

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

Naufal Hisyam Erwanto¹, Erni Yulianti², dan Sriliani Surbakti³

¹Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura no 02 Malang
Email: naufalhisyam@gmail.com

²Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura no 02 Malang
Email: abdulgani@yahoo.co.id

³Jurusan Teknik Sipil, ITN Malang, Jalan Bendungan Sigura-gura no 02 Malang

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*

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*

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 karkteristik 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

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.

Hidrologi

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 Tukur, 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

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

Uji distribusi

- Uji *Chi-Square*

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

$$X_h^2 = \frac{(O_f - E_f)^2}{E_i}$$

Keterangan:

X_h² = 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 *nonparametric*, 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 Do.

Tabel 1. Nilai Uji Kritis untuk *Smirnov-Kolmogorov*

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>5	1.07/N	1.22/N	1.36/N	1.63/N
0	0.5	0.5	0.5	0.5

Sumber: (Soemarto, 1987)

Tabel 2. Wilayah Luas dibawah Kurva Normal

i	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	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	0.0004	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	0.0030	0.0030	0.0029	0.0028	0.0027	0.0026
-2.6	0.0047	0.0045	0.0044	0.0043	0.0040	0.0040	0.0039	0.0038	0.0037	0.0036
-2.5	0.0062	0.0060	0.0059	0.0057	0.0055	0.0054	0.0052	0.0051	0.0049	0.0048
-2.4	0.0082	0.0080	0.0078	0.0075	0.0073	0.0071	0.0069	0.0068	0.0066	0.0064
-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	0.2356	0.2322	0.2286	0.2250	0.2214	0.2177	0.2148	0.2118
-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	0.5000	0.5040	0.5080	0.5120	0.5160	0.5199	0.5239	0.5279	0.5319	0.5359
0.2	0.5398	0.5438	0.5478	0.5517	0.5557	0.5596	0.5636	0.5675	0.5714	0.5753
0.3	0.5793	0.5832	0.5871	0.5910	0.5948	0.5987	0.6026	0.6064	0.6103	0.6141
0.4	0.6179	0.6217	0.6255	0.6293	0.6331	0.6368	0.6406	0.6443	0.6480	0.6517
0.5	0.6554	0.6591	0.6628	0.6664	0.6700	0.6736	0.6772	0.6808	0.6844	0.6879
0.6	0.6915	0.6950	0.6985	0.7019	0.7054	0.7088	0.7123	0.7157	0.7190	0.7224
0.7	0.7257	0.7291	0.7324	0.7357	0.7389	0.7422	0.7454	0.7486	0.7517	0.7549
0.8	0.7580	0.7611	0.7642	0.7673	0.7704	0.7734	0.7764	0.7794	0.7823	0.7852
0.9	0.7881	0.7910	0.7939	0.7967	0.7995	0.8023	0.8051	0.8078	0.8106	0.8133
1.0	0.8159	0.8186	0.8212	0.8238	0.8264	0.8289	0.8315	0.8340	0.8365	0.8389
1.1	0.8413	0.8438	0.8461	0.8485	0.8508	0.8531	0.8554	0.8577	0.8599	0.8621
1.2	0.8643	0.8665	0.8686	0.8708	0.8729	0.8749	0.8770	0.8790	0.8810	0.8830
1.3	0.8849	0.8869	0.8888	0.8907	0.8925	0.8944	0.8962	0.8980	0.8997	0.9015
1.4	0.9032	0.9049	0.9066	0.9082	0.9099	0.9115	0.9131	0.9147	0.9162	0.9177
1.5	0.9192	0.9207	0.9222	0.9236	0.9251	0.9265	0.9278	0.9292	0.9306	0.9319
1.6	0.9332	0.9345	0.9357	0.9370	0.9382	0.9394	0.9406	0.9418	0.9429	0.9441
1.7	0.9452	0.9463	0.9474	0.9485	0.9495	0.9505	0.9515	0.9525	0.9535	0.9545
1.8	0.9554	0.9564	0.9573	0.9582	0.9591	0.9599	0.9608	0.9616	0.9625	0.9633
1.9	0.9641	0.9649	0.9656	0.9664	0.9671	0.9678	0.9686	0.9693	0.9699	0.9706
2.0	0.9713	0.9719	0.9726	0.9732	0.9738	0.9744	0.9749	0.9756	0.9761	0.9767
2.1	0.9772	0.9778	0.9783	0.9788	0.9793	0.9798	0.9803	0.9808	0.9812	0.9817
2.2	0.9821	0.9826	0.9830	0.9834	0.9838	0.9842	0.9846	0.9850	0.9854	0.9857
2.3	0.9861	0.9864	0.9868	0.9871	0.9875	0.9878	0.9881	0.9884	0.9887	0.9890
2.4	0.9893	0.9896	0.9899	0.9901	0.9904	0.9906	0.9909	0.9911	0.9913	0.9916
2.5	0.9918	0.9920	0.9922	0.9925	0.9927	0.9929	0.9931	0.9932	0.9934	0.9936
2.6	0.9938	0.9940	0.9941	0.9943	0.9945	0.9946	0.9948	0.9949	0.9951	0.9952
2.7	0.9953	0.9955	0.9956	0.9957	0.9959	0.9960	0.9961	0.9962	0.9963	0.9964
2.8	0.9965	0.9966	0.9967	0.9968	0.9969	0.9970	0.9971	0.9972	0.9973	0.9974
2.9	0.9974	0.9975	0.9976	0.9977	0.9977	0.9978	0.9979	0.9979	0.9980	0.9981
3.0	0.9981	0.9982	0.9982	0.9983	0.9984	0.9984	0.9985	0.9985	0.9986	0.9986
3.1	0.9987	0.9987	0.9987	0.9988	0.9988	0.9989	0.9989	0.9989	0.9990	0.9990
3.2	0.9990	0.9991	0.9991	0.9991	0.9992	0.9992	0.9992	0.9992	0.9993	0.9993
3.3	0.9993	0.9993	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9994	0.9995	0.9995	0.9995
3.4	0.9995	0.9995	0.9995	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9996	0.9997	0.9997

