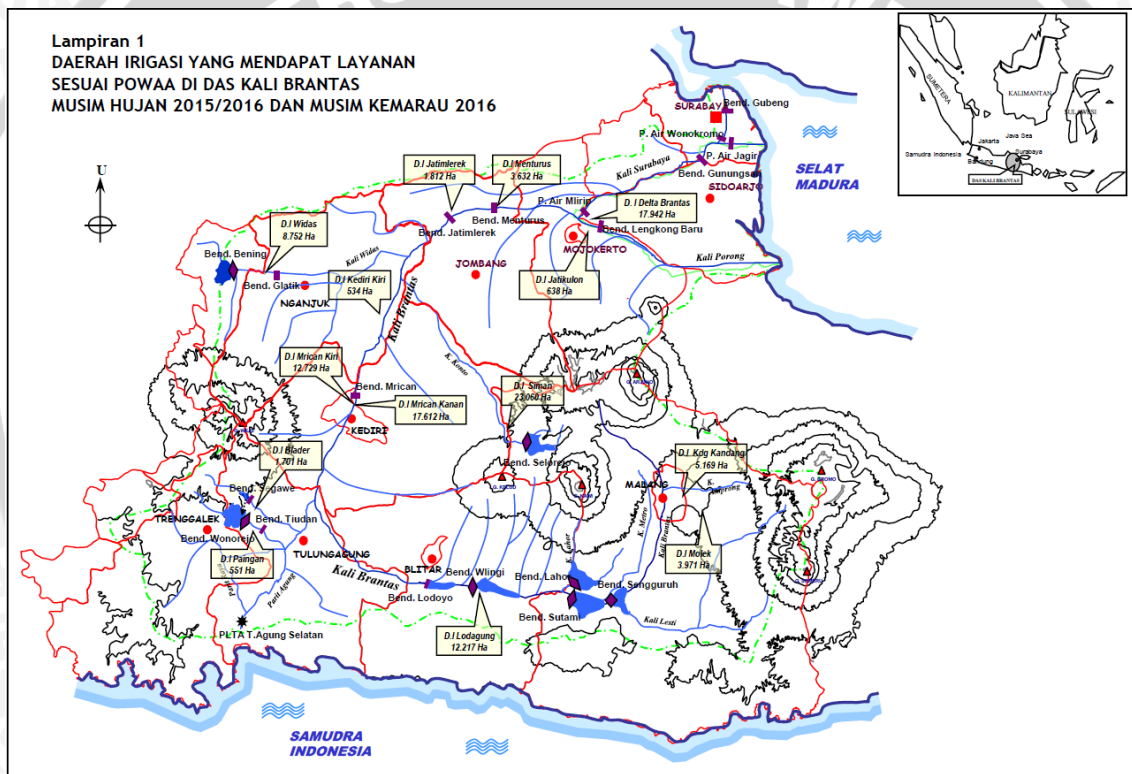


## Bab IV Analisa dan Pembahasan

### 4.1. Umum

Dalam penelitian ini digunakan Waduk serbaguna Sutami yang terletak di Daerah Aliran Sungai Brantas Jawa Timur yang memiliki luas 11.800 km<sup>2</sup>. Daerah yang dikaji adalah Daerah Irigasi Lodoyo yang mencakup Kabupaten Blitar dan Kabupaten Tulungagung. D.I Lodoyo memiliki luas baku sawah 12.219 ha sebagaimana terlihat dalam gambar berikut.



Gambar 4.1 Lokasi Studi Waduk Sutami

Sumber: Perum Jasa Tirta 1, 2015

### 4.2. Data *Inflow* Waduk Sutami

Data debit *inflow* Waduk Sutami yang digunakan dalam studi ini didapatkan dari Perum Jasa Tirta I berupa data debit *inflow* selama 30 tahun dengan periode 10 harian yang dimulai pada awal tahun 1982 sampai dengan akhir tahun 2011.

4.1 Tabel Data *Inflow Historis* Waduk Sutami

Tahun ke-	Periode ke-	DEBIT INFLOW [m3/dt]											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1982	1	95,48	111,68	101,47	83,37	49,14	39,02	34,65	34,39	26,29	20,35	17,20	38,21
	2	100,88	104,69	109,80	80,16	43,31	35,81	33,51	27,36	24,70	17,92	20,53	62,52
	3	106,28	90,00	69,74	80,44	42,26	35,78	31,17	26,06	19,96	18,39	17,14	97,54
1983	1	79,85	107,03	95,23	81,21	122,82	71,83	45,67	33,07	26,15	20,89	57,07	55,43
	2	107,08	80,37	75,25	70,50	97,68	61,76	43,87	29,81	23,30	44,49	59,22	50,39
	3	58,25	88,98	76,56	106,30	103,14	46,02	40,57	29,07	18,17	67,72	77,82	103,59
1984	1	71,85	176,61	193,15	164,62	99,39	62,82	53,13	36,73	47,90	66,43	37,20	92,81
	2	107,64	133,88	130,13	172,76	107,67	62,64	41,98	37,55	87,26	49,41	38,35	69,09
	3	139,65	108,14	118,45	113,86	73,94	50,81	39,59	36,83	49,95	34,67	57,09	72,19
1985	1	71,35	119,04	221,25	72,52	59,43	84,04	44,45	39,36	30,11	25,38	49,76	78,81
	2	111,06	106,58	106,36	86,25	49,46	96,56	41,84	39,37	27,70	24,02	54,60	58,85
	3	84,63	93,52	112,93	92,79	67,35	49,29	41,26	32,65	23,57	54,52	61,10	96,50
1986	1	107,42	116,75	130,93	106,10	67,86	71,15	71,27	43,37	57,20	41,67	96,94	39,26
	2	103,92	100,58	117,15	127,86	57,26	82,15	57,86	41,72	54,76	52,94	83,81	73,43
	3	103,70	79,19	133,71	91,19	60,57	113,71	54,88	50,15	57,17	44,16	74,24	77,62
1987	1	145,45	109,48	114,64	61,13	65,62	56,48	35,47	33,69	27,38	21,73	17,41	127,85
	2	88,86	127,59	98,29	62,00	47,94	41,14	36,61	27,21	23,02	22,75	23,08	158,60
	3	121,48	110,14	84,26	58,75	47,65	41,24	30,58	30,11	25,53	19,97	103,50	93,89
1988	1	82,68	158,03	97,15	73,53	83,89	64,04	38,43	38,28	26,58	15,02	43,32	136,95
	2	96,94	97,55	121,06	87,20	83,12	49,62	37,65	32,32	26,81	37,59	80,67	159,60
	3	195,29	88,83	134,30	65,14	62,24	41,78	34,08	27,70	23,40	28,57	60,96	93,89
1989	1	87,32	63,73	150,30	121,92	90,53	99,06	64,34	69,69	37,26	31,04	86,72	77,95
	2	75,07	92,00	91,56	73,51	52,29	107,07	63,25	42,87	35,10	29,39	48,46	44,89
	3	72,92	114,37	84,70	67,46	72,14	62,49	68,31	39,18	30,95	60,10	43,37	63,57
1990	1	107,01	90,24	126,57	72,91	55,33	48,73	46,41	31,15	39,88	28,33	25,43	49,21
	2	78,00	77,72	107,70	102,27	53,39	43,08	35,52	34,09	40,71	25,30	26,01	69,48
	3	93,83	106,29	82,18	72,04	90,87	45,78	36,22	44,05	40,72	30,15	29,44	111,89
1991	1	139,48	91,94	105,30	95,70	66,95	38,30	32,49	28,79	27,63	25,21	22,93	104,37
	2	139,51	88,51	79,08	89,53	49,52	38,17	31,58	28,23	23,73	22,81	39,56	44,95
	3	119,30	93,08	55,47	94,94	40,30	34,81	29,70	28,05	26,40	21,97	51,64	64,21
1992	1	68,32	116,41	102,79	121,17	67,41	63,09	55,73	41,98	54,60	113,94	69,66	152,35
	2	91,35	122,47	176,02	128,51	63,64	48,20	42,26	34,62	46,43	78,87	64,50	128,18
	3	134,03	87,99	102,09	88,74	56,02	52,49	42,14	37,50	42,80	27,87	59,79	58,12
1993	1	138,34	120,64	93,81	125,14	77,38	60,27	42,21	38,47	36,15	32,54	29,93	70,09
	2	137,42	95,45	93,07	116,53	58,44	74,04	43,51	37,93	34,38	28,72	38,86	54,09
	3	134,03	87,99	102,09	88,74	56,02	52,49	42,14	37,50	32,80	27,87	59,79	58,12
1994	1	55,85	148,80	163,91	108,07	81,49	51,80	38,98	38,04	34,27	30,78	28,94	53,47
	2	113,25	124,77	134,70	117,71	70,11	45,41	41,40	34,25	32,88	29,67	33,31	51,48
	3	135,40	107,78	168,31	119,09	54,59	41,32	41,99	34,48	35,56	28,38	37,62	29,57
1995	1	65,40	116,64	121,70	121,49	74,42	54,88	48,27	39,70	29,06	46,95	48,44	245,64
	2	71,80	112,48	114,51	97,18	63,11	75,03	48,48	35,02	28,84	43,07	100,64	111,78
	3	86,02	132,61	125,02	86,76	47,56	57,92	55,14	30,65	26,13	41,55	124,32	75,52



Tahun	Periode ke- ke-	DEBIT INFLOW [m <sup>3</sup> /dt]											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
1996	1	112,92	107,57	69,19	69,04	59,31	49,18	41,73	67,78	33,51	43,49	65,49	84,27
	2	110,17	124,16	105,50	159,65	52,00	45,79	44,08	68,11	41,66	43,93	74,62	98,93
	3	103,13	116,79	109,72	83,73	52,10	42,32	46,98	39,55	41,77	69,60	51,25	42,47
1997	1	50,77	108,39	58,59	53,48	46,89	31,88	29,15	27,82	24,28	29,15	24,02	35,44
	2	109,38	97,45	51,10	66,20	42,94	32,55	28,89	27,82	24,34	27,62	26,59	35,83
	3	75,17	94,01	44,82	62,38	35,84	29,70	31,43	30,99	25,81	25,33	28,93	35,51
1998	1	34,52	83,78	113,98	99,07	90,93	53,71	72,31	65,06	46,14	68,86	145,64	74,39
	2	29,37	76,23	135,24	117,75	64,30	73,44	55,76	45,42	42,61	66,80	100,00	100,86
	3	35,11	81,74	111,99	83,59	50,84	86,05	73,10	50,17	88,11	82,43	65,38	131,88
1999	1	104,25	100,73	109,57	132,60	111,85	58,44	53,35	47,66	37,85	35,53	86,73	80,22
	2	148,49	95,64	147,83	199,09	96,64	53,14	50,87	44,66	35,71	51,98	98,85	78,97
	3	121,46	112,83	131,50	129,61	65,92	54,33	52,80	41,43	43,87	54,50	104,88	89,04
2000	1	90,39	100,78	82,98	119,90	117,78	80,03	50,16	41,26	39,33	42,57	84,01	56,30
	2	75,34	93,59	106,55	149,09	91,04	71,06	47,55	39,05	40,72	84,89	119,13	88,32
	3	88,59	109,06	128,21	123,67	90,16	60,10	46,75	40,59	47,63	69,70	106,15	52,00
2001	1	94,36	156,92	84,27	123,41	88,10	83,44	47,96	39,43	31,68	58,16	61,52	106,24
	2	74,44	120,51	101,60	100,81	58,27	79,20	51,46	34,50	33,42	52,95	80,44	51,49
	3	104,81	91,14	134,31	79,72	56,83	54,31	51,03	32,41	31,53	82,63	61,46	55,91
2002	1	74,71	148,97	111,88	138,62	85,27	55,10	45,37	40,30	33,34	29,93	52,12	49,48
	2	71,79	129,64	131,97	129,75	85,01	50,76	44,14	39,04	31,67	28,23	57,93	56,56
	3	167,20	137,15	141,80	96,39	58,88	46,49	42,01	36,19	32,94	28,07	63,82	94,14
2003	1	105,88	99,53	101,44	79,00	62,20	39,64	36,81	30,55	27,13	34,38	36,15	112,55
	2	50,76	111,78	101,29	57,90	60,40	40,87	32,41	27,62	26,59	28,23	63,91	69,30
	3	105,11	85,84	75,47	52,47	45,25	42,03	31,47	26,91	26,68	33,65	130,25	67,97
2004	1	58,29	94,41	115,10	96,74	58,69	48,98	42,42	38,87	37,61	31,70	36,28	112,68
	2	71,36	77,30	187,84	72,85	55,15	50,21	38,33	31,03	40,69	28,34	37,68	68,62
	3	104,88	147,60	123,06	63,02	67,62	39,52	35,21	29,05	37,56	29,20	102,42	133,52
2005	1	72,66	51,46	104,68	110,33	54,27	40,57	52,79	34,45	48,28	28,84	40,81	73,32
	2	73,61	111,89	84,25	95,50	44,49	40,99	55,59	31,45	41,38	64,84	39,84	102,94
	3	59,41	94,92	98,29	61,18	39,49	66,95	40,11	31,73	39,63	47,35	61,71	120,41
2006	1	163,72	97,76	101,70	109,31	114,00	73,41	51,32	45,66	36,07	34,04	35,74	67,99
	2	112,90	111,51	106,89	149,72	78,99	59,27	46,86	43,78	33,34	36,60	36,08	75,75
	3	97,22	126,09	115,70	121,23	108,91	57,52	46,11	40,80	32,31	34,26	35,74	98,66
2007	1	46,93	64,56	52,04	102,82	64,00	73,03	47,08	39,42	46,87	43,54	70,22	75,25
	2	40,20	65,62	57,83	118,82	67,53	47,00	47,83	37,59	45,10	40,65	58,45	92,08
	3	51,50	78,11	136,98	118,83	63,73	51,65	46,85	36,45	45,09	54,96	35,40	217,98
2008	1	126,11	120,57	142,29	153,73	104,37	58,51	47,57	39,94	57,01	40,94	79,03	79,19
	2	99,57	82,85	158,89	138,69	76,32	60,92	45,77	41,75	53,61	43,63	92,86	123,34
	3	96,92	90,52	214,78	102,32	70,16	53,11	44,47	38,86	53,82	52,98	102,75	69,86
2009	1	82,19	142,83	137,86	118,72	72,85	74,17	44,12	40,34	54,73	36,98	33,68	83,15
	2	89,60	151,01	105,51	91,44	92,57	61,86	42,35	39,53	59,22	46,75	42,79	74,99
	3	126,52	183,14	94,01	91,23	95,50	48,92	45,99	36,61	56,09	42,49	66,81	93,57
2010	1	72,66	107,80	127,39	141,46	167,76	118,25	92,61	69,59	99,18	113,49	192,46	163,62
	2	57,00	138,08	106,02	178,96	148,80	112,79	89,00	69,67	134,43	90,83	125,19	132,24

