

Diterima : 17 Februari 2025 | Selesai Direvisi : 07 April 2025 | Disetujui : 02 Mei 2025 | Dipublikasikan : Juli 2025
DOI : <https://doi.org/10.24853/jk.16.2.64-72>
Copyright © 2025 Jurnal Konstruksia
This is an open access article under the CC BY-NC licence (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>)

Drainase Bawah Permukaan (*Subsurface Drainage*) Pada Pembangunan Gardu Induk (GI) PLN Di Kawasan Industri Terpadu Batang – Jawa Tengah

Anna Rosytha¹, Dayat Indri Yuliasuti² dan Miftachul Huda¹

¹Prodi Teknik Sipil, Universitas Muhammadiyah Surabaya, Jl. Sutorejo No. 59, Surabaya 60113

Email korespondensi: anna.rosytha@ft.um-surabaya.ac.id

²Prodi Teknik Sipil, Universitas Dr.Soetomo, Jl. Semolowaru No. 84, Surabaya 60118

ABSTRAK

Gardu Induk (GI) termasuk dalam kategori objek strategis Nasional, PT. PLN (Persero) membangun Gardu Induk (GI) 150 kV dengan kapasitas 2 x 60 *Mega Volt Ampere* (MVA) untuk mendukung pembangunan Kawasan Industri Terpadu (KIT) Batang yang mana merupakan Proyek Strategis Nasional (PSN). Luas lahan Gardu Induk ini adalah 2 Ha yang berada didalam areal Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB). Drainase kawasan merupakan salah satu infrastruktur penting didalam GI yang berfungsi untuk mengurangi risiko banjir dan genangan, melindungi struktur bangunan dan jalan, serta menjaga kualitas lingkungan. Salah satu sistem drainase pada pembangunan GI adalah drainase bawah permukaan (*Subsurface Drainage*) yang berfungsi untuk melindungi bangunan yang berada di dalam tanah seperti *Cable Duct*. Dari hasil analisa hidrologi didapatkan curah hujan rencana (R) sebesar 30,10 mm, direncanakan menggunakan pipa *perforated* dengan diameter pipa 6 in dengan jarak antar pipa 4 meter dan panjang pipa 50 meter, Debit yang dialirkan masing-masing pipa sebesar 1,835 ltr/dt dengan kapasitas debit penampang saluran pipa sebesar 3.69 ltr/dt dan kecepatan aliran air dalam pipa sebesar 0.405 m/dt. Direncanakan kolam retensi berbentuk *long storage* dengan dimensi 75 x 1.80 x 0.7 m dan kapasitas tampungan sebesar 94.50 m³

Kata kunci: Drainase, *Subsurface Drainage*, *Cable Duct*, kolam retensi, *Long Storage*

ABSTRACT

The Electrical Substation is categorized as a National Strategic Object. PT. PLN (Persero) is constructing a 150 kV Substation (GI) with a capacity of 2 x 60 Mega Volt Amperes (MVA) to support the development of the Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB), which is designated as a National Strategic Project. The Electrical Substation occupies a 2-hectare land area within the KITB premises. Drainage area is one of the essential infrastructures within the electrical substation, functioning to reduce the risk of flooding and waterlogging, protect building and road structures, and maintain environmental quality. One of the drainage systems implemented in the substation construction is subsurface drainage, which serves to protect underground structures such as cable ducts. Based on the hydrological analysis, the design rainfall (R) is 30.10 mm. It is planned to use perforated pipes with a diameter of 6 inches, spaced 4 meters apart, and each with a length of 50 meters. The discharge per pipe is 1.835 liters/second, with a pipe cross-sectional flow capacity of 3.69 liters/second and a flow velocity of 0.405 meters/second. A long storage-type retention pond is also planned with dimensions of 75 x 1.80 x 0.7 meters, having a storage capacity of 94.50 m³

Keywords: Drainage, *Subsurface Drainage*, *Cable Duct*, retention pond, long storage

1. PENDAHULUAN

Gardu Induk (GI) Perusahaan Listrik Negara (PLN) termasuk dalam kategori objek strategis Nasional. Peran GI sebagai fasilitas penting dalam sistem tenaga listrik berfungsi untuk menerima, menyalurkan, dan mendistribusikan energi listrik dari pembangkit ke jaringan distribusi, atau dari satu wilayah ke wilayah lain.

