

---

## STUDI POTENSI DEBIT *RUN OFF* DAS KALI WELANG MENGGUNAKAN METODE SIMULASI HUJAN-LIMPASAN FJ MOCK

Afrikhatul Maulidiyah, ST., MT  
Program Studi Teknik Sipil Universitas Yudharta Pasuruan  
Email: afrikha@yudharta.ac.id

### ABSTRAK

Kabupaten pasuruan khususnya kecamatan Winongan sering mengalami kekeringan terutama pada musim kemarau. Hal ini terjadi karena air hujan yang turun ke permukaan tanah tidak dapat diserap oleh tanah secara maksimal dikarenakan semakin sempitnya lahan terbuka hijau akibat perubahan tata guna lahan. Kabupaten pasuruan memiliki 8 DAS, salah satunya adalah DAS Welang. Kali Welang merupakan Sungai perenial, yaitu sungai yang selalu mempunyai aliran sepanjang tahun, namun memiliki perbedaan angka debit yg sangat besar antara debit pada waktu musim hujan dan debit pada musim kemarau. Sehingga perlu dilakukan analisa untuk mengetahui berapa jumlah debit yang tersedia pada Kali Welang.

Metode dalam penelitian ini adalah menggunakan metode simulasi hujan-limpasan FJ Mock. Metode ini dipilih sebagai metode pendekatan dalam mengetahui debit *run off* karena terbatasnya data pengukuran data debit actual. Dalam analisa menggunakan metode ini dibutuhkan data hujan, data klimatologi, data topografi, data tata guna lahan, yang nanti sebagai parameter dalam analisa debit.

Hasil yang didapatkan dalam penelitian ini adalah, bahwa jumlah debit limpasan/ *run off* yang terdapat pada DAS Welang dalam kurun waktu 10 tahun, debit tertinggi terjadi pada bulan februari sebesar 0.357 m<sup>3</sup>/det dan debit terendah pada bulan November sebesar 0.001 m<sup>3</sup>/det. Debit yang digunakan dalam penyediaan kebutuhan air adalah debit andalan 90% yaitu 0.001-0.196 m<sup>3</sup>/det. Hasil dari analisa debit ketersediaan dan jumlah kebutuhan air adalah bahwa debit yang tersedia cukup memenuhi kebutuhan pada kecamatan Winongan pada bulan Januari-April, sedangkan pada bulan Mei-Desember mengalami kekurangan antara 0.002-0.075 m<sup>3</sup>/dtk. Surplus yang terjadi pada bulan Januari-April bisa tetap dimanfaatkan untuk memenuhi defisit pada bulan Mei-Desember dengan cara membendung air.

Keyword: Debit, *run off*, FJ Mock

### 1. PENDAHULUAN

Sumber air yang dimanfaatkan oleh manusia pada umumnya berasal dari sumber mata air, sungai, dan waduk. Ketiganya bisa digunakan dengan mudah dengan cara pengambilan langsung. Namun realita yang terjadi, sumber mata air, sungai dan danau sering mengalami kekeringan terutama pada musim kemarau. Hal ini terjadi karena air hujan yang turun ke permukaan tanah tidak dapat diserap oleh tanah secara maksimal dikarenakan semakin sempitnya lahan terbuka hijau akibat perubahan tata guna lahan. Sehingga mengakibatkan tabungan air tanah menjadi tidak maksimal, dan sebagian besar air hujan menjadi limpasan permukaan. Limpasan permukaan/ *run off* sebagian besar akan mengalir dan berkumpul di lautan. Hal ini merupakan hal yang tentu saja sangat disayangkan mengingat air hujan bisa dimaksimalkan untuk dimanfaatkan daripada terbuang sia-sia.

Kabupaten pasuruan yang terletak pada koordinat  $112,30^{\circ}$  –  $11,30^{\circ}$  Bujur Timur dan  $7,30^{\circ}$  –  $8,30^{\circ}$  Lintang Selatan, dengan luas wilayah sebesar 1474,015 Km<sup>2</sup> memiliki potensi sumber daya air yang melimpah. Hal ini dikarenakan Kabupaten pasuruan memiliki 8 daerah Pengaliran Sungai (DPS) yaitu DAS Kali Kambeng, DAS Kali Kedung Larangan, DAS Kali Welang, DAS Kali Raci, DAS Kali Gembong, DAS Kali Petung, DAS Kali Rejoso, dan DAS Kali Laweyan. Dari kedelapan DAS yang telah disebutkan, DAS Kali Welang merupakan DAS dengan Catchment terbesar yaitu 518 km<sup>2</sup>, dan merupakan sungai terpanjang yaitu 36 km. Selain itu, Kali Welang merupakan Sungai perenial, yaitu sungai yang selalu mempunyai aliran sepanjang tahun, namun memiliki perbedaan angka debit yg sangat besar antara debit pada waktu musim hujan dan debit pada musim kemarau.