Tahun ke-	Periode ke-	DEBIT INFLOW [m <sup>3</sup> /dt]											
		Jan	Peb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des
	3	89,22	94,56	112,57	197,18	143,03	84,50	82,52	99,09	136,18	103,79	134,73	111,70
2011	1	113,05	131,14	115,20	135,60	142,22	78,61	54,58	53,22	43,51	37,92	85,42	72,12
	2	91,12	99,85	106,92	159,43	110,03	62,59	54,68	46,71	47,73	36,59	82,17	70,03
	3	132,86	94,40	128,03	115,04	84,31	60,53	51,17	46,25	47,94	44,27	72,43	112,02

Sumber: Perum Jasa Tirta I

### 4.3. Data Evaporasi

Evaporasi adalah proses perubahan fisik yang mengubah suatu cairan atau bahan padat menjadi gas melalui proses perpindahan panas. Data evaporasi Waduk Sutami yang digunakan dalam studi ini didapatkan dari Perum Jasa Tirta I dengan periode 10 harian.

Tabel 4.2 Tabel data evaporasi Waduk Sutami periode 10 harian.

No.	Periode	Evaporasi Waduk [mm/hari]	No.	Periode	Evaporasi Waduk [mm/hari]
1	Jan-1	4,05	19	Jul-1	3,23
2	Jan-2	4,06	20	Jul-2	3,29
3	Jan-3	4,07	21	Jul-3	3,37
4	Feb-1	3,91	22	Ags-1	3,79
5	Feb-2	3,86	23	Ags-2	3,91
6	Feb-3	3,85	24	Ags-3	4,05
7	Mar-1	3,99	25	Sep-1	4,00
8	Mar-2	3,93	26	Sep-2	4,09
9	Mar-3	3,83	27	Sep-3	4,19
10	Apr-1	3,87	28	Okt-1	4,23
11	Apr-2	3,76	29	Okt-2	4,29
12	Apr-3	3,64	30	Okt-3	4,32
13	Mei-1	3,52	31	Nov-1	3,86
14	Mei-2	3,41	32	Nov-2	3,86
15	Mei-3	3,32	33	Nov-3	3,87
16	Jun-1	3,37	34	Des-1	3,99
17	Jun-2	3,32	35	Des-2	4,24
18	Jun-3	3,44	36	Des-3	4,24

Sumber: Perum Jasa Tirta I

Untuk perhitungan pola operasi di Waduk Sutami nilai evaporasi dianggap seragam besarnya.



#### 4.4. Analisa Kebutuhan Air Irigasi

Dalam penelitian ini analisa kebutuhan air irigasi menggunakan pola tata tanam eksisting di Daerah Irigasi Lodoyo dengan menggunakan metode FPR-LPR.

##### 4.4.1. Metode FPR (Faktor Palawija Relatif)

Merupakan metode perhitungan kebutuhan air irigasi yang berkembang di Jawa Timur. Dalam situasi menipisnya sumber daya air di Jawa Timur khususnya, perencanaan kebutuhan air merupakan faktor yang mempengaruhi pengambilan keputusan dalam pengelolaan air yang tersedia.

$$FPR = \frac{Q}{LPR}$$

dengan :

FPR = Faktor Palawija Relatif (ltr/det/ha.pol)

Q = Debit yang mengalir di sungai (ltr/det)

LPR = Luas Palawija Relatif (ha.pol)

Tabel 4.3 Nilai Faktor Palawija Relatif (FPR)

Jenis Tanah	FPR (ltr/det/ha.pol)		
	Air Kurang	Air Cukup	Air Memadai
Alluvial	0,18	0,18 – 0,36	0,36
Latosol	0,12	0,12 – 0,23	0,23
Grmosol	0,06	0,06 – 0,12	0,12
Giliran	Perlu	Mungkin	Tidak

Sumber: DP Tingkat I Jawa Timur, 1997 : 1

##### 4.4.2. Metode Nilai LPR (Luas Palawija Relatif)

Pada dasarnya nilai LPR adalah perbandingan kebutuhan air antara jenis tanaman satu dengan jenis tanaman lainnya. Tanaman pembanding yang digunakan adalah palawija yang mempunyai nilai 1 (satu). Semua kebutuhan tanaman yang akan dicari terlebih dahulu dikonversikan dengan kebutuhan air palawija yang akhirnya didapatkan satu angka sebagai faktor konversi untuk setiap jenis tanaman.

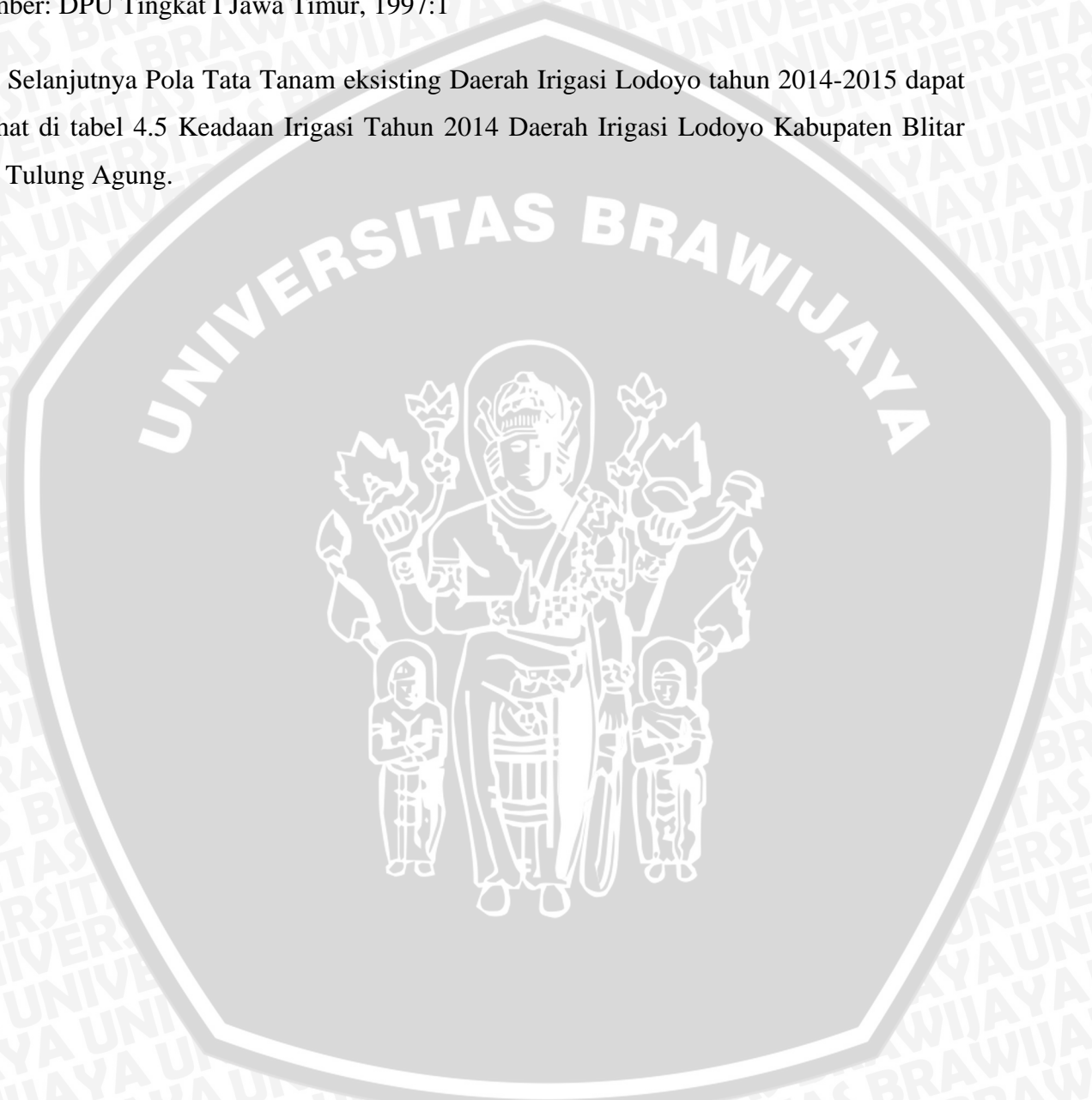
Tabel 4.4 Kriteria LPR Tanaman

Jenis Tanaman	Kebutuhan ( x Palawija)
Palawija	1
Padi rendeng	
a. Untuk pembibitan, penggarapan lahan dan tanaman	20
b. Untuk padi, penggarapan lahannya	6
c. Untuk pemeliharaan padi (dewasa/tua)	4
Padi Gadu ijin	Sama dengan padi rendeng

Jenis Tanaman	Kebutuhan ( x Palawija)
Padi Gadu Tak ijin	1
Tebu	
a. Bibit	1,5
b. Muda	1,5
c. Tua	0
Tembakau / Rosela	1

Sumber: DPU Tingkat I Jawa Timur, 1997:1

Selanjutnya Pola Tata Tanam eksisting Daerah Irigasi Lodoyo tahun 2014-2015 dapat dilihat di tabel 4.5 Keadaan Irigasi Tahun 2014 Daerah Irigasi Lodoyo Kabupaten Blitar dan Tulung Agung.







#### 4.5. Pola Operasi Waduk Sutami

Aturan operasi Waduk merupakan pedoman dalam melepaskan jumlah air Waduk untuk memenuhi berbagai kebutuhan sesuai dengan kondisi yang berlaku. Dalam penelitian ini digunakan dua pola operasi waduk yaitu Simulasi Lepas Berdasarkan Tampung dan Simulasi *Rule Curve*.

##### 4.5.1. Simulasi Lepas Berdasarkan Tampung

Pada aturan operasi waduk dimana lepasan berdasarkan status tampung waduk, maka dilakukan pembatasan terhadap lepasan apabila tampung waduk menurun besarnya. Aturan lepasan berdasarkan tampung dapat dilihat pada tabel berikut.

Tabel 4.6 Pedoman lepasan Waduk berdasarkan tampung

Pedoman Lepas					Pedoman Lepas				
No.	Pct. Tamp. [%]	Pct. Kebutuhan [%]	Slope	Total Cek	No.	Pct. Tamp. [%]	Pct. Kebutuhan [%]	Slope	Total Cek
				0					0
1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
1	0,00	2,11	1,613668	0	25	48,00	58,47	1,083182	0
2	2,00	5,34	1,687136	0	26	50,00	60,63	0,674988	0
3	4,00	8,71	1,620262	0	27	52,00	61,98	1,048835	0
4	6,00	11,95	1,437217	0	28	54,00	64,08	0,433110	0
5	8,00	14,83	0,914275	0	29	56,00	64,95	1,047527	0
6	10,00	16,66	0,953357	0	30	58,00	67,04	0,886712	0
7	12,00	18,56	1,606191	0	31	60,00	68,82	0,380963	0
8	14,00	21,78	1,149374	0	32	62,00	69,58	0,809861	0
9	16,00	24,08	1,171653	0	33	64,00	71,20	0,618228	0
10	18,00	26,42	1,550530	0	34	66,00	72,43	1,081769	0
11	20,00	29,52	1,327177	0	35	68,00	74,60	0,383586	0
12	22,00	32,17	1,146083	0	36	70,00	75,36	0,773334	0
13	24,00	34,47	1,921162	0	37	72,00	76,91	1,254684	0
14	26,00	38,31	0,896498	0	38	74,00	79,42	0,975855	0
15	28,00	40,10	1,626670	0	39	76,00	81,37	0,676355	0
16	30,00	43,35	1,621275	0	40	78,00	82,72	0,324379	0
17	32,00	46,60	1,683168	0	41	80,00	83,37	0,676183	0
18	34,00	49,96	0,398593	0	42	82,00	84,73	1,103978	0
19	36,00	50,76	0,667838	0	43	84,00	86,93	1,208341	0
20	38,00	52,10	0,367165	0	44	86,00	89,35	0,858599	0
21	40,00	52,83	0,489911	0	45	88,00	91,07	0,708965	0
22	42,00	53,81	0,765403	0	46	90,00	92,49	1,244880	0
23	44,00	55,34	0,806935	0	47	92,00	94,98	0,823212	0
24	46,00	56,96	0,755583	0	48	94,00	96,62	1,125074	0



