

## BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

### 1.1 Pengolahan Data Hujan

Data hujan yang digunakan dalam studi ini diperoleh dari stasiun penakar hujan terdekat. Ada tiga stasiun hujan yang berpengaruh yaitu stasiun hujan Malakaji, stasiun hujan Malino dan stasiun hujan Kelara. Data hujan yang didapat mulai tahun 2005 sampai dengan tahun 2014.

#### 1.1.1 Validasi Data Hujan

Sebelum digunakan dalam analisis, maka terlebih dahulu data curah hujan perlu dilakukan validasi data hujan dengan beberapa metode. Pengujian ini meliputi pengujian ketiadaan trend, pengujian stasioner dan persistensi. Data hujan diperoleh dalam bentuk deret berkala mulai 1 Januari sampai 31 Desember setiap tahunnya.

#### 2.6.2.1. Uji Ketidadaan Trend

Data yang digunakan dalam metode Spearman adalah data hujan tahunan. Hasil pengujian ketiadaan trend dari stasiun hujan dapat dilihat dalam Tabel 4.1, dan perhitungan secara keseluruhan dapat dilihat di lampiran.

Tabel 4. 1. Rekapitulasi Uji Ketidadaan Trend Metode Spearman

| No | Nama Stasiun  | Nilai t  |       | Keterangan |
|----|---------------|----------|-------|------------|
|    |               | Hitungan | Tabel |            |
| 1  | Sta. Kelara   | 0.017    | 2.306 | Independen |
| 2  | Sta. Malakaji | -0.505   |       | Independen |
| 3  | Sta. Malino   | 1.700    |       | Independen |

*Sumber : Hasil perhitungan*

Dengan pengujian dua sisi untuk derajat kepercayaan 5 % ditolak pada derajat kebebasan  $dk = n - 2 = 8$  maka tabel I-1 (Soewarno:1995:77), diperoleh  $t_{0.975} = + 2,306$  dan  $-t_{0.975} = - 2,306$ . Dari Tabel 4.1 nilai t hitung diantara  $-2,306 < t_{hitung} < 2,306$ , maka menunjukkan ketiadaan trend (independen).

### 2.6.2.2. Uji Stasioner

Dari data deret berkala setiap stasiun dibagi menjadi 2 (dua) kelompok, dan diuji menggunakan uji F. Untuk perhitungan secara keseluruhan tiap stasiun dapat dilihat pada lampiran, sedangkan Tabel 4.2 merupakan rekapitulasi perhitungan uji stasioner beberapa stasiun hujan.

Tabel 4. 2. Rekapitulasi Uji Stasioner Stasiun Hujan

| No | Nama Stasiun  | Nilai t  |       | Keterangan     |
|----|---------------|----------|-------|----------------|
|    |               | Hitungan | Tabel |                |
| 1  | Sta. Kelara   | 0.065    | 6.39  | Stabil/Homogen |
| 2  | Sta. Malakaji | 1.489    |       | Stabil/Homogen |
| 3  | Sta. Malino   | 0.706    |       | Stabil/Homogen |

Sumber : Hasil perhitungan

Pada derajat kebebasan  $dk_1 = n_1 - 1$  dan  $dk_2 = n_2 - 1$  dan derajat kepercayaan 5%, maka dari tabel I-4 (Soewarno:1995:82a), diperoleh nilai F tabel = 6,39. Maka dari Tabel 4.2 nilai F perhitungan ternyata lebih kecil dari nilai F tabel, sehingga varian data pada kedua kelompok berbeda, atau dengan kata lain peluang 95% nilai variannya stabil.

### 2.6.2.3. Uji Persistensi

Uji ini bertujuan untuk melihat ketidaktergantungan dari setiap nilai dalam deret berkala. Dalam pengujian ini perlu dihitung besarnya koefisien korelasi serial. Tabel 4.3 merupakan rekapitulasi perhitungan uji persistensi beberapa stasiun hujan, untuk hitungan secara keseluruhan dapat dilihat pada lampiran.

Tabel 4. 3. Rekapitulasi Uji Persistensi Stasiun Hujan

| No | Nama Stasiun  | Nilai t  |       | Keterangan |
|----|---------------|----------|-------|------------|
|    |               | Hitungan | Tabel |            |
| 1  | Sta. Kelara   | -0.836   | 1.895 | acak       |
| 2  | Sta. Malakaji | -0.442   |       | acak       |
| 3  | Sta. Malino   | 0.044    |       | acak       |

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan uji satu sisi, pada derajat kepercayaan 5% ditolak dengan derajat kebebasan  $m-2 = 9 - 2 = 7$ , maka  $t_{tabel} = 1,895$ . Dari tabel 4.3 nilai  $t_{hitung}$  lebih kecil dari  $t_{tabel}$  maka dapat diterima dengan kata lain bahwa 95% data independen atau tidak menunjukkan adanya persistensi.

### 1.1.2 Uji Konsistensi

Uji konsistensi menggunakan metode kurva massa ganda (*double mass curve*) untuk mengetahui apakah data tersebut mengalami perubahan atau tidak guna mendapatkan sebaran data yang seragam. Data curah hujan jangka panjang dari suatu stasiun penakar hujan dibandingkan dengan data curah hujan rata – rata sekelompok stasiun penakar hujan yang lain dalam periode yang sama. Hasil uji konsistensi data curah hujan pada tiga stasiun yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 4.4 sampai dengan Tabel 4.7 dan Gambar 4.1 sampai dengan Gambar 4.3 di bawah ini.

Tabel 4. 4. Curah Hujan Tahunan di Beberapa Stasiun Hujan

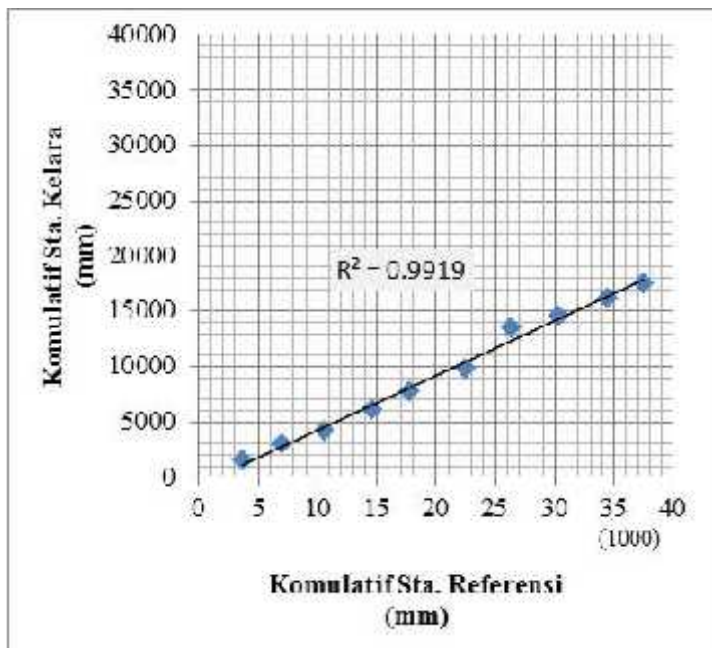
| No  | Tahun | Kelara<br>(mm) | Malakaji<br>(mm) | Malino<br>(mm) |
|-----|-------|----------------|------------------|----------------|
| (1) | (2)   | (3)            | (4)              | (5)            |
| 1   | 2014  | 1354           | 2422             | 3643           |
| 2   | 2013  | 1662           | 2930             | 5482           |
| 3   | 2012  | 1098           | 3549             | 4375           |
| 4   | 2011  | 3640           | 3281             | 4340           |
| 5   | 2010  | 2052           | 4711             | 4821           |
| 6   | 2009  | 1702           | 2783             | 3547           |
| 7   | 2008  | 1885           | 4890             | 2965           |
| 8   | 2007  | 1204           | 3151             | 4078           |
| 9   | 2006  | 1520           | 2307             | 4330           |
| 10  | 2005  | 1464           | 4119             | 3234           |

*Sumber: Hasil perhitungan*

Tabel 4. 5. Uji Konsistensi Staiun Hujan Kelara

| Tahun | Data       |               | Akumulatif Data |               |
|-------|------------|---------------|-----------------|---------------|
|       | St. Kelara | St. Referensi | St. Kelara      | St. Referensi |
| (1)   | (2)        | (3)           | (4)             | (5)           |
| 2005  | 1464       | 3677          | 1464            | 3677          |
| 2006  | 1520       | 3319          | 2984            | 6995          |
| 2007  | 1204       | 3615          | 4188            | 10610         |
| 2008  | 1885       | 3928          | 6073            | 14537         |
| 2009  | 1702       | 3165          | 7775            | 17702         |
| 2010  | 2052       | 4766          | 9827            | 22468         |
| 2011  | 3640       | 3811          | 13467           | 26279         |
| 2012  | 1098       | 3962          | 14565           | 30241         |
| 2013  | 1662       | 4206          | 16227           | 34447         |
| 2014  | 1354       | 3033          | 17581           | 37479         |

Sumber : Perhitungan

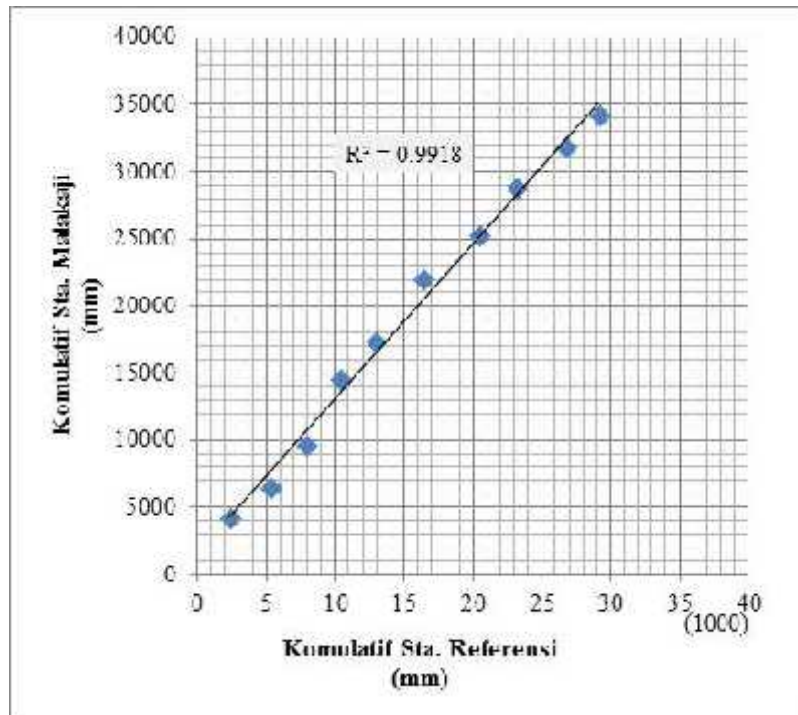


Gambar 4. 1. Lengkung Massa Ganda St. Kelara

Tabel 4. 6. Uji Konsistensi Stasiun Hujan Malakaji

| Tahun | Data         |               | Akumulatif Data |               |
|-------|--------------|---------------|-----------------|---------------|
|       | St. Malakaji | St. Referensi | St. Malakaji    | St. Referensi |
| (1)   | (2)          | (3)           | (4)             | (5)           |
| 2005  | 4119         | 2349          | 4119            | 2349          |
| 2006  | 2307         | 2925          | 6426            | 5274          |
| 2007  | 3151         | 2641          | 9577            | 7915          |
| 2008  | 4890         | 2425          | 14467           | 10340         |
| 2009  | 2783         | 2625          | 17250           | 12965         |
| 2010  | 4711         | 3437          | 21961           | 16401         |
| 2011  | 3281         | 3990          | 25242           | 20391         |
| 2012  | 3549         | 2737          | 28791           | 23128         |
| 2013  | 2930         | 3572          | 31721           | 26700         |
| 2014  | 2422         | 2499          | 34143           | 29198         |

Sumber : Perhitungan

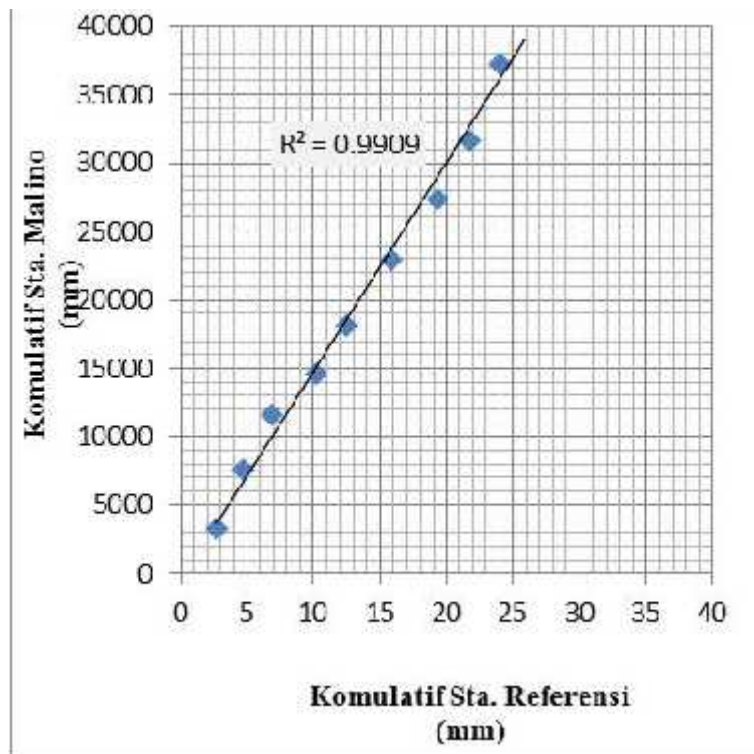


Gambar 4. 2. Lengkung Massa Ganda Stasiun Hujan Malakaji

Tabel 4. 7. Uji Konsistensi Stasiun Hujan Malino

| Tahun | Data       |               | Akumulatif Data |               |
|-------|------------|---------------|-----------------|---------------|
|       | St. Malino | St. Referensi | St. Malino      | St. Referensi |
| (1)   | (2)        | (3)           | (4)             | (5)           |
| 2005  | 3234       | 2792          | 3234            | 2792          |
| 2006  | 4330       | 1914          | 7564            | 4705          |
| 2007  | 4078       | 2178          | 11642           | 6883          |
| 2008  | 2965       | 3388          | 14607           | 10270         |
| 2009  | 3547       | 2243          | 18154           | 12513         |
| 2010  | 4821       | 3382          | 22975           | 15894         |
| 2011  | 4340       | 3461          | 27315           | 19355         |
| 2012  | 4375       | 2324          | 31690           | 21678         |
| 2013  | 5482       | 2296          | 37172           | 23974         |
| 2014  | 3643       | 1888          | 40815           | 25862         |

Sumber : Perhitungan



Gambar 4. 3. Lengkung Massa Ganda Stasiun Hujan Malino

Dari hasil uji konsistensi seperti yang disajikan pada grafik lengkung masa ganda Gambar 4.1 sampai Gambar 4.3, diperoleh nilai koefisien determinasi ( $R^2$ ) sebesar 99 % dari seluruh stasiun hujan sehingga dapat disimpulkan bahwa data dianggap konsisten akan tetapi dari grafik tersebut memiliki  $Tg \alpha$  tidak mendekati 1 atau sudut yang terbentuk bukan  $45^0$ . Hal ini diakibatkan karena jarak antar stasiun jauh dan karakter masing – masing lokasi stasiun hujan berbeda – beda.

Pada studi ini data hujan yang diperoleh dari masing – masing satu stasiun memiliki nilai yang sangat jauh dengan stasiun lainnya karena adanya perbedaan kondisi dari masing – masing daerah lokasi stasiun curah hujan. Dari kondisi tersebut pemeriksaan data hujan menggunakan metode RAPS (*Rescaled Adjusted Partial Sums*). Yakni pengujian dengan komulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar komulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya untuk lebih jelas lagi bisa dilihat tabel dibawah:

Tabel 4. 8. Uji Konsistensi Stasiun Kelara dengan Metode RAPS

| No            | Tahun | C.H.           | Sk*     | [Sk*]         | Dy <sup>2</sup>   | Dy       | Sk**    | [Sk**] |
|---------------|-------|----------------|---------|---------------|-------------------|----------|---------|--------|
| 1             | 2005  | 1464.00        | -294.10 | 294.10        | 8649.481          | 685.9776 | -0.4287 | 0.4287 |
| 2             | 2006  | 1520.00        | -238.10 | 238.10        | 5669.161          |          | -0.3471 | 0.3471 |
| 3             | 2007  | 1204.00        | -554.10 | 554.10        | 30702.681         |          | -0.8078 | 0.8078 |
| 4             | 2008  | 1885.00        | 126.90  | 126.90        | 1610.361          |          | 0.1850  | 0.1850 |
| 5             | 2009  | 1702.00        | -56.10  | 56.10         | 314.721           |          | -0.0818 | 0.0818 |
| 6             | 2010  | 2052.00        | 293.90  | 293.90        | 8637.721          |          | 0.4284  | 0.4284 |
| 7             | 2011  | 3640.00        | 1881.90 | 1881.90       | 354154.761        |          | 2.7434  | 2.7434 |
| 8             | 2012  | 1098.00        | -660.10 | 660.10        | 43573.201         |          | -0.9623 | 0.9623 |
| 9             | 2013  | 1662.00        | -96.10  | 96.10         | 923.521           |          | -0.1401 | 0.1401 |
| 10            | 2014  | 1354.00        | -404.10 | 404.10        | 16329.681         |          | -0.5891 | 0.5891 |
| <b>Rerata</b> |       | <b>1758.10</b> |         | <b>460.54</b> |                   |          |         |        |
| <b>Jumlah</b> |       |                |         |               | <b>470565.290</b> |          |         |        |

Sumber : Hasil Perhitungan

|                        |   |         |                                      |                        |
|------------------------|---|---------|--------------------------------------|------------------------|
| n                      | = | 10      |                                      |                        |
| Dy                     | = | 685.978 |                                      |                        |
| Sk**max                | = | 2.743   |                                      |                        |
| Sk**min                | = | -0.962  |                                      |                        |
| Q = [Sk**maks]         | = | 2.743   |                                      |                        |
| R = Sk**maks - Sk**min | = | 3.706   |                                      |                        |
| Q/n <sup>0.5</sup>     | = | 0.868   | < dengan probabilitas 95% dari tabel | ✓ <b>1.140</b> ---> OK |
| R/n <sup>0.5</sup>     | = | 1.172   | < dengan probabilitas 95% dari tabel | ✓ <b>1.280</b> ---> OK |

Tabel 4. 9. Uji Konsistensi Stasiun Malakaji dengan Metode RAPS

| No            | Tahun | C.H.           | Sk*      | [Sk*]          | Dy <sup>2</sup>   | Dy      | Sk**    | [Sk**] |
|---------------|-------|----------------|----------|----------------|-------------------|---------|---------|--------|
| 1             | 2005  | 4119.00        | 704.70   | 704.70         | 49660.2090        | 854.683 | 0.8245  | 0.8245 |
| 2             | 2006  | 2307.00        | -1107.30 | 1107.30        | 122611.3290       |         | -1.2956 | 1.2956 |
| 3             | 2007  | 3151.00        | -263.30  | 263.30         | 6932.6890         |         | -0.3081 | 0.3081 |
| 4             | 2008  | 4890.00        | 1475.70  | 1475.70        | 217769.0490       |         | 1.7266  | 1.7266 |
| 5             | 2009  | 2783.00        | -631.30  | 631.30         | 39853.9690        |         | -0.7386 | 0.7386 |
| 6             | 2010  | 4711.00        | 1296.70  | 1296.70        | 168143.0890       |         | 1.5172  | 1.5172 |
| 7             | 2011  | 3281.00        | -133.30  | 133.30         | 1776.8890         |         | -0.1560 | 0.1560 |
| 8             | 2012  | 3549.00        | 134.70   | 134.70         | 1814.4090         |         | 0.1576  | 0.1576 |
| 9             | 2013  | 2930.00        | -484.30  | 484.30         | 23454.6490        |         | -0.5666 | 0.5666 |
| 10            | 2014  | 2422.00        | -992.30  | 992.30         | 98465.9290        |         | -1.1610 | 1.1610 |
| <b>Rerata</b> |       | <b>3414.30</b> |          | <b>722.360</b> |                   |         |         |        |
| <b>Jumlah</b> |       |                |          |                | <b>730482.210</b> |         |         |        |

