

PERENCANAAN BOEZEM DAN POMPA DALAM PENANGAN BANJIR DI KABUPATEN PASURUAN JAWA TIMUR

Naufal Hisyam Erwanto¹, Erni Yulianti², Sriliani Surbakti³

¹⁾Mahasiswa Program Studi Teknik Sipil S1, Institut Teknologi Nasional Malang

²⁾³⁾Dosen Program Studi Teknik Sipil S1, Institut Teknologi Nasional Malang

Email : 1721086.naufalhisyam@gmail.com

ABSTRAK

Banjir merupakan suatu permasalahan air yang dapat berakibat pada kerusakan materil dan non materil. Apabila tidak di lakukan langkah pencegahan yang tepat, maka akan terjadi kerusakan yang lebih besar dikemudian hari. Dari berbagai tindak pencegahan di bidang infrastruktur seperti normalisasi sungai, pembuatan saluran drainase, terdapat pula pembuatan danau/waduk buatan yang disebut *boezem*. Perencanaan *boezem* sebagai alternatif penanganan banjir di Kabupaten Pasuruan Provinsi Jawa Timur akan menampung air akibat limpasan air hujan pada periode rancangan 50 tahun sebesar 235,8669 m³/detik. Perencanaan *boezem* di dapat dari perhitungan curah hujan rancangan periode 50 tahun sebesar 221,833 mm, dan dengan debit banjir rancangan metode rasional periode 50 tahun 235,8669 m³/detik. Kemudian dilakukan penelusuran banjir dengan inflow pada perhitungan HSS. Nakayasu kala ulang 50 tahun. Dan didapat kan nilai tampungan sebesar 47973,89 m³. Hasil dari perhitungan penelusuran banjir terhadap pompa dan pintu air didapatkan volume tampungan rencana sebesar 48.000 m³. Sebagai pelengkap untuk mendukung proses pengeringan *boezem* maka diperlukan pompa air dengan kapasitas maksimum 6600 m³/jam sebanyak 2 unit, dan 2 unit pintu air. Dan didapatkan pola pengoperasian pompa dan pintu air berdasarkan ketinggian air pada *boezem*.

Kata kunci : Banjir, debit banjir rancangan, *boezem*

ABSTRACT

Flood is a water issues that effect to material and non material lost. While there are no correct solution, it will be made greater damage on next day. From many act on infrasucture sides like river normalisation, drainage system, and reservoir construction these called *boezem*. *Boezem* planning as an alternative flood disaster in Pasuruan District East Java province will accommodate water caused high rainfall on 50 years period 235,8669 m³/second. Planning of *boezem* calculated with high rainfall prediction on 50 years, and with discharge prediction on 50 years by rational method 235,8669 m³/second. And continued with flood routing calculation by HSS. Nakayasu on 50 years period. Based on calculation storage that can accommodate the water is 47973,89 m³. As complement facilities to supporting dewatering *boezem* pumping station and sluice gates result of *boezem* storage will be plan 48.000 m³. For dewatering purpose, *boezem* need submersible pump with maximum capacity around 6600 m³/hour as much 2 units, and 2 units too for sluice gates. Sluice gates and pumps will operated based on water level of *boezem*.

Keyword : Flood, discharge, *boezem*

1. PENDAHULUAN

Kabupaten Pasuruan terbagi atas 5 (lima) daerah aliran sungai (DAS) yakni DAS Laweyan, DAS Rejoso, DAS Welang, DAS Petung, DAS Kedunglarangan. Dari peta daerah aliran dan data karakteristik serta debit sungai utama, dapat dilihat bahwa yang menjadi sungai utama adalah Sungai Welang. Sungai Welang memiliki *catchment area* terbesar yaitu 518 km², juga memiliki panjang sungai 36 km dan lebar 35 m.

Kabupaten Pasuruan adalah salah satu kabupaten di Jawa Timur yang terdampak oleh bencana banjir. Dengan total penduduk 1.627.400 jiwa, 6.379 kepala keluarga (BPS Kabupaten Pasuruan, 2020) diantaranya terdampak banjir yang diakibatkan luapan Sungai Welang, dengan tinggi muka air 10 – 120 cm, dan area daerah yang terendam banjir seluas 20,96 km² (BPS Kabupaten Pasuruan, 2020). Banjir yang terjadi disebabkan curah hujan yang meningkat, serta adanya rob yang datang bersamaan.

Oleh karena itu, perlu untuk diadakan pembangunan infrastruktur berupa *boezem* dikawasan hilir Sungai Welang beserta dengan pompanya. Karena *boezem* merupakan bangunan air yang menyerupai danau/waduk buatan yang dapat menampung air dengan volume besar, dilengkapi dengan bangunan pengatur debit, seperti pompa dan pintu air.

2. LANDASAN TEORI

2.1 BOEZEM, POMPA, DAN PINTU AIR

Boezem sendiri memiliki pengertian kolam yang bertujuan untuk menampung sementara limpasan air hujan atau air sungai ke dalam suatu kawasan. Pompa yang mana berfungsi sebagai alat pengeringan *boezem* yang difungsikan secara hidrolis yang mana memiliki fungsi lain yang sama dengan pintu air, yakni pengatur elevasi *boezem* dan pembuangan

2.2 HIDROLOGI

2.2.1 ANALISA CURAH HUJAN RATA-RATA

Rumus perhitungan yang digunakan adalah metode aritmatik dengan menggunakan data curah hujan harian maksimum. Dengan memperhatikan wilayah studi terdekat, maka diambil stasiun hujan Lawang, stasiun hujan Tuter, dan stasiun hujan Wonorejo.

$$\bar{R} = \frac{R_1 + R_2 + \dots + R_n}{N} = \frac{1}{N} \sum R_t \quad (2.1)$$

Dimana :

R = Tinggi Hujan rata-rata (mm)

R_t = Tinggi Hujan Harian maksimum (mm)

N = Jumlah data

2.2.2 ANALISA FREKUENSI

Analisa frekuensi adalah analisa mengenai pengulangan suatu kejadian untuk memperkirakan atau memilih distribusi probabilitas yang akan dipakai, Parameter statistik yang dipakai adalah :

