



LITERASI REVIEW SISTEM DRAINASE PERMUKAAN UNIVERSITAS PANCASAKTI TEGAL

Soebyakto¹, Muh. Yusuf², Teguh Haris Santoso³, Nadya Shafira Salsabilla⁴, Okky Hendra Hermawan⁵, Retno Susilorini⁶
^{1,2,3,4,5,6}Dosen Fakultas Teknik dan Ilmu Komputer
Universitas Pancasakti Tegal

Article Information

Article history:

Received February 01,
2024

Approved February 09,
2024

Keywords:

Drainase, luapan air,
saluran air, intrusi air,
pembuangan air,
mengelola air, debit
aliran air, volume
genangan air.

ABSTRACT

Surface drainage is the regular diversion or disposal of excess water from the land surface through improved natural channels or constructed water channels, if necessary, equipped with the formation and assessment of the land surface for these channels. Campus 1 of Pancasakti University Tegal is located in the coastal area of Tegal City. In some cases, the land surface of Pancasakti Tegal University is shaped or graded to create a slope towards the channel. The different types of surface drainage systems are open channels, humps and depressions, embankments, and building edge drains. Drainage is the natural or artificial removal of surface and subsurface water from an area that has excess water. Internal drainage on most educational sites can prevent severe waterlogging, but many soils require artificial drainage to improve management of excess water. The first step in installing a drainage system is to survey the area and determine the type of system needed. During high tides and high rainfall, water intrusion occurs into the grounds of Pancasakti University Tegal. This involves assessing the amount of rainfall and sea tides in waterlogged areas, the slope of the land, and the type of soil. This will tell us what type and material of drainage system is best for the structure. The drainage problem that often arises is the lack of coordination and synchronization with other infrastructure development. In general, the handling of the drainage system is still partial, so it does not solve the problem of flooding and inundation completely. The purpose of this paper is to review several factors that cause water intrusion in drainage due to high tides causing water flow to be obstructed so that when it rains, water overflows and puddles occur.

ABSTRAK

Drainase permukaan adalah pengalihan atau pembuangan kelebihan air secara teratur dari permukaan tanah melalui saluran alami yang diperbaiki atau saluran air yang dibangun, bila perlu

dilengkapi dengan pembentukan dan penilaian permukaan tanah untuk saluran tersebut. Kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal terletak pada daerah pesisir pantai Kota Tegal. Dalam beberapa kasus, permukaan tanah Universitas Pancasakti Tegal dibentuk atau diberi gradasi untuk membuat kemiringan ke arah saluran. Berbagai jenis sistem drainase permukaan adalah saluran terbuka, punuk dan cekungan, tanggul, dan saluran air tepi bangunan. Drainase adalah pembuangan air permukaan dan air bawah permukaan secara alami atau buatan dari suatu daerah yang mempunyai kelebihan air. Drainase internal pada sebagian besar tanah tempat pendidikan dapat mencegah genangan air yang parah, namun banyak tanah memerlukan drainase buatan untuk meningkatkan pengelolaan air berlebih. Langkah pertama dalam memasang sistem drainase adalah mensurvei area tersebut dan menentukan jenis sistem yang dibutuhkan. Pada saat pasang naik dan curah hujan tinggi, terjadi intrusi air ke halaman Universitas Pancasakti Tegal. Hal ini melibatkan penilaian jumlah curah hujan dan pasang naik air laut di daerah genangan air, kemiringan lahan, dan jenis tanah. Ini akan memberi tahu kita jenis dan bahan sistem drainase apa yang terbaik untuk struktur tersebut. Permasalahan drainase yang seringkali muncul adalah kurangnya koordinasi dan sinkronisasi dengan pembangunan infrastruktur lainnya. Pada umumnya penanganan sistem drainase masih bersifat parsial, sehingga tidak menyelesaikan permasalahan banjir dan genangan secara tuntas. Tujuan penulisan ini adalah meninjau beberapa faktor terjadinya intrusi air pada drainase akibat adanya pasang naik air laut menyebabkan aliran air terhambat sehingga pada saat hujan tiba, terjadi luapan air dan genangan.

© 2024 EJOIN

**Corresponding author email: soebyakto@gmail.com*

PENDAHULUAN

Literasi adalah serangkaian kemampuan dan keterampilan individu dalam membaca, menulis, berbicara, menghitung, dan memecahkan masalah pada tingkat keahlian tertentu yang diperlukan dalam kehidupan sehari-hari. Literasi review sistem drainase adalah meninjau sistem drainase dengan kemampuan dan keterampilan membaca dan menulis dari referensi yang ditemukan dalam memecahkan masalah perhitungan volume genangan dan debit aliran air hujan. Universitas Pancasakti Tegal memiliki kampus 1 yang berada di dekat pesisir pantai Kota Tegal. Pesisir adalah daerah darat tepi laut yang mendapat pengaruh laut seperti pasang surut, angin laut. Sedangkan pantai adalah daerah di tepi perairan yang dipengaruhi oleh air pasang tertinggi dan air surut terendah. Daerah daratan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan daratan dimulai batas garis pasang tertinggi. Daerah lautan adalah daerah yang terletak di atas dan di bawah permukaan laut di mulai dari sisi laut pada garis terendah, termasuk dasar laut dan bagian bumi di bawahnya. Terjadinya intrusi air laut ke arah daratan seperti pada area Universitas Pancasakti Tegal. Hal ini disebabkan karena normalisasi saluran primer atau banjir kanal drainase, yang bermuara langsung ke laut. Dengan membuat saluran yang lebih besar dan dalam, maka air laut (khususnya pada waktu pasang-naik),

akan menyusur melalui saluran ini, masuk jauh ke daratan. Intrusi air laut melalui saluran drainase akibat ketinggian tanah daratan lebih rendah dari ketinggian air laut pada saat pasang naik. Hal ini akan menjadi masalah bertambah jika terjadi curah hujan yang memiliki durasi cukup lama. Genangan air akan masuk ke area kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal. Survei pengamatan ketinggian air laut rata-rata terhadap pasang naik air laut, banyaknya curah hujan tertinggi, luas daerah genangan air, perlu dilakukan. Tujuan melakukan peninjauan (review) sistem drainase permukaan Universitas Pancasakti Tegal, agar genangan air yang meluap pada beberapa tempat pada saat musim hujan dan pasang naik air laut dapat teratasi dengan baik.