Sumber : Hasil Perhitungan

|                        |   |         |                                      |               |
|------------------------|---|---------|--------------------------------------|---------------|
| n                      | = | 10      |                                      |               |
| Dy                     | = | 854.683 |                                      |               |
| Sk**max                | = | 1.727   |                                      |               |
| Sk**min                | = | -1.296  |                                      |               |
| Q = [Sk**mak           | = | 1.727   |                                      |               |
| R = Sk**maks - Sk**min | = | 3.022   |                                      |               |
| Q/n <sup>0.5</sup>     | = | 0.546   | < dengan probabilitas 95% dari tabel | 1.140 ---> OK |
| R/n <sup>0.5</sup>     | = | 0.956   | < dengan probabilitas 95% dari tabel | 1.280 ---> OK |

Tabel 4. 10. Uji Konsistensi Stasiun Malino dengan Metode RAPS

| No            | Tahun | C.H.           | Sk*      | [Sk*]          | Dy <sup>2</sup>   | Dy      | Sk**    | [Sk**] |
|---------------|-------|----------------|----------|----------------|-------------------|---------|---------|--------|
| 1             | 2005  | 3234.00        | -847.50  | 847.50         | 71825.6250        | 718.734 | -1.1792 | 1.1792 |
| 2             | 2006  | 4330.00        | 248.50   | 248.50         | 6175.2250         |         | 0.3457  | 0.3457 |
| 3             | 2007  | 4078.00        | -3.50    | 3.50           | 1.2250            |         | -0.0049 | 0.0049 |
| 4             | 2008  | 2965.00        | -1116.50 | 1116.50        | 124657.2250       |         | -1.5534 | 1.5534 |
| 5             | 2009  | 3547.00        | -534.50  | 534.50         | 28569.0250        |         | -0.7437 | 0.7437 |
| 6             | 2010  | 4821.00        | 739.50   | 739.50         | 54686.0250        |         | 1.0289  | 1.0289 |
| 7             | 2011  | 4340.00        | 258.50   | 258.50         | 6682.2250         |         | 0.3597  | 0.3597 |
| 8             | 2012  | 4375.00        | 293.50   | 293.50         | 8614.2250         |         | 0.4084  | 0.4084 |
| 9             | 2013  | 5482.00        | 1400.50  | 1400.50        | 196140.0250       |         | 1.9486  | 1.9486 |
| 10            | 2014  | 3643.00        | -438.50  | 438.50         | 19228.2250        |         | -0.6101 | 0.6101 |
| <b>Rerata</b> |       | <b>4081.50</b> |          | <b>588.100</b> |                   |         |         |        |
| <b>Jumlah</b> |       |                |          |                | <b>516579.050</b> |         |         |        |

Sumber : Hasil Perhitungan

|                        |   |         |                                      |               |
|------------------------|---|---------|--------------------------------------|---------------|
| n                      | = | 10      |                                      |               |
| Dy                     | = | 718.734 |                                      |               |
| Sk**max                | = | 1.949   |                                      |               |
| Sk**min                | = | -1.553  |                                      |               |
| Q = [Sk**r             | = | 1.949   |                                      |               |
| R = Sk**maks - Sk**min | = | 3.502   |                                      |               |
| Q/n <sup>0.5</sup>     | = | 0.616   | < dengan probabilitas 95% dari tabel | 1.140 ---> OK |
| R/n <sup>0.5</sup>     | = | 1.107   | < dengan probabilitas 95% dari tabel | 1.280 ---> OK |

Dengan melihat data statistik pada perhitungan, maka nilai  $Q/n$  dan  $R/n$  dapat dicari dan kemudian dibandingkan dengan nilai  $Q/n$  dan  $R/n$  tabel. Syarat pengujian data dapat diterima (masih dalam batasan konsisten) jika nilai  $Q/n$  dan  $R/n$  hitung lebih kecil dari nilai  $Q/n$  dan  $R/n$  tabel. Diambil probabilitas 95% dengan jumlah data (n) = 10.



Dari hasil perhitungan yang telah dilakukan sebelumnya, berdasarkan pengujian RAPS didapat nilai  $Q/n$  dan  $R/n$  hitung lebih kecil dari nilai  $Q/n$  dan  $R/n$  tabel sehingga dapat disimpulkan bahwa data cukup konsisten pada probabilitas 95 %.

### 1.1.3 Analisis Data Curah Hujan

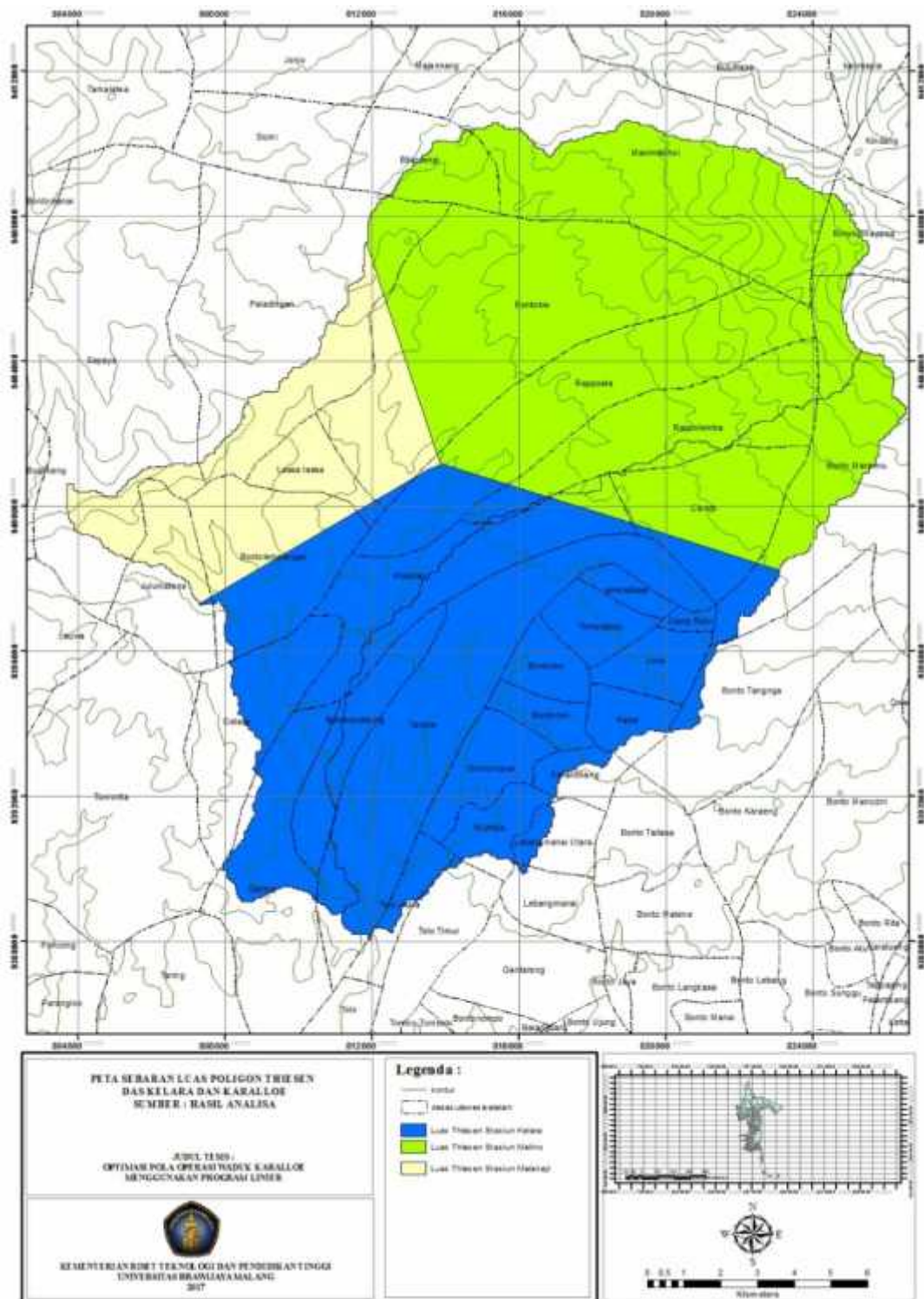
Data curah hujan dari stasiun hujan di lokasi penelitian dianalisa untuk memperoleh nilai hujan rerata daerah dengan menggunakan metode Thiessen seperti yang digambarkan dalam gambar 4.4. Dengan mengetahui luasan tangkapan *Catchment Area* pada tiap stasiun hujannya maka dapat di hitung nilai koefisien Thiessen ( $K_r$ ) tiap stasiun hujannya. Penentuan  $K_r$  dihitung dari luas stasiun A dibagi jumlah seluruh luas pengaruh stasiun A, B dan C. Perhitungan nilai koefisien thiessen dapat dilihat pada tabel 4.11.

Tabel 4. 11. Pembagian Daerah Aliran Thiessen

| No. | Daerah Aliran Sungai (DAS)            | Stasiun Hujan – Luas Thiessen (km <sup>2</sup> ) |                 |                 | Total (km <sup>2</sup> ) |
|-----|---------------------------------------|--|-----------------|-----------------|--------------------------|
|     |                                       | Malino, Gowa                                     | Malakaji, Gowa  | Bendung Kelara  |                          |
| 1   | Kelara<br>( <i>Koef. Thiessen</i> )   | 23,6<br>(0,229)                                  | 0<br>(0)        | 79,6<br>(0,771) | 103,18<br>(1,000)        |
| 2   | Karalloe<br>( <i>Koef. Thiessen</i> ) | 104,5<br>(0,576)                                 | 37,6<br>(0,207) | 39,4<br>(0,217) | 184<br>(1,000)           |

Sumber : hasil Perhitungan

Untuk mengetahui curah hujan 15 harian, menggunakan rumus yaitu data hujan dikalikan dengan koefisien Thiessen.  $P_a \times K_r = 226 \times 0,229 = 51,7$ . Selanjutnya untuk mengetahui curah hujan rerata daerah yaitu dengan cara mencari rerata dari masing masing stasiun hujan pada waktu yang sama. Hasil curah hujan daerah 15 harian dapat dilihat pada tabel 4.12 dan tabel 4.13.



Gambar 4. 4. Pengaruh Luasan Poligon Thiessen

Tabel 4. 12. Curah Hujan Rerata Daerah 15 Harian DAS Kelara

| No.    | Tahun | Bulan (15 harian) |       |       |       |      |       |      |       |       |       |       |       |
|--------|-------|-------------------|-------|-------|-------|------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|        |       | Jan               |       | Feb   |       | Mar  |       | Apr  |       | Mei   |       | Jun   |       |
|        |       | I                 | II    | I     | II    | I    | II    | I    | II    | I     | II    | I     | II    |
| 1      | 2005  | 70.6              | 69.0  | 63.6  | 63.8  | 59.4 | 54.0  | 67.7 | 30.0  | 38.2  | 9.5   | 1.5   | 12.6  |
| 2      | 2006  | 83.8              | 130.5 | 66.9  | 47.7  | 48.1 | 60.1  | 26.9 | 39.2  | 134.3 | 64.2  | 63.5  | 62.2  |
| 3      | 2007  | 73.0              | 50.6  | 98.3  | 62.5  | 32.1 | 80.4  | 55.5 | 55.5  | 42.8  | 53.2  | 33.6  | 30.8  |
| 4      | 2008  | 79.2              | 24.3  | 90.4  | 59.2  | 6.8  | 32.6  | 80.5 | 52.1  | 5.3   | 12.9  | 107.8 | 16.1  |
| 5      | 2009  | 95.9              | 130.2 | 110.1 | 101.5 | 67.1 | 37.2  | 48.8 | 50.1  | 41.7  | 27.1  | 17.5  | 17.6  |
| 6      | 2010  | 181.6             | 102.2 | 62.1  | 53.2  | 21.3 | 81.0  | 40.5 | 25.1  | 82.1  | 13.2  | 84.4  | 89.8  |
| 7      | 2011  | 269.1             | 128.2 | 165.5 | 100.2 | 97.6 | 151.5 | 73.2 | 176.9 | 152.0 | 125.6 | 53.2  | 53.6  |
| 8      | 2012  | 79.0              | 72.9  | 72.3  | 65.5  | 82.8 | 79.5  | 73.0 | 57.5  | 39.5  | 28.2  | 19.8  | 21.5  |
| 9      | 2013  | 187.1             | 57.6  | 89.8  | 99.7  | 96.3 | 34.1  | 42.5 | 24.3  | 31.9  | 23.2  | 28.8  | 17.8  |
| 10     | 2014  | 114.8             | 173.5 | 35.9  | 75.1  | 27.5 | 65.7  | 41.0 | 86.9  | 29.7  | 22.7  | 21.6  | 100.2 |
| Rerata |       | 123.4             | 93.9  | 85.5  | 72.8  | 53.9 | 67.6  | 54.9 | 59.8  | 59.8  | 38.0  | 43.2  | 42.2  |

Lanjutan tabel 4.9....

| Bulan (15 harian) |      |      |      |      |      |      |      |       |       |       |       | Rerata |
|-------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|--------|
| Jan               |      | Feb  |      | Mar  |      | Apr  |      | Mei   |       | Jun   |       |        |
| I                 | II   | I    | II   | I    | II   | I    | II   | I     | II    | I     | II    |        |
| 17.6              | 0.8  | 4.2  | 0.3  | 15.8 | 0.8  | 2.6  | 22.3 | 69.9  | 106.7 | 93.2  | 60.2  | 38.94  |
| 0.0               | 7.4  | 0.0  | 3.1  | 0.0  | 0.0  | 1.9  | 0.0  | 45.0  | 64.6  | 26.3  | 105.9 | 45.06  |
| 6.5               | 1.7  | 0.0  | 2.5  | 0.2  | 0.7  | 1.8  | 16.4 | 9.4   | 47.9  | 49.3  | 126.1 | 38.79  |
| 2.6               | 1.1  | 4.5  | 2.6  | 40.0 | 0.1  | 11.2 | 21.2 | 152.1 | 83.8  | 101.7 | 78.1  | 44.42  |
| 28.4              | 6.9  | 3.9  | 8.1  | 0.0  | 2.4  | 51.6 | 14.7 | 11.8  | 73.5  | 61.6  | 54.4  | 44.26  |
| 30.8              | 17.6 | 10.5 | 6.6  | 14.6 | 5.0  | 18.8 | 27.3 | 3.3   | 104.4 | 148.3 | 119.1 | 55.95  |
| 0.0               | 0.0  | 0.0  | 0.1  | 16.1 | 13.0 | 1.9  | 26.9 | 68.0  | 66.4  | 88.0  | 72.9  | 79.17  |
| 5.5               | 11.1 | 3.7  | 10.9 | 10.0 | 3.9  | 0.0  | 13.2 | 18.0  | 44.9  | 39.3  | 72.4  | 38.50  |
| 30.4              | 9.1  | 4.0  | 0.0  | 0.0  | 6.1  | 4.1  | 6.9  | 17.3  | 62.6  | 200.7 | 193.9 | 52.84  |
| 10.4              | 6.2  | 6.2  | 0.9  | 0.0  | 0.0  | 5.7  | 0.0  | 6.8   | 7.9   | 45.6  | 54.8  | 39.12  |
| 13.2              | 6.2  | 3.7  | 3.5  | 9.7  | 3.2  | 10.0 | 14.9 | 40.1  | 66.3  | 85.4  | 93.8  | 47.70  |

Tabel 4. 13. Curah Hujan Daerah Rerata 15 Harian DAS Karalloe

| No.    | Tahun | Bulan (15 harian) |       |       |       |       |       |      |      |       |      |      |      |
|--------|-------|-------------------|-------|-------|-------|-------|-------|------|------|-------|------|------|------|
|        |       | Jan               |       | Feb   |       | Mar   |       | Apr  |      | Mei   |      | Jun  |      |
|        |       | I                 | II    | I     | II    | I     | II    | I    | II   | I     | II   | I    | II   |
| 1      | 2005  | 87.2              | 84.0  | 67.8  | 64.7  | 74.3  | 60.5  | 76.4 | 26.9 | 29.6  | 25.6 | 10.7 | 17.3 |
| 2      | 2006  | 112.5             | 172.1 | 120.9 | 62.9  | 63.8  | 85.8  | 43.1 | 50.2 | 61.6  | 31.3 | 32.9 | 35.8 |
| 3      | 2007  | 84.2              | 93.8  | 110.6 | 95.4  | 39.4  | 59.7  | 78.9 | 65.9 | 35.0  | 30.3 | 32.3 | 52.3 |
| 4      | 2008  | 87.6              | 34.9  | 66.8  | 52.1  | 28.9  | 36.5  | 60.2 | 47.7 | 16.5  | 23.2 | 46.6 | 20.3 |
| 5      | 2009  | 77.4              | 145.5 | 116.9 | 73.0  | 55.7  | 28.1  | 35.2 | 53.0 | 52.0  | 46.7 | 16.1 | 9.1  |
| 6      | 2010  | 159.7             | 122.1 | 60.7  | 47.5  | 41.1  | 75.2  | 37.3 | 48.7 | 102.8 | 38.0 | 41.8 | 52.3 |
| 7      | 2011  | 148.0             | 83.6  | 88.4  | 83.2  | 94.4  | 116.0 | 75.4 | 96.2 | 50.0  | 56.6 | 12.8 | 14.5 |
| 8      | 2012  | 82.4              | 85.9  | 96.6  | 72.9  | 124.9 | 52.6  | 86.5 | 58.6 | 50.9  | 31.8 | 33.1 | 36.4 |
| 9      | 2013  | 238.1             | 90.6  | 54.6  | 119.5 | 98.6  | 27.2  | 67.9 | 50.2 | 41.4  | 48.1 | 54.6 | 25.9 |
| 10     | 2014  | 146.6             | 160.5 | 48.5  | 69.2  | 36.5  | 54.2  | 49.6 | 53.9 | 28.1  | 24.3 | 17.0 | 50.5 |
| Rerata |       | 122.4             | 107.3 | 83.2  | 74.0  | 65.8  | 59.6  | 61.0 | 55.1 | 46.8  | 35.6 | 29.8 | 31.4 |

Lanjutan tabel 4.10....

| Bulan (15 harian) |      |       |      |      |      |      |      |      |      |       |       | Rerata |
|-------------------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|--------|
| Jul               |      | Agust |      | Sep  |      | Okt  |      | Nop  |      | Des   |       |        |
| I                 | II   | I     | II   | I    | II   | I    | II   | I    | II   | I     | II    |        |
| 18.2              | 4.1  | 5.6   | 7.6  | 5.1  | 6.3  | 11.5 | 50.4 | 51.7 | 65.7 | 89.3  | 70.6  | 42.13  |
| 0.0               | 10.0 | 0.0   | 0.6  | 0.0  | 0.0  | 0.4  | 0.0  | 16.3 | 24.4 | 42.4  | 133.3 | 45.84  |
| 11.7              | 2.7  | 0.8   | 4.6  | 0.4  | 1.2  | 5.6  | 28.2 | 22.6 | 42.7 | 49.7  | 139.5 | 45.30  |
| 8.9               | 3.4  | 7.5   | 5.4  | 8.5  | 10.8 | 37.3 | 53.7 | 72.8 | 93.1 | 108.2 | 112.0 | 43.47  |
| 18.7              | 13.5 | 2.7   | 1.5  | 0.0  | 5.1  | 22.8 | 9.7  | 7.5  | 67.9 | 53.6  | 84.5  | 41.50  |
| 49.9              | 47.4 | 32.5  | 21.6 | 38.0 | 20.3 | 49.2 | 63.1 | 24.0 | 46.6 | 80.9  | 98.3  | 58.29  |
| 1.7               | 0.7  | 0.0   | 0.2  | 10.1 | 27.6 | 12.7 | 61.7 | 64.7 | 61.5 | 68.2  | 95.0  | 55.12  |
| 16.5              | 22.3 | 7.2   | 20.2 | 22.8 | 10.5 | 5.1  | 32.2 | 40.9 | 49.7 | 53.0  | 71.2  | 48.50  |
| 58.7              | 14.4 | 8.4   | 0.0  | 0.0  | 10.2 | 6.9  | 15.0 | 24.9 | 50.3 | 110.1 | 159.1 | 57.27  |
| 11.7              | 14.0 | 12.5  | 1.5  | 0.0  | 0.0  | 9.6  | 0.0  | 13.3 | 18.7 | 68.8  | 75.3  | 40.18  |
| 19.6              | 13.3 | 7.7   | 6.3  | 8.5  | 9.2  | 16.1 | 31.4 | 33.9 | 52.1 | 72.4  | 103.9 | 47.76  |

## 1.2 Evaporasi Potensial

Nilai Evaporasi Potensial diperlukan untuk menghitung kehilangan air pada lahan khususnya Daerah Pengaliran Sungai (DPS). Besaran evaporasi dihitung memakai cara Penman modifikasi (FAO), Metode Penman Modifikasi digunakan karena memiliki parameter klimatologi yang lebih banyak untuk daerah tropis, sehingga hasil yang didapat menjadi lebih teliti.