Perbedaan kondisi debit pada kali welang tersebut perlu diupayakan untuk dimanfaatkan sebaik-baiknya terutama sebagai pasokan debit untuk musim kemarau. Upaya yang bisa dilakukan adalah dengan membangun tampungan air seperti bendung atau waduk. Namun sebelum pembuatan bendung dan waduk dilaksanakan, maka harus diketahui terlebih dahulu berapa potensi debit yang ada pada Kali Welang. Pada penelitian ini penulis menggunakan metode pendekatan simulasi hujan-limpasan menggunakan FJ Mock, dikarenakan pada lokasi penelitian tidak terdapat stasiun AWLR dan minimnya data pencatatan debit.

### 1.1 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, dapat disimpulkan rumusan masalah sebagai berikut:

1. Berapakah jumlah debit pada DAS Kali Welang?
2. Seberapa potensikah debit Sungai Welang untuk masyarakat Kabupaten Pasuruan?

### 1.2 Batasan Masalah

Untuk memudahkan pemahaman dalam penelitian ini perlu adanya batasan masalah agar penelitian tetap pada tujuan yang ingin dicapai di awal.

1. Penelitian ini hanya meneliti pada DAS Kali Welang.
2. Penelitian dilakukan dengan tujuan mencari debit Kali Welang menggunakan metode FJ Mock.

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Analisa Hidrologi

#### 2.1.1 Siklus Hidrologi

Siklus hidrologi atau siklus air adalah siklus yang menunjukkan gerakan air di permukaan bumi (Asdak, 2007) dalam (Khotimah N., 2008). Dalam siklus hidrologi, masukan berupa curah hujan akan didistribusikan melalui beberapa cara; yaitu air lolos (*throughfall*), aliran batang (*stemflow*), dan air hujan langsung sampai ke permukaan tanah untuk kemudian terbagi menjadi air larian, evaporasi, dan infiltrasi. Gabungan evaporasi uap air hasil proses transpirasi dan intersepsi dinamakan evapotranspirasi, sedangkan air larian dan air infiltrasi ke sungai sebagai debit aliran (*discharge*).

Sebagian air yang tersimpan sebagai air tanah (*groundwater*) yang akan keluar ke permukaan tanah sebagai limpasan, yakni limpasan permukaan (*surface runoff*), aliran intra (*interflow*) dan limpasan air tanah (*groundwater runoff*) yang terkumpul di sungai yang akhirnya akan mengalir ke laut kembali terjadi penguapan dan begitu seterusnya mengikuti siklus hidrologi.

#### 2.1.2 Curah Hujan

Curah hujan yang diperlukan dalam suatu rancangan pemanfaatan air dan rancangan pengendalian banjir adalah curah hujan rata-rata diseluruh daerah yang bersangkutan. distribusi curah hujan wilayah atau daerah (*regional distribution*) adalah persebaran intensitas curah hujan yang dihitung dengan mengacu pada pengukuran curah hujan di stasiun-stasiun meteorologi dengan menggunakan metode tertentu. (Asdak, 2007) dalam (Khotimah, 2008).

Curah hujan daerah harus diperkirakan dari beberapa titik pengamatan curah hujan. Cara-cara perhitungan curah hujan daerah dari pengamatan curah hujan di beberapa titik dapat menggunakan 3 (tiga) metode di bawah ini:

- a. Metode rerata aljabar
- b. Metode poligon Thiessen
- c. Metode isohiet

## 2.2 Analisa simulasi Hujan-Limpasan FJ Mock

Metode Mock dikembangkan Dr.FJ.Mock di tahun 1973 dengan konsep neraca air. Komponen-komponen proses dalam model ini dibagi menjadi tiga bagian yaitu hujan dan evapotranspirasi, keseimbangan air di permukaan tanah, dan tampungan air tanah (Mock,1973) dalam (Adiningrum,2015). Model Mock merupakan jenis *lumped model*, yaitu model yang tidak memperhitungkan variabilitas ruang baik variabel masukan maupun parameter sistem DAS (dalam Sri Harto, 2000) terdapat pada (Adiningrum,2015).

