

## Karakteristik Pasang Surut, Curah Hujan dan Penguapan Terhadap Kejadian Banjir Rob di Pesisir Surabaya Utara

M. Arif Wiyono<sup>1</sup> dan Rahyono<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika, Surabaya

<sup>2</sup>Universitas Hang Tuah, Surabaya

[Arifwiyono@gmail.com](mailto:Arifwiyono@gmail.com)

### Abstrak

Kenaikan pasang yang tinggi menjadi sumber utama penyebab meluapnya air laut atau banjir rob. Tinggi pasang surut air laut sangat dipengaruhi oleh faktor astronomis. Permodelan dapat memperoleh informasi spasial banjir rob berdasarkan hasil analisis tinggi HHWL pasang surut dengan memperhatikan faktor meteorologi berupa curah hujan dan penguapan. Pembuatan peta luas genangan banjir rob dengan menggunakan data selama satu dasawarsa dari 2008 – 2017 dan Januari 2018. Pasang surut satu dasawarsa di pesisir utara kota Surabaya merupakan tipe campuran condong harian ganda dengan nilai  $f$  1,18. Elevasi HHWL mencapai 402,82 cm; curah hujan 357,7 mm dan penguapan 268,4 mm selama sedasawarsa. Januari 2018 elevasi HHWL mencapai 230 cm; 280,7 mm dan 119,9 mm penguapan. Elevasi darat di pesisir utara kota Surabaya yang paling rendah berada di Kenjeran dengan rerata antara 1,65 – 2,2 m.

**Kata kunci:** Utara Surabaya, Pasang Surut, curah hujan.

### Abstract

*The tidal high rise is main sources to impacted inland flooding or rob. Ocean tides are greatly influenced by astronomical factors. Modelling can obtain spatial information of flood based on HHWL by considering meteorology factors such as rainfall an evaporation. Tidal flood mapping using a decade period, from 2008 – 2017 and Januari 2018. Tidal phase during a decade in the north of Surabaya Coastal was shown to mixed tide prevailing semidiurnal type with values  $f$  1,18. HHWL reach up 402,82 cm; rainfall 357,7 mm and evaporation value 268,4 mm. In January 2018, HHWL elevation reach to 230 cm; rainfall 280,7 mm and evaporation 119,9 mm. The lowest elevation in the north of Surabaya Coastal di pesisir utara kota Surabaya located at Kenjeran with average height 1,65 – 2,2 m.*

**Key words:** North Surabaya, Tidal, rainfall

DOI: <http://dx.doi.org/10.30649/jrkt.v1i2.28>

### PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara maritime yang wilayah perairannya lebih besar daripada daratan. Masyarakat Indonesia banyak yang menggantungkan hidupnya di lautan, sehingga mendirikan pusat pemukiman di sekitar wilayah pesisir. Surabaya menjadi salah satu kota yang memiliki padat penduduk di wilayah pesisir. Walaupun menguntungkan dalam biaya transportasi, tetapi terdapat ancaman dalam pendirian

pemukiman di pesisir. Salah satu ancaman tersebut adalah bencana alam banjir rob. Banjir rob merupakan bencana yang terjadi setiap tahun di kota Surabaya. Problematika ini juga ditemui di kota - kota besar lainnya yang berbatasan dengan lautan.

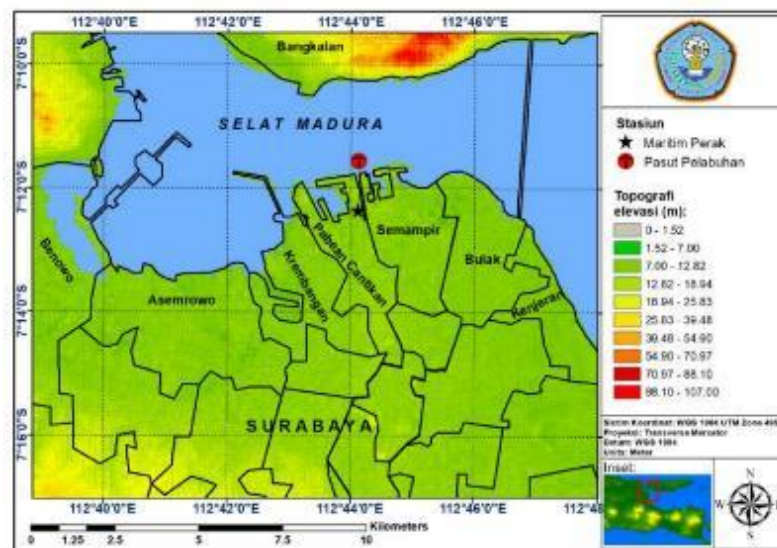
Kenaikan pasang yang tinggi menjadi sumber utama penyebab meluapnya air laut atau banjir rob. Tinggi pasang surut air laut sangat dipengaruhi oleh faktor astronomis. Namun banjir rob pada tanggal 29 Desember 2016 menunjukkan adanya kombinasi dari faktor meteorologi berupa curah hujan.