Pada studi ini data yang digunakan dalam proses perhitungan evapotranspirasi potensial diperoleh dari stasiun Klimatologi Gantinga, pada ketinggian 5 m di atas laut pada koordinat  $5^{\circ}45'35''$  Lintang Selatan dan  $119^{\circ}44'22''$  Bujur Timur. Data-data yang dibutuhkan meliputi temperatur rata-rata ( $t$ ), lama Penyinaran ( $n/N$ ), kecepatan angin ( $u$ ) dan kelembaban relatif ( $R_h$ ). Data bulanan suhu udara, kelembaban udara, kecepatan angin, penyinaran matahari dapat dilihat pada lampiran.

Adapun hasil perhitungan evaporasi potensial metode penman modifikasi dapat dilihat pada Tabel 4.14, dan sebagai contoh perhitungan diambil data klimatologi pada bulan Januari sebagai berikut:

$$\text{Suhu rerata (t)} = 24,97^{\circ}\text{C}$$

$$e_a = 31,6 \text{ mbar}$$

$$w = 0,745$$

$$f(t) = 15,615$$

$$\text{Kelembaban relatif (R}_h) = 89,6 \%$$

$$\text{Kecepatan angin (u)} = 0,494 \text{ m/dt}$$

$$\text{Kecerahan matahari (n/N)} = 38,1 \%$$

Radiasi gelombang pendek yang memasuki batas luar atmosfer atau angka angot ( $R_a$ ) = 15,75 mm/hari

Dari data-data tersebut dapat dihitung besarnya evapotranspirasi potensial dengan langkah-langkah sebagai berikut:

$$1. e_a = 31,6 \text{ mbar}$$

$$\begin{aligned} 2. e_d &= e_a \times R_h \\ &= 31,6 \times 0,896 \\ &= 28,3 \text{ mbar} \end{aligned}$$

3. perbedaan tekanan uap jenuh dengan tekanan uap yang sebenarnya adalah:

$$(e_a - e_d) = 31,6 - 28,3$$

$$= 3,3\text{mbar}$$

4. Nilai fungsi angin adalah:

$$\begin{aligned} f(u) &= 0,27 \times [1 + (0,864 \times u)] \\ &= 0,4 \end{aligned}$$

5. Faktor pembobot

$$1 - W = 0,255$$

6. Besarnya nilai radiasi gelombang pendek adalah:

$$\begin{aligned} R_s &= [0,25 + 0,54 \times (n/N)] \times R_a \\ &= [0,25 + (0,54 \times 0,38)] \times 15,7 \\ &= 7,16 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

7. Radiasi netto gelombang pendek adalah

$$\begin{aligned} R_{ns} &= R_s \times (1 - 0,25) \\ &= 7,16 \times 0,75 \\ &= 5,4 \end{aligned}$$

8. Besarnya netto gelombang panjang adalah

$$\begin{aligned} R_{nl} &= f(t) \times (0,34 - (0,044 \times e_d)) \times (0,1 + 0,9 \times n/N) \\ &= 15,24 \times 0,34 - 0,044 \times 28,3 \times (0,1 + 0,9 \times 0,38) \\ &= 0,71 \end{aligned}$$

9. Besarnya radiasi netto adalah

$$\begin{aligned} R_n &= R_{ns} - R_{nl} \\ &= 4,7 \end{aligned}$$

10. Mencari nilai Eto\* adalah sebagai berikut:

$$\begin{aligned} E_{to}^* &= (w \times R_n) + [(1-w) \times f(u) \times (e_a - e_d)] \\ &= (0,745 \times 4,7) + [(1 - 0,745) \times 0,4 \times 3,3] \\ &= 3,7885 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

11. Angka koreksi penman (c) pada bulan Januari

$$\begin{aligned} E_{to} &= c \times E_{to}^* \\ &= 1,1 \times 3,7885 \\ &= 4,17 \text{ mm/hari} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya ditabelkan sebagai berikut:

Tabel 4. 14. Evaporasi Potensial Metode Penman Modifikasi

| No | Parameter                            | Satuan  | Bulan |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----|--------------------------------------|---------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
|    |                                      |         | Jan   | Feb  | Mar  | Apr  | Mei  | Jun  | Jul  | Ags  | Sep  | Okt  | Nov  | Des  |
| I  | Data                                 |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1  | Suhu, T                              | (°C)    | 24.97 | 24.7 | 26.6 | 26.7 | 26.8 | 27.1 | 25.9 | 25.7 | 26.2 | 25.6 | 27.2 | 25.5 |
| 2  | Kelembaban Relatif, RH               | (%)     | 89.6  | 90.8 | 88.6 | 85.5 | 85.1 | 83.9 | 84.0 | 80.8 | 77.3 | 79.9 | 83.7 | 86.8 |
| 3  | Lama Penyinaran, n/N                 | (%)     | 38.1  | 43.8 | 48.2 | 55.1 | 60.1 | 63.1 | 70.2 | 76.7 | 72.8 | 66.2 | 53.5 | 43.1 |
| 4  | Kecepatan angin, u                   | (km/hr) | 42.6  | 40.4 | 37.0 | 26.3 | 33.0 | 28.9 | 27.9 | 34.4 | 44.9 | 46.2 | 40.6 | 47.0 |
|    |                                      | (m/dt)  | 0.494 | 0.5  | 0.4  | 0.3  | 0.4  | 0.3  | 0.3  | 0.4  | 0.5  | 0.5  | 0.5  | 0.5  |
| II | Perhitungan                          |         |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1  | Tekanan uap jenuh, ea                | (mbar)  | 31.6  | 31.1 | 34.9 | 35.2 | 35.4 | 36.0 | 33.5 | 33.1 | 34.1 | 32.8 | 36.3 | 32.6 |
| 2  | Tekanan uap nyata, ed                | (mbar)  | 28.3  | 28.2 | 30.9 | 30.1 | 30.2 | 30.2 | 28.2 | 26.8 | 26.4 | 26.2 | 30.4 | 28.3 |
| 3  | Perbedaan tekanan uap, ea - ed       | (mbar)  | 3.3   | 2.9  | 4.0  | 5.1  | 5.3  | 5.8  | 5.4  | 6.4  | 7.8  | 6.6  | 5.9  | 4.3  |
| 4  | Fungsi angin, f(u)                   | (km/hr) | 0.4   | 0.4  | 0.4  | 0.3  | 0.4  | 0.3  | 0.3  | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.4  | 0.4  |
| 5  | Faktor pembobot (1 - W)              |         | 0.3   | 0.3  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.2  | 0.3  |
| 6  | Radiasi ekstra terestrial, Ra        |         | 15.7  | 15.9 | 15.6 | 14.8 | 13.5 | 12.9 | 13.2 | 14.1 | 15.0 | 15.7 | 15.7 | 15.6 |
| 7  | Radiasi gelombang pendek, Rs         | (mm/hr) | 7.16  | 7.8  | 8.0  | 8.1  | 7.8  | 7.6  | 8.3  | 9.4  | 9.7  | 9.5  | 8.5  | 7.5  |
| 8  | Radiasi netto gelombang pendek, Rns  | (mm/hr) | 5.4   | 5.8  | 6.0  | 6.1  | 5.8  | 5.7  | 6.2  | 7.0  | 7.2  | 7.1  | 6.4  | 5.7  |
| 9  | Radiasi netto gelombang panjang, Rnl | (mm/hr) | 0.71  | 0.8  | 0.8  | 0.9  | 1.0  | 1.0  | 1.2  | 1.3  | 1.3  | 1.2  | 0.9  | 0.8  |
| 10 | Radiasi netto, Rn                    | (mm/hr) | 4.7   | 5.0  | 5.2  | 5.2  | 4.9  | 4.7  | 5.0  | 5.7  | 5.9  | 5.9  | 5.5  | 4.9  |
| 11 | Faktor pembobot untuk Rn, W          |         | 0.74  | 0.7  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.8  | 0.7  |
| 12 | Faktor koreksi, c                    |         | 1.1   | 1.1  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.0  | 1.1  | 1.1  | 1.2  | 1.2  |
| 13 | Potensial Evapotranspirasi, ETo      | (mm/hr) | 4.17  | 4.40 | 4.30 | 4.34 | 3.95 | 3.88 | 4.26 | 4.85 | 5.76 | 5.60 | 5.44 | 4.69 |

Sumber : Hasil Perhitungan

### 1.3 Debit Inflow

Dalam studi ini, untuk mendapatkan data debit digunakan metode F. J. Mock. Inflow diperoleh dengan menganalisa data hujan pada daerah aliran sungai kemudian ditransformasikan menjadi data debit dengan metode FJ Mock. Kenapa menggunakan metode FJ Mock karena metode ini merupakan metode yang mempunyai banyak parameter guna mencapai hasil yang paling mendekati dengan kondisi di lapangan yakni meninjau kondisi klimatologi dan juga kondisi fisik daerah pengaliran sungai.

Metode FJ Mock Memperhitungkan data curah hujan, evapotranspirasi, dan karakteristik hidrologi daerah pengaliran sungai. Sebagai contoh perhitungan diambil data hujan tahun 2005 bulan Januari periode I sebagai berikut:

1. Curah hujan (P) = 70,6 mm
2. Hari Hujan (h) = 12 hari
3. Evapotranspirasi (ET<sub>o</sub>) = 64,26 mm/15 hr
4.  $E_t = E_{T_o} - E \rightarrow E = 7,71$   
 $= 64,26 - 7,71$   
 $= 56,55 \text{ mm/15 hr}$
5.  $D_s = P - E_t$   
 $= 70,6 - 56,55$   
 $= 14,04 \text{ mm/15 hr}$
6. Kapasitas kelembaban tanah (SMC) = 100
7.  $W_S = 14,04$
8. Koefisien infiltrasi adalah 0,4  
 $I = W_S \times \text{Koefisien infiltrasi}$   
 $= 14,04 \times 0,4$   
 $= 5,62 \text{ mm/15 hr}$
9. Faktor resesi aliran air tanah adalah 0,5  
 $V_n = k \times V_{n-1} + \frac{1}{2} \times (1 + k) \times i_n$



$$= 0,5 \times 20 + \frac{1}{2} \times (1 + 0,5) \times 5,62$$

$$= 14,21 \text{ mm/15 hr}$$

$$\begin{aligned} 10. \quad DV_n &= V_n - V_{n-1} \\ &= 14,21 - 20 \\ &= -5,79 \text{ mm/15 hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 11. \quad BF &= I - DV_n \\ &= 5,61 - (-5,79) \\ &= 11,40 \text{ mm/bln} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 12. \quad DR &= WS - I \\ &= 14,04 - 5,62 \\ &= 8,42 \text{ mm/15 hr} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} 13. \quad R &= BF + DR \\ &= 11,04 + 8,42 \\ &= 19,83 \text{ mm/bln} \end{aligned}$$

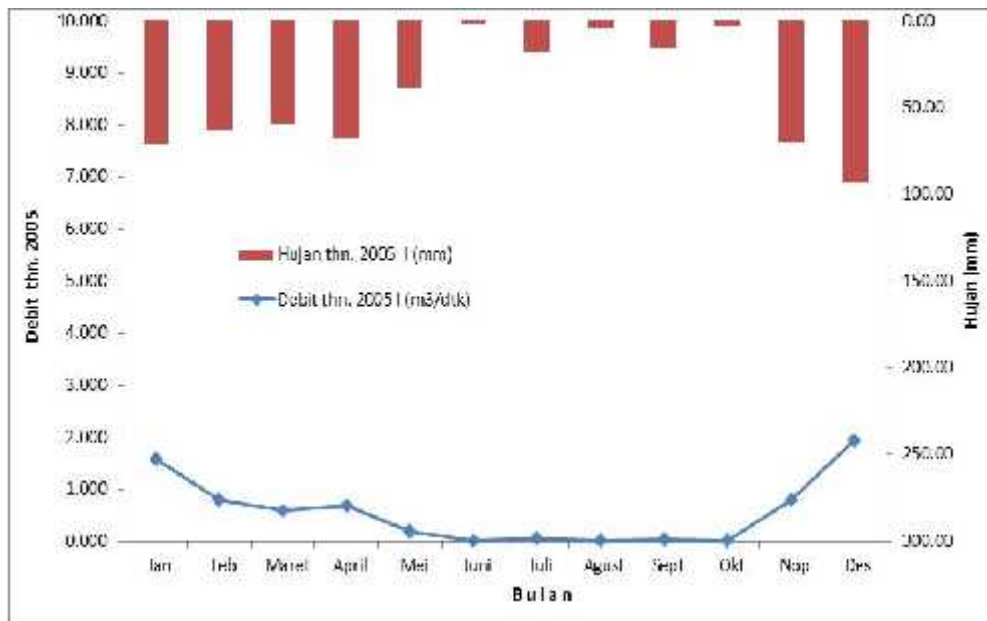
$$\begin{aligned} 14. \quad \text{Debit aliran sungai} &= \frac{\text{Luas DAS} \times R \times 1000}{86400 \times \text{jumlah hari}} \\ &= \frac{103,17 \times 19,83 \times 1000}{86400 \times 15} \\ &= 1,5785 \text{ m}^3/\text{dt} \end{aligned}$$

Perhitungan selanjutnya dapat dilihat pada Tabel 4.15, dan hubungan antara debit dan curah hujan digambarkan pada Gambar 4.5 dan Gambar 4.6.

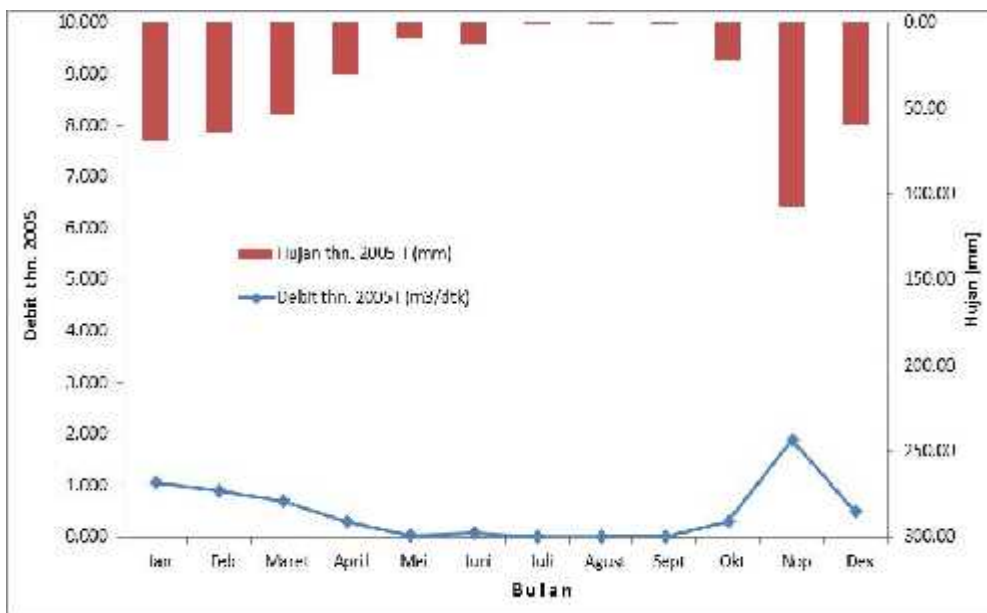
Tabel 4. 15. Perhitungan debit 15 harian tahun 2005 dengan simulasi F. J. Mock