Intrusi Air Laut

Intrusi air laut adalah naiknya batas antara permukaan air tanah dengan permukaan air laut ke arah daratan. Intrusi air laut merupakan masuknya air laut melalui akuifer air tanah yang menyebabkan berubahnya karakteristik air tanah yang umumnya tawar menjadi asin. Dari hasil penelitian ini menunjukkan persebaran intrusi air laut di Kota Tegal bervariasi dari garis pantai. Intrusi atau penyusupan air asin ke dalam akuifer di daratan pada dasarnya adalah proses masuknya air laut di bawah permukaan tanah melalui akuifer di daratan atau daerah pantai. Berkurangnya volume air tanah tawar akibat pengambilan air tanah yang berlebihan mulai dari daerah hulu sampai hilir dapat menyebabkan semakin meluasnya intrusi air laut di daerah pesisir. Hal ini diperparah dengan cukup luasnya penggunaan lahan yang berupa tambak di wilayah pesisir Kota Tegal.

Intrusi air laut menjadi salah satu permasalahan lingkungan yang mempengaruhi banyak sektor di daerah pesisir laut, terutama mengenai ketersediaan air tanah tawar untuk kehidupan sehari-hari. Indonesia sebagai negara kepulauan selalu dibayangkan dengan fenomena ini, namun ancaman ini masih dianggap belum mendapat perhatian lebih.

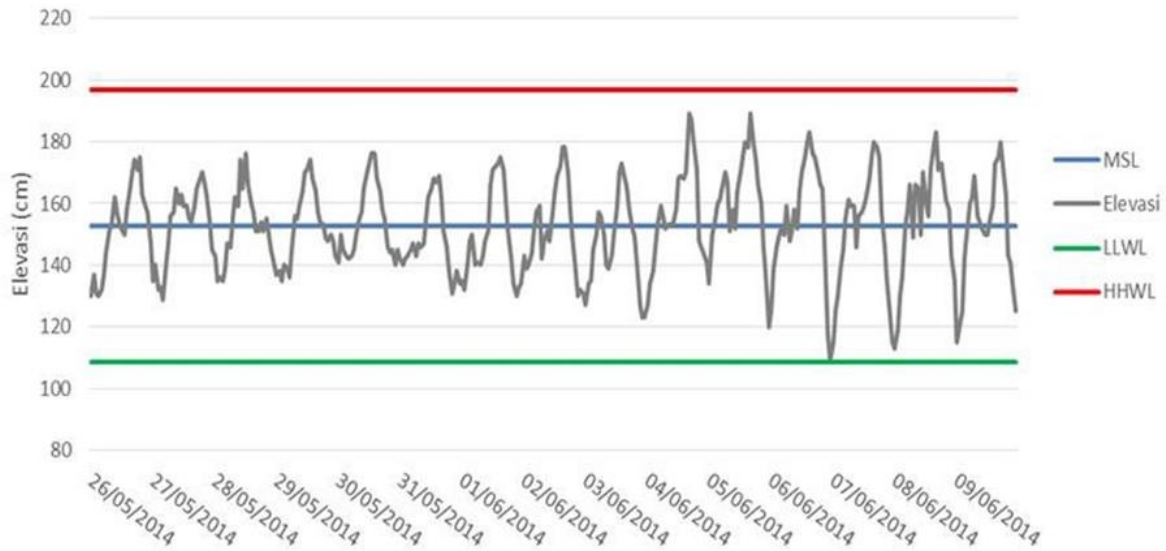
Pasang Surut Air Laut

Berdasarkan pada posisi matahari dan bulan terhadap bumi, pasang surut air laut dapat dibedakan menjadi dua jenis, yaitu :

- (1) Pasang surut purnama (spring tide) adalah pasang surut yang terjadi pada saat posisi matahari, bumi, dan bulan berada dalam suatu garis lurus. Pada saat itu, akan dihasilkan pasang maksimum yang sangat tinggi dan surut minimum yang sangat rendah, juga dikenal dengan pasang besar . Pasang besar terjadi dua kali dalam satu bulan yakni pada saat bulan baru dan bulan purnama.
- (2) Pasang surut perbani (neap tide) adalah pasang surut yang terjadi pada saat posisi bulan dan matahari membentuk sudut tegak lurus terhadap bumi. Pada saat itu, akan dihasilkan pasang maksimum yang rendah dan surut minimum yang tinggi, juga dikenal dengan pasang kecil. Pasang ini terjadi dua kali dalam satu bulan yaitu pada saat bulan seperempat pertama dan seperempat terakhir.

Kondisi Pasang Surut

Berdasarkan pengolahan data pasang surut dengan metode Admiralty tersaji grafik pasang surut yang ditampilkan pada gambar 1.

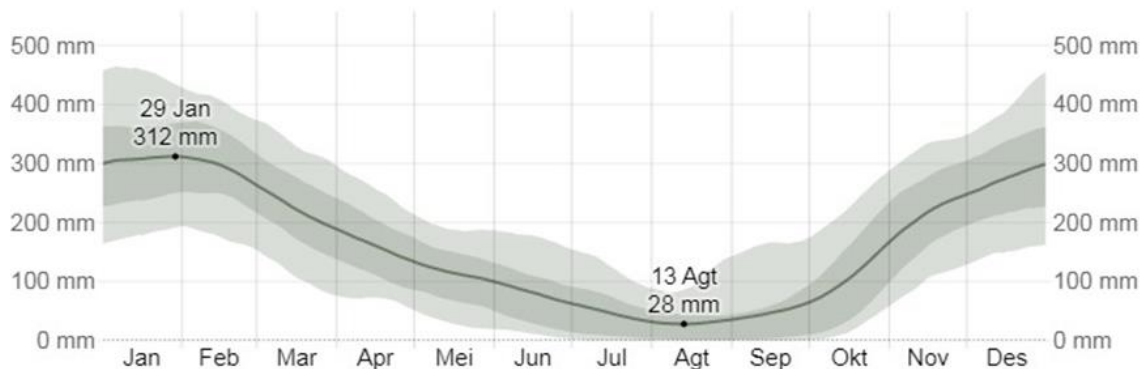


Gambar 1. Pasang Surut Perairan Kota Tegal

Berdasarkan hasil pengolahan data pasang surut dengan metode Admiralty diperoleh gambaran bahwa nilai muka laut rerata (MSL) adalah 152,7 cm, muka laut rendah terendah (LLWL) adalah 108,71 cm, dan nilai muka laut tinggi tertinggi (HHWL) adalah 196,69 cm. Tipe pasang surut di perairan Tegal adalah pasang surut campuran condong harian ganda dengan nilai bilangan formzahl sebesar 1,01 m.