- Nilai Rata-Rata

$$\bar{R} = \frac{\sum X}{n}$$

- Standar Deviasi

$$s = \sqrt{\frac{\sum (X - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- Coefficient of Variation (Koefisien variasi)

$$Cv = \frac{s}{\bar{X}}$$

- Coefficient of skewness (koefisien kemencengan)

$$Cs = \frac{n \cdot \sum (X - \bar{X})^3}{(n-1)(n-2)s^3}$$

- Coefficient of kurtosis (Koefisien ketajaman)

$$Ck = \frac{n^2 \cdot \sum (X - \bar{X})^4}{(n-1)(n-2)(n-3)s^4}$$

Dimana :

S = Standar Deviasi

X = Data dalam sampel

$\bar{X}$ = Nilai rata-rata hitung

N = Jumlah data

C_v = Koefisien variasi

C_s = Koefisien

Kemencengan

C_k = Koefisien ketajaman

2.2.3 UJI DISTRIBUSI

• Uji Chi-Square

Ujiyang dimaksudkan untuk menentukan apakah persamaan distribusi yang telah dipilih dapat mewakili analisa distribusi sampel yang dianalisa.

$$X_h^2 = \frac{(Of-Ef)^2}{Ei}$$

Keterangan :

X_h^2 = Parameter *Chi-Square* terhitung
G = Jumlah sub kelompok
 O_i = Jumlah nilai pengamatan pada sub kelompok ke i
 E_i = Jumlah nilai teoritis pada sub kelompok ke i

• Uji Smirnov-Kolmogorov

Uji kecocokan *Smirnov-Kolmogorov* pada dasarnya sering juga disebut uji kecocokan non parametric, karena pengujiannya tidak menggunakan distribusi tertentu.

Prosedurnya adalah sebagai berikut:

- Urutan data (dari besar ke kecil) atau sebaliknya dan tentukan besarnya peluang dari masing – masing data tersebut.
- Tentukan nilai masing – masing peluang teoritis dari hasil penggambaran data (persamaan distribusi)
- Dari data nilai peluang tersebut, tentukan selisih terbesar antara peluang pengamatan atau peluang teoritis.
- Berdasarkan table 2.2 (*Smirnov Kolmogorov*) tentukan harga D_0 .

Tabel 2 1 Nilai Uji Kritis untuk *Smirnov-Kolmogorof*

N	α			
	0.2	0.1	0.05	0.01
5	0.45	0.51	0.56	0.67
10	0.32	0.37	0.41	0.49
15	0.27	0.3	0.34	0.4
20	0.23	0.26	0.29	0.36
25	0.21	0.24	0.27	0.32
30	0.19	0.22	0.24	0.29
35	0.18	0.2	0.23	0.27
40	0.17	0.19	0.21	0.25

45	0.16	0.18	0.2	0.24
50	0.15	0.17	0.19	0.23
N> 50	1.07/ $N^{0.5}$	1.22/ $N^{0.5}$	1.36/ $N^{0.5}$	1.63/ $N^{0.5}$

Sumber : (Soemarto, 1987)