| No         | URAIAN                                  | Hitungan    | Satuan              | Januari |        | Februari |        | Maret  |        | April  |        | Mei    |        | Juni   |        | Juli   |        | Agustus |        | September |        | Oktober |        | November |        | Desember |        |
|------------|---|-------------|---------------------|---------|--------|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|--------|-----------|--------|---------|--------|----------|--------|----------|--------|
|            |   |             |                     | I       | II     | I        | II     | I      | II     | I      | II     | I      | II     | I      | II     | I      | II     | I       | II     | I         | II     | I       | II     | I        | II     | I        | II     |
| <b>I</b>   | <b>JUMLAH HARI DALAM 1 PERIODE</b>      | Data        | hari                | 15      | 16     | 15       | 13     | 15     | 16     | 15     | 15     | 15     | 16     | 15     | 15     | 15     | 16     | 15      | 16     | 15        | 15     | 15      | 16     | 15       | 15     | 15       | 16     |
| <b>II</b>  | <b>DATA HUJAN</b>                       |             |                     |         |        |          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |           |        |         |        |          |        |          |        |
| 1          | Curah Hujan (P)                         | Data        | mm/15hr             | 70.6    | 69     | 64       | 64     | 59     | 54     | 68     | 30     | 38     | 9      | 2      | 13     | 18     | 1      | 4       | 0      | 16        | 1      | 3       | 22     | 70       | 107    | 93       | 60     |
| 2          | Hari Hujan (h)                          | Data        | hari                | 12      | 11     | 11       | 9      | 11     | 11     | 10     | 6      | 6      | 4      | 3      | 2      | 6      | 1      | 3       | 1      | 1         | 1      | 1       | 4      | 8        | 12     | 14       | 12     |
| <b>III</b> | <b>EVAPOTRANSPIRASI TERBATAS (Et)</b>   |             |                     |         |        |          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |           |        |         |        |          |        |          |        |
| 3          | Evapotranspirasi Potensial (ETo)        | Hitungan    | mm/15hr             | 64.26   | 68.54  | 67.67    | 58.65  | 66.48  | 70.91  | 68.06  | 68.06  | 61.72  | 65.84  | 61.13  | 61.13  | 66.89  | 71.35  | 75.64   | 80.69  | 89.15     | 89.15  | 86.51   | 92.28  | 84.37    | 84.37  | 72.30    | 77.12  |
| 4          | Permukaan Lahan Terbuka (m)             | Hitungan    | %                   | 40      | 40     | 40       | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40     | 40      | 40     | 40        | 40     | 40      | 40     | 40       | 40     | 40       | 40     |
| 5          | (m/20) * (18 - h)                       | Hitungan    | -                   | 0.12    | 0.14   | 0.14     | 0.18   | 0.15   | 0.15   | 0.16   | 0.25   | 0.24   | 0.28   | 0.30   | 0.32   | 0.24   | 0.35   | 0.30    | 0.35   | 0.34      | 0.34   | 0.34    | 0.28   | 0.21     | 0.13   | 0.09     | 0.13   |
| 6          | E = (ETo) * (m/20) * (18 - h)           | (3) * (5)   | mm/15hr             | 7.71    | 9.60   | 9.47     | 10.56  | 9.97   | 10.64  | 10.89  | 17.01  | 14.81  | 18.43  | 18.34  | 19.56  | 16.05  | 24.97  | 22.69   | 28.24  | 30.31     | 30.31  | 29.41   | 25.84  | 17.72    | 10.97  | 6.51     | 10.03  |
| 7          | Et = (ETo) - (E)                        | (3) - (6)   | mm/15hr             | 56.55   | 58.95  | 58.20    | 48.09  | 56.51  | 60.28  | 57.17  | 51.04  | 46.91  | 47.40  | 42.79  | 41.57  | 50.83  | 46.38  | 52.95   | 52.45  | 58.84     | 58.84  | 57.10   | 66.44  | 66.65    | 73.40  | 65.79    | 67.09  |
| <b>IV</b>  | <b>KESEIMBANGAN AIR</b>                 |             |                     |         |        |          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |           |        |         |        |          |        |          |        |
| 8          | Ds = P - Et                             | (1) - (7)   | mm/15hr             | 14.04   | 10.10  | 5.37     | 15.68  | 2.92   | -6.23  | 10.52  | -21.00 | -8.67  | -37.95 | -41.26 | -28.93 | -33.22 | -45.57 | -48.72  | -52.10 | -43.03    | -58.07 | -54.46  | -44.13 | 3.27     | 33.28  | 27.43    | -6.94  |
| 9          | Kandungan Air Tanah                     |             | mm/15hr             | 0.00    | 0.00   | 0.00     | 0.00   | 0.00   | -6.23  | 0.00   | -21.00 | -8.67  | -37.95 | -41.26 | -28.93 | -33.22 | -45.57 | -48.72  | -52.10 | -43.03    | -58.07 | -54.46  | -44.13 | 0.00     | 0.00   | 0.00     | -6.94  |
| 10         | Kapasitas Kelembaban Tanah (SMC)        | SMC         | mm/15hr             | 100.00  | 100.00 | 100.00   | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00 | 100.00  | 100.00 | 100.00    | 100.00 | 100.00  | 100.00 | 100.00   | 100.00 | 100.00   | 100.00 |
| 11         | Kelebihan Air (WS)                      | (8) - (9)   | mm/15hr             | 14.04   | 10.10  | 5.37     | 15.68  | 2.92   | 0.00   | 10.52  | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 3.27     | 33.28  | 27.43    | 0.00   |
| <b>V</b>   | <b>ALIRAN DAN PENYIMPANAN AIR TANAH</b> |             |                     |         |        |          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |           |        |         |        |          |        |          |        |
| 12         | Infiltrasi (I)                          | (11) * (i)  | mm/15hr             | 5.62    | 4.04   | 2.15     | 6.27   | 1.17   | 0.00   | 4.21   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 1.31     | 13.31  | 10.97    | 0.00   |
| 13         | 0.5 (1 + k) In                          | Hitungan    | -                   | 4.21    | 3.03   | 1.61     | 4.70   | 0.88   | 0.00   | 3.16   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.98     | 9.98   | 8.23     | 0.00   |
| 14         | k * V (n - 1)                           | Hitungan    | -                   | 10      | 7.11   | 7.11     | 5.07   | 4.36   | 2.62   | 1.31   | 2.23   | 1.12   | 0.56   | 0.28   | 0.14   | 0.07   | 0.03   | 0.02    | 0.01   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00     | 0.49   | 5.24     | 6.73   |
| 15         | Volume Penyimpanan (Vn)                 | (13) + (14) | mm/15hr             | 14.21   | 10.14  | 8.72     | 9.77   | 5.24   | 2.62   | 4.46   | 2.23   | 1.12   | 0.56   | 0.28   | 0.14   | 0.07   | 0.03   | 0.02    | 0.01   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.98     | 10.48  | 13.47    | 6.73   |
| 16         | Perubahan Volume Air (DVn)              | Vn - V(n-1) | mm/15hr             | -5.79   | -4.08  | -1.42    | 1.05   | -4.54  | -2.62  | 1.85   | -2.23  | -1.12  | -0.56  | -0.28  | -0.14  | -0.07  | -0.03  | -0.02   | -0.01  | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.98     | 9.49   | 2.99     | -6.73  |
| 17         | Aliran Dasar (BF)                       | (12) - (16) | mm/15hr             | 11.40   | 8.12   | 3.57     | 5.22   | 5.71   | 2.62   | 2.36   | 2.23   | 1.12   | 0.56   | 0.28   | 0.14   | 0.07   | 0.03   | 0.02    | 0.01   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.33     | 3.82   | 7.98     | 6.73   |
| 18         | Aliran Langsung (DR)                    | (11) - (12) | mm/15hr             | 8.42    | 6.06   | 3.22     | 9.41   | 1.75   | 0.00   | 6.31   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 1.96     | 19.97  | 16.46    | 0.00   |
| 19         | Aliran (R)                              | (17) + (18) | mm/15hr             | 19.83   | 14.18  | 6.79     | 14.62  | 7.46   | 2.62   | 8.67   | 2.23   | 1.12   | 0.56   | 0.28   | 0.14   | 0.07   | 0.03   | 0.02    | 0.01   | 0.00      | 0.00   | 0.00    | 0.00   | 2.29     | 23.79  | 24.44    | 6.73   |
| <b>VI</b>  | <b>DEBIT ALIRAN SUNGAI</b>              |             |                     |         |        |          |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |         |        |           |        |         |        |          |        |          |        |
| 21         | Debit Aliran Sungai                     | A * (19)    | m <sup>3</sup> /det | 1.578   | 1.058  | 0.541    | 1.343  | 0.594  | 0.195  | 0.690  | 0.178  | 0.089  | 0.042  | 0.022  | 0.011  | 0.006  | 0.003  | 0.001   | 0.001  | 0.000     | 0.000  | 0.000   | 0.000  | 0.182    | 1.894  | 1.945    | 0.502  |

Sumber : Hasil Perhitungan.



Gambar 4. 5. Grafik hubungan data debit dengan data curah hujan tahun 2005



Gambar 4. 6. Grafik hubungan data debit dengan data curah hujan tahun 2005

Perhitungan debit dengan metode F.J. Mock tahun selanjutnya terlampir, dan untuk rekapitulasi hasil perhitungan debit dapat dilihat pada Tabel 4.16 dan Tabel 4.17.

Tabel 4. 16. Rekapitulasi Debit DAS Kelara

| Periode | Debit (m <sup>3</sup> /detik) |      |      |      |      |      |       |      |      |      |
|---------|-------------------------------|------|------|------|------|------|-------|------|------|------|
|         | 2005                          | 2006 | 2007 | 2008 | 2009 | 2010 | 2011  | 2012 | 2013 | 2014 |
| Jan. I  | 1.58                          | 2.21 | 1.72 | 1.97 | 4.24 | 7.76 | 12.68 | 2.25 | 7.96 | 4.85 |
| Jan. II | 1.06                          | 4.39 | 0.48 | 0.55 | 5.19 | 3.78 | 6.38  | 1.44 | 1.81 | 7.33 |
| Feb. I  | 0.54                          | 1.90 | 2.27 | 2.05 | 4.64 | 1.55 | 8.39  | 1.42 | 2.88 | 2.09 |
| Feb. II | 1.34                          | 0.86 | 1.38 | 1.04 | 5.18 | 1.02 | 6.26  | 1.30 | 4.46 | 3.13 |
| Mar. I  | 0.59                          | 0.37 | 0.42 | 0.36 | 2.19 | 0.40 | 4.11  | 0.39 | 3.34 | 0.88 |
| Mar. II | 0.20                          | 0.46 | 0.20 | 0.17 | 0.81 | 1.23 | 5.95  | 0.86 | 0.96 | 0.77 |
| Apr. I  | 0.69                          | 0.16 | 0.10 | 1.35 | 0.43 | 0.34 | 2.70  | 0.25 | 0.51 | 0.30 |
| Apr. II | 0.18                          | 0.08 | 0.05 | 0.31 | 0.22 | 0.17 | 7.68  | 0.13 | 0.26 | 2.00 |
| Mei. I  | 0.09                          | 5.01 | 0.03 | 0.16 | 0.11 | 1.67 | 7.61  | 0.06 | 0.13 | 0.47 |
| Mei. II | 0.04                          | 1.52 | 0.01 | 0.07 | 0.05 | 0.36 | 5.79  | 0.03 | 0.06 | 0.22 |
| Jun. I  | 0.02                          | 1.51 | 0.01 | 3.29 | 0.03 | 2.10 | 2.56  | 0.02 | 0.03 | 0.12 |
| Jun. II | 0.01                          | 1.46 | 0.00 | 0.72 | 0.01 | 2.82 | 1.64  | 0.01 | 0.02 | 3.05 |
| Jul. I  | 0.01                          | 0.46 | 0.00 | 0.36 | 0.01 | 0.75 | 0.67  | 0.00 | 0.01 | 0.67 |
| Jul. II | 0.00                          | 0.21 | 0.00 | 0.17 | 0.00 | 0.35 | 0.31  | 0.00 | 0.00 | 0.31 |
| Agt. I  | 0.00                          | 0.11 | 0.00 | 0.09 | 0.00 | 0.19 | 0.17  | 0.00 | 0.00 | 0.17 |
| Agt. II | 0.00                          | 0.05 | 0.00 | 0.04 | 0.00 | 0.09 | 0.08  | 0.00 | 0.00 | 0.08 |
| Sep. I  | 0.00                          | 0.03 | 0.00 | 0.02 | 0.00 | 0.05 | 0.04  | 0.00 | 0.00 | 0.04 |
| Sep. II | 0.00                          | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.02 | 0.02  | 0.00 | 0.00 | 0.02 |
| Okt. I  | 0.00                          | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.00 | 0.01 | 0.01  | 0.00 | 0.00 | 0.01 |
| Okt. II | 0.00                          | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nop. I  | 0.18                          | 0.00 | 0.00 | 4.62 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Nop. II | 1.89                          | 0.03 | 0.00 | 1.29 | 0.00 | 2.06 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 |
| Des. I  | 1.95                          | 0.01 | 0.00 | 2.42 | 0.00 | 5.24 | 1.56  | 0.00 | 7.52 | 0.00 |
| Des. II | 0.50                          | 1.95 | 2.34 | 0.76 | 0.00 | 3.93 | 0.66  | 0.00 | 8.05 | 0.00 |
| Rerata  | 0.45                          | 0.95 | 0.38 | 0.91 | 0.96 | 1.50 | 3.14  | 0.34 | 1.58 | 1.11 |

Sumber : Hasil Perhitungan

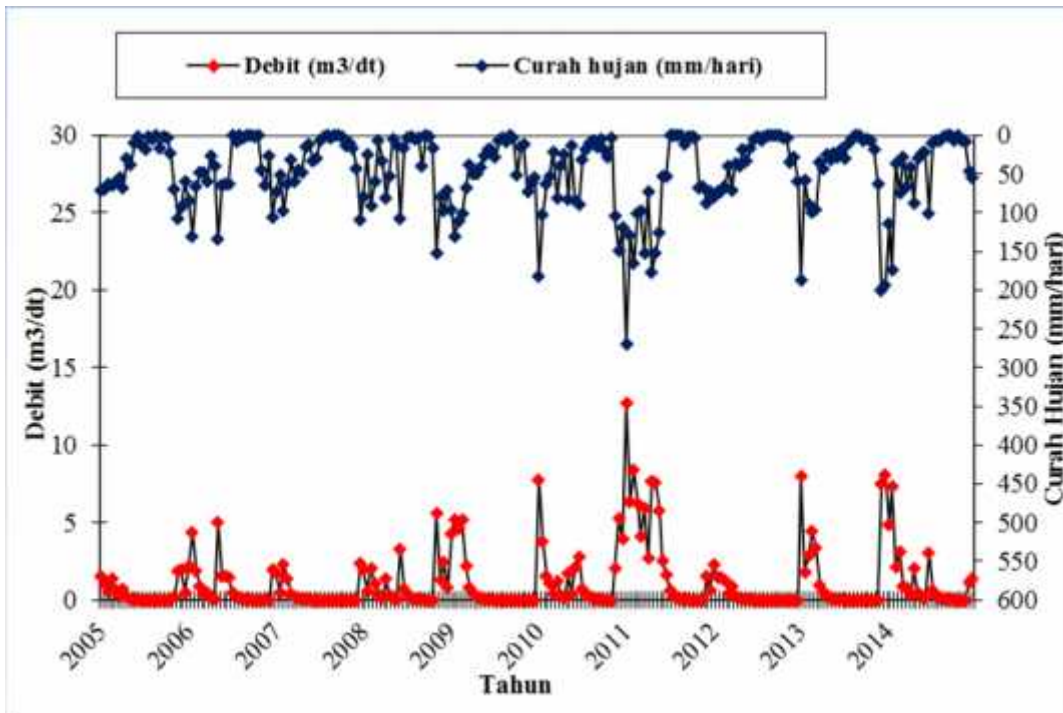
Tabel 4. 17. Rekapitulasi Debit DAS Karalloe

| Periode | Debit (m <sup>3</sup> /detik) |       |      |      |      |       |      |      |       |       |
|---------|-------------------------------|-------|------|------|------|-------|------|------|-------|-------|
|         | 2005                          | 2006  | 2007 | 2008 | 2009 | 2010  | 2011 | 2012 | 2013  | 2014  |
| Jan. I  | 1.14                          | 6.04  | 4.30 | 5.03 | 3.94 | 16.94 | 9.53 | 2.72 | 17.54 | 9.28  |
| Jan. II | 1.71                          | 11.64 | 4.31 | 1.57 | 9.19 | 10.54 | 4.15 | 2.26 | 6.09  | 11.07 |
| Feb. I  | 1.26                          | 9.30  | 5.97 | 1.40 | 8.22 | 4.02  | 4.47 | 4.39 | 2.47  | 3.13  |
| Feb. II | 2.07                          | 4.64  | 6.74 | 0.58 | 5.47 | 2.32  | 5.40 | 3.15 | 9.36  | 4.15  |
| Mar. I  | 2.01                          | 2.25  | 1.73 | 0.27 | 1.72 | 1.00  | 4.83 | 0.96 | 6.02  | 1.22  |
| Mar. II | 0.54                          | 3.40  | 0.81 | 0.13 | 0.81 | 1.55  | 6.03 | 0.45 | 1.77  | 0.57  |
| Apr. I  | 1.78                          | 1.05  | 1.79 | 0.07 | 0.43 | 0.50  | 3.35 | 0.24 | 1.63  | 0.30  |
| Apr. II | 0.46                          | 0.53  | 0.87 | 0.03 | 0.22 | 0.25  | 4.69 | 0.12 | 0.62  | 0.15  |
| Mei. I  | 0.23                          | 1.48  | 0.33 | 0.02 | 0.11 | 4.75  | 1.36 | 0.06 | 0.31  | 0.08  |
| Mei. II | 0.11                          | 0.37  | 0.16 | 0.01 | 0.05 | 0.99  | 0.64 | 0.03 | 0.14  | 0.04  |
| Jun. I  | 0.06                          | 0.20  | 0.08 | 0.00 | 0.03 | 0.53  | 0.34 | 0.01 | 0.34  | 0.02  |
| Jun. II | 0.03                          | 0.10  | 0.04 | 0.00 | 0.01 | 0.34  | 0.17 | 0.01 | 0.09  | 0.05  |
| Jul. I  | 0.01                          | 0.05  | 0.02 | 0.00 | 0.01 | 0.15  | 0.08 | 0.00 | 0.13  | 0.01  |
| Jul. II | 0.01                          | 0.02  | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.07  | 0.04 | 0.00 | 0.04  | 0.01  |
| Agt. I  | 0.00                          | 0.01  | 0.01 | 0.00 | 0.00 | 0.04  | 0.02 | 0.00 | 0.02  | 0.00  |
| Agt. II | 0.00                          | 0.01  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.02  | 0.01 | 0.00 | 0.01  | 0.00  |
| Sep. I  | 0.00                          | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.01  | 0.01 | 0.00 | 0.01  | 0.00  |
| Sep. II | 0.00                          | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| Okt. I  | 0.00                          | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| Okt. II | 0.00                          | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| Nop. I  | 0.00                          | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| Nop. II | 0.00                          | 0.00  | 0.00 | 0.49 | 0.00 | 0.00  | 0.00 | 0.00 | 0.00  | 0.00  |
| Des. I  | 2.14                          | 0.00  | 0.00 | 2.67 | 0.00 | 1.58  | 0.29 | 0.00 | 4.18  | 0.51  |
| Des. II | 0.52                          | 5.75  | 6.34 | 2.74 | 1.31 | 3.01  | 1.91 | 0.00 | 8.97  | 0.68  |
| Rerata  | 0.59                          | 1.95  | 1.40 | 0.63 | 1.31 | 2.03  | 1.97 | 0.60 | 2.49  | 1.30  |

Sumber : Hasil perhitungan

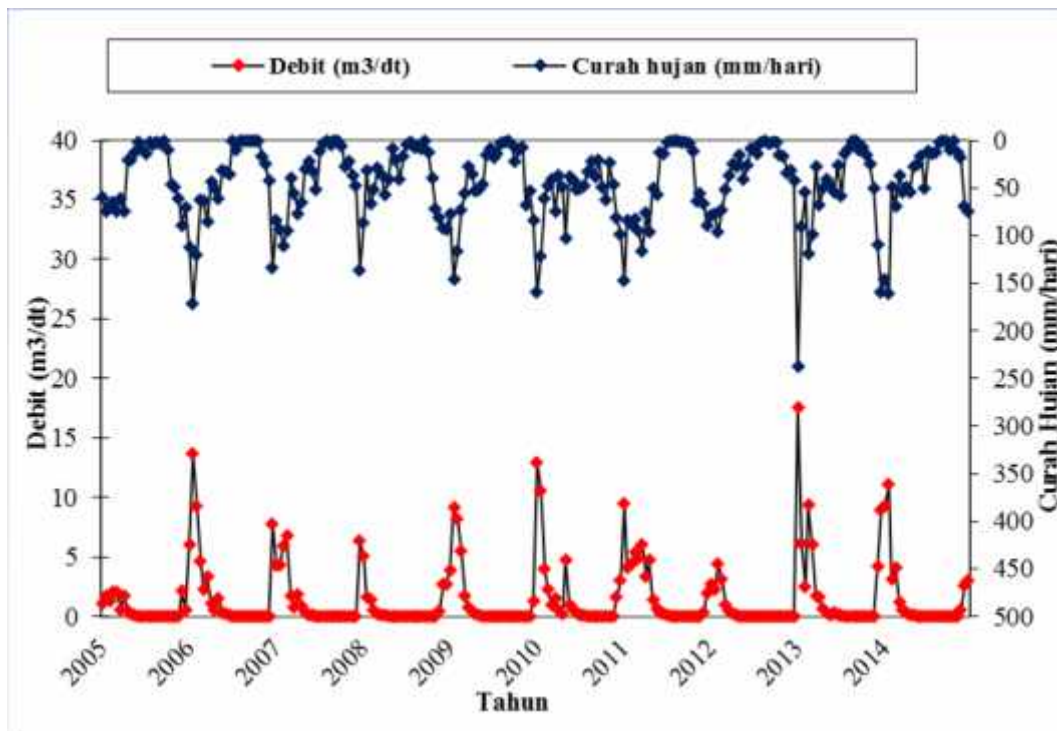
Hasil dari permodelan ini dapat dipercaya jika ada debit pengamatan sebagai pembanding. Oleh karena keterbatasan data di daerah studi maka proses pembandingan tidak dapat dilakukan. Untuk itu diperlukan pendekatan parameter hidrologi yang lebih cermat sehingga hasil simulasi dapat diterima dengan tingkat akurasi sedang tetapi masih dapat digunakan untuk analisa selanjutnya.

