Analisis Hubungan Pola Curah Hujan Akibat La Niña Dengan Kemampuan Drainase Dalam Mengantisipasi Banjir Di Kecamatan Waru, Sidoarjo

Swasti Ayudia Priyatmayanti[1], Yulfiah[2]

Stasiun Meteorologi Kelas I Juanda Sidoarjo, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (BMKG), Surabaya[1]

Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya[2]

e-mail: yulfiah@itats.ac.id

ABSTRACT

The La Niña phenomenon has resulted in rain throughout the year, including in the dry season with light to heavy rain intensity. Heavy rainfall has caused flooding and waterlogging in several areas in Sidoarjo Regency. One of them is in Tropodo Village, Waru District, which is the location of this research. The purpose of the study was to analyze rainfall variability and its relation to drainage ability in anticipating flooding. Based on the results of rainfall data analysis, from the Juanda Sidoarjo Class I Meteorological Station for 15 years, it is known that there has been an increase in the amount of monthly rainfall. In La Niña years, there was a very significant increase in the amount of annual rainfall, namely 22.1% for 2020 and 30.4% for 2021. When compared to normal conditions for 30 years, the number of rainy days during La Niña years, also increased. Based on the results of hydrological and hydraulics analysis, it was found that the planned flood discharge (Qn) reached 23.7933 m3 / sec. Meanwhile, the existing channel capacity (Q) is only 15.4185 m3/sec. With a value of Qn > Q, the drainage of the Cantel river, Waru District, is no longer able to hold water which results in flooding or puddles. Therefore, anticipating flooding or waterlogging occurs, it is necessary to design a new existing drainage, which is with a minimum channel height of 1.5 m and a channel base width equal to existing data of 10.2 m.

Kata kunci: *drainage; flood; rainfall patterns*

ABSTRAK

Fenomena La Niña telah mengakibatkan terjadinya hujan sepanjang tahun, termasuk pada musim kemarau dengan intensitas hujan ringan hingga lebat. Hujan dengan intensitas lebat dapat mengakibatkan banjir dan genangan air pada beberapa wilayah di Kabupaten Sidoarjo. Salah satunya di Kecamatan Waru yang merupakan lokasi dari penelitian ini. Tujuan dari penelitian adalah melakukan analisis variabilitas curah hujan dan keterkaitannya dengan kemampuan drainase dalam mengantisipasi banjir. Berdasarkan hasil analisis data curah hujan selama 15 tahun, diketahui bahwa telah terjadi peningkatan jumlah curah hujan bulanan. Pada tahun-tahun La Niña, terdapat penambahan jumlah curah hujan tahunan, yaitu sebesar 22,1% padaa tahun 2020 dan 30,4% pada tahun 2021. Jika dibandingkan dengan kondisi normal selama 30 tahun, jumlah hari hujan selama tahun-tahun La Niña juga mengalami peningkatan. Hasil analisis hidrologi dan hidrolika, memperlihatkan bahwa, debit banjir rencana (Qn) mencapai 23,7933 m^3/det. Sementara itu, kapasitas saluran eksisting (Q) hanya sebesar 15,4185 m^3/det. Dengan nilai Qn > Q, maka drainase sungai Cantel, Kecamatan Waru, tidak lagi mampu menampung air yang mengakibatkan terjadinya banjir atau genangan air. Agar banjir atau genangan air tidak lagi terjadi, maka perlu desain drainase baru, yaitu dengan ketinggian saluran minimal 1,5 m dan lebar dasar saluran sama dengan data eksisting sebesar 10,2 m.

Kata kunci: banjir; drainase; pola curah hujan

PENDAHULUAN

Banjir di Kabupaten Sidoarjo masih merupakan tantangan besar dalam kegiatan pembangunan kota. Banjir terparah di Kabupaten Sidoarjo terjadi pada tahun 2021, yaitu saat terjadi fenomena La Niña. Kecamatan yang sering dilanda banjir atau tergenang di kawasan

Kabupaten Sidoarjo adalah Kecamatan Waru. Kecamatan ini termasuk dalam sistem saluran primer Buntung, dengan sungai Cantel yang alirannya sering meluap. Banjir di Kecamatan Waru memicu kemacetan lalu lintas, dan hal ini menjadi makin penting karena wilayah Kecamatan Waru merupakan salah satu akses menuju obyek vital nasional, yaitu Bandar Udara Internasional Juanda.