Sumber: (Soemarto, 1987)

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:

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

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

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

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

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 $\log R_1, \log R_2, \dots, \log R_n$. Selanjutnya dinyatakan $X_i = \log R_i$
- Menghitung besarnya harga rata-rata besaran logaritma tersebut menurut persamaan:
- Menghitung besarnya harga C_s dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan L
- Menghitung harga C_s dari besaran logaritma diatas, menurut persamaan:

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

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

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

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

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

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

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

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)

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:

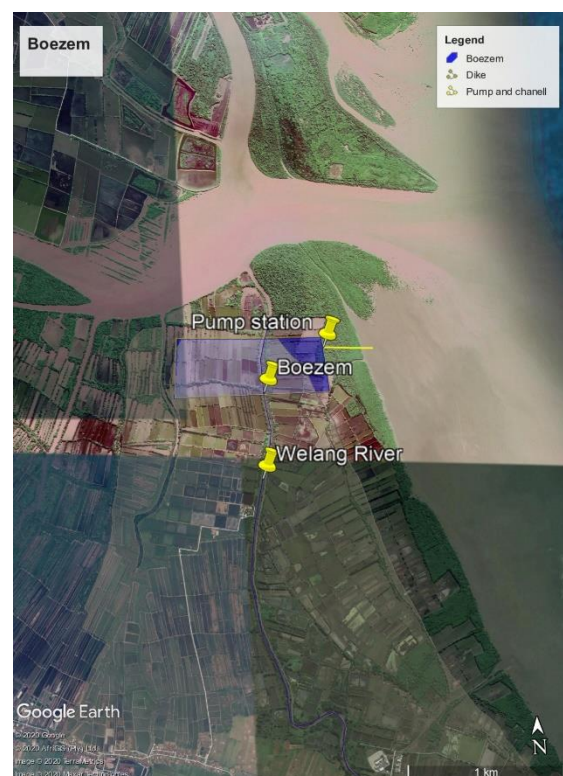
$$\frac{I_1 + I_2}{2} + \psi_1 = \varphi_2$$

3. METODE PENELITIAN

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 1. Citra satelit lokasi studi