Pedoman Lepasn				
No.	Pct. Tamp. [%]	Pct. Kebutuhan [%]	Slope	Total Cek
				0
1	2	3	4	5
49	96,00	98,87	0,564033	0
50	98,00	100,00	0,000000	0

Pedoman Lepasn				
No.	Pct. Tamp. [%]	Pct. Kebutuhan [%]	Slope	Total Cek
				0
1	2	3	4	5
51	100,00	100,00	1,000000	51

Sumber: Hasil Perhitungan

Keterangan:

[1] = Nomor

[2] = Prosentase tampungan (%)

[3] = Prosentase kebutuhan (%)

[4] =  $([3]1 - [3]2) / ([2]2 - [2]1)$

[5] =  $IF([3]1 \leq [3]2; 0; 1)$

Selanjutnya langkah perhitungan Pola Operasi Waduk Sutami berdasarkan Aturan Lepasn Waduk dapat dicontohkan pada tahun 1982 dengan data sebagai berikut:

Kapasitas Tampungan aktif = 161,1 juta m<sup>3</sup>

Kapasitas Tampungan mati = 21,51 juta m<sup>3</sup>

Faktor Luas = 1,19465

1. Tahun awal

2. Nomor seri

3. Periode

4. Banyak hari dalam 1 periode

5. Data debit inflow

6. Kebutuhan Irigasi = Kebutuhan irigasi x faktor luas

$$= 62,612 \times 1,19465$$

$$= 74,800 \text{ m}^3/\text{dt}$$

7. Inflow = (banyak hari dalam 1 periode x debit inflow x 86400) / 1000000

$$= (10 \times 95,480 \times 86400) / 1000000$$

$$= 82,49472 \text{ juta m}^3$$

8. Kebutuhan Irigasi =  $\frac{(\text{banyak hari dalam 1 periode} \times \text{Kebutuhan Irigasi} \times 86400)}{1000000}$

$$= \frac{(10 \times 74,800 \times 86400)}{1000000}$$

$$= 64,62693 \text{ juta m}^3$$

## EVAPORASI

9. Luas Muka Air Waduk Awal dapat digunakan perhitungan dari Ms-Excel dengan rumus =0,01\*INDEX(luasan MAW Waduk(ha);MATCH(tampungn aktif+tampungn mati;air tampungn Waduk;1);1) maka hasilnya 13,64323 Km<sup>2</sup>

10. Data evaporasi Waduk

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Volume Kehilangan} &= \frac{(\text{Banyak hari dalam 1 periode} \times \text{Luas MAW Awal} \times \text{evaporasi waduk})}{1000} \\
 &= \frac{(10 \times 13,64323 \times 4,1)}{1000} \\
 &= 0,55255 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

## DARI TABEL PEDOMAN LEPASAN

12. Nomor baris dari pedoman lepasan Waduk

13. Pct tamp (%) = INDEX(Pedoman lepasan [Pct. Tamp];[12];1)

14. Pct. Keb (%) = INDEX(Pedoman lepasan [Pct. Keb];[12];1)

15. Sloope = INDEX(Pedoman lepasan;[12];1)

## PCT KEBUTUHAN

$$\begin{aligned}
 16. \text{ Pct. Kebutuhan} &= \{\text{Pct. Keb} (\%) + \text{Sloope}\} \times \{\text{Kapasitas tamp. aktif} - \text{Pct. tamp}\} \\
 &= (100+1) \times (100-100) \\
 &= 100 \%
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 17. \text{ Pct. Kebutuhan} &= \text{Pct Kebutuhan} (\%) \times \text{Kebutuhan Irigasi} / 100 \\
 &= 1\% \times 64,62693 / 100 \\
 &= 64,62693 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

## CEK (Tamp.Mati, Pasokan Cukup ,Limpahan)

18. Cek Tampungan Mati, Jika (Debit inflow + Tampungan aktif awal periode - evaporasi volume kehilangan) lebih besar sama dengan 0 maka 0 jika sebaliknya maka 1.

$$\begin{aligned}
 &= (82,49472 + 161,10 - 0,55255) \geq 0 \\
 &= 243,04217 \geq 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

19. Cek Pasokan Cukup, Jika (Debit inflow + Tampungan aktif awal periode - evaporasi volume kehilangan - Pct. Kebutuhan) lebih besar sama dengan 0 maka 0 jika sebaliknya maka 1.

$$\begin{aligned}
 &= (82,49472 + 161,10 - 0,55255 - 64,62693) \geq 0 \\
 &= 178,41524 \geq 0; \text{ maka } = 0
 \end{aligned}$$



20. Cek Tampungannya Mati, Jika (Debit inflow + Tampungannya aktif awal periode – Pct. Kebutuhannya) lebih besar dari tampungannya aktif awal periode maka 0 jika sebaliknya maka 1.

$$= (82,49472 + 161,10 - 64,62693) > 161,10$$

$$= 178,96779 > 161,10$$

$$= 0$$

21. Tampungannya aktif awal periode = 161,10 juta m<sup>3</sup>

22. Tampungannya aktif akhir periode

$$= \text{if}([18] < 0; 0; \text{if}([19] < 0; [7] + [21] - [11] - [17]; [21]))$$

23. Outflow Pasokan Irigasi =  $\text{if}([18] < 0; 0; \text{if}([19] < 0; [7] + [21] - [11] - [22]; [17]))$

24. Outflow Pasokan Irigasi =  $\text{if}(\text{ISNUMBER}[8] = \text{false}; 100; \text{round}(100 * [22] / [8]; 5))$

25. Outflow Pasokan Irigasi =  $\text{if}(\text{or}([24] \geq 100; \text{not}(\text{isnumber}[24])); 0; 1)$

26. Cek dibawah nol =  $\text{if}([18] = 0; 0; [7] + [21] - [11])$

Selanjutnya Perhitungan Pola Operasi Waduk Sutami dapat dilihat pada 4.7 Pola Operasi Waduk Sutami Berdasarkan Aturan Lepas Tahun 1982 dan perhitungan lengkap terlampir pada Lampiran 1. Pola Operasi Waduk Sutami berdasarkan Aturan Lepas Waduk



Tabel 4.7 Pola Operasi Waduk Sutami Berdasarkan Aturan Lepas Tahun 1982

Kapasitas Tamp. Aktif = 161,1

Kapasitas Tamp. Mati = 21,51

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	KEBUHAHAN IRIGASI [m³/dt]	INFLOW [juta m³]	KEBUHAHAN IRIGASI [juta m³]	EVAPORASI			Dari Tabel Pedoman Lepas				PCT Kebutuhan		Cek tamp. mati [0/1]	Cek pasokan cukup [0/1]	Cek Ada Limpahan [0/1]	Tampungan Aktif Waduk [juta m³]		OUTFLOW PASOKAN IRIGASI			Di bawah Nol [juta m³]
								Luas MAW awal [km²]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [juta m³]	No. Baris	Pct. Tamp. [%]	Pct. Kebutuhan [%]	Slope	[%]	[juta m³]				Awal periode	Akhir periode	Volume [juta m³]	Persen [%]	Defisit [0/1]	
1	1	Jan-1	10	95,480	74,800	82,49472	64,62693	13,64323	4,1	0,55255	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	64,62693	0	0	0	161,100	161,100	64,62693	100,00	0	0,000
1	2	Jan-2	10	100,880	75,288	87,16032	65,04915	13,64323	4,1	0,55392	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	65,04915	0	0	0	161,100	161,100	65,04915	100,00	0	0,000
1	3	Jan-3	11	106,280	72,018	101,00851	68,44582	13,64323	4,1	0,61081	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	68,44582	0	0	0	161,100	161,100	68,44582	100,00	0	0,000
1	4	Feb-1	10	111,680	71,371	96,49152	61,66483	13,64323	3,9	0,53345	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	61,66483	0	0	0	161,100	161,100	61,66483	100,00	0	0,000
1	5	Feb-2	10	104,690	74,236	90,45216	64,13974	13,64323	3,9	0,52663	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	64,13974	0	0	0	161,100	161,100	64,13974	100,00	0	0,000
1	6	Feb-3	8	90,000	74,228	62,20800	51,30659	13,64323	3,9	0,42021	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	51,30659	0	0	0	161,100	161,100	51,30659	100,00	0	0,000
1	7	Mar-1	10	101,470	75,664	87,67008	65,37394	13,64323	4,0	0,54436	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	65,37394	0	0	0	161,100	161,100	65,37394	100,00	0	0,000
1	8	Mar-2	10	109,800	76,807	94,86720	66,36131	13,64323	3,9	0,53618	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	66,36131	0	0	0	161,100	161,100	66,36131	100,00	0	0,000
1	9	Mar-3	11	69,740	59,274	66,28090	56,33436	13,64323	3,8	0,57479	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	56,33436	0	0	0	161,100	161,100	56,33436	100,00	0	0,000
1	10	Apr-1	10	83,370	55,312	72,03168	47,78976	13,64323	3,9	0,52799	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	47,78976	0	0	0	161,100	161,100	47,78976	100,00	0	0,000
1	11	Apr-2	10	80,160	66,259	69,25824	57,24767	13,64323	3,8	0,51299	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	57,24767	0	0	0	161,100	161,100	57,24767	100,00	0	0,000
1	12	Apr-3	10	80,440	59,816	69,50016	51,68075	13,64323	3,6	0,49661	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	51,68075	0	0	0	161,100	161,100	51,68075	100,00	0	0,000
1	13	Mei-1	10	49,140	72,529	42,45696	62,66519	13,64323	3,5	0,48024	51	100,00	100,00	1,000000	100,00	62,66519	0	0	1	161,100	140,412	62,66519	100,00	0	0,000
1	14	Mei-2	10	43,310	71,815	37,41984	62,04808	13,14357	3,4	0,44820	44	86,00	89,35	0,858599	90,34	56,05717	0	0	1	140,412	121,326	56,05717	90,34	1	0,000
1	15	Mei-3	11	42,260	79,318	40,16390	75,38400	12,22381	3,3	0,44641	38	74,00	79,42	0,975855	80,70	60,83461	0	0	1	121,326	100,209	60,83461	80,70	1	0,000
1	16	Jun-1	10	39,020	73,747	33,71328	63,71751	10,70735	3,4	0,36084	32	62,00	69,58	0,809861	69,74	44,43767	0	0	1	100,209	89,124	44,43767	69,74	1	0,000
1	17	Jun-2	10	35,810	74,709	30,93984	64,54898	9,72805	3,3	0,32297	28	54,00	64,08	0,433110	64,65	41,73304	0	0	1	89,124	78,007	41,73304	64,65	1	0,000
1	18	Jun-3	10	35,780	78,002	30,91392	67,39414	8,65486	3,4	0,29773	25	48,00	58,47	1,083182	58,92	39,71105	0	0	1	78,007	68,913	39,71105	58,92	1	0,000
1	19	Jul-1	10	34,650	69,514	29,93760	60,06036	7,72800	3,2	0,24961	22	42,00	53,81	0,765403	54,41	32,67589	0	0	1	68,913	65,925	32,67589	54,41	1	0,000
1	20	Jul-2	10	33,510	70,447	28,95264	60,86584	7,41702	3,3	0,24402	21	40,00	52,83	0,489911	53,28	32,43089	0	0	1	65,925	62,202	32,43089	53,28	1	0,000
1	21	Jul-3	11	31,170	68,785	29,62397	65,37329	7,03173	3,4	0,26067	20	38,00	52,10	0,367165	52,32	34,20403	0	0	1	62,202	57,362	34,20403	52,32	1	0,000
1	22	Ags-1	10	34,390	68,920	29,71296	59,54719	6,52621	3,8	0,24734	18	34,00	49,96	0,398593	50,60	30,13334	0	0	1	57,362	56,694	30,13334	50,60	1	0,000
1	23	Ags-2	10	27,360	71,890	23,63904	62,11304	6,45339	3,9	0,25233	18	34,00	49,96	0,398593	50,44	31,32915	0	0	1	56,694	48,752	31,32915	50,44	1	0,000
1	24	Ags-3	11	28,060	63,274	24,76742	60,13571	5,63900	4,1	0,25122	16	30,00	43,35	1,621275	43,78	26,32696	0	0	1	48,752	46,941	26,32696	43,78	1	0,000
1	25	Sep-1	10	26,290	49,636	22,71456	42,88541	5,45126	4,0	0,21805	15	28,00	40,10	1,626670	41,95	17,99141	0	0	1	46,941	51,446	17,99141	41,95	1	0,000
1	26	Sep-2	10	24,700	53,245	21,34080	46,00341	5,91023	4,1	0,24173	16	30,00	43,35	1,621275	46,49	21,38734	0	0	1	51,446	51,158	21,38734	46,49	1	0,000
1	27	Sep-3	10	19,960	49,959	17,24544	43,16473	5,88454	4,2	0,24656	16	30,00	43,35	1,621275	46,20	19,94239	0	0	1	51,158	48,214	19,94239	46,20	1	0,000
1	28	Okt-1	10	20,350	51,493	17,58240	44,48988	5,58304	4,2	0,23616	15	28,00	40,10	1,626670	43,24	19,23653	0	0	1	48,214	46,324	19,23653	43,24	1	0,000
1	29	Okt-2	10	17,920	42,937	15,48288	37,09763	5,39070	4,3	0,23126	15	28,00	40,10	1,626670	41,33	15,33220	0	0	1	46,324	46,243	15,33220	41,33	1	0,000
1	30	Okt-3	11	18,390	45,651	17,47786	43,38689	5,38062	4,3	0,25569	15	28,00	40,10	1,626670	41,25	17,89620	0	0	1	46,243	45,569	17,89620	41,25	1	0,000
1	31	Nov-1	10	17,200	48,711	14,86080	42,08643	5,31523	3,9	0,20517	15	28,00	40,10	1,626670	40,57	17,07335	0	0	1	45,569	43,152	17,07335	40,57	1	0,000
1	32	Nov-2	10	20,530	48,110	17,73792	41,56676	5,07566	3,9	0,19592	14	26,00	38,31	0,896498	39,01	16,21639	0	0	1	43,152	44,477	16,21639	39,01	1	0,000
1	33	Nov-3	10	17,140	47,771	14,80896	41,27445	5,20504	3,9	0,20144	14	26,00	38,31	0,896498	39,75	16,40683	0	0	1	44,477	42,678	16,40683	39,75	1	0,000
1	34	Des-1	10	38,210	60,898	33,01344	52,61615	5,02615	4,0	0,20054	14	26,00	38,31	0,896498	38,75	20,38838	0	0	1	42,678	55,102	20,38838	38,75	1	0,000
1	35	Des-2	10	62,520	57,921	54,01728	50,04381	6,29242	4,2	0,26680	18	34,00	49,96	0,398593	50,05	25,04448	0	0	1	55,102	83,808	25,04448	50,05	1	0,000
1	36	Des-3	11	97,540	63,627	92,70202	60,47155	9,22547	4,2	0,43028	27	52,00	61,98	1,048835	62,01	37,49642	0	0	1	83,808	138,584	37,49642	62,01	1	0,000

