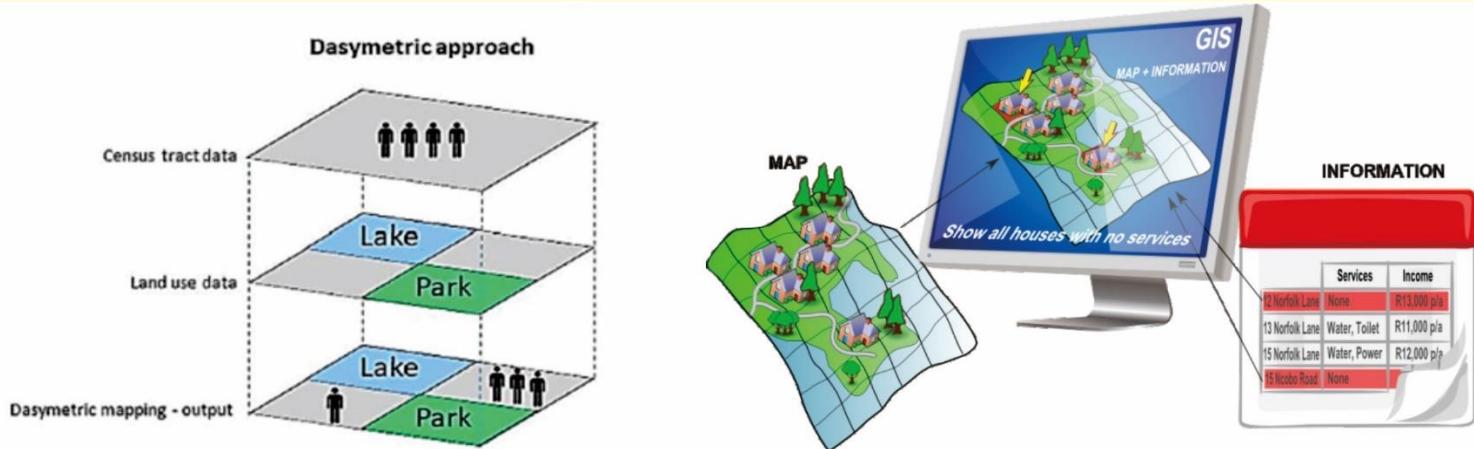


## MODUL PELATIHAN

MODELLING ESTIMASI JUMLAH PENDUDUK DENGAN DATA GEOSPASIAL  
UNTUK MENDUKUNG DAN MEMPERTAJAM ANALISIS SPASIAL DALAM PEMETAAN GEOSTATISTIK



 **Arc**  
ESRI **GIS**

PUSAT PENELITIAN GEOGRAFI TERAPAN

UNIT KERJA KHUSUS LEMBAGA SAINS TERAPAN

FMIPA - UNIVERSITAS INDONESIA

Ged. H Departemen Geografi, Lt. Dasar, FMIPA

Kampus UI, Depok, Jawa Barat, 16425

Telp./Fax : (+62) 21 787-3067 | Web : [www.ppgt.ui.ac.id](http://www.ppgt.ui.ac.id)

Email : [ppgt@sci.ui.ac.id](mailto:ppgt@sci.ui.ac.id)

## DAFTAR ISI

DAFTAR ISI.....	2
DAFTAR GAMBAR .....	3
BAB 1 KONSEP DASAR PEMODELAN SPASIAL.....	7
1.1.    Pemodelan Spasial .....	7
1.2.    Model Estimasi Jumlah Penduduk per Pixel .....	12
BAB 2 PENGOLAHAN VARIABEL PREDIKTOR PERCENT BUILDING DENSITY .....	16
1.3.    Penjelasan Variabel Prediktor .....	16
1.3.1.    Normalized Difference Built-Up Index (NDBI).....	16
1.3.2.    Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI).....	17
1.3.3.    Normalized Difference Water Index (NDWI).....	17
1.3.4.    Thermal Infrared Algorithm.....	18
1.4.    Pengolahan Variabel Prediktor Normalized Difference Built-up Index (NDBI) Menggunakan ArcGIS.....	19
1.5.    Pengolahan Variabel Prediktor Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) Menggunakan ArcGIS.....	21
1.6.    Pengolahan Variabel Prediktor Normalized Difference Water Index (Ndwi) Menggunakan Arcgis.....	23
1.7.    Pengolahan Variabel Prediktor Inframerah Termal Sensor Menggunakan ArcGIS.....	25
BAB 3 MEMBANGUN MODEL KERAPATAN BANGUNAN.....	31
2.1.    Mengambil Sampel Kerapatan Bangunan dari Citra Resolusi Sangat Tinggi.	31

2.2. Melakukan Ekstraksi Nilai Variabel-Variabel Prediktor pada Tiap Tiap Sampel Bangunan .....	38
2.3. Membangun Pemodelan Regresi untuk Algoritma Persentase Kerapatan Bangunan .....	39
2.4. Membuat Peta Kerapatan Bangunan .....	43
2.5. Normalisasi Peta Kerapatan Bangunan (Opsional).....	46
<b>BAB 4 MELAKUKAN ANALISIS DASIMETRIK UNTUK DISAGREGRASI SEBARAN PENDUDUK KE DALAM UNIT PIXEL.....</b>	<b>48</b>
4.1. Melakukan Analisis Tumpang Susun Data Penduduk dengan Data Permukiman.....	48
4.2. Menghitung Total Kerapatan Bangunan untuk Menghitung Rasio Kerapatan Bangunan Per Piksel.....	49
4.3. Memotong Data Persentase Kerapatan Bangunan dengan Data Permukiman	
53	
4.4. Melakukan Konversi Atribut Jumlah Penduduk dan Total Kerapatan Bangunan ke Data Raster.....	54
4.5. Analisis Disagregasi Penduduk ke Dalam Unit Piksel (Metode Dasimetrik) ...	56
<b>BAB 5 STUDI KASUS DAN APLIKASI PETA DASIMETRIK UNTUK KEBENCANAAN.....</b>	<b>58</b>

## **DAFTAR GAMBAR**

Gambar 1.1. Peran model data dalam SIG .....	7
Gambar 1.2. Abstraksi model dunia nyata untuk kebencanaan (Westen, 2011).....	9
Gambar 1.3. Tingkatan abstraksi data model dalam SIG (Longley, et.al., 2005).....	9
Gambar 1.4. Model Konseptual .....	10
Gambar 1.5. Model data dalam SIG .....	11

Gambar 1.6. Hubungan antara model konseptual dengan model logis.....	11
Gambar 1.7. Contoh model fisik .....	12
Gambar 1.8. Skematik pemetaan menggunakan metode dasimetrik (Petrov, 2012)...	14
Gambar 2.1. Memasukkan pita 6 dan pita 5 .....	19
Gambar 2.2. Tampilan citra pita 6 dan pita 5 .....	19
Gambar 2.3. Raster calculator untuk menghitung NDBI.....	20
Gambar 2.4. Hasil pengolahan NDBI.....	21
Gambar 2.5. Tampilan citra pita 4 dan pita 5 .....	21
Gambar 2.6. Raster calculator untuk menghitung SAVI.....	22
Gambar 2.7. Hasil pengolahan SAVI.....	23
Gambar 2.8. Tampilan citra pita 5 dan pita 4 .....	23
Gambar 2.9. Raster calculator untuk menghitung NDWI .....	24
Gambar 2.10. Hasil pengolahan NDWI.....	25
Gambar 2.11. Metadata Radiance Multi Band 10.....	26
Gambar 2.12. Metadata Radiance Add Band 10.....	26
Gambar 2.13. Tampilan citra pita 10 .....	27
Gambar 2.14. Raster calculator untuk menghitung radiance spectral.....	27
Gambar 2.15. Metadata K <sub>1</sub> dan K <sub>2</sub> .....	28
Gambar 2.16. Raster calculator untuk menghitung radiance spectral menjadi kelvin.	28
Gambar 2.17. Hasil pengolahan suhu permukaan darat dalam satuan kelvin.....	29
Gambar 2.18. Raster calculator untuk menghitung kelvin menjadi celcius .....	29
Gambar 2.19. Hasil pengolahan suhu permukaan darat dalam satuan celcius .....	30
Gambar 3.1. Tumpang susun antara citra resolusi tinggi dengan grid berukuran 30x30 m .....	31
Gambar 3.2. Membuat shapefiles baru .....	32
Gambar 3.3. Nama dan spesifikasi shapefile.....	32
Gambar 3.4. Contoh sampel bangunan per grid.....	33
Gambar 3.5. Add field .....	34
Gambar 3.6. Calculate geometry .....	34

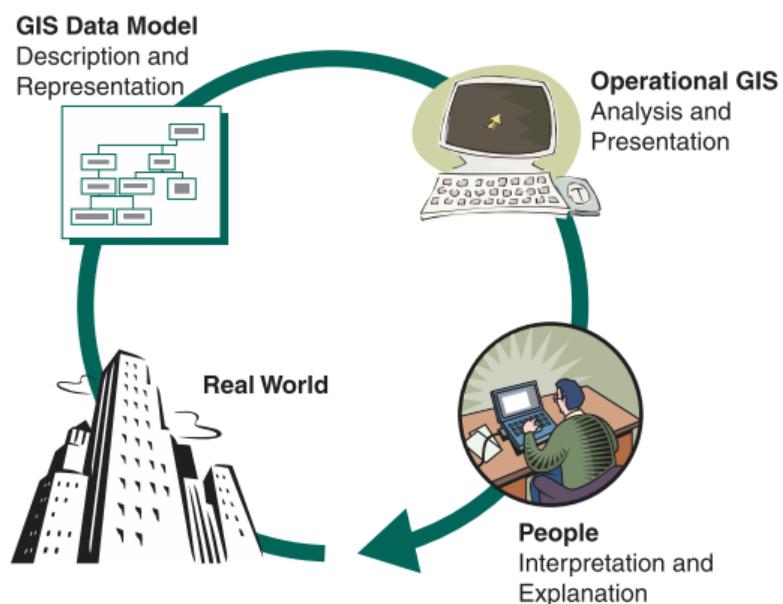
Gambar 3.7. Calculate geometry dalam sq m.....	35
Gambar 3.8. Field kerapatan bangunan.....	35
Gambar 3.9. Field calculator.....	36
Gambar 3.10. Feature to point .....	36
Gambar 3.11. Start editing sampel bangunan yang sudah point.....	37
Gambar 3.12. Sampel setelah ditambahkan grid yang tidak memiliki bangunan.....	37
Gambar 3.13. Titik sampel bangunan dengan beberapa variabel prediktor .....	38
Gambar 3.14. Extract Multi Values to Points .....	38
Gambar 3.15. Nilai variabel predictor yang telah diekstraksi ke dalam sampel bangunan.....	39
Gambar 3.16. Dataset yang dibuka di Microsoft Excel .....	40
Gambar 3.17. Data analysis pada Microsoft Excel.....	41
Gambar 3.18. Memilih regression tools pada data analysis di Microsoft Excel.....	41
Gambar 3.19. Penentuan variabel bebas dan terikat pada model regresi di Regression Tools.....	42
Gambar 3.20. Output hasil regresi .....	42
Gambar 3.21. Raster Calculator untuk membuat peta kerapatan bangunan.....	44
Gambar 3.22. Peta kerapatan bangunan .....	45
Gambar 3.23. Rescale by Function .....	46
Gambar 3.24. Peta kerapatan bangunan setelah di rescale.....	47
Gambar 4.1. Analisis intersect.....	48
Gambar 4.2. Analisis Zonal Statistics as Table .....	49
Gambar 4.3. Hasil analisis Zonal Statistics as Table .....	49
Gambar 4.4. Proses Join Table .....	50
Gambar 4.5. Proses Join Table .....	51
Gambar 4.6. Hasil dari join table .....	51
Gambar 4.7. Ekspor data.....	52
Gambar 4.8. Ekspor data.....	52
Gambar 4.9. Analisis extract by mask .....	53

Gambar 4.10. Hasil analisis extract by mask.....	54
Gambar 4.11. (a) Melakukan konversi field “jumlah_pen” (b) Melakukan konversi field “SUM” .....	55
Gambar 4.12. Raster calculator untuk dasimetrik.....	56
Gambar 4.13. Peta dasimetrik Sawangan .....	57

## BAB 1 KONSEP DASAR PEMODELAN SPASIAL

### 1.1. Pemodelan Spasial

Inti dari GIS adalah model data, yang merupakan satu set konstruksi artifisial untuk mewakili objek dan proses fenomena di muka bumi dalam lingkungan komputer (Gambar 1.1). Pengguna GIS berinteraksi dengan perangkat lunak GIS untuk melakukan tugas-tugas seperti membuat peta, query database, dan melakukan analisis kesesuaian lokasi. Karena jenis analisis yang dapat dilakukan sangat dipengaruhi oleh cara dunia nyata dimodelkan, keputusan tentang jenis model data yang akan diadopsi sangat penting untuk keberhasilan proyek GIS.



Gambar 1.1. Peran model data dalam SIG

***"A data model is a set of constructs for describing and representing selected aspects of the real-world in a computer. (Longley, et.al., 2005)***

Sebuah model data adalah satu set konstruksi artifisial dimana bagian-bagiannya terdapat domain sumbernya yang merepresentasikan target sumbernya. Sebuah titik bisa dijadikan sebagai suatu model untuk rumah, garis bisa dijadikan sebagai suatu model untuk jalan, sungai, dsb. Model itu harus dapat menyederhanakan (*simplify*) proses sulit yang terjadi dalam dunia nyata dan memudahkan untuk melihat apa yang sebenarnya terjadi dan bagaimana proses terjadinya. Karena setiap pengguna menggunakan GIS untuk tujuan yang berbeda, dan fenomena yang dipelajarinya memiliki karakteristik yang berbeda, maka **TIDAK ADA SATUPUN TIPE MODEL DATA GIS YANG TERBAIK UNTUK SEMUA KEADAAN.**

Kenapa perlu dilakukan model adalah karena

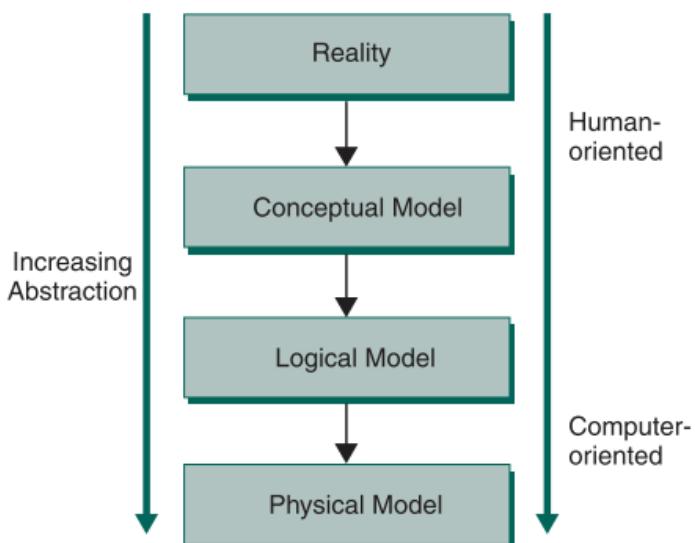
- 1) Kita ingin mengetahui proses terjadinya suatu fenomena di muka bumi,
- 2) Mengizinkan pengguna untuk bereksperimen dengan sebuah replika dan mengevaluasinya
- 3) Melakukan investigasi *what if scenarios*
- 4) Memahami perubahan dan dinamika fenomena yang terjadi
- 5) Menguji sensitivitas dan tingkat kepercayaan model (*level of confidence*)

Pada Gambar 1.2. adalah sebuah abstraksi model dunia nyata dalam bidang kebencanaan. Pada gambar tersebut dapat diperoleh informasi bahwa ada beberapa tingkatan dalam melakukan abstraksi pemodelan dunia nyata (*real world*) seperti sungai, bangunan, kawasan perkotaan.



**Gambar 1.2. Abstraksi model dunia nyata untuk kebencanaan (Westen, 2011)**

Longley (2005) dalam bukunya *Geographic Information and Science* menjelaskan bahwa ada 4 (empat) tingkatan dalam merepresentasikan fenomena dunia nyata beserta orientasi jenis data yang dapat dibuat, yaitu realitas dunia nyata (*reality*), model konseptual (*conceptual model*), model logis (*logical model*), dan model fisik (*physical model*).