Verifikasi hasil debit aliran rendah metode FJ Mock dilakukan secara kualitatif dengan melihat *trend* dari hubungan antara curah hujan daerah DAS Kelara dan Karalloe dan debit aliran rendah dari perhitungan metode FJ Mock disajikan pada Grafik Hubungan Debit FJ Mock dan Curah Hujan Tahun 2005-2014, dalam Gambar 4.7 dan Gambar 4.8



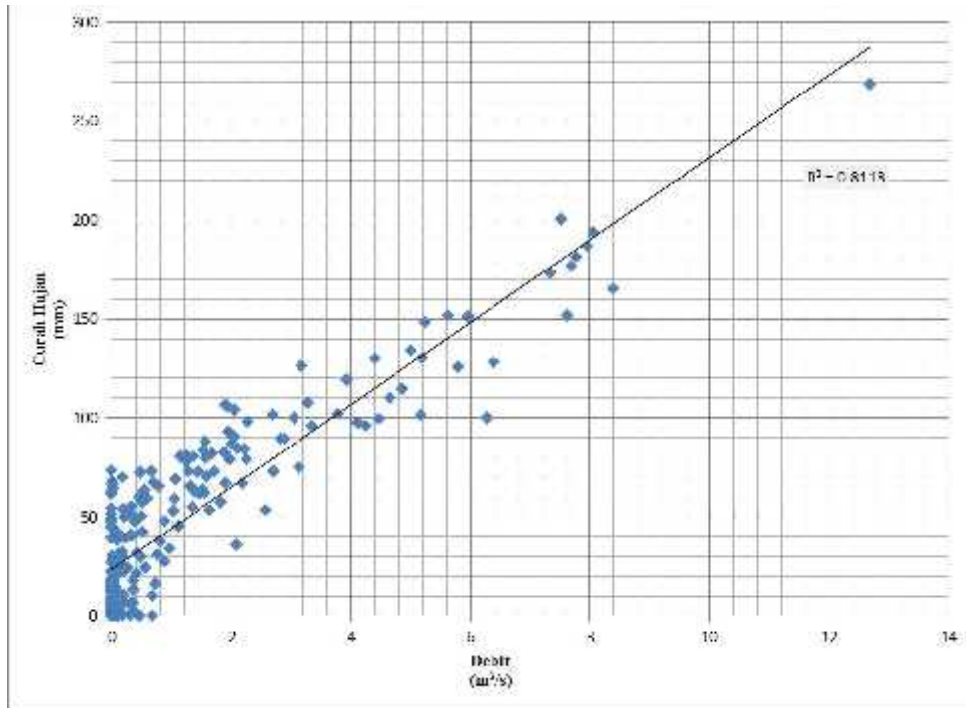
Gambar 4. 7. Hubungan Debit Metode F.J. Mock dengan Data Curah Hujan

DAS Kelara Tahun 2005 – 2014

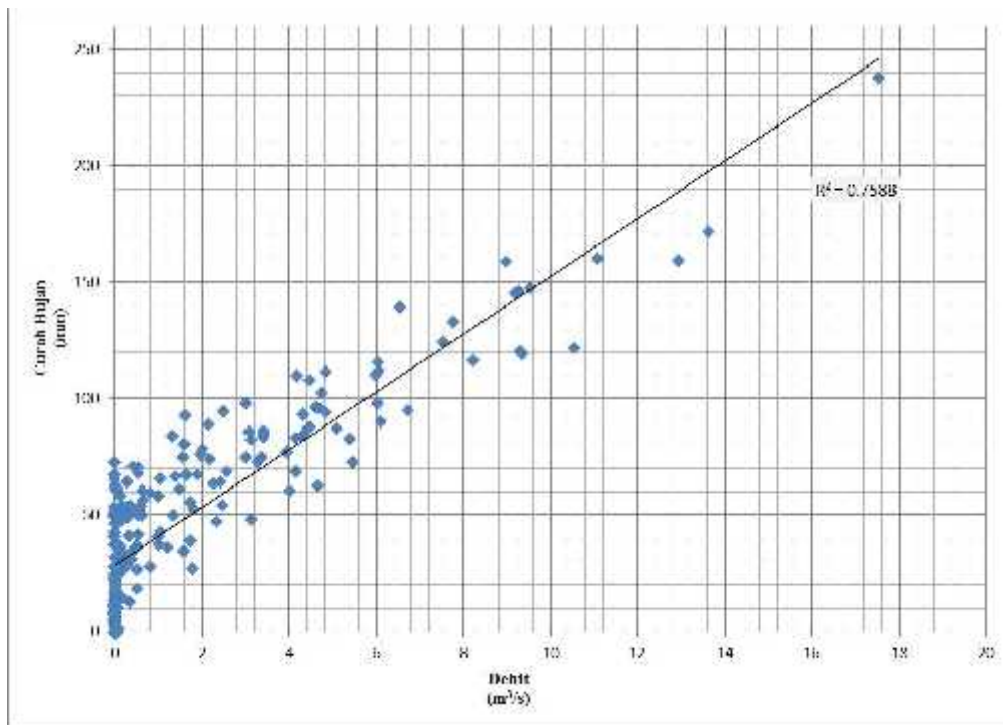


Gambar 4. 8. Hubungan Debit Metode F. J. Mock dengan Data Curah Hujan

DAS Karalloe Tahun 2005 – 2014



Gambar 4. 9. Grafik Hubungan Debit Metode F.J. Mock dengan Data Curah Hujan DAS Kelara Tahun 2005 – 2014



Gambar 4. 10. Grafik Hubungan Debit Metode F.J. Mock dengan Data Curah Hujan DAS Karaloe Kelara Tahun 2005 – 2014

Proses ini dilakukan untuk melihat *trend* antara debit hasil analisa F. J Mock dengan data curah hujan, jika sudah memiliki *trend* yang sama, dengan demikian debit hasil analisa FJ Mock dapat digunakan pada analisa selanjutnya. Dari gambar diatas hasil analisa FJ Mock memiliki trend yang sama dengan curah hujan dan memiliki hubungan yang kuat yang ditunjukkan pada grafik diatas dimana determinan  $R^2$  lebih besar dari 0.6 sehingga hasil analisa F. J. Mock dapat digunakan pada analisa selanjutnya.

Dari hasil rekapitulasi debit sungai kemudian diurutkan debit rerata per tahunnya dari yang terbesar ke yang terkecil sepanjang tahun. Dari hasil debit inflow rerata tahunan yang telah diurutkan dari terbesar sampai yang terkecil, akan dihitung presentasi waktu terlampaui atau probabilitasnya dengan rumus *weibull* sebagai berikut :

$$P = \frac{m}{m+1} \times 100\% \quad (4.1)$$

Dimana :

P = Presentasi waktu disamai atau terlampaui (%)

m = Nomor urut data

n = Jumlah

Setelah diurutkan dan diperoleh presentasi terlampaui maka akan dilakukan Pengelompokkan data debit sungai berdasarkan 4 musim debit (Sosrodarsono Suyono, 2003. *Hidrologi Untuk Pengairan* : 204) :

- Debit air musim kering : debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 355 hari dalam setahun. Keandalan  $(355/365) \times 100\% = 97,3 \%$
- Debit air rendah : debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 275 hari dalam setahun. Keandalan  $(275/365) \times 100\% = 75,3 \%$
- Debit air normal : debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 185 hari dalam setahun. Keandalan  $(185/365) \times 100\% = 50,7 \%$
- Debit air cukup (*affluent*) : debit yang dilampaui oleh debit-debit sebanyak 95 hari dalam setahun. Keandalan  $(95/365) \times 100\% = 26 \%$

Untuk perhitungan debit inflow sesuai keandalan selanjutnya dilihat pada Tabel 4.18. dan Tabel 4.19,berikut ini.



Tabel 4. 18. Pengelompokkan Debit andalan Das Kelara

| No | Data debit (m <sup>3</sup> ) |       | Rangking Data |       | Probabilitas (%) | Keterangan       |
|----|------------------------------|-------|---------------|-------|------------------|------------------|
|    | Tahun                        | Q     | Tahun         | Q     |                  |                  |
| 1  | 2005                         | 10.88 | 2011          | 75.26 | 9.1%             |                  |
| 2  | 2006                         | 22.82 | 2013          | 38.01 | 18.2%            |                  |
| 3  | 2007                         | 11.39 | 2010          | 35.89 | 27.3%            | Q cukup(26%)     |
| 4  | 2008                         | 22.80 | 2014          | 26.52 | 36.4%            |                  |
| 5  | 2009                         | 23.10 | 2009          | 23.10 | 45.5%            |                  |
| 6  | 2010                         | 35.89 | 2006          | 22.82 | 54.5%            | Q normal (50,7%) |
| 7  | 2011                         | 75.26 | 2008          | 22.80 | 63.6%            |                  |
| 8  | 2012                         | 12.57 | 2012          | 12.57 | 72.7%            | Q rendah (75,3%) |
| 9  | 2013                         | 38.01 | 2007          | 11.39 | 81.8%            |                  |
| 10 | 2014                         | 26.52 | 2005          | 10.88 | 90.9%            | Q kering (97,3%) |

Sumber : hasil perhitungan

Tabel 4. 19. Pengelompokkan Debit andalan Das Karalloe

| No | Data debit (m <sup>3</sup> ) |       | Rangking Data |       | Probabilitas (%) | Keterangan       |
|----|------------------------------|-------|---------------|-------|------------------|------------------|
|    | Tahun                        | Q     | Tahun         | Q     |                  |                  |
| 1  | 2005                         | 20.56 | 2013          | 59.74 | 9.1%             |                  |
| 2  | 2006                         | 46.84 | 2010          | 48.61 | 18.2%            |                  |
| 3  | 2007                         | 34.18 | 2011          | 48.46 | 27.3%            | Q cukup(26%)     |
| 4  | 2008                         | 20.10 | 2006          | 46.84 | 36.4%            |                  |
| 5  | 2009                         | 31.51 | 2007          | 34.18 | 45.5%            |                  |
| 6  | 2010                         | 48.61 | 2009          | 31.51 | 54.5%            | Q normal (50,7%) |
| 7  | 2011                         | 48.46 | 2014          | 31.26 | 63.6%            |                  |
| 8  | 2012                         | 29.17 | 2012          | 29.17 | 72.7%            | Q rendah (75,3%) |
| 9  | 2013                         | 59.74 | 2005          | 20.56 | 81.8%            |                  |
| 10 | 2014                         | 31.26 | 2008          | 20.10 | 90.9%            | Q kering (97,3%) |

Sumber : hasil perhitungan

Keterangan :

$$P = (m/(n+1)) \times 100\%$$

m = no. urut data

n = jumlah data

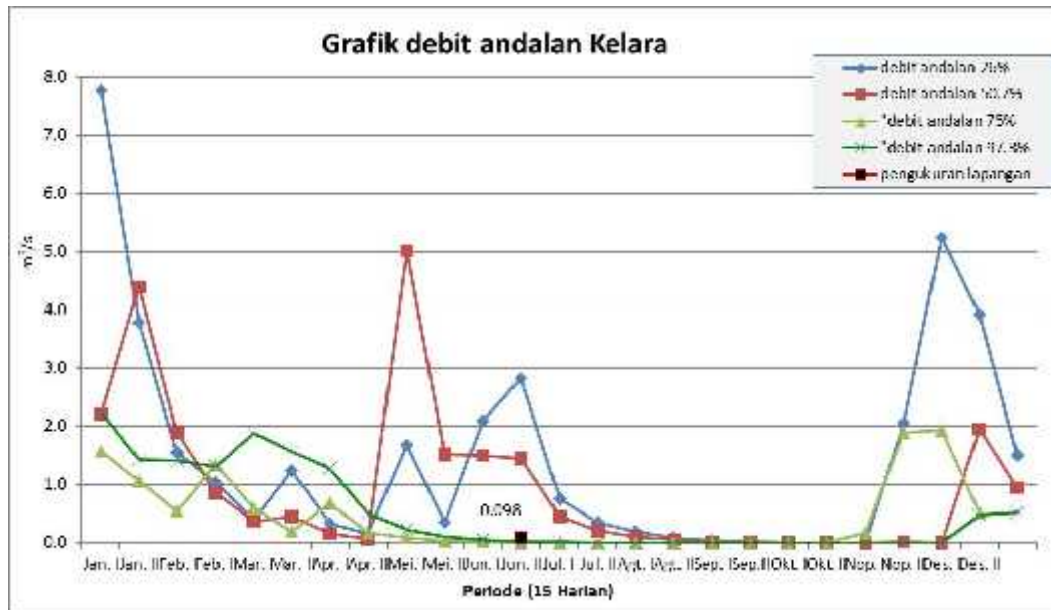
#### 1.4 Pengukuran Hidrometri

Debit sungai diukur secara berkala dengan cara mengukur kecepatan aliran menggunakan alat ukur arus. Dengan cara ini debit aliran yang terjadi merupakan fungsi dari tinggi air. Dalam studi ini metode yang digunakan survey hidrometri adalah dengan menggunakan Current Meter. Alat ukur harus digunakan untuk mengukur aliran pada kecepatan air rendah tidak pada saat banjir. Ada beberapa jenis alat ukur kecepatan arus, pemeliharaan jenis peralatan disesuaikan dengan kecepatan aliran air dan kedalaman air yang akan diukur.

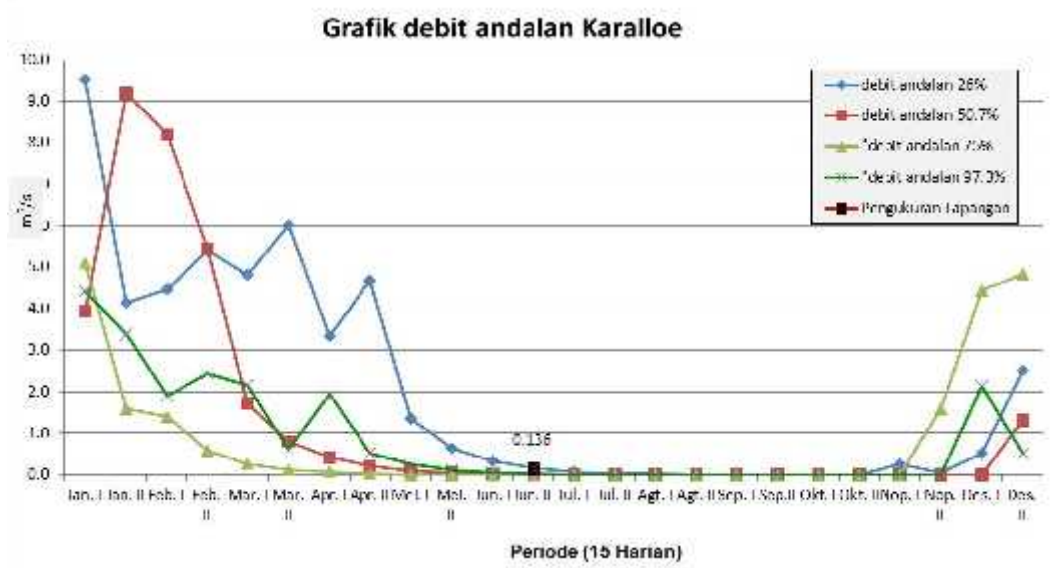
Pengukuran kecepatan air ada beberapa cara, cara satu titik, cara dua titik dan cara tiga titik tergantung dari kedalaman air yang akan diukur. Kecepatan aliran air dihitung dengan pengambilan harga rata-rata. Untuk mengukur kecepatan aliran disamping memakai alat current meter dapat pula diukur memakai pelampung. Untuk menghitung debit sungai diperlukan luas penampang melintang sungai. Besarnya debit adalah hasil kali kecepatan harus dipasang melintang sungai.

Kegiatan survei hidrometri dilakukan pada Sungai Karalloe dan Sungai Kelara, metode pengukuran hidrometri dilakukan dengan metode current meter. Berdasarkan hasil analisa hidrometri yang dilakukan pada bulan Juni didapatkan hasil rata-rata debit air yang keluar dari Sungai Kelara adalah sebesar 0,098 m<sup>3</sup>/dtk, dan untuk sungai Karalloe didapatkan rata rata debit air sebesar 0,136 m<sup>3</sup>/dtk. Hasil pengukuran lapangan ini diasumsikan sebagai debit rata – rata pada periode Juni II.

Kalibrasi parameter metode F. J. Mock dilakukan dengan tujuan mencari parameter yang paling sesuai sehingga perhitungan mendekati debit pengamatan. Hasil perhitungan debit andalan dan tolok ukur kedekatan antara debit hasil pengukuran dan perhitungan ditunjukkan pada Gambar 4.9 dan Gambar 4.10. Dari hasil perhitungan dengan metode F. J. Mock pada periode Juni II untuk sungai Kelara adalah sebesar 0,03 - 1,46 m<sup>3</sup>/s dan untuk sungai Karalloe sebesar 0,01 – 0,34 m<sup>3</sup>/s, sehingga dapat disimpulkan bahwa hasil pengukuran lapangan mendekati hasil perhitungan dengan metode F. J. Mock pada keandalan 50 % - 75 %.



Gambar 4. 11. Hasil Pengukuran dan Kalibrasi pada DAS Kelara



Gambar 4. 12. Hasil Pengukuran dan Kalibrasi pada DAS Karalloe

## 1.5 Kebutuhan Air

Outflow waduk Karalloe merupakan total dari kebutuhan air baku, kebutuhan air irigasi dan kebutuhan PLTA serta evaporasi.

### 1.5.1 Kebutuhan Air Baku

Kebutuhan air bersih diperkirakan berdasarkan jumlah penduduk dengan pemanfaatan air perkapita. Rata-rata kebutuhan air hari disesuaikan dengan standar yang biasa digunakan serta kriteria pelayanan yang didasarkan pada kategori kotanya. adalah 120 ltr/orang/hari. (Cipta Karya, 2006).

