

BAB IV ANALISA DAN PENGOLAHAN DATA

4.1 Kondisi Daerah Studi

Kondisi daerah studi yang dibahas adalah kondisi hidrogeologi regional. Kondisi ini berdasarkan terdapatnya airtanah dan produktivitas akuifer yang dibagi menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok akuifer dengan aliran melalui ruang antar butir, kelompok akuifer dengan aliran melalui celahan dan ruang antar butir dan kelompok akuifer dengan aliran melalui celahan, rekahan dan saluran.

Berdasarkan peta hidrogeologi, Kecamatan Klojen termasuk dalam kelompok akuifer dengan aliran melalui celahan dan ruang antar butir yang dapat dikelompokkan lagi menjadi:

1. Akuifer produktif tinggi dengan penyebaran luas, yaitu akuifer dengan kisaran kedalaman muka airtanah sangat beragam, debit sumur umumnya lebih dari 5 lt/dtk. Kota Malang khususnya Kecamatan Klojen termasuk dalam jenis ini.
2. Akuifer produktif sedang dengan penyebaran luas, yaitu akuifer dengan keterusan sangat beragam; kedalaman muka airtanah bebas umunya dalam, debit sumur umumnya kurang dari 5 lt/dtk.
3. Akuifer produktif setempat, yaitu akuifer dengan keterusan sangat beragam, umumnya airtanah tidak dimanfaatkan karena dalamnya muka airtanah, mata air setempat berdebit kecil dapat diturap.

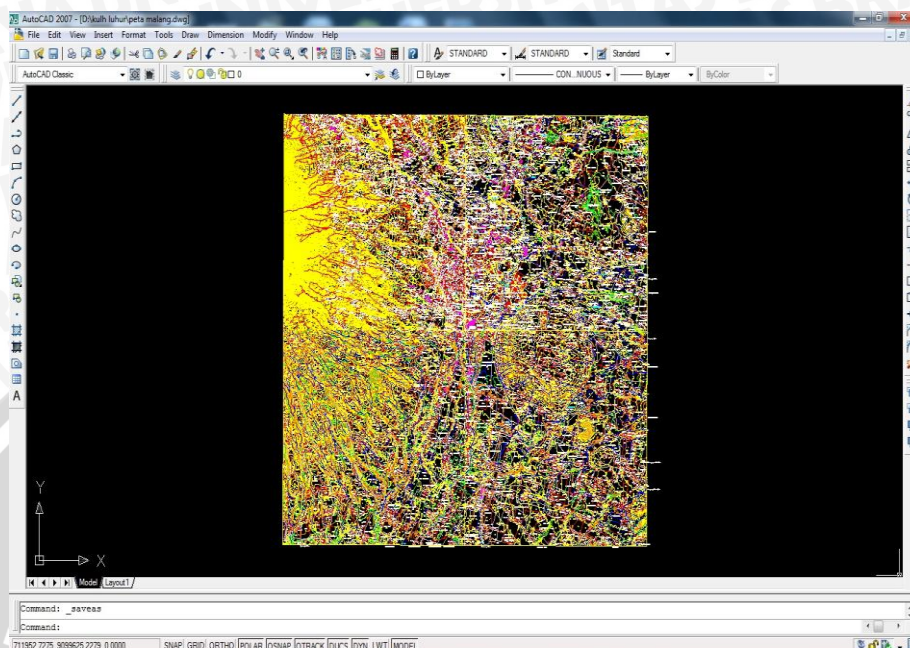
4.2 Pengolahan Data

4.2.1 Penentuan Batas Daerah Studi

Batas yang digunakan untuk daerah studi adalah batas administrasi Kecamatan Klojen. Luas Kecamatan Klojen adalah 8,866 km² yang meliputi 11 (sebelas) kelurahan, antara lain Kelurahan Penanggungan, Gading Kasri, Oro-oro dowo, Samaan, Rampal Celaket, Bareng, Kauman, Klojen, Sukoharjo, Kidul Dalem dan Kasin (<http://id.wikipedia.org>). Langkah – langkah yang dilakukan untuk menentukan batas daerah studi adalah sebagai berikut:

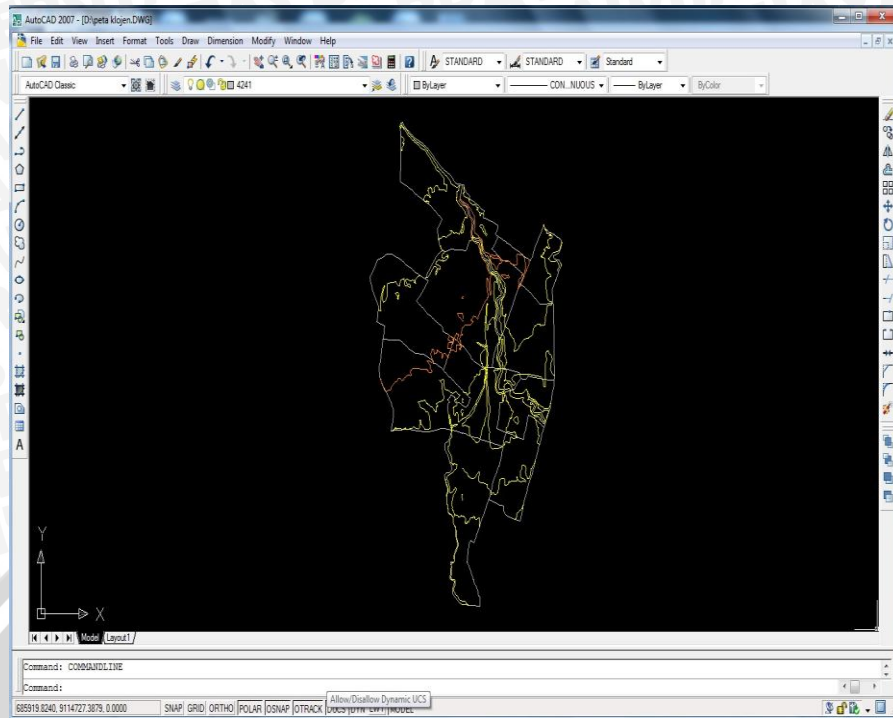
1. Dalam penentuan batas daerah studi ini menggunakan peta rupa bumi Jawa Timur khususnya Kecamatan Klojen di Kota Malang yang didapat dari Bakosurtanal dengan skala 1:25.000 yang terdiri dari 4 *site* peta dengan indeks 1608-111, 1607-112, 1607- 433 dan 1607- 434.

2. Gabungkan keempat peta rupa bumi tersebut sesuai dengan koordinatnya, selanjutnya simpan “save” gabungan peta yang masih berupa bentuk *file AutoCAD* (.dwg) dengan nama yang sesuai misalnya *batas klojen.dwg*.



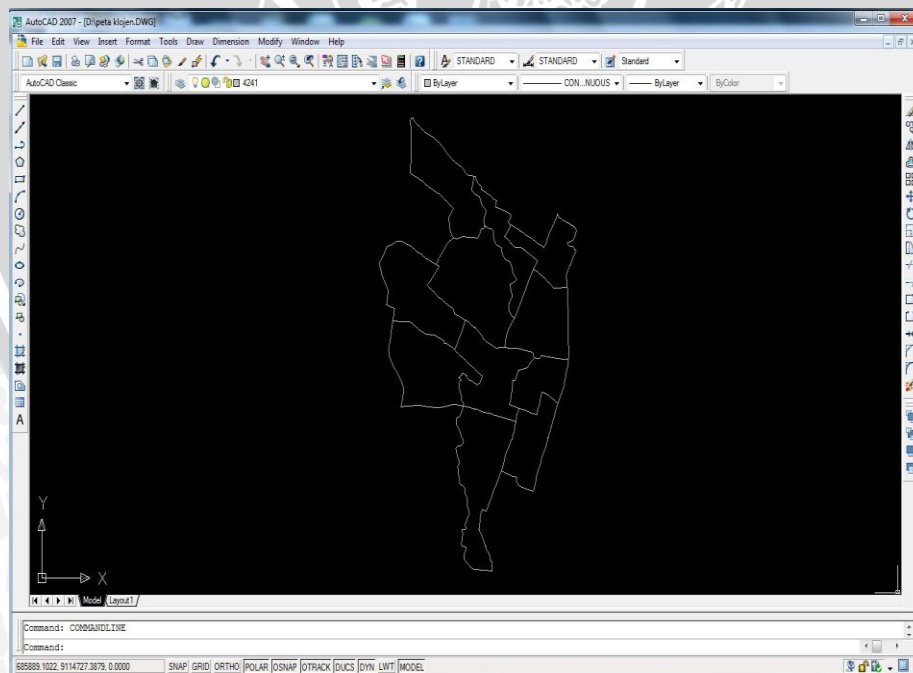
Gambar 4.1 Penggabungan 4 *site* peta
Sumber : Autocad 2007

3. Masih dalam format *AutoCAD* lakukan proses *editing* untuk memisahkan atau menghapus daerah selain daerah studi (Kecamatan Klojen) serta memperbaiki *polygon* atau *polyline* yang masih tidak menyatu. Perlu diperhatikan bahwa dalam satu tema misalnya batas kecamatan harus menggunakan jenis garis yang sama dalam hal ini adalah garis *polyline*. Misalnya pada garis kontur seharusnya memakai jenis *polyline* dan jika ada kontur yang menggunakan *3D polyline*, garis tersebut harus di *explode* sehingga garisnya berubah menjadi *polyline* biasa. Setelah yakin semua garis sudah sama jenisnya dan telah disatukan, simpan file peta tersebut.



Gambar 4.2 Peta Klojen beserta batas kelurahan dan konturnya
Sumber : Autocad 2007

4. Untuk keperluan analisa selanjutnya, peta Klojen yang sudah rapi dipilah lagi menjadi peta lain yang hanya memiliki satu informasi, misalnya peta kontur atau batas kelurahan saja.



Gambar 4.3 Peta batas kelurahan Kecamatan Klojen
Sumber : Autocad 2007

-

4.2.2 Interpretasi Lapisan Bawah Tanah

4.2.2.1 Sumur 1

Sumur 1 terletak di Asrama SPK Panti Waluyo pada ketinggian ± 442 dpl dengan kedalaman sumur 128 meter dan struktur bebatuan terdiri atas lempung, breksi, boulder, tufa dan pasir. Dari pemboran uji didapatkan struktur litologi lapisan tanah sumur 1 yang ditampilkan pada Tabel 4.1. Dari tabel 4.1 didapatkan media akuifer berupa pasir kasar, sedangkan media zona tak jenuh berupa tufa.

Tabel 4.1 Struktur lapisan tanah sumur 1

Kedalaman (m)	Jenis batuan	Sifat fisik batuan
0 sampai dengan 10	Tufa	Akuitar
10 sampai dengan 16	Pasir Kasar	Akuifer
16 sampai dengan 19	Breksi Vulkanik	Akuifer
19 sampai dengan 23	Pasir halus dan sedang	Akuifer
23 sampai dengan 24	Lempung pasiran	Akuifer
24 sampai dengan 28	Pasir Kasar	Akuifer
28 sampai dengan 30	Boulder andesit	Akuifug
30 sampai dengan 32	Pasir Kasar	Akuifer
32 sampai dengan 35	Lempung pasiran	Akuiklud
35 sampai dengan 43	Pasir kasar	Akuifer
43 sampai dengan 45	Lempung pasiran	Akuiklud
45 sampai dengan 56	Pasir kasar	Akuifer
56 sampai dengan 59	Boulder andesit	Akuifug
59 sampai dengan 64	Pasir Kasar	Akuifer
64 sampai dengan 65	Lempung pasiran	Akuiklud
65 sampai dengan 74	Pasir Kasar	Akuifer
74 sampai dengan 78	Breksi vulkanik	Akuifer
78 sampai dengan 95	Pasir kasar	Akuifer
95 sampai dengan 98	Breksi vulkanik	Akuifer
98 sampai dengan 107	Pasir Kasar	Akuifer
107 sampai dengan 122	Breksi vulkanik	Akuifer
122 sampai dengan 128	Pasir halus dan sedang	Akuifer

Sumber: CV. Bukit barisan drilling contractor

4.2.2.2 Sumur 2

Sumur 2 terletak di Pasar Besar Malang pada ketinggian ± 448 dpl dengan kedalaman sumur 104 meter dan struktur bebatuan terdiri atas lempung pasiran, lempung liat, tufa, breksi, pasir kasar dan pasir halus dan sedang. Dari pemboran uji didapatkan struktur litologi lapisan tanah sumur 2 yang ditampilkan pada Tabel 4.2. Dari tabel 4.2 didapatkan media akuifer berupa pasir halus, sedangkan media zona tak jenuh berupa tufa.

Tabel 4.2 Struktur lapisan tanah sumur 2

Kedalaman (m)	Jenis batuan	Sifat fisik batuan
0 sampai dengan 8	Tufa	Akuitar
8 sampai dengan 10	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
10 sampai dengan 12	Tufa	Akuitar
12 sampai dengan 24	Lempung liat	Akuiklud
24 sampai dengan 25	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
25 sampai dengan 30	Lempung pasiran	Akuiklud
30 sampai dengan 35	Lempung liat	Akuiklud
35 sampai dengan 40	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
40 sampai dengan 44	Lempung pasiran	Akuiklud
44 sampai dengan 56	Pasir Kasar	Akuiifer
56 sampai dengan 57	Lempung pasiran	Akuiklud
57 sampai dengan 59	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
59 sampai dengan 60	Lempung pasiran	Akuiklud
60 sampai dengan 64	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
64 sampai dengan 67	Lempung liat	Akuiklud
67 sampai dengan 73	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
73 sampai dengan 76	Lempung pasiran	Akuiklud
76 sampai dengan 77	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
77 sampai dengan 80	Lempung liat	Akuiklud
80 sampai dengan 83	Lempung pasiran	Akuiklud
83 sampai dengan 87	Pasir halus dan sedang	Akuiifer
87 sampai dengan 89	Lempung liat	Akuiklud
89 sampai dengan 93	Lempung pasiran	Akuiklud
93 sampai dengan 95	Lempung liat	Akuiklud
95 sampai dengan 98	Breksi vulkanik	Akuiifer
98 sampai dengan 104	Lempung pasiran	Akuiklud

Sumber: CV. Bukit barisan drilling contractor

4.2.2.3 Sumur 3

Sumur 3 terletak di Hotel Sriwijaya pada ketinggian ± 445 dpl dengan kedalaman sumur 71 meter dan struktur bebatuan terdiri atas tufa, lempung, batuan. Dari pemboran uji didapatkan struktur litologi lapisan tanah sumur 3 yang ditampilkan

pada Tabel 4.3. Dari tabel 4.3 didapatkan media akuifer berupa breksi, sedangkan media zona tak jenuh berupa lempung.

Tabel 4.3 Struktur lapisan tanah sumur 3

Kedalaman (m)	Jenis batuan	Sifat fisik batuan
0 sampai dengan 4	Clay coklat tua	Akuiklud
4 sampai dengan 17	Breksi, tuffa putih, hitam, kuning	Akuifer
17 sampai dengan 19	Clay kuning	Akuiklud
19 sampai dengan 21	Clay hitam coklat tua	Akuiklud
21 sampai dengan 32	Breksi, tufa, grosok, batu hitam ada kuning	Akuifer
32 sampai dengan 40	Tufa kuning breksi	Akuifer
40 sampai dengan 41	Clay abu-abu muda	Akuiklud
41 sampai dengan 46	Breksi, tufa, grosok, pasir kasar	Akuifer
46 sampai dengan 60	Grosok, batuan pasir kasar hitam	Akuifer
60 sampai dengan 64	Batuan breksi hitam	Akuifer
64 sampai dengan 69	Grosok, batuan pasir kasar hitam	Akuifer
69 sampai dengan 72	Batuan breksi	Akuifer

Sumber: CV. Bukit barisan drilling contractor

4.2.2.4 Sumur 4

Sumur 4 terletak di SMAK Flateran pada ketinggian ± 459 dpl dengan kedalaman sumur 99,95 meter dan struktur bebatuan terdiri atas tufa, lempung, batuan pasir dan andesit. Dari pemboran uji didapatkan struktur litologi lapisan tanah sumur 4 yang ditampilkan pada Tabel 4.4. Dari tabel 4.4 didapatkan media akuifer berupa batuan berpasir, sedangkan media zona tak jenuh berupa tufa.

Tabel 4.4 Struktur lapisan tanah sumur 4

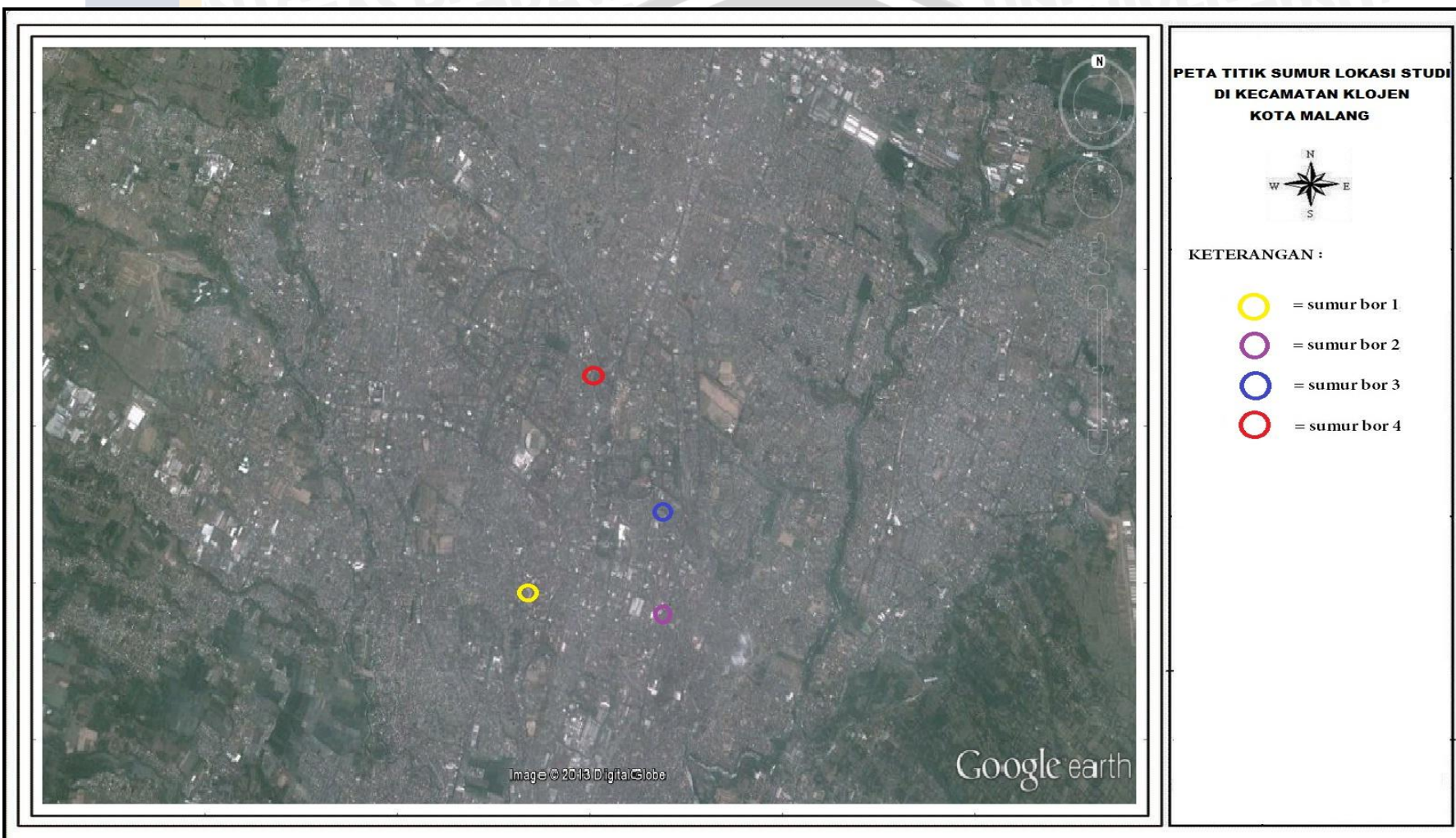
Kedalaman (m)	Jenis batuan	Sifat fisik batuan
0 sampai dengan 11	Tufa	Akuitar
11 sampai dengan 24	Batuan berpasir	Akuifer
24 sampai dengan 28	Lempung coklat	Akuiklud
28 sampai dengan 36	Padas, batuan coklat putih	Akuiklud
36 sampai dengan 43	Batuan hitam berpasir	Akuifer
43 sampai dengan 51	Lempung berpasir	Akuiklud
51 sampai dengan 60	Batuan hitam berpasir	Akuifer
60 sampai dengan 62	Lempung coklat	Akuiklud

Kedalaman (m)	Jenis batuan	Sifat fisik batuan
62 sampai dengan 65	Batuan berpasir	Akuifer
65 sampai dengan 69	Clay cadas, merah-putih	Akuiklud
69 sampai dengan 72	Batuan berpasir	Akuifer
72 sampai dengan 81	Lempung coklat	Akuiklud
81 sampai dengan 93	Padas merah	Akuiklud
93 sampai dengan 99,95	Batuan berpasir	Akuifer

Sumber: CV. Bukit barisan drilling contractor

Pada gambar 4.5 ditampilkan letak sumur uji di Kecamatan Klojen yang nantinya dibagi menjadi 4 (empat) zona wilayah yang masing-masing diwakili oleh 1 (satu) sumur bor. Pembagian zona ini dilakukan untuk memudahkan penyusun dalam penggambaran peta tematik tiap parameter *DRASTIC*.