Tabel 2 2 Wilayah Luas dibawah Kurva Normal

t	0	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
-3.4	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0002
-3.3	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003	0.0003
-3.2	0.0007	0.0007	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0006	0.0005	0.0005	0.0005
-3.1	0.0010	0.0009	0.0009	0.0009	0.0008	0.0008	0.0008	0.0008	0.0007	0.0007
-3.0	0.0013	0.0013	0.0013	0.0012	0.0012	0.0011	0.0011	0.0011	0.0010	0.0010
-2.9	0.0019	0.0018	0.0017	0.0017	0.0016	0.0016	0.0015	0.0015	0.0014	0.0014
-2.8	0.0026	0.0025	0.0024	0.0023	0.0022	0.0022	0.0021	0.0021	0.0020	0.0019
-2.7	0.0036	0.0034	0.0033	0.0032	0.0031	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0042	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0056	0.0054	0.0053	0.0051	0.0050	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0077	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066
-2.3	0.0107	0.0104	0.0102	0.0099	0.0096	0.0094	0.0091	0.0089	0.0087	0.0084
-2.2	0.0139	0.0136	0.0132	0.0129	0.0125	0.0122	0.0119	0.0116	0.0113	0.0110
-2.1	0.0179	0.0174	0.0170	0.0166	0.0162	0.0158	0.0154	0.0150	0.0146	0.0143
-2.0	0.0228	0.0222	0.0217	0.0212	0.0207	0.0202	0.0197	0.0192	0.0188	0.0183
-1.9	0.0287	0.0281	0.0274	0.0268	0.0262	0.0256	0.0250	0.0244	0.0239	0.0233
-1.8	0.0359	0.0352	0.0344	0.0336	0.0329	0.0322	0.0314	0.0307	0.0301	0.0294
-1.7	0.0446	0.0436	0.0427	0.0418	0.0409	0.0401	0.0392	0.0384	0.0375	0.0367
-1.6	0.0548	0.0537	0.0526	0.0516	0.0505	0.0495	0.0485	0.0475	0.0465	0.0455
-1.5	0.0668	0.0655	0.0643	0.0630	0.0618	0.0606	0.0594	0.0582	0.0571	0.0559
-1.4	0.0808	0.0793	0.0778	0.0764	0.0749	0.0735	0.0722	0.0708	0.0694	0.0681
-1.3	0.0968	0.0951	0.0934	0.0918	0.0901	0.0885	0.0869	0.0853	0.0838	0.0823
-1.2	0.1151	0.1131	0.1112	0.1093	0.1075	0.1056	0.1038	0.1020	0.1003	0.0985
-1.1	0.1357	0.1335	0.1314	0.1292	0.1271	0.1251	0.1230	0.1210	0.1190	0.1170
-1.0	0.1587	0.1562	0.1539	0.1515	0.1492	0.1469	0.1446	0.1423	0.1401	0.1379
-0.9	0.1841	0.1814	0.1788	0.1762	0.1736	0.1711	0.1685	0.1660	0.1635	0.1611
-0.8	0.2119	0.2090	0.2061	0.2033	0.2005	0.1977	0.1949	0.1922	0.1894	0.1867
-0.7	0.2420	0.2389	0.2358	0.2327	0.2296	0.2264	0.2236	0.2206	0.2177	0.2148
-0.6	0.2743	0.2709	0.2676	0.2643	0.2611	0.2578	0.2546	0.2514	0.2483	0.2451
-0.5	0.3085	0.3050	0.3015	0.2981	0.2946	0.2912	0.2877	0.2843	0.2810	0.2776
-0.4	0.3446	0.3409	0.3372	0.3336	0.3300	0.3264	0.3228	0.3192	0.3156	0.3121
-0.3	0.3821	0.3783	0.3745	0.3707	0.3669	0.3632	0.3594	0.3557	0.3520	0.3483
-0.2	0.4207	0.4168	0.4129	0.4090	0.4052	0.4013	0.3974	0.3936	0.3897	0.3859
-0.1	0.4602	0.4562	0.4522	0.4483	0.4443	0.4404	0.4364	0.4325	0.4286	0.4247
0.0	0.5000	0.4960	0.4920	0.4880	0.4840	0.4801	0.4761	0.4721	0.4681	0.4641
0.1	0.5398	0.5357	0.5317	0.5277	0.5237	0.5197	0.5157	0.5117	0.5077	0.5037
0.2	0.5793	0.5751	0.5711	0.5671	0.5631	0.5591	0.5551	0.5511	0.5471	0.5431
0.3	0.6179	0.6137	0.6097	0.6057	0.6017	0.5977	0.5937	0.5897	0.5857	0.5817
0.4	0.6554	0.6512	0.6472	0.6432	0.6392	0.6352	0.6312	0.6272	0.6232	0.6192
0.5	0.6915	0.6875	0.6835	0.6795	0.6755	0.6715	0.6675	0.6635	0.6595	0.6555
0.6	0.7257	0.7217	0.7177	0.7137	0.7097	0.7057	0.7017	0.6977	0.6937	0.6897
0.7	0.7580	0.7540	0.7500	0.7460	0.7420	0.7380	0.7340	0.7300	0.7260	0.7220
0.8	0.7881	0.7841	0.7801	0.7761	0.7721	0.7681	0.7641	0.7601	0.7561	0.7521
0.9	0.8159	0.8119	0.8079	0.8039	0.7999	0.7959	0.7919	0.7879	0.7839	0.7799
1.0	0.8413	0.8373	0.8333	0.8293	0.8253	0.8213	0.8173	0.8133	0.8093	0.8053
1.1	0.8643	0.8603	0.8563	0.8523	0.8483	0.8443	0.8403	0.8363	0.8323	0.8283
1.2	0.8849	0.8809	0.8769	0.8729	0.8689	0.8649	0.8609	0.8569	0.8529	0.8489
1.3	0.9032	0.9000	0.8960	0.8920	0.8880	0.8840	0.8800	0.8760	0.8720	0.8680
1.4	0.9192	0.9160	0.9120	0.9080	0.9040	0.9000	0.8960	0.8920	0.8880	0.8840
1.5	0.9332	0.9300	0.9260	0.9220	0.9180	0.9140	0.9100	0.9060	0.9020	0.8980
1.6	0.9452	0.9420	0.9380	0.9340	0.9300	0.9260	0.9220	0.9180	0.9140	0.9100
1.7	0.9554	0.9520	0.9480	0.9440	0.9400	0.9360	0.9320	0.9280	0.9240	0.9200
1.8	0.9641	0.9606	0.9566	0.9526	0.9486	0.9446	0.9406	0.9366	0.9326	0.9286
1.9	0.9713	0.9678	0.9638	0.9598	0.9558	0.9518	0.9478	0.9438	0.9398	0.9358
2.0	0.9772	0.9732	0.9692	0.9652	0.9612	0.9572	0.9532	0.9492	0.9452	0.9412
2.1	0.9821	0.9781	0.9741	0.9701	0.9661	0.9621	0.9581	0.9541	0.9501	0.9461
2.2	0.9861	0.9821	0.9781	0.9741	0.9701	0.9661	0.9621	0.9581	0.9541	0.9501
2.3	0.9893	0.9853	0.9813	0.9773	0.9733	0.9693	0.9653	0.9613	0.9573	0.9533
2.4	0.9918	0.9878	0.9838	0.9798	0.9758	0.9718	0.9678	0.9638	0.9598	0.9558
2.5	0.9938	0.9898	0.9858	0.9818	0.9778	0.9738	0.9698	0.9658	0.9618	0.9578
2.6	0.9953	0.9913	0.9873	0.9833	0.9793	0.9753	0.9713	0.9673	0.9633	0.9593
2.7	0.9965	0.9925	0.9885	0.9845	0.9805	0.9765	0.9725	0.9685	0.9645	0.9605
2.8	0.9974	0.9934	0.9894	0.9854	0.9814	0.9774	0.9734	0.9694	0.9654	0.9614
2.9	0.9981	0.9941	0.9901	0.9861	0.9821	0.9781	0.9741	0.9701	0.9661	0.9621
3.0	0.9987	0.9947	0.9907	0.9867	0.9827	0.9787	0.9747	0.9707	0.9667	0.9627
3.1	0.9990	0.9950	0.9910	0.9870	0.9830	0.9790	0.9750	0.9710	0.9670	0.9630
3.2	0.9993	0.9953	0.9913	0.9873	0.9833	0.9793	0.9753	0.9713	0.9673	0.9633
3.3	0.9995	0.9955	0.9915	0.9875	0.9835	0.9795	0.9755	0.9715	0.9675	0.9635
3.4	0.9997	0.9957	0.9917	0.9877	0.9837	0.9797	0.9757	0.9717	0.9677	0.9637

Sumber : (Soemarto, 1987)

2.2.4 INTENSITAS HUJAN

Analisa ini merupakan variabel kontinyu yang digambarkan dalam suatu analisa dengan persamaan distribusi peluang.

• Metode E.J Gumbel

Hujan rencana dengan periode tertentu ditentukan dengan metode Gumbel. Dengan rumus sebagai berikut :

$$R_t = R_r + K \cdot S_s$$

$$K = \frac{Y_t - Y_n}{S_n}$$

$$Y_T = -\ln \left[\ln \left\{ \frac{T_r}{T_r - 1} \right\} \right]$$

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum (R_i - R_r)^2}{n-1}}$$

Dimana :

R_T = Curah hujan rencana dengan periode ulang T (mm)

R_r = Curah hujan rata-rata hasil pengamatan n tahun di lapangan (mm)

K = Frekuensi faktor

S_x = Standar deviasi dari hasil pengamatan selama n tahun

Y_T = *Reduced variate*

Y_N = *Reduced mean*

S_n = *Reduce* standar deviasi

R_i = Besarnya curah hujan pada pengamatan ke i

N = jumlah pengamatan

• Metode Log Pearson Type III

Metode ini mengubah data tersebut ke dalam logaritmanya yang mana dihitung parameter statistiknya.