PT. PLN (Persero) sebagai Perusahaan penyelenggara Penyedia Infrastruktur Ketenagalistrikan (PIK) di Kabupaten Batang, Jawa Tengah dengan membangun GI 150 kV dengan kapasitas 2 x 60 Mega Volt Ampere (MVA) dalam rangka mendukung pembangunan Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) yang merupakan salah satu Proyek Strategis Nasional (PSN). Luas lahan GI ini adalah 2 Ha yang berada didalam area Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB).

Salah satu infrastruktur penting pada pembangunan GI adalah sistem drainase kawasan yang berfungsi untuk mengurangi risiko banjir, melindungi struktur bangunan dan jalan, serta menjaga kualitas lingkungan. Sistem drainase yang baik juga membantu mencegah erosi tanah dan meningkatkan nilai properti disekitar kawasan GI [8].

Drainase yang berasal dari kata *drainage* yang mempunyai arti mengalirkan, menguras, mengerikan dan atau mengalihkan air, dimana dalam teknik Sipil drainase mempunyai pengertian suatu bentuk usaha untuk mengalirkan atau membuang kelebihan air dari suatu kawasan atau lahan, baik secara alami maupun buatan, sehingga kawasan tersebut dapat berfungsi secara optimal [12]. Jika dikembangkan untuk konteks drainase kawasan, maka maksudnya adalah sistem yang dirancang untuk mengalirkan kelebihan air hujan dari suatu kawasan (misalnya permukiman, industri, atau kawasan perkotaan) ke tempat pembuangan akhir secara aman dan efisien [8].

Terdapat dua sistem drainase pada pembangunan GI ini yakni drainase permukaan (*Surface Drainage*) dan drainase bawah permukaan (*Subsurface Drainage*). Drainase bawah permukaan (*Subsurface drainage*) pada area GI untuk menjaga instalasi *Cable Duct* yang berfungsi melindungi, mengatur, dan merapikan kabel, baik kabel listrik, data, maupun telekomunikasi agar aman dan tertata rapi.

Perencanaan Drainase bawah permukaan (*Subsurface drainage*) bertujuan untuk mengendalikan air tanah dan mencegah genangan air dibawah permukaan tanah, sehingga dapat mencegah kerusakan pada konstruksi jalan dan bangunan. Proses ini melibatkan berbagai tahapan, mulai dari analisis hidrologi, pemilihan jenis drainase yang tepat, hingga perencanaan teknis yang disesuaikan dengan kondisi lapangan [13].

Perencanaan drainase bawah permukaan (*Subsurface Drainage*) pada GI di Kawasan Industri Terpadu Batang (KITB) bertujuan untuk mengurangi muka air tanah yakni menurunkan kadar air tanah dibawah permukaan sehingga dapat mencegah kerusakan pada konstruksi, mencegah genangan dengan mengalirkan air tanah ke sistem drainase, sehingga tidak terjadi genangan dibawah permukaan tanah, meningkatkan kualitas tanah dengan membantu memperbaiki kondisi tanah dan mengurangi kandungan air serta meningkatkan sirkulasi udara, mencegah kerusakan pada jalan, bangunan, dan infrastruktur lainnya akibat genangan air dan mengendalikan erosi tanah akibat aliran air yang berlebihan.

2. METODOLOGI PENELITIAN

Hujan yang jatuh di Kawasan GI KITB akan dialirkan dan ditampung di kolam tampungan. Air diusahakan ditahan diwilayah kawasan GI dan hanya sebagian kecil yang dibuang ke saluran pembuangan utama kawasan industri, hal ini dilakukan agar limpasan air dari dalam

kawasan GI tidak membebani saluran utama KITB.

Prinsip drainase bawah permukaan (*subsurface drainage*) adalah mengalirkan aliran air ke bawah permukaan tanah dengan memanfaatkan gaya gravitasi [8]. Kondisi wilayah studi merupakan kawasan dengan sistem tenaga listrik bertegangan tinggi dan bangunan-bangunan yang di tanam didalam tanah seperti *Cable Duct* yang berisi kabel-kabel bawah tanah.

