan dalam formula :

$$Z^* = \sum_{i=1}^N \omega_i Z_i \dots \dots \dots \tag{2-1}$$

Dimana  $Z_i$  (  $i = 1, 2, 3, \dots, N$ ) merupakan nilai ketinggian data yang ingin diinterpolasi sejumlah N titik, dan bobot (weight)  $\omega_i$  yang dirumuskan sebagai :

$$\omega_i = \frac{h_i^{-p}}{\sum_{j=0}^n h_j^{-p}} \dots \dots \dots \tag{2-2}$$

p adalah nilai positif yang dapat diubah-ubah yang disebut dengan parameter power (biasanya bernilai 2) dan  $h_j$  merupakan jarak dari sebaran titik ke titik interpolasi yang dijabarkan sebagai :

$$h_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2} \dots \dots \dots \tag{2-3}$$

(x,y) adalah koordinat titik interpolasi dan  $(x_i, y_i)$  adalah koordinat untuk ketiap sebaran titik. Fungsi perubah weight bervariasi untuk keseluruhan data sebaran titik sampai pada nilai yang mendekati nol dimana jarak bertambah terhadap sebaran titik.[7]

Kelebihan dari interpolasi IDW adalah karakteristik interpolasi dapat dikontrol dengan membatasi titik-titik masukan yang di digunakan dalam proses interpolasi. Titik-titik yang terletak jauh dari titik sampel dan yang diperkirakan memiliki korelasi spasial yang kecil atau bahkan tidak memiliki kolerasi spasial dapat di hapus dari perhitungan.[7]

### III. HASIL DAN PEMBAHASAN

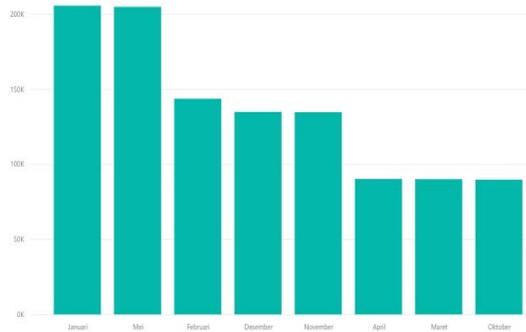
Penelitian ini menggunakan citra landsat 8 pada tanggal 17 Agustus 2018 dan 21 November 2018 untuk mengetahui daerah rawan banjir di Kota Manado, Sulawesi Utara. Hasil

data hujan yang diakses dari <http://dataonline.bmkg.go.id/> terdapat 5 stasiun BMKG, dari kelima stasiun tersebut di dapati data curah hujan sebagai berikut :

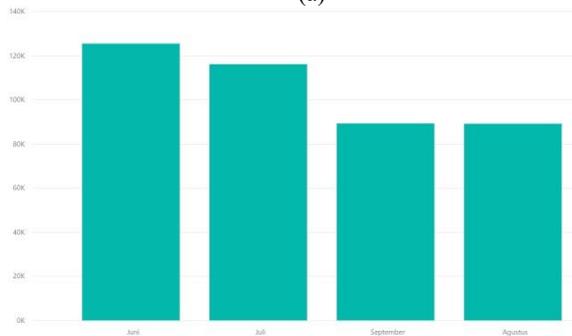


**Gambar 4. Data curah hujan dari 5 stasiun**

Grafik di atas menunjukkan data curah hujan di tahun 2018, dimana titik terjadi banjir ada pada bulan februari. Banjir di Manado terjadi pada tanggal 1 Februari 2019. Bulan basah dan kering di Manado dapat di lihat pada gambar di bawah ini :



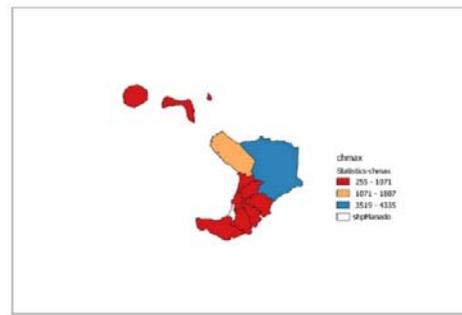
(a)



(b)

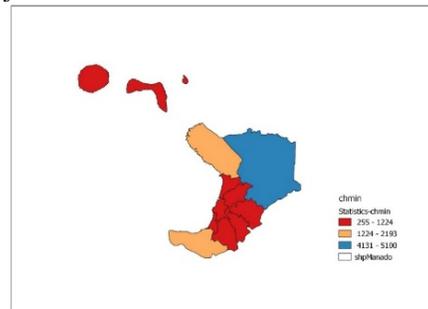
**Gambar 5. (a) Bulan Basah di Manado. (b) Bulan Kering di Manado**

Bulan basah di Manado terjadi dari bulan Oktober sampai dengan bulan Mei dan bulan kering terjadi dari bulan Juni sampai dengan bulan September[15]. Dari data di atas dapat dibuat peta sebaran hujan maksimal dan minimum Kota Manado yang dapat dilihat di bawah ini :



**Gambar 6. Curah Hujan Maximum**

Dari gambar di atas, dapat dilihat curuh hujan maksimum dengan keterangan warna merah dengan curuh hujan 255-1071, oranye dengan curuh hujan 1071-1887, dan biru dengan curuh hujan 3519-4335.