Masyarakat menggantungkan hidupnya di wilayah pesisir Surabaya, baik yang bekerja di wilayah pelabuhan maupun berprofesi sebagai nelayan rentan terkena banjir rob. Dengan demikian upaya mitigasi terhadap bencana banjir rob adalah hal yang wajib diimplementasikan di kota Surabaya. Pemberian informasi yang cepat, akurat dan mudah dipahami menjadi tantangan yang harus dihadapi pemerintah. Oleh karena itu diharapkan dalam kajian banjir rob di pesisir utara Surabaya menggunakan Mike 21 mengenai karakteristik pasang surut, curah hujan dan penguapan terhadap kejadian banjir rob di kawasan pesisir utara Surabaya dapat menjawab tantangan tersebut.

## METODE PENELITIAN

### Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan selama Februari 2018–Juli 2018 dengan kajian pada wilayah pesisir, yaitu Pesisir Utara Kota Surabaya. Pesisir Utara Kota Surabaya terdiri dari tujuh kecamatan, membujur dari timur hingga barat yakni: Kecamatan Kenjeran, Bulak, Semampir, Pabean Cantikan, Krembangan, Asemrowo dan Benowo tertera di Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi Penelitian

Data sampel curah hujan dan penguapan Januari 2018 diambil dari Stasiun Meteorologi Maritim Perak Surabaya. Lokasi titik koordinat kajian Pesisir Utara Kota Surabaya. Data sekunder yang digunakan dalam penelitian diambil pada satu dekade terakhir, yaitu pasang surut, curah hujan dan penguapan.

### Metode Pengambilan dan Analisis Data

Data curah hujan dan penguapan diperoleh melalui pengamatan *in situ*. Curah hujan yang tertakar dalam penakar hujan Obs, diukur setiap 3 jam sekali menggunakan gelas ukur. Kemudian setiap jam 00 UTC atau 07 WIB dilakukan penakumulasian curah hujan dalam 1 hari. Setelah mengamati curah hujan, dilakukan pengamatan penguapan pada panci penguapan dengan menghitung selisih tinggi muka air laut yang diukur dengan menggunakan *hook gauge*. Data pasang surut yang digunakan diperoleh dari Dishidros. Banjir rob dipetakan dari kombinasi data pasut, curah hujan dan penguapan. Ketiga data tersebut sebagai input *softwareMike 21*. Pengolahan awal yakni dengan mengolah data pasang surut dengan metode *admiralty*. Metode ini menghasilkan komponen harmonik pasang surut yang selanjutnya digunakan untuk menghitung bilangan *formzhal* (F). Persamaan 1 merupakan perhitungan matematis *formzhal*:

$$f = \frac{AK1+AO1}{AM2+AS2} \dots\dots\dots (1)$$

Analisis banjir dilakukan dua kali proses. Proses yang pertama dilakukan untuk mengetahui elevasi muka air laut pada satu dasawarsa, sedangkan analisis kedua dilakukan untuk mengetahui elevasi muka air laut pada kondisi terakhir yakni Januari 2018. Tinggi pasang surut yang digunakan adalah *HHWL*. Hitungan *HHWL* dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan yang didapatkan dari Djaja (1987) seperti Persamaan 2.

$$HHWL = Z_0 + ((AK_1 + AO_1) + (AM_2 + AS_2)) \dots\dots\dots (2)$$

## HASIL DAN PEMBAHASAN

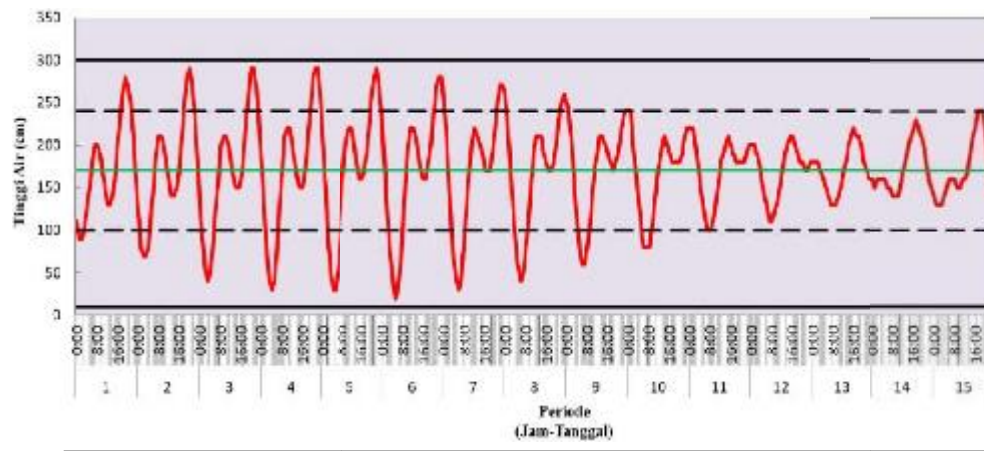
### Pasang Surut Laut

Pengolahan pasang surut perairan pesisir utara Surabaya selama satu dasawarsa untuk mengetahui *duduk tengah sejati (dts)* dan tipe pasang surut sejati. Nilai *MSL* yang didapatkan setiap 15 hari dalam sebulan memiliki fluktuasi yang berbeda, perbedaan ini menyebabkan pola *MSL* tertinggi yakni mencapai 200 cm pada 2012 dan terendah bernilai 159,16 cm pada 2016. Hasil nilai *dts* pasang surut perairan pesisir Surabaya dari 2008 hingga 2018 mencapai 177 cm dengan nilai penyimpangan mencapai 13,71. Elevasi air saat *HHWL* mencapai 402,82 cm.