**Gambar 1.3. Tingkatan abstraksi data model dalam SIG (Longley, et.al., 2005)**

Dunia nyata (*reality*), terdiri dari fenomena dunia nyata (bangunan, jalan, sumur, danau, orang, dll), dan mencakup semua aspek yang mungkin atau mungkin tidak dirasakan oleh individu, atau dianggap relevan dengan aplikasi tertentu. Model konseptual (*conceptual model*) adalah model objek dan proses terpilih yang karena adanya intervensi dari manusia untuk mengkonseptualisasi fenomena dunia nyata, seringkali sebagian terstruktur, yang dianggap relevan dengan domain masalah tertentu. Sebagai contoh, sungai akan dikonseptualkan dalam bentuk seperti apa. Model konseptual terdiri dari 3 (tiga) cara dalam mengkonseptualisasikan sebuah fenomena dunia nyata (Gambar 1.4), yaitu:

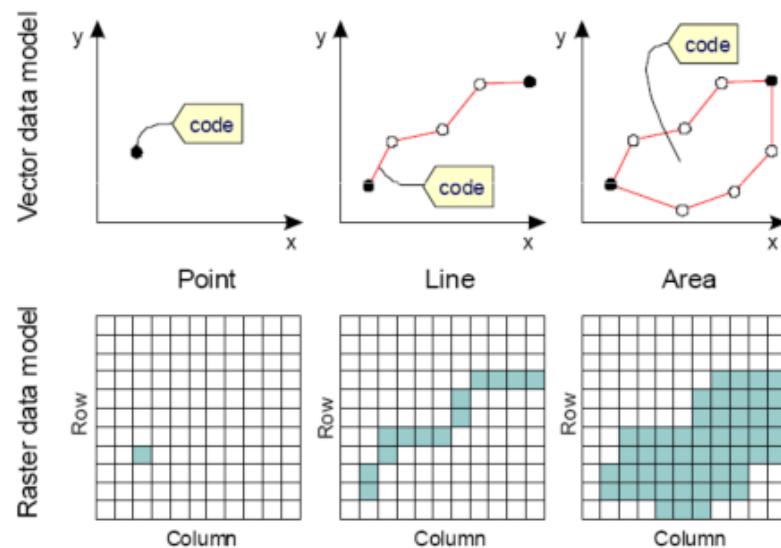
- a. **Field Based** – atribut dapat dianggap bervariasi secara terus menerus (kontinum) dari satu tempat ke tempat lain (misalnya curah hujan). Dapat divisualisasikan dalam bentuk 2D atau 3D (misalnya polusi udara, ketinggian).
- b. **Object Based** – fitur dapat dianggap sebagai entitas diskret atau objek. Bisa besar atau kecil, fisik atau benda dan berisi objek lain.
- c. **Networks** – berbasis objek, tetapi penekanannya pada interaksi antara objek di sepanjang jalur.



**Gambar 1.4. Model Konseptual**

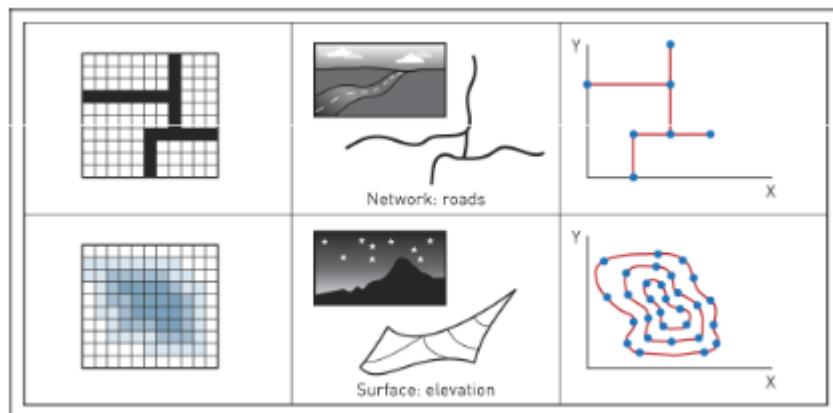
Model logis adalah representasi realitas yang berorientasi pada implementasi yang sering dinyatakan dalam bentuk data berupa tabel, diagram dan daftar. Model logis ini sudah masuk dalam model yang sudah berbasis komputer, dimana dalam SIG dikenal sebagai model data spasial. Istilah model data spasial (atau geografis) digunakan untuk menggambarkan bagaimana data diatur dalam SIG. Dua jenis utama dalam SIG adalah:

- a. **Raster**, terdiri dari berbagai sel-sel yang biasanya berupa persegi. Sering digunakan untuk memodelkan data lapangan, tetapi tidak benar-benar membentuk permukaan yang kontinu.
- b. **Vektor**, terdiri dari data titik, garis, poligon yang digunakan untuk mewakili objek. Fenomena yang berbeda dimodelkan sebagai lapisan (*layer*). Dalam model raster setiap lapisan mewakili atribut variabel; dalam model vektor, setiap lapisan biasanya merupakan jenis objek tertentu (Gambar 1.5).



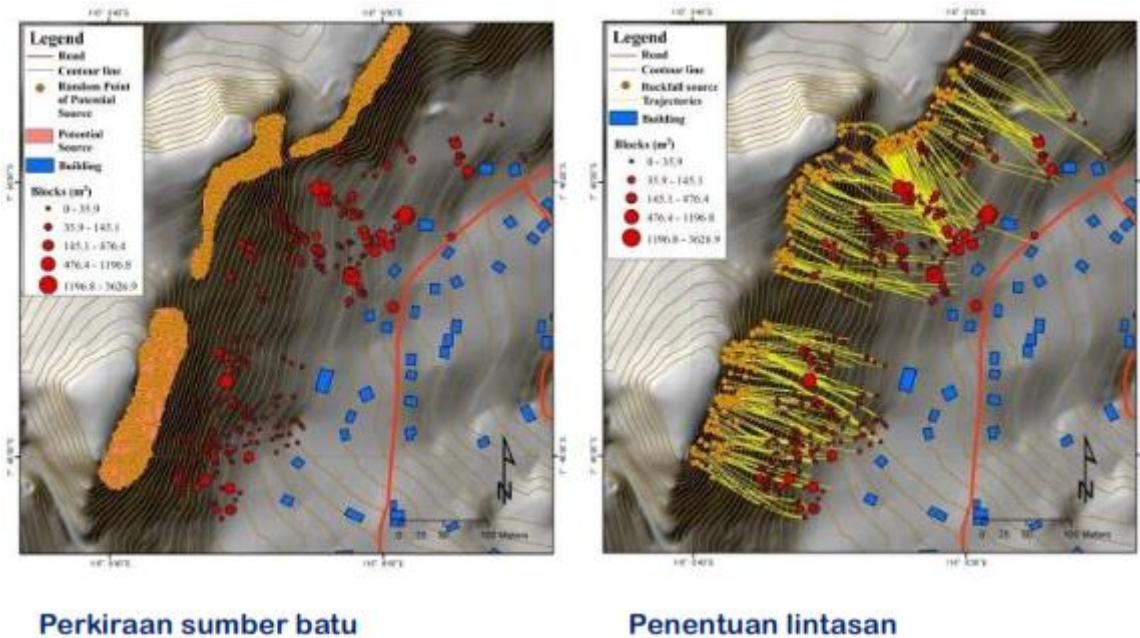
**Gambar 1.5. Model data dalam SIG**

Hubungan antara model konseptual dan model logis ditunjukkan pada gambar berikut ini.



**Gambar 1.6. Hubungan antara model konseptual dengan model logis**

Model fisik adalah menggambarkan implementasi aktual dalam GIS, dan sering kali terdiri dari tabel yang disimpan sebagai file atau database. Sebagai contoh adalah model fisik longsor batuan. Jika titik adalah representasi model konseptual untuk batu dan model logisnya adalah topografi dengan representasi data DEM (Digital Elevation Model), maka model fisiknya adalah bagaimana batuan itu jatuh dan mengarah ke mana batuan akan jatuh (Gambar 1.7).



**Gambar 1.7. Contoh model fisik**

## 1.2. Model Estimasi Jumlah Penduduk per Pixel

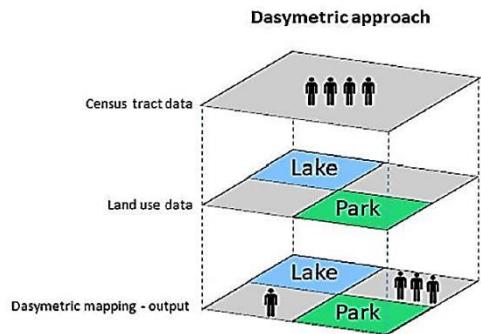
Perhitungan jumlah penduduk pada unit piksel akan menggunakan teknik disagregasi penduduk yang dinamakan metode dasimetrik. Proses disagregasi data penduduk ini akan dibantu oleh beberapa variabel prediktor penciri keberadaan populasi yang diolah berdasarkan algoritma kerapatan bangunan dari data penginderaan jauh. Penelitian ini dilakukan untuk menghasilkan model untuk mengidentifikasi persentase kerapatan bangunan di tiap piksel.

Algoritma persentase kerapatan bangunan telah dikembangkan pada penelitian sebelumnya dengan memanfaatkan citra Landsat 8 OLI dengan resolusi piksel 30x30 meter (Ardiansyah et al., 2018; Zulkarnain et al., 2019). Model kerapatan

bangunan ini dibangun menggunakan beberapa macam variabel indeks terpilih yang memiliki keterkaitan terhadap metode identifikasi obyek tutuhan lahan, seperti indeks lahan terbangun, indeks vegetasi, indeks air, dan suhu permukaan darat (Huete, 1998; Gao, 1996; Zha et al., 2003; XI et al., 2019; Ardiansyah et al., 2019). Keempat variabel tersebut diekstrak dari citra Landsat 8 OLI, kemudian nilai piksel dari keseluruhan variabel tersebut dibandingkan dengan nilai kerapatan bangunan eksisting yang dihitung melalui analisis grid citra resolusi tinggi dari Google Earth.

Metode dasimetrik adalah teknik yang paling umum untuk melakukan proses disagregasi data populasi yang sifatnya memiliki batasan administratif ke dalam data unit grid/piksel. Metode ini dikenalkan pertama kali oleh Benjamin (Veniamin) Petrovich Semenov-Tyan-Shansky pada tahun 1911. Istilah "*dasymetric*" diciptakan oleh Semenov- Tyan-Shansky diserapkan dari bahasa Yunani untuk mengukur kepadatan (*dasys* - *dense*, *metreo* - untuk mengukur). Semenov-Tyan-Shansky mendefinisikan peta-peta dasimetri sebagai peta-peta di mana kepadatan populasi dilepas dari batas administratif apa pun, kemudian digambarkan ke dalam suatu distribusi yang nyata dengan titik-titik alami konsentrasi dan penghalusan (Petrov, 2012).

Pemetaan dasimetrik adalah redistribusi areal data enumerasi menggunakan informasi tambahan untuk dapat menghasilkan sebuah peta dengan sebaran tertentu. Prinsip dasar pemetaan dasimetrik adalah membagi data zona menjadi unit spasial yang lebih kecil (Langford, 2003). Tingkat ketelitian peta dasimetrik hanya dibatasi oleh resolusi/kualitas data tambahan untuk menggambarkan sebaran penduduk (Petrov, 2012). Peta dasimetrik umumnya dianggap lebih representatif menggambarkan sebaran penduduk di dunia nyata daripada peta choropleth.



**Gambar 1.8. Skematik pemetaan menggunakan metode dasimetrik (Petrov, 2012)**

Metode paling dasar untuk interpolasi penduduk berbasis dasimetrik adalah pembobotan areal, di mana distribusi data dilakukan secara homogen di setiap zona berdasarkan berbagai macam asumsi. Oleh karena itu setiap zona asal berkontribusi kepada zona target berdasarkan persentase luasnya (Mennis & Hultgren, 2006). Gambar di atas menunjukkan interaksi antara dua variabel yang digunakan dalam pemetaan dasimetrik berdasarkan data sensus penduduk dan penggunaan tanah. Estimasi populasi dalam pemetaan dasimetrik untuk sasaran zona tertentu (misalnya, grid dengan ukuran 100x100 m) dihitung sebagai (Mennis & Hultgren, 2006; Requia et al., 2018):

$$\hat{y}_t = y_{s,z} \left( \frac{A_t D_c}{\sum_{t=s} (A_t D_c)} \right)$$

di mana,  $s$  adalah zona sumber (misalnya data sensus penduduk),  $z$  adalah zona tambahan (misalnya, data penggunaan lahan) yang terkait dengan kelas tambahan  $c$  (misalnya area perumahan, area komersial, taman, badan air),  $t$  adalah target zona yang didefinisikan sebagai area tumpang susun (overlay) antara  $s$  dengan  $z$ ,  $\hat{y}_t$  adalah perkiraan populasi zona target  $t$ ,  $y_s$  adalah populasi zona sumber  $s$ ,  $A_t$  adalah area dari zona target  $t$ , dan  $D_c$  adalah estimasi kepadatan kelas pendukung  $c$ . Nilai  $D_c$  dapat ditentukan berdasarkan referensi sebelumnya, atau dengan mengambil sampel bagian dari set data yang terkait dengan kelas  $c$ . Di sini, bila perlu, beberapa kelas tambahan akan ditugaskan dengan nilai yang sama dengan nol, yang mengacu

pada area zona target yang terkait dengan kelas c yang tidak berpenghuni atau berpenduduk (mis., Taman, badan air). Proses tambahan selama pemetaan dasimetrik dapat dihitung dalam memperhitungkan variasi spasial serta hubungan antara kepadatan penduduk dengan kelas tambahan ketika perkiraan kepadatan tidak diketahui. Beberapa zona tambahan dapat dikaitkan dengan kelas yang belum diambil sampelnya dan estimasi kepadatannya tidak dapat teridentifikasi. Proses ini dihitung sebagai (Mennis & Hultgren, 2006; Requia et al., 2018):

$$\hat{y}_{t(u)} = \left( y_s - \sum_{t(k)=s} (D_k A_{t(k)}) \right) \left( \frac{A_{t(u)}}{\sum_{t(u)=s} A_{t(u)}} \right)$$

di mana,  $\hat{y}_{t(u)}$  adalah estimasi populasi zona target t yang terkait dengan kelas tambahan u yang belum diambil sampelnya (estimasi kepadatan tidak diketahui),  $D_k$  adalah estimasi kepadatan kelas tambahan k (estimasi kepadatan diketahui; diperkirakan dengan pengambilan sampel atau berdasarkan referensi sebelumnya. Di (k) adalah area zona target yang terkait dengan kelas tambahan k, dan  $A_{t(u)}$  adalah area dari zona target terkait dengan kelas tambahan u.

## BAB 2 PENGOLAHAN VARIABEL PREDIKTOR PERCENT BUILDING DENSITY

### 1.3. Penjelasan Variabel Prediktor

Model persentase kerapatan bangunan (*Percent of Building Density*) membutuhkan beberapa variable prediktor dimana variabel prediktor ini memerlukan beberapa pita dari citra Landsat 8 (Ardiansyah et al., 2018). Variabel prediktor yang diperlukan antara lain: *Normalized Difference Built-up Index* (NDBI), *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI), *Normalized Difference Water Index* (NDWI), dan *Thermal Infrared Algorithm*.

#### 1.3.1. Normalized Difference Built-Up Index (NDBI)

*Normalized Difference Built-up Index* (NDBI) adalah algoritma untuk memperkirakan tingkat dari lahan terbangun pada suatu piksel. Prinsip dari algoritma ini adalah untuk mempertajam objek lahan terbangun dengan menghitung perbandingan antara pita *mid-infrared* (MIR) dan *near-infrared* (NIR). Berdasarkan karakteristiknya, objek lahan terbangun mencerminkan pita MIR lebih tinggi daripada pita NIR. Namun pada beberapa kasus, tanah kering dan lahan terbangun memiliki karakteristik yang sama dimana nilai reflektansi MIR jauh lebih tinggi dibandingkan dengan gelombang NIR (Zha et al., 2003). Algoritma dari NDBI adalah sebagai berikut:

$$NDBI = \frac{SWIR - NIR}{SWIR + NIR}$$

Dimana:

MIR = pita *mid-infrared*

NIR = pita *near-infrared*

### **1.3.2. Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI)**

Indeks vegetasi yang disesuaikan dengan tanah atau *Soil-Adjusted Vegetation Index* (SAVI) adalah salah satu algoritma indeks vegetasi untuk menghitung rasio antara pita infra merah dekat (*near-infrared*) dan pita merah (*red*). SAVI memiliki kesamaan dengan *Normalized Difference Vegetation Index* (NDVI) dalam hal penggunaan untuk menghitung kehijauan vegetasi akan tetapi SAVI lebih akurat daripada NDVI untuk wilayah tertentu dengan tutupan vegetasi rendah seperti di daerah perkotaan (Xu, 2007). Rumus untuk menghitung SAVI sebagai berikut (Huete, 1988):

$$SAVI = \frac{(NIR - RED)(1 + L)}{NIR + RED + 1}$$

Dimana:

NIR = pita *near-infrared*

RED = Pita merah

L = Faktor koreksi yang memiliki jangkauan nilai antara 0 hingga 1. Nilai 1 mencerminkan bahwa wilayah tersebut memiliki vegetasi yang rapat sedangkan nilai 0 mencerminkan bahwa wilayah tersebut memiliki vegetasi yang jarang.