### 2.2.1 Evapotranspirasi Aktual (Ea)

Evapotranspirasi aktual dihitung dari evaporasi metode Penman (E<sub>To</sub>). Hubungan antara evaporasi potensial dengan evapotranspirasi aktual dihitung dengan rumus persamaan 1 (Sosrodarsono dan Takeda, 1987; Soemarto, 1986; dan Suhardjono, 1996) dalam (Limantara dan Putra, 2016).

$$E_a = E_{To} - \Delta E \quad (E_a = E_t)$$

$$\Delta E = E_{To} \times (m/20) \times (18 - n) \quad (1)$$

$$(E = \Delta E) \rightarrow$$

E<sub>a</sub> = Evapotranspirasi aktual (mm/hari)

E<sub>t</sub> = Evapotranspirasi terbatas (mm/hari)

E<sub>to</sub> = Evaporasi Potensial metode Penman (mm/ hari)

m = prosentase lahan yang tidak tertutup tanaman, ditaksir dari peta tata guna lahan

= 0 untuk lahan dengan hutan lebat

= 0 untuk lahan dengan hutan sekunder pada akhir musim hujan dan bertambah 10

% setiap bulan kering berikutnya.

= 10 – 40 % untuk lahan yang tererosi

= 30 – 50 % untuk lahan pertanian yang diolah (misal : sawah, ladang)

n = jumlah hari hujan dalam sebulan

### 2.2.2 Keseimbangan Air di permukaan tanah

### 2.2.3 Limpasan dan penyimpanan Air Tanah (*run off & groundwater storage*)

#### a. Koefisien Infiltrasi (i)

Koefisien infiltrasi ditaksir berdasarkan kondisi porositas tanah dan kemiringan daerah pengaliran. Lahan yang porous misalnya pasir halus mempunyai infiltrasi lebih tinggi dibandingkan tanah lempung berat. Lahan yang terjal di mana air tidak sempat

infiltrasi kedalam tanah maka koefisien infiltrasi akan kecil. Batasan koefisien infiltrasi adalah 0 – 1.0.

b. Penyimpanan air tanah (groundwater storage)

Pada permulaan simulasi harus ditentukan penyimpanan awal (initial storage) yang besarnya tergantung dari kondisi geologi setempat dan waktu. Sebagai contoh: dalam daerah pengaliran kecil yang mana kondisi geologi lapisan bawah adalah tidak tembus air dan mungkin tidak ada air di sungai pada musim kemarau, maka penyimpanan air tanah menjadi nol.

Rumus-rumus yang digunakan :

$$V_n = k \cdot V_{n-1} + \frac{1}{2} (1 + k) \cdot I_n \quad (3)$$

$$DV_n = V_n - V_{n-1} \quad (4)$$

dengan :

$V_n$  = volume air tanah bulan ke n

$V_{n-1}$  = volume air tanah bulan ke (n - 1)

k =  $q_t/q_0$  = faktor resesi aliran air tanah (catchment area recession factor)

$q_t$  = aliran air tanah pada waktu t (bulan ke t)

$q_0$  = aliran air tanah pada awal (bulan ke 0)

$I_n$  = Infiltrasi bulan ke n

$DV_{n-1}$  = perubahan volume aliran air tanah

Faktor resesi air tanah (k) adalah 0 – 1.0. Harga k yang tinggi akan memberikan resesi yang lambat seperti pada kondisi geologi lapisan bawah yang sangat lulus air (permeable).

c. Limpasan (*Run off*)

Limpasan terbagi menjadi tiga kategori, antarlain:

Aliran dasar : infiltrasi dikurangi perubahan volume aliran air dalam tanah

Limpasan langsung : kelebihan air (water sur plus)– infiltrasi

Limpasan : aliran dasar + limpasan langsung

Debit andalan : aliran sungai dinyatakan dalam m<sup>3</sup>/bulan.