Gambar 4.5 Peta titik sumur lokasi studi di Kecamatan Klojen Kota Malang
Sumber : Google earth

4.2.3 Pengujian Akuifer

Tujuan pengujian akuifer adalah:

1. Untuk memperoleh sifat hidraulis akuifernya (koefisien keterusan atau transmisivitas akuifer) dengan jalan menganalisis data pengamatan. Dengan didapatkan harga T , maka dapat dihitung harga K (koefisien kelulusan air) dengan rumus $T = K.D$, dengan D adalah tebal akuifer.
2. Untuk menetapkan jenis akuifer yang dihadapi dan hasilnya dapat menambah kepastian terhadap analisis diskripsi geologinya, juga memberikan keterangan atas besarnya debit hasil dan penurunan muka air di sumur.

Pada pengujian akuifer ini, perhitungan koefisien kelulusan air (K) dengan menggunakan 2 metode yaitu metode Theis untuk aliran tidak tunak, sedangkan metode Thiem untuk aliran tunak. Untuk data pemompaan uji menerus dapat dilihat pada tabel 4.5 sampai tabel 4.8 Sedangkan tampilan uji sumur dapat dilihat pada gambar 4.6 Sampai gambar 4.9.



Tabel 4.5 Data Pemompaan Uji Menerus Sumur 1

Q = 1.5 ltr/detik = 129.6 m³/hari

D = 41 meter

no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)
1	0	0	26	250	3.6	51	490	5.68	76	950	6.09
2	10	1.25	27	260	3.59	52	500	5.68	77	1010	6.11
3	20	1.25	28	270	3.61	53	510	5.67	78	1070	6.12
4	30	1.25	29	280	3.65	54	520	5.62	79	1130	6.09
5	40	1.25	30	290	3.65	55	530	5.73	80	1190	6.13
6	50	1.25	31	300	3.65	56	540	5.67	81	1250	6.13
7	60	1.25	32	310	3.65	57	550	5.7	82	1310	6.14
8	70	1.25	33	320	3.65	58	560	5.7	83	1370	6.15
9	80	1.25	34	330	3.67	59	570	5.71	84	1430	6.15
10	90	1.25	35	340	3.73	60	580	5.7			
11	100	1.25	36	350	3.73	61	590	5.71			
12	110	1.25	37	360	3.73	62	600	5.72			
13	120	1.25	38	370	5.01	63	610	5.73			
14	130	1.25	39	380	5.07	64	620	5.75			
15	140	3.2	40	390	5.2	65	630	5.76			
16	150	3.27	41	400	5.26	66	640	5.76			
17	160	3.33	42	410	5.35	67	650	5.8			
18	170	3.39	43	420	5.35	68	680	5.85			
19	180	3.43	44	430	5.33	69	710	5.86			
20	190	3.45	45	440	5.51	70	740	5.89			
21	200	3.5	46	450	5.5	71	770	5.91			
22	210	3.52	47	460	5.58	72	800	5.95			
23	220	3.51	48	470	5.54	73	830	5.97			
24	230	3.54	49	480	5.56	74	860	5.98			
25	240	3.57	50	490	5.56	75	890	5.99			

Sumber : Abduh (2012:L-15)

Tabel 4.6 Data Pemompaan Uji Menerus Sumur 2

Q = 3.01 ltr/detik = 260.064 m³/hari

D = 18 meter

no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)
1	0	0	26	270	16.06	51	980	16.05
2	1	8.5	27	300	16.06	52	990	16.14
3	5	11.56	28	330	16.06	53	990	16.25
4	10	13.5	29	360	16.2	54	1000	16.21
5	20	13.93	30	390	15.83	55	1010	16.22
6	30	14.26	31	420	15.87	56	1020	16.22
7	40	14.35	32	450	16	57	1030	16.27
8	50	14.42	33	480	16.06	58	1040	16.24
9	60	14.67	34	540	15.86	59	1050	16.28
10	70	15.04	35	600	15.82	60	1060	16.25
11	80	15.09	36	660	15.82	61	1070	16.26
12	90	15.14	37	720	15.86	62	1080	16.29
13	100	15.38	38	780	16.1	63	1090	16.29
14	110	15.47	39	810	16.06	64	1100	16.29
15	120	15.55	40	825	16.09	65	1110	16.29
16	130	15.5	41	840	16.11	66	1120	16.25
17	140	15.5	42	855	16.02	67	1130	16.18
18	150	15.53	43	870	15.93	68	1140	16.08
19	160	15.57	44	885	15.97	69	1150	16.08
20	170	15.59	45	900	15.93	70	1160	16.08
21	180	15.65	46	915	15.93	71	1170	16.18
22	195	15.75	47	930	15.95	72	1180	16.35
23	210	15.62	48	945	16.4	73	1190	16.19
24	225	15.76	49	960	16.3	74		
25	240	15.92	50	970	16.09	75		

Sumber : Abduh (2012:L-20)

Tabel 4.7 Data Pemompaan Uji Menerus Sumur 3

Q = 3.57 ltr/detik = 308.448 m³/hari

D = 22 meter

no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)
1	0	-	26	250	6.6	51	490	9.17	76	740	10.36	101	1220	11.08
2	10	3.8	27	260	6.6	52	500	9.4	77	750	10.36	102	1250	11.1
3	20	3.58	28	270	6.6	53	510	9.55	78	760	10.4	103	1280	11.14
4	30	3.58	29	280	6.6	54	520	9.6	79	770	10.4	104	1310	11.14
5	40	3.58	30	290	6.6	55	530	9.6	80	780	10.4	105	1340	11.3
6	50	3.58	31	300	6.6	56	540	9.76	81	790	10.4	106	1370	11.3
7	60	3.58	32	310	7.96	57	550	9.77	82	800	10.4	107	1400	11.25
8	70	4.8	33	320	7.9	58	560	9.9	83	810	10.4	108	1430	11.25
9	80	4.8	34	330	7.9	59	570	9.9	84	820	10.4	109	1460	11.3
10	90	4.8	35	340	7.92	60	580	10	85	830	10.5	110	1490	11.36
11	100	4.88	36	350	7.92	61	590	10	86	850	10.5	111	1520	11.4
12	110	4.9	37	360	7.96	62	600	10	87	870	10.5	112	1550	11.4
13	120	4.92	38	370	8.04	63	610	10.04	88	890	10.5	113	1580	11.5
14	130	4.96	39	380	7.86	64	620	10.1	89	910	10.5	114	1610	11.5
15	140	4.96	40	390	8	65	630	10.1	90	930	10.58	115	1640	11.5
16	150	4.96	41	400	8	66	640	10.1	91	950	10.67	116	1670	11.5
17	160	5.06	42	410	8	67	650	10.1	92	970	10.64	117	1700	11.6
18	170	5.06	43	420	8	68	660	10.05	93	990	10.64	118	1730	11.6
19	180	5.06	44	430	8.2	69	670	10.2	94	1010	10.7	119	1760	11.6
20	190	6.6	45	440	8.26	70	680	10.36	95	1040	10.7	120	1790	11.6
21	200	6.6	46	450	8.43	71	690	10.4	96	1070	10.8	121	1820	11.6
22	210	6.6	47	460	8.54	72	700	10.4	97	1100	10.8	122	1850	11.6
23	220	6.6	48	470	8.67	73	710	10.4	98	1130	10.8	123		
24	230	6.6	49	480	8.8	74	720	10.3	99	1160	10.92	124		
25	240	6.6	50	490	9.35	75	730	10.36	100	1190	11.08	125		

Sumber : Abduh (2012:L-22)

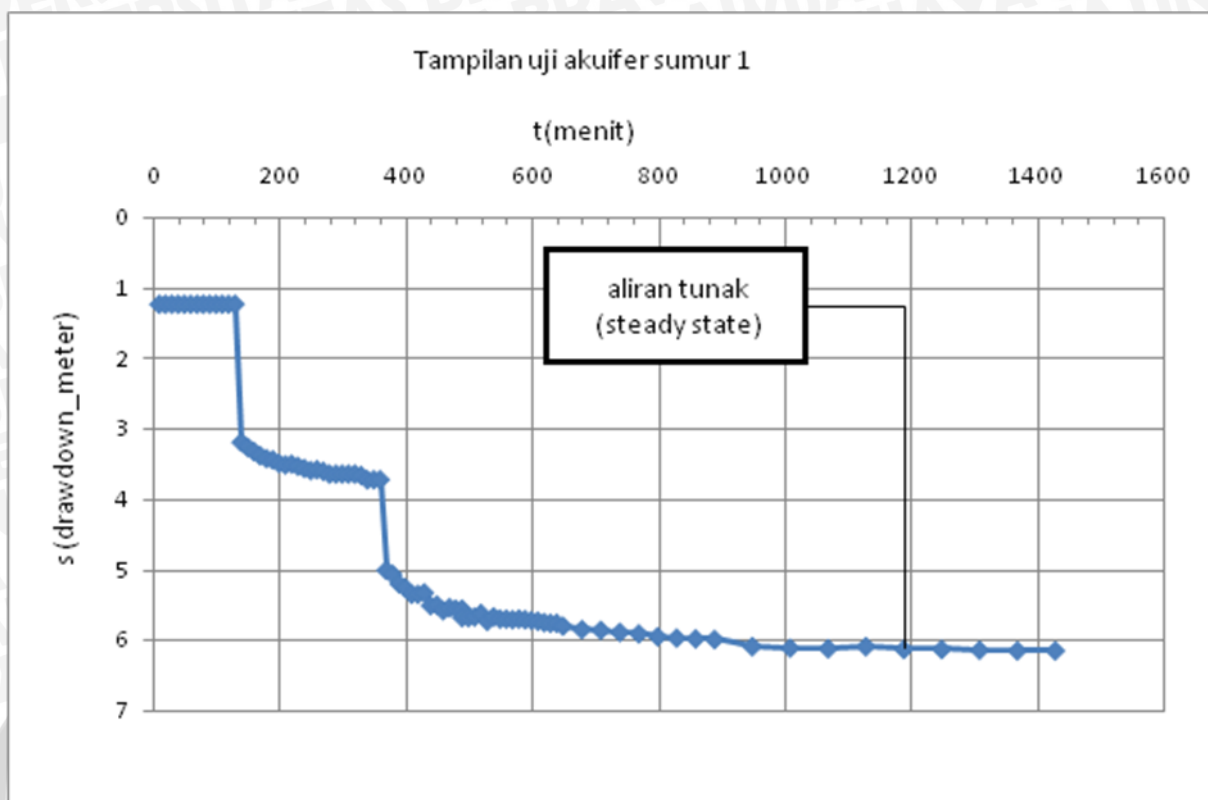
Tabel 4.8 Data Pemompaan Uji Menerus Sumur 4

Q = 7.68 ltr/detik = 663.552 m³/hari

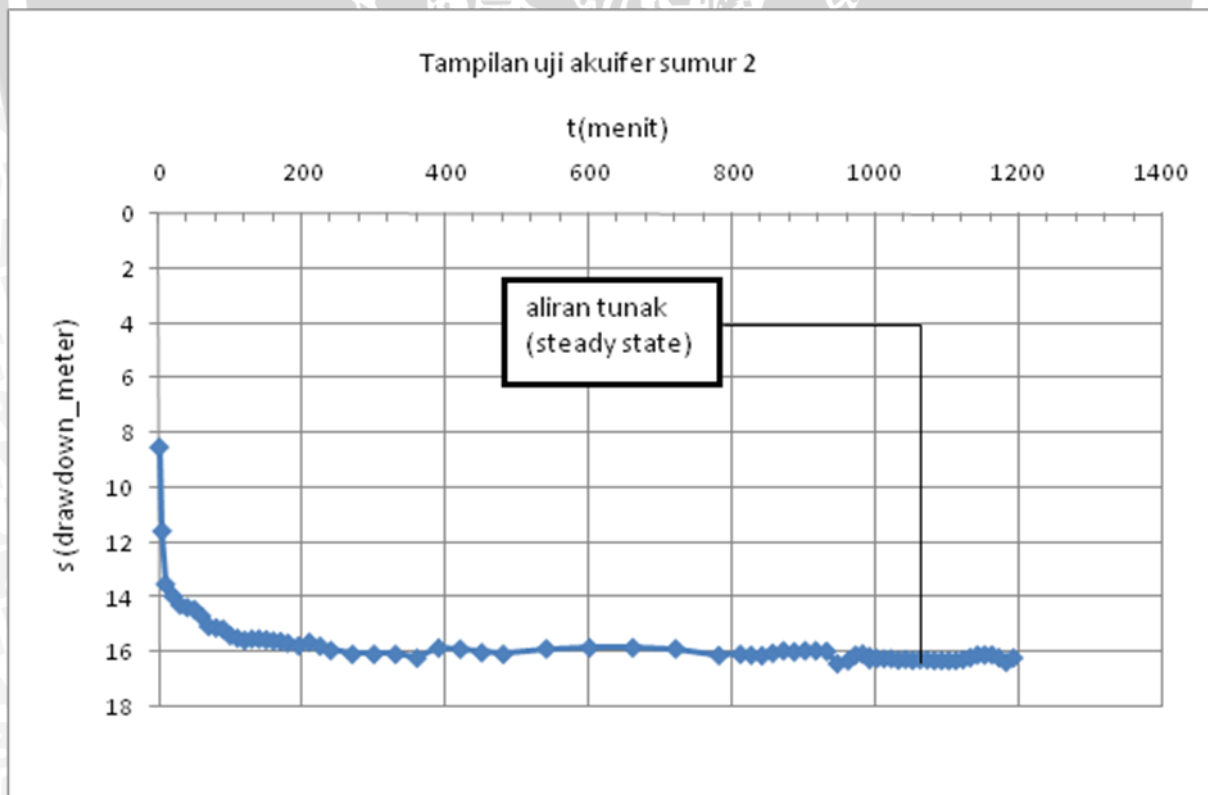
D = 15 meter

no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)	no	t (menit)	s (m)
1	0	0	26	315	18.56	51	1020	17.96
2	10	2.46	27	330	18.79	52	1050	17.96
3	20	5.46	28	345	18.79	53	1080	17.96
4	30	5.46	29	360	18.8	54	1110	17.96
5	40	5.46	30	390	18.76	55	1140	17.96
6	50	5.36	31	420	18.77	56	1170	17.96
7	60	5.32	32	450	18.75	57	1200	17.96
8	70	5.26	33	480	19.08	58	1230	17.96
9	80	5.26	34	510	19.13	59	1260	17.96
10	90	5.29	35	540	19.13	60	1290	17.96
11	100	5.29	36	570	19.08	61	1320	17.96
12	110	5.29	37	600	19.3	62	1350	17.98
13	120	5.29	38	630	18.67	63	1380	17.98
14	135	3.46	39	660	19.01	64	1410	17.99
15	150	4.67	40	690	19.1	65	1440	17.99
16	165	5.72	41	720	18.86	66	1470	17.99
17	180	6.88	42	750	18.86	67	1500	17.99
18	195	9.56	43	780	18.88	68	1530	17.99
19	210	10.94	44	810	18.88	69	1560	17.99
20	225	12.64	45	840	17.18	70	1590	17.98
21	240	14.54	46	870	18.56	71	1620	17.98
22	255	16.2	47	900	18.82	72	1650	17.98
23	270	18.31	48	930	18.82	73	1680	17.98
24	285	18.41	49	960	18.86	74	1710	17.98
25	300	18.41	50	990	18.86	75	1740	17.98

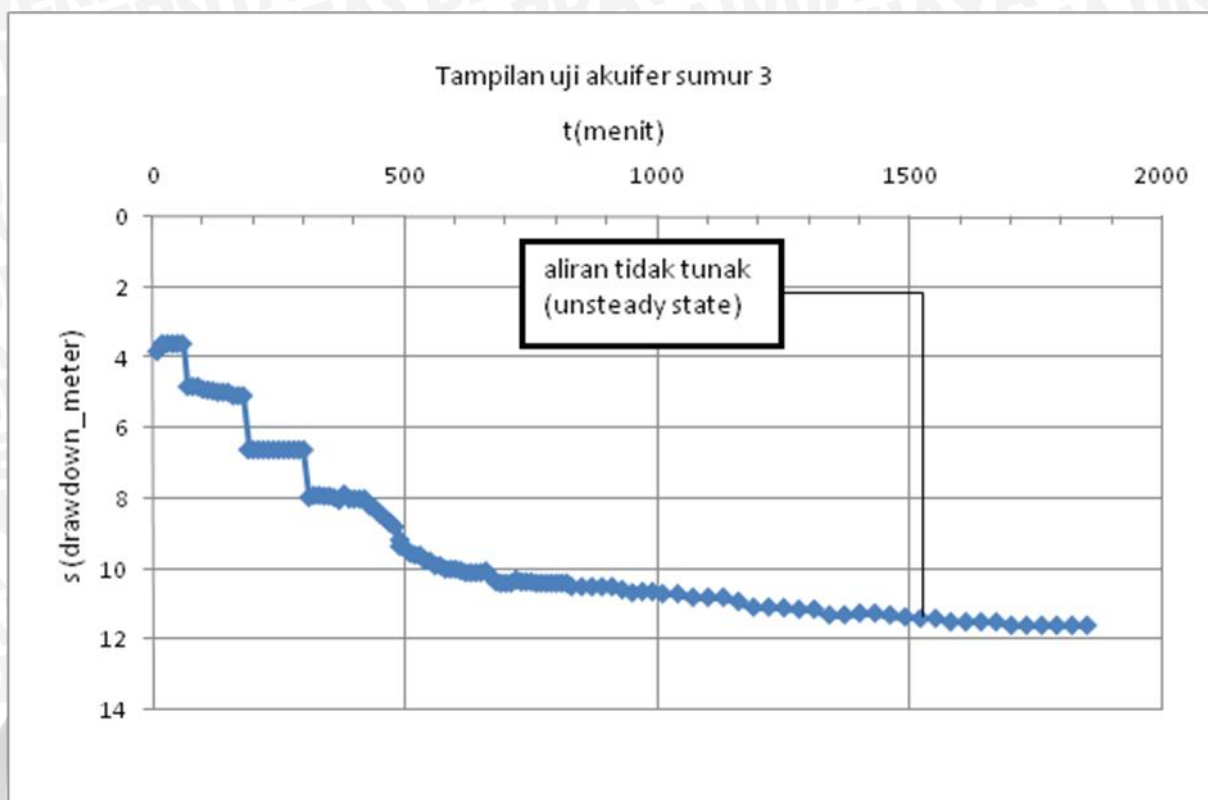
Sumber : Abduh (2012:L-33)