### **1.3.3. Normalized Difference Water Index (NDWI)**

*Normalized Difference Water Index* (NDWI) adalah algoritma untuk mengidentifikasi objek air. Algoritma ini menggunakan pita hijau dan pita inframerah karena objek air memiliki karakteristik reflektansi yang tinggi dalam spektrum hijau dan tingkat penyerapan yang tinggi pada spektrum inframerah dekat. Dengan membandingkan nilai kedua pita tersebut, maka benda yang mengandung air akan meningkat secara radiometrik jika dibandingkan dengan benda lainnya. Persamaan untuk menghitung NDWI sebagai berikut (Gao, 1996):

$$NDWI = \frac{GREEN - NIR}{GREEN + NIR}$$

Dimana:

GREEN = pita hijau

NIR = pita *near-infrared*

#### 1.3.4. Thermal Infrared Algorithm

Salah satu sensor Landsat 8, *Thermal Infrared Sensor* (TIRS) merekam radiasi termal yang dipancarkan oleh benda-benda di permukaan bumi. Beberapa objek memiliki karakteristik tersendiri dalam memancarkan radiasi. Membangun area akan memancarkan radiasi yang lebih besar dari objek lainnya (vegetasi dan air). Ada dua langkah untuk memproduksi data pancaran termal, langkah pertama adalah mengonversi nomor digital menjadi spektral pancaran tertentu dengan persamaan sebagai berikut:

$$L\lambda = ML * QCal + AL$$

Dimana:

$L\lambda$  = spektral pancaran

ML = faktor penskalaan multiplikatif spesifik pita tertentu dari metadata

QCal = standar terkuantisasi dan terkalibrasi nilai piksel produk (nomor digital)

AL = faktor penskalaan aditif khusus pita dari metadata

Langkah kedua adalah mengubah spektral pancaran menjadi suhu permukaan (Kelvin):

$$T = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L\lambda} + 1)}$$

Dimana:

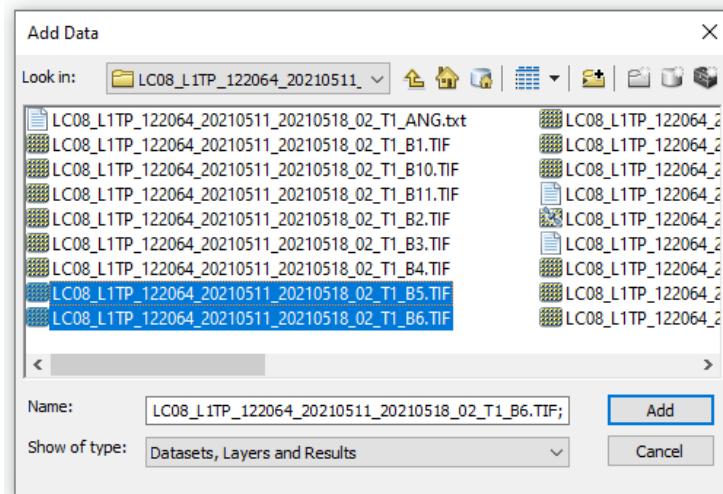
$L\lambda$  = spektral pancaran

$K_2$  = konstanta dari metadata

$K_1$  = konstanta dari metadata

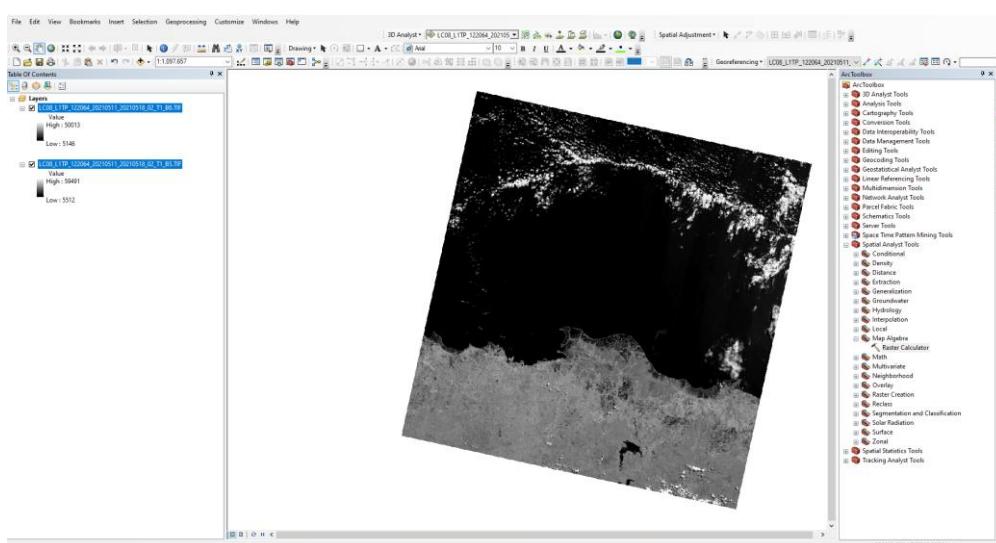
#### 1.4. Pengolahan Variabel Prediktor Normalized Difference Built-up Index (NDBI) Menggunakan ArcGIS

- Buka aplikasi ArcGIS
- Add data pita 6 (Pita SWIR) dan pita 5 (Pita NIR) untuk pengolahan NDBI:



Gambar 2.1. Memasukkan pita 6 dan pita 5

- Pilih Arc Toolbox → Spatial Analyst Tool → Map Algebra → Raster Calculator

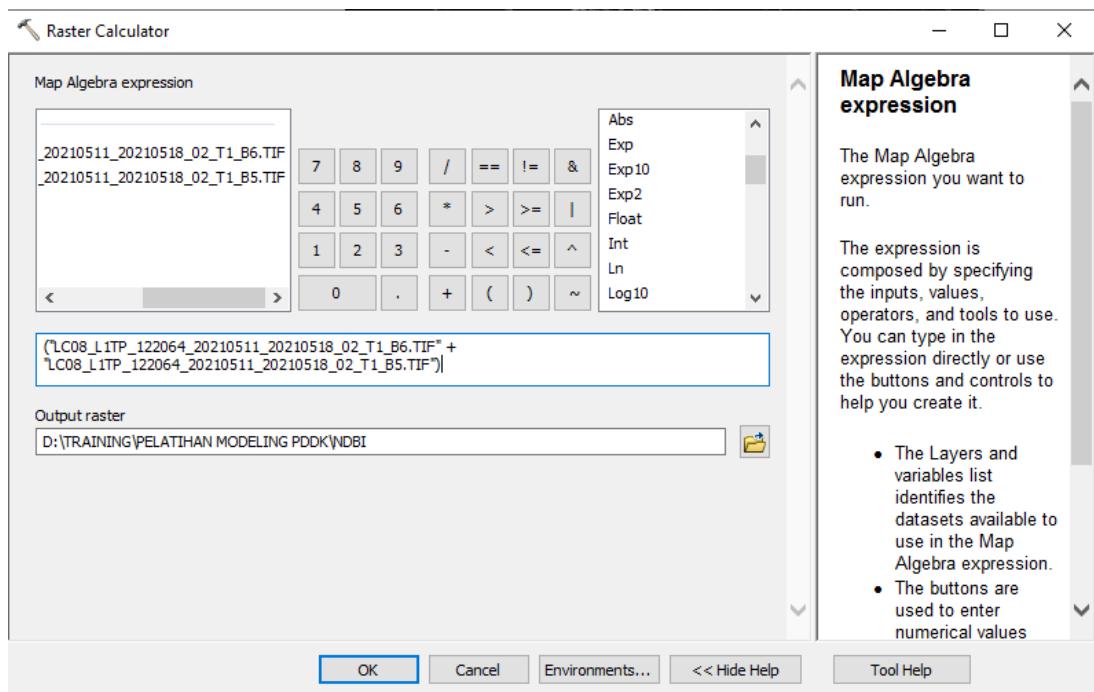


Gambar 2.2. Tampilan citra pita 6 dan pita 5

- Hitung algoritma NDBI pada Raster Calculator menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

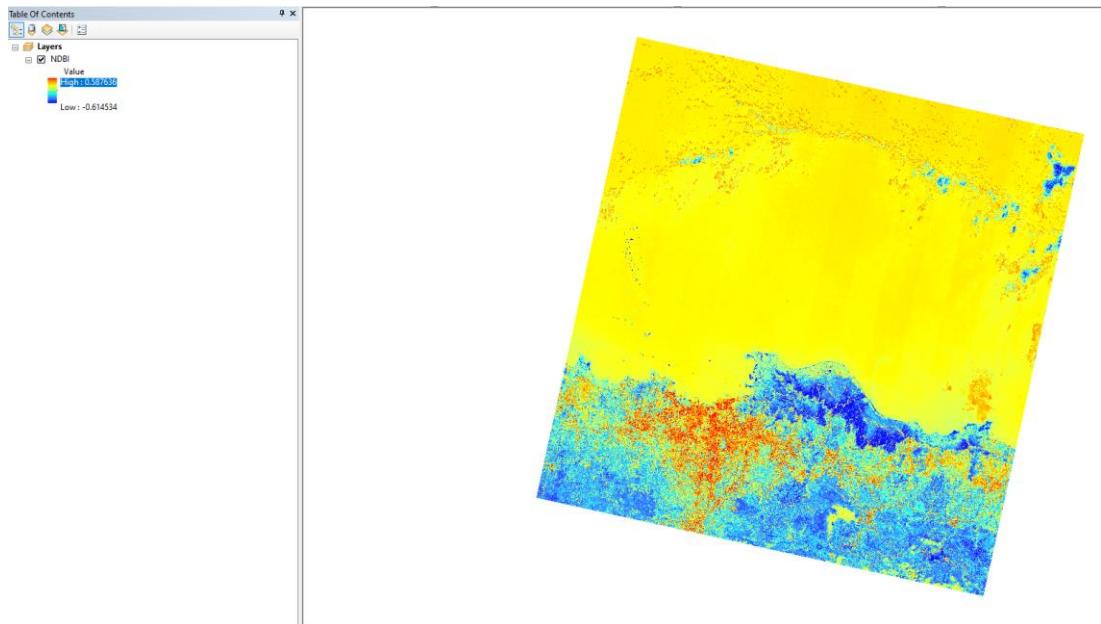
```
Float("LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B6.TIF"
      - "LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B5.TIF") /
      Float("LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B6.TIF"
            + "LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B5.TIF")
```

- Simpan hasilnya di folder yang telah ditetapkan:



**Gambar 2.3. Raster calculator untuk menghitung NDBI**

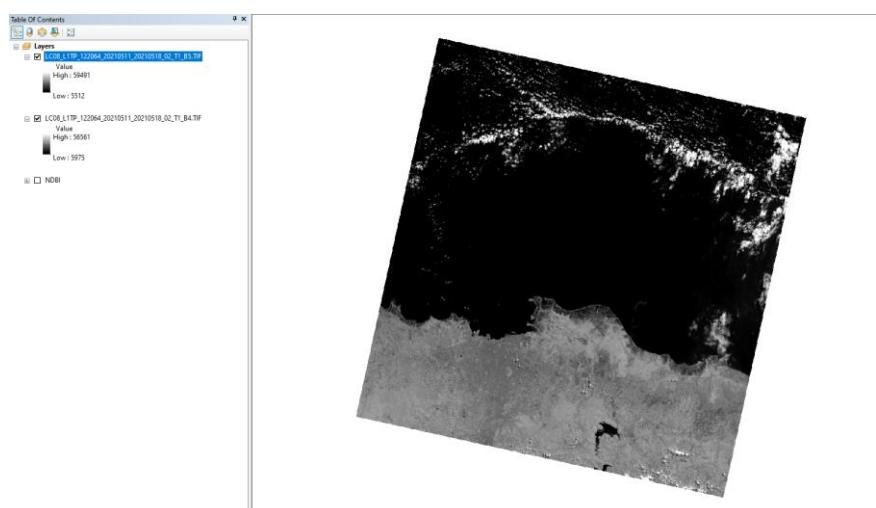
- Nilai NDBI akan memiliki jangkauan antara nilai 1 hingga -1 dengan nilai 1 mencerminkan indeks bangunan yang tinggi dan nilai -1 mencerminkan indeks bangunan yang rendah.



**Gambar 2.4. Hasil pengolahan NDBI**

### 1.5. Pengolahan Variabel Prediktor Soil-Adjusted Vegetation Index (SAVI) Menggunakan ArcGIS

- Buka aplikasi ArcGIS
- *Add data* pita 5 (Pita Near-Infrared) dan pita 4 (Pita merah) untuk pengolahan SAVI
- Pilih Arc Toolbox → Spatial Analyst Tool → Map Algebra → Raster Calculator

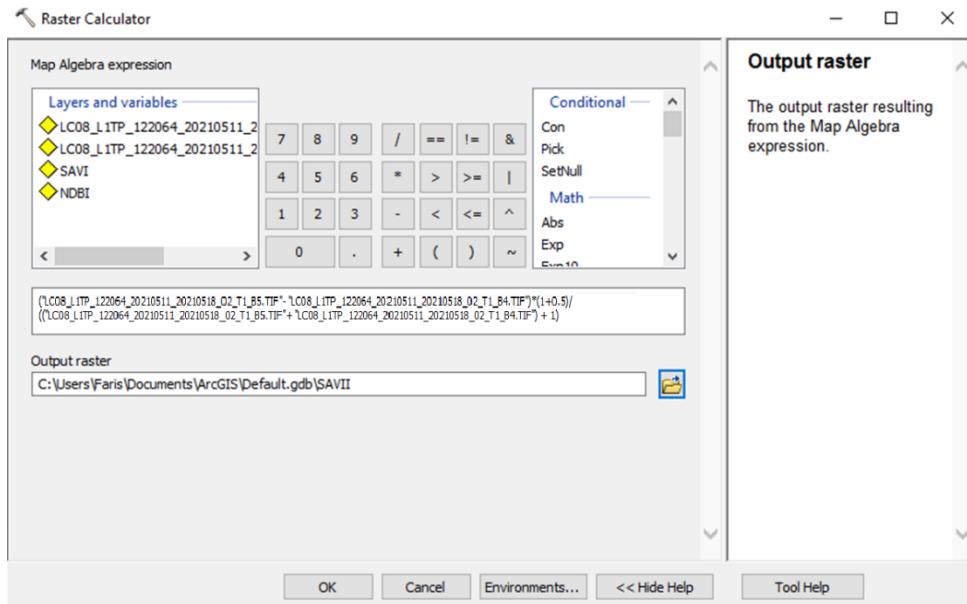


**Gambar 2.5. Tampilan citra pita 4 dan pita 5**

- Hitung algoritma SAVI pada Raster Calculator menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

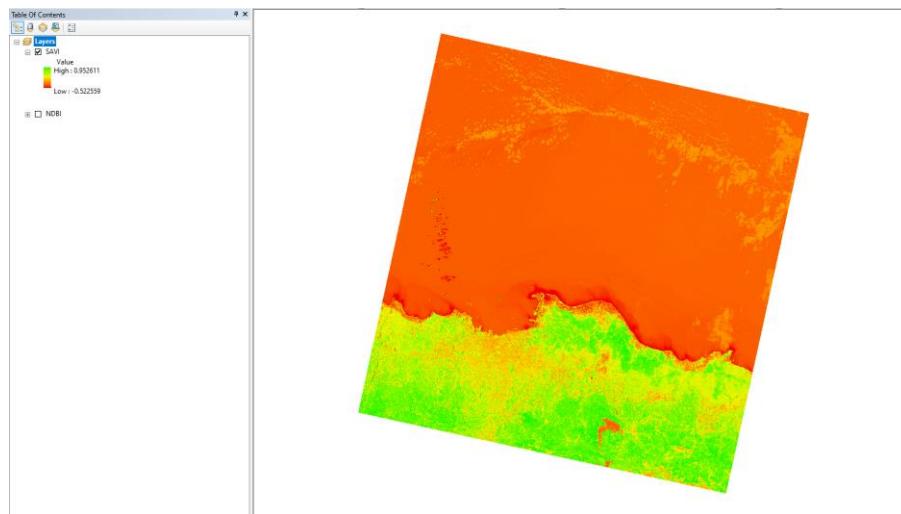
$$(\text{"LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B5.TIF"} - \text{"LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B4.TIF"}) * (1 + 0.5) / ((\text{"LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B5.TIF"} + \text{"LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B4.TIF"}) + 1)$$

- Simpan hasilnya di folder yang telah ditetapkan:



**Gambar 2.6. Raster calculator untuk menghitung SAVI**

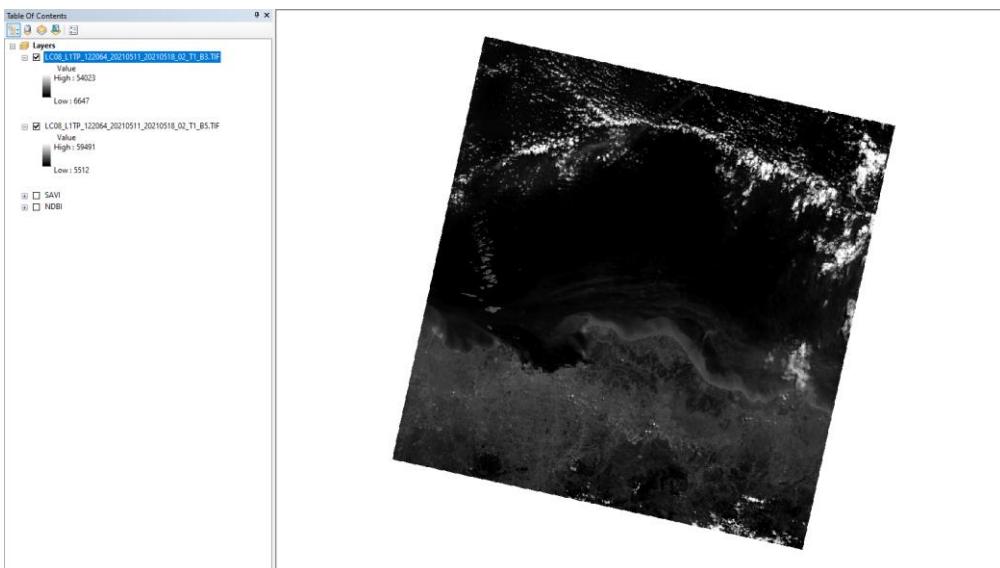
- Nilai SAVI akan memiliki jangkauan antara nilai 1 hingga -1 dengan nilai 1 mencerminkan indeks vegetasi yang tinggi dan nilai -1 mencerminkan indeks vegetasi yang rendah.