Data penduduk yang tersedia yaitu data dari tahun 2005 sampai dengan 2014, seperti yang terlihat pada tabel berikut:

Tabel 4. 20. Data Jumlah Penduduk

| Tahun | Jumlah Penduduk |
|-------|-----------------|
|       | (jiwa)          |
| 2005  | 307115          |
| 2006  | 309023          |
| 2007  | 310379          |
| 2008  | 312334          |
| 2009  | 314175          |
| 2010  | 316700          |
| 2011  | 320149          |
| 2012  | 324538          |
| 2013  | 327410          |
| 2014  | 328550          |

Sumber : BPS Kabupaten Jeneponto

Dari data jumlah penduduk tersebut kemudian dihitung proyeksi pertumbuhan penduduk berdasarkan metode geometrik, metode aritmatik dan metode eksponensial seperti ditampilkan dalam tabel berikut:

Tabel 4. 21. Rekapitulasi proyeksi jumlah penduduk tahun 2014 - 2024

| No   | Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) |                  |                     |
|--|-------|------------------------|------------------|---------------------|
|  |       | Geometrik              | Aritmatik        | Eksponensial        |
| 1  | 2014  | 328550                 | 328550           | 328550              |
| 2  | 2015  | 331024                 | 331024           | 331033              |
| 3  | 2016  | 333516                 | 333497           | 333535              |
| 4  | 2017  | 336027                 | 335971           | 336055              |
| 5  | 2018  | 338557                 | 338445           | 338595              |
| 6  | 2019  | 341106                 | 340918           | 341154              |
| 7  | 2020  | 343674                 | 343392           | 343732              |
| 8  | 2021  | 346262                 | 345866           | 346330              |
| 9  | 2022  | 348869                 | 348339           | 348948              |
| 10   | 2023  | 351496                 | 350813           | 351585              |
| 11   | 2024  | 354142                 | 353287           | 354242              |
| Uji kesesuaian metode proyeksi jumlah penduduk |       |                        |                  |                     |
| <b>Keterangan</b>                              |       | <b>Geometrik</b>       | <b>Aritmatik</b> | <b>Eksponensial</b> |
| Standart deviasi                               |       | 8487.78                | 8204.27          | 8520.91             |
| Koefisien korelasi ( r )                       |       | 0.9999                 | 1.0000           | 0.9999              |

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan hasil proyeksi penduduk diatas disimpulkan bahwa proyeksi penduduk menggunakan method Aritmatik yang memiliki angka standard deviasi paling kecil, sehingga besaran proyeksi yang di pakai adalah metode aritmatik.

Kebutuhan air baku di hitung sebagai berikut :

$$- \text{penduduk} \times \text{Tingkat pelayanan (\%)} = \frac{\text{Jumlah penduduk terlayani}}{100} = \frac{\text{Jumlah}}{100}$$

- Kebutuhan domestik

$$\text{Jumlah SR} = \frac{\text{Penduduk terlayani}}{\text{Jumlah Penduduk per SR}}$$

$$\text{Kebutuhan Air SR} = \frac{\text{Pemakaian perorang} \times \text{Penduduk terlayani}}{1000}$$

$$\text{Kebutuhan domestik} = \frac{\text{Kebutuhan Air SR} \times 1000}{86400}$$

$$- \text{kebutuhan domestik} \times \text{kebutuhan air SR} = \frac{\text{Kebutuhan non domestic}}{100} = 15 \% \text{ dari}$$

$$- \text{Kebutuhan air total} = \text{Kebutuhan domestik} + \text{Kebutuhan non domestic}$$

$$- \text{Kehilangan air} = \frac{\text{Kebutuhan air total} \times \text{Kehilangan air (\%)}}{100}$$

$$- \text{Kebutuhan air rata-rata} = \frac{\text{Kebutuhan air total} + \text{Jumlah kehilangan air} \times \text{Kebutuhan air puncak}}{100}$$

Untuk selanjutnya perhitungan dapat dilihat dilampian dan hasil pehitungan bias dilihat di tabel di bawah ini.

Tabel 4. 22. Kebutuhan air baku Kabupaten Jeneponto

| Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) | Kebutuhan air baku (l/s) | Tahun | Jumlah Penduduk (jiwa) | Kebutuhan air baku (l/s) |
|-------|------------------------|--------------------------|-------|------------------------|--------------------------|
| 2005  | 307115                 | 478.27                   | 2015  | 331024                 | 515.50                   |
| 2006  | 309023                 | 481.24                   | 2016  | 333497                 | 519.35                   |
| 2007  | 310379                 | 483.35                   | 2017  | 335971                 | 523.20                   |
| 2008  | 312334                 | 486.40                   | 2018  | 338445                 | 527.06                   |
| 2009  | 314175                 | 489.26                   | 2019  | 340918                 | 530.91                   |
| 2010  | 316700                 | 493.19                   | 2020  | 343392                 | 534.76                   |
| 2011  | 320149                 | 498.57                   | 2021  | 345866                 | 538.61                   |
| 2012  | 324538                 | 505.40                   | 2022  | 348339                 | 542.47                   |
| 2013  | 327410                 | 509.87                   | 2023  | 350813                 | 546.32                   |
| 2014  | 328550                 | 511.65                   | 2024  | 353287                 | 550.17                   |

Sumber : Hasil perhitungan

### 1.5.2 Kebutuhan Daerah Irigasi

Kebutuhan air irigasi dihitung berdasarkan standar Dep PU yaitu “ Standar Desain Irigasi, KP-01” sebagai berikut:

(1). *Evapotranspiration*

Evapotraspiration dihitung berdasarkan metode modified Penman dengan station Bontosunggu yang masuk dalam wilayah area irigasi. Hasil perhitungan dapat dilihat pada perhitungan sebelumnya

(2). *Koefisien Tanaman(Kc)*

Faktor kebutuhan air merupakan ketentuan yang terdapat dalam Kriteria Perencanaan (KP) Irigasi khususnya KP 01. Faktor Jenis dan pertumbuhan tanaman (Kc), periode ½ bulanan yang digunakan dalam analisa ini yaitu:

- a. Padi umur pendek : 1.10, 1.10, 1.05, 1.05, 0.95, 0.0
- b. Padi umur panjang : 1.10, 1.10, 1.10, 1.10, 1.10, 1.05, 0.95, 0.0
- c. Palawija (jagung) : 0.50, 0.59, 0.96, 1.05, 1.02, 0.95

Koefisien tanaman untuk varietas bibit unggul dihitung berdasarkan “kebutuhan air tanaman” , Irrigation and drainase paper no.24 , oleh FAO.

(3). *Penyiapan Lahan*

Penyiapan lahan untuk padi dimaksudkan untuk penjenuhan tanah dan penstabil lapisan air sebelum penanam dimulai, juga sebagai penyeimbang

akibat adanya kehilangan air yang diakibatkan oleh evaporasi dan perkolasi. Penyiapan lahan dapat dilihat pada Tabel 4.23.

Untuk perhitungan kebutuhan air irigasi selama penyiapan lahan, digunakan metode yang dikembangkan oleh van de Goor dan Zijlstra. (Standar Perencanaan Irigasi KP-01, 1986). Metode tersebut didasarkan pada laju air konstan dalam l/dt selama periode penyiapan lahan dengan rumus sebagai berikut :

$$IR = M e^k / (e^k - 1)$$

dengan :

IR = kebutuhan air irigasi di tingkat persawahan (mm/hr)

M = kebutuhan air untuk mengganti kehilangan air akibat evaporasi dan perkolasi di sawah yang sudah dijenuhkan,  $M = E_o + P$  (mm/hr)

$E_o$  = evaporasi air terbuka yang diambil 1,1  $E_{to}$  selama penyiapan lahan (mm/hr)

P = perkolasi

K =  $MT/S$

T = jangka waktu penyiapan lahan (hr)

S = kebutuhan air untuk penjenuhan

Tabel 4. 23. Kebutuhan Air untuk Penyiapan Lahan Tanaman Padi

| No | Parameter                  | Satuan     | Bulan |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----|----------------------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|    |                            |            | Jan   | Feb   | Mar   | Apr   | Mei   | Jun   | Jul   | Ags   | Sep   | Okt   | Nov   | Des   |
| 1  | $E_{To}$                   | (mm/hr)    | 4.28  | 4.51  | 4.43  | 4.54  | 4.11  | 4.08  | 4.46  | 5.04  | 5.94  | 5.77  | 5.62  | 4.82  |
| 2  | $E_o = E_{To} \times 1.10$ | (mm/hr)    | 4.71  | 4.96  | 4.88  | 4.99  | 4.53  | 4.48  | 4.91  | 5.55  | 6.54  | 6.34  | 6.19  | 5.30  |
| 3  | P                          | (mm/hr)    | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  | 1.80  |
| 4  | $M = E_o + P$              | (mm/hr)    | 6.51  | 6.76  | 6.68  | 6.79  | 6.33  | 6.28  | 6.71  | 7.35  | 8.34  | 8.14  | 7.99  | 7.10  |
| 5  | T                          | hari       | 31    | 29    | 31    | 30    | 31    | 30    | 31    | 31    | 30    | 31    | 30    | 31    |
| 6  | S                          | mm         | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   | 300   |
| 7  | $k = (M \times T) / S$     | -          | 0.67  | 0.65  | 0.69  | 0.68  | 0.65  | 0.63  | 0.69  | 0.76  | 0.83  | 0.84  | 0.80  | 0.73  |
| 8  | $LP = M e^k / (e^k - 1)$   | (mm/hr)    | 13.30 | 14.09 | 13.40 | 13.78 | 13.18 | 13.47 | 13.41 | 13.81 | 14.74 | 14.31 | 14.52 | 13.66 |
|    |                            | (lt/dt/ha) | 1.54  | 1.63  | 1.55  | 1.59  | 1.53  | 1.56  | 1.55  | 1.60  | 1.71  | 1.66  | 1.68  | 1.58  |

Sumber: Perhitungan 2016

#### (4). Perkolasi

Dengan mempertimbangkan jenis tanam dominan yaitu entisol (sandy clay loam), besarnya perkolasi ditentukan sebesar 2 mm.hari. Penelitian yang dilakukan oleh Nippon Koei co. ltd pada tahun 1999 yang dilakukan pada 5 titik disekitar saluran sekunder dengan rata2 perkolasi untuk jenis tanah

Entisol/Utisol dengan besarnya perkolasi 1.8 mm/hari mencakup 83 % total area irigasi.

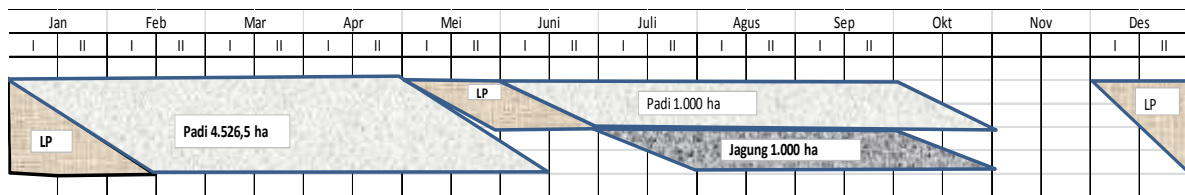
(5). *Pengantian Lapisan Air*

Pergantian lapisan air erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Beberapa saat setelah penanaman, air yang digenangkan di permukaan sawah akan kotor dan mengandung zat-zat yang tidak lagi diperlukan tanaman. Air genangan ini perlu dibuang agar tidak merusak tanaman di lahan. Air genangan yang dibuang perlu diganti dengan air baru yang bersih.

(6). *Pola Tanam saat ini dan usulan Pola Tanam*

Kondisi area irigasi Karalloe sepenuhnya belum dapat berfungsi secara maksimal dikarenakan kekurangan air yang terjadi pada saat musim kemarau. Beberapa kondisi area irigasi saat ini adalah sebagai berikut:

- Luas area irigasi yang terairi pada saat musim hujan : 4.526.5 ha
- Luas area irigasi yang terairi pada saat musim kemarau : < 2.000 ha



Sumber : Dinas Psda Propinsi Sulsel

Pola tanam saat ini di DI Karraloe yang ditetapkan oleh pemerintah setempat sesuai hasil kesepakatan (Tudang Sipulung), sebagai berikut:

‘- Padi I : 100 % Desember – April

‘- Padi II : 50 %, Jagung 50% periode Mei - September

Waktu bero adalah Oktober - November

Dalam studi ini mencoba empat alternative dengan merubah pola awal tanam dan mencoba varietas padi unggul yang masa panennya lebih cepat dengan mencoba tiga kali musim tanam. Pola tata tanam yang diusulkan yaitu padi MH (100%) – padi MK1 (100%) dan palawija MK2 (100%). Alternatif tersebut yaitu:

1. Awal tanam MH 1 pada periode Oktober 2
2. Awal tanam MH 1 pada periode November 1
3. Awal tanam MH 1 pada periode November 2



#### 4. Awal tanam MH 1 pada periode Desember 1

##### (7). Efisiensi Irigasi

Efisiensi irigasi (EI) adalah angka perbandingan dari jumlah debit air irigasi yang dipakai dengan jumlah debit air irigasi yang dialirkan dan dinyatakan dalam persen (%). Efisiensi irigasi di asumsi sebesar 90 %.

##### (8). Curah Hujan Efektif

Curah hujan efektif tanaman padi ditentukan berdasarkan 70 % hujan andalan 80 % dengan peluang kegagalan sebesar 20 %. Dan untuk palawija ditentukan berdasarkan evapotranspirasi potensial, curah hujan rata – rata dan ketersediaan air tanah yang siap dipakai. Pada daerah irigasi Kelara jenis palawija yang ditanam adalah tanaman jagung. Hasil perhitungan curah hujan andalan 80 %, dan curah hujan efektif untuk tanaman padi dan jagung terlampir.

Hasil perhitungan kebutuhan air irigasi berdasarkan PTT RTTG pada studi ini dapat dilihat pada tabel berikut

Tabel 4. 24. Kebutuhan air irigasi

| Periode      | Eksisting    | alt 1        | alt 2        | alt 3        | alt 4        |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Jan. I       | 0.86         | 0.34         | 0.25         | 0.42         | 0.86         |
| Jan. II      | 0.43         | 0.38         | 0.36         | 0.26         | 0.43         |
| Feb. I       | 0.35         | 0.39         | 0.46         | 0.44         | 0.34         |
| Feb. II      | 0.46         | 0.52         | 0.39         | 0.46         | 0.44         |
| Mar. I       | 0.54         | 0.95         | 0.53         | 0.42         | 0.49         |
| Mar. II      | 0.58         | 1.02         | 1.00         | 0.58         | 0.47         |
| Apr. I       | 0.39         | 0.49         | 0.94         | 0.92         | 0.48         |
| Apr. II      | 0.59         | 0.65         | 0.83         | 1.28         | 1.25         |
| Mei. I       | 0.63         | 0.61         | 0.51         | 0.69         | 1.13         |
| Mei. II      | 1.37         | 0.90         | 0.87         | 0.77         | 0.95         |
| Jun. I       | 1.49         | 0.89         | 0.96         | 0.94         | 0.84         |
| Jun. II      | 0.93         | 0.52         | 0.79         | 0.86         | 0.84         |
| Jul. I       | 0.76         | 0.28         | 0.52         | 0.80         | 0.87         |
| Jul. II      | 1.22         | 0.36         | 0.19         | 0.63         | 0.95         |
| Agt. I       | 1.56         | 0.55         | 0.07         | 0.20         | 0.66         |
| Agt. II      | 1.71         | 0.66         | 0.27         | 0.08         | 0.21         |
| Sep. I       | 1.75         | 0.71         | 0.46         | 0.25         | 0.03         |
| Sep. II      | 1.80         | 0.56         | 0.66         | 0.52         | 0.31         |
| Okt. I       | 1.16         | 0.11         | 0.68         | 0.57         | 0.44         |
| Okt. II      | 0.27         | 0.41         | 0.66         | 0.66         | 0.56         |
| Nop. I       | 0.00         | 0.93         | 0.52         | 0.40         | 0.40         |
| Nop. II      | 0.00         | 0.70         | 0.68         | 0.26         | 0.22         |
| Des. I       | 0.27         | 0.28         | 0.71         | 0.69         | 0.23         |
| Des. II      | 1.02         | 0.36         | 0.58         | 1.00         | 0.91         |
| <b>Total</b> | <b>20.11</b> | <b>13.58</b> | <b>13.89</b> | <b>14.11</b> | <b>14.31</b> |

Sumber : Hasil Perhitungan

Dari hasil perhitungan kebutuhan irigasi maka didapat kebutuhan air minimum pada alternatif 1 yaitu padi – padi – palawija dengan awal tanam padi 1 pada periode Oktober 2.

### 1.5.3 Kebutuhan PLTA

Besarnya kebutuhan air untuk PLTA tergantung rencana energi yang akan dihasilkan dari PLTA. Dalam analisa optimasi ini diperlukan perhitungan mengenai besarnya tinggi jatuh efektif rata – rata dan besarnya daya terpasang.

Tinggi jatuh efektif rata – rata dapat dihitung dengan persamaan, (

$$H_{\text{eff rerata}} = H_{\text{rerata}} - HL \quad (4.2)$$

Besarnya kehilangan tinggi total dihitung dengan rumus pendekatan

$$HL = (2,92 \% - 3 \%) \times H_{\text{rerata}} \quad (4.3)$$

Sedangkan tinggi jatuh rata – rata dapat dihitung dengan persamaan

$$H_{\text{rerata}} = EL_{\text{rerata MAW}} - EL_{\text{TWL}} \quad (4.4)$$

$$EL_{\text{rerata MAW}} = EL_{\text{HWL}} - 1/3 (HWL - LWL) \quad (4.5)$$

Dimana:

|                         |                               |
|-------------------------|-------------------------------|
| $H_{\text{eff rerata}}$ | = tinggi jatuh efektif rerata |
| HWL                     | = elevasi muka air maksimum   |
| TWL                     | = elevasi muka air buri       |
| HL                      | = kehilangan tinggi total     |
| LWL                     | = elevasi muka air minimum    |

Pembangkit tenaga air dioperasikan pada kondisi muka air efektif untuk turbin pada kondisi 120 % sampai 70% . Elevasi muka air maksimum adalah El. 248.50 m, dimana elevasi muka air buri (tail water level) pada elevasi 172.50 m dan elevasi muka air minimum adalah 221,00 m, sehingga tinggi jatuh efektif rerata dapat dihitung dengan pendekatan berikut:

$$\begin{aligned} EL_{\text{rerata MAW}} &= EL_{\text{HWL}} - 1/3 (HWL - LWL) \\ &= 248,5 - 1/3 (248,5 - 221) \\ &= 239,33 \text{ m} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} H_{\text{rerata}} &= EL_{\text{rerata MAW}} - EL_{\text{TWL}} \\ &= 239,33 - 172,5 \end{aligned}$$

$$= 66,833 \text{ m}$$

Jadi, Heff

$$= H \text{ rerata} - 3\% H \text{ rerata}$$

$$= 0,97 \times H \text{ rerata}$$

$$= 64,828 \text{ m}$$

Debit yang digunakan untuk membangkitkan daya listrik ini diambil dari air yang akan dimanfaatkan untuk daerah irigasi sehingga hasil bangkitan PLTA tergantung dari pemakaian air untuk irigasi

Kapasitas pembangkit dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$P = 9.8 Q H. a$$

dimana :

P = Output Daya (kW)

Q= Debit (m<sup>3</sup>/sec)

H= Tinggi efektif (m)