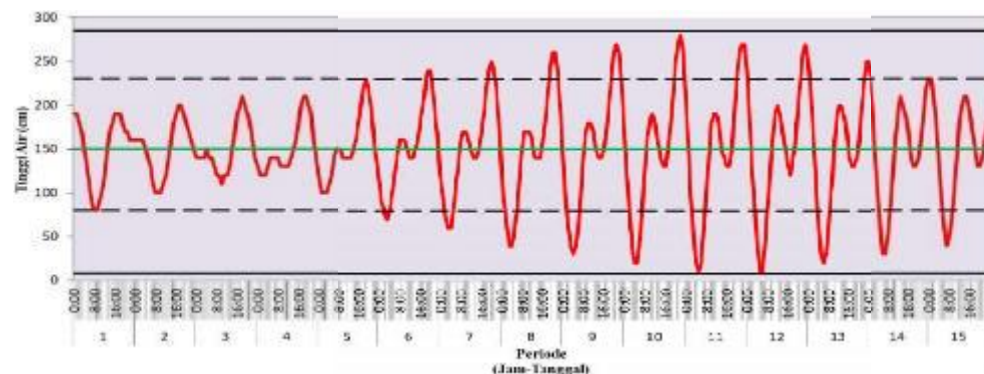
Perhitungan nilai *formzhal* untuk mengetahui pasang surut sejati didapatkan dari pengolahan komponen harmonik yakni komponen *AK1*, *AO1*, *AM2* dan *AS2*. Amplitudo konstanta *AK1*; *AO1* dan *AM2*; *AS2* yakni bernilai 64,7; 31,39 dan 56,25; 25,84. Hasil amplitudo konstanta ini menghasilkan *formzhal* (F) yang bernilai 1,18 pada pesisir utara Surabaya, sehingga pasang surut yang terjadi merupakan tipe pasang

surut campuran condong harian ganda. Pasang surut campuran condong harian ganda ini memiliki nilai *formzhal* dengan rentang  $0,25 < F < 1,50$ . Tipe pasang surut selama 1 dasawarsa ini juga sesuai pada hasil pengolahan pasang surut setiap Januari 2015, Januari 2016 dan Januari 2018.

Pasang surut Januari 2015 memiliki nilai *formzhal*(F) 1,42 yang merupakan tipe pasang surut campuran condong harian ganda. Muka air laut dengan rincian tinggi air saat *MSL* dan *HHWL* mencapai 170 cm dan 300 cm. Kedudukan air pada saat pasang purnama mencapai 290 cm dan air surut dengan ketinggian 10 cm. Pasang purnama diperkirakan terjadi pada 5-6 Januari 2015. Pasang perbani Januari 2015 terjadi pada 13-14 dengan memiliki tinggi air mencapai 220 cm, sebaliknya pada waktu surut perbani tinggi air hanya 140 cm yang tertera pada Gambar 2.



**Gambar 2** Fluktuasi pasang surut Januari 2015



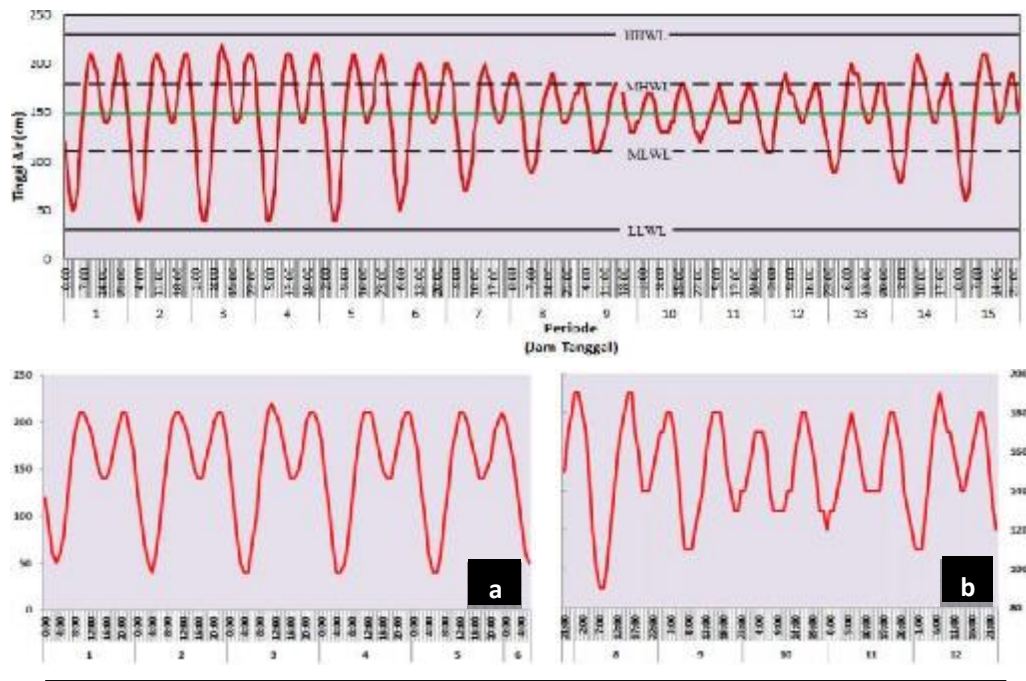
**Gambar 3.** Fluktuasi pasang surut Januari 2016