**Gambar 2.7. Hasil pengolahan SAVI**

### 1.6. Pengolahan Variabel Prediktor Normalized Difference Water Index (Ndwi) Menggunakan Arcgis

- Buka aplikasi ArcGIS
- *Add data* pita 5 (Pita Near-Infrared) dan pita 3 (Pita hijau) untuk pengolahan NDWI
- Pilih Arc Toolbox → Spatial Analyst Tool → Map Algebra → Raster Calculator

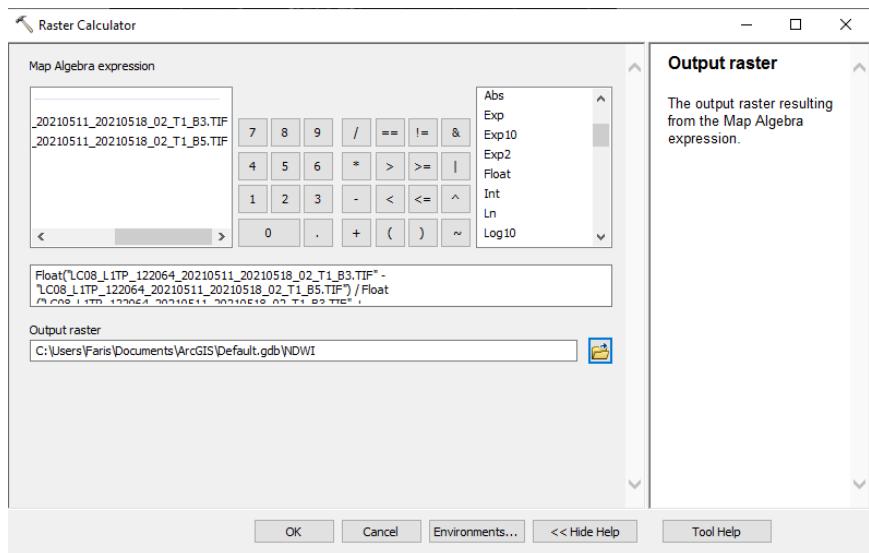


**Gambar 2.8. Tampilan citra pita 5 dan pita 4**

- Hitung algoritma NDWI pada Raster Calculator menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

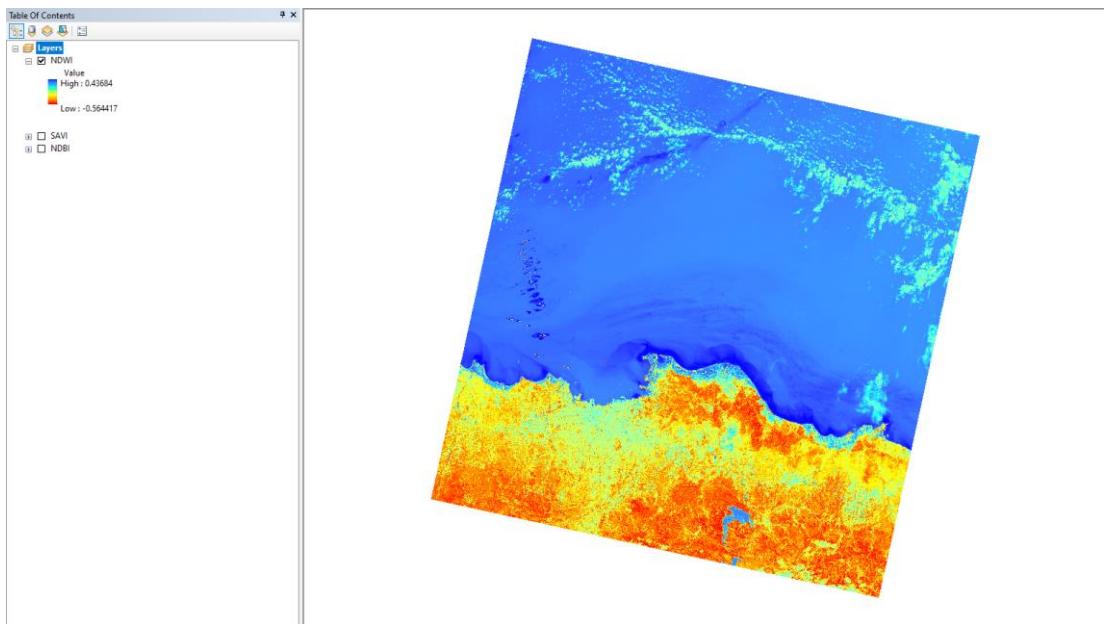
```
Float("LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B3.TIF"
      - "LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B5.TIF") /
Float("LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B3.TIF"
      + "LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B5.TIF")
```

- Simpan hasilnya di folder yang telah ditetapkan:



**Gambar 2.9. Raster calculator untuk menghitung NDWI**

- Nilai NDWI akan memiliki jangkauan antara nilai 1 hingga -1 dengan nilai 1 mencerminkan indeks air yang tinggi dan nilai -1 mencerminkan indeks air yang rendah.



**Gambar 2.10. Hasil pengolahan NDWI**

### 1.7. Pengolahan Variabel Prediktor Inframerah Termal Sensor Menggunakan ArcGIS

- Buka aplikasi ArcGIS
- *Add data* pita 10
- Hitung pita 10 dengan persamaan:

$$L\lambda = ML * QCal + AL$$

- Lihat parameter AL dengan membuka metadata yang berada di paket citra Landsat 8 OLI (LC08\_L1TP\_122064\_20210511\_20210518\_02\_T1\_MTL)
- Cari nilai faktor penskalaan multiplikatif spesifik pita tertentu dari metadata (ML) yang Bernama RADIANCE\_MULT\_BAND\_10

```

LC01.LTP.12204_20200111_2020518_02_T1.MTL - Notepad
File Edit Format View Help
QUANTITIZE_CAL_MAX_BAND_8 = 65535
QUANTITIZE_CAL_MIN_BAND_8 = 1
QUANTITIZE_CAL_MAX_BAND_9 = 65535
QUANTITIZE_CAL_MIN_BAND_9 = 1
QUANTITIZE_CAL_MAX_BAND_10 = 65535
QUANTITIZE_CAL_MIN_BAND_10 = 1
QUANTITIZE_CAL_MAX_BAND_11 = 65535
QUANTITIZE_CAL_MIN_BAND_11 = 1
END GROUP = LEVEL1_MDI_MAX_PIXEL_VALUE
GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCETIME_BAND_1 = 1.1614E-02
RADIANCETIME_BAND_2 = 1.2494E-02
RADIANCETIME_BAND_3 = 1.1614E-02
RADIANCETIME_BAND_4 = 9.7938E-03
RADIANCETIME_BAND_5 = 5.9931E-03
RADIANCETIME_BAND_6 = 5.0237E-03
RADIANCETIME_BAND_7 = 5.0237E-04
RADIANCETIME_BAND_8 = 1.1684E-02
RADIANCETIME_BAND_9 = 2.3433E-03
RADIANCETIME_BAND_10 = 1.1684E-03
RADIANCETIME_BAND_11 = 3.3426E-04
RADIANCE_MULT_BAND_1 = -61.54083
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -63.81856
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.1614E-07
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -46.96879
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -29.96646
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -7.45239
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -0.15538
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -55.41920
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -11.71157
RADIANCE_ADD_BAND_9 = 0.10800
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.00000
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000
END GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.883
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1371.079

```

## Gambar 2.11. Metadata Radiance Multi Band 10

- Cari nilai faktor penskalaan adiktif (AL) yang Bernama RADIANCE\_ADD\_BAND\_10

```

File Edit Form View Help
GROUP = LEVEL1_RADIOMETRIC_RESCALING
RADIANCE_MULT_BAND_1 = -1.2300E-04
RADIANCE_MULT_BAND_2 = 1.2046E-02
RADIANCE_MULT_BAND_3 = 1.1504E-02
RADIANCE_MULT_BAND_4 = 1.1504E-02
RADIANCE_MULT_BAND_5 = 5.9931E-03
RADIANCE_MULT_BAND_6 = 5.9931E-03
RADIANCE_MULT_BAND_7 = 5.9237E-04
RADIANCE_MULT_BAND_8 = 1.1084E-02
RADIANCE_MULT_BAND_9 = 1.1084E-02
RADIANCE_MULT_BAND_10 = 3.3420E-04
RADIANCE_MULT_BAND_11 = 3.3420E-04
RADIANCE_ADD_BAND_1 = 0.0000E+00
RADIANCE_ADD_BAND_2 = -61.0156E-01
RADIANCE_ADD_BAND_3 = -58.0730E-01
RADIANCE_ADD_BAND_4 = -58.0730E-01
RADIANCE_ADD_BAND_5 = -29.9664E-01
RADIANCE_ADD_BAND_6 = -29.9664E-01
RADIANCE_ADD_BAND_7 = -2.5118E-01
RADIANCE_ADD_BAND_8 = -55.4192E-01
RADIANCE_ADD_BAND_9 = -55.4192E-01
RADIANCE_ADD_BAND_10 = 0.0000E+00
RADIANCE_ADD_BAND_11 = 0.0000E+00
REFLECTANCE_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANCE_ADD_BAND_1 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_2 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_3 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_4 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_5 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_6 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_7 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_8 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_9 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_10 = -0.100000E+00
REFLECTANCE_ADD_BAND_11 = -0.100000E+00
GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_10 = 774.8853
K2_CONSTANT_BAND_10 = 1261.1442
K1_CONSTANT_BAND_11 = 408.8883
K2_CONSTANT_BAND_11 = 1261.1442
GROUP = LEVEL1_THERMAL_PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATA = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = 48
DATE_FFT = 2019-09-10 10:00:00
WKT = PROJCS["WGS 84 / UTM zone 48N",GEOGCS["WGS 84",DATUM["WGS_1984",SPHEROID["WGS 84",6378137,298.257223563,AUTHORITY["EPSG","7030"]],PRIMEM["Greenwich",0,AUTHORITY["EPSG","8901"]],AUTHORITY["EPSG","6326"]],PROJECTION["Transverse_Mercator"],PARAMETER["latitude_of_origin",0,AUTHORITY["EPSG","8901"]],PARAMETER["central_meridian",3, AUTHORITY["EPSG","8902"]],PARAMETER["scale_factor",1,AUTHORITY["EPSG","8903"]],PARAMETER["false_easting",500000,AUTHORITY["EPSG","8904"]],PARAMETER["false_northing",0,AUTHORITY["EPSG","8905"]],UNIT["metre",1,AUTHORITY["EPSG","9001"]],AXIS["Easting",EAST,AUTHORITY["EPSG","9101"]],AXIS["Northing",NORTH,AUTHORITY["EPSG","9102"]],AUTHORITY["EPSG","4256"]],AUTHORITY["EPSG","32648"]]

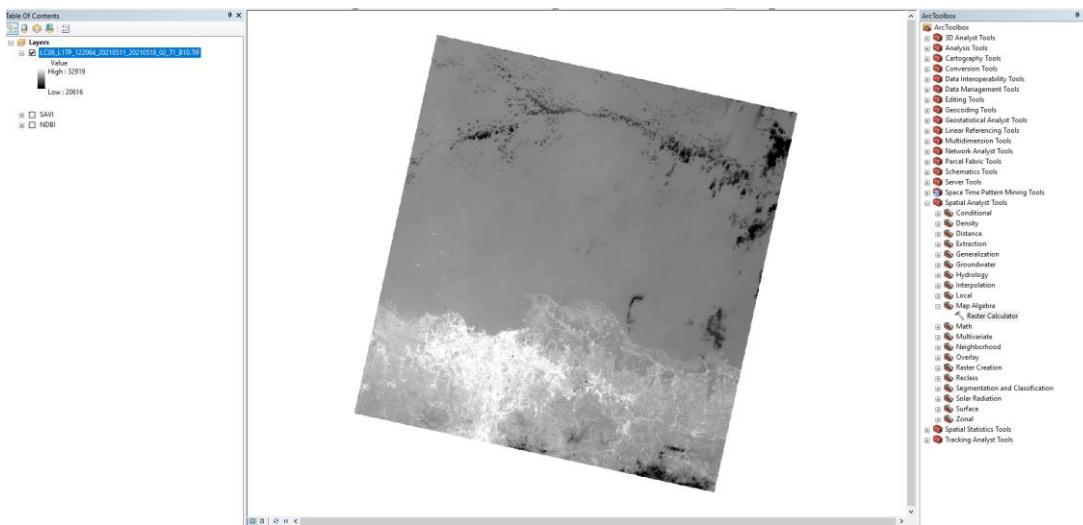
```

**Gambar 2.12. Metadata Radiance Add Band 10**

- Maka selanjutnya, sudah dapat disubstitusikan ke dalam persamaan:

$$L\lambda = ML * OCal + AL$$

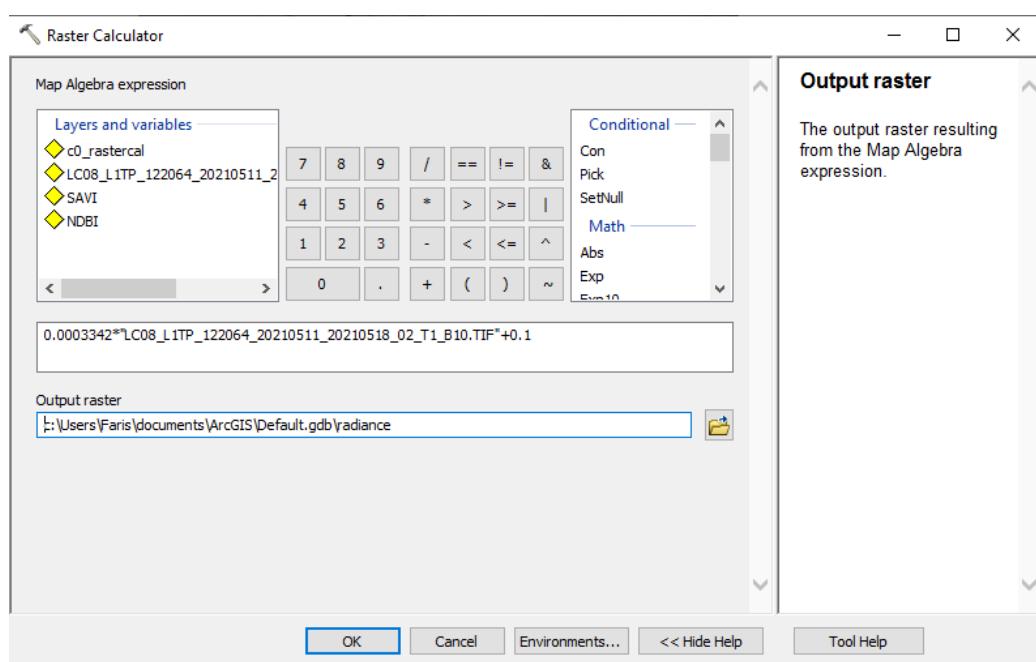
- Pilih Arc Toolbox → Spatial Analyst Tool → Map Algebra → Raster Calculator