Analisa drainase bawah permukaan ini menggunakan rumus Darcy [7].

Waktu kosentrasi (t_0) ketika meresap ke dalam tanah:

$$q_1 = n \cdot V_i \quad (1)$$

$$V_i = \frac{q_1}{n} \quad (2)$$

$$t_0 = \frac{H}{V_i} \quad (3)$$

Waktu kosentrasi (t_f) ketika melauai pipa drain:

$$V = \frac{1}{n} R^{2/3} S^{1/2} \quad (4)$$

$$t_f = \frac{L}{V} \quad (5)$$

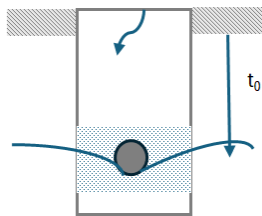
$$t_c = t_0 + t_f \quad (6)$$

Intensitas Hujan Rencana (I)

$$I = \frac{R_{24}}{24} \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3} \quad (7)$$

Debit banjir Rencana (Q)

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (8)$$



Gambar 1. Penampang Melintang Pipa [7]

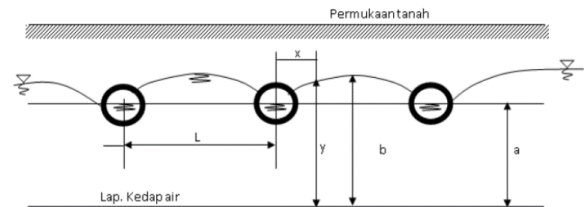
Jarak pipa drain

Pada sistem drainase jarak antar pipa L meter, diatas *impervious layer* setinggi a dan b adalah ketinggian maksimum *water table* diatas *impervious layer* [7]

Hukum darcy :

$$Q_y = K \cdot Y \frac{dy}{dx} \quad (9)$$

Dengan Q_y = debit yang melewati penampang y per unit panjang

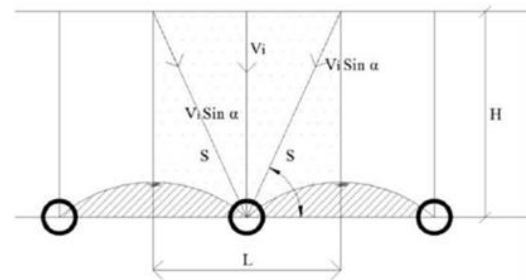


Gambar 2. Sket Definisi Penentuan Jarak Pipa Drain [7]

Dengan menggunakan rumus Dupuit:

$$L = 2 \sqrt{\frac{K}{v} (b^2 - a^2)} \quad (10)$$

Kapasitas pipa drain



Gambar 3. Sket Definisi Penentuan Jarak Pipa Drain [7]

Daya resap tanah

$q_1 = n \cdot v_i$ = laju infiltrasi (mm/hari)

v_i = kecepatan resap (mm/hari), searah S

n = porositas

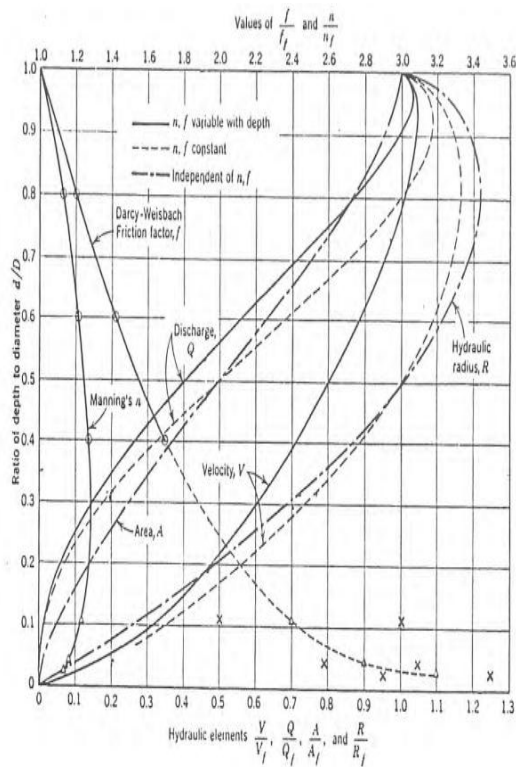
Kemampuan sistem drain

$$\left. \begin{aligned} \tan \alpha &= \frac{H}{0,5L} \\ S &= \frac{H}{\sin \alpha} \\ T &= \frac{S}{V_i \sin \alpha} \end{aligned} \right\} t = \frac{H}{V_i \sin^2 \alpha} \quad (11)$$