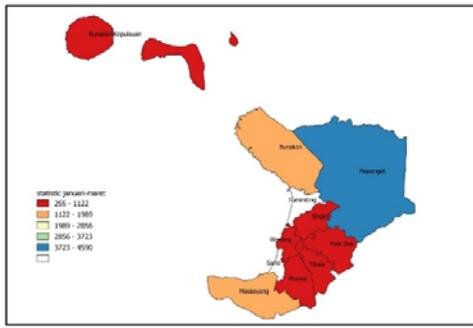
**Gambar 7. Curah Hujan Minimum**

Dari data di atas, dapat dilihat curah hujan minimum dengan keterangan warna merah dengan curuh hujan 255-1224, oranye dengan curuh hujan 1224-2193, dan biru dengan curuh hujan 4132-5100. Di bawah ini adalah data SPI periode 3 bulanan dari 5 stasiun di Sulawesi Utara :

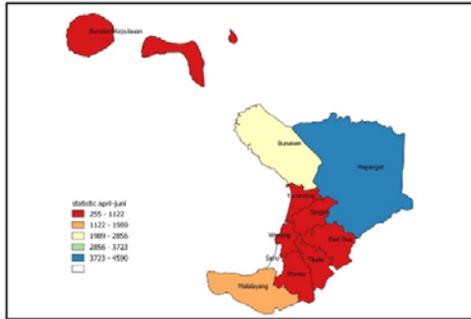
**Tabel 4 Nilai SPI 3 bulanan**

No	Nama Stasiun	Lintang	Bujur	SPI			
				Jan - Mar	Ap - Juni	Jul - Sep	Okt - Des
1	Geifisika Winangun	1,44	124,8389	534,36,4	180,36,16	267,06,5	179,55,8
2	Klimatologi Minahasa Utara	1,545	124,9233	358,65,5	446,78,78	356,68,9	357,32,5
3	Meteorologi Maritim Bitung	1,443	125,1797	978,45,8	268,94,87	444,93,9	180,00,7
4	Meteorologi Naha	3,685	125,52881	940,4,03	425,08	255,49	892,7,92
5	Meteorologi Sam Ratulangi	1,551	124,9256	914,0,07	234,13	908,2,64	904,6,18

Dari tabel di atas, data tersebut kemudian di interpolasi. Gambar di bawah ini adalah hasil dari interpolasi SPI 3 bulanan :

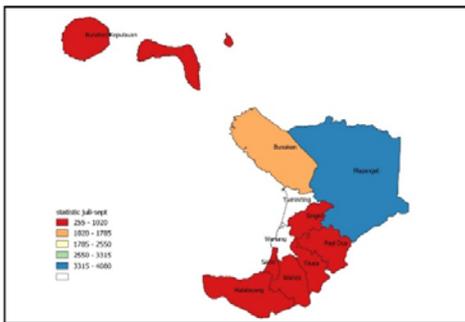


(a)

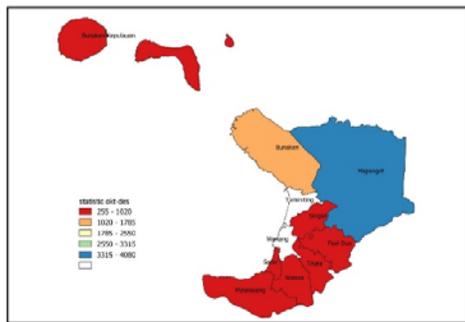


(b)

Gambar 8. (a) SPI Januari – Maret. (b) SPI April – Juni



(a)



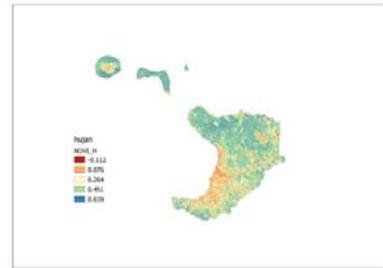
(b)

Gambar 9. (a) SPI Juli sampai September. (b) SPI Oktober sampai Desember

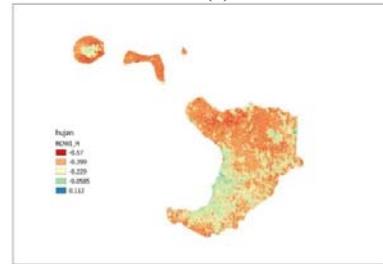
Dari data interpolasi yang di dapat, dapat di simpulkan curah hujan di manado dari bulan Januari sampai desember sangat tinggi. Dengan keterangan warna merah mempunyai nilai 255 – 1122, dilihat dari tabel klasifikasi SPI nilai tersebut menandakan amat sangat basah.