Sumber: Hasil Perhitungan

- [1] = Tahun
- [2] = Nomor
- [3] = Periode
- [4] = Jumlah hari dalam 1 periode
- [5] = Data debit inflow
- [6] = kebutuhan irigasi\*faktor luas
- [7] = (4\*5\*86400)/1000000

- [8] = (4\*6\*86400)/1000000
- [9] = 0,01\*INDEX(luasan MAW waduk (ha); MATCH(tampungan aktif + tampungan mati; air tampungan waduk;1);1)
- [10] = Data evaporasi waduk
- [11] = (4\*9\*10) / 1000
- [12] = Nomor dari pedoman lepasan
- [13] = INDEX([pedoman lepasan];cell 12;1)

- [14] = INDEX([pedoman lepasan];cell 12;1)
- [15] = INDEX([pedoman lepasan];cell 18;1)
- [16] = 14+15\*(Kapasitas tamp. Aktif) - [13]
- [17] = [16]\*[15]/100
- [18] = If(([7]+[21]-[11])>=0;0;1)
- [19] = If(([7]+[21]-[17])>=0;0;1)
- [20] = If(([7]+[21]-[17])>=161,1;0;1)

- [21] = Tampungan aktif = 161,1
- [22] = if([18]>0;0;if([19]<0;[7]+[21]-[11]-[17];161,1)))
- [23] = if([18]>0;0;if([19]>0;[7]+[21]-[11]-[22];[17]))
- [24] = if(ISNUMBER[8]=false;100;round(100\*[22]/[8];5))
- [25] = if(or([24]>=100;not(isnumber[24]));0;1)
- [26] = if([18]=0;0;[7]+[21]-[11])



#### 4.5.2. Rumusan *Rule Curve* Operasi Waduk Sutami

*Rule curve* adalah pedoman praktis untuk melaksanakan operasi waduk yang ideal untuk diikuti. *Rule curve* merupakan hasil daripada studi optimasi atau studi simulasi. Selanjutnya langkah perhitungan Pola Operasi Waduk Sutami berdasarkan *rule curve* Waduk dapat dicontohkan pada tahun 1982 dengan data sebagai berikut:

Kapasitas Tampung aktif = 161,1 juta m<sup>3</sup>

Kapasitas Tampung mati = 21,15 juta m<sup>3</sup>

Faktor Luas = 1,2544

1. Tahun awal

2. Nomor seri

3. Periode

4. Banyak hari dalam 1 periode

5. Data debit inflow

6. Kebutuhan Irigasi = Kebutuhan irigasi x faktor luas

$$= 62,612 \times 1,2544$$

$$= 78,542 \text{ m}^3/\text{dt}$$

7. Inflow = (banyak hari dalam 1 periode x debit inflow x 86400) / 1000000

$$= (10 \times 95,480 \times 86400) / 1000000$$

$$= 82,49472 \text{ juta m}^3$$

8. Kebutuhan Irigasi =  $\frac{(\text{banyak hari dalam 1 periode} \times \text{Kebutuhan Irigasi} \times 86400)}{1000000}$  *Type equation here.*

$$= \frac{10 \times 78,542 \times 86400}{1000000}$$

$$= 67,86036 \text{ juta m}^3$$

#### EVAPORASI

9. Luas Muka Air Waduk Awal dapat digunakan perhitungan dari Ms-Excel dengan rumus =0,01\*INDEX(luasan MAW Waduk(ha);MATCH(tampung aktif+tampung mati;air tampung Waduk;1);1) maka hasilnya 13,64323 Km<sup>2</sup>

10. Data evaporasi Waduk

$$\begin{aligned}
 11. \text{ Volume Kehilangan} &= \frac{(\text{Banyak hari dalam 1 periode} \times \text{Luas MAW Awal} \times \text{evaporasi waduk})}{1000} \\
 &= \frac{10 \times 13,64323 \times 86400}{1000} \\
 &= 0,55255 \text{ juta m}^3
 \end{aligned}$$

### RULE CURVE

12. Batas atas tampungan aktif = 100%
13. Batas bawah tampungan aktif = 15,12% (dari perhitungan optimasi)
14. Batas atas tampungan aktif =  $(100 \times 161,1) / 100$   
= 161,100 juta m<sup>3</sup>
15. Batas bawah tampungan aktif =  $(15,12 \times 161,1) / 100$   
= 24,355 juta m<sup>3</sup>

### Cek (Kurva bawah, kurva atas, Pasokan Cukup, Limpahan)

16. Cek kurva bawah, Jika (Debit inflow + Tampungan aktif awal periode – batas bawah tampungan aktif – volme kehilangan) lebih besar sama dengan 0 maka 0 jika sebaliknya maka 1.

$$\begin{aligned}
 &= (82,49472 + 161,1 - 24,355 - 0,38679) \geq 0 \\
 &= 218,687 \geq 0 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

17. Cek kurva bawah, Jika (Debit inflow + Tampungan aktif awal periode – batas atas tampungan aktif – volme kehilangan) lebih besar sama dengan kebutuhan irigasi maka 0 jika sebaliknya maka 1.

$$\begin{aligned}
 &= (82,49472 + 161,1 - 161,1 - 0,38679) \geq 0 \\
 &= 81,942 \geq 67,86036 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

18. Cek Pasokan Cukup, Jika (Debit inflow + Tampungan aktif awal periode – batas bawah tampungan aktif – volume kehilangan) lebih besar dari kebutuhan irigasi maka 0 jika sebaliknya maka 1.

$$\begin{aligned}
 &= (82,49472 + 161,1 - 24,355 - 0,55255) > 67,86036 \\
 &= 218,687 > 67,86036 \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

19. Cek Tampungan Mati, Jika (Debit inflow + Tampungan aktif awal periode – Volume evaporasi kehilangan) lebih kecil dari 0 maka 1 jika sebaliknya maka 0.

$$= (82,49472 + 161,1 - 0,55255) < 0$$



$$= 243,042 < 0$$

$$= 0$$

$$20. \text{Tampungan aktif awal periode} = 161,1 \text{ juta m}^3$$

$$21. \text{Tampunga aktif akhir periode} = \text{IF}([\text{19}]<0;0;\text{IF}([\text{16}]<0;[\text{7}]+[\text{20}]-[\text{11}];\text{IF}([\text{17}]=0;[\text{14}];\text{IF}([\text{18}]<0;[\text{15}];[\text{7}]+[\text{20}]-[\text{8}]-[\text{11}])))$$

$$22. \text{Volume Outflow Pasokan Irigasi} = \text{IF}([\text{16}]<0;0;\text{IF}([\text{17}]=0;[\text{8}];[\text{7}]+[\text{20}]-[\text{11}]-[\text{21}]))$$

$$23. \text{Persen Outflow Pasokan Irigasi} = \text{IF}(\text{ROUND}([\text{8}];5)="" ;100;\text{ROUND}(100*[\text{22}]/[\text{8}];5))$$

$$24. \text{Defisit Outflow Pasokan Irigasi} = \text{IF}(\text{OR}([\text{23}]=100;\text{NOT}(\text{ISNUMBER}[\text{23}]));0;1)$$

$$25. \text{Cek dibawah nol} = \text{IF}([\text{16}]=0;0;[\text{15}]+[\text{11}]-[\text{7}]-[\text{20}])$$

Selanjutnya Perhitungan Pola Operasi Waduk Sutami dapat dilihat pada Tabel 4.8 Pola Operasi Waduk Sutami Berdasarkan *Rule Curve* Tahun dan perhitungan selanjutnya terlampir pada Lampiran 2. Pola Operasi Waduk Sutami berdasarkan *Rule Curve*