Evaluasi dan analisis sistem drainase di wilayah Kecamatan Waru sangat diperlukan, agar kejadian banjir atau genangan dapat diminimalisir. Pada kajian ini dilakukan analisis pola curah hujan akibat fenomena La Niña dalam kaitannya dengan kondisi drainase di Kecamatan Waru, Sidoarjo. Analisis hidrologi dan hidrolika digunakan untuk mengevaluasi sistem drainase di Kecamatan Waru. Evaluasi sistem drainase merupakan salah satu metode untuk menilai keberhasilan hasil perencanaan sistem drainase. Evaluasi sistem drainase dilakukan dengan memperhatikan topografi; tata guna lahan; dimensi, kemiringan, dan arah aliran drainase; serta bangunan air lainnya. Hasil evaluasi dapat dimanfaatkan sebagai acuan penyempurnaan sistem drainase yang telah ada. Dalam arti, hasil analisis menjadi dasar penentuan dimensi baru dari saluran, sehingga dapat menjadi solusi dalam mengatasi banjir.

TINJAUAN PUSTAKA

Curah Hujan

Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika, hujan adalah suatu bentuk presipitasi atau endapan dari cairan atau zat padat yang berasal dari kondensasi yang jatuh dari awan menuju permukaan bumi. Namun, tidak semua air hujan mampu sampai ke permukaan bumi, karena sebagian menguap ketika jatuh melalui udara kering. Penentuan nilai ekstrem curah hujan dilakukan dengan:

1. mengambil nilai-nilai maksimum atau minimum dalam suatu periode, misalnya bulanan atau tahunan
2. mengambil nilai-nilai yang melampaui ambang batas

Kombinasi dari intensitas hujan tinggi dengan durasi panjang, jarang terjadi, tetapi apabila terjadi berarti sejumlah besar volume air bagaikan ditumpahkan dari langit (Suroso, 2006). J.N.A. Aryee, F.O.T. Afrifa, K-H. Agyapong, dkk (2024) telah melakukan penelitian peristiwa curah hujan lebat (CHP) yang menyebabkan banjir. Penelitian menggunakan beberapa indeks curah hujan, yaitu standar Anomali Curah Hujan, Indeks Curah Hujan Terstandar, dan Indeks Anomali Curah Hujan. Proyeksi banjir diperkirakan dengan menggunakan SSP; SSP1-2.6, SSP3-7.0 dan SSP5-8.5. Penelitian dilakukan pada tiga zona di Afrika Barat, yaitu Pantai Guinea [GC], Sabana (SAV), dan Sahel (SAH). Temuan penelitian menunjukkan adanya peningkatan potensi banjir di masa depan, khususnya di Sabana dan Sahel. Sebaliknya, potensi banjir di Pesisir Guinea diperkirakan akan tetap sama. Peningkatan jumlah rata-rata banjir dan banjir maksimum berpotensi disebabkan oleh meningkatnya konsentrasi emisi.

Kerangka kerja berbasis studi ketidakstabilan curah hujan ekstrem dan kebasahan daerah tangkapan air, ditemukan dalam tulisan Declan O'Shea, dkk (2024). Sebuah tulisan hasil studi dampak perubahan iklim pada netral-skenario terhadap risiko banjir dengan menggunakan model banjir. Pemodelan diterapkan pada daerah tangkapan air beriklim sedang dan daerah tropis di Australia. Respon sensitivitas daerah tangkapan air menunjukkan bahwa telah terjadi peningkatan intensitas curah hujan yang mendorong peningkatan puncak banjir. Puncak banjir lebih kecil terjadi di daerah tangkapan air yang lebih kering. Ditemukan adanya variabilitas besar dalam perkiraan besarnya perubahan, baik yang sering terjadi maupun yang jarang terjadi, dengan puncak banjir yang diproyeksikan meningkat antara 0% dan 45 % untuk daerah tangkapan air tropis, dan antara −10% hingga lebih dari 50% untuk daerah tangkapan air beriklim sedang. Prediksi didasarkan RCP8.5 pada tahun 2085.

La Niña

Menurut *National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) La Niña* adalah fase negatif dari El Nino *Southern Oscillation*. *La Niña* berarti anak perempun *(The Little Girl)* dalam bahasa Spanyol. *La Niña* disebut juga dengan istilah *El Viejo*, anti *El Niño*, atau dalam bahasa sederhana disebut sebagai kejadian dingin. Episode *La Niña* mewakili periode suhu rata-rata di bawah laut di Pasifik khatulistiwa bagian tengah dan timur. Istilah *La Niña* merujuk kepada munculnya arus laut dingin (lebih dingin dari kondisi rata-rata) di bagian tengah dan timur ekuator laut Pasifik (Effendy, 2001).

As-syakur, A. R. (2010) menjelaskan bahwa La Niña merupakan suatu peristiwa pasangan antara lautan atau samudera yang luas dengan atmosfer di atasnya, ditandai dengan mendinginnya suhu muka laut di Samudera Pasifik Timur bagian equator dari kondisi normal. Saat terjadi *La Niña* di musim hujan, maka panjang musim hujan akan berpotensi terjadi lebih lama dibandingkan dengan kondisi normal. Bahkan pada saat musim kemarau masih banyak dijumpai kejadian hujan.