Langkah-langkah perhitungannya sebagai berikut :

- Menyusun data curah hujan (R) mulai dari harga terbesar hingga terkecil
- Mengubah sejumlah N data curah hujan ke dalam bentuk Logaritma, sehingga menjadi log R_1 , log R_2 , ..., log R_n . Selanjutnya dinyatakan $X_i = \log R_i$
- Menghitung besarnya harga rata-rata besaran logaritma tersebut menurut persamaan :

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}$$

- Menghitung besarnya harga C_s dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan L
- Menghitung harga C_s dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan :

$$S_d = \sqrt{\frac{\sum (x_i - \bar{X})^2}{n-1}}$$

- Berdasarkan harga C_s dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan :

$$C_s = \frac{\frac{n}{(n-1)(n-2)} \sum (x_i - \bar{X})^3}{s_d^3}$$

- Menghitung besarnya harga logaritma dai masing-masing data curah hujan untuk suatu periode ulang tertentu dengan menggunakan persamaan :

$$X_t = \bar{X} + K_X \cdot S_d$$

- Jadi, perkiraan harga hujan harian maksimum untuk periode ulang T adalah $R_t = \text{antilog } X_t$ atau $R_t = 10^{X_t}$

2.2.5 DEBIT BANJIR RANCANGAN

Metode rasional dibuat dengan mempertimbangkan bahwa banjir berasal dari hujan yang mempunyai intensitas curah hujan seragam dan merata diseluruh DAS. Metode rasional ini pada umumnya banyak digunakan untuk menghitung debit banjir pada daerah aliran sungai yang tidak terlalu luas dengan batasan hingga luas kurang dari 300 ha (Suripin, 2004). Persamaan matematik metode rasional dapat dinyatakan dalam bentuk:

$$Q = 0,278 \cdot C \cdot I \cdot A \quad (2.29)$$

Dimana:

Q = debit banjir rencana (m^3/dt)

C = koefisien pengaliran

I = intensitas hujan (mm/jam)

A = Catchment area (km^2)

2.3 PENELUSURAN BANJIR (FLOOD ROUTING)

Penelusuran banjir adalah metode pendekatan untuk menentukan variasi debit terhadap waktu pada suatu titik pengamatan (Thioritz, 2009). Metode tersebut merupakan prakiraan hidrograf disuatu titik pada suatu aliran atau bagian sungai yang didasarkan atas pengamatan hidrograf di titik lain.

Persamaan kontinuitas yang umum dipakai dalam penelusuran banjir adalah sebagai berikut :

$$I - Q = \frac{ds}{dt}$$

Dimana :

I = debit yang masuk ke dalam permulaan bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3/dt)

Q = debit yang keluar dari akhir bagian memanjang palung sungai yang ditinjau (m^3/dt)

dS = besarnya tampungan dalam bagian memanjang palung sungai yang ditinjau

dt = periode penelusuran (detik, jam, atau hari)

Dengan indeks 1 merupakan keadaan mula periode penelusuran, dan indeks 2 merupakan keadaan akhir periode penelusuran, persamaan diatas dapat ditulis sedemikian rupa sehingga faktor-faktor yang diketahui ditempatkan diruas kiri (Thioritz, 2009) seperti berikut :

$$\frac{I_1+I_2}{2} \Delta t + \left(S_1 - \frac{Q_1}{2} \Delta t \right) = \left(S_2 - \frac{Q_2}{2} \Delta t \right)$$

Jika :

$$\frac{S_1}{\Delta t} - \frac{Q_1}{2} = \psi_1$$

$$\frac{S_2}{\Delta t} + \frac{Q_2}{2} = \varphi_2$$

Maka ketiga persamaan diatas menjadi :

$$\frac{I_1+I_2}{2} + \psi_1 = \varphi_2$$

3. METODE PENELITIAN

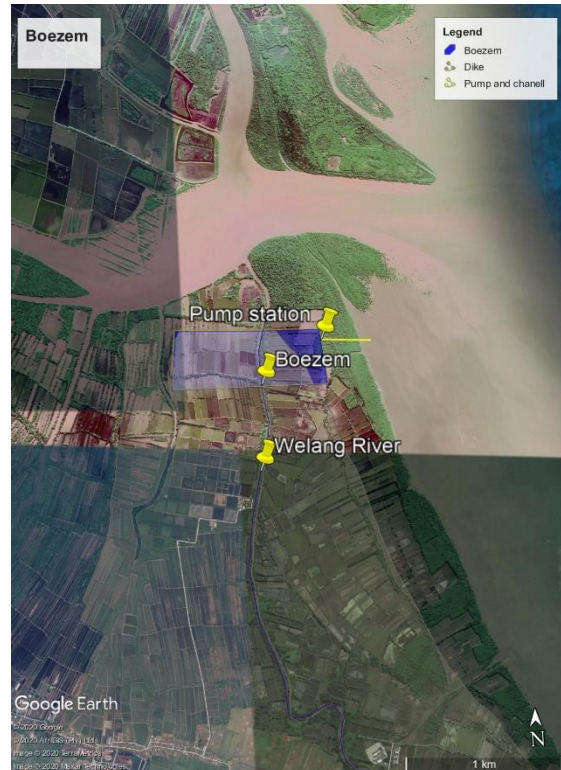
3.1 SURVEY PENDAHULUAN DAN STUDI LITERATUR

Kabupaten Pasuruan merupakan salah satu kabupaten di Provinsi Jawa Timur yang secara geografis terletak diantara $112^{\circ}33'55''$ hingga $113^{\circ}5'37''$ bujur timur, $7^{\circ}32'34''$ hingga $7^{\circ}57'20''$ lintang selatan.

Dalam penelitian kali ini akan dipilih lokasi studi perencanaan yakni terbagi di Desa Semare dan Pulokerto yang mana menjadi wilayah hilir dari DAS Welang. Mengenai penempatan *boezem*, pompa air, dan pintu air yang akan

direncanakan, akan mengacu pada tata guna lahan (*land use*) yang telah ada.