## 2.3 Proyeksi Penduduk

Proyeksi penduduk adalah perhitungan jumlah penduduk (menurut komposisi umur dan jenis kelamin) dimasa yang akan datang berdasarkan asumsi arah perkembangan fertilitas, mortalitas, dan migrasi. Terdapat beberapa cara untuk memproyeksikan jumlah penduduk pada masa yang akan datang. Diantaranya metode aritmatik dan metode geometrik.

a. Metode Aritmatik

Proyeksi penduduk dengan metode aritmatik mengansumsikan bahwa jumlah penduduk pada masa depan akan bertambah dengan jumlah yang sama setiap tahun. Formula yang digunakan pada metode proyeksi aritmatik adalah pada persamaan rumus 2.1.

$$P_t = P_0 (1 + rt) \quad (6)$$

dengan

$$r = \frac{1}{t} \left( \frac{P_t}{P_0} - 1 \right)$$

Dimana:

$P_t$  = jumlah penduduk pada tahun t

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun dasar

$r$  = laju pertumbuhan penduduk

$t$  = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

(Badan Pusat Statistik, 2010)

b. Metode Geometrik

Proyeksi penduduk dengan metode geometrik menggunakan asumsi bahwa jumlah penduduk akan bertambah secara geometrik menggunakan dasar perhitungan bunga mejemuk (Adioetomo dan Samosir, 2010) dalam (Handiyatmo dkk, 2010). Laju pertumbuhan penduduk (*rate of growth*) dianggap sama untuk tiap tahun.

Berikut formula yang digunakan pada metode geometrik pada persamaan rumus 2.2.

$$P_t = P_0 (1 + r)^t \quad (7)$$

Dengan

$$r = \left( \frac{P_t}{P_0} \right)^{\frac{1}{t}} - 1$$

Dimana:

$P_t$  = jumlah penduduk pada tahun t

$P_0$  = jumlah penduduk pada tahun dasar

$R$  = laju pertumbuhan penduduk

$t$  = periode waktu antara tahun dasar dan tahun t (dalam tahun)

(Badan Pusat Statistik, 2010)

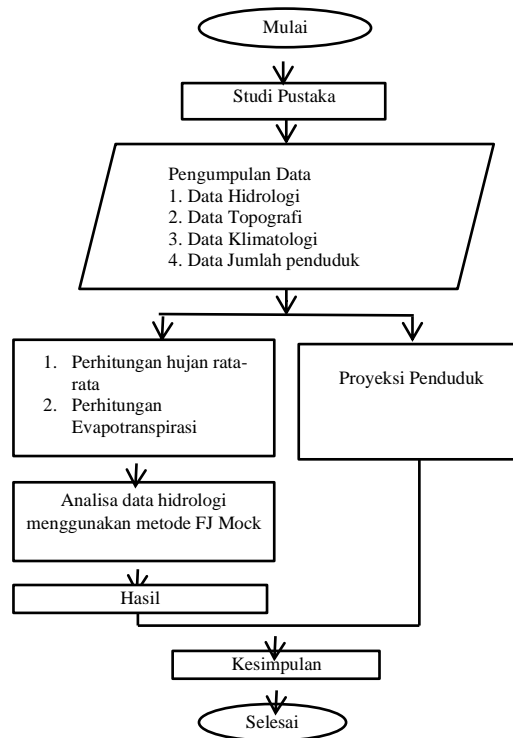
#### 2.4 Neraca Air

Dalam siklus hidrologi terdapat hubungan antara masukan air total dengan keluaran air total yang dapat terjadi pada suatu DAS tertentu. Hubungan itu umumnya disebut dengan neraca air. Menurut Dinas PU Pengairan Provinsi Kalimantan Selatan dalam neraca air adalah gambaran potensi dan pemanfaatan sumberdaya air dalam periode tertentu. Dari neraca air ini dapat diketahui potensi sumberdaya air yang masih belum dimanfaatkan dengan optimal.

### 3. METODE PENELITIAN

Metodologi yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan metode perhitungan simulasi hujan-limpasan menggunakan metode FJ Mock. Dalam mengimplementasikan metode FJ Mock ada beberapa tahapan yang harus dilakukan, diantaranya 1) Pengumpulan data Hujan, data Topografi, data Klimatologi, data jumlah penduduk, 2) Perhitungan data hujan rata-rata, perhitungan data evapotranspirasi, perhitungan proyeksi penduduk, 3) Analisa data debit

menggunakan metode FJ. Mock, 4) Hasil dan kesimpulan. Tahapan-tahapan tersebut dituangkan ke dalam diagram alir berikut:



Gambar 1. Diagram alir penelitian

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Analisa Hidrologi

Analisa hidrologi meliputi perhitungan curah hujan rata-rata dan perhitungan evapotranspirasi. Hasil kedua analisa tersebut akan digunakan sebagai data input dalam analisa debit menggunakan metode FJ Mock.