Curah Hujan

Kota Tegal mengalami variasi musiman ekstrim dalam curah hujan bulanan. Curah hujan sepanjang tahun di Kota Tegal. Bulan dengan curah hujan terbanyak di Kota Tegal adalah Januari, dengan rata-rata curah hujan 308 milimeter. Bulan dengan curah hujan paling sedikit di Kota Tegal adalah Agustus, dengan curah hujan rata-rata 28 milimeter.



Gambar 2. Rata-rata Curah Hujan Bulanan di Kota Tegal

Curah hujan rata-rata (garis padat) terakumulasi selama periode geser 31 hari yang berpusat pada hari tersebut, dengan pita persentil ke-25 hingga ke-75 dan ke-10 hingga ke-90. Garis putus-putus tipis adalah curah salju rata-rata yang sesuai.

Laporan ini menggambarkan cuaca pada umumnya in Kota Tegal, berdasarkan analisis statistik laporan cuaca per jam historis dan rekonstruksi model dari 1 Januari 1980 hingga 31 Desember 2016.

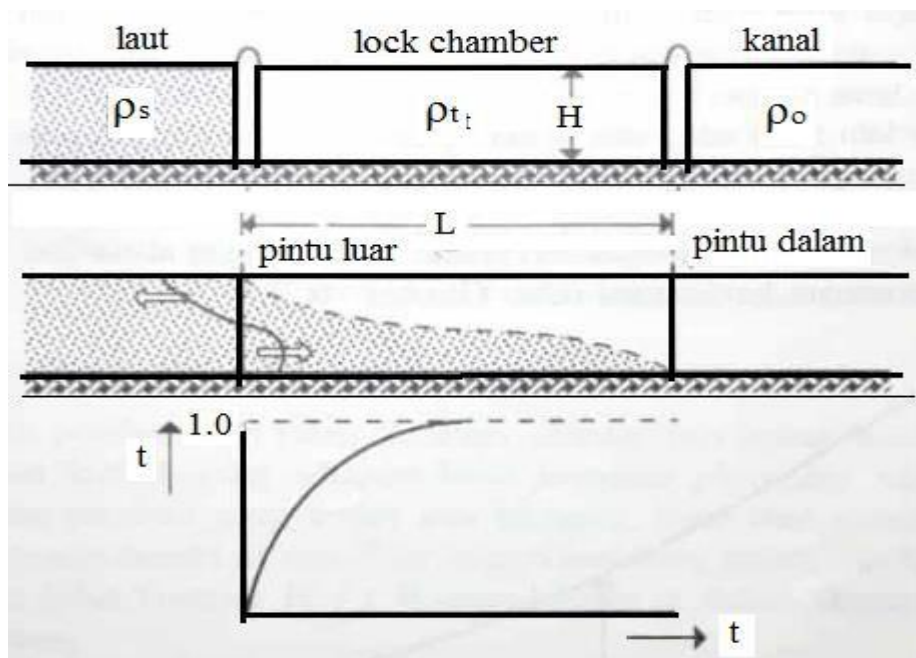
METODOLOGI

Intrusi Air Laut

Terjadinya intrusi air laut berdampak, bukan hanya mempengaruhi kualitas air tanah, namun juga pengaruh intrusi air laut terhadap bangunan. Beragam metode dapat diterapkan untuk mencegah intrusi air laut, mulai dari rekayasa bangunan, hingga penanganan alami dengan melestarikan hutan Mangrove yang dapat menghambat terjadinya intrusi air laut.

(1) Masuknya garam lewat pintu pelayaran

Metode Henric Stevin: Harus dapat dibedakan, antara jumlah garam yang masuk karena mengisi lock chamber dengan air laut pada saat permukaan air laut lebih tinggi dari permukaan kanal yang berisi air tawar. Dengan, jumlah garam dari akibat pertukaran antara air laut dan air tawar dalam lock chamber, jika pintunya terbuka



Gambar 3. Ilustrasi mengenai masuknya air laut

Keterangan simbol:

ρ_s = kerapatan relatif air laut

ρ_o = kerapatan relatif air tawar

ρ_t = kerapatan relatif rata-rata air dalam lock chamber pada saat t setelah pintu luar dibuka

H = kedalaman lock chamber

L = panjang lock chamber

(2) Intrusi air laut ke muara (estuari)

Dalam beberapa hal (jika tidak ada pasang air laut, pelayaran, yang mempunyai pola yang sama) terbentuk perlapisan jenis air pada daerah ini, antara air tawar dan air asin yang berada di dasar sungai. Terkadang malah tidak terdapat batas lapisan yang tegas antara air tawar dan air asin, tetapi terjadi percampuran hingga ke derajat tertentu. Dalam pendekatan

klasik, ditinjau dari keseimbangan antara aliran garam ke arah laut dan aliran ke hulu akibat penurunan konsentrasi.

(3) Drainase saline efluen

Air dalam sungai atau waduk di daerah delta dan pantai dapat terkontaminasi dengan masuknya rembesan air payau dan air salin yang berasal intrusi laut.