Studi literatur meliputi kegiatan memahami teori-teori (hidrologi dan hidrolika) yang berkaitan dengan dasar yang akan digunakan dalam perencanaan.



Gambar 3. 1 Citra satelit lokasi studi

Sumber : Google Earth

Tabel 3.1 Daftar studi literatur

No	Nama Penulis	Tahun	Judul Penelitian/ Buku	Hasil Pembahasan
1	Inge Bobbink, Suzanne Loen	2017	<i>Water inSight</i>	Mengenai layout penempatan <i>boezem</i> dan pompa air.
2	Handi Firmansyah Rahmananta	2017	Perencanaan <i>boezem</i> dan Pompa di Kawasan Hilir Kali Kandangan	Didapat debit banjir rencana dari Sub DAS, dimensi <i>boezem</i> , kebutuhan pompa dan

			Surabaya Barat	pintu air, serta pengoperasian pompa.
3	Ayu Ryan Prameswari	2017	Evaluasi Sistem Drainase dan Boezem Bhumi Marinir Gunungsari Surabaya	Hasil evaluasi meliputi saluran primer, dimensi boezem, kapasitas pompa, dimensi pintu air yang mana perlu diadakan perbesaran dimensi
4	Rianti Dwi Putri, dkk.	2014	Evaluasi Sistem Drainase Daerah Muara Boezem Utara Morokrem bangsan Surabaya	Didapat saluran eksisting yang kurang memadai, adanya pengaruh fluktuasi akibat pasang surut di hilir Boezem
5	Dwi Indriyani, dkk.	2019	Boezem, Pompa dan Pintu Air sebagai Pengendali Banjir di Kali Balong Kecamatan Tandes Kota Surabaya	Didapat pola pengoperasian pompa dan pintu air dalam pengoptimalisasian fungsi boezem, pompa dan pintu air

3.2 PENGUMPULAN DATA

Dalam penentuan pola operasional boezem, pompa dan pintu air, data penting akan sangat diperlukan untuk mendapatkan hasil yang optimal sesuai dengan yang diharapkan. Dalam proposal skripsi ini data yang diperlukan adalah :

- Topografi kawasan studi
- Lokasi stasiun hujan
- Peta Tata Guna Lahan Eksisting

3.3 ANALISA HIDROLOGI

Analisa hidrologi merupakan hasil hitung data-data primer yang telah terkumpul. Analisa hidrologi yang dimaksud meliputi :

- Menghitung Curah Hujan Rata-rata
- Menghitung Tinggi Hujan Rata-rata

- Menghitung Hidrograf Banjir

3.4 ANALISA HIDROLIKA

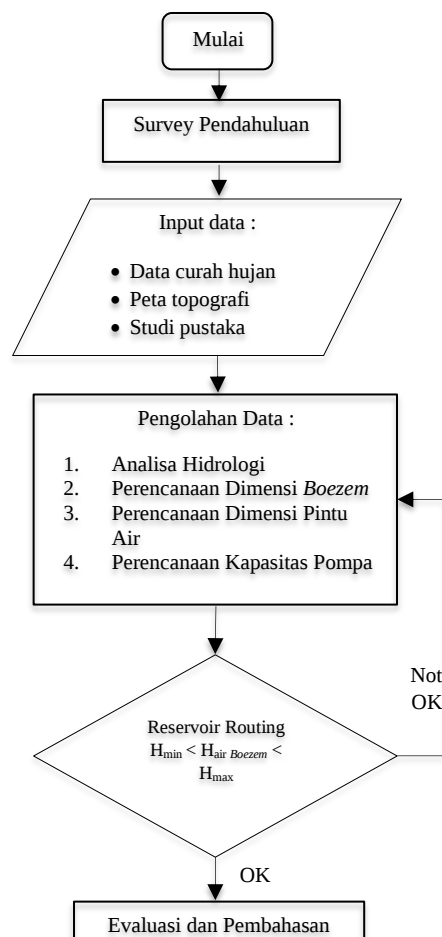
Analisa Hidrolika meliputi :

- Kapasitas boezem
- Perhitungan debit inflow dan outflow

Selain itu juga ditambah perencanaan utama

- Perencanaan pintu air dan kapasitas pompa
- Perhitungan flood routing

3.5 DIAGRAM ALIR



4. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

4.1. Perhitungan Curah Hujan Maksimal dan Hujan Rata-rata

Berikut merupakan data curah hujan hari maksimum dari ketiga stasiun hujan

Tabel 4.1 Nilai curah hujan maksimum

CURAH HUJAN MAKSIMAL DAN HUJAN RERATA						
NO	TANGGAL	Sta Lawang	Sta Tutur	Sta Wonorejo	JUMLAH	Polygon Thiessen

1	2007	68	92	80	240	80.00	78.6314
2	2008	114	98	117	329	109.67	107.942
3	2009	36	75	96	207	69.00	57.0684
4	2010	120	95	166	381	127.00	114.403
5	2011	90	81	72	243	81.00	84.7491
6	2012	144	85	100	329	109.67	116.507
7	2013	117	85	77	279	93.00	100.577
8	2014	108	115	70	293	97.67	107.215
9	2015	141	180	67	388	129.33	149.521
10	2016	124	124	125	373	124.33	124.094
JUMLAH		1062	1030	970	3062	1020.7	
Rata- Rata		106.2	103	97	306.2	102.07	

Sumber : Perhitungan

Dengan :

X^2 : nilai *chi-square*

E_j : Frekuensi teoritis kelas j

O_j : Frekuensi pengamatan kelas j

4.2. Perhitungan Curah Hujan Rencana

Berdasarkan hasil uji kecocokan E.J Gumbel dan Log Pearson III, perhitungan yang digunakan adalah perhitungan curah hujan metode Log Pearson III. Yang mana petabulasian hasilnya sebagai berikut :

• Metode Log Pearson III

Tabel 4.2 Hasil perhitungan nilai Log, standar deviasi, dan koefisien kemencengan