Tabel 4.8 Pola Operasi Waduk Sutami Berdasarkan Rule Curve Tahun 1982

Tampungan Aktif = 161,1

Tampungan Mati = 21,15

Tahun	No.	Periode	Banyak hari	INFLOW [m³/dt]	KEBUTUHAN IRIGASI [m³/dt]	INFLOW [juta m³]	KEBUTUHAN IRIGASI [juta m³]	EVAPORASI			RULE CURVE				Cek kurva bawah	Cek kurva atas	Cek pasokan cukup	Cek tamp. mati	Tampungan Aktif Waduk [juta m³]		OUTFLOW PASOKAN IRIGASI			Di bawah Nol [juta m³]
								Luas MAW awal [km²]	Tinggi evaporasi [mm/hari]	Volume kehilangan [juta m³]	% tamp.aktif		Awal periode	Akhir periode					Volume [juta m³]	Persen [%]	Defisit [0/1]			
											Atas	Bawah										Atas	Bawah	
								12	13	14	15	16	17	18					19	20	21	22	23	
1982	1	Jan-1	10	95,480	78,542	82,49472	67,86036	13,64323	4,1	0,55255	100,00	15,12	161,100	24,355	0	0	0	0	161,100	161,100	67,86036	100,00	0	0,000
1982	2	Jan-2	10	100,880	79,055	87,16032	68,30371	13,64323	4,1	0,55392	100,00	17,69	161,100	28,506	0	0	0	0	161,100	161,100	68,30371	100,00	0	0,000
1982	3	Jan-3	11	106,280	75,621	101,00851	71,87032	13,64323	4,1	0,61081	100,00	25,22	161,100	40,632	0	0	0	0	161,100	161,100	71,87032	100,00	0	0,000
1982	4	Feb-1	10	111,680	74,942	96,49152	64,75006	13,64323	3,9	0,53345	100,00	42,22	161,100	68,011	0	0	0	0	161,100	161,100	64,75006	100,00	0	0,000
1982	5	Feb-2	10	104,690	77,950	90,45216	67,34879	13,64323	3,9	0,52663	100,00	21,99	161,100	35,429	0	0	0	0	161,100	161,100	67,34879	100,00	0	0,000
1982	6	Feb-3	8	90,000	77,942	62,20800	53,87358	13,64323	3,9	0,42021	100,00	41,00	161,100	66,047	0	0	0	0	161,100	161,100	53,87358	100,00	0	0,000
1982	7	Mar-1	10	101,470	79,450	87,67008	68,64475	13,64323	4,0	0,54436	100,00	33,18	161,100	53,453	0	0	0	0	161,100	161,100	68,64475	100,00	0	0,000
1982	8	Mar-2	10	109,800	80,650	94,86720	69,68152	13,64323	3,9	0,53618	100,00	40,08	161,100	64,572	0	0	0	0	161,100	161,100	69,68152	100,00	0	0,000
1982	9	Mar-3	11	69,740	62,240	66,28090	59,15289	13,64323	3,8	0,57479	100,00	86,40	161,100	139,193	0	0	0	0	161,100	161,100	59,15289	100,00	0	0,000
1982	10	Apr-1	10	83,370	58,080	72,03168	50,18079	13,64323	3,9	0,52799	100,00	6,39	161,100	10,293	0	0	0	0	161,100	161,100	50,18079	100,00	0	0,000
1982	11	Apr-2	10	80,160	69,574	69,25824	60,11190	13,64323	3,8	0,51299	100,00	19,41	161,100	31,270	0	0	0	0	161,100	161,100	60,11190	100,00	0	0,000
1982	12	Apr-3	10	80,440	62,808	69,50016	54,26646	13,64323	3,6	0,49661	100,00	41,76	161,100	67,273	0	0	0	0	161,100	161,100	54,26646	100,00	0	0,000
1982	13	Mei-1	10	49,140	76,158	42,45696	65,80047	13,64323	3,5	0,48024	100,00	39,05	161,100	62,908	0	1	0	0	161,100	137,276	65,80047	100,00	0	0,000
1982	14	Mei-2	10	43,310	75,408	37,41984	65,15249	13,02268	3,4	0,44407	100,00	82,66	161,100	133,168	0	1	1	0	137,276	133,168	41,08407	63,06	1	0,000
1982	15	Mei-3	11	42,260	83,287	40,16390	79,15564	12,84712	3,3	0,46918	100,00	82,80	161,100	133,394	0	1	1	0	133,168	133,394	39,46872	49,86	1	0,000
1982	16	Jun-1	10	39,020	77,437	33,71328	66,90544	12,85616	3,4	0,43325	100,00	80,78	161,100	130,139	0	1	1	0	133,394	130,139	36,53513	54,61	1	0,000
1982	17	Jun-2	10	35,810	78,447	30,93984	67,77851	12,70310	3,3	0,42174	100,00	75,66	161,100	121,893	0	1	1	0	130,139	121,893	38,76372	57,19	1	0,000
1982	18	Jun-3	10	35,780	81,905	30,91392	70,76603	12,25652	3,4	0,42162	100,00	69,40	161,100	111,811	0	1	1	0	121,893	111,811	40,57451	57,34	1	0,000
1982	19	Jul-1	10	34,650	72,992	29,93760	63,06532	11,60252	3,2	0,37476	100,00	65,59	161,100	105,665	0	1	1	0	111,811	105,665	35,70917	56,62	1	0,000
1982	20	Jul-2	10	33,510	73,971	28,95264	63,91110	11,14566	3,3	0,36669	100,00	59,96	161,100	96,598	0	1	1	0	105,665	96,598	37,65217	58,91	1	0,000
1982	21	Jul-3	11	31,170	72,227	29,62397	68,64407	10,39744	3,4	0,38543	100,00	54,16	161,100	87,247	0	1	1	0	96,598	87,247	38,59020	56,22	1	0,000
1982	22	Ags-1	10	34,390	72,369	29,71296	62,52647	9,55019	3,8	0,36195	100,00	46,47	161,100	74,870	0	1	1	0	87,247	74,870	41,72752	66,74	1	0,000
1982	23	Ags-2	10	27,360	75,487	23,63904	65,22070	8,33763	3,9	0,32600	100,00	36,57	161,100	58,920	0	1	1	0	74,870	58,920	39,26311	60,20	1	0,000
1982	24	Ags-3	11	26,060	66,440	24,76742	63,14444	6,68763	4,1	0,29793	100,00	28,61	161,100	46,094	0	1	1	0	58,920	46,094	37,29621	59,06	1	0,000
1982	25	Sep-1	10	26,290	52,119	22,71456	45,03107	5,36551	4,0	0,21462	100,00	25,33	161,100	40,806	0	1	1	0	46,094	40,806	27,78751	61,71	1	0,000
1982	26	Sep-2	10	24,700	55,909	21,34080	48,30506	4,84425	4,1	0,19813	100,00	20,79	161,100	33,488	0	1	1	0	40,806	33,488	28,46058	58,92	1	0,000
1982	27	Sep-3	10	19,960	52,459	17,24544	45,32436	4,14510	4,2	0,17368	100,00	16,62	161,100	26,774	0	1	1	0	33,488	26,774	23,78531	52,48	1	0,000
1982	28	Okt-1	10	20,350	54,069	17,58240	46,71581	3,54760	4,2	0,15006	100,00	9,74	161,100	15,686	0	1	1	0	26,774	15,686	28,52069	61,05	1	0,000
1982	29	Okt-2	10	17,920	45,085	15,48288	38,95371	2,66211	4,3	0,11420	100,00	6,48	161,100	10,439	0	1	1	0	15,686	10,439	20,61610	52,92	1	0,000
1982	30	Okt-3	11	18,390	47,935	17,47786	45,55763	2,29536	4,3	0,10908	100,00	3,69	161,100	5,939	0	1	1	0	10,439	5,939	21,86803	48,00	1	0,000
1982	31	Nov-1	10	17,200	51,148	14,86080	44,19210	2,00986	3,9	0,07758	100,00	0,29	161,100	0,468	0	1	1	0	5,939	0,468	20,25452	45,83	1	0,000
1982	32	Nov-2	10	20,530	50,517	17,73792	43,64644	1,70092	3,9	0,06566	100,00	0,00	161,100	0,000	0	1	1	0	0,468	0,000	18,14029	41,56	1	0,000
1982	33	Nov-3	10	17,140	50,161	14,80896	43,33950	1,67723	3,9	0,06491	100,00	0,00	161,100	0,001	0	1	1	0	0,000	0,001	14,74358	34,02	1	0,000
1982	34	Des-1	10	38,210	63,945	33,01344	55,24866	1,67723	4,0	0,06692	100,00	2,88	161,100	4,636	0	1	1	0	0,001	4,636	28,31101	51,24	1	0,000
1982	35	Des-2	10	62,520	60,819	54,01728	52,54761	1,93248	4,2	0,08194	100,00	10,78	161,100	17,360	0	1	1	0	4,636	17,360	41,21130	78,43	1	0,000
1982	36	Des-3	11	97,540	66,811	92,70202	63,49708	2,78836	4,2	0,13005	100,00	11,20	161,100	18,038	0	1	0	0	17,360	46,435	63,49708	100,00	0	0,000

Sumber: Hasil Perhitungan

- [1] = Tahun
- [2] = Nomor
- [3] = Periode
- [4] = Banyak hari dalam 1 periode
- [5] = Data debit inflow
- [6] = Data keb. irigasi\*faktor luas
- [7] = ([4]\*[5]\*86400)/1000000

- [8] = ([4]\*[6]\*86400)/1000000
- [9] = 0,01\*INDEX(luasan MAW waduk(ha) MATCH (tampungan aktif+tampungan mati;air tampungan waduk;1);1)
- [10] = Data evaporasi waduk
- [11] = ([4]\*[9]\*[10])/1000
- [12] = Batas atas (%)
- [13] = Batas bawah (%)

- [14] = ROUND([12]\*tamp.aktif/100;5)
- [15] = ROUND([13]\*tamp.aktif/100;5)
- [16] = IF((([7]+[20]-[15]-[11]))>=0;0;1)
- [17] = IF((([7]+[20]-[14]-[11]))>=0;0;1)
- [18] = IF([16]<=0;1;IF((([7]+[20]-[15]-[11]))<[8];1;0))
- [19] = IF((([7]+[20]-[11]))<0;1;0)
- [20] = Tamp. aktif

- [21] = IF([19]<>0;0;IF([16]<>0;[7]+[20]-[11];IF([17]=0;[14];IF([18] <0;[15];[7]+[20]-[8]-[11])))
- [22] = IF([16]<=0;0;IF([17]=0;[8];[7]+[20]-[11]-[21]))
- [23] = IF(ROUND([8];5)="-";100;ROUND(100\*[22]/[8];5))
- [24] =IF(OR([23]=100;NOT(ISNUMBER([23])));0;1)
- [25] = IF([16]=0;0;[15]+[11]-[7]-[20])

#### 4.6. Model Optimasi Stokastik

Tujuan dari sebuah pengoptimasian adalah menghasilkan suatu keluaran yang semaksimal mungkin, misalnya untuk memaksimalkan hasil produksi panen dari suatu pola pengoperasian Waduk. Salah satu kegunaan simulasi stokastik adalah melakukan simulasi stokastik, dalam hal ini maka solusi yang dihasilkan akan cenderung merupakan solusi yang mendekati optimal. Prosedur yang digunakan adalah *Random Search*, yang merupakan metode sederhana dan praktis dalam mencari solusi yang sudah ada. Solusi awal yang cukup bagus dan vesibel merupakan kisaran yang berupa set awal, tiap variabel dari solusi diacak dengan kisaran tertentu, lalu populasi dari tiap variabel dipilih yang terbaik. Model Macro mempunyai peranan penting dalam simulasi stokastik untuk sistem sumberdaya air. Parameter yang perlu diperhatikan dalam teknik *Random Search* untuk optimasi hasil produksi irigasi adalah: batas nilai iterasi, dimana untuk usaha pencarian (*searching*) akan membutuhkan jumlah iterasi yang banyak. Batas lingkup pencarian solusi, apabila dalam iterasi pencarian solusi optimal frekuensi perbaikan sudah jarang maka lingkup daerah perbaikan akan dipersempit, menyempitnya lingkup daerah pencarian solusi akan mengakibatkan menurunnya nilai kinerja solusi, proses iterasi pencarian solusi optimal akan dihentikan apabila nilai perbaikan kinerja solusi sudah cukup kecil (atau lingkup daerah pencarian solusi sudah cukup sempit).

##### 4.6.1. Optimasi Aturan Lepasn Waduk Sutami dengan Stokastik

Sebagai langkah awal proses optimasi, maka dicari alternatif awal dari *schedule* tampungan waduk dengan melakukan proses inialisasi. Proses inialisasi dalam kasus ini sebanyak 14 alternatif yang pada set awal memiliki batas iterasi maksimum 5000 iterasi dan pada set lanjutan memiliki batas maksimum 2000 iterasi pada setiap alternatif. Adapun proses macro visual basic excel untuk inisiasi generasi aturan lepasn sehingga mendapatkan angka-angka pada tabel perhitungan adalah sebagai berikut:

Model Macro Visual Basic Excel
Sub A1_Initial_Solution_dan_Random_Search()
Calculate
With Worksheets("OP_Waduk_1")
N_Sampel = 1
N_Iter_Init = 5000



N\_Kisaran\_Lanjut = 14

N\_Iter\_Lanjut = 2000

For G = 1 To N\_Sampel

.Range("BH8:BL8").ClearContents

.Range("BH14:BL27").ClearContents

.Range("BA1").Value = 1

.Range("AR7").Value = 0

N\_perbaikan = 0

For I = 1 To N\_Iter\_Init

.Range("BH8").Value = I

.Calculate

If .Range("AR6").Value = 0 Then

.Range("AR7").Value = .Range("AR5").Value

.Range("AX12:AX62").Value = .Range("AV12:AV62").Value

N\_perbaikan = N\_perbaikan + 1

.Range("BI8").Value = N\_perbaikan

.Range("BJ8").Value = .Range("AR7").Value

.Range("BK8").Value = .Range("AP3").Value

.Range("BL8").Value = .Range("BA62").Value

End If

Next I

.Range("BA1").Value = 2

For K = 1 To N\_Kisaran\_Lanjut

.Range("BF3").Value = K

N\_perbaikan = 0

For L = 1 To N\_Iter\_Lanjut

.Range("BH13").Offset(K, 0).Value = L

.Calculate

If .Range("AR6").Value = 0 Then

.Range("AR7").Value = .Range("AR5").Value

.Range("AX12:AX62").Value = .Range("AZ12:AZ62").Value

N\_perbaikan = N\_perbaikan + 1

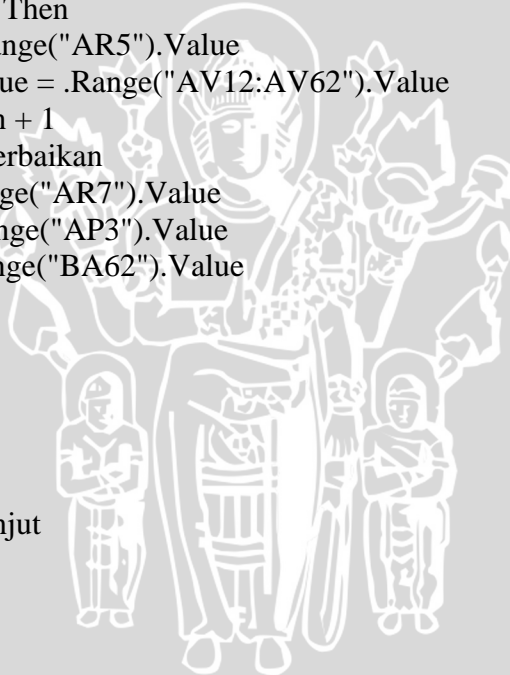
.Range("BI13").Offset(K, 0).Value = N\_perbaikan

.Range("BJ13").Offset(K, 0).Value = .Range("AR7").Value

.Range("BK13").Offset(K, 0).Value = .Range("AP3").Value

.Range("BL13").Offset(K, 0).Value = .Range("BA62").Value

End If



```

Next L
Next K
.Range("BA1").Value = 3
.Calculate
N_posisi = .Range("BQ13").Value + 1

V = .Range("AR5").Value
.Range("BT5").Offset(0, N_posisi).Value = V
V = .Range("AP3").Value
.Range("BT6").Offset(0, N_posisi).Value = V
For T = 1 To 51
V = .Range("AX11").Offset(T, 0).Value
.Range("BT11").Offset(T, N_posisi).Value = V
Next T

Next G

End With

Calculate

End Sub

```

Tabel 4.9 Optimasi Stokastik dengan faktor kapasitas tampungan 100%

	Iterasi	N Perbaikan	F-Obj. Ann.Prod	Yr Minimum	Faktor Luas
Simulasi Awal	5000	12	843,20	0,60120	1,1835445

## Simulasi Lanjutan

No. Kisaran	Kisaran Acak Atur.Lepas	Kisaran Acak Fkt.Luas	Iterasi	N Perbaikan	F-Obj. Ann.Prod	Yr Minimum	Faktor Luas
1	2,0000	0,0000	2000	5	846,57	0,60591	1,1835445
2	0,0000	1,4000	2000	7	850,76	0,60020	1,1915869
3	0,5000	0,0000	2000	2	850,96	0,60220	1,1915869
4	0,0000	0,9000	2000	6	852,52	0,60008	1,1945857
5	0,1000	0,0000	2000				
6	0,0000	0,5000	2000	2	852,55	0,60003	1,1946450
7	0,0200	0,0000	2000				
8	0,0000	0,2000	2000	1	852,55	0,60003	1,1946507
9	0,0050	0,0000	2000	1	852,56	0,60000	1,1946507
10	0,0000	0,0900	2000				
11	0,0010	0,0000	2000				