##### 4.1.1 Perhitungan Curah hujan rata-rata

Dalam perhitungan curah hujan rata-rata, pada penelitian ini menggunakan metode polygon thiessen. Tahapan dalam menggunakan metode ini adalah, 1) menghitung factor pembobot dari stasiun-stasiun pengamat yang ada terhadap luas daerah aliran sungai atau catchment area. Pada DAS welang terdapat 7 stasiun hujan, dan masing-masing mewakili suatu luasan wilayah yang disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4.1 Data stasiun hujan pada DAS Welang

Stasiun Hujan	Luas (km <sup>2</sup> )	Bobot
A1 Sukorejo	13.61	0.030
A2 Wonorejo	36.15	0.081
A3 Pager	63.86	0.143
A4 Selowongko	62.25	0.139
A5 Purwodadi	33.10	0.074

A6 Purwosari	151.87	0.339
A7 Tuttur	87.16	0.195
Total	448.00	1.000

Sumber: hasil penelitian

Perhitungan hujan rata-rata dilakukan dari data tinggi hujan selama 10 tahun yaitu mulai tahun 2009-2018. Hasil dari perhitungan menggunakan metode polygon thiesen didapat tinggi hujan rata-rata tahun 2009-2018 adalah sebagai berikut:

Tabel 4.2 Data Curah hujan rata-rata pada DAS Welang tahun 2009-2018

TAHUN	Bulan (mm)											
	jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
2009	439	395	420	405	281	199	157	104	274	268	237	353
2010	385	205	418	391	204	49	0	0	12	45	339	385
2011	365	424	250	160	90	17	0	0	0	0	96	296
2012	308	304	369	226	157	322	110	0	1	31	264	458
2013	348	269	207	181	119	44	17	0	0	0	63	469
2014	293	454	320	268	129	0	0	0	0	0	48	0
2015	316	568	265	288	219	282	73	48	22	208	48	242
2016	596	432	384	347	100	68	73	48	4	18	533	357
2017	450	471	330	135	81	85	0	0	0	5	196	227
2018	425	315	277	338	37	6	8	0	0	2	13	227

Sumber: hasil perhitungan

Dari tabel 4.2 tersebut diketahui bahwa dalam kurun waktu 10 tahun curah hujan tertinggi terdapat pada bulan januari tahun 2016 dengan tinggi hujan 596 mm, dan curah hujan terendah terdapat pada bulan September tahun 2012.

#### 4.1.2 Perhitungan evapotranspirasi

Perhitungan evapotranspirasi mengacu pada data klimatologi yang diambil dari stasiun klimatologi Tretes II meliputi data suhu, data kelembaban udara, data tekanan udara, data kecepatan angin, dan data penyinaran matahari. hasil perhitungan evapotranspirasi ditunjukkan pada tabel berikut:

Tabel 4.3 Data Evapotranspirasi rata-rata DAS Welang tahun 2009-2018

Parameter	Satuan	Bulan											
		Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Ags	Sep	Okt	Nov	Des
Suhu, T	(oC)	22.05	21.95	22.17	22.33	22.47	22.10	21.82	21.93	22.35	22.85	22.63	22.35
Eto	mm/hari	3.14	3.05	3.27	3.40	3.80	3.83	31.37	5.64	8.80	9.88	7.95	6.75
Ep	mm/bln	97.41	85.38	101.39	102.00	117.67	115.02	972.58	174.95	264.06	306.38	238.50	209.38

Sumber: Hasil perhitungan

Dari tabel 4.3 diketahui bahwa laju evapotranspirasi tertinggi terjadi pada bulan juli sebesar 972.58 mm/bulan dan evapotranspirasi terendah terjadi pada bulan february sebesar 85.38 mm/bulan.

4.2 Analisa Simulasi Hujan-Limpasan FJ Mock

Analisa ketersediaan air dilakukan untuk mengetahui jumlah debit yang tersedia pada DAS Welang dikarenakan tidak adanya pencatatan data debit secara teratur. Data yang dijadikan sebagai analisis dalam menggunakan metode *FJ Mock* adalah sebagai berikut:

- a. Data hujan bulanan rata-rata tahun 2009-2018 yang sudah di analisis oleh Dinas Pu Sumber Daya Air dan Tata Ruang Kabupaten Pasuruan.
- b. Data Klimatologi seperti data suhu, penyinaran matahari, dan data yang lainnya . data klimatologi yang digunakan adalah data yang dicatat oleh stasiun klimatologi terdekat, yaitu stasiun klimatologi geofisika Tretes II.