No.	Tahun	Tinggi Hujan (R)	log X	$(\text{Log } X - \text{Log } X_{\text{rerata}})^2$	$(\text{Log } X - \text{Log } X_{\text{rerata}})^3$
1	2007	80.0	1.903	0.009370329	-0.00090705
2	2008	109.7	2.040	0.001614770	0.00006489
3	2009	69.0	1.839	0.025934318	-0.00417650
4	2010	127.0	2.104	0.010797969	0.00112205
5	2011	81.0	1.908	0.008354952	-0.00076369
6	2012	109.7	2.040	0.001614770	0.00006489
7	2013	93.0	1.968	0.000986431	-0.00003098
8	2014	97.7	1.990	0.000102902	-0.00000104
9	2015	129.3	2.112	0.012503718	0.00139817
10	2016	124.3	2.095	0.008967547	0.00084920
Jumlah			19.9989	0.080247705	-0.00238007
Rerata			1.9999		
Standart Deviasi			0.0944		
Cs			-0.39262		

Sumber : perhitungan

Tabel 4.3 Nilai curah hujan rancangan metode Log Pearson III

Tr	P (%)	K	K.SD	$X_{\text{rancangan}}$ (mm)
100	1	2.029	0.192	155.411
50	2	1.834	0.173	148.960
20	5	1.179	0.111	129.187
10	10	1.231	0.116	130.656
5	20	0.855	0.081	120.400
2	50	0.066	0.006	101.420

Sumber : Hasil Perhitungan

• Metode E.J. Gumbel

Tabel 4.4 Nilai curah hujan rancangan metode E.J Gumbel

Tr	Tr-1	$(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	$\text{Ln}((\text{Tr}-1)/\text{Tr})$	$-\text{Ln}((\text{Tr}-1)/\text{Tr})$	$\text{Ln}(5)$	$Y_T = -\text{Ln}(-\text{Ln}(5))$	k	x
Tahun								mm
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
2	1	0,5	-0,693	0,693	-0,367	0,367	0,136	107,332
5	4	0,8	-0,223	0,223	-1,500	1,500	1,058	144,040
10	9	0,9	-0,105	0,105	-2,250	2,250	1,848	168,344
20	19	0,95	-0,051	0,051	-2,970	2,970	2,606	191,657
50	49	0,98	-0,020	0,020	-3,902	3,902	3,588	221,833
100	99	0,99	-0,010	0,010	-4,600	4,600	4,323	244,446

Tabel 4.2 Hasil rekap perhitungan curah hujan rancangan metode E.J. Gumbel dan Log Person Tipe III

periode	E.J Gumbel	Log-Pearson III
2	107,332	97,332
5	144,040	110,173
10	168,344	116,876
20	191,657	115,925
50	221,833	128,486
100	244,446	132,483

Sumber : Hasil Perhitungan

4.3. Perhitungan Debit Banjir Rancangan

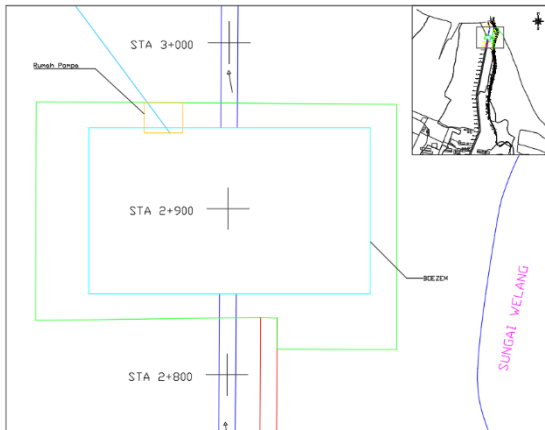
Tabel 4.3 Hasil perhitungan debit rasional

No	Periode Ulang tahun	A km ²	R mm	L km	H km	C	V km/jam	t jam	I mm/jam	Q
1	2	499,80	107,3323	31,2	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	4,1068	114,1224
2	5	499,80	144,0402	31,2	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	5,5113	153,1527
3	10	499,80	168,3441	31,2	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	6,4412	178,9941

4	20	499,80	191,6569	31,2	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	7,3332	203,7818	1+500	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.00
5	50	499,80	221,8330	31,2	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	8,4878	235,8669	1+600	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.50
6	100	499,80	244,4457	31,2	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	9,3530	259,9102	1+700	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.90

Sumber : Hasil Perhitungan

4.4. PERENCANAAN BOEZEM, POMPA, DAN PINTU AIR



$$Q = 0,278 \times C \times I \times A$$

Perencanaan saluran ini dimaksudkan agar boezem mendapatkan aliran air yang diakibatkan banjir rencana.

Tabel 4.4 Data elevasi dan rencana saluran

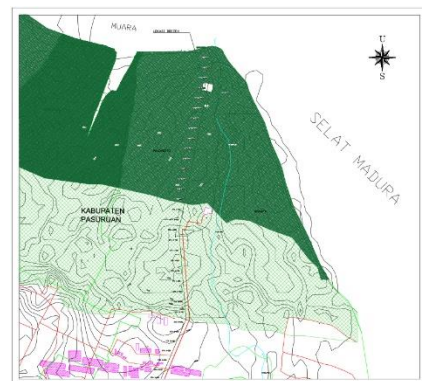
STA	SALURAN RENCANA				EL. MUKA TANAH
	B m	H m	A m ²	P m	
0+000	1.00	1.00	1.00	3.00	+4.20
0+100	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.90
0+200	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.65
0+300	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.40
0+400	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.20
0+500	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.10
0+600	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.05
0+700	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.00
0+800	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.00
0+900	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.10
1+000	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.80
1+100	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.00
1+200	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.80
1+300	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.50
1+400	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.80

1+500	1.00	1.00	1.00	3.00	+3.00
1+600	1.00	1.00	1.00	3.00	+2.50
1+700	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.90
1+800	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.80
1+900	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.75
2+000	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.76
2+100	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.60
2+200	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.50
2+300	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.46
2+400	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.43
2+500	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.40
2+600	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.34
2+700	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.33
2+800	1.00	1.00	1.00	3.00	+1.30

Sumber : Perhitungan

Keterangan :

- B : Lebar saluran rencana
- H : Panjang saluran rencana
- A : Luas saluran rencana
- P : keliling basah saluran