$$Q = Q \cdot L \cdot p \quad (12)$$

Diameter pipa drain

Perhitungan diameter Pipa dapat dilakukan dengan menggunakan grafik, dimana notasi dengan subskrip "f" menunjukkan kondisi aliran penuh, sedang tanpa subskrip menunjukkan kondisi saat ini. Grafik tersebut dapat dipakai menghitung parameter hidrolis untuk harga koefisien Manning (n) yang tidak tergantung pada kedalaman dan yang tergantung pada kedalaman dan yang tergantung pada kedalaman aliran [3].



Gambar 4. Elemen Hidraulik Saluran Penampang Lingkaran/Pipa [3]

Tabel 1. Elemen Hidrolik Pipa

Kedalaman d/D	L a/A	Radius Hidroulik r/R	Kecepatan v/V	D q/Q	Roughness N/n	
1	2	3	4	5	6	7
1.00	1.	1.	1.	1.	1.00	1.
0	0	0	0	00	0	0
	0	0	0	0		0
	0	0	0			0
0.90	0.	1.	0.	1.	1.12	1.
0	9	1	8	03	4	0
	4	9	3	0		6
	9	2	9			6
0.80	0.	1.	0.	1.	1.14	0.
0	8	2	8	03	0	9
	5	1	2	3		8
	8	7	2			8
0.70	0.	1.	0.	1.	1.12	0.
0	7	1	8	02	0	8
	4	1	4	9		3
	8	8	3			8
		5				
0.60	0.	1.	0.	1.	1.07	0.
0	6	1	9	01	2	6
	2	1	0	8		7
	6	0	0			1
0.50	0.	1.	1.	1.	1.00	0.
0	5	0	0	00	0	5
	0	0	0	0		0
	0	0	0			0
0.40	0.	0.	1.	0.	0.90	0.
0	3	8	1	97	2	3
	7	5	7	5		3
	3	7	0			6
0.30	0.	0.	1.	0.	0.77	0.
0	5	6	4	93	6	1
	2	8	6	9		9
	5	4	0			6
0.20	0.	0.	2.	0.	0.61	0.
0	1	4	0	88	5	0
	4	8	7	6		8
	3	2	0			8
0.10	0.	0.	3.	0.	0.40	0.
0	0	2	9	79	1	0
	5	5	4	6		2
	2	4	0			1

0.00	0.	0.
0	0	0
	0	0
	0	0

Sumber: [6]

Dengan rumus perbandingan diameter Pipa:

$$\frac{d}{D} = 0,5 \approx \frac{d}{Q} = 0,5 \quad (13)$$

Langkah-langkah penyelesaian penelitian

Pengumpulan data yang meliputi :

1. Data Topografi: Kontur tanah, kemiringan lahan, elevasi.
2. Data Curah Hujan: Data hujan historis, intensitas, durasi.
3. Data Geoteknik: Jenis tanah, permeabilitas, kedalaman muka air tanah.
4. *Layout* Pengguna: Tata letak bangunan, saluran, area terbangun, dan non-terbangun

Analisis Hidrologi & Hidraulika [8] [4] [2]

1. Distribusi Hujan Jam-Jaman: Menggunakan metode seperti *Alternating Block Method* (ABM) atau Sri Harto.
2. Analisis Debit Banjir: Menggunakan metode Rasional atau HSS (Unit Hydrograph).
3. Analisis Hidraulika Sub *Surface Drain*: Perhitungan debit, ukuran pipa, kedalaman, jarak pipa berdasarkan hukum Darcy

Pemodelan Hidraulika *Subsurface Drain*, dengan simulasi teknis untuk memverifikasi apakah desain sistem pipa drainase mampu mengalirkan debit air tanah dan hujan yang masuk ke dalamnya [7][11].