(4) Kadar garam dalam air sungai

Beberapa sungai mengalirkan garam dalam jumlah yang cukup besar misalnya Sungai

Rhine, Colorado dan Tigris. Hal Ini dapat disebabkan oleh :

- Salinitas alami dari komponen air tanah dari aliran sungai.
- Aliran balik (return flow) dari daerah irigasi disebelah hulu.
- Pembuangan air sisa rumah tangga.
- Pembuangan air sisa industri.

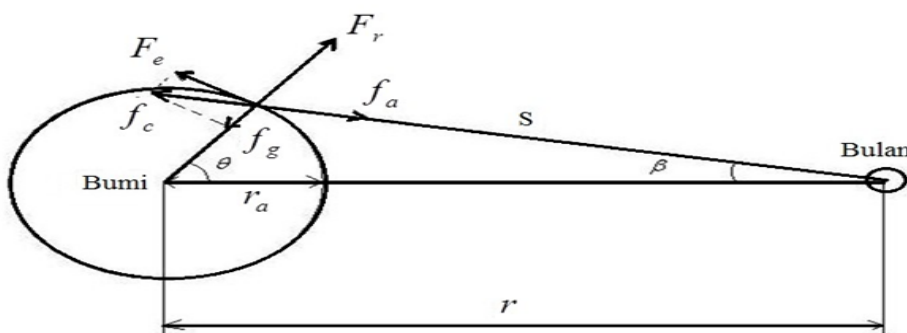
Pasang Surut Air Laut

Metode Hukum Newton tentang Gravitasi

Fenomena pasang surut air laut yang terjadi akibat adanya gaya tarik menarik gravitasi bumi terhadap bulan dan matahari. Pasang surut air laut terjadi secara periodik dan bergantung pada posisi bumi terhadap bulan dan matahari.

Pasang surut laut merupakan hasil dari gaya tarik gravitasi dan efek sentrifugal. Efek sentrifugal adalah dorongan ke arah luar pusat rotasi. Gravitasi bervariasi secara langsung dengan massa tetapi berbanding terbalik terhadap jarak. Meskipun ukuran bulan lebih kecil dari matahari, gaya tarik gravitasi bulan dua kali lebih besar daripada gaya tarik matahari dalam membangkitkan pasang surut laut karena jarak bulan lebih dekat daripada jarak matahari ke bumi.

Teori kesetimbangan pertama kali diperkenalkan oleh Sir Isaac Newton (1642-1727). Teori ini menerangkan sifat-sifat pasut secara kualitatif. Teori terjadi pada bumi ideal yang seluruh permukaannya ditutupi oleh air dan pengaruh kelembaman (Inertia) diabaikan. Teori ini menyatakan bahwa naik-turunnya permukaan laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut. Untuk memahami gaya pembangkit pasang surut dilakukan dengan memisahkan pergerakan sistem bumi-bulan-matahari menjadi 2 yaitu, sistem bumi-bulan dan sistem bumi matahari. Pada teori kesetimbangan bumi diasumsikan tertutup air dengan kedalaman dan densitas yang sama dan naik turun muka laut sebanding dengan gaya pembangkit pasang surut atau GPP (Tide Generating Force) yaitu resultante gaya tarik bulan dan gaya sentrifugal, teori ini berkaitan dengan hubungan antara laut, massa air yang naik, bulan, dan matahari. Gaya pembangkit pasut ini akan menimbulkan air tinggi pada dua lokasi dan air rendah pada dua lokasi (7).

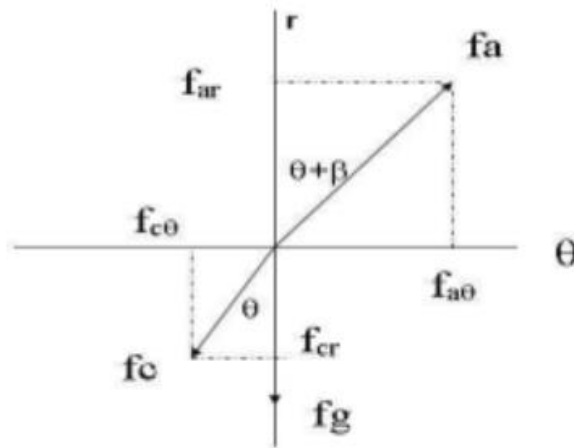


Gambar 4. Gaya Pembangkit Pasang Surut

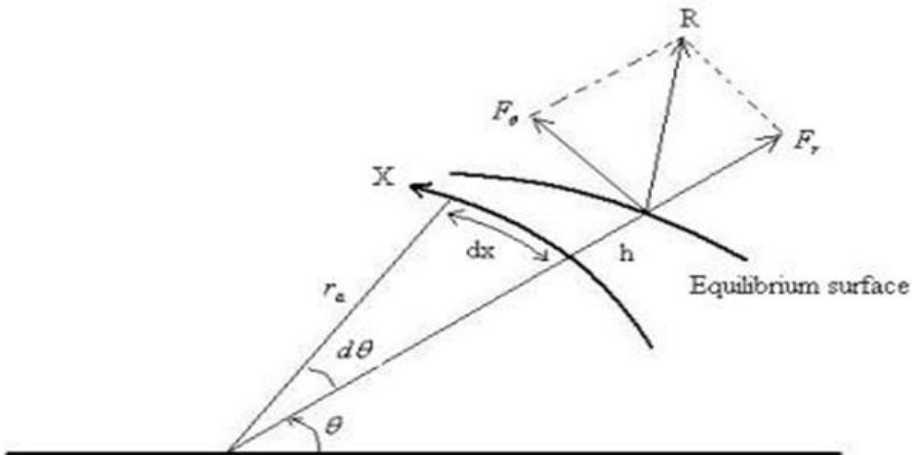
Keterangan

- Gaya tarik bumi (fg) pada 1 unit massa partikel air = percepatan gravitasi (g).
- Gaya sentrifugal (fc) yang diakibatkan Bumi-Bulan berevolusi.
- Gaya tarik bulan (fa) pada satu unit massa air di permukaan Bumi.
- Komponen radial (r).
- Komponen tangensial (□).
- Jarak dari partikel air ke pusat massa Bulan (s).