Kemudian data olah lagi dengan metode NDVI, NDWI

dan SAVI dibagi berdasarkan musim kemarau dan musim hujan. Musim hujan jadi seperti gambar di bawah ini :



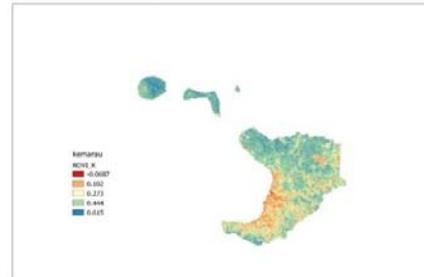
(a)



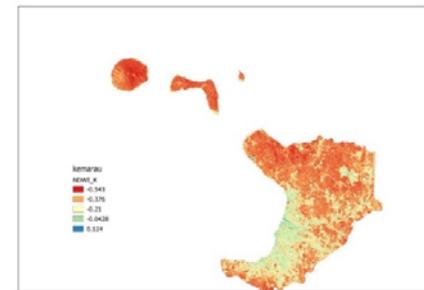
(b)

Gambar 10. (a) NDVI musim hujan. (b) NDWI musim hujan

Dan musim kemarau dapat dibawah ini :



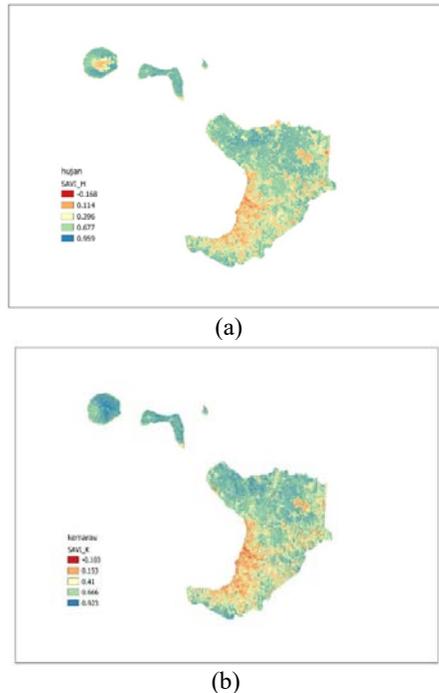
(a)



(b)

Gambar 11. (a) NDVI musim kemarau. (b) NDWI musim kemarau

Metode SAVI musim hujan dan musim kemarau :



**Gambar 12. (a) SAVI musim hujan. (b) SAVI musim kemarau**

Dari gambar di atas dapat dilihat nilai NDVI atau indeks vegetasi tingkat kehijauan di Manado pada musim hujan ada pada rentang 0.451 – 0.639, yang menandakan indeks vegetasi kehijauan tinggi. Dan pada musim kemarau ada pada rentang 0.444 – 0.615, yang menandakan indeks vegetasi kehijauan tinggi. Dalam metode NDWI di dapati tingkat kebasahan di kota Manado ada pada tingkat sedang. Untuk metode SAVI di dapati Manado ad pada rentang nilai -0.103 sampai 0.153 yang menandakan banyak genangan air. Dari data yang ada, maka dibuatlah peta daerah rawan banjir di Kota Manado. Dapat di lihat pada gambar dibawah ini :



**Gambar 13. Pemetaan daerah banjir di Manado**

Berdasarkan pembahasan yang telah dibahas di dapati kecamatan mana saja yang berpotensi banjir di kota Manado dari yang paling tinggi sampai dengan rendah yaitu : yang paling tinggi ada di kecamatan Tuminting, Singkil, Paal Dua, Tikala, Wanea, Sario, Wenang, Malalayang. Berpotensi sedang : Kecamatan Bunaken, dan berpotensi rendah Kecamatan Mapanget.