Gambar 4. 1 Tata guna lahan lokasi studi

Sumber : Geospasial Indonesia

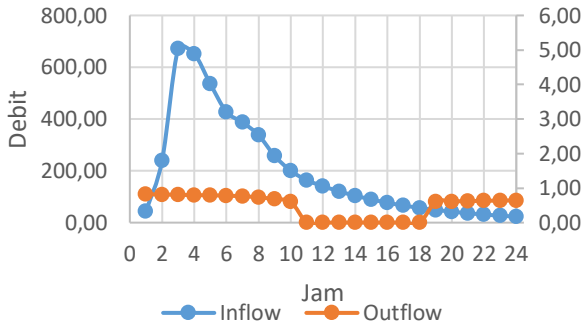
Tabel 4.5 Nilai koefisien pengaliran gabungan

No.	Jenis Tata Guna lahan	A		C	C GABUNGAN
		m ²	%		
1	Jalan beraspal	1200	21%	0.9	0.1882
2	Daerah perumahan	1093	19%	0.7	0.1333
3	Sawah	1716.4	30%	0.2	0.0598
4	Rawa-rawa	1729.4	30%	0.12	0.0362

Total	5738.8	100%	0.4175
-------	--------	------	--------

Periode Routing	Waktu	Qinflow	$0.5(Q_1+Q_2)t$	Kapasitas Pompa
	(jam)	(m ³ /detik)	(m ³ /detik)	(m ³ /jam)

Routing Boezem Dengan Pintu Air



14	14	103.99	1336.02	0
15	15	89.72	1250.80	0
16	16	77.05	1145.33	0
17	17	66.12	1044.62	0
18	18	56.78	952.38	0
19	19	49.04	868.56	0
20	20	42.39	786.54	0
21	21	36.27	710.11	0
22	22	31.36	641.24	0
23	23	26.93	576.57	0
24	24	23.21	278.47	0

Sumber : perhitungan

Keterangan :

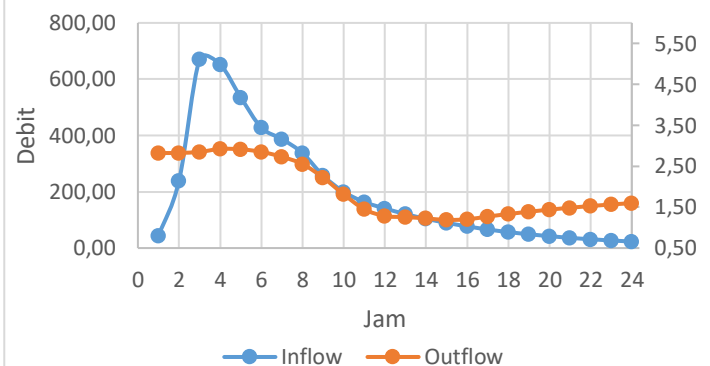
A : Luas daerah

C : Koefisien pengaliran pada daerah tertentu

- Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)
- Routing dengan Pompa

0.5[5]	[10]-[6]	[4]+[7]	Tinggi muka air Boezem	s1	s2	Kontrol
(m3)	(m3)	(m3)	(m)	(m3)	(m3)	
[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]
500	47473.89	47615.30	2.82	47973.89	47115.30	OK
1000	46115.30	47025.97	2.77	47115.30	46025.97	OK
1500	44525.97	46510.41	2.71	46025.97	45010.41	OK
1500	43510.41	45884.90	2.65	45010.41	44384.90	OK
1750	42634.90	45043.30	2.61	44384.90	43293.30	OK
2250	41043.30	43488.99	2.55	43293.30	41238.99	OK
2775	38463.99	41000.60	2.43	41238.99	38225.60	OK
4000	34225.60	36604.30	2.25	38225.60	32604.30	OK
4500	28104.30	30160.84	1.92	32604.30	25660.84	OK
4000	21660.84	23476.87	1.51	25660.84	19476.87	OK
1000	18476.87	20150.42	1.15	19476.87	19150.42	OK
500	18650.42	20220.66	1.13	19150.42	19720.66	OK
500	19220.66	20682.30	1.16	19720.66	20182.30	OK
0	20182.30	21538.32	1.19	20182.30	21538.32	OK
0	21538.32	22789.12	1.27	21538.32	22789.12	OK
0	22789.12	23934.46	1.34	22789.12	23934.46	OK
0	23934.46	24979.08	1.41	23934.46	24979.08	OK
0	24979.08	25931.45	1.47	24979.08	25931.45	OK
0	25931.45	26800.02	1.53	25931.45	26800.02	OK
0	26800.02	27586.56	1.58	26800.02	27586.56	OK
0	27586.56	28296.67	1.62	27586.56	28296.67	OK
0	28296.67	28937.91	1.66	28296.67	28937.91	OK
0	28937.91	29514.48	1.70	28937.91	29514.48	OK
0	29514.48	29792.95	1.74	29514.48	29792.95	OK

Routing Boezem Dengan Pompa



• Routing dengan Pintu Air

Tabel 4.6 Routing boezem dengan pintu air

Periode Routing	Waktu	Qinflo w	Tinggi Muk a Air Boez em	Tinggi Buk aan Pint u	Qoutfl ow pintu	Volu me	Tinggi Air Outfl ow	Kont rol
	(jam)	(m ³ /detik)	(m)	m	(m ³ /detik)	(m ³)	(m)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1	43.32	2.82	0.50	3.883 17	1397 9.42	0.82	OK
2	2	239.5	2.77	0.50	3.848	1385 3.76	0.81	OK
3	3	671.1 6	2.71	0.50	3.803 52	1369 2.67	0.81	OK
4	4	651.8 0	2.65	0.50	3.761 32	1354 0.76	0.80	OK
5	5	535.4 5	2.61	0.50	3.735 1	1344 6.34	0.79	OK
6	6	427.9 1	2.55	0.50	3.688 88	1327 9.97	0.78	OK
7	7	387.3 2	2.43	0.50	3.600 3	1296 1.06	0.76	OK
8	8	337.4 2	2.25	0.50	3.466 26	1247 8.54	0.73	OK
9	9	257.2 5	1.92	0.50	3.201 26	1152 4.55	0.68	OK
10	10	199.7 6	1.51	0.50	2.840 01	1022 4.03	0.60	OK
11	11	163.4 5	1.15	0.00	0	0.00	0.00	OK
12	12	140.8 3	1.13	0.00	0	0.00	0.00	OK
13	13	120.8 7	1.16	0.00	0	0.00	0.00	OK
14	14	103.9 9	1.19	0.00	0	0.00	0.00	OK
15	15	89.72	1.27	0.00	0	0.00	0.00	OK
16	16	77.05	1.34	0.00	0	0.00	0.00	OK
17	17	66.12	1.41	0.00	0	0.00	0.00	OK
18	18	56.78	1.47	0.00	0	0.00	0.00	OK
19	19	49.04	1.53	0.50	2.854 94	1027 7.80	0.60	OK
20	20	42.39	1.58	0.50	2.902 36	1044 8.50	0.61	OK
21	21	36.27	1.62	0.50	2.944 64	1060 0.72	0.62	OK
22	22	31.36	1.66	0.50	2.982 3	1073 6.29	0.63	OK
23	23	26.93	1.70	0.50	3.015 9	1085 7.26	0.64	OK
24	24	23.21	1.74	0.50	3.045 8	1096 4.89	0.64	OK