**Gambar 2.13. Tampilan citra pita 10**

- Hitung algoritma  $L\lambda$  pada Raster Calculator menggunakan persamaan seperti di bawah ini:

$$0.0003342 * "LC08_L1TP_122064_20210511_20210518_02_T1_B10.TIF" + 0.1$$



**Gambar 2.14. Raster calculator untuk menghitung radiance spectral**

- Maka sudah didapatkan nilai radiance spectral. selanjutnya, sudah dapat dikonversikan ke dalam satuan Kelvin dengan persamaan:

$$T = \frac{K_2}{\ln(\frac{K_1}{L\lambda} + 1)}$$

- $K_2$  dan  $K_1$  dapat dilihat di dalam metadata

The screenshot shows a Notepad window with the following content:

```

File Edit Format View Help
LC08_L1TP_122064_20210511_20210511_T1_ML - Notepad

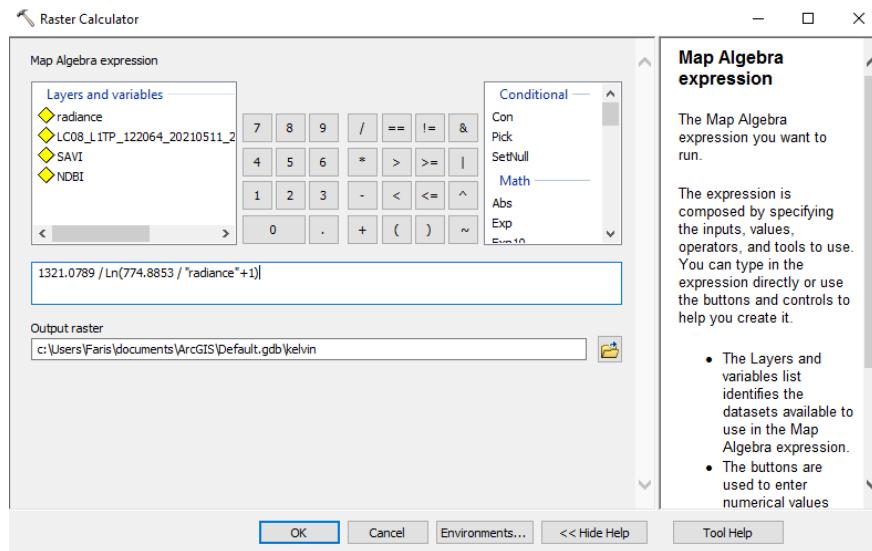
RADIANC_E_MULT_BAND_3 = 1.1614E-02
RADIANC_E_MULT_BAND_4 = 1.7918E-03
RADIANC_E_MULT_BAND_5 = 1.4995E-03
RADIANC_E_MULT_BAND_6 = 1.4995E-03
RADIANC_E_MULT_BAND_7 = 1.9217E-04
RADIANC_E_MULT_BAND_8 = 1.0000E-03
RADIANC_E_MULT_BAND_9 = 2.3423E-03
RADIANC_E_MULT_BAND_10 = 3.1420E-04
RADIANC_E_ADD_BAND_1 = 1.0000E-03
RADIANC_E_ADD_BAND_2 = -61.5008E-03
RADIANC_E_ADD_BAND_3 = -163.4185E-03
RADIANC_E_ADD_BAND_4 = -48.96879
RADIANC_E_ADD_BAND_5 = -17.45239
RADIANC_E_ADD_BAND_6 = -12.51185
RADIANC_E_ADD_BAND_7 = -11.11557
RADIANC_E_ADD_BAND_8 = -11.11557
RADIANC_E_ADD_BAND_9 = -11.11557
RADIANC_E_ADD_BAND_10 = 0.1000000000000000
REFLECTANC_E_MULT_BAND_1 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_2 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_3 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_4 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_5 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_6 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_7 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_8 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_9 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_MULT_BAND_10 = 2.0000E-05
REFLECTANC_E_ADD_BAND_1 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_2 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_3 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_4 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_5 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_6 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_7 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_8 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_9 = -0.1000000000000000
REFLECTANC_E_ADD_BAND_10 = -0.1000000000000000
END = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
K1_CONSTANT_BAND_3B = 774.8853
K1_CONSTANT_BAND_11 = 400.8883
K2_CONSTANT_BAND_3B = 1221.1442
END = LEVEL1_THERMAL_CONSTANTS
GROUP = LEVEL1_PROJECTION_PARAMETERS
MAP_PROJECTION = "UTM"
DATA_CS = "WGS84"
ELLIPSOID = "WGS84"
UTM_ZONE = "12N"
GRID_CELL_SIZE_PANCHROMATIC = 30.00
GRID_CELL_SIZE_REFLECTIVE = 30.00
GRID_CELL_SIZE_MULTISPECTRAL = 30.00
ORIENTATION = "NORTH UP"

```

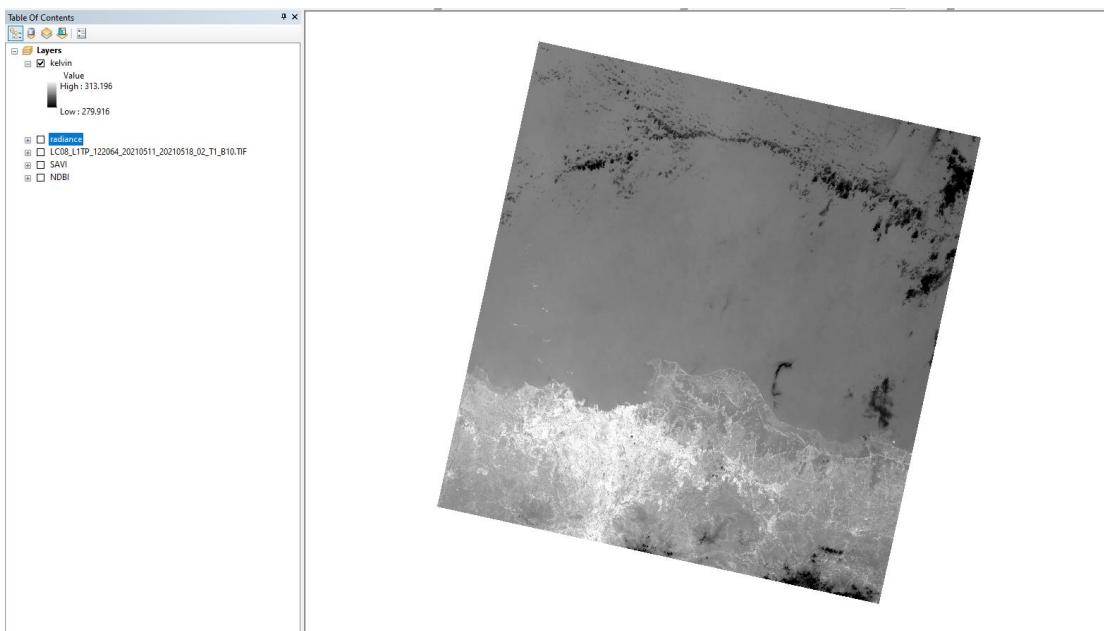
Gambar 2.15. Metadata  $K_1$  dan  $K_2$

- Maka selanjutnya, sudah dapat dihitung menggunakan raster calculator:

$1321.0789 / \ln(774.8853 / \text{"radiance"} + 1)$

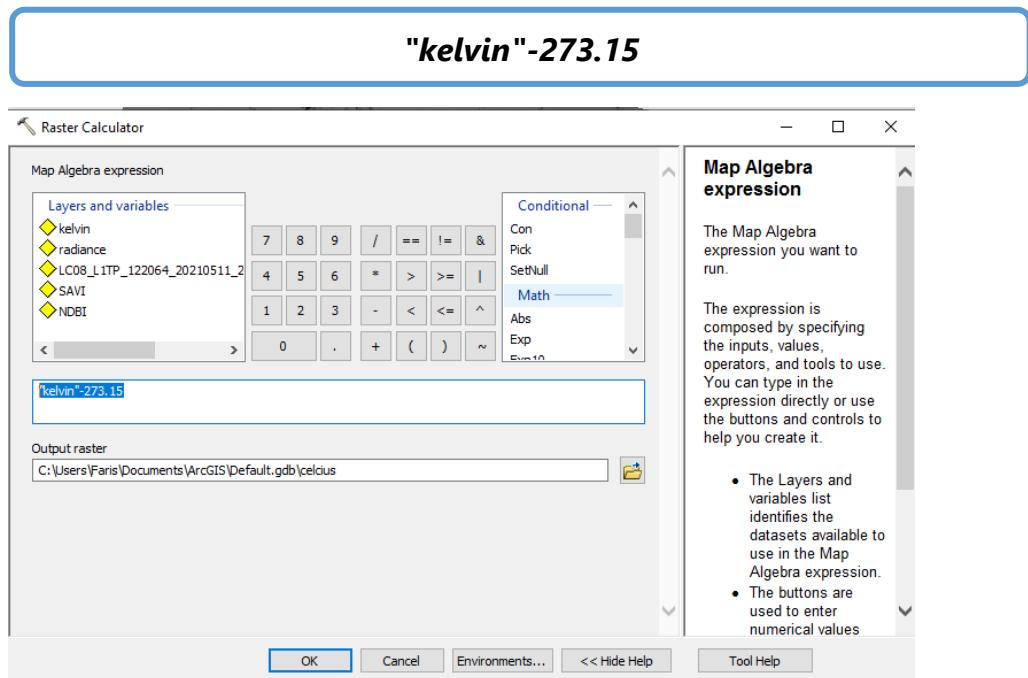


Gambar 2.16. Raster calculator untuk menghitung radiance spectral menjadi kelvin



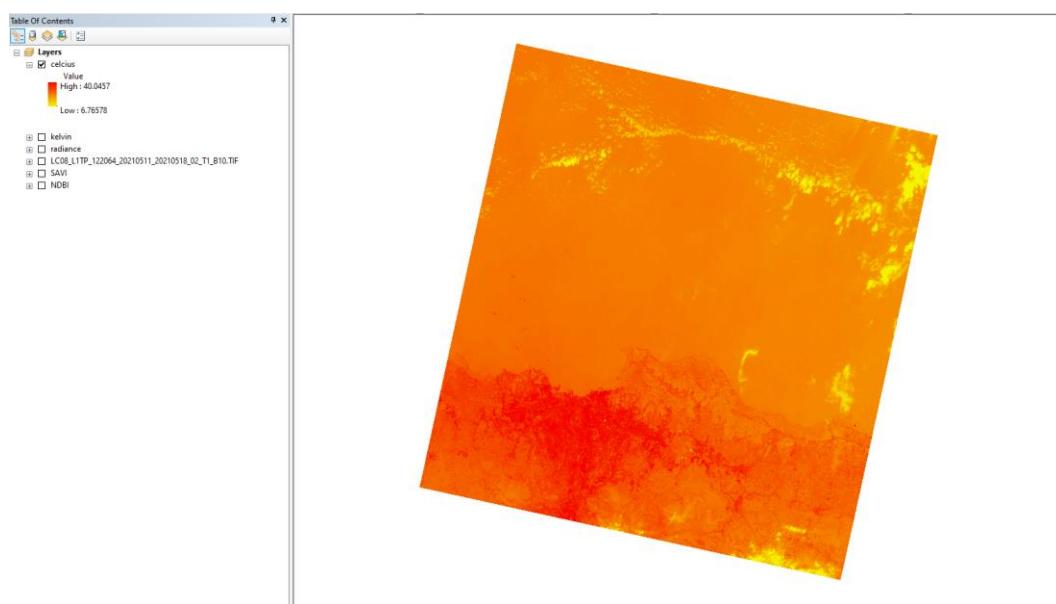
**Gambar 2.17. Hasil pengolahan suhu permukaan darat dalam satuan kelvin**

- Nilai suhu masih dalam satuan Kelvin oleh karena itu kita harus melakukan konversi ke dalam satuan Celsius dengan cara menselisihkan suhu dengan Kelvin dengan 273.15 menggunakan raster calculator:



**Gambar 2.18. Raster calculator untuk menghitung kelvin menjadi celcius**

- Maka diperoleh data suhu permukaan darat dengan satuan Celcius:



**Gambar 2.19. Hasil pengolahan suhu permukaan darat dalam satuan celcius**

## BAB 3 MEMBANGUN MODEL KERAPATAN BANGUNAN

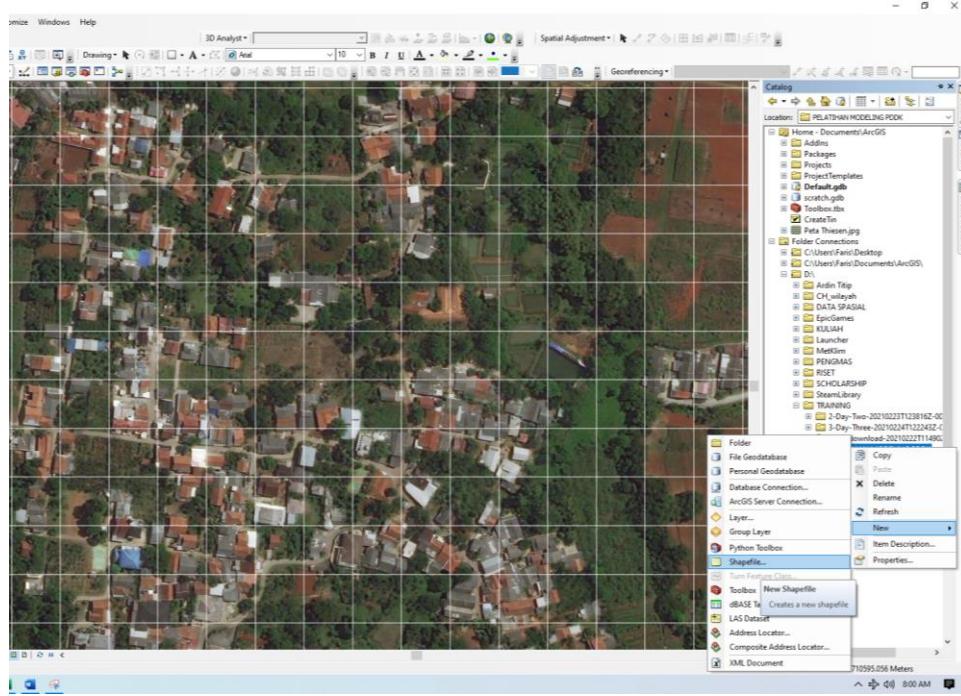
### 2.1. Mengambil Sampel Kerapatan Bangunan dari Citra Resolusi Sangat Tinggi

- Tahap awal adalah kita harus membuka shapefiles Sawangan\_Gridded.shp dan di tumpangsusun (*overlay*) dengan Citra resolusi tinggi ESRI imagery seperti gambar di bawah ini:



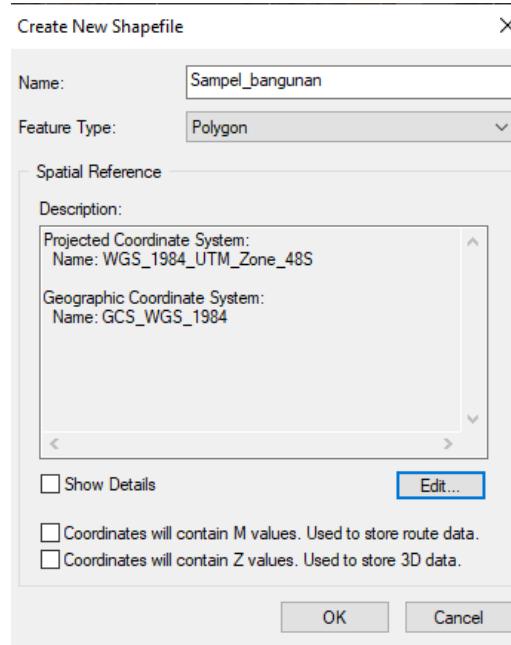
**Gambar 3.1. Tumpang susun antara citra resolusi tinggi dengan grid berukuran 30x30 m**

- Buatlah shapefiles baru untuk melakukan pengambilan sampel bangunan per grid seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 3.2. Membuat shapefiles baru**

- Buatlah shapefiles dalam format polygon dan proyeksi UTM zona 48s (sesuai dengan zona kota Depok) karena nanti akan dihitung luas dari tiap-tiap grid.