## Simulasi Lanjutan

No. Kisaran	Kisaran Acak Atur.Lepas	Kisaran Acak Fkt.Luas	Iterasi	N Perbaikan	F-Obj. Ann.Prod	Yr Minimum	Faktor Luas
12	0,0000	0,0700	2000				
13	0,0002	0,0000	2000	1	852,56	0,60000	1,1946507
14	0,0000	0,0500	2000				

Sumber: Hasil Perhitungan

Apabila iterasi telah mencapai batas iterasi maksimum, maka pencarian alternatif yang lebih baik untuk kisaran pencarian yang bersangkutan akan dihentikan. Selanjutnya kisaran pencarian akan dipersempit dan dilakukan pencarian kisaran baru untuk pencarian alternatif yang lebih baik. Dengan semakin sempitnya kisaran pencarian maka semakin sempit pula nilai perbaikan dari kinerja. Maka pada suatu kisaran pencarian tertentu akan tercapai kondisi dimana tidak akan terjadi lagi perbaikan nilai kinerja. Adapun hasil iterasi kisaran pencarian sehingga mendapatkan hasil maksimum adalah sebagai berikut:

4.10 Hasil *Running Model Optimasi Random Search*

No. Random Search	1	2	---	37	---	47	48	49	50
1	0,758677	0,605859	---	0,914823	---	0,783915	0,568031	0,554097	0,549789
2	0,808858	0,999990	---	0,559056	---	0,715192	0,770474	0,842352	0,839935
3	0,942475	0,788854	---	0,773542	---	0,522644	0,960069	0,311469	0,878177
---	----	----	---	----	---	----	----	----	----
37	0,296831	0,276578	---	0,511959	---	0,388415	0,687121	0,478657	0,402530
---	----	----	---	----	---	----	----	----	----
48	0,767644	0,520682	---	0,723277	---	0,345027	0,974171	0,245391	0,428493
49	0,845266	0,483461	---	0,857021	---	0,608556	0,562860	0,544122	0,585616
50	0,754933	0,377336	---	0,431528	---	0,476236	0,184472	0,587316	0,293586
Faktor Luas	1,19431	1,19114	---	1,20382	---	1,19761	1,19448	1,19038	1,19465
Ann.Prod.	852,32	850,17	---	856,11	---	853,12	852,07	850,53	852,56

Sumber: Hasil Perhitungan

Optimasi *Random Search* dilakukan sebanyak 50 kali dimana masing-masing menggunakan input seri bilangan acak yang berbeda. Hasil optimasinya lalu dibandingkan satu sama lain. Pada tabel diatas dapat dilihat alternatif nomor 37 adalah yang terbaik dengan nilai hasil produksi sebesar 856,11 milyar rupiah.



#### 4.6.2. Optimasi *Rule Curve* Waduk Sutami dengan Stokastik

Sama halnya dengan optimasi aturan lepasan waduk, optimasi *rule curve* pun menggunakan optimasi stokastik dengan *Random Search*. Dan sebagai langkah awal proses optimasi, maka dicari alternatif awal dari *schedule* tampungan waduk dengan melakukan proses inialisasi. Proses inialisasi dalam kasus ini sebanyak 36 alternatif yang pada set awal memiliki batas iterasi maksimum 5000 iterasi dan pada set lanjutan memiliki batas maksimum 1000 iterasi pada setiap alternatif. Adapun proses macro visual basic excel untuk inisiasi generasi aturan lepasan sehingga mendapatkan angka-angka pada tabel perhitungan adalah sebagai berikut:

Model Macro Visual Basic Excel
<pre> Sub A1_Initial_Solution_dan_Random_Search()  Calculate  With Worksheets("OP_Waduk_1")  N_Sampel = 1 N_Iter_Init = 5000 N_Kisaran_Lanjut = 36 N_Iter_Lanjut = 1000  For G = 1 To N_Sampel  .Range("BT2").Value = G  .Range("BH8:BL8").ClearContents .Range("BH14:BL49").ClearContents  .Range("BB1").Value = 1  .Range("AK7").Value = 0 N_perbaikan = 0  For I = 1 To N_Iter_Init  .Range("BH8").Value = I .Calculate If .Range("AK6").Value = 0 Then .Range("AK7").Value = .Range("AK5").Value .Range("AY12:AY48").Value = .Range("AX12:AX48").Value N_perbaikan = N_perbaikan + 1 .Range("BI8").Value = N_perbaikan .Range("BJ8").Value = .Range("AK7").Value </pre>

```

.Range("BK8").Value = .Range("AI3").Value
.Range("BL8").Value = .Range("BB48").Value
End If

Next I

.Range("BB1").Value = 2

For K = 1 To N_Kisaran_Lanjut

.Range("BF3").Value = K
N_perbaikan = 0

For L = 1 To N_Iter_Lanjut
.Range("BH13").Offset(K, 0).Value = L
.Calculate
If .Range("AK6").Value = 0 Then
.Range("AK7").Value = .Range("AK5").Value
.Range("AY12:AY48").Value = .Range("BA12:BA48").Value
N_perbaikan = N_perbaikan + 1
.Range("BI13").Offset(K, 0).Value = N_perbaikan
.Range("BJ13").Offset(K, 0).Value = .Range("AK7").Value
.Range("BK13").Offset(K, 0).Value = .Range("AI3").Value
.Range("BL13").Offset(K, 0).Value = .Range("BB48").Value
End If

Next L

Next K
.Range("BB1").Value = 3
.Calculate
N_posisi = .Range("BQ13").Value + 1

V = .Range("AK5").Value
.Range("BT5").Offset(0, N_posisi).Value = V
V = .Range("AI3").Value
.Range("BT6").Offset(0, N_posisi).Value = V
V = .Range("BS7").Value
.Range("BT7").Offset(0, N_posisi).Value = V
For T = 1 To 37
V = .Range("AY11").Offset(T, 0).Value
.Range("BT11").Offset(T, N_posisi).Value = V
Next T

Next G

End With
Calculate

End Sub

```



Tabel 4.11 Optimasi Stokastik dengan faktor kapasitas tampungan 100%

	Iterasi	N Perbaikan	F-Obj. Ann.Prod	Yr Minimum	Faktor Luas
Simulasi Awal	5000	4	549,97	0,71321	0,7334662

## Simulasi Lanjutan

No. Kisaran	Kisaran Acak Atur.Lepas	Kisaran Acak Fkt.Luas	Iterasi	N Perbaikan	F-Obj. Ann.Prod	Yr Minimum	Faktor Luas
1	0,40000	0,0000	1000	1	558,99	0,83704	0,7334662
2	0,00000	1,4000	1000	3	580,05	0,66718	0,7656090
3	0,20000	0,0000	1000	6	583,43	0,85589	0,7656090
4	0,00000	1,0000	1000	4	655,30	0,62380	0,8818208
5	0,10000	0,0000	1000	9	666,66	0,77207	0,8818208
6	0,00000	0,8000	1000	5	697,82	0,61165	0,9301005
7	0,08000	0,0000	1000	7	701,25	0,61347	0,9301005
8	0,00000	0,7000	1000	6	709,56	0,60009	0,9425391
9	0,06000	0,0000	1000	8	712,12	0,71115	0,9425391
10	0,00000	0,6000	1000	7	822,79	0,61720	1,1263753
11	0,04000	0,0000	1000	9	829,89	0,61184	1,1263753
12	0,00000	0,5000	1000	4	842,65	0,60038	1,1496357
13	0,03000	0,0000	1000	14	848,36	0,61079	1,1496357
14	0,00000	0,4000	1000	2	860,83	0,60022	1,1716228
15	0,02000	0,0000	1000	11	862,85	0,60680	1,1716228
16	0,00000	0,3000	1000	3	870,01	0,60078	1,1842277
17	0,01000	0,0000	1000	19	871,64	0,60939	1,1842277
18	0,00000	0,2000	1000	2	882,64	0,60013	1,2038205
19	0,00400	0,0000	1000	59	883,91	0,61608	1,2038205
20	0,00000	0,1000	1000	4	901,91	0,60012	1,2376454
21	0,00200	0,0000	1000	46	902,59	0,60497	1,2376454
22	0,00000	0,0700	1000	2	907,50	0,60012	1,2481384
23	0,00100	0,0000	1000	119	908,29	0,61477	1,2481384
24	0,00000	0,0500	1000	6	910,56	0,60023	1,2530919
25	0,00040	0,0000	1000	83	910,75	0,60702	1,2530919
26	0,00000	0,0300	1000	3	911,15	0,60024	1,2539849
27	0,00020	0,0000	1000	94	911,26	0,60073	1,2539849
28	0,00000	0,0200	1000	1	911,28	0,60027	1,2540457
29	0,00010	0,0000	1000	95	911,33	0,60247	1,2540457
30	0,00000	0,0100	1000	4	911,47	0,60010	1,2543596
31	0,00004	0,0000	1000	81	911,48	0,60034	1,2543596



## Simulasi Lanjutan

No. Kisaran	Kisaran Acak Atur.Lepas	Kisaran Acak Fkt.Luas	Iterasi	N Perbaikan	F-Obj. Ann.Prod	Yr Minimum	Faktor Luas
32	0,00000	0,0070	1000	2	911,49	0,60014	1,2543855
33	0,00002	0,0000	1000	104	911,50	0,60028	1,2543855
34	0,00000	0,0050	1000	2	911,52	0,60000	1,2544218
35	0,00001	0,0000	1000	85	911,52	0,60008	1,2544218
36	0,00000	0,0030	1000				

Sumber: Hasil Perhitungan

Apabila iterasi telah mencapai batas iterasi maksimum, maka pencarian alternatif yang lebih baik untuk kisaran pencarian yang bersangkutan akan dihentikan. Selanjutnya kisaran pencarian akan dipersempit dan dilakukan pencarian kisaran baru untuk pencarian alternatif yang lebih baik. Dengan semakin sempitnya kisaran pencarian maka semakin sempit pula nilai perbaikan dari kinerja. Maka pada suatu kisaran pencarian tertentu akan tercapai kondisi dimana tidak akan terjadi lagi perbaikan nilai kinerja. Adapun hasil iterasi kisaran pencarian sehingga mendapatkan hasil maksimum adalah sebagai berikut:

4.12 Hasil *Running Model Optimasi Random Search*

No. <i>Random Search</i>	1	2	---	17	---	49	50
1	0,077759	0,281749	---	0,092518	---	0,101864	0,151179
2	0,099371	0,254784	---	0,060749	---	0,083885	0,176944
3	0,155464	0,233897	---	0,100655	---	0,064543	0,252213
4	0,346349	0,307323	---	0,307970	---	0,193375	0,422167
---	---	---	---	---	---	---	---
34	0,004505	0,135648	---	0,026178	---	0,028635	0,028778
35	0,063053	0,223396	---	0,074960	---	0,104325	0,107760
36	0,047730	0,258280	---	0,093205	---	0,105045	0,111969
Faktor Luas	1,13701	1,27683	---	1,38227	---	1,21537	1,25442
Ann.Prod.	834,96	918,58	---	972,31	---	884,52	911,52

Sumber: Hasil Perhitungan

Optimasi *Random Search* dilakukan sebanyak 50 kali dimana masing-masing menggunakan input seri bilangan acak yang berbeda. Hasil optimasinya lalu dibandingkan satu sama lain. Pada tabel diatas dapat dilihat alternatif nomor 17 adalah yang terbaik dengan nilai hasil produksi sebesar 972,31 milyar rupiah

#### 4.7. Hasil Produksi Irigasi

Untuk mengestimasi nilai produksi pada lahan-lahan irigasi, maka dapat digunakan model Sinus-Perkalian (Soetopo & Limantara, 2010). Untuk satu musim tanam, Fungsi Produksi dapat ditulis sebagai berikut (Soetopo & Limantara, 2010).

$$\text{Fungsi Produksi} = Yr = Yr_1 \times Yr_2 \times Yr_3 \times \dots \times Yr_n$$

Keterangan:

$Yr_i$  = Fungsi Produksi untuk periode  $i$ ,

$n$  = Banyaknya periode pemberian air irigasi selama musim tanam

Selanjutnya Fungsi Produksi untuk tahap  $i$  dapat ditulis:

$$Yr_i = \left[ \text{Sin} \left\{ \left[ AWR_i - a \cdot \text{Sin}(AWR_i \cdot 2\pi) \right] \times \left[ 1 - b \cdot \text{Sin}(AWR_i \cdot \pi) \right]^c \right\}^d \cdot \pi / 2 \right]^e$$

Keterangan:

$AWR_i$  = Pemberian air irigasi relatif untuk periode ke- $i$

$a, b, c, d$ , dan  $e$  = Parameter-parameter.