Dalam menentukan kejadian *La Niña*, terdapat beberapa indikator yang dipakai, diantaranya *Southern Oscillation Index* (SOI), sebagai indikator perubahan anomali *Sea Level Pressure* (SLP) di Tahiti dan di Darwin. SOI positif (+) merupakan indikasi terjadinya *La Niña*, yaitu pada saat SLP di daerah sekitar Darwin lebih rendah daripada normalnya, sedangkan di Tahiti SLP nilainya lebih tinggi dibanding normal. Dengan demikian, terjadi gerakan timuran yang menguat dan membuat kolam panas mengumpul di Darwin. Semakin negatif nilai SOI berarti semakin kuat kejadian panas *(warm event).* Sebaliknya, semakin positif nilai SOI, maka semakin kuat kejadian dingin *(cold event)* (Effendy, 2001). Data daerah *Niño* 3.4 dipilih sebagai data analisis, karena mempunyai respon baik terhadap fenomena menghangatnya suhu muka laut di timur (Peru) dan di barat (Pasifik Barat), serta mempunyai korelasi cukup kuat terhadap nilai SOI (Syaifullah D, 2010).

Perubahan iklim seringkali dikorelasikan dengan fenomena *La Niña.* Kajian tentang dampak perubahan iklim terhadap perubahan komposisi spatiotemporal banjir rencana serta ukurannya, dilakukan Yiming Hu, Ziheng Cao, Zhongmin Liang, dkk (2024). Dalam studi ini, dikembangkan metode estimasi banjir rencana multi-lokasi nonstasioner untuk menganalisis komposisi wilayah banjir rencana dalam kondisi nonstasioner. Strategi kombinasi kondisi ekspektasi dan kondisional diterapkan dengan mempertimbangkan perubahan curah hujan di masa depan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kuantil banjir di Yichang (YC) dan Cuntan (CT) memperlihatkan tren peningkatan seiring dengan meningkatnya proyeksi curah hujan di masa depan. Selain itu, banjir rencana pada CT dan YC dalam strategi kombinasi, ekspektasinya lebih besar dibandingkan dengan yang disediakan oleh strategi kombinasi.

Chao Guo, Zhongwu Jin, Dongfang Liang, dkk (2024) melakukan riset pengendalian banjir (FCS) yang mempengaruhi sedimentasi di Waduk Tiga Ngarai (TGR) Tiongkok secara spatiotemporal. Penelitian menggunakan data tahun 2003 hingga 2022. Analisis korelasi Pearson dimanfaatkan untuk mengidentifikasi faktor-faktor utama yang mempengaruhi sedimentasi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sedimentasi di FCS mengalami dua tahap, awalnya menurun pada tahun 2011 hingga 2016, kemudian meningkat secara bertahap. Sedimentasi yang terjadi pada FCS hanya terbatas pada daerah perairan permanen (*permanent backwater area*) dengan pola sebaran tersegmentasi. Kejadian banjir besar di anak sungai Jialing dapat menjadi risiko sedimentasi utama di TGR di masa depan.

Debit Banjir

Menurut Haryono (1999), analisis hidrologi dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui berapa besar koefisien limpasan (*run off*). Nilai koefisien *run off* dipengaruhi kondisi penggunaan lahan, jenis tanah, dan kemiringan tanah. Menurut Soemarto (1995), cara menghitung debit banjir rencana tergantung pada data yang tersedia. Apabila tidak tersedia data debit cukup panjang, sedangkan data curah hujan tersedia cukup panjang, maka debit hujan rencana dapat dihitung dengan metode rasional (*modified rational method*).

Pemodelan dan simulasi proses banjir secara tepat sangatlah penting. Oleh karena itu, Jiahao Lv, Jingming Hou, Tian Wang, dkk (2024) melakukan studi tentang banjir di Dataran Tinggi Loess, Tiongkok utara. Model kopling hidrodinamik-hidrologi dibangun untuk mensimulasikan banjir, menganalisis karakteristik bencana banjir, serta dampak dan perbedaan dari berbagai tindakan pengendalian banjir di kota lembah sempit. Hasil studi menunjukkan: (1) model kopling hidrodinamik-hidrologi sangat sesuai untuk mensimulasikan banjir di kota-kota dengan lembah sempit secara akurat. (2) Karakteristik banjir di kota-kota dengan lembah sempit berbeda dengan kota-kota dataran rendah. Penyebaran kota yang memanjang menciptakan disparitas spasial banjir antara wilayah hulu dengan hilir. (3) Terdapat variasi efektivitas secara signifikan dari berbagai tindakan pengendalian banjir. Urutan efektifitas kemampuan pengendalian banjir secara menurun adalah waduk, saluran pengalihan banjir, dan pengerukan saluran sungai. (4) Efek gabungan pengendalian banjir dengan berbagai tindakan lebih unggul dibandingkan dengan tindakan secara individual.