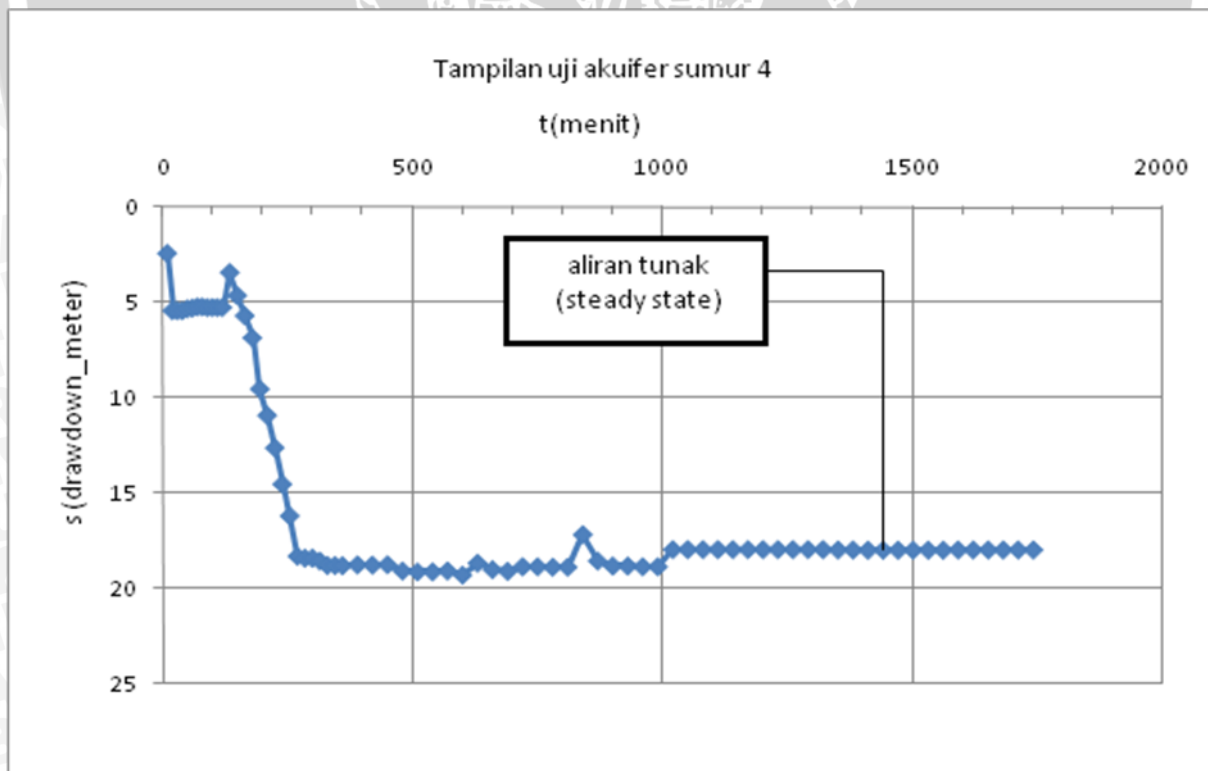
Gambar 4.6 Tampilan Uji Akuifer Sumur 1
Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.7 Tampilan Uji Akuifer Sumur 2
Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.8 Tampilan Uji Akuifer Sumur 3
Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.9 Tampilan Uji Akuifer Sumur 4
Sumber : Hasil perhitungan

4.2.3.1 Koefisien Kelulusan Air untuk Aliran Tidak Tunak (*Unsteady Flow*)

Dari gambar 4.8 Tampilan uji akuifer sumur 3 dapat dikategorikan aliran tidak tunak. Untuk mengetahui koefisien kelulusan air (K) digunakan metode Theis. Urutan analisis metode Theis adalah sebagai berikut:

1. Plot data hasil pengamatan dari sumur pengamat antara S sebagai ordinat dengan r^2/t sebagai absis pada grafik log-log dengan skala yang sama dengan lengkung jenis.
2. Tumpukan grafik data lapangan ini pada bagian lengkung jenis dari theis dengan menjaga sumbu-sumbu kedua kertas grafik tetap dalam keadaan sejajar. Carilah titik-titik yang sama antara data lapangan dengan lengkung jenis.
Diperoleh titik tumpu tanding A (dibagian yang saling bertumpu) pada kedua kertas grafik. Untuk alasan mempermudah perhitungan, tentukan titik tumpu tanding A sedemikian, sehingga ordinat dari grafik lengkung jenis $W(U)$ dan absis U merupakan bilangan sederhana (misalnya $W(U) = 4,5$ dan $U = 1E-2$).
3. Tentukan harga-harga S dan r^2/t sebagai koordinat A terhadap kertas grafik.

Masukan harga Q, S, $W(U)$ ke dalam persamaan Theis untuk mendapatkan nilai T. Pada gambar 4.10 Grafik Superposisi diperoleh $S = 10$ dan $r^2/t = 0,2 \text{ m}^2/\text{mnt}$.

Berdasarkan data dan grafik metode theis diperoleh :

$$W(u) = 4,5 \text{ m}$$

$$S = 10 \text{ m}$$

$$Q = 308,448 \text{ m}^3/\text{hari}$$

$$D = 22 \text{ meter}$$

Dengan menggunakan rumus Theis diperoleh :

Transmisifitas akuifer :

$$T = \frac{Q}{4\pi S} W(u) = \frac{308,448}{4 \times 3,14 \times 10} \times 4,5 = 11,051 \text{ m}^2 / \text{hari}$$

Harga koefisien kelulusan air :

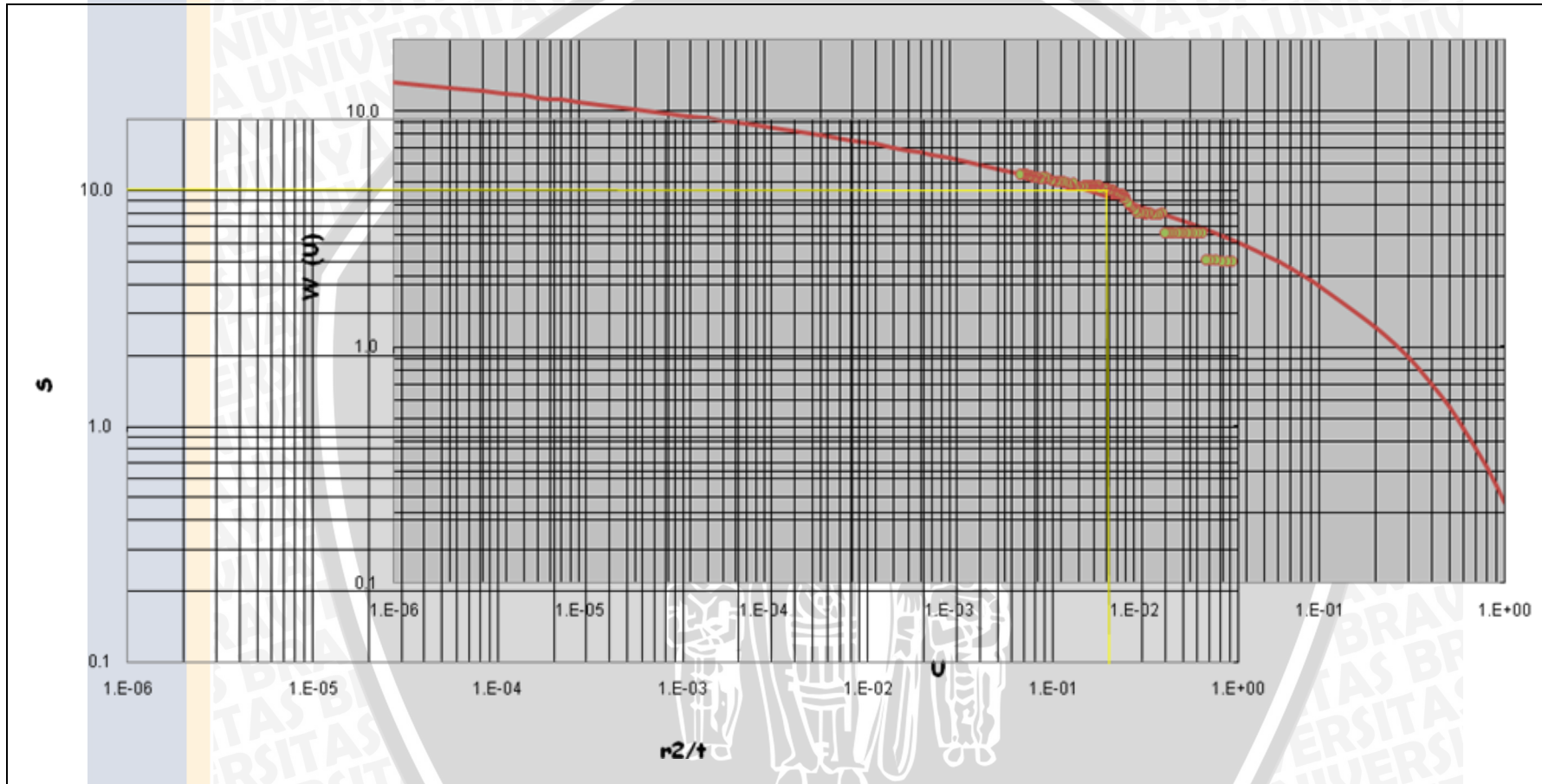
$$K = \frac{T}{D} = \frac{11,051}{22} = 0,502 \text{ m} / \text{hari}$$

Tabel 4.9 Perhitungan Metode Theis Sumur 3

Diketahui : $Q = 3.57 \text{ ltr/detik} = 308.448 \text{ m}^3/\text{hari}$
 $D = 22 \text{ meter}$
 $r = 11 \text{ meter}$

no	t (menit)	s (m)	r ² /t (m ² /menit)	no	t (menit)	s (m)	r ² /t (m ² /menit)	no	t (menit)	s (m)	r ² /t (m ² /menit)	no	t (menit)	s (m)	r ² /t (m ² /menit)	no	t (menit)	s (m)	r ² /t (m ² /menit)
1	0	-	-	26	250	6.6	0.4840	51	490	9.17	0.247	76	740	10.36	0.164	101	1220	11.08	0.099
2	10	3.8	12.100	27	260	6.6	0.4654	52	500	9.4	0.242	77	750	10.36	0.161	102	1250	11.1	0.097
3	20	3.58	6.050	28	270	6.6	0.4481	53	510	9.55	0.237	78	760	10.4	0.159	103	1280	11.14	0.095
4	30	3.58	4.033	29	280	6.6	0.4321	54	520	9.6	0.233	79	770	10.4	0.157	104	1310	11.14	0.092
5	40	3.58	3.025	30	290	6.6	0.4172	55	530	9.6	0.228	80	780	10.4	0.155	105	1340	11.3	0.090
6	50	3.58	2.420	31	300	6.6	0.4033	56	540	9.76	0.224	81	790	10.4	0.153	106	1370	11.3	0.088
7	60	3.58	2.017	32	310	7.96	0.3903	57	550	9.77	0.220	82	800	10.4	0.151	107	1400	11.25	0.086
8	70	4.8	1.729	33	320	7.9	0.3781	58	560	9.9	0.216	83	810	10.4	0.149	108	1430	11.25	0.085
9	80	4.8	1.513	34	330	7.9	0.3667	59	570	9.9	0.212	84	820	10.4	0.148	109	1460	11.3	0.083
10	90	4.8	1.344	35	340	7.92	0.3559	60	580	10	0.209	85	830	10.5	0.146	110	1490	11.36	0.081
11	100	4.88	1.210	36	350	7.92	0.3457	61	590	10	0.205	86	850	10.5	0.142	111	1520	11.4	0.080
12	110	4.9	1.100	37	360	7.96	0.3361	62	600	10	0.202	87	870	10.5	0.139	112	1550	11.4	0.078
13	120	4.92	1.008	38	370	8.04	0.3270	63	610	10.04	0.198	88	890	10.5	0.136	113	1580	11.5	0.077
14	130	4.96	0.931	39	380	7.86	0.3184	64	620	10.1	0.195	89	910	10.5	0.133	114	1610	11.5	0.075
15	140	4.96	0.864	40	390	8	0.3103	65	630	10.1	0.192	90	930	10.58	0.130	115	1640	11.5	0.074
16	150	4.96	0.807	41	400	8	0.3025	66	640	10.1	0.189	91	950	10.67	0.127	116	1670	11.5	0.072
17	160	5.06	0.756	42	410	8	0.2951	67	650	10.1	0.186	92	970	10.64	0.125	117	1700	11.6	0.071
18	170	5.06	0.712	43	420	8	0.2881	68	660	10.05	0.183	93	990	10.64	0.122	118	1730	11.6	0.070
19	180	5.06	0.672	44	430	8.2	0.2814	69	670	10.2	0.181	94	1010	10.7	0.120	119	1760	11.6	0.069
20	190	6.6	0.637	45	440	8.26	0.2750	70	680	10.36	0.178	95	1040	10.7	0.116	120	1790	11.6	0.068
21	200	6.6	0.605	46	450	8.43	0.2689	71	690	10.4	0.175	96	1070	10.8	0.113	121	1820	11.6	0.066
22	210	6.6	0.576	47	460	8.54	0.2630	72	700	10.4	0.173	97	1100	10.8	0.110	122	1850	11.6	0.065
23	220	6.6	0.550	48	470	8.67	0.2574	73	710	10.4	0.170	98	1130	10.8	0.107	123			
24	230	6.6	0.526	49	480	8.8	0.2521	74	720	10.3	0.168	99	1160	10.92	0.104	124			
25	240	6.6	0.504	50	490	9.35	0.2469	75	730	10.36	0.166	100	1190	11.08	0.102	125			

Sumber : Hasil perhitungan



Gambar 4.10 Grafik Superposisi Metode Theis pada sumur 3

Sumber : Hasil perhitungan

4.2.3.2 Koefisien Kelulusan Air untuk Aliran Tunak (*steady flow*)

Dari gambar 4.6, 4.7 dan 4.9 Tampilan uji akuifer sumur 1, 2 dan 4 dapat dikategorikan aliran tunak. Untuk mengetahui koefisien kelulusan air (K) digunakan metode Thiem. Untuk hasil perhitungan tiap sumur adalah sebagai berikut:

1. sumur 1

Dari data hasil pengujian menerus diperoleh :

$$S_w = 6,15 \text{ m}$$

$$\text{Tebal akuifer (D)} = 41 \text{ meter}$$

$$\text{Debit Pemompaan (Q)} = 1,5 \text{ liter/detik} = 129,6 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka :

Transmisifitas akuifer :

$$T = \frac{1,22 \cdot Q}{S_w} = \frac{1,22 \cdot 129,6}{6,15} = 25,709$$

Harga koefisien kelulusan air :

$$K = \frac{T}{D} = \frac{25,709}{41} = 0,627 \text{ m / hari}$$

2. sumur 2

Dari data hasil pengujian menerus diperoleh :

$$S_w = 16,29 \text{ m}$$

$$\text{Tebal akuifer (D)} = 18 \text{ meter}$$

$$\text{Debit Pemompaan (Q)} = 3,01 \text{ liter/detik} = 260,064 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka :

Transmisifitas akuifer :

$$T = \frac{1,22 \cdot Q}{S_w} = \frac{1,22 \cdot 260,064}{16,35} = 19,405$$

Harga koefisien kelulusan air :

$$K = \frac{T}{D} = \frac{19,405}{18} = 1,078 \text{ m / hari}$$

3. sumur 4

Dari data hasil pengujian menerus diperoleh :

$$S_w = 19,3 \text{ m}$$

$$\text{Tebal akuifer (D)} = 15 \text{ meter}$$

$$\text{Debit Pemompaan (Q)} = 7,68 \text{ liter/detik} = 663,552 \text{ m}^3/\text{hari}$$

Maka :

Transmisifitas akuifer :

$$T = \frac{1,22.Q}{S_w} = \frac{1,22.663,52}{19,3} = 41,944$$

Harga koefisien kelulusan air :

$$K = \frac{T}{D} = \frac{41,944}{15} = 2,79m / hari$$

4.2.4 Interpretasi Peta Jenis Tanah

Berdasarkan peta jenis tanah yang didapat dari BP DAS Brantas diketahui bahwa jenis tanah di Kecamatan Klojen adalah termasuk jenis alluvial dan andosol yang dijelaskan sebagai berikut:

a. Alluvial, memiliki ciri - ciri:

- Berwarna keabu-abuan sampai kecoklat-coklatan
- Tekstur tanah adalah liat atau liat berpasir dengan kandungan pasir kurang dari 50%
- Bahan induknya berasal dari bahan aluvial dan koluvial dari berbagai macam asalnya
- Permeabilitas umumnya lambat atau drainasenya rata-rata sedang dan cukup peka terhadap gejala erosi.

b. Andosol, memiliki ciri - ciri:

- Berwarna hitam, abu-abu, coklat tua hingga kekuningan
- Tekstur tanah gembur hingga bertekstur lempung, beberapa tempat bertekstur debu
- Bahan induknya berasal dari sisa abu vulkanik letusan gunung berapi
- Cukup rentan terhadap gejala erosi.

Dari ciri-ciri yang dijelaskan diatas maka tekstur tanah dan kelompok hidrologi tanah yang ada di Kecamatan Klojen disajikan pada Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Tekstur tanah dan kelompok hidrologi tanah

Jenis Tanah	Tekstur Tanah	Kelompok Hidrologi Tanah
Alluvial	Lempung pasiran	D
Andosol	Agregat Lempung	A

Sumber : Hasil analisis

4.2.5 Analisa Hidrologi

Dalam memperkirakan pengaruh kejadian hujan terhadap suatu daerah dapat dilakukan dengan analisis kejadian hujan. Analisis kejadian hujan dapat dilakukan dengan terlebih dahulu mengetahui siklus hujan pada suatu daerah, menentukan kawasan pengaruh hujan dan untuk menentukan berapa besar curah hujan rencana.

Analisa hidrologi merupakan data awal yang sangat penting dalam analisa selanjutnya yaitu sebagai data utama untuk menentukan besarnya infiltrasi pada lokasi studi.

Analisa hidrologi yang akan dikaji adalah meliputi :

- 1) Uji Konsistensi Data
- 2) Perhitungan Curah Hujan Rerata Daerah

4.2.5.1 Uji konsistensi

Uji konsistensi diperlukan untuk menguji kebenaran data lapangan yang tidak dipengaruhi kesalahan pada saat pengiriman atau pengukuran (Harto, 1993:59). Data hujan harian setiap stasiun selama 10 tahun terlebih dahulu diuji konsistensi datanya dengan menggunakan metode RAPS (*Rescale Adjusted Partial Sums*) seperti yang dijelaskan dalam tinjauan pustaka sub bab 2.

Metode RAPS (*Rescale Adjusted Partial Sums*), merupakan pengujian konsistensi dengan menggunakan data dari stasiun itu sendiri (uji homogenitas), yaitu pengujian kumulatif penyimpangan terhadap nilai rata-rata dibagi dengan akar kumulatif rerata penyimpangan kuadrat terhadap nilai reratanya (Buishand, 1982 dalam Harto, 1993:59)

Perhitungan uji konsistensi dengan metode RAPS ditampilkan pada tabel 4.11. dan 4.12.

Berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada stasiun hujan Brawijaya

- Jumlah data Curah Hujan (n) = 20
- Simpangan Multak [Sk^*] = Curah Hujan – Rerata Curah Hujan

$$= 46,5 - 61,260$$

$$= -14,76$$
- Dy^2 =
$$\frac{(Sk^*)^2}{\sum \text{Data Curah Hujan}}$$

$$= \frac{14,76^2}{20}$$

$$= 10,893$$
- Simpangan rata – rata (Dy) =
$$\sum (Dy^2)^{0,5}$$

$$= (3475,246)^{0,5}$$

$$= 58,951$$
- Nilai Konsistensi Data [Sk^{**}] =
$$\frac{Sk^*}{Dy}$$

$$= \frac{14,76}{58,951}$$

$$= 0,250$$

- Dari nilai $[Sk^{**}]$ diambil nilai Sk^{**} maks dan Sk^{**} min untuk menghitung Q dan R, berikut merupakan nilai Sk^{**} maks dan Sk^{**} min

$$Sk^{**} \text{ maks} = 2,693$$

$$Sk^{**} \text{ min} = -1,039$$

- Nilai statistik Q untuk $0 \leq K \leq n$ $= [Sk^{**}\text{maks}]$
 $= 2,693$
- Nilai statistic (R) $= [Sk^{**}\text{maks}] - [Sk^{**}\text{min}]$
 $= 2,693 - (-1,039)$
 $= 3,732$

- Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$:

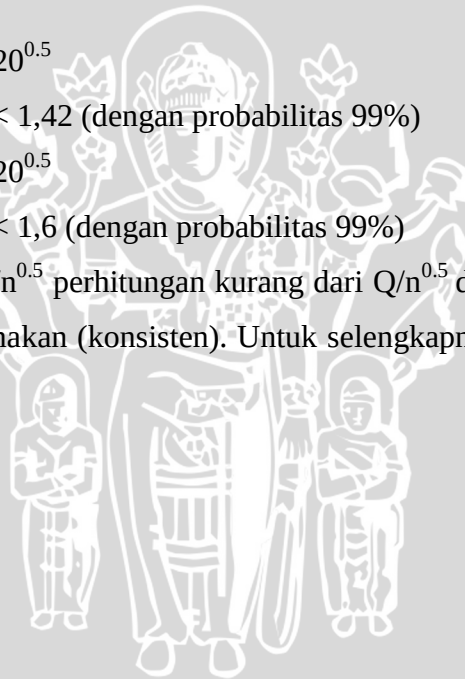
$$Q/n^{0.5} = 2,693/20^{0.5}$$

$$= 0,602 < 1,42 \text{ (dengan probabilitas 99\%)}$$

$$R/n^{0.5} = 3,732/20^{0.5}$$

$$= 0,812 < 1,6 \text{ (dengan probabilitas 99\%)}$$

- Jika nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$ perhitungan kurang dari $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$ Tabel, Data dinyatakan layak digunakan (konsisten). Untuk selengkapnya perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.11.



Tabel 4.11. Uji konsistensi curah hujan stasiun Brawijaya

Tahun	Tanggal	Curah Hujan	Sk*	[Sk*]	Dy2	Sk**	[Sk**]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2002	17 Maret	46.5	-14.76	14.76	10.893	-0.250	0.250
	20 Februari	116	54.74	54.74	149.823	0.929	0.929
2003	2 Januari	26	-35.26	35.26	62.163	-0.598	0.598
	24 Januari	90	28.74	28.74	41.299	0.488	0.488
2004	1 Maret	10	-51.26	51.26	131.379	-0.870	0.870
	25 Februari	71.5	10.24	10.24	5.243	0.174	0.174
2005	21-Nov	2.2	-59.06	59.06	174.404	-1.002	1.002
	20 Juni	100.4	39.14	39.14	76.597	0.664	0.664
2006	30 Januari	25.8	-35.46	35.46	62.871	-0.602	0.602
	24 Mei	102.5	41.24	41.24	85.037	0.700	0.700
2007	26 Desember	0	-61.26	61.26	187.639	-1.039	1.039
	20-Apr	71.5	10.24	10.24	5.243	0.174	0.174
2008	30 Maret	0	-61.26	61.26	187.639	-1.039	1.039
	13 Desember	220	158.74	158.74	1259.919	2.693	2.693
2009	16 Februari	7.5	-53.76	53.76	144.507	-0.912	0.912
	31 Desember	83	21.74	21.74	23.631	0.369	0.369
2010	8-Nov	0	-61.26	61.26	187.639	-1.039	1.039
	7-Nov	156.5	95.24	95.24	453.533	1.616	1.616
2011	21 Desember	2.3	-58.96	58.96	173.814	-1.000	1.000
	24-Apr	93.5	32.24	32.24	51.971	0.547	0.547
Rerata		61.260					
Jumlah					3475.246		

Sumber : Hasil perhitungan

Berikut langkah pengerjaan metode RAPS pada stasium hujan Sukun

- Jumlah data Curah Hujan (n) = 20
- Simpangan Multak [Sk*] = Curah Hujan – Rerata Curah Hujan

$$= 105 - 75,05$$

$$= 29,95$$
- $Dy^2 = \frac{(Sk^*)^2}{\sum \text{Data Curah Hujan}}$

$$= \frac{29,95^2}{20}$$

$$= 44,85$$
- Simpangan rata – rata (Dy) = $\sum (Dy^2)^{0.5}$

$$= (3771.648)^{0.5}$$

$$= 61,414$$

$$\text{- Nilai Konsistensi Data } [Sk^{**}] = \frac{Sk^{*}}{Dy}$$

$$= \frac{44,85}{61,414}$$

$$= 0,488$$

- dari nilai $[Sk^{**}]$ diambil nilai Sk^{**} maks dan Sk^{**} min untuk menghitung Q dan R, berikut merupakan nilai Sk^{**} maks dan Sk^{**} min

$$Sk^{**} \text{ maks} = 1,676$$

$$Sk^{**} \text{ min} = -1,222$$

- Nilai statistik Q untuk $0 \leq K \leq n$ = $[Sk^{**} \text{ maks}]$

$$= 1,676$$

- Nilai statistik (R) = $[Sk^{**} \text{ maks}] - [Sk^{**} \text{ min}]$

$$= 1,676 - (-1,222)$$

$$= 2,898$$

- Nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$:

$$Q/n^{0.5} = 1,676/20^{0.5}$$

$$= 0,375 < 1,42 \text{ (dengan probabilitas 99\%)}$$

$$R/n^{0.5} = 2,898/20^{0.5}$$

$$= 0,648 < 1,6 \text{ (dengan probabilitas 99\%)}$$

- Jika nilai $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$ perhitungan kurang dari $Q/n^{0.5}$ dan $R/n^{0.5}$ Tabel, Data dinyatakan layak digunakan (konsisten). Untuk selengkapnya perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.12.

Tabel 4.12 Uji konsistensi curah hujan stasiun Sukun

Tahun	Tanggal	Curah Hujan	Sk*	[Sk*]	Dy2	Sk**	[Sk**]
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
2002	17 Maret	105	29.950	29.95	44.850	0.488	0.488
	20 Februari	48	-27.050	27.05	36.585	-0.440	0.440
2003	2 Januari	120	44.950	44.95	101.025	0.732	0.732
	24 Januari	15	-60.050	60.05	180.300	-0.978	0.978
2004	1 Maret	120	44.950	44.95	101.025	0.732	0.732
	25 Februari	51	-24.050	24.05	28.920	-0.392	0.392
2005	21-Nov	176	100.950	100.95	509.545	1.644	1.644
	20 Juni	37	-38.050	38.05	72.390	-0.620	0.620
2006	30 Januari	130	54.950	54.95	150.975	0.895	0.895
	24 Mei	0	-75.050	75.05	281.625	-1.222	1.222
2007	26 Desember	152	76.950	76.95	296.065	1.253	1.253
	20-Apr	2	-73.050	73.05	266.815	-1.189	1.189
2008	30 Maret	130	54.950	54.95	150.975	0.895	0.895
	13 Desember	0	-75.050	75.05	281.625	-1.222	1.222
2009	16 Februari	108	32.950	32.95	54.285	0.537	0.537
	31 Desember	3	-72.050	72.05	259.560	-1.173	1.173
2010	8-Nov	178	102.950	102.95	529.935	1.676	1.676
	7-Nov	11	-64.050	64.05	205.120	-1.043	1.043
2011	21 Desember	101	25.950	25.95	33.670	0.423	0.423
	24-Apr	14	-61.050	61.05	186.355	-0.994	0.994
Rerata		75.050					
Jumlah					3771.648		

Sumber : Hasil perhitungan

4.2.5.2 Perhitungan Curah Hujan Rerata

Dengan melihat kondisi topografi pada Kecamatan Klojen yang relatif datar dengan luas 8,83 km², maka untuk perhitungan curah hujan rerata daerah menggunakan metode rata-rata aljabar.

Berdasarkan metode Rata-rata Aljabar dapat dihitung curah hujan rerata maksimum daerah masing-masing pengamatan. Untuk perhitungan tersebut digunakan persamaan (2-19)

$$d = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + \dots + d_n}{n} = \sum_{i=1}^n \frac{d_i}{n}$$

Contoh perhitungan curah hujan rerata daerah pada tahun 2002:

Curah hujan harian maksimum di Stasiun Hujan Sukun terjadi pada tanggal 17 Maret 2002 sebesar 105 mm dan Stasiun Brawijaya 46,5 mm maka nilai curah hujan rerata daerah :

$$d = \frac{(105 + 46,5)}{2}$$

$$= 75,75 \text{ mm}$$

Curah hujan rerata dari hasil perhitungan tersebut diambil nilai maksimum dalam setiap tahunnya. Data hujan yang terpilih setiap tahun itu merupakan curah hujan rerata daerah. Nilai rerata tahunan ini dipakai dengan mempertimbangkan kemungkinan terjadinya potensi polusi yang semakin tinggi dengan bertambah tingginya curah hujan. Hasil Perhitungan curah hujan rerata daerah selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.13-4.15.

Tabel 4.13 Perhitungan curah hujan rerata Stasiun Sukun

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum Harian(mm) Stasiun Sukun
2002	17 Maret	105
2003	2 Januari	120
2004	1 Maret	120
2005	21November	176
2006	30 Januari	130
2007	26 Desember	152
2008	30 Maret	130
2009	16 Februari	108
2010	8November	178
2011	21 Desember	101
Rerata tahunan		132
Total Tahunan		1320

Sumber : Data Dinas Pengairan Kepanjen

Tabel 4.14 Curah Hujan Maksimum Stasiun Brawijaya

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum Harian(mm) Stasiun Brawijaya
2002	20 Februari	116
2003	24 Januari	90
2004	25 Februari	71,5
2005	20 Juni	100,4
2006	24 Mei	102,5
2007	20 Apr	71,5
2008	13 Desember	220
2009	31 Desember	83
2010	7November	156,5
2011	24 April	93,5
Rerata tahunan		110,49
Total Tahunan		1104,9

Sumber : Data Laboratorium Hidrologi Teknik Pengairan Brawijaya

Tabel 4.15 Curah Hujan Rerata Kecamatan Klojen

Tahun	Tanggal	Curah Hujan Maksimum Harian (mm)		Jumlah (mm)	Rata-rata (mm)	Maksimum (mm)
		Stasiun Sukun	Stasiun Brawijaya			
2002	17 Maret	105	46.5	151.5	75.75	82
	20 Februari	48	116	164	82	
2003	2 Januari	120	26	146	73	73
	24 Januari	15	90	105	52.5	
2004	1 Maret	120	10	130	65	65
	25 Februari	51	71.5	122.5	61.25	
2005	21-Nov	176	2.2	178.2	89.1	89.1
	20 Juni	37	100.4	137.4	68.7	
2006	30 Januari	130	25.8	155.8	77.9	77.9
	24 Mei	0	102.5	102.5	51.25	
2007	26 Desember	152	0	152	76	76
	20-Apr	2	71.5	73.5	36.75	
2008	30 Maret	130	0	130	65	110
	13 Desember	0	220	220	110	
2009	16 Februari	108	7.5	115.5	57.75	57.75
	31 Desember	3	83	86	43	
2010	8-Nov	178	0	178	89	89
	7-Nov	11	156.5	167.5	83.75	
2011	21 Desember	101	2.3	103.3	51.65	53.75
	24 April	14	93.5	107.5	53.75	
Total tahunan						773.5

Sumber : Hasil Perhitungan

4.2.5.3 Perhitungan Air Larian dan infiltrasi

Melalui peta tataguna lahan tahun 2013 Kecamatan Klojen dari *Google Earth* dibagi menjadi 11 kelurahan. Setelah diketahui tataguna lahannya dapat dihitung besar bilangan kurva larian (*CN*). Nilai *CN* ini didapat setelah menentukan kelompok hidrogeologi tanah yang berdasarkan Tabel 2.9. Setelah kelompok tanahnya diketahui, dengan menggunakan Tabel 2.8 dapat diketahui nilai *CN* tersebut. Untuk mengetahui volume air aliran atau limpasan, ditentukan menggunakan persamaan (2-23) dan Persamaan (2-22) sedangkan untuk infiltrasi yang masuk ke dalam tanah menggunakan persamaan (2-24).

Berikut langkah perhitungan volume limpasan dan infiltrasi:

- Nama Kelurahan = Klojen
- Tata guna lahan/Landuse = Semak Belukar
- Kelompok tanah = D

- Bilangan kurva aliran (CN) = 86
- perbedaan antara curah hujan dan air larian (S) = $(25400/CN) - 254$
 $= (25400/86) - 254$
 $= 41,349 \text{ mm}$
- Curah hujan rerata tahun 2002 – 2012 (I) = 773,5 mm
- Air larian atau limpasan (Q) = $(I - 0,2S)^2 / (I + 0,8S)$
 $= (773,5 - 0,2 \times 41,349)^2 / (773,5 + 0,8 \times 41,349)$
 $= 726,001 \text{ mm}$
- Besarnya infiltrasi (ϕ index) = $I - Q$
 $= 773,5 - 726,001$
 $= 47,499 \text{ mm}$

Untuk selengkapnya perhitungan dapat dilihat pada tabel 4.16.

Tabel 4.16 Hasil perhitungan volume limpasan dan infiltrasi

Nama Kelurahan	Landuse	Kelompok	CN	S (mm)	P (mm)	Q (mm)	Infiltrasi (mm)
Kel. Kasin	Semak Belukar	D	86	41.349	773.5	726.001	47.499
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Sukoharjo	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Kauman	Air Tawar	D	0	0.000	773.5	773.500	0.000
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Kidul dalem	Air Tawar	D	0	0.000	773.5	773.500	0.000
	Semak Belukar	D	86	41.349	773.5	726.001	47.499
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Klojen	Air Tawar	D	0	0.000	773.5	773.500	0.000
	Semak Belukar	D	86	41.349	773.5	726.001	47.499
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Oro-oro dowo	Air Tawar	D	0	0.000	773.5	773.500	0.000
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Penanggungan	Air Tawar	D	0	0.000	773.5	773.500	0.000
	Semak Belukar	D	86	41.349	773.5	726.001	47.499
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Samaan	Air Tawar	D	0	0.000	773.5	773.500	0.000
	Semak Belukar	D	86	41.349	773.5	726.001	47.499

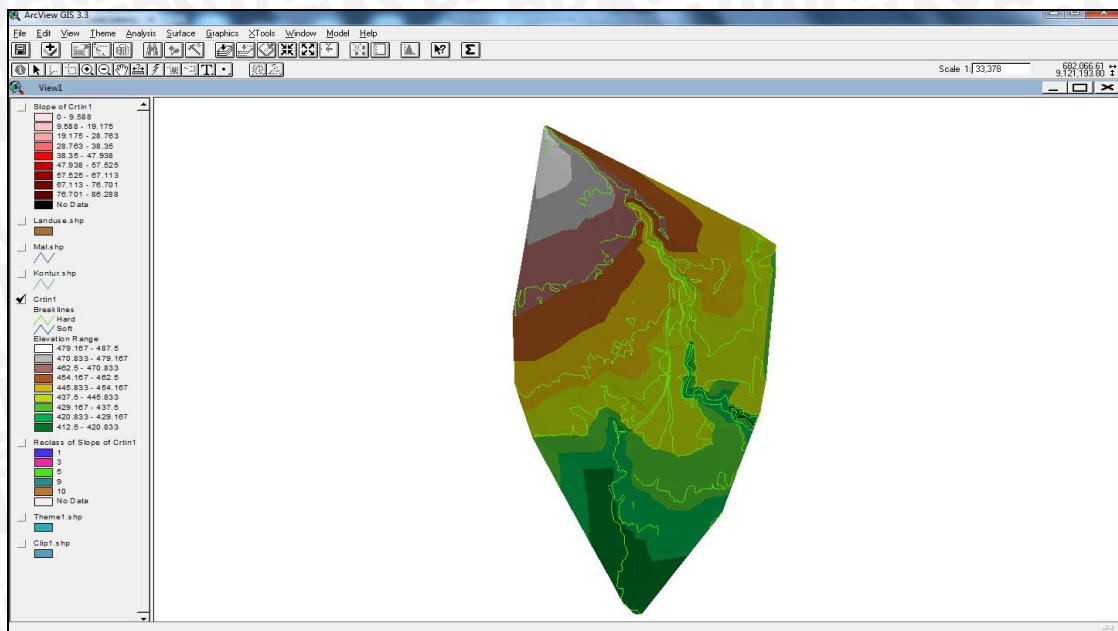
Nama Kelurahan	Landuse	Kelompok	CN	S (mm)	P (mm)	Q (mm)	Infiltrasi (mm)
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Rampal celaket	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Bareng	Padang Rumput	A	39	397.282	773.5	441.387	332.113
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	A	77	75.870	773.5	689.356	84.144
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121
Kel. Gading kasri	Semak Belukar	A	65	136.769	773.5	630.563	142.937
	Padang Rumput	A	39	397.282	773.5	441.387	332.113
	Padang Rumput	D	80	63.500	773.5	702.192	71.308
	Pemukiman	A	77	75.870	773.5	689.356	84.144
	Pemukiman	D	94	16.213	773.5	754.379	19.121

Sumber : Hasil perhitungan

4.2.6 Penentuan Kemiringan Lereng dari Peta Rupa Bumi

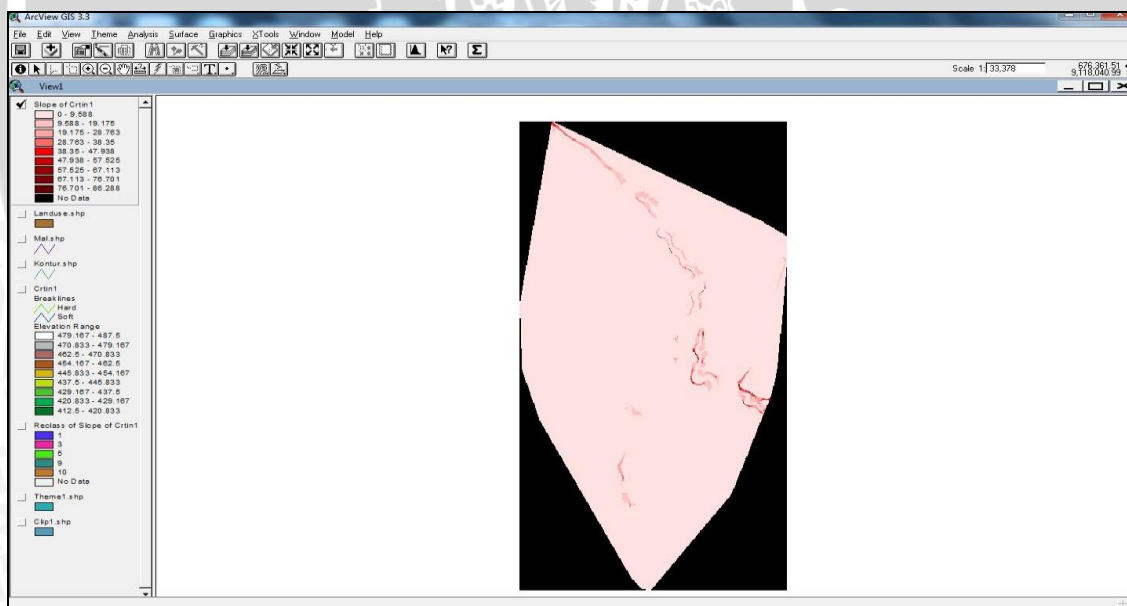
Penggambaran peta kelas kemiringan lereng pada Kecamatan Klojen dilakukan pada Arcview 3.3 dikarenakan tidak tersedianya data. Proses pembuatan peta kelas kemiringan lereng sebagai berikut:

1. File kontur dari Peta Rupa Bumi dengan format *AutoCAD (.dwg)* diubah menjadi bentuk *shapefile* dengan program *AutodeskMap 2004*. Setelah itu *Inputkan theme* kontur.shp tersebut pada program *ArcView 3.3*.
2. Aktifkan *3D Analyst, Geoprocessing, ModelBuilder, Spatial Analyst* dan *Xtools Extention* melalui menu pulldown "file | extentions".
3. *Theme* tersebut dibangkitkan ke dalam bentuk 3 dimensi dengan format *TIN (triangular irregular network)* caranya adalah dari menu pulldown "surface | create TIN from features". Tampilan *theme* dengan format *TIN* disajikan pada Gambar 4.11.