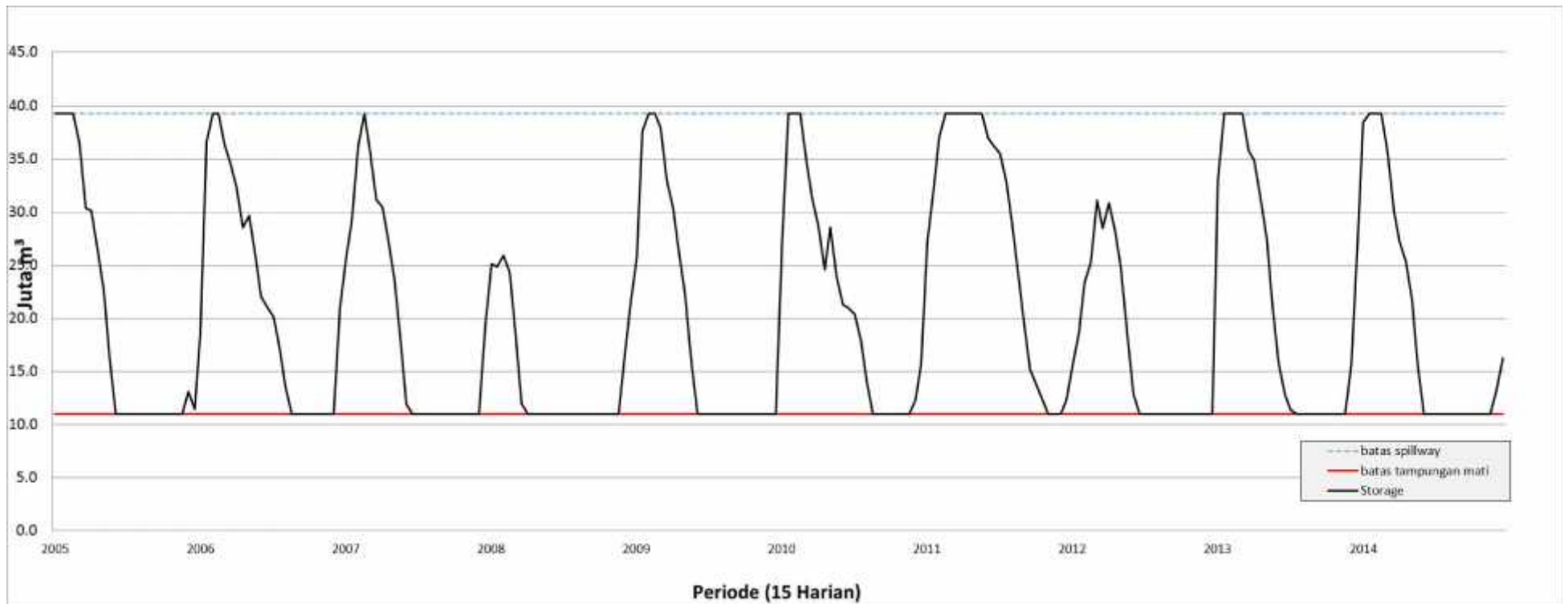
a = Efisiensi

## 1.6 Perhitungan Simulasi Waduk Karalloe

Dalam “*Studi Optimasi Operasi Waduk Karalloe Dengan Program Linier*” dilakukan analisa simulasi operasi waduk sederhana selama 10 tahun yang memiliki periode 15 harian, dengan kebutuhan irigasi dan air baku yang akan dipenuhi oleh simulasi waduk Karalloe, data dari kebutuhan irigasi dan juga kebutuhan air baku sesuai dengan jumlah penduduk yang direncanakan untuk dipenuhi waduk Karalloe. Untuk analisa debit *inflow* didapat dari perhitungan debit aliran rendah dengan metode FJ Mock.

Dalam simulasi awal tersebut disimulasikan kondisi waduk yang menyuplai kebutuhan air tanpa melihat kondisi tampungan waduk atau bisa dikatakan dengan simulasi waduk sederhana. Dalam kondisi penuh waduk Karalloe memiliki tampungan maksimum operasi sebesar 39,28 juta m<sup>3</sup>, dengan tampungan aktif sebesar 28,26 juta m<sup>3</sup> dan tampungan mati sebesar 11,02 juta m<sup>3</sup>. Perhitungan simulasi waduk Karalloe terlampir. Hasil simulasi pola operasi waduk eksisting pada tahun 2005 sampai dengan tahun 2014 terpenuhi 51,67 %.

Dari Gambar 4.13 tentang status tampungan waduk selama 10 tahun dapat dilihat bahwa ada periode – periode tertentu yang mengalami kegagalan atau melewati batas akhir tampungan mati.



Gambar 4. 13. Grafik tampungan pada simulasi waduk selama 10 tahun

## 1.7 Analisa Manfaat

### 1.7.1 Manfaat Irigasi

Operasi pemanfaatan potensi air untuk irigasi dapat diartikan sebagai suatu pengaturan debit air guna dibagikan kepada daerah irigasi yang memerlukan. Manfaat penggunaan penyediaan air untuk irigasi dapat dihitung berdasarkan keuntungan yang diperoleh dari penjualan produk yang dihasilkan dikurangi dengan biaya yang dibutuhkan untuk menghasilkan produk tersebut. Analisa biaya produksi dan manfaat irigasi selengkapnya dapat dilihat pada tabel berikut,

Tabel 4. 25. Analisa Biaya Produksi dan Manfaat Irigasi per Hektar

| No | Uraian                      | Volume        |                 |     | Biaya Satuan  |                 | Jumlah        |                 |
|----|-----------------------------|---------------|-----------------|-----|---------------|-----------------|---------------|-----------------|
|    |                             | Komoditi Padi | Komoditi Jagung |     | Komoditi Padi | Komoditi Jagung | Komoditi Padi | Komoditi Jagung |
| A  | TENAGA KERJA (HOK)          |               |                 |     |               |                 |               |                 |
|    | - Penyiapan Lahan           | 1             | 1               | Ha  | 1,250,000.00  | 1,000,000.00    | 1,250,000.00  | 1,000,000.00    |
|    | - Penanaman                 | 20            | 10              | HOK | 40,000.00     | 65,000.00       | 800,000.00    | 650,000.00      |
|    | - Pemupukan                 | 6             | 10              | HOK | 65,000.00     | 65,000.00       | 390,000.00    | 650,000.00      |
|    | - Penyiangan                | 20            | 5               | HOK | 65,000.00     | 65,000.00       | 1,300,000.00  | 325,000.00      |
|    | - Penyemprotan              | 7             | 3               | HOK | 65,000.00     | 65,000.00       | 455,000.00    | 195,000.00      |
|    | - Pengairan                 | 0             | 6               |     | 0.00          | 450,000.00      | 0.00          | 2,700,000.00    |
|    | - Panen                     | 30            | 10              | HOK | 65,000.00     | 65,000.00       | 1,950,000.00  | 650,000.00      |
|    | - Pengangkutan              | 65            |                 | Krg | 10,000.00     |                 | 650,000.00    |                 |
|    | - Penyimpanan               |               |                 |     |               |                 |               |                 |
|    | - Penipil                   |               | 6               | Ton |               | 30,000.00       |               | 180,000.00      |
|    | - Pengeringan               |               | 3               | HOK |               | 65,000.00       |               | 195,000.00      |
|    | - Lain-lain                 |               |                 |     |               |                 | 300,000.00    | 300,000.00      |
|    | Jumlah                      |               |                 |     |               |                 | 7,095,000.00  | 6,845,000.00    |
| B  | SARANA PRODUKSI             |               |                 |     |               |                 |               |                 |
|    | - Benih                     | 40            | 15              | Kg  | 10,000.00     | 65,000.00       | 400,000.00    | 975,000.00      |
|    | - Urea                      | 200           | 300             | Kg  | 1,800.00      | 1,800.00        | 360,000.00    | 540,000.00      |
|    | - SP-36                     | 100           | 0               | Kg  | 2,000.00      |                 | 200,000.00    | 0.00            |
|    | - Phonska                   | 300           | 200             | Kg  | 2,300.00      | 2,300.00        | 690,000.00    | 460,000.00      |
|    | - Pupuk Kandang             | 1,000         | 1,000           | Kg  | 500.00        | 500.00          | 500,000.00    | 500,000.00      |
|    | - Pestisida                 | 5             | 2               | Lt  | 150,000.00    | 75,000.00       | 750,000.00    | 150,000.00      |
|    | - KCL                       |               | 0               | Kg  |               |                 |               | 0.00            |
|    | - Lain-lain                 |               |                 |     |               |                 |               |                 |
|    | Jumlah                      |               |                 |     |               |                 | 2,900,000.00  | 2,625,000.00    |
| C  | LAIN-LAIN PENGELUARAN       |               |                 |     |               |                 |               |                 |
|    | - Sewa lahan                | 1             | 1               | Ha  | 5,000,000.00  | 4,000,000.00    | 5,000,000.00  | 4,000,000.00    |
|    | - Pajak                     | 1             | 1               |     | 150,000.00    | 150,000.00      | 150,000.00    | 150,000.00      |
|    | - Lain-lain                 |               |                 |     |               |                 |               |                 |
|    | Jumlah                      |               |                 |     |               |                 | 5,150,000.00  | 4,150,000.00    |
|    | Jumlah A + B + C            |               |                 |     |               |                 | 15,145,000.00 | 13,620,000.00   |
|    | 1. Total Biaya Produksi     |               |                 |     |               |                 | 15,145,000.00 | 13,620,000.00   |
|    | 2. Total Produksi (Kg)      |               |                 |     |               |                 | 6,500.00      | 6,200.00        |
|    | 3. Harga Jual Produksi (Rp) | 6,500         | 6,200           | Kg  | 4,500.00      | 3,100.00        | 29,250,000.00 | 19,220,000.00   |
|    | 4. Pendapatan Bersih (3-1)  |               |                 |     |               |                 | 14,105,000.00 | 5,600,000.00    |
|    | 5. R/C (3/1)                |               |                 |     |               |                 | 1.9           | 1.4             |

Sumber : Dinas Pertanian Kabupaten Jeneponto

Keterangan : Harga jual padi = harga jual gabah kering

### **1.7.2 Manfaat Air Baku**

Manfaat bersih dari air baku adalah harga jual air baku dikurangi dengan biaya produksi untuk air baku. Besarnya biaya produksi untuk air baku berdasarkan PDAM Jeneponto adalah sebagai berikut:

- biaya per unit : Rp 100,-
  - biaya operasi pertahun : Rp 1000,-
- Total biaya produksi untuk air baku adalah Rp 1.100,-

Harga air baku yang ditetapkan yaitu Rp. 2000,-, sehingga besar keuntungan bersih untuk air baku adalah sebesar Rp 900,-

### **1.7.3 Manfaat Air untuk PLTA**

Manfaat yang diperoleh dari pembangunan PLTA adalah energi listrik yang dihasilkan. Harga satuan energi listrik dinyatakan dengan *kilowatt hours* (kWh). Untuk menentukan harga energi listrik tiap kWh didasarkan pada biaya yang harus ditanggung atas dasar pengeluaran yang dilakukan untuk menghasilkan energi yang diberikan kepada pelanggan.

Pada studi ini manfaat listrik ditentukan berdasarkan harga konsumen yang dikeluarkan perusahaan listrik negara PT. PLN (persero). Menurut Permen ESDM No. 12 tahun 2017 tentang pemanfaatan sumber energi terbarukan untuk penyedia tenaga listrik, dalam pasal 7 disebutkan bahwa pembelian tenaga listrik dari tenaga air oleh PT PLN digunakan harga patokan. Dalam hal BPP pembangkitan ketenagalistrikan setempat diatas rata – rata BPP pembangkitan Nasional maka harga patokan pembelian paling tinggi sebesar 85 % dari BPP pembangkitan Setempat. Besaran BPP pembangkitan setempat sebagaimana dalam Kepmen ESDM No. 1404 K/20/MEM/2017 untuk wilayah Sulawesi bagian Selatan adalah 7,63 cent US \$ / kWh atau Rp 1.016 / kWh dengan menggunakan nilai tukar kurs Rp. 13.307 / US\$. Sehingga dalam studi ini menggunakan nilai manfaat sebesar 85 % dari BPP atau sebesar Rp 863,6.

### **1.8 Analisis Model Matematika**

Dalam studi ini akan menganalisa masalah dasar dalam program linear untuk mencari kombinasi terbaik antara sumber daya dan kendala – kendala yang ada sehingga didapat manfaat yang sebesar – besarnya.

### 1.8.1 Fungsi Sasaran

Dalam studi ini sasaran yang ingin dicapai adalah keuntungan yang sebesar – besarnya antara usaha pertanian setiap musimnya, penjualan air baku dan pemanfaatan tenaga air untuk tenaga listrik. Fungsi sasaran ini merupakan persamaan variabel bebas yang akan dioptimalkan untuk menghasilkan keuntungan maksimum.

Persamaan fungsi sasaran adalah:

$$Z = \sum_{n=1}^n C_n X_n$$

Dengan :

Z = fungsi tujuan (keuntungan maksimum) (juta Rp)

C<sub>n</sub> = keuntungan / manfaat bersih

X<sub>n</sub> = variabel sasaran

Persamaan fungsi sasaran dapat ditulis sebagai berikut

$$Z = 14,105 X_1 + 14,105 X_2 + 5,6 X_3$$

Dimana:

X<sub>1</sub> = Luas tanam pada musim 1

X<sub>2</sub> = Luas tanam pada musim 2

X<sub>3</sub> = Luas tanam pada musim 3

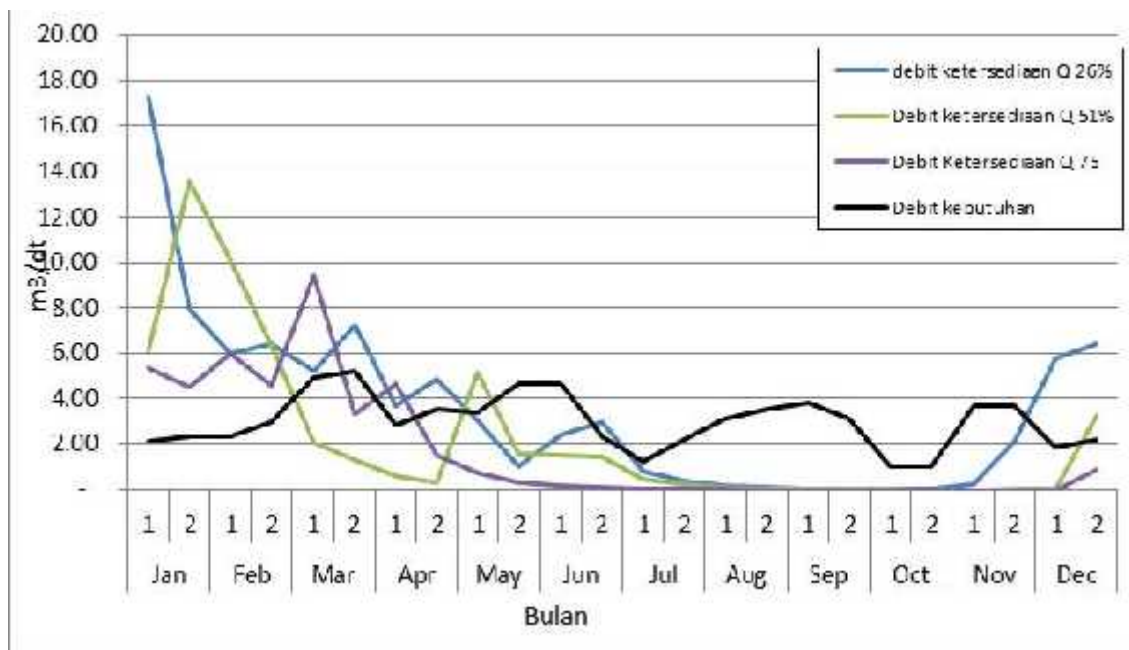
### 1.8.2 Fungsi Kendala

Dalam suatu analisa optimasi sumber daya yang dianalisa dalam keadaan terbatas. Keterbatasan sumber daya tersebut dinamakan syarat ikatan atau kendala. Dalam studi ini keterbatasan sumber daya berupa volume tampungan air waduk dan luas lahan yang dapat dialiri. Volume air yang tersedia diambil dari volume air waduk dengan mengacu pada debit andalan selama periode pengoperasian. Debit andalan yang digunakan yaitu musim kering 97 %, musim rendah 75 %, musim normal 50 %, dan musim cukup 26 %. Luas lahan yang ditanami maksimal adalah luas sawah sebesar 4526,5 Ha.

### 1.9 Analisa Ketersediaan Air Waduk Karalloe

Perhitungan neraca air ditentukan berdasarkan debit air yang tersedia dan debit kebutuhan tiap periode selama setahun. Untuk gambaran neraca air di Waduk

Karalloe dengan debit andalan kering, rendah, normal dan cukup dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4. 14. Neraca Air Kebutuhan dan Ketersediaan Air

Dari Gambar 4.14 dapat diketahui bahwa ketersediaan air pada awal tahun masih mencukupi tetapi pada bulan Juli hingga bulan November kekurangan air yang cukup banyak, sehingga upaya optimasi ketersediaan air memang sangat diperlukan untuk mengoptimalkan ketersediaan air yang ada.

### 1.10 Analisa Optimasi

Dalam studi ini, diasumsikan bahwa:

- Apabila alokasi air melebihi kebutuhan, maka kelebihan air akan terbuang begitu saja untuk kemudian kembali ke sungai di bawahnya
- Apabila alokasi air di bawah kebutuhan, maka hanya air alokasi tersebut yang akan dimanfaatkan dan mendatangkan keuntungan.
- Kebutuhan air baku dianggap konstan sepanjang tahun
- Kebutuhan air PLTA tergantung dar kebutuhan suplesi untuk daerah irigasi
- Kebutuhan air untuk irigasi menggunakan alternatif 1 yaitu PTT padi – padi – palawija dengan awal musim tanam pada periode Oktober 2
- Optimasi dilakukan hanya pada debit andalan
- Tinggi jatuh efektif dianggap konstan sesuai dengan perhitungan sebelumnya
- Biaya konstruksi dan biaya produksi pada distribusi PLTA tidak diperhitungkan.



Proses analisa optimasi dalam studi ini menggunakan program linier dengan bantuan fasilitas solver dalam Microsoft Exel. Dengan memasukkan nilai – nilai parameter fungsi sasaran dan fungsi kendala akan diperoleh hasil atau keluaran dari komponen – komponen variabel serta harga dari fungsi sasaran. Dari hasil optimasi yang dilakukan dengan debit andalan 97,3%, 75,3%, 51,7%, 26% dengan menggunakan solver didapatkan hasil yaitu luas lahan optimum yang akan ditanami dan keuntungan maksimum. Untuk selanjutnya hasil optimasi dapat dilihat pada Tabel 4.26 sampai dengan Tabel 4.30 dan gambar 4.15 sampai dengan gambar 4.18.