Melakukan evaluasi system saluran, jika saluran mampu menampung debit rencana maka dilanjutkan perhitungan kolam retensi atau kolam tampungan, tetapi jika tidak mampu menampung debit

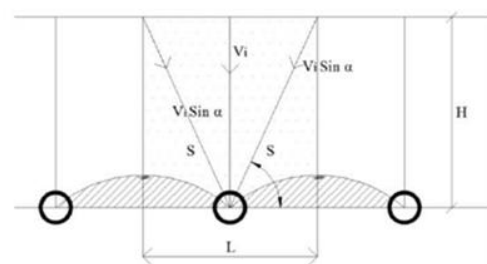
rencana, maka diperlukan perhitungan ulang dan revisi desain [3] [13].

Analisa Kolam Tampungan dan Debit Limpasan untuk menilai seberapa besar limpasan air yang tidak bisa dialirkan oleh pipa, lalu dialirkan ke kolam retensi. Dan memastikan bahwa volume kolam yang direncanakan cukup untuk menampung sisa air dari sistem drainase.

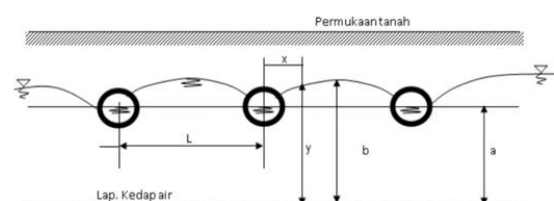
3. PEMBAHASAN

Dari hasil analisa hidrologi yang berupa data hujan di lokasi Kecamatan Gringsing Kabupaten Batang Jawa Tengah didapatkan :

- Curah Hujan Rencana (R) sebesar 30,10 mm.
- Koefisien Permeabilitas, $k = 0,36$ cm/jam
- Ketebalan lapisan tanah, $H = 0,6$ m
- Kemiringan saluran, $S = 0.002$
- Koefisien manning saluran pipa PVC, $n = 0,009$
- Laju Infiltrasi tanah Silt Clay, $v = 0,50$ cm/jam
- Porositas Tanah, $P = 56\%$ (dari data tanah)
- Jarak pipa dengan lapisan kedap air, $a = 29.40$ m
- Jarak muka air dengan lapisan kedap air, $b = 29.60$ m



Gambar 5. Sket Penentuan Kemampuan Pipa [7]



Gambar 6. Sket Definisi Penentuan Jarak Pipa Drain [7]

Direncanakan:

Diameter pipa 6 in, $D = 0,1524$ m

Luas penampang, $A = 0,02$ m²

Jarak pipa drainase, $L = 2\sqrt{\frac{k}{v}(b^2 - a^2)}$

Diperoleh, $L = 4,95$ m,

Pipa drain dipasang jarak 4 m

Panjang limpasan = 50 m = 0,05 km

Kemiringan lahan rata-rata = 0,004

Daya resap tanah, $q_1 = n \cdot V_1$

maka : $V_1 = q_1/n$

dimana :

q_1 = Laju infiltrasi

$q_1 = 5$ mm/jam

n = Porositas = 56%

diperoleh, $V_1 = 8,93$ mm/jam

$\tan \alpha = H/0,5L = 0,6/(0,5)(4) = 0,3$

maka, $\alpha = 16,70^\circ$

Debit yang dialirkan oleh pipa drain

$$q = \frac{4}{5} n \cdot V_1 \sin^2 \alpha$$

$$\sin \alpha = \sin 16,70^\circ = 0,287$$

$$q = \frac{4}{5} (0,56)(8,93)(0,287^2)$$

$$q = 0,33 \text{ mm/jam}$$

Catatan:

$$1 \text{ mm/jam/ha} = 0,01(\text{dm})/3600 (\text{dt})/10^6 (\text{dm}^2)$$

$$= 2,778 \text{ ltr/dt/ha}$$

$$\text{maka, } q = 0,33 \times 2,778 = 0,91$$

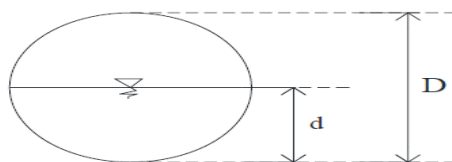
$$\text{Ltr/dt/ha}$$

Untuk panjang pipa 50 m dengan jarak pipa 4 m, debit yang dialirkan adalah

$$Q = q \cdot L \cdot P$$

$$Q = 1,835 \text{ Ltr/dt}$$

Analisa kapasitas penampang:



Gambar 7. Diameter Pipa Drain [8]

Luas penampang Basah :

$$A_b = 0,5 A = 0,0091 \text{ m}^2$$

$$\text{Keliling basah, } P_b = D + 0,5 \pi D = 0,39 \text{ m}$$

$$A_b/P_b = 0,02 \text{ m}$$

Koefisien manning utk pipa PVC, $n = 0,009$

Kecepatan aliran (V) :

$$V = (1/0,009) (0,02)^{2/3} (0,002)^{1/2}$$

$$V = 0,405 \text{ m/dt} < 1,50 \text{ m/dt..OK}$$

Kapasitas debit saluran :

$$Q = V \times A = (0,405)(0,0091)$$

$$Q = 0,00369 \text{ m}^3/\text{dt}$$

$$Q = 3.69 \text{ ltr/dt} > 1.835 \text{ ltr/dt.....OK}$$

Perhitungan kolam retensi

Luas daerah tangkapan pemasangan drainase bawah permukaan = 0,42 Ha = 0,00419 km²

Panjang saluran = 75,00 m = 0,075 km

Curah Hujan rencana periode ulang 5 tahun = 30,10 mm

Koefisien pengaliran areal industri = 0,7

Kemiringan Lahan = 0,0004

Durasi hujan = 4 jam

$$t_c = \left(\frac{0,87 L^2}{1000 \cdot S} \right)^{0.385}$$

$$t_c = 0,168 \text{ jam} = 10,108 \text{ menit}$$

$$I = \left(\frac{R24}{24} \right) \left(\frac{24}{t_c} \right)^{2/3}$$

$$I = 34,204 \text{ mm/jam}$$

Perhitungan Debit banjir metode rasional

$$Q = 0,278 \text{ C. I. A}$$

$$Q = 0,278(0,7)(34,204)(0,00419)$$

$$Q = 0,028 \text{ m}^3/\text{dt}$$

Perhitungan hujan jam-jaman dengan metode *Alternating Block Method* (ABM)

Intensitas hujan jam ke :

$$1 = 18,96 \text{ mm/jam}$$

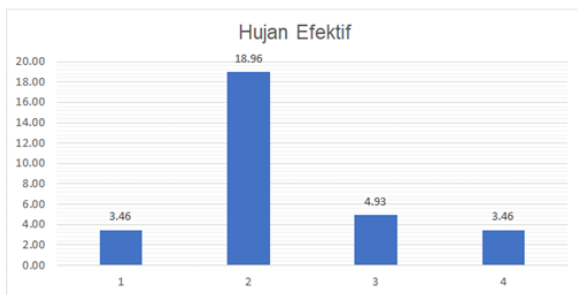
$$2 = 11,94 \text{ mm/jam}$$

$$3 = 9,11 \text{ mm/jam}$$

$$4 = 7,52 \text{ mm/jam}$$

Tabel 2. Perhitungan Hujan Jam-jaman

<i>jam</i>	<i>Intensitas hujan</i>	<i>td x I</i>	<i>intensitas hujan</i>	<i>ABM</i>	<i>Hujan jam-jaman</i>
1	18.96	18.96	18.96	3.46	3.46
2	11.94	23.89	4.93	18.96	18.96
3	9.11	27.34	3.46	4.93	4.93
4	7.52	30.10	2.75	3.46	3.46



Gambar 8. Grafik Hujan Jam-jaman

Tabel 3. Perhitungan Debit

<i>t</i>	<i>I</i>	<i>Q = 0.278 C I A</i>
1	3.46	0.003 m ³ /dt
2	18.96	0.015 m ³ /dt
3	4.93	0.004 m ³ /dt
4	3.46	0.003 m ³ /dt