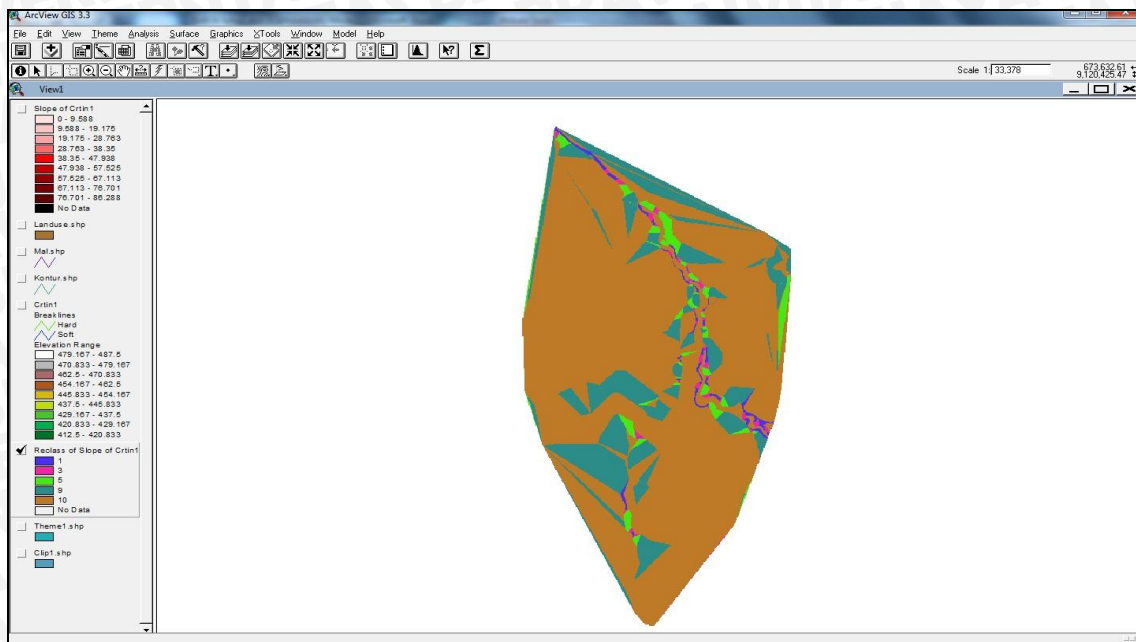
Gambar 4.11 Hasil TIN dari *theme kontur.shp*
Sumber : Arcview 3.3

4. *Theme TIN* diubah dalam format *grid* ukuran *cell* 10,00 dengan menggunakan menu "Surface | Derive Slope".



Gambar 4.12 *Theme* hasil *convert to grid*
Sumber : Arcview 3.3

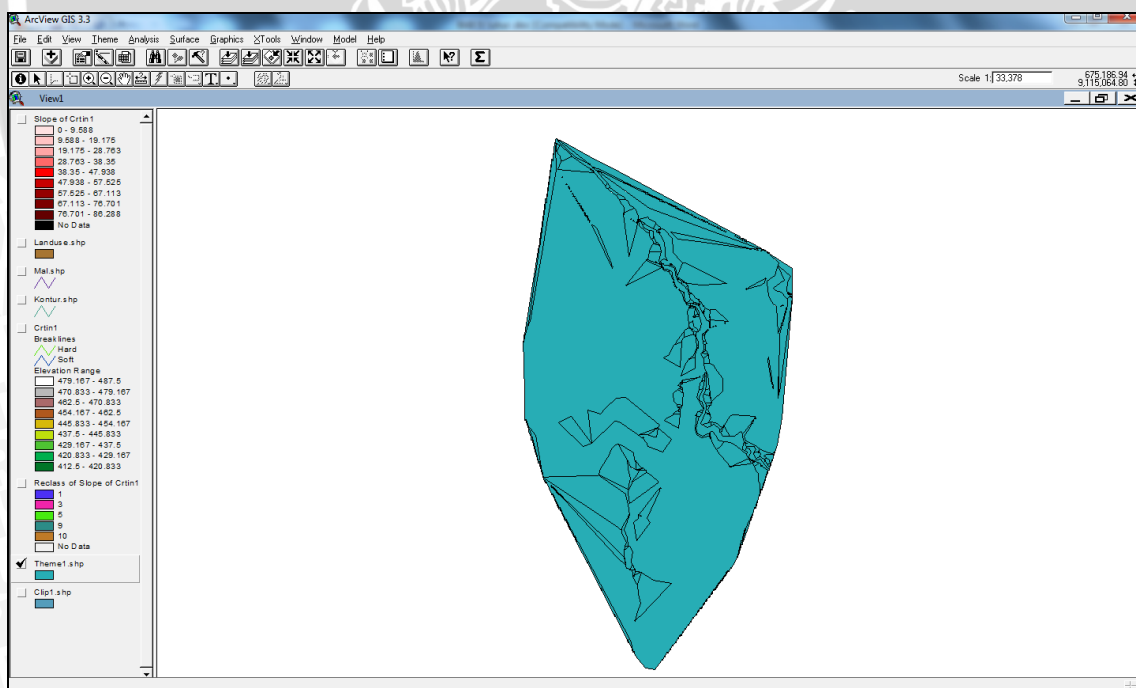
5. Setelah *theme* tersebut dikonvert menjadi *grid*, masuk ke menu "Model | Start ModelBuilder. Setelah muncul kotak dialognya, pilih menu "add process | terrain | Slope. Akan muncul kotak dialog baru. Pilih *percent* untuk metode untuk mengklasifikasikan *slope* dan bagi *class value* menjadi 5 kelas sesuai *range* (tingkatan) pada Tabel 2.12. Setelah itu hasil klasifikasi *slope* merupakan akan muncul yang ditampilkan pada Gambar 4.13.



Gambar 4.13 Tampilan klasifikasi *slope*

Sumber : Arcview 3.3

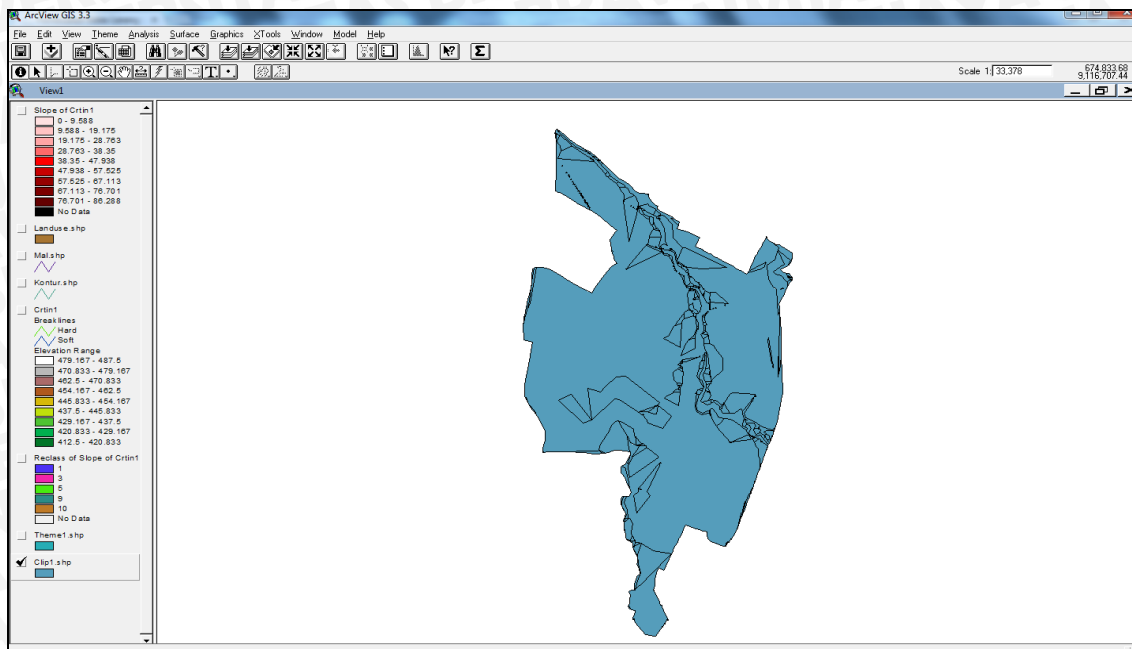
6. Hasil dari langkah butir (5) masih dalam bentuk format *grid*. Agar file ini dapat dianalisa, maka perlu untuk diubah dalam format (.*shp*). Proses ini dilakukan dengan menu pulldown “theme | convert to shapefile”.



Gambar 4.14 Hasil *convert to shapefile*

Sumber : Arcview 3.3

7. Untuk mempermudah analisa, hasilnya dapat digabungkan dengan batas administrasi Klojen dan ditampilkan pada Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Peta kemiringan lereng
Sumber : Arcview 3.3

4.3 Analisa Parameter *DRASTIC* pada Kecamatan Klojen

4.3.1 Penentuan *Rating* Masing-masing Parameter *DRASTIC*

Dari pengolahan data dan hasil perhitungan pada pembahasan subbab sebelumnya didapatkan *Rating* dari tiap – tiap parameter *DRASTIC* yang disajikan pada Tabel 4.17 sampai dengan Tabel 4.23.

1. Kedalaman Airtanah (*depth to watertable*)

Kedalaman airtanah berdasarkan kedalaman muka airtanah dari sumur gali dan sumur pompa dari warga setempat yang dekat lokasi pemboran uji (*test drilling*) di kecamatan Klojen Kota Malang. Penetapan bobot (*rating*) ini didasarkan pada Tabel 2.11.

Tabel 4.17 Nilai *rating* kedalaman airtanah

Nama Sumur	Kedalaman Airtanah (meter)	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Dr</i>
Sumur 1	11,5	5
Sumur 2	9	7
Sumur 3	10	5
Sumur 4	11	5

Sumber : Hasil analisis

2. *Recharge*

Setelah didapatkan nilai curah hujan rerata tahunan Kecamatan Klojen, berdasarkan Tabel 2.12 nilai bobot dari curah hujan ditetapkan.

Tabel 4.18 Nilai *rating Recharge*

Nama Kelurahan	Landuse	Infiltrasi (mm)	Rr
Kel. Kasin	Semak Belukar	47.499	1
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Sukoharjo	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Kauman	Air Tawar	0.000	1
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Kidul dalem	Air Tawar	0.000	1
	Semak Belukar	47.499	1
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Klojen	Air Tawar	0.000	1
	Semak Belukar	47.499	1
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Oro-oro dowo	Air Tawar	0.000	1
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Penanggungan	Air Tawar	0.000	1
	Semak Belukar	47.499	1
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Samaan	Air Tawar	0.000	1
	Semak Belukar	47.499	1
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Rampal celaket	Pemukiman	19.121	1
Kel. Bareng	Padang Rumput	332.113	9
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	84.144	3
	Pemukiman	19.121	1
Kel. Gading kasri	Semak Belukar	142.937	8
	Padang Rumput	332.113	9
	Padang Rumput	71.308	3
	Pemukiman	84.144	3
	Pemukiman	19.121	1

Sumber : Hasil analisis

3. Media Akuifer (*Aquifer Media*)

Penentuan nilai bobot parameter ini didasarkan pada Tabel 2.13 dan jenis batuan media akuifer teratas struktur lapisan tanah tiap sumur uji.

Tabel 4.19 Nilai *rating* media akuifer

Nama Sumur	Jenis Akuifer	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Ar</i>
Sumur 1	Pasir kasar	8
Sumur 2	Pasir halus	6
Sumur 3	Breksi	6
Sumur 4	Batuan berpasir	6

Sumber : Hasil analisis

4. Tekstur Tanah (*Soil Media*)

Setelah dilakukan interpretasi peta rupa bumi didapatkan tekstur tanah yang ada di Kecamatan Klojen dan didasarkan pada Tabel 2.14 maka nilai bobot parameter ini dapat ditetapkan.

Tabel 4.20 Nilai *rating* tekstur tanah

Tekstur Tanah	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Sr</i>
Liat Berpasir	6
Agregat Lempung	7

Sumber : Hasil analisis

5. Kemiringan Lereng (*Topography*)

Nilai bobot parameter ini ditentukan berdasarkan Tabel 2.15 dengan mengetahui pembagian kelas kemiringan lereng pada peta *slope* masing – masing kelurahan di Kecamatan Klojen dan penentuan *slope* utama di tiap kelurahan.

Tabel 4.21 Nilai *rating* kemiringan lereng

Kemiringan Lereng (% <i>slope</i>)	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Tr</i>
0 - 2	10
2 - 6	9
6 - 12	5
12 - 18	3
18+	1

Sumber : Hasil analisis

6. Pengaruh Zona tak Jenuh (*Impact of Vadose Zone*)

Struktur lapisan tanah tiap sumur bor tidak hanya berisi informasi tentang kedalaman airtanah dan media akuifernya tetapi juga jenis batuan yang terdapat pada zona tak jenuh yang berada tepat di atas media akuifernya. Berdasarkan Tabel 2.16 akan diketahui nilai bobot dari parameter ini.

Tabel 4.22 Nilai *rating* zona tak jenuh

Nama Sumur	Media Zona tak jenuh	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Ir</i>
Sumur 1	tufa	6
Sumur 2	tufa	6
Sumur 3	lempung	3
Sumur 4	tufa	6

Sumber : Hasil analisis

7. Konduktivitas Hidraulik (*Conduktivity Hidroulic*)

Nilai kelulusan air ini dihitung dari pengujian akuifer dimana nilai bobotnya ditetapkan berdasarkan Tabel 2.17.

Tabel 4.23 Nilai *rating* konduktivitas hidraulik

Nama Sumur	Konduktivitas hidraulik (m/hari)	Bobot (<i>Rating</i>) <i>Cr</i>
Sumur 1	0,627	1
Sumur 2	1,078	2
Sumur 3	0,502	1
Sumur 4	2,790	4

Sumber : Hasil analisis

4.3.2 Penentuan Skor Masing-masing Parameter *DRASTIC*

Dari pengolahan data dan ditentukannya *rating* dari tiap – tiap parameter *DRASTIC* maka akan diketahui skor dari tiap parameter. Nilai pemberatnya (*weight*) untuk masing – masing parameter tidak akan berubah karena nilai ini sudah ditetapkan oleh *U.S.EPA* dan merupakan intisari dari sistem tersebut. Perhitungan skor akan disajikan pada Tabel 4.24 sampai Tabel 4.30 berikut sedangkan tampilan *layout* peta skor tiap parameter disajikan pada Gambar 4.16 sampai dengan Gambar 4.22.

1. *Depth to watertable* (Kedalaman Airtanah)

Semakin dekat jarak kedalaman airtanah dari permukaan semakin besar pula potensi polusi yang terjadi.

Tabel 4.24 Skor untuk Kedalaman Airtanah dengan *weight* ($D_w = 5$)

Kedalaman Airtanah (meter)	Rating D_r	Weight D_w	Skor $D_w D_r$
11,5	5	5	25
9	7	5	35
10	5	5	25
11	5	5	25

Sumber : Hasil perhitungan

2. *Recharge*

Semakin tinggi nilai *Recharge* semakin besar pula polusi airtanahnya. Pernyataan ini benar hanya terbatas jika jumlah *Recharge* yang ada sangat besar sehingga mampu mencairkan polutannya (bahan pencemar). *Recharge* yang digunakan ini mewakili jumlah air yang masuk ke dalam tanah dan mencapai muka airtanah.

Tabel 4.25 Skor untuk *Recharge* dengan *weight* ($R_w = 4$)

Nilai <i>Recharge</i> (mm)	Bobot (Rating) R_r	Weight R_w	Skor $R_w R_r$
0,00	1	4	4
19,121	1	4	4
47,499	1	4	4
71,308	3	4	4
84,144	3	4	12
142,937	8	4	32
332,113	9	4	36

Sumber : Hasil perhitungan

3. *Aquifer Media (Media Akuifer)*

Semakin besar ukuran butir dan semakin banyaknya retakan dalam jenis akuifer, semakin tinggi pula permeabilitas dan potensi polusi pada akuifernya.

Tabel 4.26 Skor untuk Media Akuifer dengan *weight* ($A_w = 3$)

Jenis Akuifer	Rating A_r	Weight A_w	Skor $A_w A_r$
Pasir kasar	8	3	24
Pasir halus	6	3	18
Breksi	6	3	18
Batuan berpasir	6	3	18

Sumber : Hasil perhitungan

4. *Soil Media (Tekstur Tanah)*

Semakin halus tekstur tanahnya, semakin kecil penyusutan lempungnya maka potensi polusinya semakin rendah.

Tabel 4.27 Skor untuk Tekstur Tanah dengan *weight* ($S_w = 2$)

Tekstur Tanah	Rating <i>Sr</i>	Weight <i>Sw</i>	Skor <i>SwSr</i>
Liat Berpasir	6	2	12
Agregat Lempung	7	2	14

Sumber : Hasil perhitungan

5. *Topography* (Kemiringan Lereng)

Slope yang curam memiliki tingkat potensi polusi yang lebih rendah karena mempermudah terjadinya limpasan daripada masuknya polutan ke dalam airtanah.

Tabel 4.28 Skor untuk Kemiringan Lereng dengan *weight* ($T_w = 1$)

Kemiringan Lereng %	Bobot (Rating) <i>Tr</i>	Weight <i>Tw</i>	Skor <i>TwTr</i>
0 - 2	10	1	10
2-6	9	1	9
6-12	5	1	5
12-18	3	1	3
18+	1	1	1

Sumber : Hasil perhitungan

6. *Impact of Vadose Zone* (Pengaruh Zona Tak Jenuh)

Zona tak jenuh dengan perpindahan yang lebih lambat memiliki potensi polusi yang lebih rendah.