Prediksi banjir di daerah aliran sungai menggunakan program MATLAB telah dikembangkan Minyeob Jeong, Changhwan Kim, dan Dae-Hong Kim (2024). Program ini meliputi modul: (a) pembangkitan hidrograf satuan sesaat (IUH) untuk menghitung histograf curah hujan efektif dan kemudian memprediksi hidrograf banjir dengan integrasi konvolusi, dan (b) memori jangka pendek (LSTM) dengan pemodelan permukaan tanah dan data curah hujan-limpasan sebagai inputnya. Hasil penerapan program menunjukkan bahwa program dapat digunakan secara efektif untuk prediksi banjir, khususnya pada kejadian banjir besar.

Studi eksplorasi evolusi risiko banjir perkotaan di delta Gangga-Brahmaputra-Meghna (GBM) akibat gabungan dampak perubahan iklim dan perluasan perkotaan, diselesaikan oleh Shupu Wu, Xudong Zhou, Johan Reyns, dkk (2024). Studi dilakukan dengan mempertimbangkan mempertimbangkan karakteristik berbagai daerah, yaitu pesisir, fluvial, dan pluvial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perluasan perkotaan di masa depan akan meningkatkan paparan banjir secara signifikan. Perubahan iklim merupakan pendorong utama peningkatan risiko banjir di daerah pesisir. Sementara pertumbuhan perkotaan akan memperbesar risiko banjir fluvial dan pluvial. Skenario masa depan dengan emisi sangat tinggi (SSP5–8.5) menunjukkan pertumbuhan perkotaan terbesar dan risiko banjir yang diakibatkannya.

METODE

Penelitian ini memanfaatkan metode deskriptif kuantitatif, yaitu metode yang menggabungkan analisis kuantitatif dengan penjabaran secara deskriptif. Langkah pertama penelitian berupa pengumpulan data sekunder dari Stasiun Meteorologi Kelas I Juanda Sidoarjo, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika. Data suhu muka laut digunakan untuk mengidentifikasi tahun kejadian La Niña dan melihat pengaruhnya terhadap variabilitas curah hujan di Kecamatan Waru, Sidoarjo. Analisis dilakukan terhadap data tahun 1992 sampai dengan 2021. Kabupaten Sidoarjo, khususnya di Kecamatan Waru, selalu dilanda banjir sejak tahun 1993. Banjir terbesar terjadi pada tahun 2021, bersamaan munculnya fenomena *La Niña*. Oleh karena itu, data penelitian dikumpulkan sampai dengan tahun 2021 atau selama periode 15 tahun.

Analisis hidrologi dimanfaatkan untuk menghitung distribusi hujan, intensitas curah hujan, koefisien pengaliran atau limpasan, curah hujan rencana periode 5, 10, 15, 20 tahun, serta debit banjir rencana (Qn). Sementara analisis hidrolika dilakukan untuk melihat kapasitas drainase eksisting (Q). Selanjutnya nilai Q dan Qn diperbandingkan. Jika nilai Q ≥ Qn, maka saluran drainase mampu menampung curah hujan sehingga tidak terjadi genangan bahkan banjir. Namun, jika nilai Q ≤ Qn, maka saluran drainase tidak mampu menampung curah hujan sehingga terjadi genangan, bahkan banjir. Pada analisis hidrologi, terdapat parameter koefisien pengaliran atau limpasan. Dengan demikian, penelitian telah mengakomodir kondisi penggunaan lahan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Variabilitas Curah Hujan

Penentuan musim hujan dalam paper ini didasarkan pada kriteria BMKG, yaitu jumlah curah hujan harus bernilai ≥ 50 mm selama satu dasarian dan nilainya diikuti secara berturut-turut dua dasarian selanjutnya dengan nilai ≥ 50 mm. Berdasarkan data curah hujan di Kecamatan Waru selama 30 tahun (tahun 1992 – 2001), diketahui bahwa puncak hujan terjadi pada Januari atau Februari. Selama bulan Desember hingga Mei, jumlah curah hujan bulanan mencapai ≥ 150 mm atau berada dalam musim hujan. Sementara itu, puncak kemarau terjadi di bulan Agustus dan musim kemarau berlangsung dari bulan Juni hingga November.