Fluktuasi pasang surut Januari 2016 memperlihatkan bahwa tinggi air saat *MSL* bernilai 150,02 cm dengan tinggi *HHWL* mencapai 285 cm. Periode Januari 2016 diketahui memiliki nilai *formzhal* (F) yakni 1,40. Fase perbani terjadi di awal bulan, perbani terjadi pada 2 Januari memiliki karakteristik air pasang setinggi 200 cm dan air surut rendah bernilai 110 cm. Pasang surut saat fase purnama yang menyebabkan air pasang tinggi terjadi pada 10 Januari, tinggi air pasang purnama mencapai 285 cm

dan air surut mencapai tinggi 10 cm. Profil pasang surut laut saat Januari 2016 ditunjukkan di Gambar 3.

Perbandingan elevasi *MSL* 2015 dan 2016 memiliki selisih 20 cm dan tinggi *HHWL* memiliki selisih 15 cm. Hasil perbandingan elevasi *MSL* satu dasawarsa juga memperlihatkan adanya selisih nilai nilai *formzhal* (F) Januari 2018 bernilai 1,31 sedangkan kedudukan elevasi *MSL* sebesar 149,98 cm dan *HHWL* mencapai 230 cm. Fluktuasi pasang surut selama 15 hari pada Januari 2018 tertera Gambar 4.3. Fase saat bulan purnama menyebabkan air pasang mencapai kedudukan 220 cm sedangkan saat air surut hingga 40 cm. Fluktuasi saat air pasang dan air surut pada fase purnama terjadi pada tanggal 3 Januari 2018 seperti Gambar 4.a.

Siklus air saat fase ke bulan purnama ini menyebabkan dua kali air pasang dan dua kali air surut dengan tinggi hampir sama. Siklus ini lebih sering dikenal dengan tipe harian ganda, terjadi dari tanggal 1 - 5 Januari 2018. Siklus air pasang dan air surut fase perbani terjadi mulai tanggal 8 – 12 Januari 2018. Tipe pasang surut yakni campuran yang dapat diketahui dengan melihat tinggi air yang berbeda pada hari berikutnya. Air pasang dan air surut perbani terjadi tanggal 11 Januari dengan tinggi air pasang 180 cm dan 140 cm saat surut seperti Gambar 4.b.



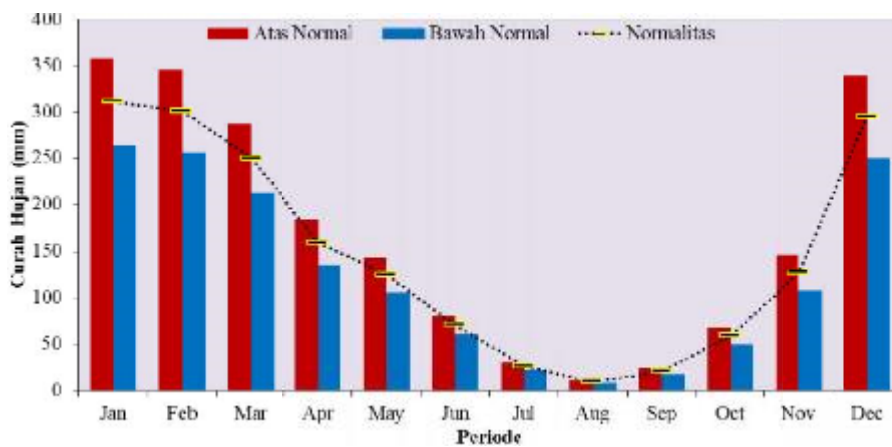
**Gambar 4.** Fluktuasi pasang surut 15 hari pada Januari 2018, air saat bulan purnama (a) dan kedudukan air saat bulan perbani (b)

## 2 Curah Hujan

Dinamika curah hujan Kota Surabaya secara klimatologi selama 1 dasawarsa memperlihatkan pola hujanmonsunal dengan puncak musim kemarau yang lebih lama, yakni terjadi pada Juli hingga September. Pola hujan saat dibawah normalnilai minimumnya yakni 8,0 mm pada Agustus, sedangkan saat musim hujan curah hujan dapat mencapai 264,4 mm. Kondisi normalitas curah hujan dengan nilai terendah dan tertinggi yakni 9,5 mm dan 311 mm, sedangkan kondisi



diatas normal nilai terendah dan tertinggi mencapai 10,9 dan 357,7 mm. Klimatologi selama 1 dasawarsa berupa pola hujan kondisi normal, diatas normal dan dibawah normal dapat dilihat pada Gambar 5.