Sumber : Perhitungan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari perhitungan perencanaan yang telah dijabarkan pada sub-bab sebelumnya didapatkan simpulan sebagai berikut :

1. Debit banjir rancangan pada subdas sungai Welang dengan periode ulang 2 tahun sebesar 114,1224 m³/detik, 5 tahun sebesar 153,1527 m³/detik, 10 tahun sebesar 178,9941 m³/detik, 20 tahun sebesar 203,7818 m³/detik, 50 tahun sebesar

235,8669 m³/detik, 100 tahun sebesar 259,9102 m³/detik.

2. Didapatkan dari hasil perhitungan perencanaan mengenai pendimensian *boezem* adalah lebar sebesar 170 m, panjang sebesar 100 m, dan kedalaman sebesar 3 m. Untuk jenis pompa yang digunakan adalah *Grundfos submersible pump type S – Range 78*, 520 kW dengan kapasitas maksimal 6600 m³/jam. Dan untuk dimensi pintu air sendiri yakni dengan lebar 1,25 m, tinggi daun pintu 1,50 m, tebal daun pintu 30 mm.
3. Jumlah pompa dan pintu air yang dapat mengoptimalkan kinerja *boezem* adalah sebanyak 2 buah pompa air dan 2 buah pintu air.
4. Pola Pengoperasian *Boezem* berdasarkan ketinggian air yang ada pada *boezem boezem* yakni pada rentan ketinggian 0,00 m hingga 1,20 m, pintu dan pompa air tidak aktif. Pada rentan ketinggian air 1,20 m hingga 2,00 m, pompa air nomor 1 aktif dan pintu nomor 1 dibuka. Dan pada rentan ketinggian air 2,00 m hingga 2,85 m, pompa nomor 2 dan kedua pintu dibuka.

Saran yang dapat diberikan dalam perencanaan *boezem* dan pompa air sebagai berikut :

1. Perlunya perawatan berkala pada *boezem*, pompa air dan pintu. Agar sistem pembuangan tetap lancar.
2. Diperlukan perhatian terhadap operator pompa air terutama dalam pengoperasian dan aspek teknis lainnya, agar pompa tetap dapat bekerja secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim, (2016). *Tutorial Pembuatan Peta Dengan Aplikasi Arcgis 10.2 (Digitasi dan Layout)*.
- A. & W., (2015). *Penelusuran Banjir Menggunakan Metode Level Pool Routing pada Waduk Kota Lhokseumawe*. Teras Jurnal, Volume 5.
- Bobbink, I. & Loen, S., (2017). *Water inSight: An exploration into landscape architectonic transformations of polder water*. Delft: TU Delft, Architecture.

- BPS Kabupaten Pasuruan, (2020). *Kabupaten Pasuruan Dalam Angka*. Pasuruan: BPS Kabupaten Pasuruan.
- Chouw, V. T., (1959). *Open-Channel Hydraulics*. Tokyo: Kogakusha Company, LTD.
- Geoportal, I., (2011). *Geospasial Indonesia*. [Online] Available at: <https://tanahair.indonesia.go.id/port al-web>
- Hindarko, S., (2000). *Drainase Perkotaan*. s.l.:Penerbit Esha.
- Kementrian Pekerjaan Umum Republik Indonesia, (2014). *Peraturan Menteri Pekerjaan Umum Republik Indonesia Nomor 12/PRT/M/2014*. Jakarta, Kementrian Pekerjaan Umum Republik Indonesia.
- PT. Grundfos Trading Indonesia, (. *Grundfos Data Booklet S Pumps, Range 72, 74, 78*. <https://api.grundfos.com/literature/Grundfosliterature-3081211.pdf>
- PT. Grundfos Trading Indonesia, t.thn. *Grundfos Product Selection*. <https://product-selection.grundfos.com/id/products/s/range-78-520-kw?tab=documentation>
- Purnomo, H., *Perencanaan Boezem Sebagai Bangunan Pengendali Banjir di Daerah Jl. Sentosa Kel. Sungai pinang Dalam Samarinda*.
- Putra, S. M., *Pemrograman Komputer Dasar Grafik dan Logika*. s.l.:Teknik Pengairan Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
- Rachmadhini, I. D., Purwanti, H. & Prakoso, W. G.,. *Desain Sistem Drainase Kawasan Situ Rawa Besar Kampung Lio Kota Depok*.
- Rahmananta, H. F., (2017). *Skripsi Perencanaan Boezem dan Pompa di Kawasan Hilir Kandangan Surabaya*. Surabaya: s.n.
- Sari, R. L., Lasminto, U. & Margini, N. F., (2017). *Perencanaan Jaringan Drainase Sub Sistem Kalidami Surabaya*. *Jurnal Teknik Hidroteknik, Volume 2*.
- Soemarto, C. D., (1987). *Hidrologi Teknik*. Surabaya: Usaha Nasional.
- S., Suhartanto, E. & Hariwibowo, R., (2017) *Penanganan Genangan dengan Sistem Polder pada Wilayah Kota Banjarmasin*. *Jurnal Teknik Pengairan*, pp. 15-25.
- Thioritz, S., (2009). *Metode Pendekatan Penelusuran Banjir*. Makassar: Universitas Atma Jaya Makassar.
- Wilson, E. M., (1989). *Hidrologi Teknik. 4th penyunt*. Bandung: Penerbit ITB Bandung.