**Gambar 3.3. Nama dan spesifikasi shapefile**

- Lakukan digitasi secara acak **minimal 100 grid**. Pengambilan sampel grid dapat mewakili beberapa karakteristik antara lain:

1. Grid yang penuh akan bangunan (100% bangunan)
2. Grid yang sebagian besar terisi bangunan (75% bangunan)
3. Grid yang Sebagian terisi bangunan (50% bangunan)
4. Grid yang hanya terisi sedikit bangunan (25% bangunan)
5. Grid yang tidak terisi bangunan (0% bangunan)

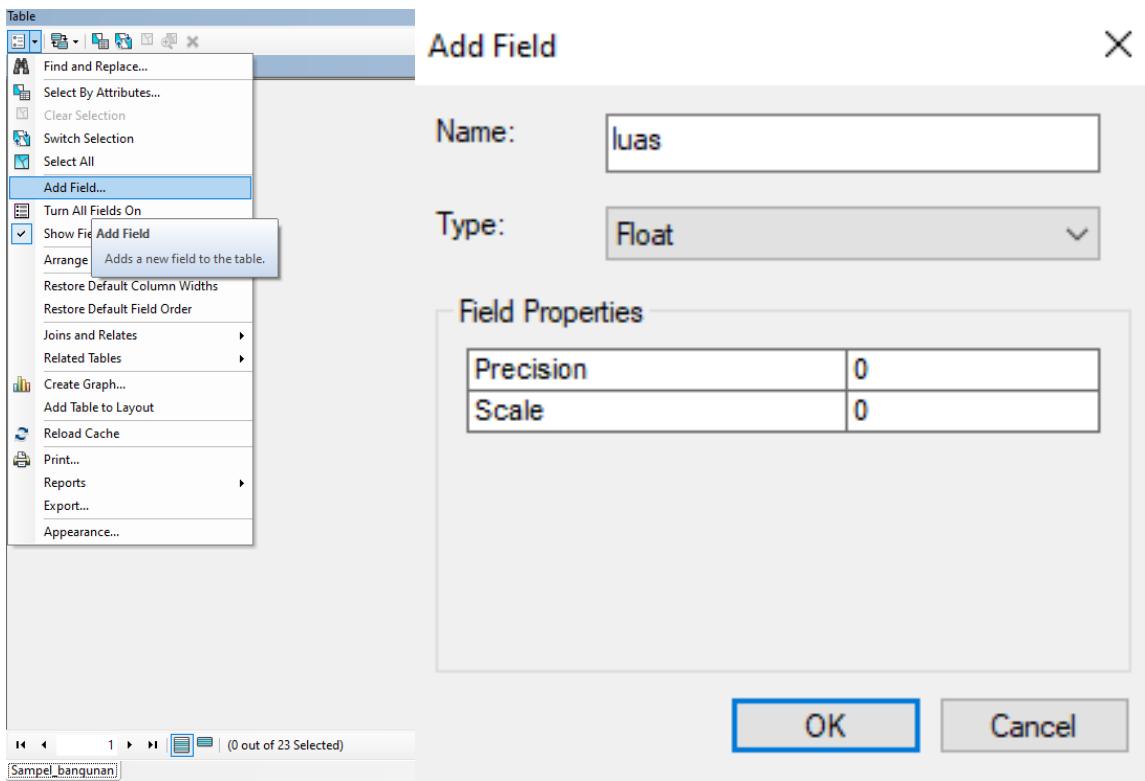


**Gambar 3.4. Contoh sampel bangunan per grid**

- Hitung luasan tiap sampel di dalam attribute tables dan hitung persentase luas bangunan terhadap grid dengan rumus:

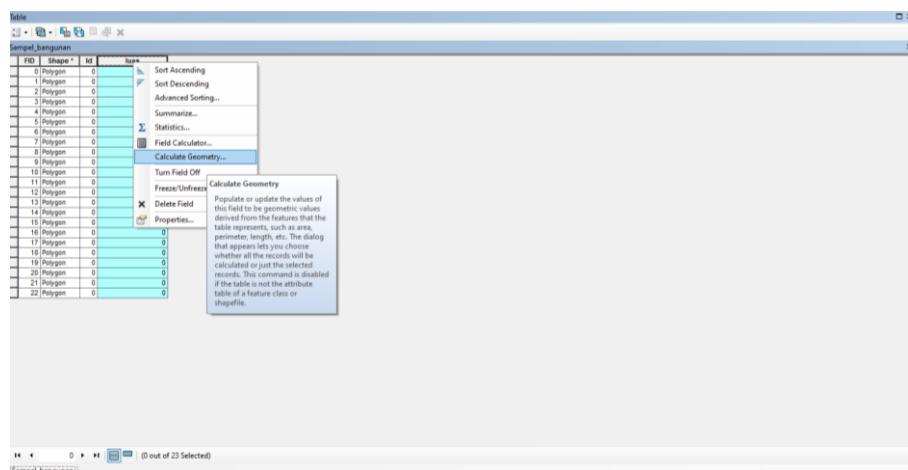
$$\text{persentase luas bangunan} = \frac{\text{luas bangunan}}{900 \text{ m}^2}$$

- Klik kanan dan open attribute table untuk layer sample bangunan dan add field untuk menghitung luas tiap grid



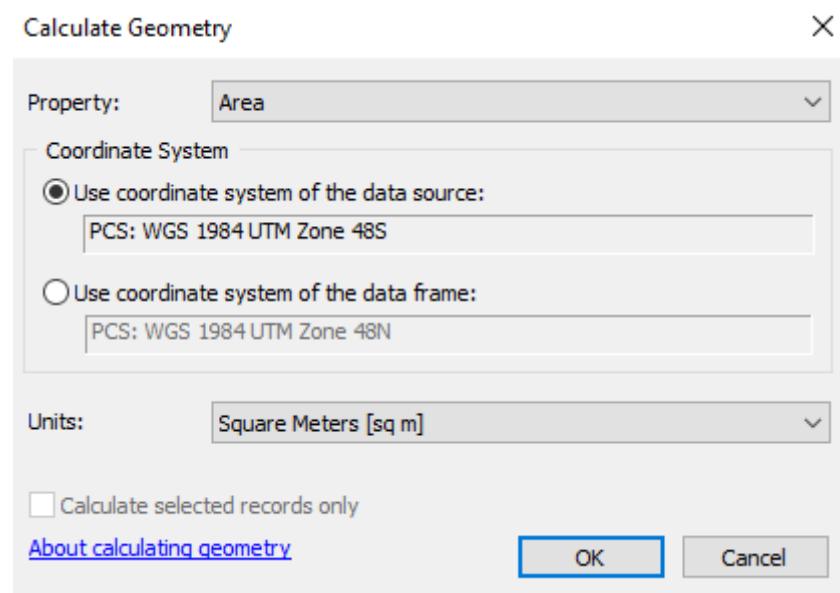
**Gambar 3.5. Add field**

- Isikan beberapa tipe field antara lain:
  1. Name: Luas
  2. Type: Float
  3. Precision: 0
  4. Scale: 0
- Klik kanan di field luas kemudian calculate geometry



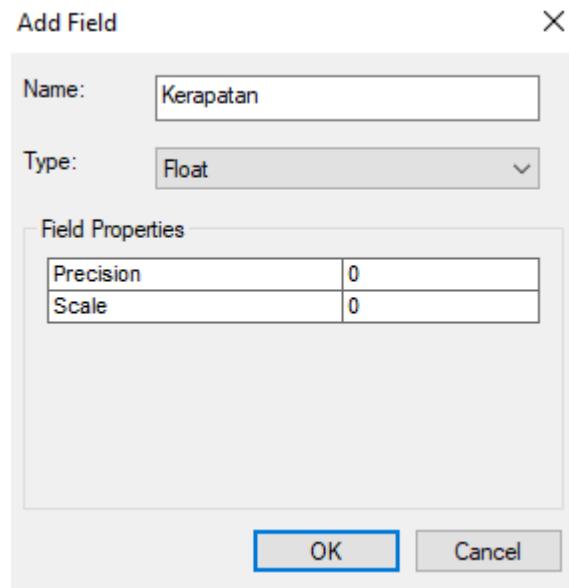
**Gambar 3.6. Calculate geometry**

- Ketika calculate geometry, pilih dalam unit sq m atau meter persegi.



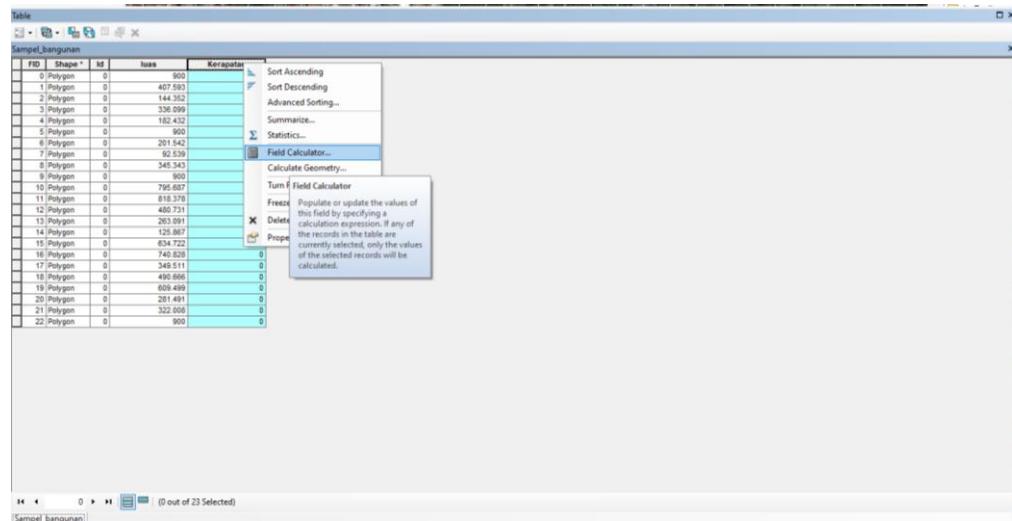
**Gambar 3.7. Calculate geometry dalam sq m**

- Buat field baru, untuk menghitung persentase kerapatan bangunan dengan spesifikasi field seperti di bawah ini:



**Gambar 3.8. Field kerapatan bangunan**

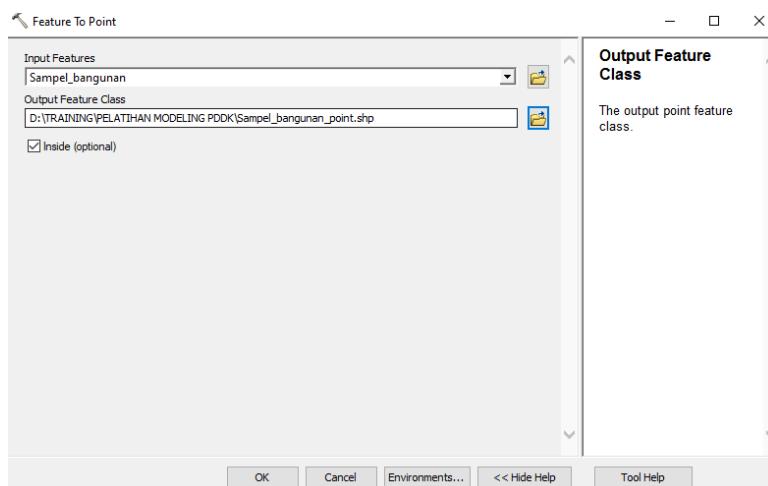
- Menghitung kerapatan bangunan dengan cara membagi antara luas dari bangunan per grid dengan 900 m<sup>2</sup> dan dikalikan 100. Perhitungan ini dilakukan menggunakan field calculator.



**Gambar 3.9. Field calculator**

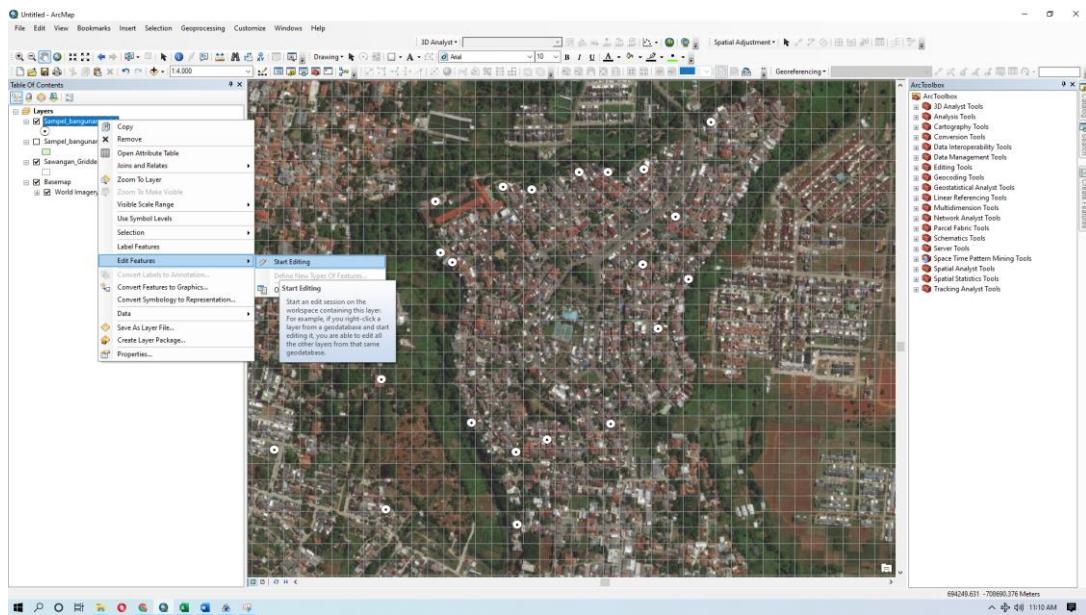
$$([luas]/900)*100$$

- Melakukan konversi data polygon sampel ke dalam bentuk titik atau point menggunakan tools: Feature to Point (data management tools → Feature → Feature to point). Input features adalah polygon sampel\_bangunan dan checklist inside

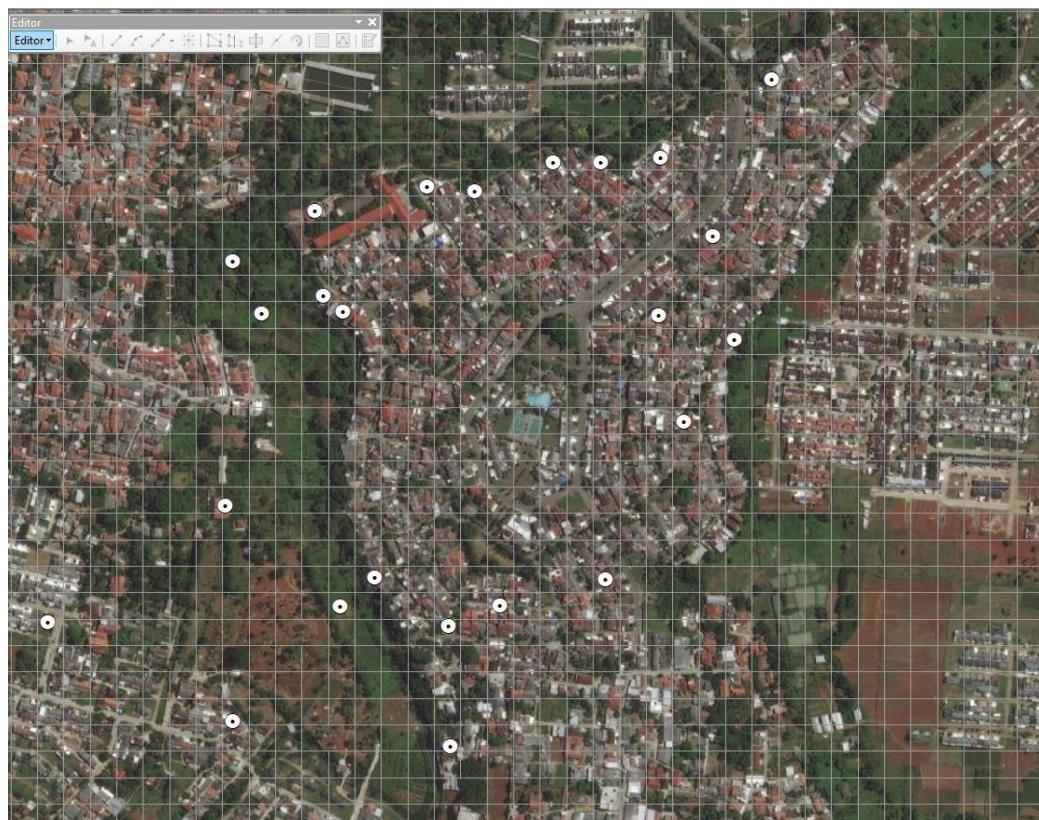


**Gambar 3.10. Feature to point**

- Tambahkan beberapa sampel point dari grid-grid yang tidak memiliki bangunan sama sekali untuk memperkaya Grid yang tidak terisi bangunan (0% bangunan).