Tabel 1. Jumlah Curah Hujan Selama 15 Tahun di Stasiun Meteorologi Juanda Kelas I Sidoarjo

Tahun	Januari	Februari	Maret	April	Mei	Juni	Juli	Agustus	September	Oktober	Nopember	Desember
2007	146,1	517,4	314,3	200,1	20,8	30,1	39,8	0,0	0,0	7,7	79,2	210,0
2008	255,6	209,1	249,5	136,4	22,1	3,7	0,0	0,0	0,0	48,9	205,3	372,3
2009	404,9	652,5	120,8	140,8	360,1	109,6	0,6	0,0	0,0	0,0	26,7	711,0
2010	581,7	487,6	313,5	140,8	373,8	91,9	135,8	15,5	129,3	269,2	140,8	214,9
2011	230,5	212,8	398,5	140,8	156,8	31,3	30,7	0,0	0,0	9,7	260,9	317,1
2012	445,9	179,1	210,9	140,8	114,0	67,7	0,0	0,0	0,0	2,1	58,0	171,0
2013	364,9	287,0	461,1	140,8	195,8	239,5	109,2	0,6	0,2	3,6	108,0	359,3
2014	258,7	247,1	455,1	273,0	104,7	201,8	47,8	0,0	0,0	0,0	72,4	319,6
2015	464,7	437,4	479,8	259,2	181,6	0,0	0,0	1,6	17,9	0,0	52,6	129,9
2016	167,1	589,6	251,6	235,1	392,8	174,0	258,4	100,7	120,8	501,7	52,6	132,4
2017	400,7	257,6	193,8	283,2	75,6	53,0	39,8	0,0	0,3	83,0	309,2	427,3
2018	313,9	553,4	432,7	269,5	0,1	77,2	0,0	0,3	0,0	0,0	149,6	386,5
2019	487,8	353,9	231,7	196,6	2,6	0,0	0,8	0,0	0,0	0,0	26,4	220,7
2020	319,1	382,3	234,2	390,5	398,9	44,0	2,3	24,3	0,0	54,1	154,1	657,1
2021	948,8	417,0	258,8	102,6	10,2	211,2	17,1	1,5	47,0	26,5	365,6	436,4

Note: merujuk pada data BMKG

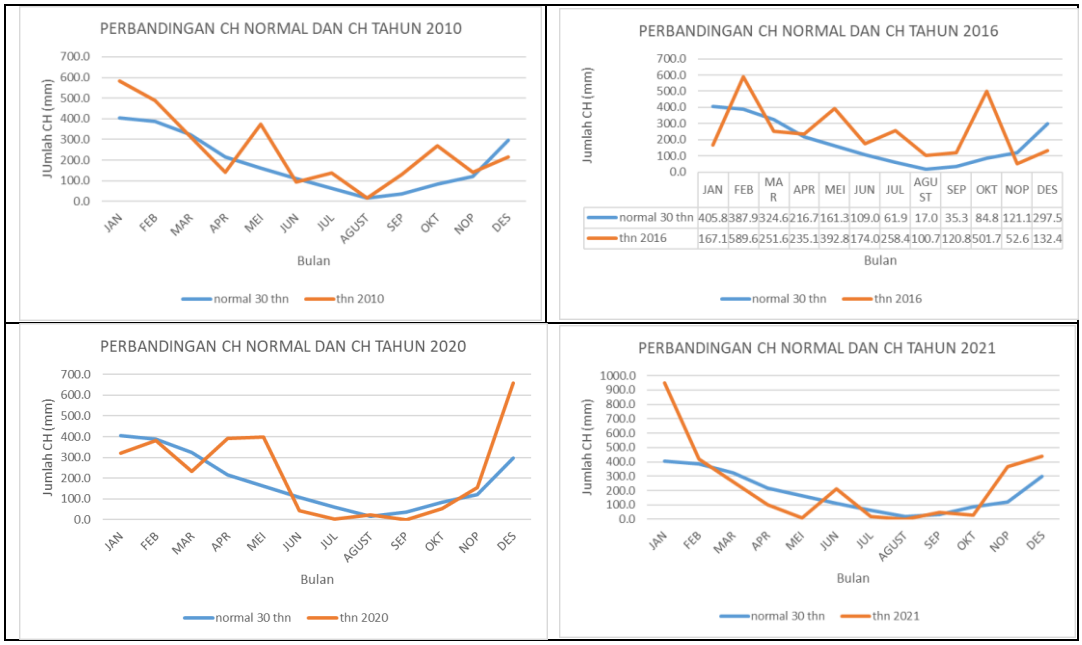
Pada tahun 2010 hujan terjadi di sepanjang tahun. Pada bulan Juli masih dijumpai curah hujan bulanan cukup tinggi, yaitu sebesar 135,8 mm. Bahkan, pada bulan Oktober, masih terjadi hujan dengan jumlah 269,2 mm. Jumlah curah hujan cukup besar ini telah memenuhi syarat diklasifikasikan sebagai musim hujan. Anomali iklim seperti ini, terjadi karena aktifnya *La Niña* yang mampu meningkatkan jumlah curah hujan di wilayah Indonesia pada umumnya. Indikasi fenomena *La Niña* diketahui melalui pengamatan nilai anomali suhu muka laut di wilayah *Niño* 3.4. Data suhu muka laut diperoleh dari website *NOAA.* Pada periode bulan Mei, Juni, dan Juli 2010, nilai *Oceanic Nino Index* (ONI) teramati sebesar -0,7°C. Hal ini menandakan aktifnya *La*

Niña karena nilai ONI ≤ -0,5. Selain meningkatkan jumlah curah hujan, La Niña juga meningkatkan jumlah hari hujan.