Tabel 4. Perhitungan Volume Kumulatif Kolam Retensi

<i>t</i>	<i>t</i>	<i>Dt</i>	<i>aliran masuk</i>	<i>Volume</i>	<i>kumulatif volume</i>
<i>menit</i>	<i>detik</i>	<i>detik</i>	<i>m³/dt</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>
0	0	0	0.003	0.00	0.00
10	600	600	0.003	1.69	1.69
20	1200	600	0.003	1.69	3.38

<i>t</i>	<i>t</i>	<i>Dt</i>	<i>aliran masuk</i>	<i>Volume</i>	<i>kumulatif volume</i>
<i>menit</i>	<i>detik</i>	<i>detik</i>	<i>m³/dt</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>
30	1800	600	0.003	1.69	5.07
50	3000	600	0.003	1.69	8.46
60	3600	600	0.003	1.69	10.15
70	4200	600	0.015	9.28	19.42
80	4800	600	0.015	9.28	28.70
90	5400	600	0.015	9.28	37.97
100	6000	600	0.015	9.28	47.25
110	6600	600	0.015	9.28	56.52
120	7200	600	0.015	9.28	65.80
130	7800	600	0.004	2.41	68.21
140	8400	600	0.004	2.41	70.62
150	9000	600	0.004	2.41	73.03
160	9600	600	0.004	2.41	75.44
170	10200	600	0.004	2.41	77.85
180	10800	600	0.004	2.41	80.26
190	11400	600	0.003	1.69	81.95
200	12000	600	0.003	1.69	83.64
210	12600	600	0.003	1.69	85.34
220	13200	600	0.003	1.69	87.03
230	13800	600	0.003	1.69	88.72
240	14400	600	0.003	1.69	90.41

Direncanakan Kolam Retensi *Long Storage* dengan dimensi 0,7x1.8x75 m.

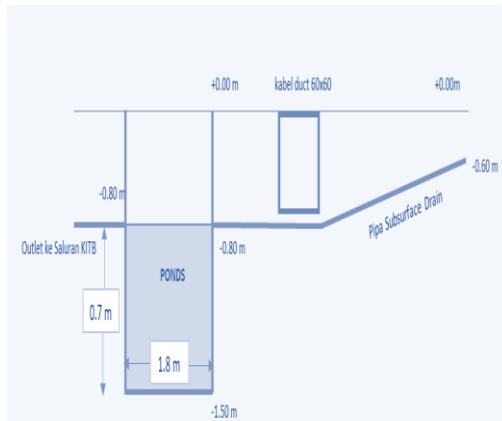
Volume kolam retensi = (0,7)(1)(75) = 94,5 m³

Tabel 5. Perhitungan Kapasitas
Tampungan dan Volume Limpasan Pada
Long Storage

<i>t</i>	<i>Vol. Ko mul atif</i>	<i>Q po mp a</i>	<i>Vol. Outflo w kumul atif</i>	<i>Vol. Tam pung an</i>	<i>Vol. yang melim pas</i>
<i>m e ni t</i>	<i>m³</i>	<i>m³/ dt</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>
0	0.0 0	0	42.00	- 94.50	-94.50
1 0	1.6 9	0	42.00	- 92.81	-92.81
2 0	3.3 8	0	42.00	- 91.12	-91.12
3 0	5.0 7	0	42.00	- 89.43	-89.43
4 0	6.7 6	0	42.00	- 87.74	-87.74
5 0	8.4 6	0	42.00	- 86.04	-86.04
6 0	10. 15	0	42.00	- 84.35	-84.35
7 0	19. 42	0	42.00	- 75.08	-75.08
8 0	28. 70	0	42.00	- 65.80	-65.80
9 0	37. 97	0	42.00	- 56.53	-56.53
1 0 0	47. 25	0	42.00	- 47.25	-47.25
1 1 0	56. 52	0	42.00	- 37.98	-37.98
1 2 0	65. 80	0	42.00	- 28.70	-28.70
1 3 0	68. 21	0	42.00	- 26.29	-26.29
1 4 0	70. 62	0	42.00	- 23.88	-23.88