$$f_c = g \left(\frac{m}{M} \right) \left(\frac{r_a}{r} \right)^2 \quad f_a = g \left(\frac{m}{M} \right) \left(\frac{r_a}{S} \right)^2 \quad F_\theta = -\frac{3}{2} g \left(\frac{m}{M} \right) \left(\frac{r_a}{r} \right)^3 \sin 2\theta \quad F_r = -g$$



Gambar 5. Proyeksi gaya-gaya pembangkit pasang surut



Gambar 6. Permukaan air equilibrium
di bawah pengaruh gaya pembangkit pasang surut

Perbandingan gaya pembangkit pasang surut bulan dan matahari :

$$\frac{h_s}{h_m} = \frac{M_s}{M_m} \left(\frac{r_{sm}}{r_{se}} \right)^3$$

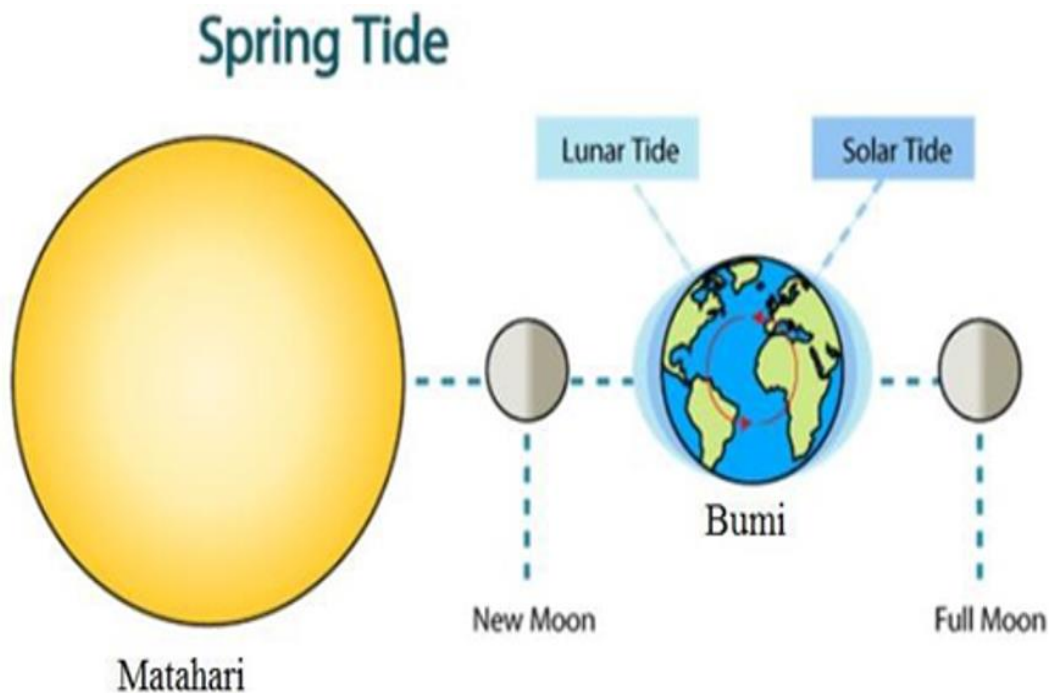
$$\frac{h_s}{h_m} = 0,46 \dots\dots\dots (1)$$

h_s = ketinggian pasang surut akibat bumi-matahari (m)

h_m = ketinggian pasang surut akibat bumi-bulan (m)

Pasang surut air laut dipengaruhi gravitasi bulan atau gravitasi matahari

Gravitasi bulan memiliki pengaruh yang lebih besar daripada gravitasi matahari karena jarak bulan lebih dekat ke bumi. Matahari memiliki gaya gravitasi yang jauh lebih besar dari bulan, namun jaraknya sangat jauh dari bumi. Dilansir dari National Oceanic and Atmospheric Administration, jarak yang jauh membuat gaya pembangkit pasang surut matahari sekitar 27 kali lebih kecil daripada gaya pembangkit pasang surut bulan. Kondisi air laut pasang terjadi dua kali yaitu saat bulan purnama dan bulan baru. Pada belahan bumi yang mengalami bulan purnama, jarak air laut dengan pusat bulan lebih dekat daripada jarak pusat bumi dengan pusat bulan. Hal yang sama terjadi pada belahan bumi yang mengalami bulan baru, jarak air laut dengan pusat bulan lebih jauh daripada jarak pusat bumi dengan pusat bulan. Ini mengakibatkan gaya gravitasi bulan lebih kuat daripada bumi untuk menarik air laut. Air laut menjadi sedikit lebih tinggi terhadap permukaan bumi, inilah yang disebut air laut pasang.



Gambar 7 Ilustrasi air laut pasang

Gaya Pasang Surut akibat gravitasi dari bulan-bumi

Pasang surut bumi-bulan adalah proses turun dan naiknya muka air laut akibat gaya tarik menarik antara bumi dengan bulan ⁽¹⁰⁾.

$$F_{em-tidal} = \frac{2GM_e M_m r}{d_{em}^2} \dots\dots\dots (2)$$

M_m = Massa Bulan = $7,347673 \times 10^{22}$ kg
 M_e = Massa Bumi = $5,972 \times 10^{24}$ kg
 d_{em} = Jarak bumi-bulan = 384.400.000 m
 r = jari-jari bumi = 6.371.000 m
 G = konstanta gravitasi = $6,673 \times 10^{-11}$ Nm²/kg².
 $F_{em-tidal}$ = Gaya Pasang Surut Bumi-Bulan (N)

$$F_{em-tidal} = 6,57 \times 10^{18} \text{ N} \dots\dots\dots (3)$$

Gaya Pasang Surut akibat gravitasi dari bumi-matahari Pasang surut bumi-matahari adalah proses turun dan naiknya muka air laut akibat gaya Tarik menarik antara bumi dengan matahari.