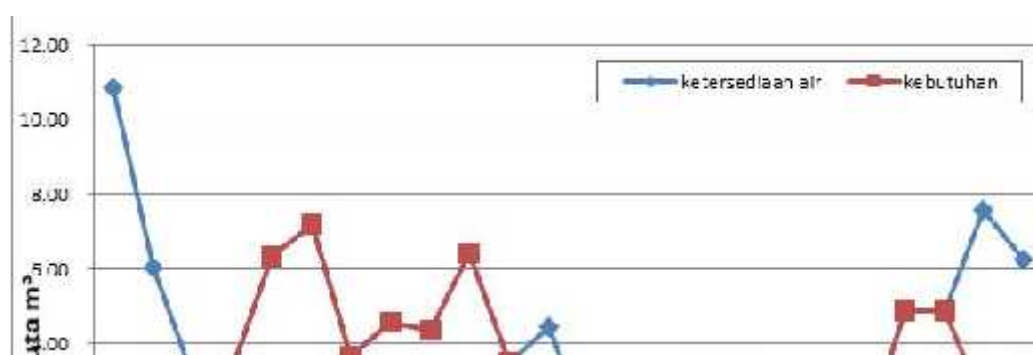
Sebagai pembandingan dihitung keuntungan hasil produksi pertanian berdasarkan PTT dan luas tanam dari dinas terkait dalam tabel berikut ini.

tabel 4. 26. Keuntungan Hasil Panen Realisasi

| Hasil tanam realisasi |                      |    |
|-----------------------|----------------------|----|
|                       | Keuntungan (juta Rp) |    |
| MT 1                  | 63,846.283           | Ha |
| MT 2                  | 19,705.000           | Ha |
| MT 3                  | -                    | Ha |
| <b>Total</b>          | <b>83,551.283</b>    |    |

Tabel 4. 27. Hasil Optimasi keuntungan maksimum dengan debit 26 %

| Hasil optimasi |                           |                      |
|----------------|---------------------------|----------------------|
|                | Keputusan                 | Keuntungan (juta Rp) |
| MT 1           | 4526.5 Ha                 | 63,846.283           |
| MT 2           | 4526.5 Ha                 | 63,846.283           |
| MT 3           | 2355 Ha                   | 13,188.000           |
| Air baku       | 17.35 juta m <sup>3</sup> | 15,615.171           |
| PLTA           | 103.23 Juta KWh           | 89,151.463           |
| <b>Total</b>   |                           | <b>245,647.198</b>   |

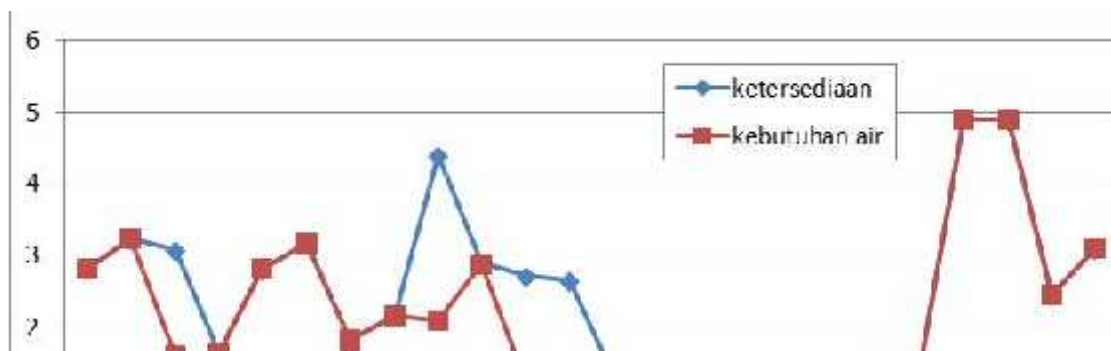


Gambar 4. 15. Grafik neraca air ketersediaan dan kebutuhan air debit 26 %

Pada hasil optimasi luas lahan optimum untuk musim tanam 1 seluas 4526,5 Ha, pada musim tanam II seluas 4526,5 Ha dan pada musim tanam III luas lahan sebesar 2355 Ha. Keuntungan maksimum yang dapat diperoleh dengan penambahan nilai manfaat kebutuhan air baku dan PLTA adalah Rp..245.647.197.195

Tabel 4. 28. Hasil Optimasi pada debit andalan 50,7 %

| Hasil Optimasi<br>(juta rupiah) |         |                     |                   |
|---------------------------------|---------|---------------------|-------------------|
| MT 1                            | 4562.5  | Ha                  | 64354.0625        |
| MT 2                            | 1665.38 | Ha                  | 23490.12411       |
| MT 3                            | 399.38  | Ha                  | 2236.532837       |
| Air Baku                        | 17.35   | juta m <sup>3</sup> | 15615.17058       |
| PLTA                            | 38.58   | Juta KWh            | 33320.21424       |
| Total                           |         |                     | <b>139,016.10</b> |

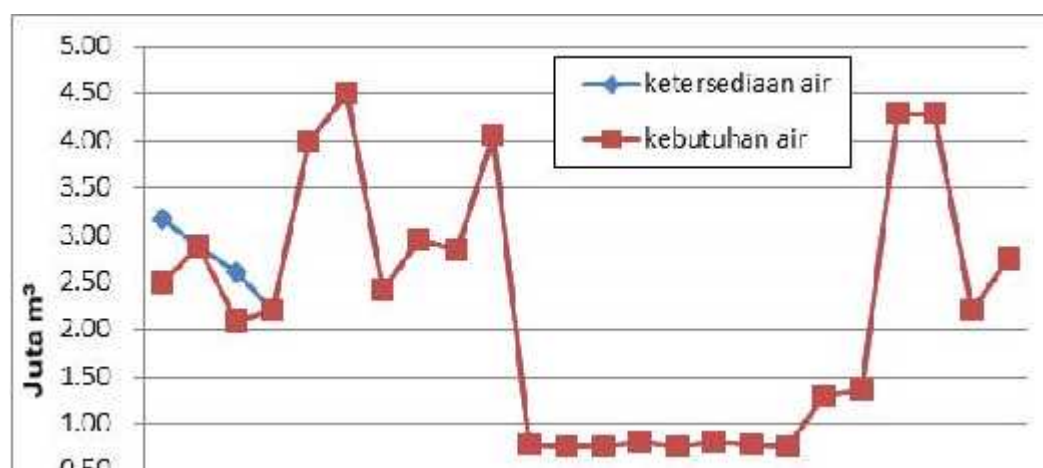


Gambar 4. 16. Grafik neraca air ketersediaan dan kebutuhan air andalan 50,7 %

Pada debit andalan 50,7 % luas lahan yang dapat dialiri pada musim tanam I sebesar 4526,5 Ha, pada musim tanam II seluas 1665,38 Ha dan pada musim tanam III sebesar 399,38 Ha. Besar keuntungan penggunaan air yang dapat dihasilkan yaitu sebesar Rp. 139.016.104.272

Tabel 4. 29. Tabel hasil keuntungan pada debit andalan 75 %

| Hasil optimasi       |                           |                    |
|----------------------|---------------------------|--------------------|
| Keuntungan (juta Rp) |                           |                    |
| MT 1                 | 3903.43 Ha                | 55,057.925         |
| MT 2                 | 2618.45 Ha                | 36,933.197         |
| MT 3                 | 9.01 Ha                   | 50.431             |
| Air baku             | 17.35 juta m <sup>3</sup> | 15,615.171         |
| PLTA                 | 40.74 Juta KWh            | 35,186.284         |
| Total                |                           | <b>142,843.007</b> |

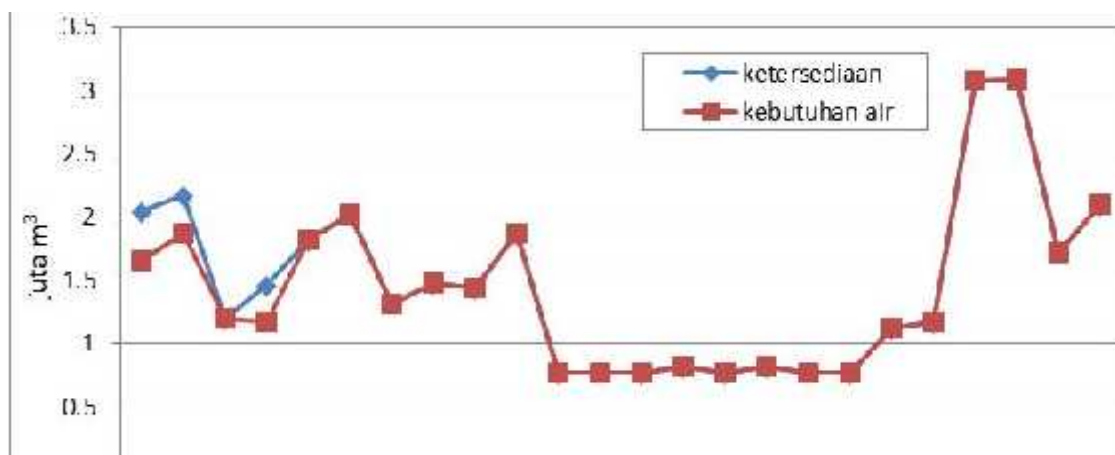


Gambar 4. 17. Grafik neraca air ketersediaan dan kebutuhan air andalan 75,3 %

Pada debit andalan 75 %, keuntungan yang dapat dihasilkan dari hasil optimasi yaitu sebesar Rp. 142.843.007.378 Luas sawah yang bias dialiri pada musim tanam I yaitu 3903,43 Ha, pada musim tanam II sebesar 2618,45 Ha dan musim tanam III adalah 9 Ha.

Tabel 4. 30. Hasil optimasi keuntungan pada debit andalan 97,3 %

| Hasil Optimasi<br>(juta rupiah) |                           |                  |
|---------------------------------|---------------------------|------------------|
| MT 1                            | 2569.49 Ha                | 36242.71056      |
| MT 2                            | 855.21 Ha                 | 12062.80207      |
| MT 3                            | 0.03 Ha                   | 0.150553378      |
| Air Baku                        | 17.35 juta m <sup>3</sup> | 15615.17058      |
| PLTA                            | 16.50 Juta KWh            | 14247.08832      |
| Total                           |                           | <b>78,167.92</b> |



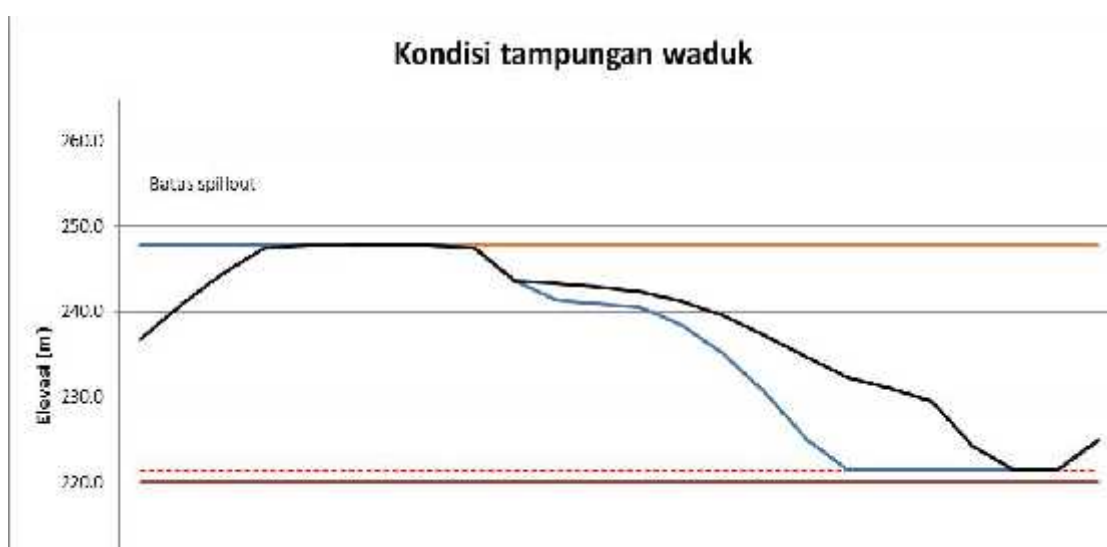
Gambar 4. 18. Grafik neraca air ketersediaan dan kebutuhan debit andalan 97,3%

Keuntungan maksimal yang bias dicapai pada musim debit andalan 97,3 % adalah sebesar Rp. 78.167.922.078. Mampu mengalir sawah pada musim tanam I sebesar 2569,49 Ha, pada musim tanam II adalah 855,21 Ha dan pada musim tanam III maksimal 0,03 Ha dan dapat dianggap tidak ditanami pada musim tanam III.

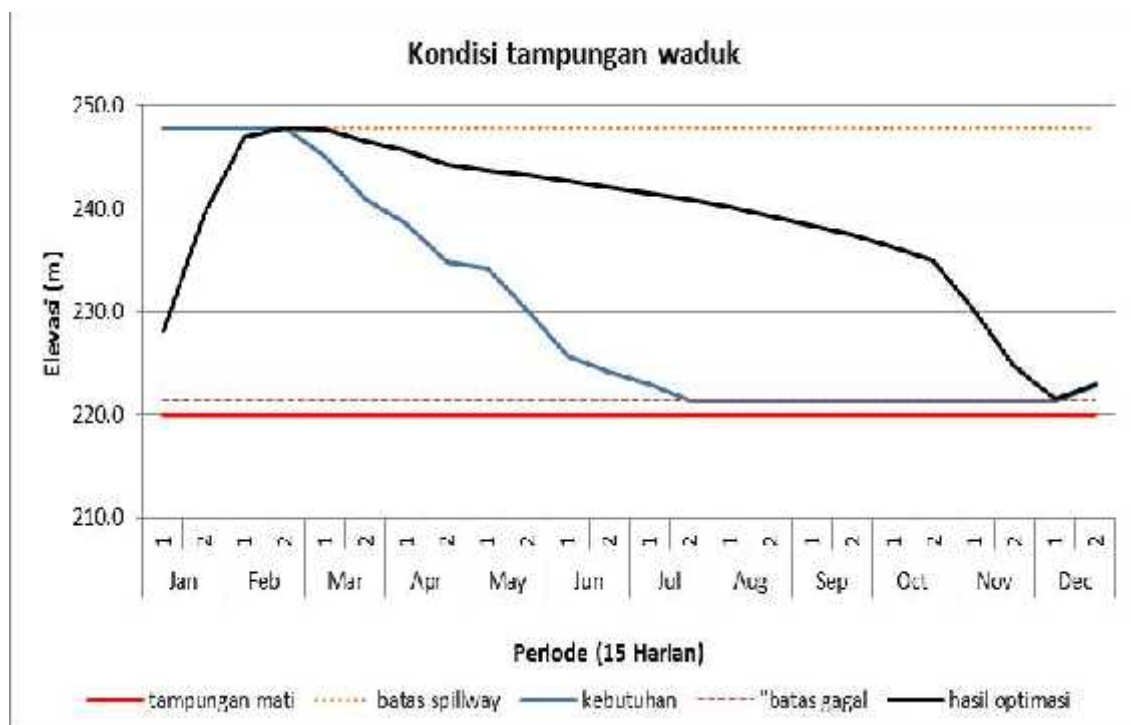
### 1.11 Perbandingan Tampungan Waduk

Tujuan utama dalam pengoptimasian adalah untuk menghasilkan suatu keluaran semaksimal mungkin, misalnya pada studi ini yaitu untuk memaksimalkan keuntungan dari pengoperasian waduk. Namun pada pengoperasian waduk model linear ini disamping untuk memaksimalkan keuntungan juga bertujuan untuk menjaga kondisi tampungan tidak mengalami kekosongan karena akan mempengaruhi fungsi dari waduk menjadi tidak efisien dan tidak efektif.

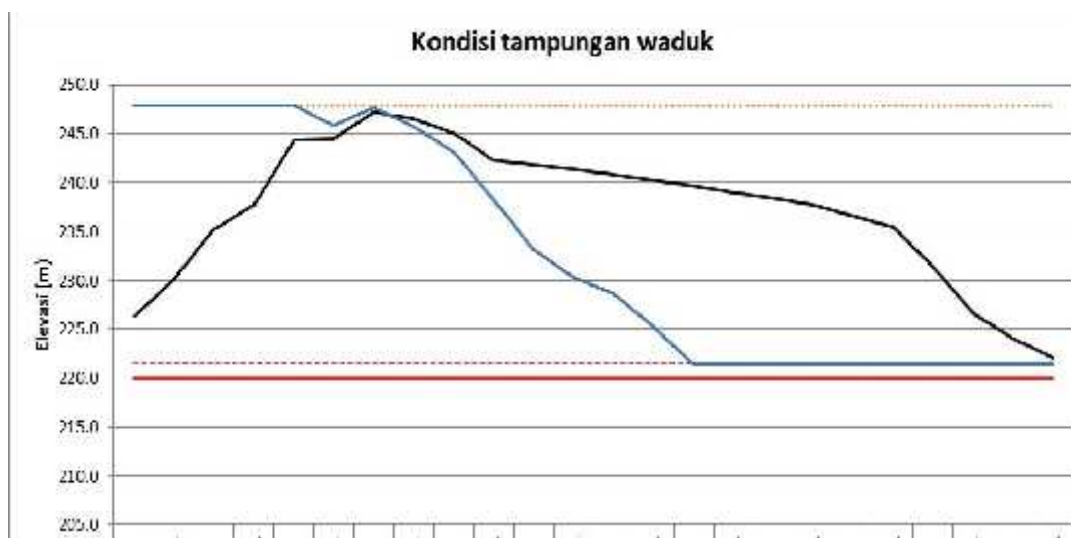
Dari grafik di bawah ini seperti pada Gambar 4.19 sampai dengan Gambar 4.22, menunjukkan besarnya tampungan waduk pada tiap periode operasi dari pola operasi waduk pada berbagai kondisi musim sesuai debit andalan 26 %, 50,7 %, 75,3% dan 97,3 %.



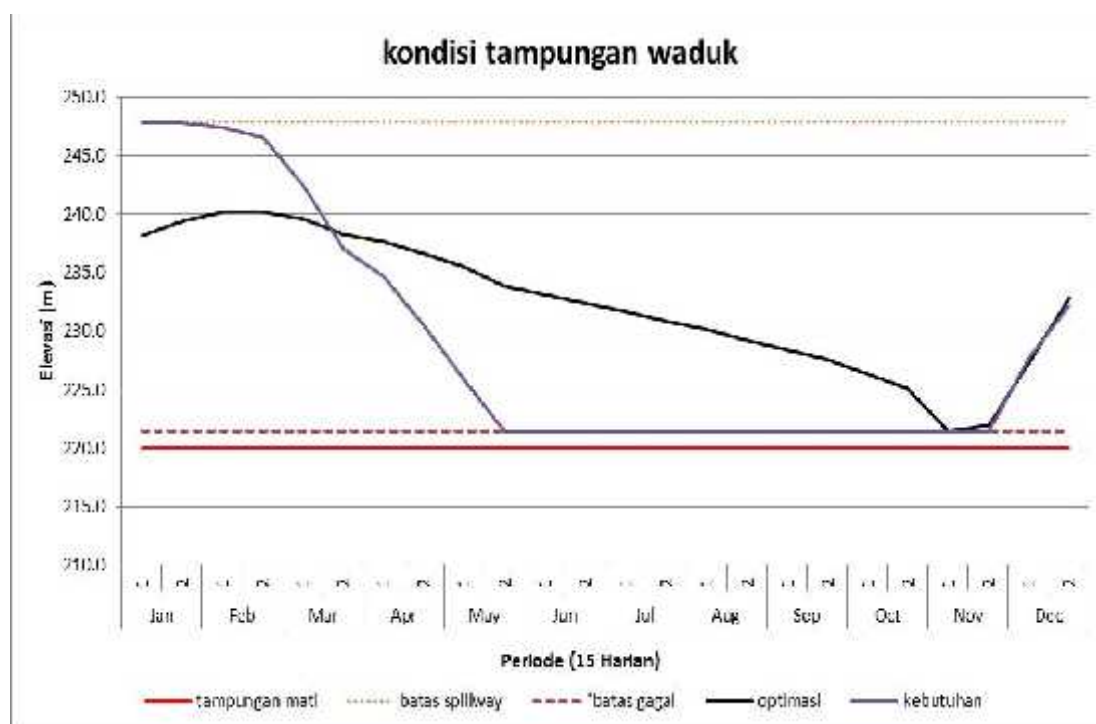
Gambar 4. 19. Status tampungan waduk pada debit air cukup andalalan 26%



Gambar 4. 20. Status tampungan waduk debit normal andalalan 50,7 %



Gambar 4. 21. Status tampungan waduk debit kurang andalan 75,3%



Gambar 4. 22. Status tampungan waduk debit air kering andalan 97,3 %

*Halaman ini sengaja dikosongkan*