Tabel 4.29 Skor untuk Pengaruh Zona tak jenuh dengan *weight* ($I_w = 5$)

Jenis Zona tak Jenuh	Rating <i>Ir</i>	Weight <i>Iw</i>	Skor <i>IwIr</i>
Tufa	6	5	30
Lempung	3	5	15

Sumber : Hasil perhitungan

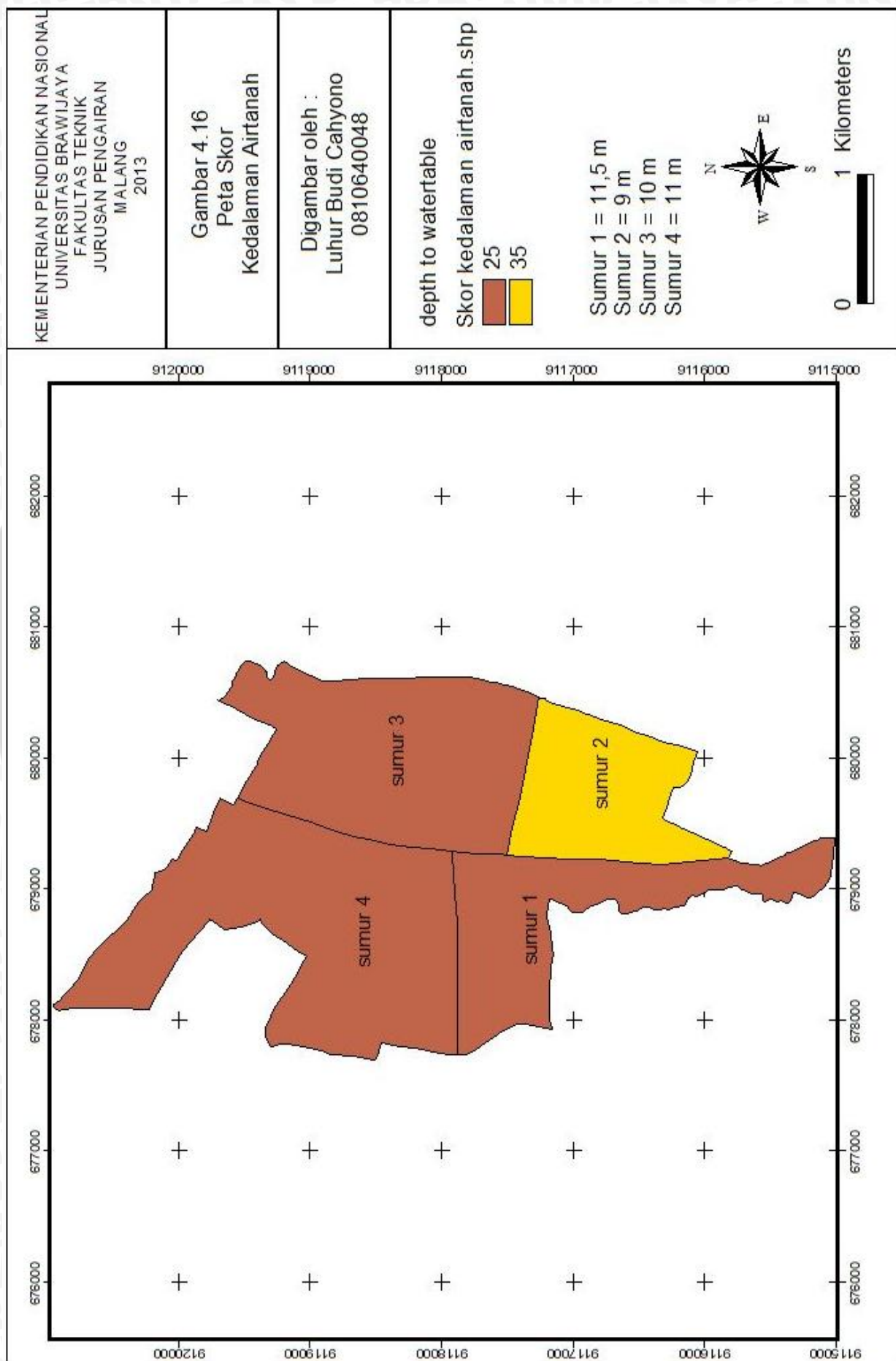
7. *Conductivity Hydraulic of Aquifer* (Konduktivitas Hidraulik)

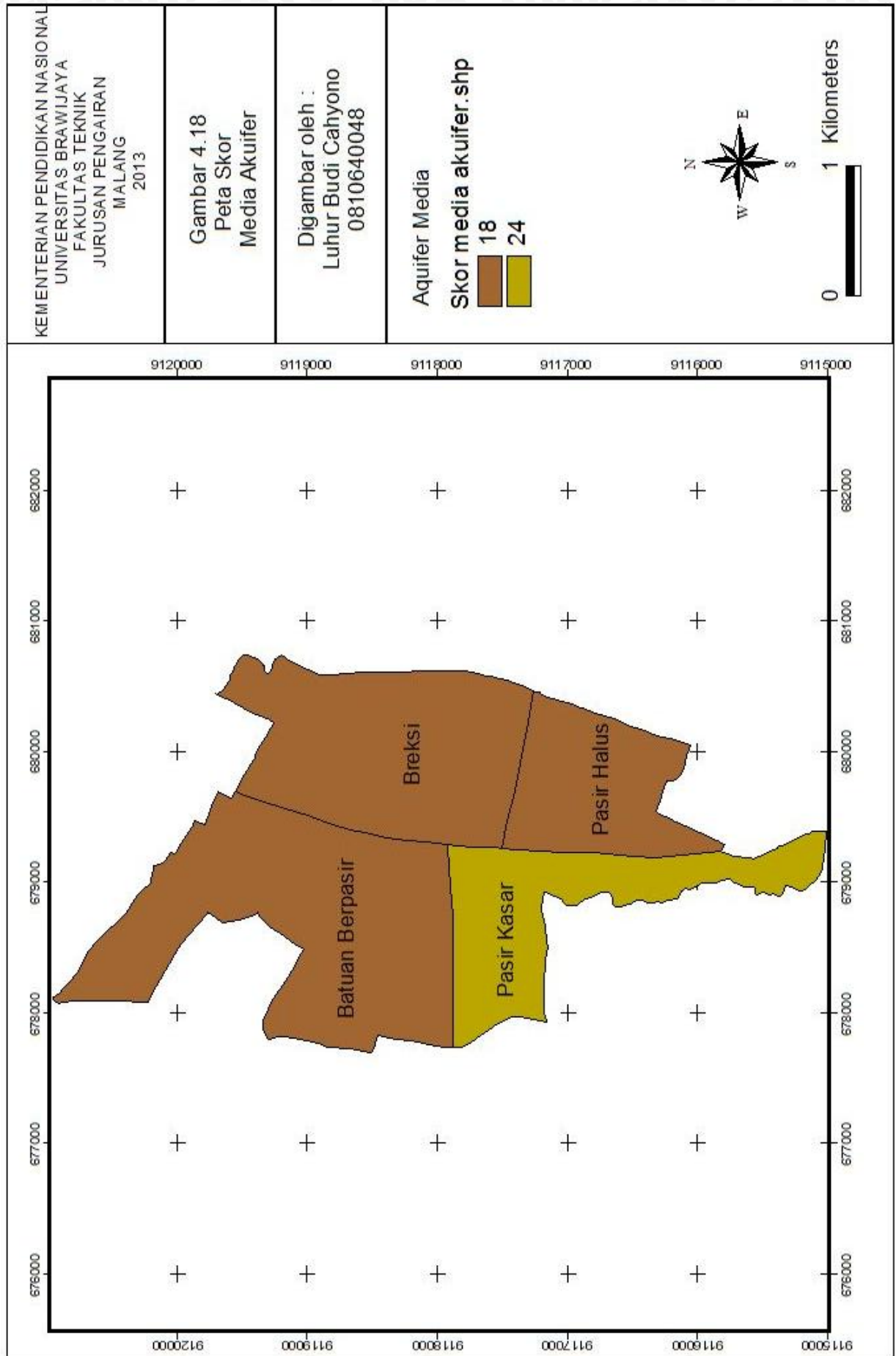
Jika nilai koefisien kelulusan airnya (K) tinggi akan menyebabkan tingginya potensi pencemaran.

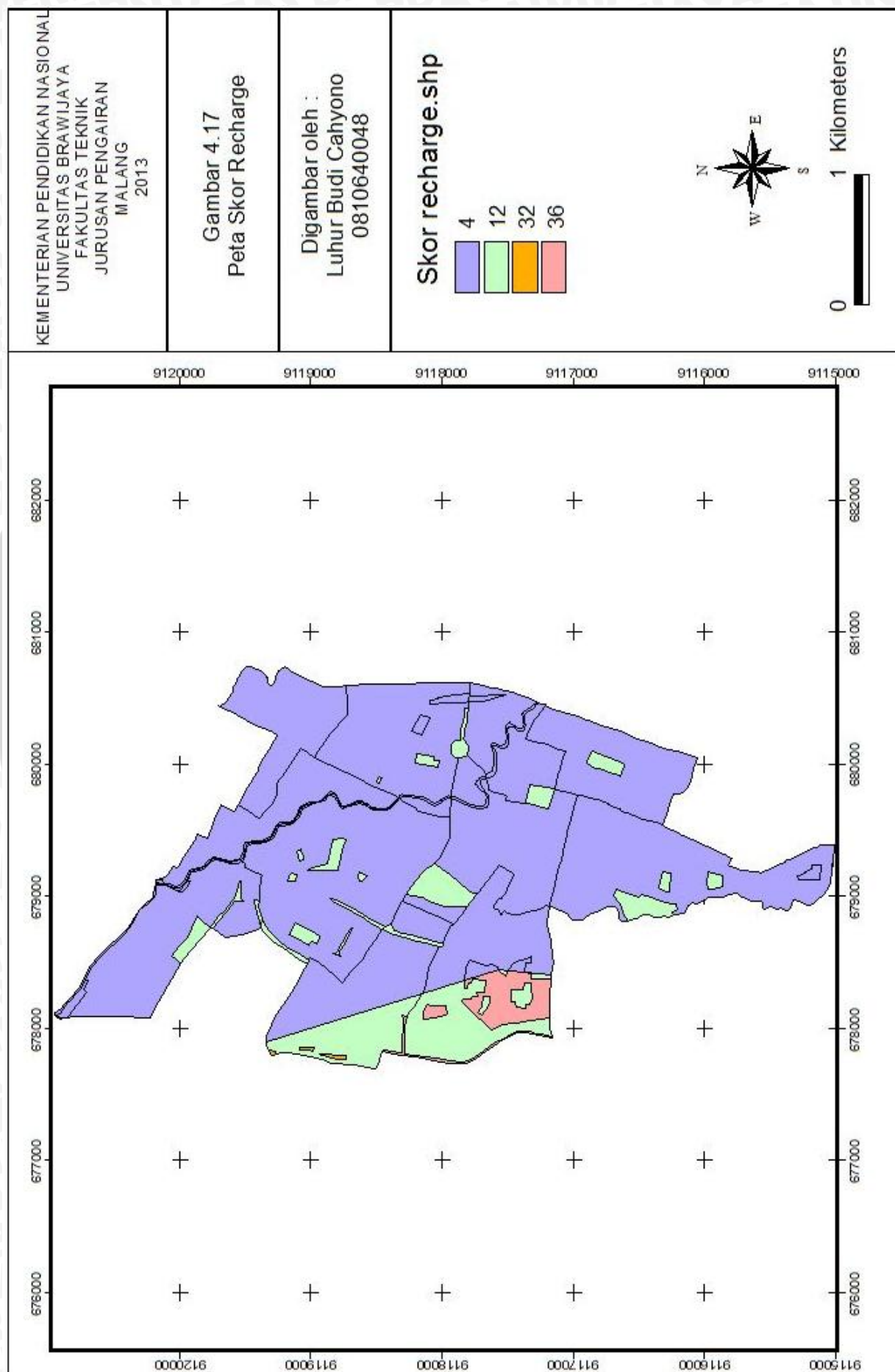
Tabel 4.30 Skor untuk Konduktivitas Hidraulik dengan *weight* ($C_w = 3$)

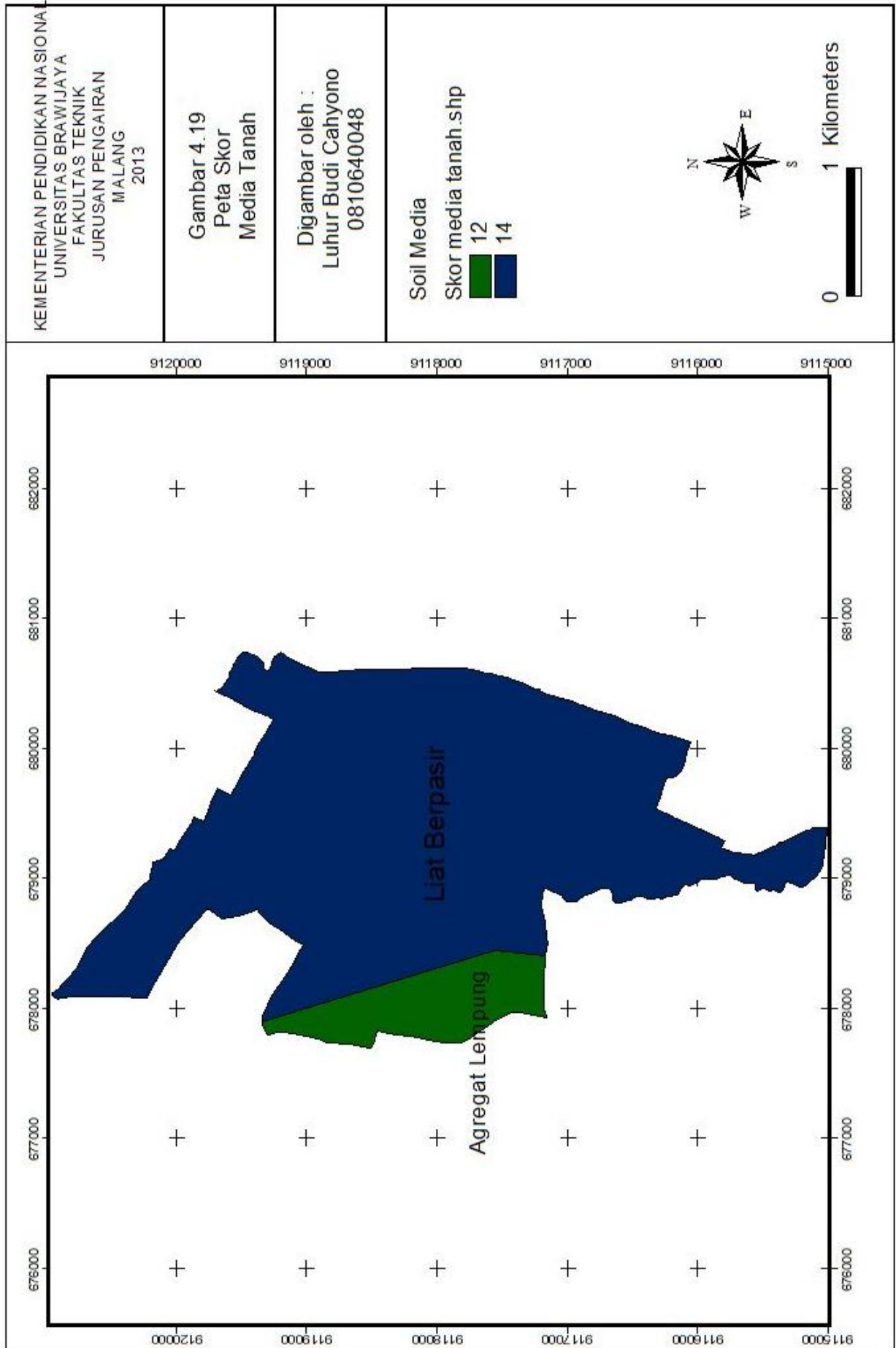
Konduktivitas hidraulik (m/hari)	Rating <i>Cr</i>	Weight <i>Cw</i>	Skor <i>CwCr</i>
0,627	1	3	3
1,078	2	3	6
0,502	1	3	3
2,790	4	3	12