$$F_{es-tidal} = \frac{2GM_s M_e r}{d_{es}^2} \dots\dots\dots (4)$$

M_s = Massa Matahari = $1,98847 \times 10^{30}$ kg
 M_e = Massa Bumi = $5,972 \times 10^{24}$ kg
 d_{es} = Jarak bumi-matahari = 149.600.000.000 m
 r = jari-jari bumi = 6.371.000 m
 G = konstanta gravitasi = $6,673 \times 10^{-11}$ Nm²/kg².
 $F_{es-tidal}$ = Gaya Pasang Surut Bumi-Matahari (N)

$$F_{es-tidal} = 3,02 \times 10^{18} \text{ N} \dots\dots\dots (5)$$

Air Hujan

Presipitasi atau hujan adalah merupakan uap air yang terkondensasi dan jatuh dari atmosfer ke bumi dengan segala bentuknya dalam rangkaian siklus hidrologi. Jika air yang jatuh berbentuk cair disebut hujan (rainfall) dan jika berupa padat disebut salju (snow). Ketika awan telah menjadi sangat berat, awan tak dapat lagi menampung air. Maka, perlahan air di awan mencair dan jatuh ke dataran. Tahapan ini dikenal dengan istilah presipitasi, yaitu peristiwa pencairan awan menjadi butiran air. Butiran air dari awan yang jatuh ke dataran disebut sebagai hujan. Curah hujan adalah jumlah air hujan yang jatuh selama periode waktu tertentu yang pengukurannya menggunakan satuan tinggi diatas permukaan tanah horizontal, yang diasumsikan tidak mengalir, meresap atau mengalir. Alat pengukur curah hujan disebut dengan fluviograf dan satuan curah hujan yang biasanya digunakan adalah milimeter (mm).

Banyaknya Curah Hujan Menurut Bulan tahun 2018 di Kota Tegal (mm)

Tabel 1. Curah Hujan Bulanan Tahun 2018 di Kota Tegal

Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agu	Sept	Okt	Nov	Des	Tahunan
83,4	551,4	255,0	154,0	53,2	30,4	0,0	0,0	7,2	14,8	35,0	193,3	114,8

Laju Infiltrasi Curah Hujan

Untuk mendapatkan nilai laju infiltrasi berdasarkan periode waktu yang biasanya dinyatakan dalam mm/menit. Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan penurunan tinggi muka air yang mengacu pada interval waktu yang telah ditetapkan SNI 7752-2012. Hasil pengukuran laju infiltrasi dihitung dengan rumus.

$$v = f(t) = \frac{\Delta h}{\Delta t} \dots\dots\dots (6)$$

Keterangan:

- v = f(t) = laju infiltrasi curah hujan (mm/menit)
- Δh = selisih pembaca ketinggian air (mm) = h - h₀.
- Δt = selisih waktu pembacaan (menit) = t - t₀.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dalam menyelesaikan masalah genangan air hujan di kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal. Kita meninjau kondisi lahan di luar dan di dalam kampus Universitas Pancasakti Tegal dalam bentuk parameter hidrologi. Data lahan kampus 1 dan posisi ketinggian Universitas Pancasakti Tegal. Volume genangan air hujan di lahan seluas kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal harus dapat diketahui dan debit alirannya. Daya tampung volume genangan air hujan di luar kampus perlu dihitung beserta debit alirannya.

Tabel 2. Data Lahan Kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal

No	Penggunaan Lahan Kampus 1	Luas (m ²)
1	Luas lahan Kampus 1 UPS Tegal	60480
2	Luas bangunan dan gedung	30189
	Luas lahan kosong	30291

A = Luas lahan kampus universitas pancasakti Tegal = 60480 m².
 V = volume genangan air (m³); h = ketinggian air (m)
 V = Ah = 60480h (7)
 Berdasarkan persamaan (6) dan tabel 1 curah hujan bulan Pebruari 2018 diperoleh

$$v = \frac{\Delta h}{\Delta t} = \frac{551,4}{24 \times 28 \times 60} = 0,0137 \text{ mm / menit} \dots\dots\dots (8)$$

$$v = \frac{0,0137 \times 0,001}{60} = 0,00000023 \text{ m / s} \dots\dots\dots (9)$$

Nilai v dari persamaan (9) disubstitusikan ke persamaan debit aliran hujan diperoleh:

$$Q = Av = 30291 \times 0,00000023 = 0.0069 \text{ m}^3/\text{s}$$

Q = debit aliran air hujan (m³/s)

Secara nalar berfikir nilai debit aliran air hujan, $Q = 0.0069 \text{ m}^3/\text{s}$ tidak menyebabkan genangan air melimpah pada bulan Pebruari 2020 di halaman Universitas Pancasakti Tegal. Akan tetapi kenyataannya pada tanggal 28 Pebruari 2020 jam 04.45 WIB telah terjadi genangan air hujan melimpah seperti nampak pada gambar berikut:



Gambar 8. Genangan Air Hujan di depan Gedung Rektorat Universitas Pancasakti Tegal tanggal 28 Pebruari 2020



Gambar 9. Genangan Air Hujan di depan Gedung YPP Universitas Pancasakti Tegal tanggal 28 Pebruari 2020

Atas dasar bukti kenyataan volume genangan air melimpah pada gambar (8) dan (9). Hal ini berarti bahwa ada intensitas curah hujan pada bulan Pebruari yang begitu besar.

$$Q = \frac{V_g}{t}$$

$$Q = Av$$

$$V_g = Avt = 60480vt \tag{10}$$

V_g = volume genangan (m^3); v = laju infiltrasi curah hujan (m/s)

A = luas lahan kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal (m^2); t = lamanya hujan (s)

Jika persamaan (10) disubstitusikan ke persamaan (6), maka diperoleh

$$V_g = 60480 \Delta h \tag{11}$$



Gambar 10. Grafik Pasang Surut bulan Pebruari 2010

$$\Delta h = h - h_o$$

Δh = beda ketinggian permukaan daratan dengan permukaan laut rata-rata, MSL (mean sea level); h = ketinggian permukaan daratan (m); h_o = ketinggian permukaan laut terhadap MSL (m).