#### DAFTAR PUSTAKA

- [1] A. L. Nugraha, "Peningkatan Akurasi dan Presisi Analisa Spasial Pemodelan Banjir Kota Semarang Menggunakan Kombinasi Sistem Informasi Geografis Dan Metode Logika Fuzzy," *Teknik*, vol. 39, no. 1, hal. 16–24, 2018.
- [2] Dennis F. Niode, Y. D. Y. Rindengan, dan S. D. S. Karouw, "Geographical Information System ( GIS ) untuk Mitigasi Bencana Alam Banjir di Kota Manado," *E-Journal Tek. Elektro dan Komput.*, vol. 5, no. 2, hal. 14–20, 2016.
- [3] F. Faizana, A. L. Nugraha, dan B. D. Yuwono, "PEMETAAN RISIKO BENCANA TANAH LONGSOR KOTA SEMARANG," *J. Geod. Undip*, vol. 4, no. 1, hal. 223, 2015.
- [4] K. H. Kasse Yusak, Kumurur Veronica, "Analisis persebaran lahan kritis di kota manado," *Sabua*, vol. 6, no. Mei, hal. 187–197, 2014.
- [5] D. Agustina, "Analisis banjir dengan menggunakan citra satelit multilevel di kecamatan rengel kabupaten tuban," *Inst. Teknol. Sepuluh Novemb.*, no. Tugas Akhir, 2017.
- [6] A. Putra, T. Al Tanto, A. R. Farhan, S. Husrin, dan W. S. Pranowo, "PENDEKATAN METODE NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) DAN LYZENGA UNTUK PEMETAAN SEBARAN EKOSISTEM PERAIRAN DI KAWASAN PESISIR TELUK BENOA-BALI," *Ilm. Geomatika*, vol. 23, no. 2, hal. 87–94, 2017.
- [7] J. M. Pasaribu dan N. S. Haryani, "PERBANDINGAN TEKNIK INTERPOLASI DEM SRTM DENGAN METODE INVERSE DISTANCE WEIGHTED (IDW), NATURAL NEIGHBOR DAN SPLINE (COMPARISON OF DEM SRTM INTERPOLATION TECHNIQUES USING INVERSE DISTANCE WEIGHTED (IDW), NATURAL NEIGHBOR AND SPLINE METHOD)," *J. Penginderaan Jauh*, vol. 9, no. 2, hal. 126–139, 2012.
- [8] G. Sitanggang, "Kajian Pemanfaatan Satelit Masa Depan : Sistem Penginderaan Jauh Satelit LDCM ( Landsat-8 )," *Ber. Dirgant.*, vol. 11, no. 2, hal. 47–58, 2010.
- [9] J. A. Ginting dan A. M. Jadera, "Analisa Indeks Vegetasi Menggunakan Citra Satelit Lansat 7 dan Lansat 8 Menggunakan Metode K-Means di Kawasan Gunung Sinabung," *Indones. J. Comput. Model.*, vol. 1, no. 1, hal. 42–48, 2018.
- [10] A. Arnanto, "PEMANFAATAN TRANSFORMASI NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX (NDVI) CITRA LANDSAT TM UNTUK ZONASI VEGETASI DI LERENG MERAPI BAGIAN SELATAN," *Geomedia Maj. Ilm. dan Inf. Kegeografian*, vol. 11, no. 2, hal. 155–170, 2018.
- [11] T. Haikal, "ANALISIS NORMALIZED DIFFERENCE WETNESS INDEX (NDWI) DENGAN MENGGUNAKAN DATA CITRA LANDSAT 5 TM (STUDI KASUS : PROVINSI JAMBI PATH/ROW : 125/61)," 2014.
- [12] S. Sinaga, A. Suprayogi, dan Haniah, "ANALISIS KETERSEDIAAN RUANG TERBUKA HIJAU DENGAN METODE NORMALIZED

- 
- DIFFERENCE VEGETATION INDEX DAN SOIL ADJUSTED VEGETATION INDEX MENGGUNAKAN CITRA SATELIT SENTINEL-2A (Studi Kasus : Kabupaten Demak),” *J. Geod. Undip*, vol. 7, hal. 202–211, 2018.
- [13] H. Saidah, M. B. Budianto, dan L. Hanifah, “ANALISA INDEKS DAN SEBARAN KEKERINGAN MENGGUNAKAN METODE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) DAN GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM (GIS) UNTUK PULAU LOMBOK,” *J. Spektran*, vol. 5, no. 2, hal. 173–179, 2017.
- [14] I. Andika, “PENERAPAN METODE STANDARDIZED PRECIPITATION INDEX (SPI) UNTUK ANALISA KEKERINGAN DI DAS NGASINAN KABUPATEN TRENGGALEK,” 2016.
- [15] S. H. J. Tongkukut, “El-NINO DAN PENGARUHNYA TERHADAP CURAH HUJAN DI MANADO SULAWESI UTARA,” *J. Ilm. Sains*, vol. 11, hal. 102–108, 2011.