Selanjutnya hasil perhitungan simulasi hujan-limpasan metode FJ Mock ditunjukkan pada tabel 4.4 berikut:

Tabel 4.4 Hasil perhitungan tranformasi hujan-limpasan metode FJ Mock dalam m3/det

no	tahun	bulan m3/det											
		jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	2009	0.345	0.471	0.448	0.447	0.288	0.078	0.037	0.018	0.009	0.004	0.002	0.169
2	2010	0.293	0.232	0.409	0.419	0.087	0.044	0.021	0.010	0.005	0.002	0.001	0.203
3	2011	0.258	0.496	0.260	0.155	0.046	0.023	0.011	0.005	0.003	0.001	0.001	0.111
4	2012	0.196	0.342	0.369	0.232	0.120	0.284	0.053	0.026	0.013	0.006	0.003	0.281
5	2013	0.255	0.306	0.190	0.156	0.039	0.020	0.009	0.005	0.002	0.001	0.001	0.292
6	2014	0.202	0.523	0.338	0.287	0.104	0.040	0.019	0.009	0.005	0.002	0.001	-0.181
7	2015	0.226	0.065	0.219	0.269	0.053	0.027	0.013	0.006	0.003	0.001	0.001	0.061
8	2016	0.502	0.548	0.429	0.397	0.091	0.046	0.022	0.011	0.005	0.003	0.001	0.178
9	2017	0.359	0.567	0.365	0.148	0.036	0.024	0.011	0.006	0.003	0.001	0.001	0.000
10	2018	0.322	0.373	0.278	0.349	0.007	0.027	0.013	0.006	0.003	0.001	0.001	0.042
<b>SUM</b>		<b>2.957</b>	<b>3.923</b>	<b>3.304</b>	<b>2.860</b>	<b>0.869</b>	<b>0.612</b>	<b>0.209</b>	<b>0.102</b>	<b>0.052</b>	<b>0.025</b>	<b>0.012</b>	<b>1.156</b>
<b>AVERAGE</b>		<b>0.269</b>	<b>0.357</b>	<b>0.300</b>	<b>0.260</b>	<b>0.079</b>	<b>0.056</b>	<b>0.019</b>	<b>0.009</b>	<b>0.005</b>	<b>0.002</b>	<b>0.001</b>	<b>0.105</b>

Sumber: hasil perhitungan

Tabel 4.4 menunjukkan jumlah debit limpasan/ *run off* yang terdapat pada DAS Welang. Dalam kurun waktu 10 tahun debit tertinggi terjadi pada bulan february sebesar 0.357 m3/det dan debit terendah pada bulan November sebesar 0.001 m3/det.

Tabel 4.5 Hasil perhitungan tranformasi hujan-limpasan metode FJ Mock dalam m3/hr dan Liter/hr

no	tahun	bulan m3/hr											
		jan	feb	mar	apr	may	jun	jul	aug	sep	oct	nov	dec
1	2009	29807.379	40696.309	38716.445	38637.948	24840.428	6728.119	3190.431	1563.311	791.556	375.351	190.053	14573.093
2	2010	25331.806	20062.190	35321.865	36172.600	7473.830	3784.249	1794.467	879.289	445.213	211.117	106.896	17557.277
3	2011	22322.944	42887.220	22458.596	13392.335	3933.603	1991.715	944.458	462.785	234.323	111.115	56.261	9618.172
4	2012	16894.020	29567.633	31856.636	20067.644	10411.122	24540.260	4613.173	2260.455	1144.544	542.735	274.805	24255.713
5	2013	22043.164	26444.527	16385.481	13489.139	3375.466	1709.111	810.449	397.120	201.075	95.349	48.278	25215.990
6	2014	17418.990	45155.412	29227.533	24811.908	9023.676	3458.605	1640.048	803.624	406.901	192.950	97.697	46.327
7	2015	19498.833	5585.994	18913.733	23261.980	4548.642	2303.129	1092.129	535.143	270.961	128.488	65.058	5230.467
8	2016	43391.634	47359.903	37036.513	34276.249	7836.033	3967.645	1881.432	921.901	466.789	221.349	112.076	15407.163
9	2017	30993.957	48975.723	31504.218	12784.656	3095.412	2046.960	970.655	475.621	240.823	114.197	57.822	27.419
10	2018	27782.859	32232.409	24017.999	30187.301	574.710	2308.693	1094.767	536.436	271.615	128.798	65.215	3654.141
<b>SUM</b>		<b>255485.586</b>	<b>338967.320</b>	<b>285439.021</b>	<b>247081.761</b>	<b>75112.922</b>	<b>52838.485</b>	<b>18032.009</b>	<b>8835.684</b>	<b>4473.801</b>	<b>2121.448</b>	<b>1074.160</b>	<b>115585.762</b>
<b>AVERAGE</b>		<b>25548.559</b>	<b>33896.732</b>	<b>28543.902</b>	<b>24708.176</b>	<b>7511.292</b>	<b>5283.849</b>	<b>1803.201</b>	<b>883.568</b>	<b>447.380</b>	<b>212.145</b>	<b>107.416</b>	<b>11558.576</b>
<b>lt/hr</b>		<b>25548558.601</b>	<b>33896731.959</b>	<b>28543902.098</b>	<b>24708176.128</b>	<b>7511292.241</b>	<b>5283848.500</b>	<b>1803200.882</b>	<b>883568.432</b>	<b>447380.150</b>	<b>212144.781</b>	<b>107415.974</b>	<b>11558576.248</b>