Berdasarkan hasil penelitian pasang surut kota Tegal pada bulan Pebruari 2010 didapat ketinggian permukaan air laut mencapai

$$h_{ps} = 50cm = 0,5m$$

Curah hujan Kota Tegal pada bulan Pebruari 2018, tinggi curah hujan mencapai

$$h_{ch} = 551,4mm = 55,14cm = 0,5514m$$

Ketinggian permukaan laut kota Tegal pada bulan Pebruari dengan asumsi setiap tahun diprediksi sama atau mendekati kesamaan, sehingga diperoleh

$$h_o = h_{ps} + h_{ch} = 0,5 + 0,5514 = 1,0514m$$



Gambar 11. Posisi Universitas Pancasakti Tegal 6°51'06”S, 109°08'54”, h = 3m

Ketinggian kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal berdasarkan Google Earth sekitar 2 – 3 meter. Kita ambil nilai tertingginya: $h = 3,0m$ sehingga diperoleh beda tinggi terhadap permukaan laut pada bulan Pebruari menjadi

$$\Delta h = 3,0 - 1,0 = 2 \text{ m} \dots\dots\dots (12)$$

Hasil Δh ini dimasukkan ke persamaan (11) sehingga diperoleh hasil volume genangan yang dapat ditampung di luar kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal adalah

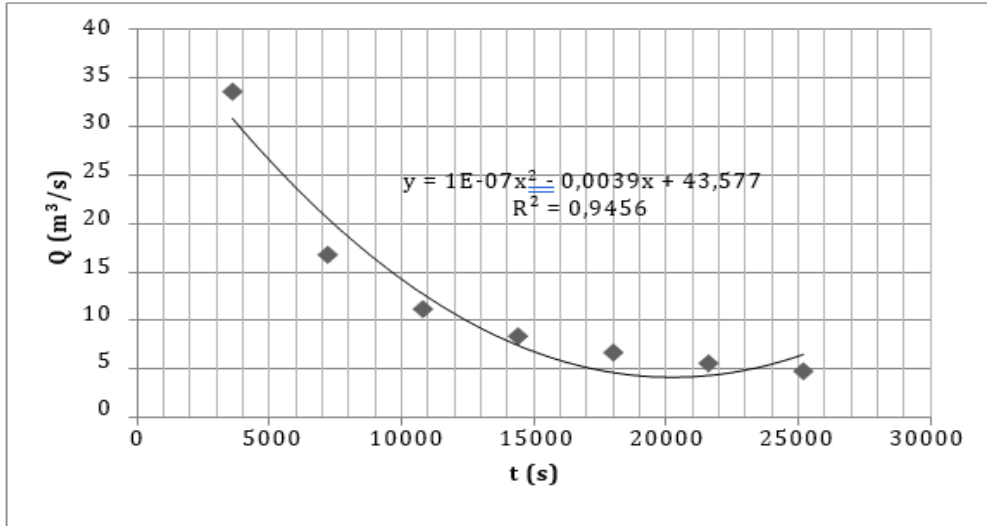
$$V_g = 60480 \Delta h = 60480 \times 2 = 120960 \text{ m}^3.$$

Kita hitung debit aliran air hujan dengan menggunakan grafik volume genangan yang dapat menampung air hujan terhadap waktu lamanya air hujan turun:

$$Q = \frac{V_g}{t} = \frac{120960}{t} \dots\dots\dots (13)$$

Tabel 3 Debit Aliran Air Hujan

No	t(s)	Q(m ³ /s)
1	3600	33.6
2	7200	16.8
3	10800	11.2
4	14400	8.4
5	18000	6.72
6	21600	5.6
7	25200	4.8



Gambar 12. grafik volume genangan yang dapat menampung air hujan terhadap waktu lamanya air hujan turun

Untuk memperoleh debit aliran air hujan optimal dengan pendekatan fungsi polinomial diperoleh

$$y = 1E-07x^2 - 0.0039x + 43.577$$

$$\frac{dy}{dx} = 2.00E-07 x - 0.0039$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$x = t = 19500,0s$$

$$y = Q = 5,6m^3 / s$$

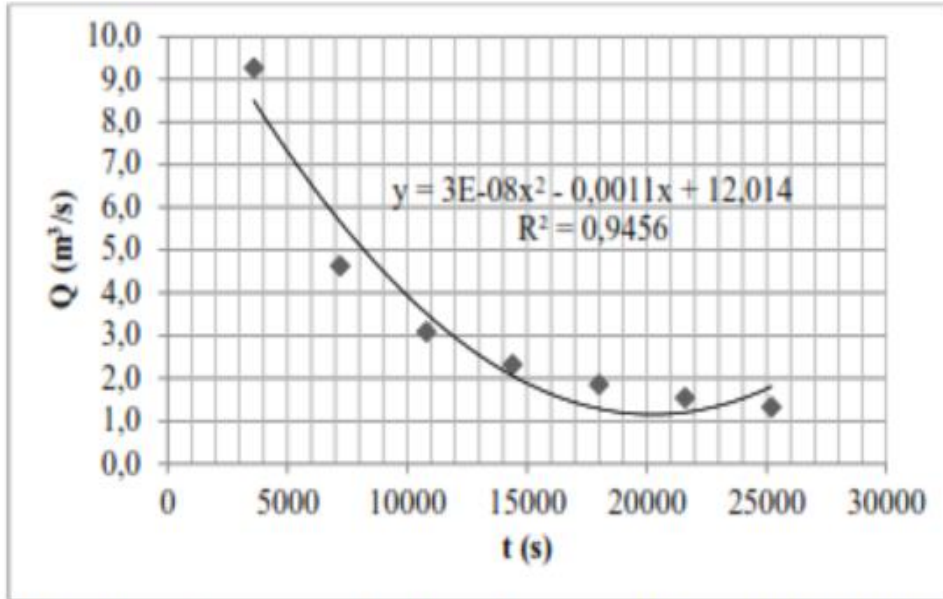
Waktu optimal lamanya air hujan turun, $t = 19500,0$ detik = 5,42 jam. Nilai debit aliran air hujan berdasarkan persamaan (13):

$$Q = \frac{V_g}{t} = \frac{120960}{t} = \frac{120960}{19500} = 6,2m^3 / s \dots\dots\dots (14)$$