Tabel 4.13 Data Hasil Produksi Daerah Irigasi Lodoyo

	Produksi Rp/ha	Luasan Total ha	Prosentase Luas Tanam	Luasan Riil Ha	Produksi MT [Juta Rp]
Padi MT 1	5.405.000	76.898	100	76.898	723.802
Palawija MT 1	4.007.500				
Padi MT 2	8.187.500	76.898	100	76.898	871.639
Palawija MT 2	3.147.500				
Padi MT 3	6.001.000	76.898	100	76.898	703.501
Palawija MT 3	3.147.500				

Sumber: Dinas Pertanian Kabupaten Blitar DI. Lodoyo

Tabel 4.14 Rekap hasil Produksi Panen Pertahun untuk Daerah Irigasi Lodoyo dan Hilir Waduk Sutami

Nomor	Tahun	Produksi Riil PerTahun [Milyar Rp]	Nomor	Tahun	Produksi Riil PerTahun [Milyar Rp]
1	1982	2.024,29	16	1997	1.802,77
2	1983	2.031,32	17	1998	2.016,85
3	1984	2.262,07	18	1999	2.275,39

Nomor	Tahun	Produksi Riil PerTahun [Milyar Rp]
4	1985	2.217,87
5	1986	2.294,18
6	1987	2.094,46
7	1988	2.101,16
8	1989	2.287,70
9	1990	2.205,23
10	1991	1.997,11
11	1992	2.230,64
12	1993	2.233,87
13	1994	2.175,40
14	1995	2.152,77
15	1996	2.231,78

Nomor	Tahun	Produksi Riil PerTahun [Milyar Rp]
19	2000	2.282,32
20	2001	2.255,23
21	2002	2.223,36
22	2003	2.100,71
23	2004	2.191,09
24	2005	2.173,89
25	2006	2.269,24
26	2007	2.134,21
27	2008	2.269,56
28	2009	2.270,37
29	2010	2.298,94
30	2011	2.294,58

Sumber: Hasil Perhitungan

Untuk detail perhitungan produksi irigasi per musim tanam dapat dilihat pada lampiran 3. Perhitungan Hasil Produksi Panen untuk Daerah Irigasi Lodoyo dan Hilir Waduk Sutami

#### 4.8. Perbandingan Optimasi *Rule Curve* Eksisting Waduk Sutami dengan Perhitungan Stokastik

Perhitungan hasil produksi irigasi dari eksisting pola operasi Waduk Sutami ini dibuat untuk mengetahui perkiraan produksi irigasi yang dihasilkan berdasarkan data dari Perum Jasa Tirta I untuk Waduk Sutami yang nantinya dibandingkan dengan hasil pola operasi waduk optimasi. Untuk itu dilakukan perbandingan antara pola operasi eksisting dengan pola operasi studi berupa grafik, misalkan pada tahun 2011.

Tabel 4.15 Perbandingan *Outflow* Eksisting dan *Outflow* Perhitungan Waduk Sutami Tahun 2011

Bln	Periode	Jumlah Hari	Outflow Pasokan Irigasi			KEBUTUHAN IRIGASI		Persen [%]	Defisit [0/1]
			Eksisting		Perhitungan	[m <sup>3</sup> /dt]	[juta m <sup>3</sup> ]		
			[m <sup>3</sup> /dt]	[juta m <sup>3</sup> ]	[juta m <sup>3</sup> ]				
Januari	Jan-1	10	111,11	95,99558	67,86036	62,612	67,86036	141,46	1
	Jan-2	10	86,44	74,68157	68,30371	63,021	68,30371	109,34	1
	Jan-3	11	131,80	125,26358	71,87032	60,284	71,87032	174,29	1
Februari	Feb-1	10	130,57	112,81075	64,75006	59,742	64,75006	174,22	1
	Feb-2	10	95,40	82,42214	67,34879	62,140	67,34879	122,38	1
	Feb-3	8	94,89	65,59056	53,87358	62,134	53,87358	121,75	1



Bln	Periode	Jumlah Hari	Outflow Pasokan Irigasi			KEBUTUHAN IRIGASI		Persen [%]	Defisit [0/1]
			Eksisting		Perhitungan	[m <sup>3</sup> /dt]	[juta m <sup>3</sup> ]		
			[m <sup>3</sup> /dt]	[juta m <sup>3</sup> ]	[juta m <sup>3</sup> ]	[m <sup>3</sup> /dt]	[juta m <sup>3</sup> ]		
Maret	Mar-1	10	112,67	97,34602	68,64475	63,336	68,64475	141,81	1
	Mar-2	10	105,10	90,80986	69,68152	64,292	69,68152	130,32	1
	Mar-3	11	122,37	116,30477	59,15289	49,616	59,15289	196,62	1
April	Apr-1	10	125,78	108,67046	50,18079	46,300	50,18079	216,56	1
	Apr-2	10	158,32	136,78848	60,11190	55,463	60,1119	227,56	1
	Apr-3	10	111,41	96,25651	54,26646	50,070	54,26646	177,38	1
Mei	Mei-1	10	138,24	119,43850	65,80047	60,712	65,80047	181,52	1
	Mei-2	10	91,25	78,84000	65,15249	60,114	65,15249	121,01	1
	Mei-3	11	95,84	91,08806	79,15564	66,394	79,15564	115,07	1
Juni	Jun-1	10	79,42	68,61456	54,43975	61,731	66,90544	102,55	1
	Jun-2	10	62,27	53,80387	51,68138	62,537	67,77851	79,38	1
	Jun-3	10	59,87	51,72768	49,83140	65,293	70,76603	73,10	1
Juli	Jul-1	10	56,30	48,64406	44,97298	58,188	63,06532	77,13	1
	Jul-2	10	48,00	41,47286	46,83735	58,968	63,9111	64,89	1
	Jul-3	11	55,17	52,43098	48,89539	57,578	68,64407	76,38	1
Agustus	Ags-1	10	59,98	51,82186	46,83549	57,691	62,52647	82,88	1
	Ags-2	10	55,44	47,89930	49,35290	60,177	65,2207	73,44	1
	Ags-3	11	53,45	50,79456	46,92471	52,965	63,14444	80,44	1
September	Sep-1	10	53,01	45,79632	33,87698	41,548	45,03107	101,70	1
	Sep-2	10	58,36	50,42390	34,47920	44,569	48,30506	104,39	1
	Sep-3	10	64,58	55,79453	35,00262	41,819	45,32436	123,10	1
Oktober	Okt-1	10	53,51	46,23091	36,80126	43,103	46,71581	98,96	1
	Okt-2	10	45,79	39,56602	29,52739	35,941	38,95371	101,57	1
	Okt-3	11	42,48	40,37040	31,07170	38,213	45,55763	88,61	1
November	Nov-1	10	87,86	75,91190	44,19210	40,774	44,1921	171,78	1
	Nov-2	10	90,40	78,10733	43,64644	40,271	43,64644	178,95	1
	Nov-3	10	75,47	65,20781	43,33950	39,988	43,3395	150,46	1
Desember	Des-1	10	69,39	59,95037	55,24866	50,976	55,24866	108,51	1
	Des-2	10	74,63	64,47859	43,51050	48,484	52,54761	122,71	1
	Des-3	11	111,99	106,43443	63,49708	53,260	63,49708	167,62	1

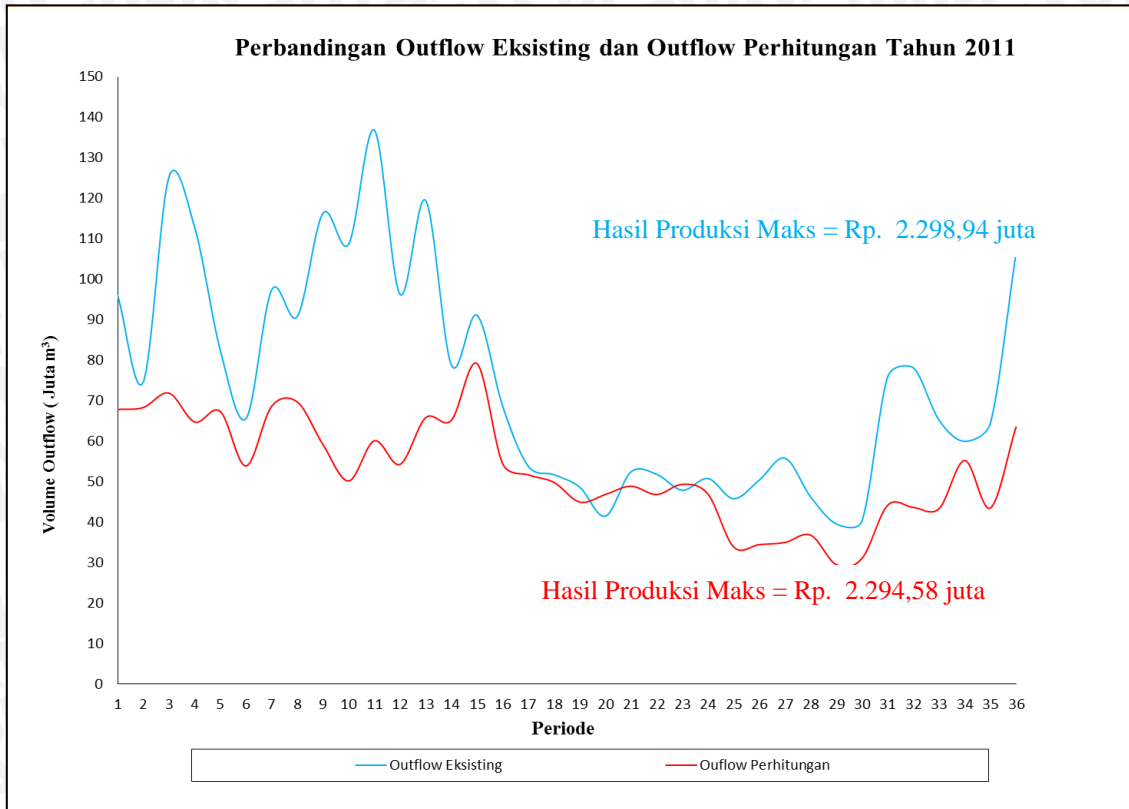
Sumber: Hasil Perhitungan

Tabel 4.16 Perhitungan Hasil Produksi Panen Tahun 2011

Koef. Model			
A	0,12824	d	0,12412
B	0,31559	e	1,20000
C	1,67754		

Periode	Defisit Pasokan [juta m <sup>3</sup> ]	Persen Pasokan [%]	Awri	Yri	Yr	Produksi Maks. [juta Rp]	Produksi Riil [juta Rp]
Jan-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000		MT I 723.802,43	723,80
Jan-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Jan-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Feb-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Feb-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Feb-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000	1,00000		
Mar-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000		MT II 871.638,83	871,64
Mar-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Mar-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Apr-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Apr-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Apr-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Mei-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Mei-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Mei-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Jun-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Jun-2	13,975	79,38	0,7938	1,0000			
Jun-3	19,038	73,10	0,7310	1,0000	1,00000		
Jul-1	14,421	77,13	0,7713	1,0000			
Jul-2	22,438	64,89	0,6489	1,0000			
Jul-3	16,213	76,38	0,7638	1,0000			
Ags-1	10,705	82,88	0,8288	1,0000		MT III 703.501,35	703,50
Ags-2	17,321	73,44	0,7344	1,0000			
Ags-3	12,350	80,44	0,8044	1,0000			
Sep-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Sep-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Sep-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Okt-1	0,485	98,96	0,9896	1,0000			
Okt-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Okt-3	5,187	88,61	0,8861	1,0000	1,00000		
Nov-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Nov-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Nov-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Des-1	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Des-2	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
Des-3	0,000	100,00	1,0000	1,0000			
<b>Jumlah</b>							<b>2.298,94</b>

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.2 Perbandingan *Outflow* Eksisting dan *Outflow* Perhitungan serta Hasil Produksi Panen Tahun 2011

Pada grafik hasil optimasi keadaan diatas dapat dilihat bahwa hasil dari optimasi eksisting lebih besar daripada optimasi perhitungan. Hal ini dikarenakan perbandingan yang dilakukan hanya menggunakan 1 tahun yaitu pada tahun 2011 dan perhitungan tidak memperhatikan regulasi atas dan bawah sehingga menyebabkan hasil produksi daripada perhitungan optimasi tidak lebih baik dari eksisting.

#### 4.9. Hubungan Antara Produksi Total dengan Tingkat Produksi Pertampungan

Hubungan antara Tampungan Total dengan Nilai Produksi (dari lahan Irigasi) yang menghasilkan suatu kurva hubungan (pendekatan) dapat dilihat dari ke-7 Faktor Kapasitas Tampungan (70%-80%-90%-100%-110%-120%-130%) yang digunakan dalam perhitungan optimasi hasil produksi dengan menggunakan stokastik. Berdasarkan kurva pendekatan ini selanjutnya lalu dibuat Kurva Hubungan antara Produksi Total dengan Tingkat Produksi per Tampungan Total. Hubungan antara Kapasitas Tampungan Total dengan Produksi (dari lahan irigasi) dapat disajikan dalam bentuk tabel yang berikut ini.