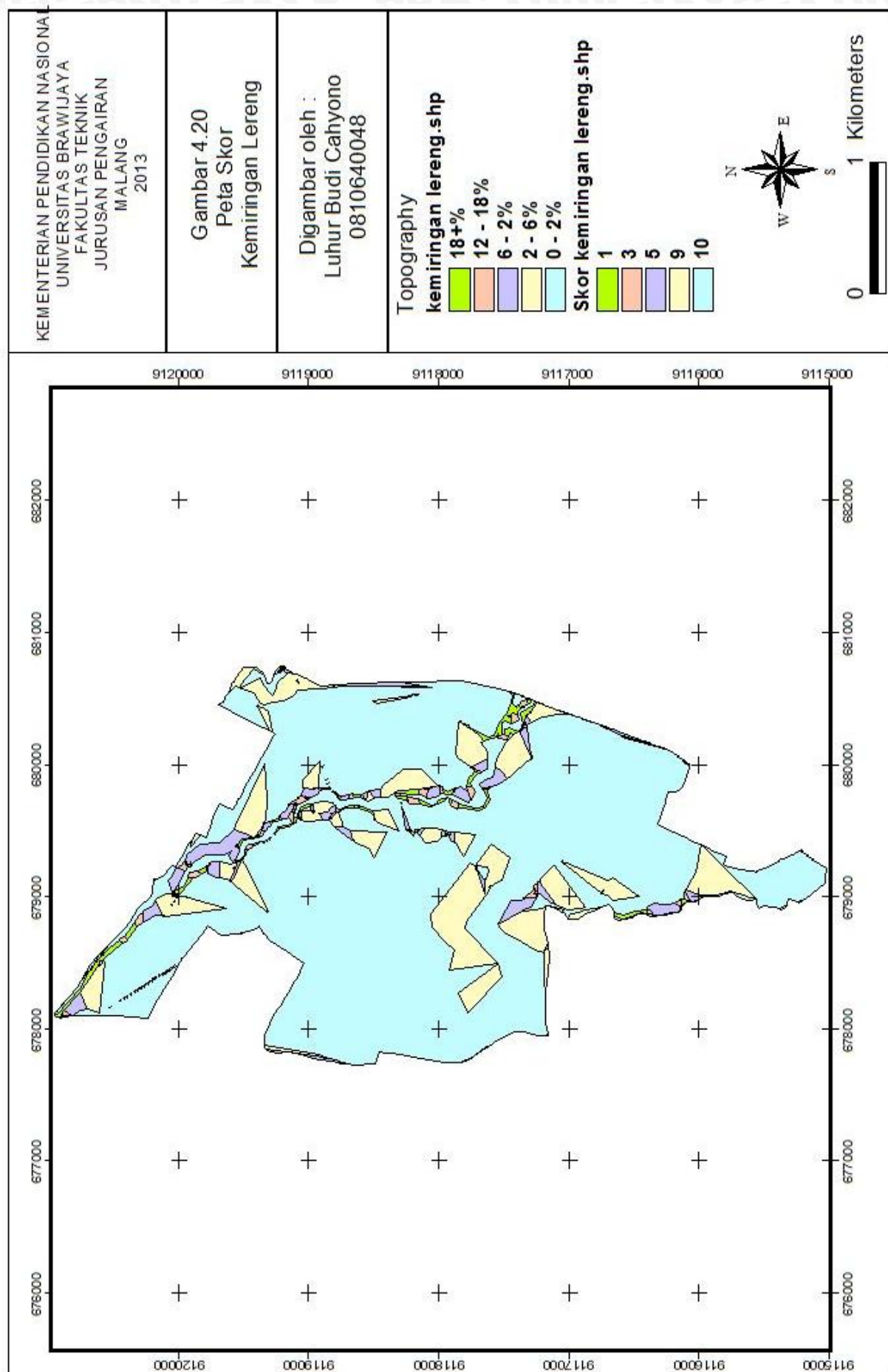
Sumber : Hasil perhitungan

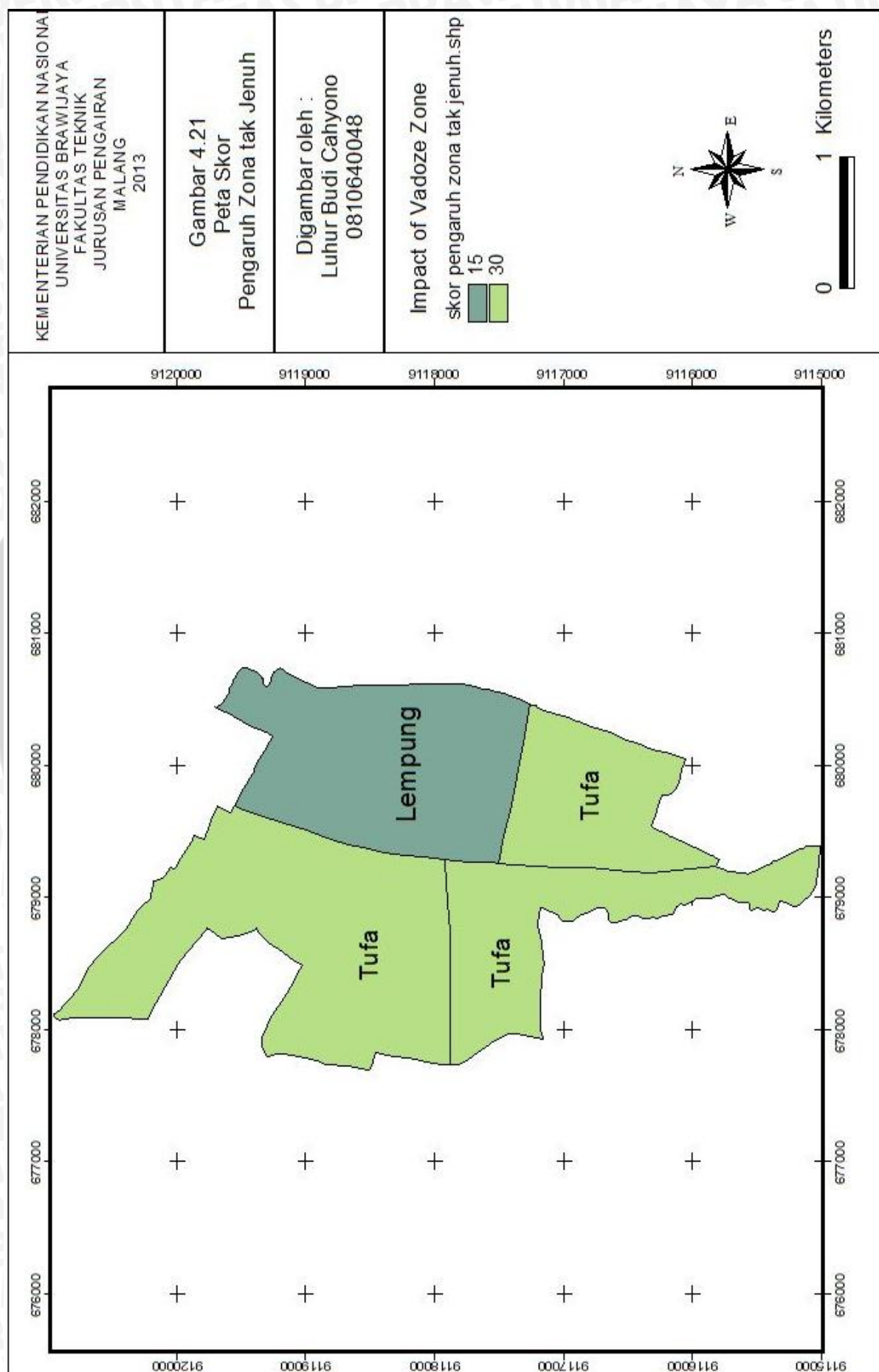


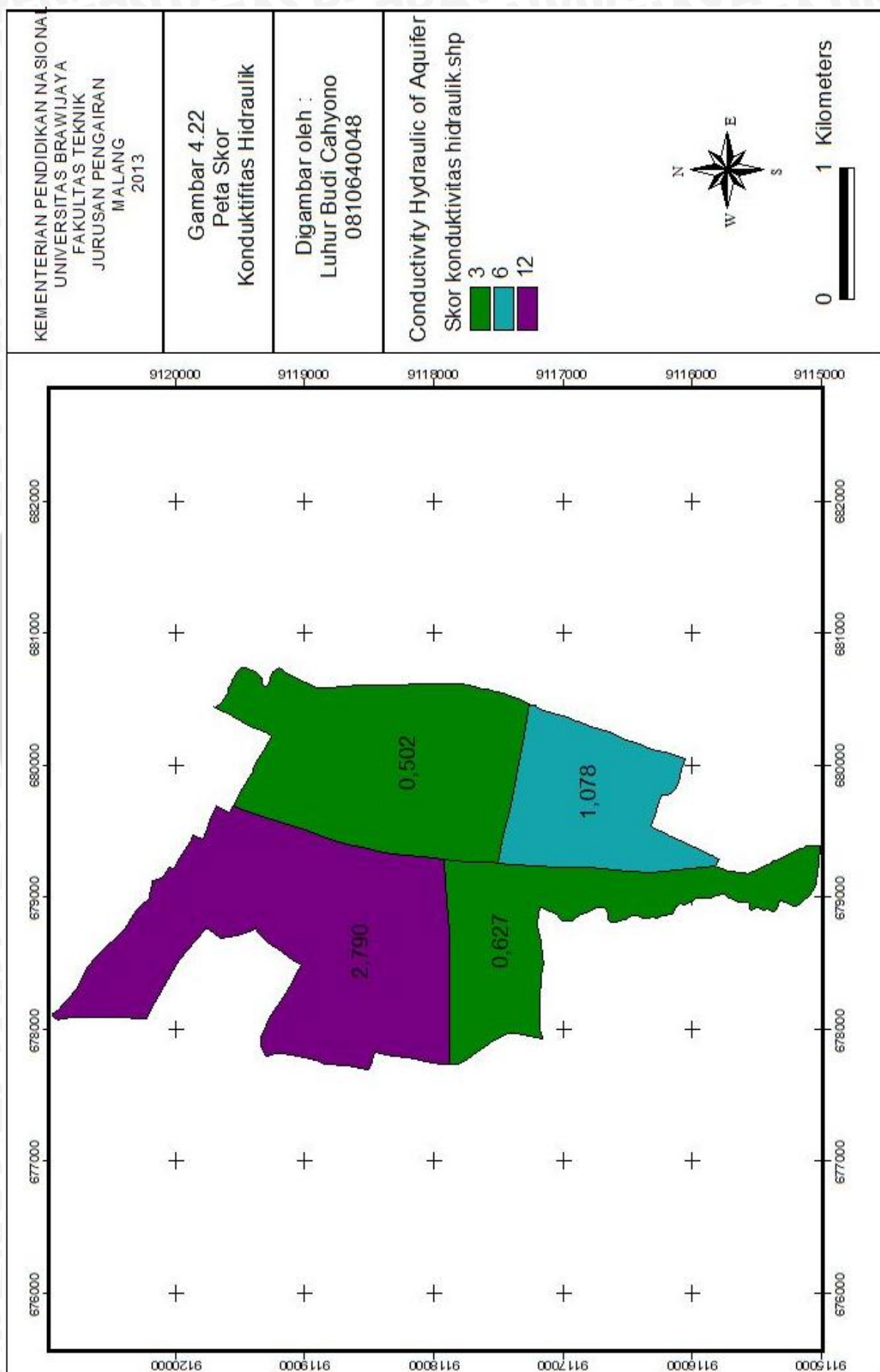












4.4 Perhitungan *DRASTIC Index*

Setelah memperoleh nilai skor pada masing – masing parameter *DRASTIC* selanjutnya melakukan penghitungan nilai *DRASTIC Index* dengan menggunakan Persamaan (2-25). Dari nilai *DRASTIC Index* tersebut akan ditetapkan rentang tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi. Hasil perhitungan *DRASTIC Index* dilihat pada Tabel 4.31.

4.5 Penyajian Peta *DRASTIC*

Penyajian peta *DRASTIC* dilakukan dengan cara menggabungkan (*overlay*) peta skor tiap parameter yang telah dibuat sebelumnya. Peta skor yang dimaksud adalah peta skor kedalaman airtanah, peta skor curah hujan, peta skor media akuifer, peta skor tekstur tanah, peta skor kemiringan lereng, peta skor pengaruh media vados dan peta skor nilai K media akuifer.

Langkah-langkah penggambaran peta *DRASTIC* menggunakan *ArcView GIS 3.3* adalah sebagai berikut:

1. Buka program *ArcView 3.3* dan buat view untuk peta *DRASTIC*. Atur sistem proyeksi yang akan digunakan melalui menu pulldown "view | properties".
2. Tampilkan dua *theme* peta skor salah satu parameter *DRASTIC* misalnya peta kedalaman airtanah dan peta curah hujan.
3. Gabungkan atau *overlay* kedua peta skor tersebut menggunakan perintah *intersect* pada menu "file | extentions" kemudian centang pilihan *extention GeoProcessing*. Selanjutnya pilih menu "view | GeoProcessing Wizard" dari sana akan muncul kotak dialog, pilih *intersect two themes* lalu klik *next*.
4. *Theme* hasil butir (3) gabungkan lagi (*overlay*) dengan peta skor parameter lain, misalnya peta skor media akuifer. Lakukan proses ini hingga semua parameter sudah tergabung.
5. Hasil *overlay* 7 peta skor tiap parameter tersebut adalah peta *DRASTIC*. Lakukan *editing* pada *data atributes* dengan cara menambahkan *fields* baru agar dapat menampilkan tingkat kerentanannya. Tampilan peta kerentanan airtanah terhadap polusi disajikan pada Gambar 4.23.

4.6 Klasifikasi Data

Setelah peta Drastic tersajikan maka perlu diklasifikasikan untuk menentukan interval dari data skor Drastic tersebut sehingga memudahkan pembacaan dari hasil penyajian peta.

Tabel 4.31 Urutan data skor Drastic

No Data	Skor Drastic	No Data	Skor Drastic	No Data	Skor Drastic
1	80	12	106	23	118
2	82	13	108	24	119
3	84	14	109	25	120
4	88	15	110	26	121
5	89	16	111	27	125
6	96	17	112	28	134
7	97	18	113	29	135
8	101	19	114	30	138
9	103	20	115	31	139
10	104	21	116	32	140
11	105	22	117	33	143

Sumber : Hasil Analisis

Untuk menentukan klasifikasi tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi pada gambar 4.24 dan 4.25 menggunakan metode interval kuantiles. Untuk jumlah kelasnya terbagi menjadi 3 yaitu tingkat kerentanan rendah, tingkat kerentanan sedang dan tingkat kerentanan tinggi. Besarnya interval ditentukan dengan rumus :

$X = \text{jumlah data} / \text{jumlah kelas}$

$X = 33 / 3$

$X = 11$

Penentuan interval kelasnya berdasarkan pada urutan data, maka kelas I adalah data ke 1 – 11, kelas II data ke 12 – 22 dan kelas III data ke 23 – 33. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada tabel 4.32.

Tabel 4.32 Interval kelas tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi

Kelas	Interval Data	Interval Kelas
I	1 – 11	80 - 105
II	12 – 22	106 - 117
III	23 - 33	118 - 143

Sumber : Hasil perhitungan

Tabel 4.33 Hasil perhitungan *DRASTIC Index*

No	Kelurahan	Tata guna lahan	Jenis tanah	Sumur	CN	DrDw	RrRw	ArAw	SrSw	TrTw	Irlw	CrCw	DRASTIC Index	Tingkat kerentanan
1	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
2	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
3	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
4	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
5	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
6	Kauman	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
7	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	1	30	3	101	Rendah
8	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	3	30	3	103	Rendah
9	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	5	30	3	105	Rendah
10	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	5	30	3	105	Rendah
11	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	9	30	3	109	Sedang
12	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	10	30	3	110	Sedang
13	Kauman	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	9	30	3	117	Sedang
14	Kauman	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	10	30	3	118	Tinggi
15	Kauman	padang rumput	alluvial	sumur 4	80	25	12	18	14	9	30	12	120	Tinggi
16	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
17	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
18	Kauman	padang rumput	alluvial	sumur 4	80	25	12	18	14	10	30	12	121	Tinggi
19	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	9	30	6	116	Sedang
20	Kauman	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	10	30	6	117	Sedang
21	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
22	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
23	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
24	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
25	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	1	30	6	108	Sedang

No	Kelurahan	Tata guna lahan	Jenis tanah	Sumur	CN	DrDw	RrRw	ArAw	SrSw	TrTw	Irlw	CrCw	DRASTIC Index	Tingkat kerentanan
26	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	3	30	6	110	Sedang
27	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	5	30	6	112	Sedang
28	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	9	30	6	116	Sedang
29	Sukoharjo	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	10	30	6	117	Sedang
30	Sukoharjo	padang rumput	alluvial	sumur 2	80	35	12	18	14	10	30	6	125	Tinggi
31	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
32	Kidul dalem	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
33	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
34	Kidul dalem	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
35	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
36	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
37	Kidul dalem	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
38	Kidul dalem	semak belukar	alluvial	sumur 3	86	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
39	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
40	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	1	30	6	108	Sedang
41	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	5	30	6	112	Sedang
42	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	9	30	6	116	Sedang
43	Kidul dalem	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	10	30	6	117	Sedang
44	Kidul dalem	padang rumput	alluvial	sumur 2	80	35	12	18	14	10	30	6	125	Tinggi
45	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	1	30	3	101	Rendah
46	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	3	30	3	103	Rendah
47	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	5	30	3	105	Rendah
48	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	9	30	3	109	Sedang
49	Kasin	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	1	30	3	109	Sedang
50	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	10	30	3	110	Sedang
51	Kasin	semak belukar	alluvial	sumur 1	86	25	4	24	14	10	30	3	110	Sedang

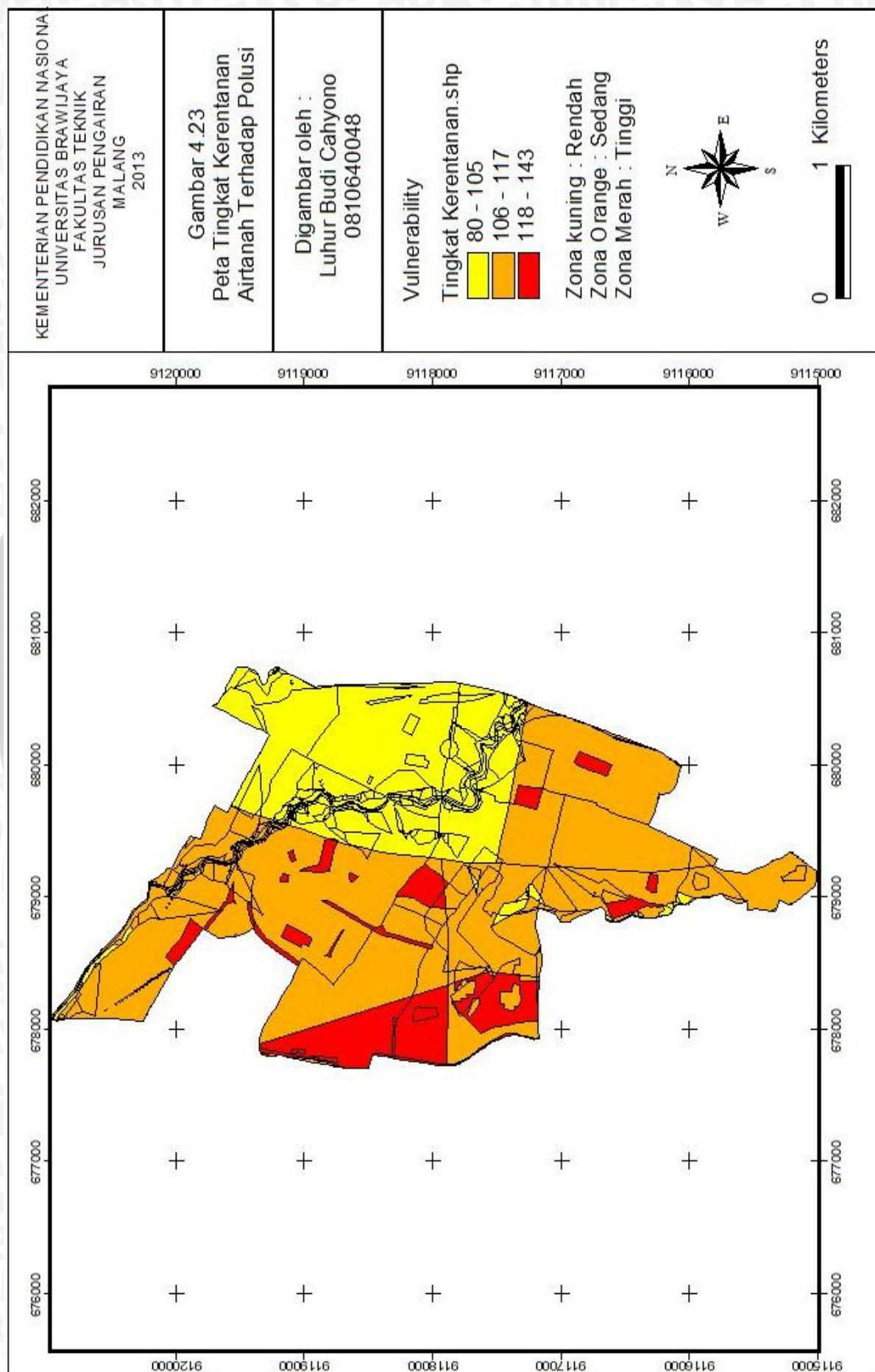
No	Kelurahan	Tata guna lahan	Jenis tanah	Sumur	CN	DrDw	RrRw	ArAw	SrSw	TrTw	Irlw	CrCw	DRASTIC Index	Tingkat kerentanan
52	Kasin	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	3	30	3	111	Sedang
53	Kasin	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	5	30	3	113	Sedang
54	Kasin	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	9	30	3	117	Sedang
55	Kasin	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	10	30	3	118	Tinggi
56	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	9	30	6	116	Sedang
57	Kasin	pemukiman	alluvial	sumur 2	94	35	4	18	14	10	30	6	117	Sedang
58	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
59	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
60	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
61	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
62	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
63	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
64	Rampal celaket	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
65	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
66	Samaan	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
67	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
68	Samaan	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
69	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
70	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
71	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
72	Samaan	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
73	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	1	30	12	104	Rendah
74	Samaan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	3	30	12	106	Sedang
75	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	3	30	12	106	Sedang
76	Samaan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	5	30	12	108	Sedang
77	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	5	30	12	108	Sedang