Sumber: Google Earth

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

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

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

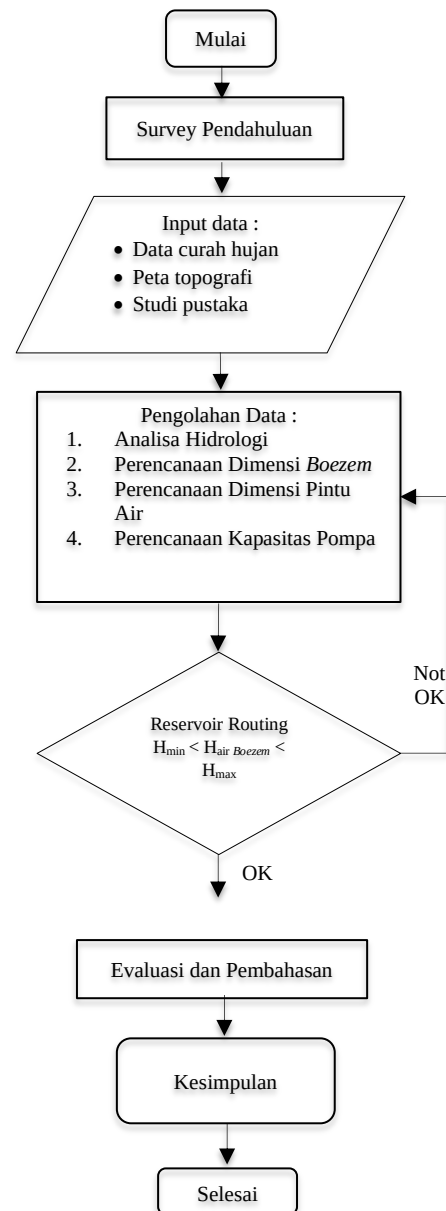
Analisa hidrolika

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

Diagram alir



4. HASIL ANALISA DAN PEMBAHASAN

Perhitungan curah hujan maksimal dan hujan rerata

Berikut merupakan data curah hujan hari maksimum dari ketiga stasiun hujan

Tabel 4. Nilai curah hujan maksimum

CURAH HUJAN MAKSIMAL DAN HUJAN RERATA							
N O	TAN GGA L	Sta La wang	St a Tu tur	Sta Won orej o	JUM LA H	Ra ta- Ra ta	Pol ygo n Thi esse n
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

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 5. 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 6. Nilai curah hujan rancangan metode Log Pearson III

Tr	P (%)	K	K.SD	X 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 7. 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

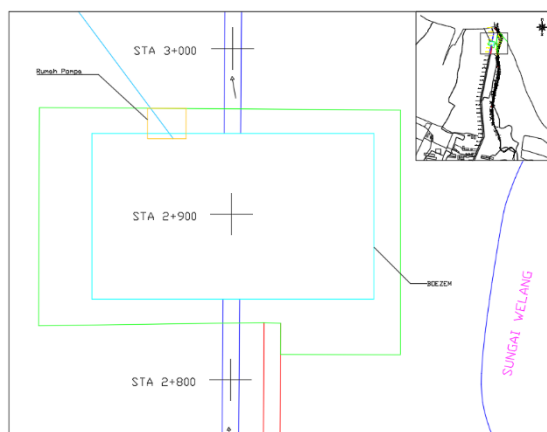
Perhitungan debit banjir rancangan

Tabel 8. Hasil perhitungan debit rasional

No	Periode Ulang tahun	A	R	L	H	C	V	t	I	Q
		km ²	mm	km	km		km/jam	jam	mm/jam	
1	2	49,980	107,3323	3,12	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	4,1068	114,1224
2	5	49,980	144,0402	3,12	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	5,5113	153,1527
3	10	49,980	168,3441	3,12	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	6,4412	178,9941
4	20	49,980	191,6569	3,12	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	7,3332	203,7818
5	50	49,980	221,8330	3,12	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	8,4878	235,8669
6	100	49,980	244,4457	3,12	0,3105	0,2	1,1440	27,2734	9,3530	259,9102

Sumber: Hasil Perhitungan

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.

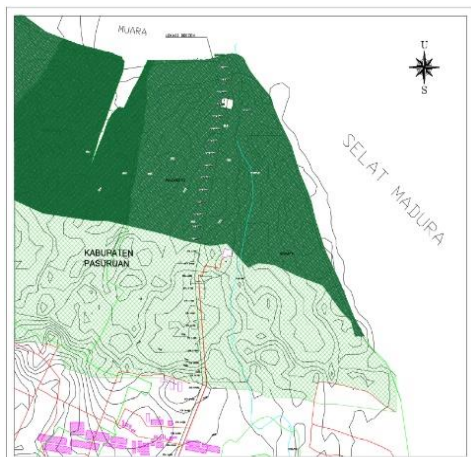
Tabel 9. Data elevasi dan rencana saluran

STA	SALURAN RENCANA				EL. MUKA TANAH
	B	H	A	P	
	m	m	m ²	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 2. Tata guna lahan lokasi studi