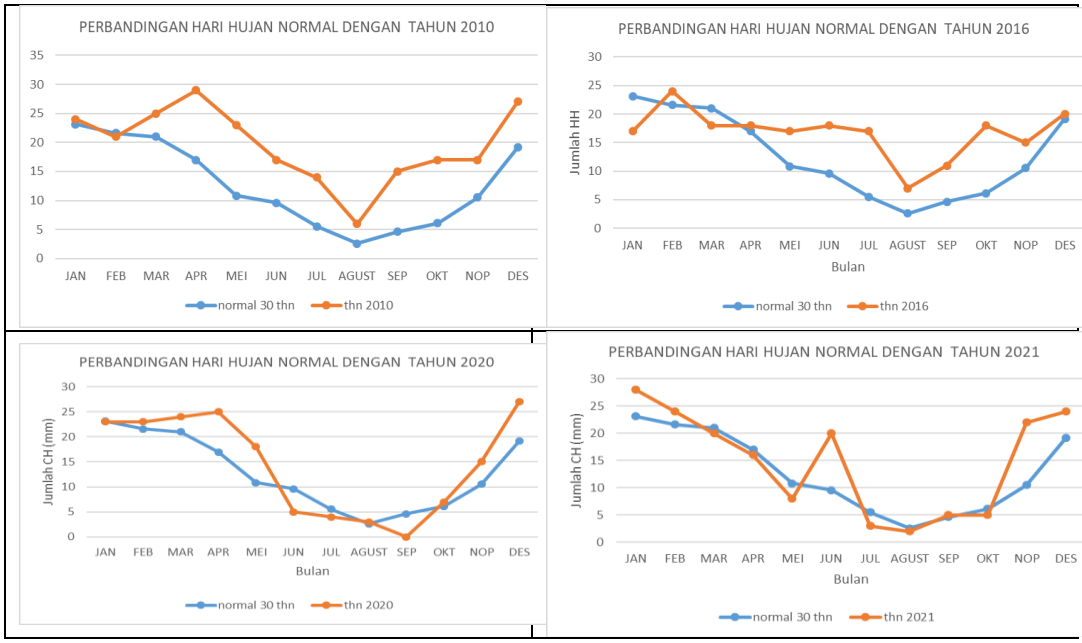
Jumlah curah hujan tahun 2016, melampaui jumlah normal. Fenomena La Niña aktif terjadi pada bulan Mei, Juni, dan Juli sesuai nilai ONI. Seperti halnya yang terjadi pada tahun 2010, jumlah curah hujan masih tinggi, walaupun di musim kemarau,. Dampak La Niña juga mempengaruhi jumlah hari hujan secara signifikan di tahun 2016.

Fenomena La Niña juga terjadi di tahun 2020 dan 2021. Peningkatan jumlah curah hujan sebesar 22,1% terjadi pada tahun 2020. Sementara di tahun 2021 terjadi penambahan jumlah curah hujan sebesar 30,4% dibandingkan rata-rata normal.

Peningkatan jumlah curah hujan bulanan di tahun 2020 terjadi di bulan April, Mei, dan Desember. Sementara di tahun 2021, peningkatan jumlah curah hujan terjadi pada bulan Januari, yaitu pada saat wilayah Jawa Timur mengalami puncak musim hujan. Pada Gambar 1 dan Gambar 2 disajikan ilustrasi perbandingan jumlah curah hujan normal selama 30 tahun dengan jumlah curah hujan pada tahun-tahun La Niña.



Gambar 1. Perbandingan Jumlah Curah Hujan (CH) Normal Selama 30 Tahun Dengan Jumlah Curah Hujan (CH) di Tahun-Tahun La Niña



Gambar 1. Perbandingan Jumlah Hari Hujan Normal Selama 30 Tahun Dengan Jumlah Hari Hujan di Tahun-Tahun La Niña

Analisis Hidrolika

Kapasitas eksisting saluran Sungai Cantel dihitung menggunakan persamaan Manning dengan dimensi sebagai berikut.

b	= lebar dasar saluran (m)	= 10,2 m
m	= perbandingan kemiringan lereng	= 0,67
y	= ketinggian saluran (m)	= 1,11 m