**Gambar 5.** Klimatologi curah hujan bulanan pada kondisi diatas normal hingga dibawah normal selama 1 dasawarsa

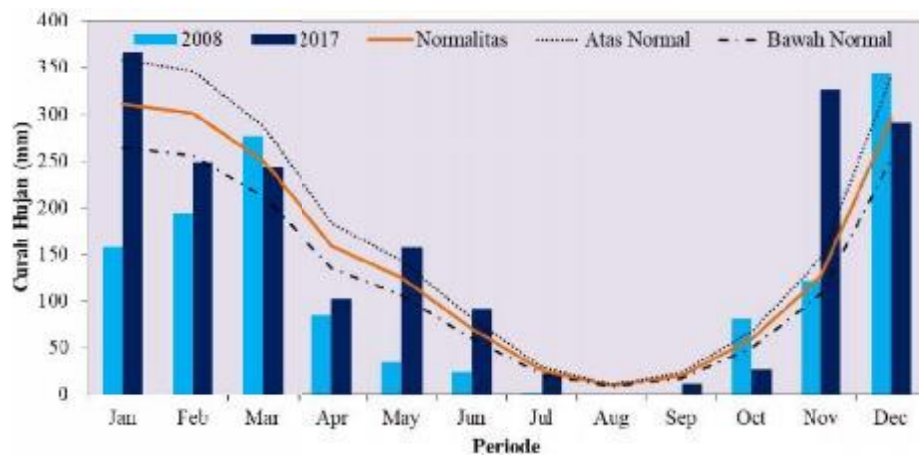


**Gambar 6.** Pola hujan monsunal periode 2015 – 2016

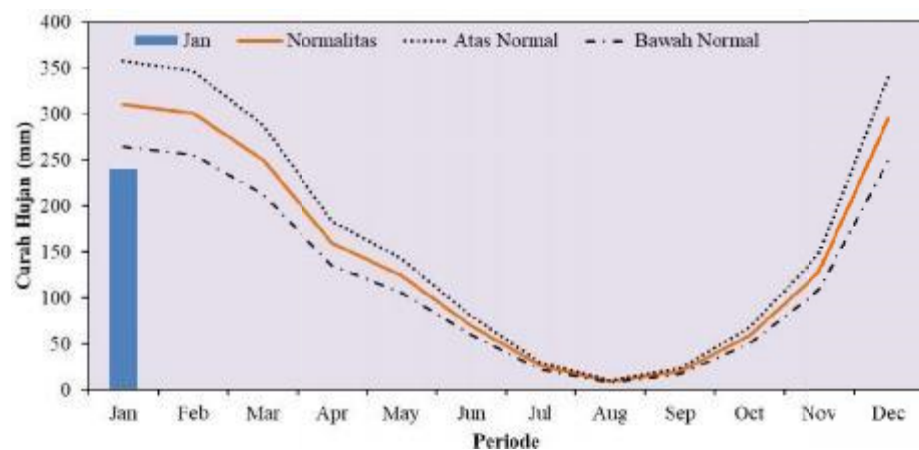
Klimatologi curah hujan periode 2015 – 2016 seperti Gambar 6 terlihat kondisi kemarau panjang terjadi pada tahun 2015, mulai Juni hingga Oktober dengan curah hujan berkisar 0 – 0,7 mm. Puncak musim kemarau mulai Juli dan berakhir pada Oktober. Kondisi musim hujan yang terjadi berurut mulai Januari ke Maret memperlihatkan adanya penurunan curah hujan, curah hujan pada saat musim hujan yakni berjumlah 426,7; 301,6 dan 247 mm. Memasuki musim peralihan awal curah hujan mengalami penurunan, musim peralihan awal yakni April – Mei memiliki curah hujan 128,2 dan 109,7 mm. Berdasarkan fluktuasi curah hujan 2015 puncak musim hujan terjadi di Januari 2015. Tahun 2016 pola hujan di Kota Surabaya tidak menunjukkan adanya musim kemarau, pada kondisi bulan yang sama

( Juni – Oktober) terjadi peningkatan curah hujan dengan nilai antara 90,1 – 126,8 mm dibandingkan 2015.

Hasil perbandingan pola hujan pada 2008 dan 2017 didapatkan bahwa durasi kemarau ~3 bulan. Musim hujan 2008 mencapai intensitas puncaknya pada Maret dengan nilai 276,8 mm. Musim kemarau mulai terlihat pada bulan berikutnya. Periode kemarau saat 2008 terjadi pada Mei – September, puncak kemarau dengan durasi selama 2 bulan yakni Agustus – September. Pola hujan Kota Surabaya pada 2017 terlihat bahwa intensitas curah hujan tertinggi saat musim hujan terjadi Januari bernilai 366,3 mm, sedangkan musim kemarau 2017 terjadi ~3 bulan dengan mencapai puncaknya memasuki Agustus. Informasi grafik perbandingan curah hujan 2008 dan 2017 Gambar 7.