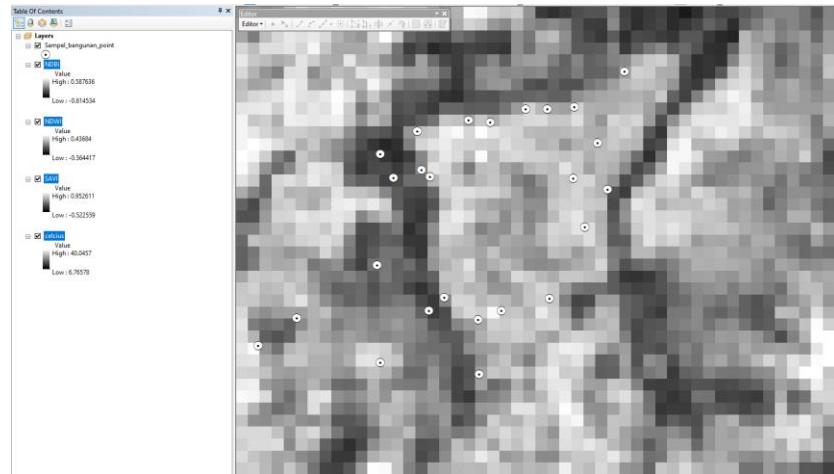
**Gambar 3.11. Start editing sampel bangunan yang sudah point**



**Gambar 3.12. Sampel setelah ditambahkan grid yang tidak memiliki bangunan**

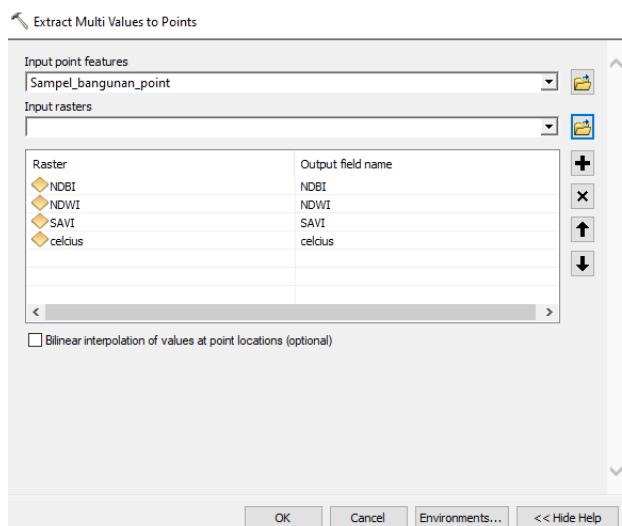
## 2.2. Melakukan Ekstraksi Nilai Variabel-Variabel Prediktor pada Tiap-Tiap Sampel Bangunan

- Add data kembali data NDBI, SAVI, NDWI, dan Suhu permukaan darat



**Gambar 3.13. Titik sampel bangunan dengan beberapa variabel prediktor**

- Untuk ekstraksi nilai variabel predictor pada sampel bangunan, gunakan tools Extract Multi Values to Point (Spatial Analyst → Extraction → Extract Multi Values to Point).
- Masukan seluruh variabel prediktor yang berformat raster (NDBI, NDWI, SAVI, Celsius) sebagai variabel input raster yang akan diambil nilainya ke dalam titik sampel bangunannya. Input point features adalah sampel\_bangunan\_point.



**Gambar 3.14. Extract Multi Values to Points**

- Setelah proses Extract Multi Values to Points dilakukan maka tiap point akan memiliki nilai dari tiap variabel predictor (NDBI, NDWI, SAVI, Celsius) seperti gambar di bawah ini:

	FID	Shape	Id	luas	Kerapatan	NDBI	NDWI	SAVI	celcius
▶	0	Point	0	900	100	0.059693	-0.162305	0.196098	30.9068
	1	Point	0	407.593	45.2881	-0.111085	-0.237092	0.416273	28.4435
	2	Point	0	144.352	16.0391	-0.137918	-0.296804	0.471137	28.2816
	3	Point	0	336.099	37.3443	0.004334	-0.131912	0.20983	29.2801
	4	Point	0	182.432	20.2702	-0.055151	-0.185099	0.30905	29.5004
	5	Point	0	900	100	-0.004727	-0.155583	0.257912	30.3298
	6	Point	0	201.542	22.3936	-0.064454	-0.168378	0.299121	28.2862
	7	Point	0	92.539	10.2821	-0.065731	-0.171125	0.292235	29.6447
	8	Point	0	345.343	38.3714	0.076015	-0.12378	0.18914	30.4845
	9	Point	0	900	100	-0.011345	-0.113501	0.179078	30.4117
	10	Point	0	795.687	88.4097	0.02753	-0.112449	0.186872	30.5914
	11	Point	0	818.378	90.9309	-0.025837	-0.138239	0.209129	31.1242
	12	Point	0	480.731	53.4146	0.016047	-0.129174	0.206614	30.2387
	13	Point	0	263.091	29.2323	-0.051451	-0.152098	0.263593	30.4868
	14	Point	0	125.867	13.9852	-0.108032	-0.234696	0.406932	28.7969
	15	Point	0	634.722	70.5247	-0.032045	-0.169417	0.282506	29.3651
	16	Point	0	740.828	82.3142	0.010209	-0.109328	0.161585	30.7117
	17	Point	0	349.511	38.8346	-0.0672	-0.158881	0.272751	30.4481
	18	Point	0	490.666	54.5184	-0.013584	-0.199862	0.305781	28.889
	19	Point	0	609.499	67.7221	-0.189759	-0.308566	0.538087	30.2273
	20	Point	0	281.491	31.2768	-0.060091	-0.204746	0.357203	29.7981
	21	Point	0	322.008	35.7787	-0.058661	-0.181627	0.31426	30.2774
	22	Point	0	900	100	0.013648	-0.119996	0.182826	31.3615
	23	Point	0	0	0	-0.222164	-0.342618	0.600635	27.9732
	24	Point	0	0	0	-0.196562	-0.25916	0.467466	27.7757
	25	Point	0	0	0	-0.23253	-0.322624	0.572685	27.8872

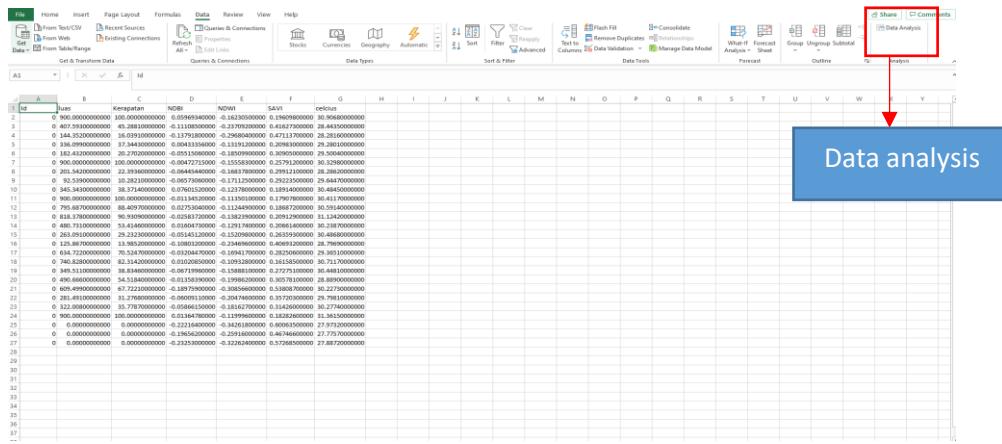
**Gambar 3.15. Nilai variabel predictor yang telah diekstraksi ke dalam sampel bangunan**

### 2.3. Membangun Pemodelan Regresi untuk Algoritma Persentase Kerapatan Bangunan

- Buka file sampel\_bangunan\_point.dbf ke perangkat lunak excel.

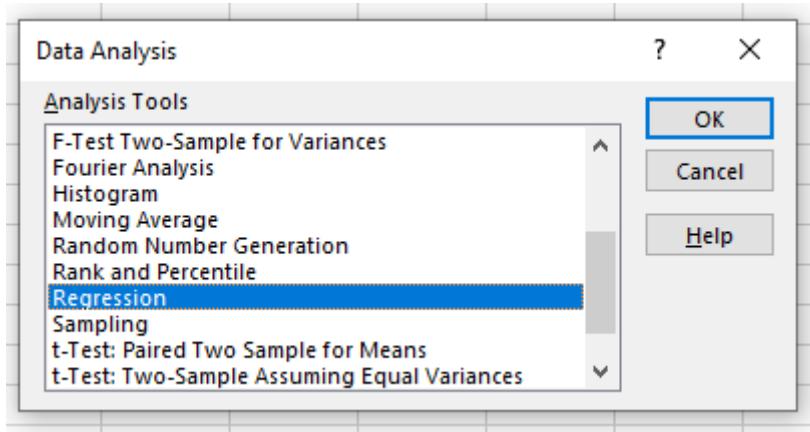
**Gambar 3.16. Dataset yang dibuka di Microsoft Excel**

- Untuk membangun persamaan model predictor kerapatan bangunan, analisis regresi multivariat akan digunakan menggunakan Microsoft Excel dimana variabel bebas adalah NDBI ( $X_1$ ), NDWI ( $X_2$ ), SAVI ( $X_3$ ), dan Celsius ( $X_4$ ) sedangkan variabel terikat atau variabel yang akan diprediksi adalah kerapatan ( $Y$ ).
- Gunakan tools data analysis untuk melakukan analisis regresi multivariat (lihat gambar di bawah ini)



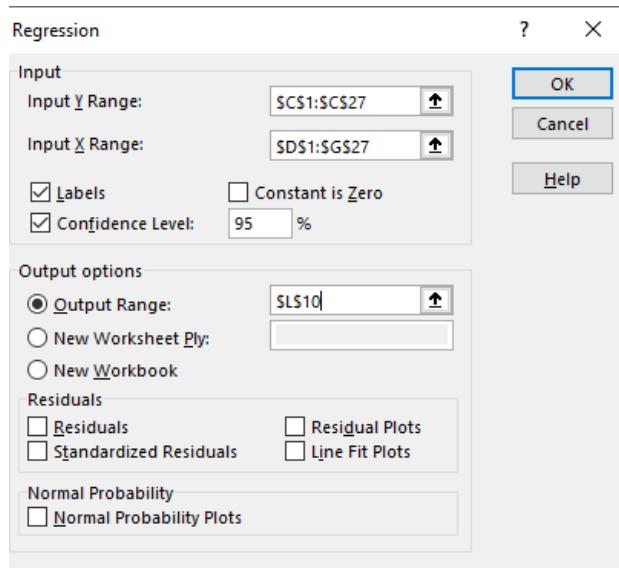
**Gambar 3.17. Data analysis pada Microsoft Excel**

- Pada toolbar data analyst, pilih regression.



**Gambar 3.18. Memilih regression tools pada data analysis di Microsoft Excel**

- Input Y range adalah variabel terikat yaitu variabel kerapatan. Pilih seluruh cell variabel kerapatan termasuk judul kolom, Input X range adalah variabel bebas yaitu NDBI ( $X_1$ ), NDWI ( $X_2$ ), SAVI ( $X_3$ ), dan Celsius ( $X_4$ ). Pilih seluruh cell variabel bebas termasuk judul kolomnya. Set confidence level pada 95% atau alpha 5% dan checklist labelnya. Simpan hasil perhitungan regresi pada cell yang bisa dipilih (output range). Detailnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:



**Gambar 3.19. Penentuan variabel bebas dan terikat pada model regresi di Regression Tools**

- Input Y range adalah variabel terikat yaitu variabel kerapatan. Pilih seluruh cell variabel kerapatan termasuk judul kolom, Input X range adalah variabel bebas yaitu NDBI ( $X_1$ ), NDWI ( $X_2$ ), SAVI ( $X_3$ ), dan Celsius ( $X_4$ ) . Pilih seluruh cell variabel bebas termasuk judul kolomnya. Set confidence level pada 95% atau alpha 5% dan checklist labelnya. Simpan hasil perhitungan regresi pada cell yang bisa dipilih (output range). Detailnya dapat dilihat pada gambar di bawah ini:

SUMMARY OUTPUT						
Regression Statistics						
Multiple R	0.797093					
R Square	0.635357					
Adjusted R Square	0.565901					
Standard Error	22.61506					
Observations	26					
ANOVA						
	df	SS	MS	F	Significance F	
Regression	4	18713.93	4678.483	9.147648	0.000193	
Residual	21	10740.26	511.4411			
Total	25	29454.2				
	Coefficient	Standard Err	t Stat	P-value	Lower 95%	Upper 95%
Intercept	-495.71	205.9443	-2.40701	0.025367	-923.994	-67.4251
NDBI	-34.8086	208.0426	-0.16731	0.868723	-467.457	397.8397
NDWI	-690.04	494.3489	-1.39586	0.177342	-1718.09	338.0145
SAVI	-442.823	354.0897	-1.2506	0.224838	-1179.19	293.5469
celcius	18.55809	6.456815	2.874187	0.00908	5.130409	31.98577

**Gambar 3.20. Output hasil regresi**

- Untuk melihat bagaimana keempat variabel mempengaruhi kerapatan bangunan, kita bisa melihatnya dari R square dimana diperoleh sebesar 0,63. Hal ini bermakna bahwa secara Bersama-sama keempat variabel predictor mempengaruhi kerapatan sebesar 63% dan sisanya 37% dipengaruhi oleh variabel lainnya. Untuk meningkatkan R square, kita bisa menambahkan variabel yang lebih representatif.
- Untuk membuat model regresi yang kemudian menjadi algoritma, kita dapat melihat table yang paling bawah. Tabel tersebut kemudian dapat diterjemahkan ke dalam sebuah persamaan regresi multivariat sebagai berikut:

$$Y = -495.71 - 34.8086(X1) - 690.04 (X2) - 442.823 (X3) + 18.55809 (X4)$$

Dimana :

$Y$  = Kerapatan Bangunan

$X1$  = NDBI

$X2$  = NDWI

$X3$  = SAVI

$X4$  = Celsius

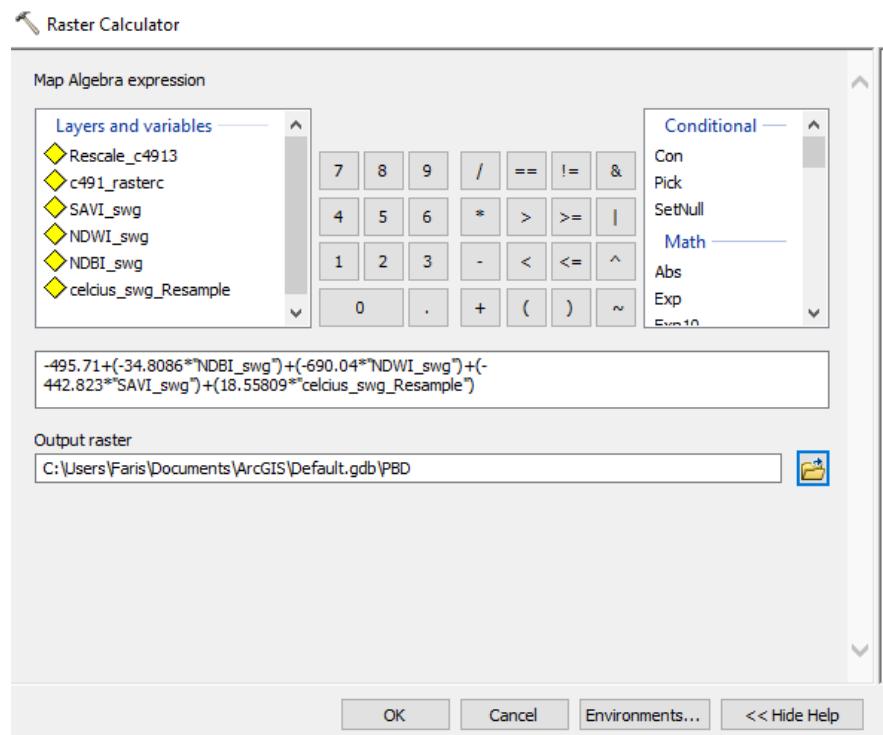
- Persamaan tersebut akan digunakan untuk membuat model kerapatan bangunan di wilayah studi kasus.

## 2.4. Membuat Peta Kerapatan Bangunan

- Untuk membuat peta kerapatan bangunan pada wilayah studi kasus, kita gunakan Kembali raster calculator dan dihitung menggunakan persamaan yang telah dikembangkan pada sub-bab berikutnya.