Sehingga dapat dihitung

1. Luas penampang (A)
   $A = (b + my)y$

   $= (10{,}2 + (0{,}67 \times 1{,}11)) \times 1{,}11$

   $= 12{,}15\ \text{m}^2$

2. Keliling basah (P)
   $P = b + 2y\left(\sqrt{(m^2 + 1)}\right)$

   $= 10{,}2 + ((2 \times 1{,}11) \times \left(\sqrt{(0{,}67^2 + 1)}\right)$

   $= 13{,}09\ \text{m}$

3. Jari-jari hidrolis ($\bar{R}$)
   $\bar{R} = \frac{A}{P}$

$$= \frac{12{,}15}{13{,}09} = 0{,}93\ m$$

4. Kecepatan aliran (V)

$$V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$$

$$= \frac{1}{0{,}025} \times 0{,}93^{\frac{2}{3}} \times 0{,}00111^{\frac{1}{2}}$$

$$= 1{,}27 m/det$$

Dengan demikian, kapasitas eksisting saluran sungai Cantel adalah

$Q = A \times V$

$= 12{,}15\ m^2 \times 1{,}27 m/det$

= 15,42 m^3/det

Curah Hujan Maksimum dan Hujan Rencana

Untuk menghitung debit banjir rencana di Kecamatan Waru, digunakan data curah hujan maksimum selama 15 tahun, yaitu data tahun 2007 – 2021.

Tabel 2. Hasil Perhitungan Curah Hujan Rencana

Periode Ulang	**Perhitungan Hujan Rencana (mm) menggunakan metode Log Pearson III**
X_2 tahun	98,71
X_5 tahun	**123,65**
X_{10} tahun	140,53
X_{25} tahun	162,25
X_{50} tahun	178,83
X_{100} tahun	195,75

Dari data Tabel 2, hanya digunakan data curah hujan rencana sebesar 123,65 mm, yaitu pada periode ulang 5 tahun. Berdasarkan data Dinas PUPR Sidoarjo, luas wilayah tangkapan hujan pada daerah studi mencapai 5.694.500 m^2. Daerah penelitian didominasi wilayah permukiman, sehingga C bernilai 0,65. Dengan demikian, nilai debit banjir rencana adalah

$Q_n = C_s \times C \times I \times A$

$= 0{,}73 \times 0{,}65 \times (8{,}8057\text{E} - 06) \times 5.694.500$

= 23,7933 m^3/detik

Artinya, dengan debit banjir rencana (Q_n) sebesar 23,7933 m^3/det dan debit saluran eksisting (Q) sebesar 15,4185 m^3/det, maka terdapat selisih debit sebesar 8,3748 m^3/det. Debit inilah yang mengakibatkan banjir atau genangan.

Debit Banjir Rencana dan Kapasitas Rencana

Dikarenakan nilai $Q_n > Q$, maka diperlukan perhitungan kapasitas rencana sebagai dasar penentuan dimensi saluran optimum. Lebar dasar saluran (b) dan ketinggian saluran (y) eksisting

secara berturut-turut bernilai 10,2 m dan 1,11 m. Perbandingan kemiringan lereng (m) diasumsikan sebesar 0,67. Dimensi saluran baru yang dirancang memiliki ketinggian saluran (y) 1,5 m. Dengan demikian, luas penampang basah saluran berbentuk trapezium adalah

1. Luas penampang (A)
   $A = (b + my)y$
   $= (10{,}2 + (0{,}67 \times 1{,}5)) \times 1{,}5$
   $= 16{,}8075\ \text{m}^2$

2. Keliling basah (P)
   $P = b + 2y\left(\sqrt{(m^2 + 1)}\right)$
   $= 10{,}2 + ((2 \times 1{,}5) \times \left(\sqrt{(0{,}67^2 + 1)}\right)$
   $= 14{,}0768\ \text{m}$
3. Jari-jari hidrolis ($\bar{R}$)
   $\bar{R} = \frac{A}{P}$
   $= \frac{16{,}8075}{14{,}0768} = 1{,}194\ m$
4. Kecepatan aliran (V)
   $V = \frac{1}{n} \times R^{\frac{2}{3}} \times S^{\frac{1}{2}}$
   $= \frac{1}{0{,}025} \times 1{,}194^{\frac{2}{3}} \times 0{,}00111^{\frac{1}{2}}$
   $= 1{,}499 m/det$

Dengan demikian kapasitas saluran berdasarkan persamaan Manning adalah

$Q = A \times V$

$= 16{,}8075\ m^2 \times 1{,}499 m/det$

= 25,209 m^3/det

Dengan luas penampang basah saluran sebesar 16,8075 m^2, maka diperoleh nilai kapasitas saluran (Q) baru sebesar 25,209 m^3/det. Berdasarkan perhitungan diperoleh nilai debit banjir rencana (Q_n) periode 5 tahun sebesar 23,7933 m^3/detik, sehingga nilai Q_n < Q baru. Artinya, tidak akan terjadi luapan air, banjir, atau genangan, jika dimensi ketinggian saluran minimal (y) berukuran 1,5 m.