**Gambar 7.** Pola hujan musonial periode 2008 dan 2017

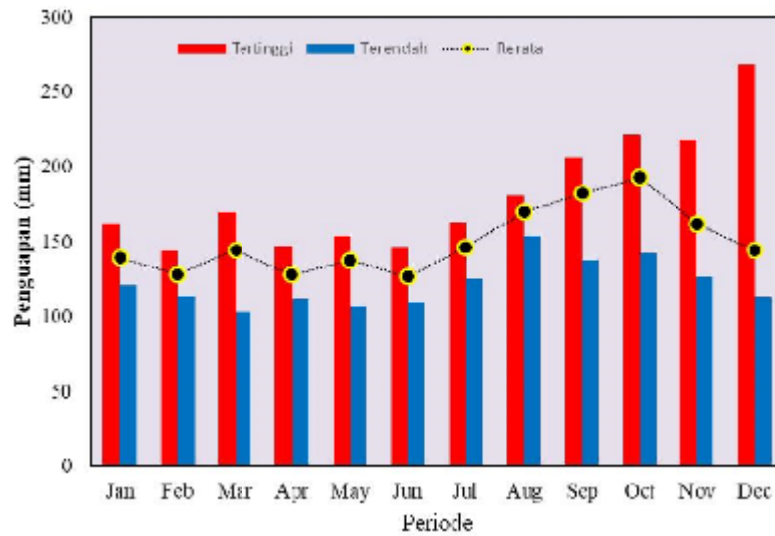


**Gambar 8.** Curah hujan Januari 2018

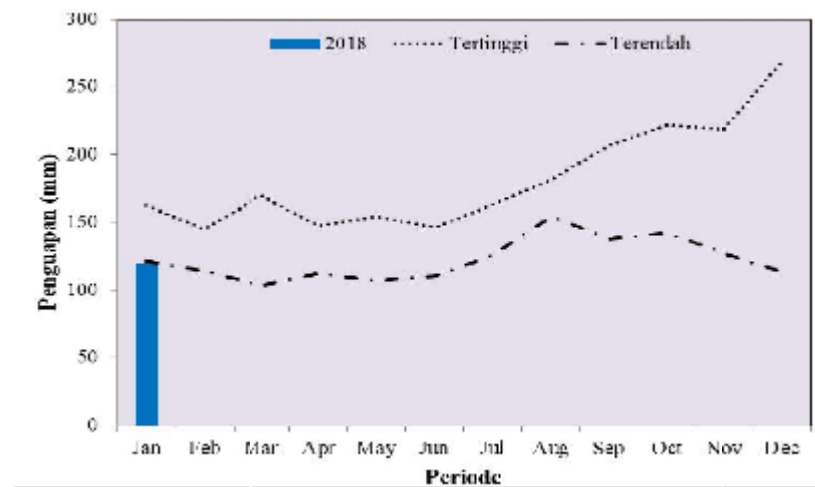
Curah hujan pada Januari 2018 memiliki intensitas sebesar 280,7 mm seperti yang terlihat Gambar 8. Sifat curah hujan ini memiliki selisih nilai 70 mm dari kondisi normal, 117 serta 23 mm dari kondisi diatas normal dan dibawah normal selama 1 dasawarsa.

### Penguapan

Klimatologi penguapan yang terjadi di Kota Surabaya selama 1 dasawarsa sangat berfluktuasi. Fluktuasi penguapan tertinggi memiliki rerata 181,88 mm, rerata selama 1 dasawarsa bernilai 150,3 mm dan kondisi terendah rerata bernilai 103 mm. Tabulasi penguapan selama 1 dasawarsa juga memperlihatkan kondisi penguapan tertinggi dengan intensitas 268,4 mm sedangkan penguapan yang paling terkecil 103 mm seperti Gambar 9.



**Gambar 9.** Klimatologi penguapan Kota Surabaya selama 1 dasawarsa



**Gambar 10.** Penguapan Kota Surabaya per Januari 2018



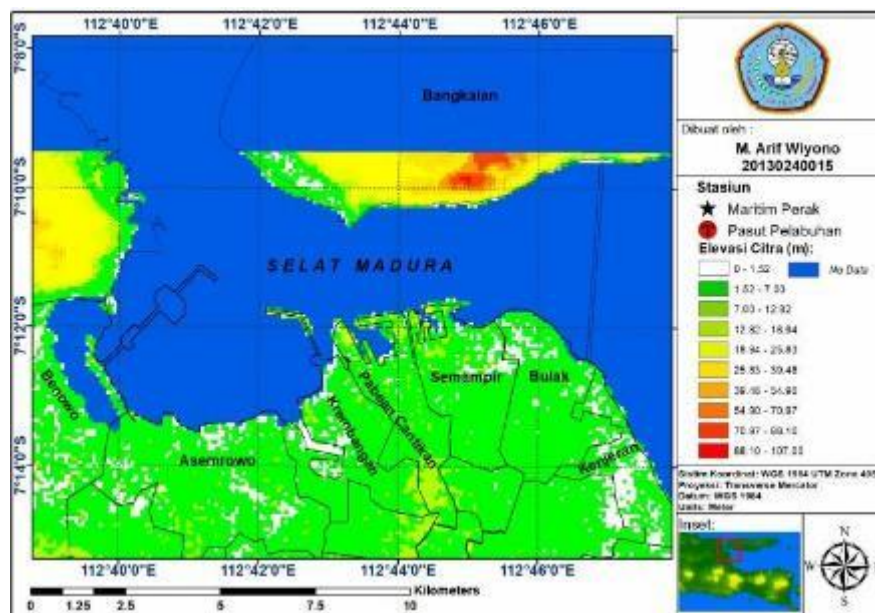
Penguapan tertinggi di Kota Surabaya terjadi pada Desember 2015, sedangkan penguapan terendah pada Maret 2008. Pengolahan bulanan dalam setahun yakni 2008 dan 2017 juga berfluktuasi. Penguapan tertinggi terjadi pada Oktober, pada 2008 bernilai 199,8 mm dan penguapan terkecil terjadi saat Maret. Penguapan pada 2017 puncak tertinggi bernilai 190,1 mm dan penguapan terendah terjadi Februari.