Sumber: hasil perhitungan

Berdasarkan tabel 4.4. dan 4.5 diketahui bahwa nilai debit pada Kali welang sangat besar yakni pada bulan februari mencapai 33.896.731,959 lt/hr atau 33.896,732 m3/hr dan debit paling kecil yakni pada bulan novemver sebesar 107.405,974 liter/hr atau 107,406 m3/hr. Hal ini terjadi karena pada bulan Februari merupakan periode puncak dari musim hujan, dan bulan November merupakan periode akhir dari musim kemarau menuju musim penghujan. Dimana pada waktu tersebut simpanan air permukaan dalam kondisi terbatas dengan laju evapotranspirasi yang tinggi.

#### 4.3 Analisa Debit Andalan

Debit andalan adalah debit yang diharapkan akan selalu ada pada sungai dengan resiko kegagalan terkecil. Dalam menentukan debit andalan untuk kebutuhan air baku ditetapkan 90% dengan resiko kegagalan 10%. Analisa debit andalan dalam penelitian ini adalah menggunakan metode rangking yang ditunjukkan pada tabel 4.6 berikut:

Tabel 4.6 Debit Andalan Kali welang 90%

Bln	Ketersediaan air (m3/dtk)	Ketersediaan air (lt/dtk)	Ketersediaan air (lt/hr)
Jan	0.1955	195.533	16894019.663
Feb	0.2322	232.201	20062189.711
Mar	0.1896	189.647	16385481.318
Apr	0.1480	147.971	12784656.145
Mei	0.0725	72.500	6264025.184
Jun	0.0233	23.303	2013352.694
Jul	0.0110	11.050	954718.858
Ags	0.0054	5.414	467812.240
Sept	0.0027	2.742	236868.931
Okt	0.0013	1.300	112321.719
Nov	0.0007	0.658	56872.230
Des	0.0003	0.349	30166.567

Sumber: hasil perhitungan

#### 4.4 Proyeksi penduduk

Dalam penelitian ini penulis memilih satu kecamatan dengan kondisi kekurangan air yaitu kecamatan winongan sebagai wilayah yang jumlah penduduknya akan diproyeksi sebagai wilayah penerima air baku Kali Welang. Dalam perhitungan proyeksi penduduk sampai tahun 2028 penelitian ini menggunakan metode proyeksi geometrik. Hasil dari proyeksi jumlah penduduk dan kebutuhan airnya ditunjukkan pada tabel 4.7 berikut;

Tabel 4.7 Proyeksi Jumlah penduduk Kecamatan Winongan beserta Kebutuhan Airnya

tahun	jml penduduk	kebutuhan air (lt/hr)	kebutuhan air (m3/det)
2017	42926	6438900	0.075
2018	43112	6466800	0.075
2019	43054.87458	6458231.188	0.075
2020	43119.4569	6467918.534	0.075
2021	43184.13608	6477620.412	0.075
2022	43248.91228	6487336.843	0.075
2023	43313.78565	6497067.848	0.075
2024	43378.75633	6506813.45	0.075
2025	43443.82447	6516573.67	0.075
2026	43508.9902	6526348.53	0.076
2027	43574.25369	6536138.053	0.076
2028	43574.25369	6536138.053	0.076

Sumber: Hasil Penelitian

#### 4.5 Neraca Air

Neraca air dimaksudkan untuk memperoleh gambaran besar ketersediaan air dengan besar kebutuhan air, yang ditunjukkan oleh tabel 4.8 berikut:

Tabel 4.8 Neraca Air Ketersediaan Air Kali Welang dengan Kebutuhan Air Kecamatan Winongan