Tabel 10. Nilai koefisien pengaliran gabungan

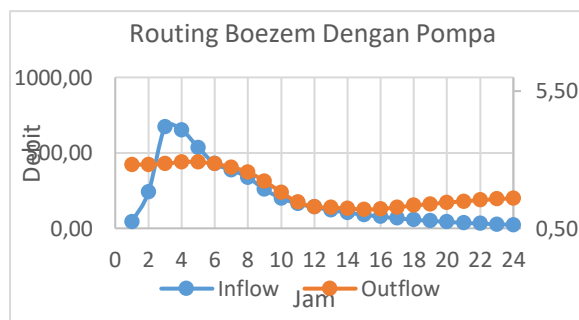
N o.	Jenis Tata Guna lahan	A		C	C GABUNGAN
		m2	%		
1	Jalan beraspal	1200	21 %	0.9	0.1882
2	Daerah perumahan	1093	19 %	0.7	0.1333
3	Sawah	1716.4	30 %	0.2	0.0598
4	Rawa-rawa	1729.4	30 %	0.12	0.0362
Total		5738.8	100 %		0.4175

Sumber: perhitungan

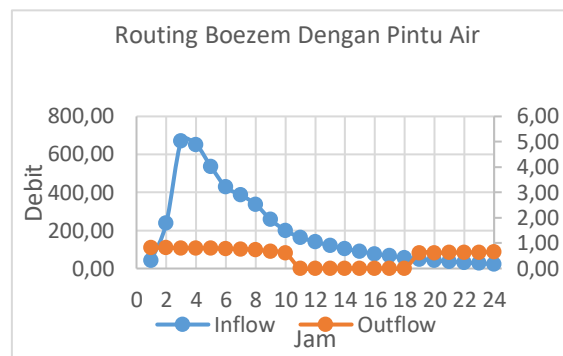
Keterangan:

A: Luas daerah

C: Koefisien pengaliran pada daerah tertentu

Penelusuran Banjir (*Flood Routing*)

Gambar 3. Routing dengan Pompa



Gambar 4. Routing dengan Pintu Air

Tabel 11. Routing boezem dengan pintu air

Periode Routing	Waktu	Qinflow	Tinggi Muk a Air Boezem	Tinggi Buk aan Pintu	Qoutflow pintu	Volume	Tinggi Air Outflow	Kontrol
	(jam)	(m³/detik)	(m)	(m)	(m³/detik)	(m³)	(m)	
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]
1	1	43.32	2.82	0.50	3.88317	13979.42	0.82	OK
2	2	239.5	2.77	0.50	3.848	13853.76	0.81	OK
3	3	671.16	2.71	0.50	3.80352	13692.67	0.81	OK
4	4	651.80	2.65	0.50	3.76132	13540.76	0.80	OK
5	5	535.45	2.61	0.50	3.7351	13446.34	0.79	OK
6	6	427.91	2.55	0.50	3.68888	13279.97	0.78	OK
7	7	387.32	2.43	0.50	3.6003	12961.06	0.76	OK
8	8	337.42	2.25	0.50	3.46626	12478.54	0.73	OK
9	9	257.25	1.92	0.50	3.20126	11524.55	0.68	OK
10	10	199.76	1.51	0.50	2.84001	10224.03	0.60	OK
11	11	163.45	1.15	0.00	0	0.00	0.00	OK
12	12	140.83	1.13	0.00	0	0.00	0.00	OK
13	13	120.87	1.16	0.00	0	0.00	0.00	OK
14	14	103.99	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	2.85494	10277.80	0.60	OK
20	20	42.39	1.58	0.50	2.90236	10448.50	0.61	OK
21	21	36.27	1.62	0.50	2.94464	10600.72	0.62	OK
22	22	31.36	1.66	0.50	2.9823	10736.29	0.63	OK
23	23	26.93	1.70	0.50	3.0159	10857.26	0.64	OK
24	24	23.21	1.74	0.50	3.0458	10964.89	0.64	OK

Sumber: Perhitungan

5. KESIMPULAN DAN SARAN

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

- 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.
- 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.
- Jumlah pompa dan pintu air yang dapat mengoptimalkan kinerja *boezem* adalah sebanyak 2 buah pompa air dan 2 buah pintu air.
- 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:

- Perlunya perawatan berkala pada *boezem*, pompa air dan pintu. Agar sistem pembuangan tetap lancar.
- 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/portal-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/Grundfosliteratur-e-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.