<i>t</i>	<i>Vol. Ko mul atif</i>	<i>Q po mp a</i>	<i>Vol. Outflo w kumul atif</i>	<i>Vol. Tam pung an</i>	<i>Vol. yang melim pas</i>
<i>m e ni t</i>	<i>m³</i>	<i>m³/ dt</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>	<i>m³</i>
1 5 0	73. 03	0	42.00	- 21.47	-21.47
1 6 0	75. 44	0	42.00	- 19.06	-19.06
1 7 0	77. 85	0	42.00	- 16.65	-16.65
1 8 0	80. 26	0	42.00	- 14.24	-14.24
1 9 0	81. 95	0	42.00	- 12.55	-12.55
2 0 0	83. 64	0	42.00	- 10.86	-10.86
2 1 0	85. 34	0	42.00	-9.16	-9.16
2 2 0	87. 03	0	42.00	-7.47	-7.47
2 3 0	88. 72	0	42.00	-5.78	-5.78

Dari perhitungan diatas *long storage* mampu melayani debit pada saluran *subsurface* drainase lapangan.



Gambar 9. Sket Pengaliran *Subsurface* Drainase Dan Kolam Retensi

4. KESIMPULAN

Drainase Bawah Permukaan (*Subsurface Drainage*) Pada Pembangunan Gardu Induk (GI) PLN Di Kawasan Industri Terpadu Batang – Jawa Tengah dengan luas lahan 75 m x 50 m, dan hasil analisa hidrologi didapatkan curah hujan rencana (R) sebesar 30,10 mm. Direncanakan menggunakan pipa *perforated* dengan diameter pipa 6 in dengan jarak antar pipa 4 meter dan panjang pipa 50 meter.

Debit yang dialirkan masing-masing pipa sebesar 1,835 Ltr/dt dengan kapasitas debit penampang saluran pipa sebesar 3.69 ltr/dt dan kecepatan aliran air dalam pipa sebesar 0.405 m/dt.

Dibuat penampungan sementara yakni kolam retensi dengan menggunakan long storage sesuai dengan kondisi lahan sebelum dibuang ke saluran utama KITB dengan dimensi kolam tampung 75 x 1.80 x 0.7 m, kapasitas volume tampungan sebesar 94.50 m³

Perhitungan hujan rencana untuk kolam retensi menggunakan hujan jam-jaman metode *Alternating Block Method* (ABM) dengan durasi hujan selama 4 jam diperoleh intensitas puncak 18.96 mm/jam dan debit puncak 0.015 m/dt.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anhar, Lasminto Umboro dan Ansori, Bagus M (2018) “Analisa

Sistem Drainase Saluran Tol Waru Juanda Akibat Pembangunan *Surabaya Carnival & Night Market*”.

- [2] Asdak, C. (2014). *Hidrologi dan Pengelolaan Daerah Aliran Sungai*.
- [3] Chow, V. T., Hidrolika Saluran Terbuka. Diterjemahkan oleh E.V. Nensi Rosalina. Jakarta: Penerbit Erlangga (1992).
- [4] Harto, S. (1993). *Analisa Hidrologi*.
- [5] Kirpich, T. P. (1940). Time of Concentration of Small Agricultural Watersheds. *Civil Engineering*, 10(6), 362.
- [6] Modul 3, Spesifikasi Pekerjaan Drainase, PUPR, 2016.
- [7] Ritzema, H. P. (1994). *Drainage Principles and Applications* (2nd ed.). ILRI Publication No. 16.
- [8] SNI 03-2453-2002. (2002). *Tata Cara Perencanaan Drainase Perkotaan*. BSN.
- [9] Soemarto C. D., Hidrologi Teknik, Edisi 2. Jakarta: PT Gelora Aksara Pratama (1999).
- [10] Soewarno, Hidrologi: Aplikasi Metode Statistik untuk Analisis Data Jilid 1. Bandung: NOVA. (1995).
- [11] Sosrodarsono S., Hidrologi untuk Pengairan. Jakarta: PT. Pradnya Paramita (2006).
- [12] Suripin. 2004. Sistem Drainase Perkotaan yang Berkelanjutan. ANDI Offset Yogyakarta.
- [13] Triatmodjo, B. 2008. Hidrologi Terapan. Perum FT-UGM No.3 Seturan Catur tunggal Depok Sleman Yogyakarta 55281: Beta Off set Yogyakarta.
- [14] World Meteorological Organization (WMO), 2008. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation. Switzerland.