Bln	Ketersediaan air (m3/dtk)	Kebutuhan air (m3/dtk)				Neraca air (m3/dtk)			
		Saat ini (2018)	2 th (2020)	5 th (2023)	10 th (2028)	Saat ini (2018)	2 th (2020)	5 th (2023)	10 th (2028)
Jan	0.196	0.075	0.075	0.075	0.076	0.121	0.121	0.120	0.120
Feb	0.232	0.075	0.075	0.075	0.076	0.157	0.157	0.157	0.157
Mar	0.190	0.075	0.075	0.075	0.076	0.115	0.115	0.114	0.114
Apr	0.148	0.075	0.075	0.075	0.076	0.073	0.073	0.073	0.072
Mei	0.073	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.002	-0.002	-0.003	-0.003
Jun	0.023	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.052	-0.052	-0.052	-0.052
Jul	0.011	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.064	-0.064	-0.064	-0.065
Ags	0.005	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.069	-0.069	-0.070	-0.070
Sept	0.003	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.072	-0.072	-0.072	-0.073
Okt	0.001	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.074	-0.074	-0.074	-0.074
Nov	0.001	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.074	-0.074	-0.075	-0.075
Des	0.0003	0.075	0.075	0.075	0.076	-0.074	-0.075	-0.075	-0.075

Tabel 4.8 menunjukkan bahwa air yang tersedia cukup memenuhi kebutuhan pada bulan Januari-April, sedangkan pada bulan Mei-Desember mengalami kekurangan antara 0.002-0.075 m3/dtk. Surplus yang terjadi pada bulan Januari-April bisa tetap dimanfaatkan untuk memenuhi defisit pada bulan Mei-Desember dengan cara membendung air.

#### 5. KESIMPULAN DAN SARAN

Penelitian ini memiliki kesimpulan bahwa jumlah debit limpasan/ *run off* yang terdapat pada DAS Welang dalam kurun waktu 10 tahun, debit tertinggi terjadi pada bulan februari sebesar 0.357 m3/det dan debit terendah pada bulan November sebesar 0.001 m3/det.

Debit yang digunakan dalam penyediaan kebutuhan air adalah debit andalan 90% yaitu 0.001-0.196 m3/det. Hasil dari analisa debit ketersediaan dan jumlah kebutuhan air adalah bahwa debit yang tersedia cukup memenuhi kebutuhan pada kecamatan Winongan pada bulan Januari-

April, sedangkan pada bulan Mei-Desember mengalami kekurangan antara 0.002-0.075 m<sup>3</sup>/dtk. Surplus yang terjadi pada bulan Januari-April bisa tetap dimanfaatkan untuk memenuhi defisit pada bulan Mei-Desember dengan cara membendung air.

## 6. DAFTAR PUSTAKA

- Adiningrum, C. 2015. Analisis Perhitungan Evapotranspirasi Aktual Terhadap. Perkiraan Debit Kontinyu dengan Model Mock. Yogyakarta : Teknik Sipil
- Badan Pusat Statistik. 2010. *Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja*. <http://ugm.id/14Z%0Ahttps://media.neliti.com/media/publications/50042-ID-pedoman-penghitungan-proyeksi-penduduk-dan-angkatan-kerja.pdf>
- ESDM. 2002. Undang-undang republik indonesia nomor 17 tahun 2019 tentang sumber daya air. 28(10), 173–176. [https://jdih.esdm.go.id/storage/document/UU\\_Nomor\\_17\\_Tahun\\_2019.pdf](https://jdih.esdm.go.id/storage/document/UU_Nomor_17_Tahun_2019.pdf)
- Handiyatmo, D. dkk. 2010. Pedoman Penghitungan Proyeksi Penduduk dan Angkatan Kerja. Jakarta. Badan Pusat Statistik.
- Limantara, L. M. and Putra, W. R.2016.Analisa Keandalan Tampunguan Waduk di Embung Tambak Pocuk Bangkalan, Jurnal Teknik Sipil, 23(2), pp. 127–134.
- Makawimbang, A. Feby, L. Tanudjaja, E. M. W. (2017). Perencanaan Sistem Penyediaan Air Bersih di Desa Soyowan Kecamatan Ratatotok Kabupaten Minahasa Tenggara. *Jurnal Sipil Statik*, 5(1), 31–40.
- N Khotimah. 2008. Diktat Mata Kuliah Hidrologi .Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Wahyuni, A., & Junianto. (2017). Analisa Kebutuhan Air Bersih Kota Batam Pada Tahun 2025. *Tapak*, 6(2), 116–126.