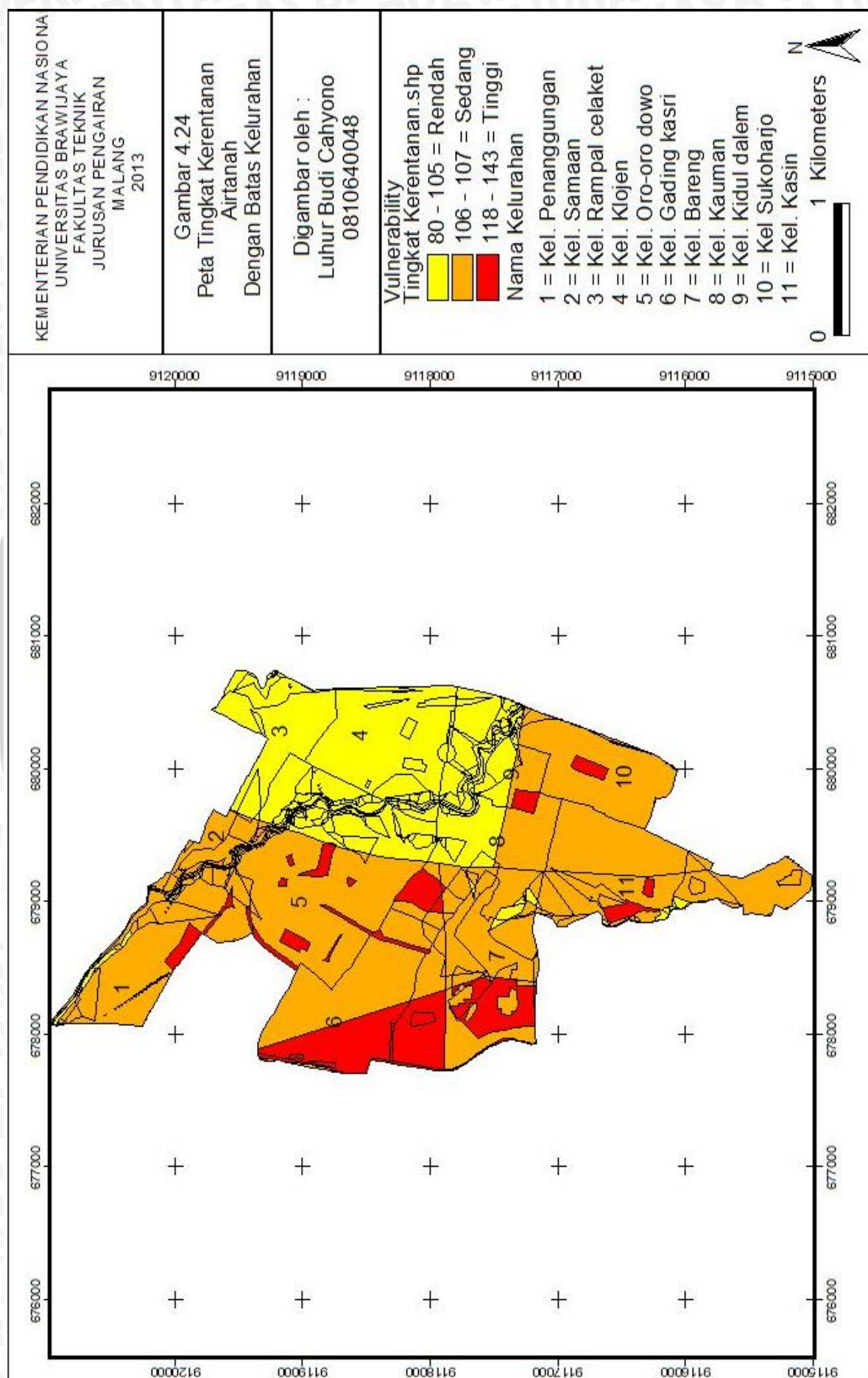
No	Kelurahan	Tata guna lahan	Jenis tanah	Sumur	CN	DrDw	RrRw	ArAw	SrSw	TrTw	Irlw	CrCw	DRASTIC Index	Tingkat kerentanan
78	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
79	Samaan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
80	Samaan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
81	Samaan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
82	Samaan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
83	Oro oro dowo	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
84	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
85	Oro oro dowo	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
86	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
87	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
88	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
89	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
90	Oro oro dowo	padang rumput	alluvial	sumur 3	80	25	12	18	14	10	15	3	97	Rendah
91	Oro oro dowo	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
92	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	1	30	12	104	Rendah
93	Oro oro dowo	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	1	30	12	104	Rendah
94	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	3	30	12	106	Sedang
95	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	5	30	12	108	Sedang
96	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
97	Oro oro dowo	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
98	Oro oro dowo	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
99	Oro oro dowo	padang rumput	alluvial	sumur 4	80	25	12	18	14	10	30	12	121	Tinggi
100	Klojen	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
101	Klojen	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	1	15	3	80	Rendah
102	Klojen	padang rumput	alluvial	sumur 3	80	25	12	18	14	1	15	3	88	Rendah
103	Klojen	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah

No	Kelurahan	Tata guna lahan	Jenis tanah	Sumur	CN	DrDw	RrRw	ArAw	SrSw	TrTw	Irlw	CrCw	DRASTIC Index	Tingkat kerentanan
104	Klojen	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	3	15	3	82	Rendah
105	Klojen	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	5	15	3	84	Rendah
106	Klojen	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	9	15	3	88	Rendah
107	Klojen	pemukiman	alluvial	sumur 3	94	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
108	Klojen	semak belukar	alluvial	sumur 3	86	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
109	Klojen	air tawar	alluvial	sumur 3	0	25	4	18	14	10	15	3	89	Rendah
110	Klojen	padang rumput	alluvial	sumur 3	80	25	12	18	14	9	15	3	96	Rendah
111	Klojen	padang rumput	alluvial	sumur 3	80	25	12	18	14	10	15	3	97	Rendah
112	Penanggungan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	1	30	12	104	Rendah
113	Penanggungan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	1	30	12	104	Rendah
114	Penanggungan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	1	30	12	104	Rendah
115	Penanggungan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	3	30	12	106	Sedang
116	Penanggungan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	3	30	12	106	Sedang
117	Penanggungan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	3	30	12	106	Sedang
118	Penanggungan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	5	30	12	108	Sedang
119	Penanggungan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	5	30	12	108	Sedang
120	Penanggungan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	5	30	12	108	Sedang
121	Penanggungan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
122	Penanggungan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
123	Penanggungan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
124	Penanggungan	semak belukar	alluvial	sumur 4	86	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
125	Penanggungan	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
126	Penanggungan	air tawar	alluvial	sumur 4	0	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
127	Penanggungan	padang rumput	alluvial	sumur 4	80	25	12	18	14	9	30	12	120	Tinggi
128	Penanggungan	padang rumput	alluvial	sumur 4	80	25	12	18	14	10	30	12	121	Tinggi
129	Gading kasri	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang

No	Kelurahan	Tata guna lahan	Jenis tanah	Sumur	CN	DrDw	RrRw	ArAw	SrSw	TrTw	Irlw	CrCw	DRASTIC Index	Tingkat kerentanan
130	Gading kasri	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
131	Gading kasri	pemukiman	andosol	sumur 4	77	25	12	18	12	5	30	12	114	Sedang
132	Gading kasri	pemukiman	andosol	sumur 4	77	25	12	18	12	9	30	12	118	Tinggi
133	Gading kasri	pemukiman	andosol	sumur 4	77	25	12	18	12	10	30	12	119	Tinggi
134	Gading kasri	padang rumput	alluvial	sumur 4	39	25	12	18	14	10	30	12	121	Tinggi
135	Gading kasri	semak belukar	andosol	sumur 4	65	25	32	18	12	5	30	12	134	Tinggi
136	Gading kasri	semak belukar	andosol	sumur 4	65	25	32	18	12	9	30	12	138	Tinggi
137	Gading kasri	padang rumput	andosol	sumur 4	39	25	36	18	12	10	30	12	143	Tinggi
138	Bareng	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	5	30	3	105	Rendah
139	Bareng	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	9	30	3	109	Sedang
140	Bareng	pemukiman	alluvial	sumur 1	94	25	4	24	14	10	30	3	110	Sedang
141	Bareng	pemukiman	andosol	sumur 1	77	25	12	24	12	5	30	3	111	Sedang
142	Bareng	pemukiman	andosol	sumur 1	77	25	12	24	12	9	30	3	115	Sedang
143	Bareng	pemukiman	andosol	sumur 1	77	25	12	24	12	10	30	3	116	Sedang
144	Bareng	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	9	30	3	117	Sedang
145	Bareng	padang rumput	alluvial	sumur 1	80	25	12	24	14	10	30	3	118	Tinggi
146	Bareng	padang rumput	andosol	sumur 1	39	25	36	24	12	5	30	3	135	Tinggi
147	Bareng	padang rumput	andosol	sumur 1	39	25	36	24	12	9	30	3	139	Tinggi
148	Bareng	padang rumput	andosol	sumur 1	39	25	36	24	12	10	30	3	140	Tinggi
149	Bareng	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	9	30	12	112	Sedang
150	Bareng	pemukiman	alluvial	sumur 4	94	25	4	18	14	10	30	12	113	Sedang
151	Bareng	pemukiman	andosol	sumur 4	77	25	12	18	12	10	30	12	119	Tinggi
152	Bareng	padang rumput	andosol	sumur 4	39	25	36	18	12	10	30	12	143	Tinggi
Jumlah						3950	1048	2916	2100	1025	3765	987		
Rata-rata						25,99	6,89	19,18	13,82	6,47	24,77	6,49		

Sumber : Hasil perhitungan





4.7 Pembahasan

Berdasarkan hasil perhitungan *DRASTIC Index* seperti yang disajikan pada Tabel 4.31 didapatkan nilai *index* berkisar dari 80 – 143. Setelah didapatkan nilai *Index*nya, dapat ditentukan besaran tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi dengan cara mengklasifikasikan kembali menjadi tiga kelas. Membagi kelas tersebut menjadi tingkat kerentanan rendah, tingkat kerentanan sedang dan tingkat kerentanan tinggi. Hasil klasifikasi kembali ini disajikan pada Gambar 4.23. Dari Gambar 4.23 tersebut didapatkan luas pengaruh dari tiap tingkat kerentanan yang disajikan pada Tabel 4.34.

Tabel 4.34 Luas daerah pengaruh tiap tingkat kerentanan airtanah terhadap polusi

Nilai <i>DRASTIC Index</i>	Tingkat kerentanan	Luas (km ²)	Luas (%)
80 – 105	rendah	2,568	28,64
106 – 117	sedang	5,258	58,64
118 – 143	tinggi	1,140	12,72
	total	8,966	100,00

Sumber : Hasil perhitungan

Berdasarkan Tabel 4.34 dapat diketahui bahwa dari total 8,966 km², area seluas 2,568 km² memiliki tingkat kerentanan rendah dengan nilai *DRASTIC Index* berkisar antara 80 hingga 105, sekitar 5,258 km² memiliki tingkat kerentanan sedang dengan nilai *DRASTIC Index* berkisar dari 106 hingga 117. Area dengan tingkat kerentanan tinggi memiliki luas 1,140 km² berkisar dari 118 hingga 143. Hal ini berarti 12,72% Kecamatan Klojen memiliki potensi polusi tinggi terhadap airtanahnya.

Jika dilihat dari Gambar 4.23 dan Gambar 4.24 daerah yang memiliki tingkat kerentanan tinggi terpusat di bagian barat dan tersebar di Kecamatan Klojen. Daerah yang meliputi tingkat kerentanan sedang terpusat di bagian tengah dan tenggara Kecamatan Klojen. Untuk tingkat kerentanan rendah terpusat di bagian timur Kecamatan Klojen.

Jika dilihat dari parameternya, faktor utama yang menyebabkan tingginya tingkat kerentanan airtanah adalah parameter kedalaman muka airtanah yang memiliki nilai skor paling tinggi dikarenakan kedalaman airtanah yang relatif lebih dekat ke permukaan tanah memungkinkan air yang meresap lebih cepat. Parameter ini adalah salah satu bagian parameter yang tidak dapat diubah karena faktor kondisi alam yang memiliki kontur tanah yang rata dan elevasi yang lebih rendah daripada kondisi daerah

Kota Malang pada umumnya. Selain itu jenis tanah andosol juga menyebabkan tingkat kerentanan tinggi karena infiltrasi yang masuk ke dalam tanah lebih besar.

Pada dasarnya tingkat kerentanan tiap daerah memiliki faktor utama pemicu yang berbeda-beda, misalnya saja pada Kelurahan Rampal celaket memiliki jenis akuifer yang mudah meloloskan air namun karena kedalaman airtanahnya relatif dalam serta nilai curah hujan yang masuk ke dalam tanah kecil sehingga tingkat kerentanannya pun tidak terlalu tinggi.

Jika dilihat dari tataguna lahannya, tingginya tingkat kerentanan ini disebabkan karena tataguna lahan di daerah tersebut merupakan padang rumput seperti pada tabel 4.33 no 15 dan lampiran halaman 31. Di dalam konsep *DRASTIC* tingginya tingkat kerentanan dipengaruhi besarnya jumlah infiltrasi yang membawa polutan dari permukaan terserap bersama air meresap hingga ke muka airtanah. Nilai curah hujan yang meresap ke dalam tanah lebih besar pada padang rumput dibandingkan dengan daerah yang sebagian besar tataguna lahannya adalah pemukiman seperti pada tabel 4.33 no 113 dan lampiran halaman 31. Tingkat kerentanannya lebih rendah karena air hujan cenderung melimpas di permukaan dan lebih sedikit terinfiltrasi.

Recharge merupakan parameter yang sangat dipengaruhi oleh tataguna lahan. Sebagai contoh air hujan yang meresap ke dalam tanah pada daerah pemukiman lebih sedikit dibandingkan dengan daerah padang rumput. Hal ini dikarenakan untuk daerah padang rumput, air dapat meresap lebih banyak dan cepat ke dalam tanah dibandingkan daerah pemukiman. Perlu diketahui bahwa pada daerah dengan tingkat kerentanan sedang ataupun rendah mungkin berada pada daerah tataguna lahan yang mungkin akan meningkatkan tingkat kerentanannya. Misalnya daerah pemukiman dapat meningkatkan tingkat kerentanan daerah tersebut karena semakin tingginya jenis polutan yang dapat masuk ke dalam tanah, misalnya air limbah rumah tangga, sampah yang dapat dilihat pada lampiran halaman 33 – 36.

Peta kerentanan airtanah bisa diaplikasikan untuk semua polutan yang mungkin berpengaruh pada air di permukaan (sebelum meresap ke dalam tanah) tetapi tidak memberikan penjelasan tentang potensi polusi dari tiap jenis bahan kimia dan jumlah pengaruhnya terhadap polusi airtanah tersebut. Hal ini merupakan batasan penting dalam studi ini. Untuk dapat mengetahui jenis bahan kimia yang berpotensi menyebabkan polusi airtanah perlu dilakukan uji laboratorium yang dapat dilihat pada lampiran halaman 37 – 38, yang menunjukkan daerah studi rentan terhadap polusi.

4.8 Rekomendasi

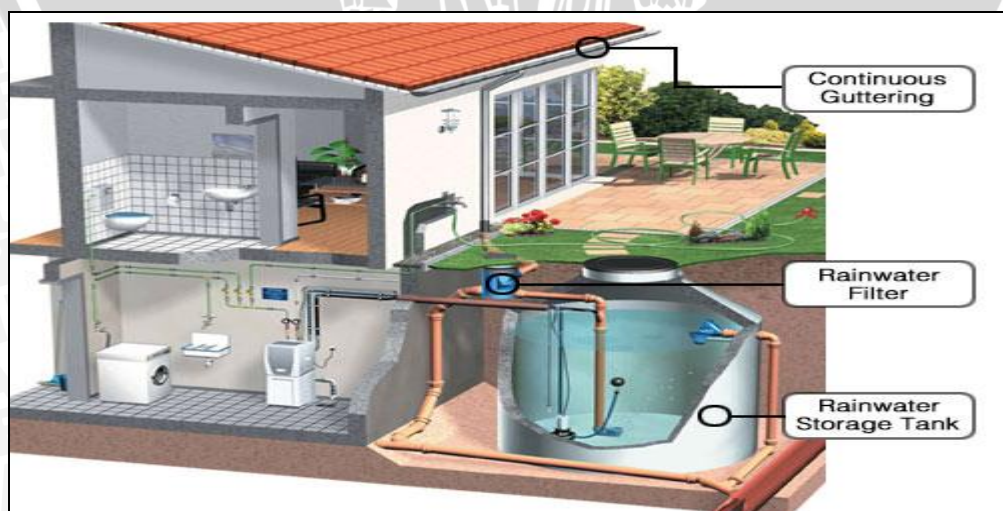
Dari kondisi lokasi studi di kecamatan Klojen yang sebagian besar wilayahnya pemukiman menurut konsep DRASTIC potensi kerentanan air tanah lebih kecil karena air yang masuk ke dalam tanah lebih sedikit sehingga semakin kecil pula peluang polutan sampai ke airtanah. Namun sedikitnya air yang meresap, menyebabkan limpasan yang semakin besar dan kemungkinan dapat menyebabkan banjir yang merupakan permasalahan saat ini di kota Malang khususnya di kecamatan Klojen.

Menurut konsep konservasi, semakin banyak air yang masuk ke tanah semakin baik pula kondisi tanah daerah tersebut dalam artian lebih gembur dan menyimpan airtanah lebih banyak. Konsep ini sangat bertolak belakang dengan konsep DRASTIC yang dimana semakin banyak air yang masuk ke dalam tanah maka semakin rentan terhadap polusi, karena dalam metode tersebut dianggap semua air yang masuk membawa polutan.

Dari dua konsep tersebut, rekomendasi yang dapat dianjurkan adalah dikembangkannya suatu rencana perlindungan airtanah yang berkelanjutan berwawasan konservasi lahan. Metode yang dapat digunakan antara lain :

1. *Rain Water Harvesting* (metode memanen hujan)

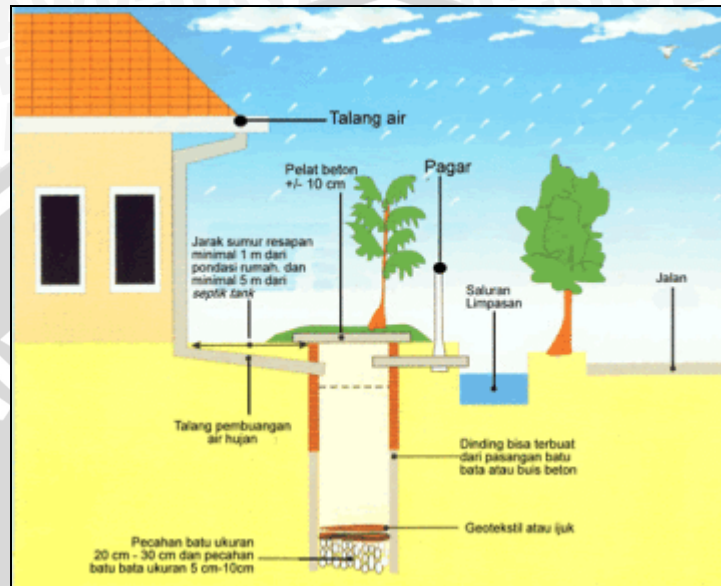
Metode memanen hujan dapat didefinisikan sebagai upaya menampung air hujan sehingga dapat untuk kebutuhan air bersih atau dengan meresapkan air hujan ke dalam tanah sehingga banjir pada musim hujan dan kekeringan pada musim kemarau dapat ditanggulangi. Air hujan yang ditampung berasal dari atap rumah yang ditampung di dalam tangki air atau kolam penampungan yang sudah di saring dengan saringan ijuk, pasir, arang, koral dan batubata melalui talang. Jika air dalam tangki air berlebih maka sisanya akan diresapkan ke dalam tanah.



Gambar 4.25 *Rain Water Harvesting* (metode memanen hujan)
Sumber : <http://www.solusrenewableenergy.co.uk>

2. Sumur Resapan

Sumur resapan adalah bangunan yang dibuat sebagai tempat menampung air hujan yang jatuh diatas atap rumah atau daerah kedap air dan meresapkannya ke dalam tanah. Sumur resapan berfungsi memberikan imbuhan air secara buatan dengan cara menginjeksikan ke dalam tanah. Sasaran lokasi adalah daerah peresapan air di kawasan budidaya, pemukiman, perkantoran, pertokoan, industri, dan fasilitas umum lainnya.



Gambar 4.26 Sumur resapan

Sumber : <http://bebasbanjir2025.wordpress.com>

3. Roof Garden (atap hijau)

Roof Garden atau atap hijau adalah atap sebuah bangunan yang sebagian atau seluruhnya ditutupi vegetasi dan media tumbuh ditanam di atas membran anti air. Ini juga termasuk lapisan tambahan seperti penghalang akar dan drainase sebagai sistem irigasi. Roof Garden juga dikenal sebagai atap yang hidup yang dibuat untuk beberapa tujuan, antara lain:

- Menyerap air hujan
- Menyediakan zona isolasi bagi penghijauan
- Menciptakan habitat bagi satwa liar
- Membantu untuk menurunkan suhu udara perkotaan
- Mengurangi efek pemanasan global, dll.



Gambar 4.27 *Roof Garden* (atap hijau)

Sumber : <http://www.hosowo.com>

4. *Go green* (penghijauan)

Go green atau penghijauan adalah proses, cara, perbuatan membuat supaya menjadi hijau dengan penanaman tanaman. Beberapa tanaman yang mampu menyerap partikel limbah antara lain damar, mahoni daun lebar, jamuju, pala, asam landi, johar, glodogan, keben dan tanjung.

Metode diatas merupakan sebagian dari usaha untuk mengurangi tingkat kerentananan airtanah terhadap polusi dan juga banjir. Tujuannya adalah air hujan tidak melimpas sehingga langsung masuk ke dalam tanah dan jika terjadi limpasan polutan yang terbawa dapat berkurang atau hilang karena proses penyaringan oleh metode tersebut. Selain itu cadangan airtanah dapat bertambah karena dengan bertambahnya area resapan air. Dengan demikian membaiknya tataguna lahan di suatu daerah dapat mengurangi polutan yang masuk ke dalam tanah dan begitu juga masalah banjir dapat berkurang.