Tabel 4.17 Produksi Operasi Waduk Optimal untuk tiap Kapasitas Berdasarkan Aturan Lepas

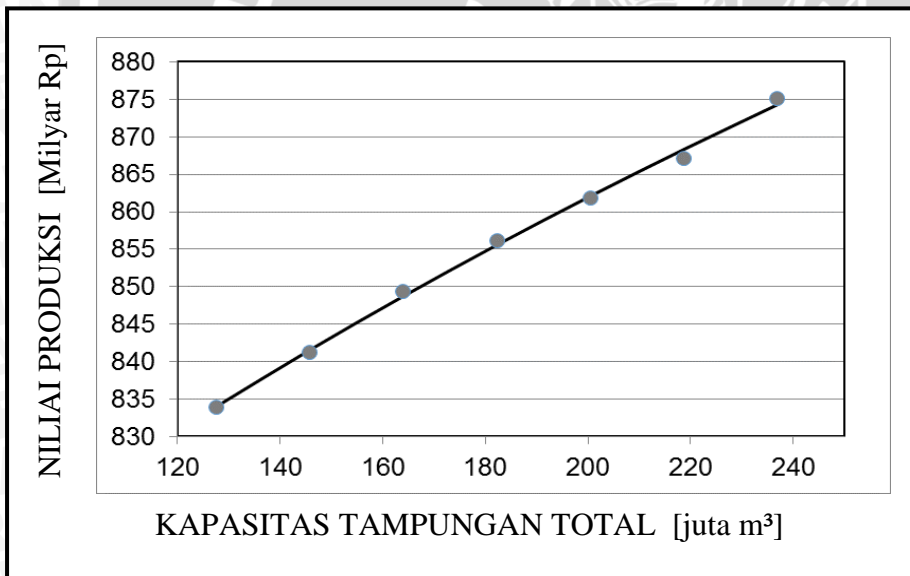
No. Titik	Faktor Perubahan Tamp.	Kap. Tamp. Total Waduk [juta m <sup>3</sup> ]	Nilai Produksi Irigasi [milyar Rp]
1	0,7	127,58	833,93
2	0,8	145,80	841,24
3	0,9	164,03	849,30
4	1	182,25	856,11
5	1,1	200,48	861,88
6	1,2	218,70	867,06
7	1,3	236,93	875,09

Sumber: Hasil Perhitungan

Apabila dibuat pendekatan dengan kurva hubungan berikut:

$$\text{Produksi} = \text{Konstanta} + (\text{Kapasitas})^{0,8} + (\text{Kapasitas})^{1,5}$$

Maka hasil plotting adalah sebagai berikut:



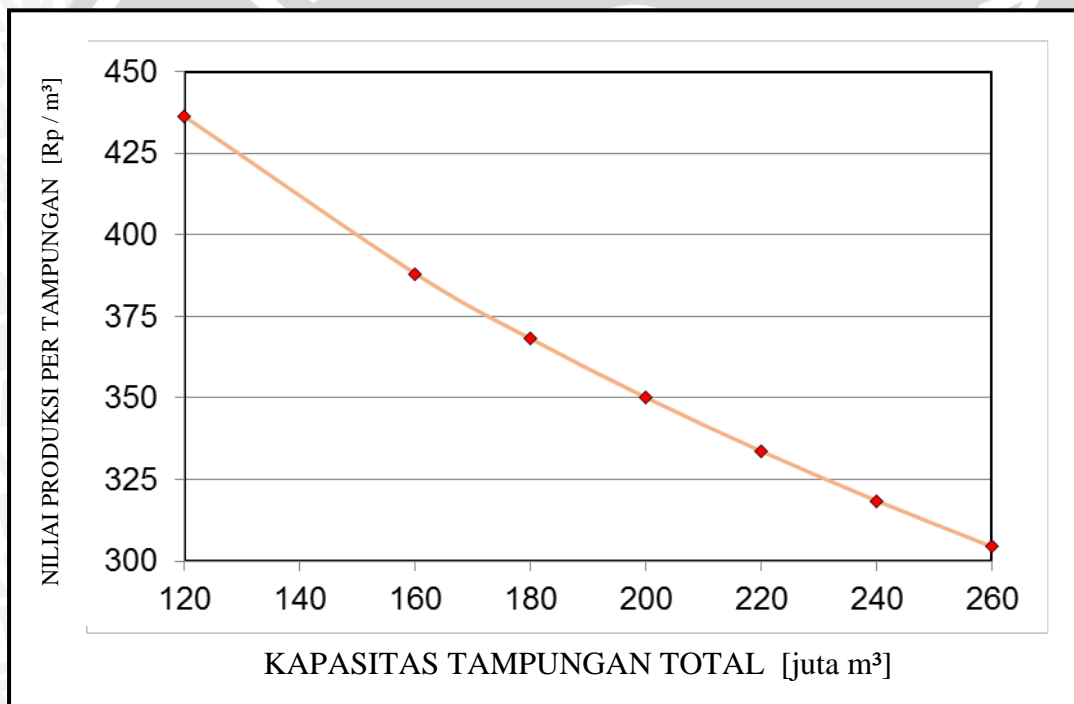
Gambar 4.3 Hubungan Produksi – Kapasitas Tampung Berdasarkan Aturan Lepas.

Apabila terhadap kurva hubungan Produksi – Kapasitas Tampung dihitung turunan pertama  $d(\text{Produksi}) / d(\text{Kapasitas})$ . Maka tabel nilai dan bentuk kurvanya adalah sebagai berikut:

Tabel 4.18 Nilai Produksi per unit Tampungan untuk tiap Kapasitas Berdasarkan Aturan Lepas.

No. Titik	Kap. Tamp. Total Waduk [juta m <sup>3</sup> ]	Nilai Produksi Irigasi per Unit Kapasitas Tamp. [Rp/m <sup>3</sup> ]
1	120,00	436,19
2	160,00	388,07
3	180,00	368,12
4	200,00	350,10
5	220,00	333,65
6	240,00	318,48
7	260,00	304,39

Sumber: Hasil Perhitungan



Gambar 4.4 Hubungan Produksi per Unit Tampungan – Kapasitas Tampungan Berdasarkan Aturan Lepas

Tabel 4.19 Produksi Operasi Waduk Optimal untuk tiap Kapasitas Berdasarkan *Rule Curve*

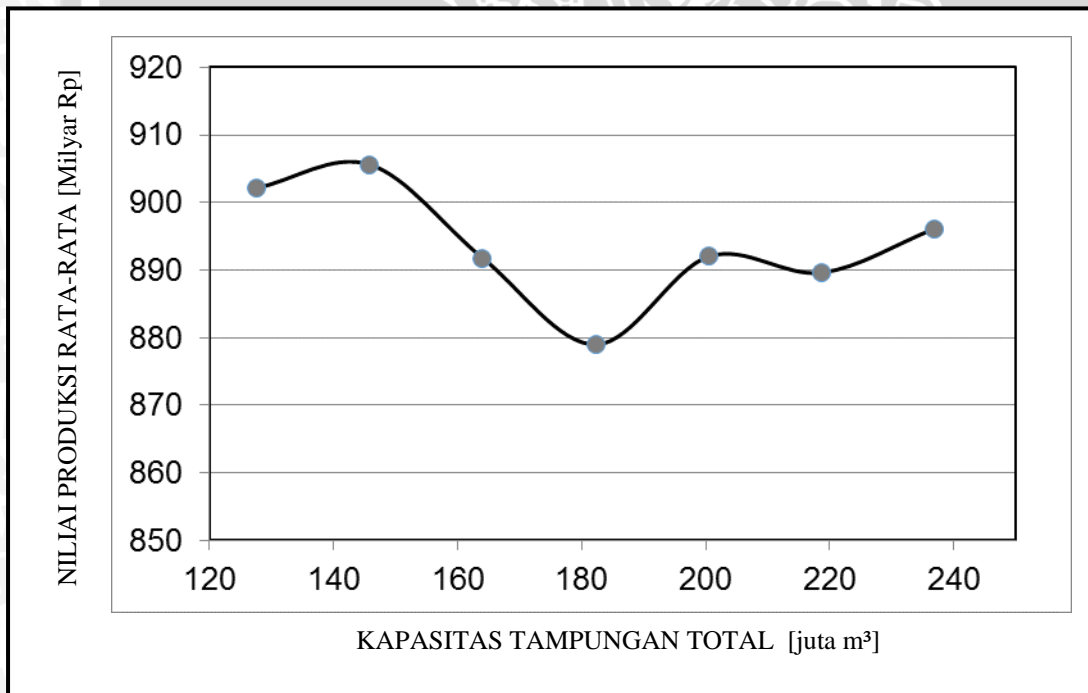
No. Titik	Faktor Perubah Tamp.	Kap. Tamp. Total Waduk [juta m <sup>3</sup> ]	Nilai Produksi Irigasi [milyar Rp]	
			Rata-Rata	Maks.
1	0,7	127,58	902,14	981,57
2	0,8	145,80	905,64	968,24
3	0,9	164,03	891,81	949,52
4	1	182,25	879,00	972,31
5	1,1	200,48	892,03	947,15
6	1,2	218,70	889,64	937,08
7	1,3	236,93	896,17	933,90

Sumber: Hasil Perhitungan

Apabila dibuat pendekatan dengan kurva hubungan berikut:

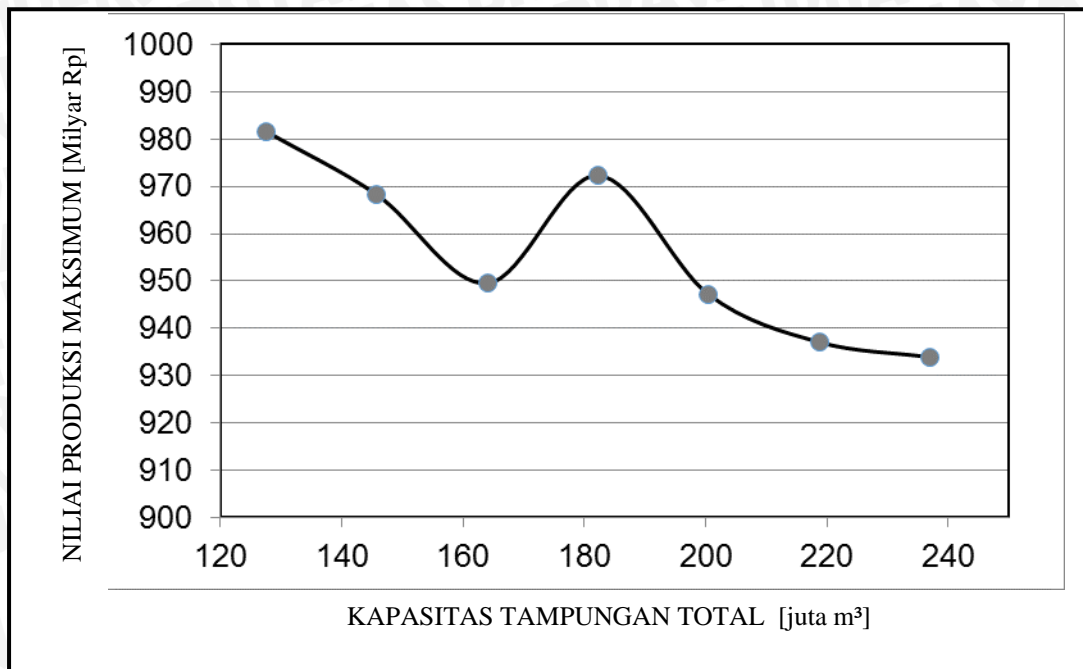
$$\text{Produksi} = \text{Konstanta} + (\text{Kapasitas})^{0.8} + (\text{Kapasitas})^{1.5}$$

Maka hasil plotting adalah sebagai berikut:



Gambar 4.5 Hubungan Produksi Rata-Rata dengan Kapasitas Tampungan Berdasarkan *Rule Curve*.





Gambar 4.6 Hubungan Produksi Maksimum dengan Kapasitas Tampung Berdasarkan *Rule Curve*.

Apabila terhadap kurva hubungan Produksi – Kapasitas Tampung dihitung turunan pertama  $d(\text{Produksi}) / d(\text{Kapasitas})$ . Maka tabel nilai produksi per unit tampungan untuk tiap kapasitas adalah sebagai berikut.

Tabel 4.20 Nilai Produksi per unit Tampungan untuk tiap Kapasitas Berdasarkan *Rule Curve*.

No. Titik	Kap. Tamp. Total Waduk [juta m³]	Nilai Produksi Irigasi per Unit Kapasitas Tamp. [Rp/m³]
1	127,58	902,14
2	145,80	905,64
3	164,03	891,81
4	182,25	879,00
5	200,48	892,03
6	218,70	889,64
7	236,93	896,17

Sumber: Hasil Perhitungan

Dari analisa perhitungan nilai unit kapasitas tampungan Waduk Sutami yang telah dilakukan sejauh ini, maka:

1. Nilai produksi pola operasi Waduk *Rule Curve* jelas lebih tinggi bila dibandingkan dengan nilai produksi pola operasi Waduk Lepas Berdasarkan Status Tampungan. Hal ini menunjukkan bahwa pola operasi Waduk *Rule Curve* memang sesuai untuk Waduk Sutami.

Tabel 4.21 Perbandingan nilai produksi irigasi per unit kapasitas tampungan dengan menggunakan pola operasi *rule curve* dan aturan lepasan

Faktor kapasitas tampungan	Nilai Produksi Irigasi per Unit Kapasitas Tamp. [Rp/m <sup>3</sup> ]	
	<i>Rule Curve</i>	Aturan Lepas
70 %	902,14	436,19
80 %	905,64	388,07
90 %	891,81	368,12
100 %	879,00	350,10
110 %	892,03	333,65
120 %	889,64	318,48
130 %	896,17	304,39

Sumber: Perhitungan

2. Ke-7 nilai Faktor Kapasitas Tampungan (70%-80%-90%-100%-110%-120%-130%) telah memberikan nilai-nilai produksi yang cukup berbeda sehingga memungkinkan dibuatnya kurva pendekatan hubungan yang cukup baik (koefisien determinasi = 99,76 %) kali ini dengan menggunakan pola operasi waduk yang berupa Lepas Berdasarkan Status Tampungan, karena nilai produksi maksimumnya dapat dibuat stabil dengan menerapkan simulasi stokastik terhadap hasil simulasi *Random Search*. Namun analisa nilai unit kapasitas tampungan Waduk Sutami hasil simulasi *Random Search* terhadap pola operasi Waduk *Rule Curve* tampaknya sulit untuk distabilkan dengan simulasi stokastik.