Penguapan pada Januari 2018 memiliki intensitas sebesar 119,9 mm seperti yang terlihat Gambar 10. Penguapan ini memiliki selisih nilai 42,3 mm dari kondisi tertinggi Januari dan 1,6 mm dari kondisi terkecil selama 1 dasawarsa.

### Tinggi Permukaan Darat

Kondisi elevasi berdasarkan citra DEM yang terdapat di Surabaya, maka dapat terbagi menjadi 10 klasifikasi warna. Klasifikasi warna putih memiliki rentang elevasi 0 – 1,52 m; warna hijau cerah elevasi dengan rentang 1,52 – 7,0 m hingga warna merah dengan rentang 88,1 – 107 m. Hasil klasifikasi warna citra DEM memperlihatkan bahwa kecamatan yang berada di pesisir Surabaya terbagi menjadi 4 klasifikasi, klasifikasi berupaskala warna yang menunjukkan elevasi permukaan darat. Klasifikasi berdasarkan warna yang didapat yakni warna putih (0 – 1,52 m), hijau cerah (1,52 – 7,0 m), warna hijau makau (7 – 12,82 m) dan warna *lemongrass* (12,86 – 18,94 m).

Visualisasi warna memperlihatkan bahwa di Kenjeran, Krembangan, Asemrowo dan Benowo memiliki warna putih yang lebih dominan dekat pantai. Berdasarkan dominansi skala warna yang terjadi, maka wilayah pesisir tersebut memiliki elevasi yang rendah (0 – 1,52 m). Elevasi dekat pesisir yang lebih tinggi berada di Pabean Cantikan dan Semampir, berdasarkan warna yang dominan terjadi hijau cerah (1,52 – 7,0 m). Distribusi dan klasifikasi elevasi pesisir Surabaya berdasarkan warna terlihat pada Gambar 11.

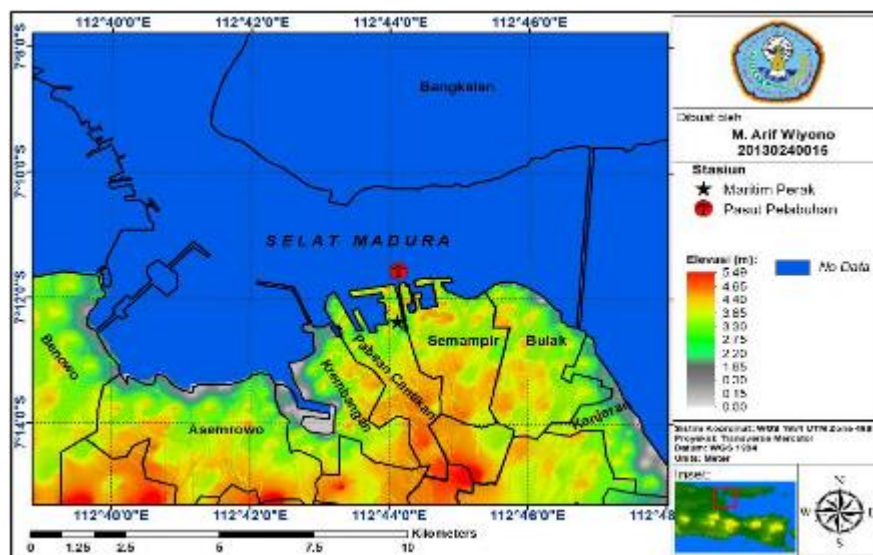


**Gambar 11** Elevasi Pesisir Utara Kota Surabaya berdasarkan citra DEM

Hasil ketinggian yang didapatkan dari citra DEM ini memiliki rentang ketinggian yang jauh, rentang ketinggian terendah permukaan darat memiliki selisih 1,52 m, warna hijau cerah memiliki selisih 5,48 m, hijau makau dengan selisih elevasi 4,82 m dan elevasi tertinggi memiliki rentang elevasi 18,9 m.

Selisih tinggi yang dihasilkan citra DEM memiliki penyimpangan sebesar 6,1 m. Mahmudi dkk (2015) mendapati nilai deviasi SRTM sebesar 8,09 m dengan metode *height error map* (HEM) untuk membandingkan model elevasi digital LiDAR dan ASTER. Hasil perhitungan simpangan elevasi citra DEM Daerah Kenjeran dan Bulak merupakan kecamatan yang memiliki elevasi darat terendah. Elevasi pada kecamatan ini memiliki ketinggian rata-rata 1,65 m. Kecamatan pesisir lainnya juga memperlihatkan tinggi elevasi yang hampir sama, elevasi di Krembangan dengan tinggi ~1,65 m memiliki luasan 3,25 km<sup>2</sup>. Luas administratif Kenjeran dan Bulak yakni 5,20 km<sup>2</sup> dan 8,70 km<sup>2</sup>.