KESIMPULAN

Variabilitas curah hujan bulanan mengalami peningkatan saat terjadi La Niña. Tahun 2010, 2016, 2020, dan 2021 merupakan tahun-tahun La Niña. Pada saat itu terjadi penambahan jumlah curah hujan tahunan sangat signifikan, yaitu sebesar 32,8%; 36,6%; 22,1%; dan 30,4% pada masing-masing tahun-tahun La Niña. Besaran nilai tersebut merupakan hasil perbandingan dengan nilai normal selama 30 tahun. Jumlah hari hujan selama tahun-tahun La Niña juga mengalami peningkatan dibandingkan kondisi normal.

Berdasarkan hasil analisis hidrologi dan hidrolika, didapatkan nilai hujan rencana sebesar 123,65 mm dan debit banjir rencana (Qn) sebesar 23,7933 m3/det. Sementara itu, kapasitas saluran eksisting (Q) adalah sebesar 15,4185 m^3/det. Dengan nilai Qn > Q, maka

drainase sungai Cantel akan meluap dan menyebabkan banjir atau genangan. Agar memenuhi nilai debit banjir rencana kurang dari nilai kapasitas saluran (Qn < Q), maka ketinggian saluran (y) minimal harus berukuran 1,5 m. Tentu dengan lebar dasar saluran (b) sama dengan kondisi eksisting, yaitu sebesar 10,2 m.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Magister Teknik Lingkungan ITATS disampaikan penghormatan dan ucapan terima kasih atas kesempatan penelitian yang diberikan. Rasa terima kasih yang dalam juga disampaikan kepada pimpinan dan sejawat di lingkungan Stasiun Meteorologi Kelas I Juanda Sidoarjo, BMKG, atas data yang telah disediakan.

DAFTAR PUSTAKA

[1] Suroso. 2006. Analisis Curah Hujan Untuk Membuat Kurva Intensity-Duration-Frequency (IDA) di Kawasan Rawan Banjir Kabupaten Banyumas, Purwokerto. Jurnal Teknik Sipil Volume 3 No. 1 Januari 2006 Universitas Jenderal Soedirman.

[2] J.N.A. Aryee, F.O.T. Afrifa, K-H. Agyapong, dkk. 2024. Quantifying climatic heavy precipitation-induced floods in West Africa using multiple precipitation indices. Jurnal Scientific African. Volume 25.

[3] Declan O'Shea, Rory Nathan, Conrad Wasko, dkk. 2024. Evaluation of key flood risk drivers under climate change using a bottom-up approach. Journal of Hydrology, available online 20 July 2024.

[4] Effendy, Sobri. 2001. Urgensi Prediksi Cuaca Dan Iklim Di Bursa Komoditas Unggulan Pertanian. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

[5] As-syakur, A. R. 2010. Pola Spasial Pengaruh Kejadian La Niña terhadap Curah Hujan di Indonesia Tahun 1998/1999; Observasi Menggunakan Data TRMM Multisatellite Precipitation Analysis (TMPA) 3B43. Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan MAPIN XVII Bandung.

[6] Syaifullah, D. 2010. Kajian Sea Surface Temperature (SST), Southern Oscilation Index (SOI) dan Dipole Mode Pada Kegiatan Penerapan Teknologi Modifikasi Cuaca di Propinsi Riau dan Sumatera Barat Juli-Agustus 2009. E-jounal BPPT. Jakarta.

[7] Yiming Hu, Ziheng Cao, Yu Chen, dkk. 2024. Nonstationary multi-site design flood estimation and application to design flood regional composition analysis. Journal of Hydrology. Volume 638.

[8] Chao Guo, Zhongwu Jin, Dongfang Liang, dkk. 2024. Spatiotemporal evolution and influencing factors of flood control storage sedimentation in the Three Gorges Reservoir, Changjiang River, China. Jurnal Catena. Volume 243.

[9] Haryono, Sukarto. 1999. Drainase Perkotaan. Jakarta: PT. Mediatama Saptakarya.

[10] Soemarto. 1995. Hidrologi Teknik. Jakarta:Erlangga.

[11] Jiahao Lv, Jingming Hou, Tian Wang, dkk. 2024. The research on narrow-valley city flood control mode based on hydrodynamic-hydrological coupling model. Journal of Hydrology. Volume 640.

[12] Minyeob Jeong, Changhwan Kim, dan Dae-Hong Kim, dkk. 2024. Flood prediction using nonlinear instantaneous unit hydrograph and deep learning: A MATLAB program. Jurnal Environmental Modelling & Software. Volume 175.

[13] Shupu Wu, Xudong Zhou, Johan Reyns, dkk. 2024. Climate change and urban sprawl: Unveiling the escalating flood risks in river deltas with a deep dive into the GBM river delta. Jurnal Science of The Total Environment. Volume 947.