Volume genangan air hujan Universitas Pancasakti Tegal pada bulan Pebruari dengan asumsi tiap tahun ada kesamaan atau mendekati nilai curah hujan 551,4 mm:

$$V_g = 60480 h_{ch} = 60480 \times 0,5514 = 33348.672 m^3.$$

$$Q = \frac{33348.672}{t} \dots\dots\dots (15)$$



Gambar 13. grafik volume genangan air hujan Universitas Pancasakti Tegal terhadap waktu lamanya air hujan turun

Debit aliran air hujan optimal Universitas Pancasakti Tegal dengan pendekatan fungsi polinomial diperoleh

$$y = 3E-08x^2 - 0.0011x + 12.014$$

$$\frac{dy}{dx} = 6E-08 x - 0.0011$$

$$\frac{dy}{dx} = 0$$

$$x = t = 18333,33 \text{ s} = 5,1 \text{ jam}$$

$$y = Q = 1,93 \text{ m}^3/\text{s}$$

Waktu optimal lamanya air hujan turun di Universitas Pancasakti Tegal, $t = 18333,33$ detik = 5,1 jam. Nilai debit aliran air hujan turun di Universitas Pancasakti Tegal, $Q = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$.

KESIMPULAN

- (1) Genangan air hujan pada bulan Pebruari di Kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal dengan luas lahan, $A = 60480 \text{ m}^2$, didapat $V_{ch} = 33348,7 \text{ m}^3$.
- (2) Waktu optimal lamanya air hujan turun di Universitas Pancasakti Tegal, $t = 18333,33$ detik = 5,1 jam. Nilai debit aliran air hujan turun di Universitas Pancasakti Tegal, $Q = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$.
- (3) Daya tampung optimal air hujan pada bulan Pebruari di luar Kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal didapat volume, $V_{ch} = 120960 \text{ m}^3$.
- (4) Debit aliran air hujan turun agar tertampung dalam volume 120960 m^3 , di luar kampus 1 Universitas Pancasakti Tegal, $Q = 5,6 - 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$.
- (5) Terdapat genangan air hujan pada bulan Pebruari 2020 di halaman depan Rektorat, Perpustakaan, dan YPP Universitas Pancasakti Tegal, disebabkan lambatnya debit aliran air hujan $Q = 1,9 \text{ m}^3/\text{s}$, seharusnya sekitar $Q = 5,6 - 6,2 \text{ m}^3/\text{s}$.

DAFTAR REFERENSI

- [1] KAJIAN INTRUSI AIR LAUT DAN DAMPAKNYA TERHADAP MASYARAKAT DI PESISIR KOTA TEGAL. Moch. Fajar Ismawan, Tjaturahono Budi Sanjoto, Wahyu Setyaningsih. Semarang : Geo Image, 2016, Vol. 5. 2252-6285.
- [2] Geoinside. Cara Mencegah Intrusi Air Laut. [geoinside.web.id](http://www.geoinside.web.id/). [Online] 2019. <http://www.geoinside.web.id/2019/05/cara-mencegah-intrusi-air-laut.html>.
- [3] Permatasari, Ayu. Apakah Bulan mempengaruhi pasang surut air laut? dictio.id. [Online]
- [4] 2018. <https://www.dictio.id/t/apakah-bulan-mempengaruhi-pasang-surut-air-laut/78887>.
- [5] Argianocean. Kajian Pola Arus Laut Dengan Pendekatan Model Hidrodinamika Dua Dimensi Untuk Pengembangan Pelabuhan Kota Tegal. argianocean.wordpress.com. [Online] 2016. <https://argianocean.wordpress.com/2016/05/12/kajian-pola-arus-laut-dengan-pendekatan-model-hidrodinamika-dua-dimensi-untuk-pengembangan-pelabuhan-kota-tegal/>.
- [6] Meeus, Jean. Iklim dan Cuaca Rata-Rata Sepanjang Tahun di Kota Tegal. id.weatherspark.com. [Online] Cedar Lake Ventures, Inc., 2924. <https://id.weatherspark.com/y/120698/Cuaca-Rata-rata-pada-bulan-in-Kota-Tegal-Indonesia-Sepanjang-Tahun..>
- [7] Admin. Pasang Surut Air Laut. dosenpendidikan.co.id. [Online] 2023. <https://www.dosenpendidikan.co.id/pasang-surut-air-laut/>.
- [8] Jotham S. R. Ninef, Beta Indri Sulistiyowati, Nabil Zubra. TIDES, TIDAL MIXING AND INTERNAL WAVE. Bogor : Pascasarjana Institut Pertanian Bogor,, 2013.
- [9] PASANG SURUT AIR LAUT DI PANTAI KOTA TEGA. Soebyakto, Zulfah, Mustaqim.
- [10] 2009, Tegal : OSEATEK, 2013, Vol. 5.
- [11] Adistiana, Karina Dwi. Pasang Surut Air Laut Akibat Gravitasi Bulan. ruangguru.com. [Online] 2018. <https://www.ruangguru.com/blog/pasang-surut-air-laut-akibat-gravitasi-bulan>.
- [12] Setiawan, Stefanus. PASANG SURUT (TIDAL) – PENGARUH GRAVITASI. anakkelautan.wordpress.com. [Online] OCEAN ENGINEER, 2015. <https://anakkelautan.wordpress.com/2015/03/10/pasang-surut-tidal-part-1/>.
- [13] Julianti, Dwi. Curah Hujan – Pengertian, Klasifikasi, dan Alat Pengukurannya – Materi Geografi Kelas 10. zenius.net. [Online] 2022. <https://www.zenius.net/blog/pengertian-curah-hujan>.
- [14] Tegal, BPS. Banyaknya Curah Hujan Menurut Bulan di Kota Tegal (Mm), 2018. tegalkota.bps.go.id. [Online] 2024. <https://tegalkota.bps.go.id/indicator/151/49/1/banyaknya-curah-hujan-menurut-bulan-di-kota-tegal.html>.
- [15] Analisa Karakteristik Genangan Berdasarkan Kejadian Hujan dan Laju Infiltrasi.
- [16] Widyaningrum, A.I. et al. Malang : JTRESDA, 2022, Vol. 2. 485-496.