Kecamatan Semampir memiliki luas wilayah 7,98 km<sup>2</sup>. Tinggi permukaan darat memperlihatkan bahwa elevasi terendah setinggi 1,65 m, luasan yang terhitung yakni 2,34 km<sup>2</sup>. Elevasi terendah ini dapat terlihat di bagian sisi sebelah utara dan timur. Elevasi rerata ~2,2 m dapat ditemukan sejauh 1,8 km dari pantai, luasan sebarannya dapat mencapai 2,72 km<sup>2</sup>. Topografi di kecamatan Semampir elevasi tertinggi berada pada rentang 4,4 - 5,49 m yang berjarak kira-kira 4 km dari garis pantai.



**Gambar 12.** Tinggi elevasi darat tiap kecamatan pada Pesisir Utara Kota Surabaya

Area sisi barat yang merupakan kecamatan Pabean Cantikan, elevasi terendah dan luasannya di Pabean Cantikan yakni 1,65 m dengan luas 0,63 km<sup>2</sup>, elevasi rendah terdapat di sepanjang pelabuhan Perak hingga muara Kalimas, Kecamatan Pabean Cantikan juga memiliki rerata elevasi yang lebih tinggi dibandingkan dengan kecamatan dipesisir lainnya yang berada di pesisir utara Surabaya. Daerah Krembangan yang berada di pesisir pantai utara Surabaya juga memiliki elevasi yang rendah, elevasi rendah yang didapat yakni dengan rerata 1,65 m. elevasi tertinggi berada di sebelah tenggara, yakni ~5,49 m.

Asemrowo merupakan wilayah pesisir yang diperkirakan memiliki luasan sebesar 16,91 km<sup>2</sup>. Daerah yang berada didekat pesisir ini juga memiliki rerata elevasi ~1,65 m dengan luas 1,85 km<sup>2</sup>. Elevasi daratan yang tertinggi berada di selatan, jaraknya dari pantai yakni ~4,04 km. Luas elevasi yang tertinggi di Asemrowo yakni 2,39 km<sup>2</sup> dengan tinggi 4,47 – 5,49 m. Kecamatan yang paling barat di pesisir utara Surabaya adalah Benowo.

Kecamatan Benowo berdasarkan digitasi memiliki luas administrasi yang paling besar, luasan ini dapat mencapai 24,75 km<sup>2</sup>. Daerah dengan elevasi

terendah~1,65 m di Benowo memiliki luasan 3,41 km<sup>2</sup>. Ketinggian daratan dengan rerata 2,2 m dengan luas 3,25 km<sup>2</sup>. Elevasi tertinggi yang berada di Benowo berada di sisi selatan, ketinggian daratan mencapai 4,37 m atau berada di rentang 4,4 – 5,49 m. Luas wilayah keseluruhan yang terdapat pada Pesisir Utara Kota Surabaya mencapai 80,35 km<sup>2</sup>. Sebaran elevasi daratan yang berdasarkan hasil digitasi peta Bappeko Surabaya terlihat di Gambar 12.

## KESIMPULAN

Pemetaan genangan banjir selama 1 dasawarsa di Pesisir Utara Kota Surabaya didapatkan bahwa penambahan tinggi air mencapai 4,197 m yang didapatkan dari *HHWL* 4,02 m, curah hujan 0,3 m dan penguapan 0,18m. Area terdampak pada permodelan banjir selama 1 dasawarsa berada di Kenjeran berdasarkan citra DEM. Sedangkan pada Januari 2018 dari permodelan genangan area terdampak di Kenjeran dengan penambahan tinggi air yang didapatkan yakni 2,47 m yang berasal dari 2,30 m *HHWL*, curah hujan 0,28 m dan penguapan sebesar 0,11 m.

## REFERENSI

- Djaja, R. 1987. Pengamatan pasang-surut laut untuk penentuan datum ketinggian. In O. S. R. Ongkosongo dan Suyarso (Ed.), *Pasang-surut*. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia. Pusat Penelitian dan Pengembangan Oseanografi. Jakarta. Hal. 149-191
- Prawira dan Pamungkas. 2014. Mitigasi Kawasan Rawan Banjir Rob Di Kawasan Pantai Utara Surabaya. *Jurnal Teknik Pomits*. 3 (2): 15-23
- Titus, J.G., Park, R.A., Leatherman, S.P., Weggel, J.R., Greene, M.S., Mausel, P.W., Brown, S., dan Gaunt, C. 1991. Greenhouse Effect and Sea Level Rise: The Cost of Holding Back the Sea. *Coast Manage.*, 19:171-204.
- Tongkukut, S.H.J, 2011. El-Nino dan Pengaruhnya Terhadap Curah Hujan di Manado Sulawesi Utara. Manado. Program Studi Fisika FMIPA Universitas Sam Ratulangi.
- Wyrtki, K. 1961. *Physical Oceanography of the Southeast Asian Waters*. California: Scripps Institution of Oceanography. University of California. USA.