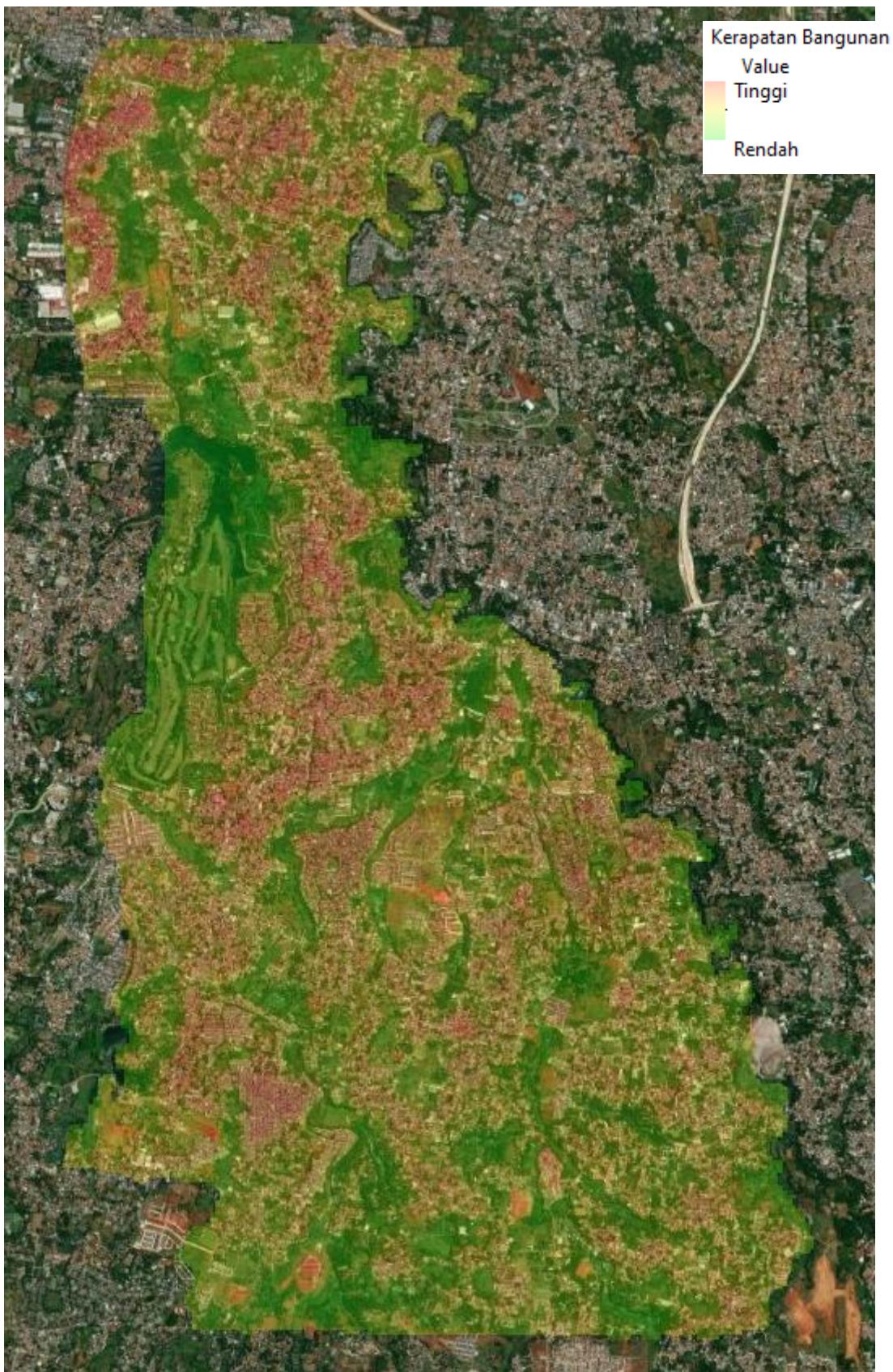
$$Y = -495.71 - 34.8086(X1) - 690.04 (X2) - 442.823 (X3) + 18.55809 (X4)$$

- Implementasi persamaan regresi multivariat tersebut ke dalam raster calculator adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.21. Raster Calculator untuk membuat peta kerapatan bangunan**

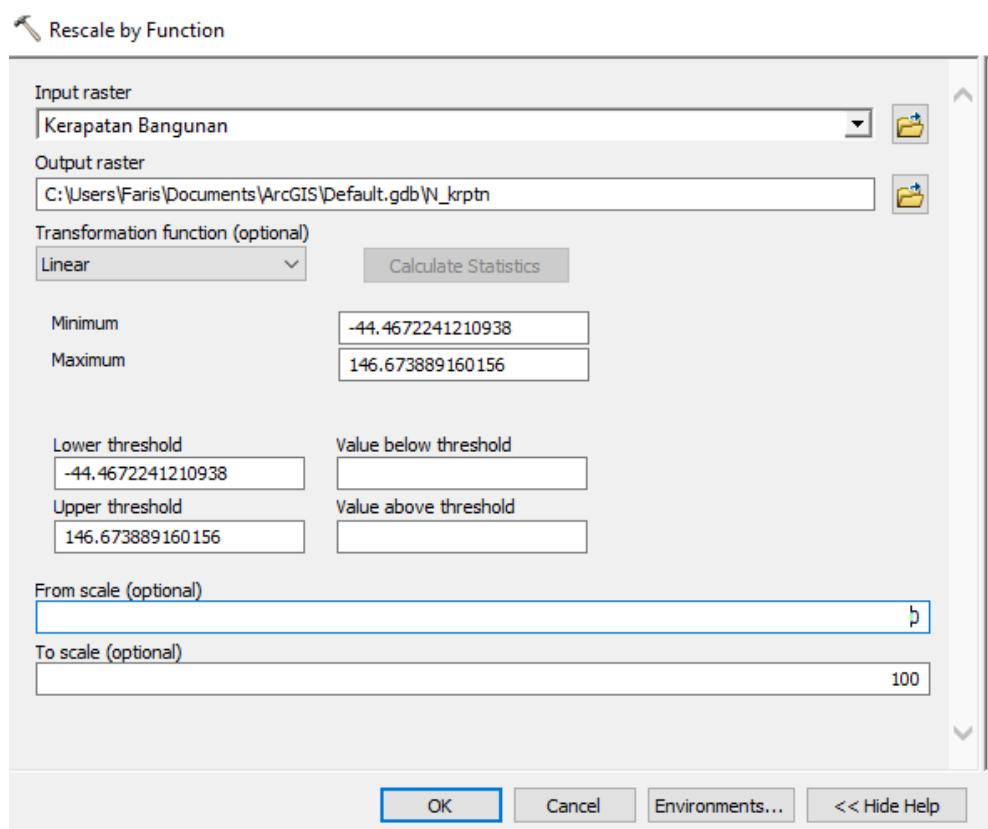
- Hasil dari peta kerapatan bangunan adalah sebagai berikut:



**Gambar 3.22. Peta kerapatan bangunan**

## 2.5. Normalisasi Peta Kerapatan Bangunan (Opsiional)

- Apabila nilai tertinggi dan terendah lebih dari 100% dan kurang dari 0% maka peta kerapatan bangunan harus dinormalisasi menjadi rentang nilai 0-100% menggunakan tools Rescale By Function (Spatial Analyst Tools → Reclass → Rescale by Function). Parameter yang dapat diisi adalah sebagai berikut:
  - Input raster: data kerapatan bangunan (format raster)
  - Output raster: lokasi penyimpanan
  - Transformation function: linear
  - Lower threshold: langsung mendeteksi nilai terendah
  - Upper threshold: langsung mendeteksi nilai tertinggi
  - From scale: 0
  - To Scale: 100



**Gambar 3.23. Rescale by Function**

- Hasil dari rescale dan normalisasi dapat dilihat pada peta di bawah ini:

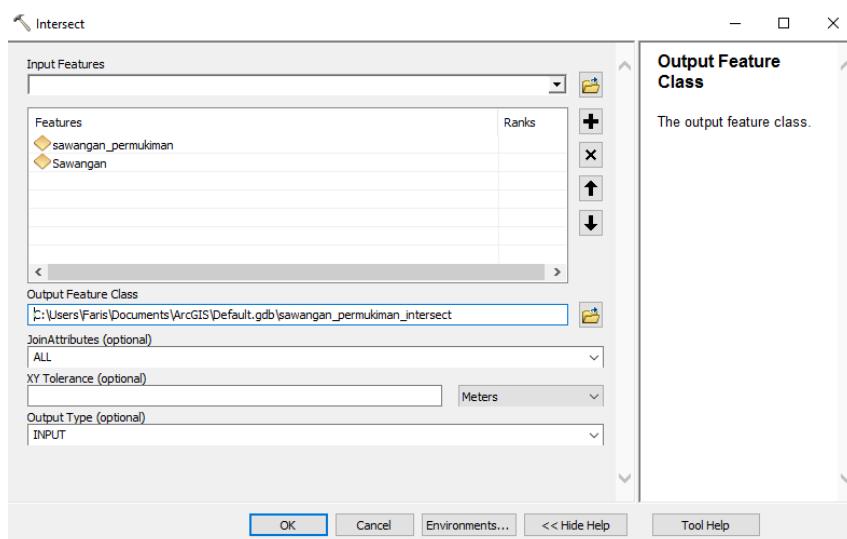


**Gambar 3.24.** Peta kerapatan bangunan setelah di rescale

## BAB 4 MELAKUKAN ANALISIS DASIMETRIK UNTUK DISAGREGRASI SEBARAN PENDUDUK KE DALAM UNIT PIXEL

### 4.1. Melakukan Analisis Tumpang Susun Data Penduduk dengan Data Permukiman

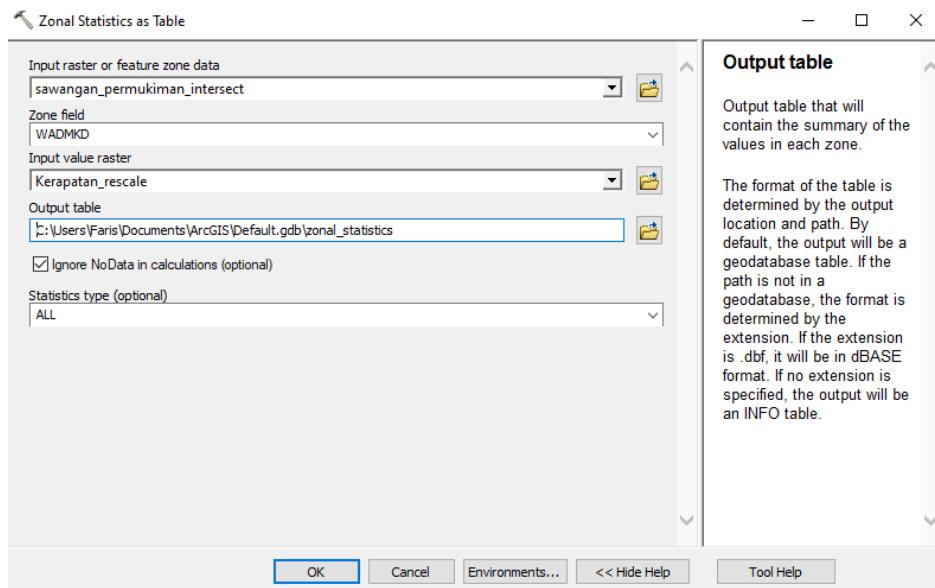
- Add data Sawangan\_permukiman.shp dan sawangan.shp (data ini sudah memiliki atribut jumlah penduduk yang diperoleh dari Badan Pusat Statistik)
- Lakukan analisis intersect dengan tata cara sebagai berikut: Analyst Tool → Overlay → Intersect.
- Lakukan intersect antara data Sawangan\_permukiman.shp dan sawangan.shp seperti gambar di bawah ini, kemudian simpan hasilnya pada tempat yang anda pilih.
- Hasil proses ini adalah sebuah shapefiles yang memiliki bentuk permukiman dengan atribut per kelurahan.



Gambar 4.1. Analisis intersect

## 4.2. Menghitung Total Kerapatan Bangunan untuk Menghitung Rasio Kerapatan Bangunan Per Piksel

- Add data Sawangan\_permukiman\_intersect.shp dan kerapatan bangunan yang sudah dilakukan proses rescalling dalam format raster.
- Lakukan analisis Zonal Statistics as Table untuk menghitung total persentase kerapatan bangunan dari seluruh piksel per desa. Caranya adalah dengan Spatial Analyst → Zonal → Zonal Statistics as Table. Gambar beberapa input dan tempat penyimpanannya adalah sebagai berikut:



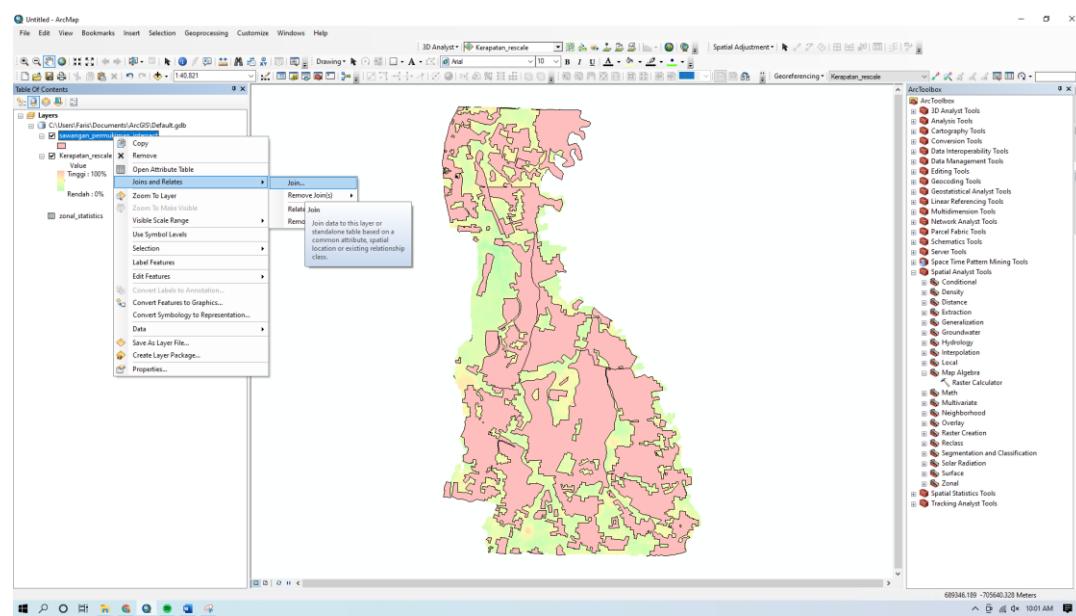
**Gambar 4.2. Analisis Zonal Statistics as Table**

- Hasil perhitungan Zonal Statistics dalam bentuk tabel berguna untuk mengetahui berapa jumlah dari total kerapatan bangunan, rata-rata kerapatan, nilai kerapatan tertinggi, dan terendah dari tiap kelurahan.

Table											
zonal_statistics											
OBJECTID *	WADMKD	ZONE_CODE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	
1	Bedahan	1	4216	3794400	15.207548	76.621452	61.413904	45.688291	10.095123	192621.835932	
2	Cinangka	2	2273	2045700	20.389215	79.612572	59.223356	50.890784	11.527666	115674.752926	
3	Kedaung	3	1248	1123200	12.885149	90.648842	77.763693	56.879352	15.102363	70985.431809	
4	Pasir Putih	4	3298	2968200	21.7272	76.523567	54.796368	46.739995	9.1032	154148.503244	
5	Pengasiman	5	2623	2360700	11.365314	78.966858	67.601543	50.058606	11.252566	131303.723142	
6	Sawangan	6	1770	1593000	15.914666	100.000015	84.085349	51.865028	13.458571	91801.099053	
7	Sawangan Baru	7	2008	1807200	14.370337	86.288017	71.91768	51.098702	12.575672	102606.193383	

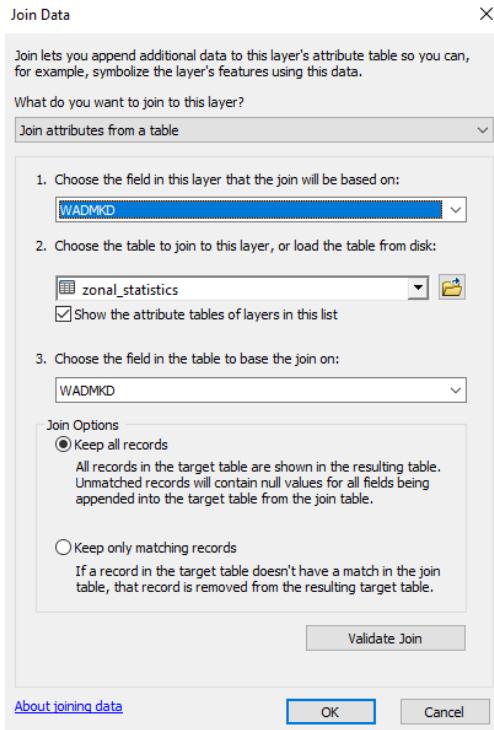
**Gambar 4.3. Hasil analisis Zonal Statistics as Table**

- Lakukan join table antara hasil analisis Zonal Statistics dengan Sawangan\_permukiman\_intersect.shp. Hal ini dilakukan agar nanti setiap desa memiliki informasi statistik dari kerapatan bangunan seperti total kerapatan bangunan, rata-rata kerapatan, nilai kerapatan tertinggi, dan terendah, standar deviasi dan lain sebagainya.
- Klik kanan di Sawangan\_permukiman\_intersect.shp, kemudian pilih join selanjutnya adalah join and relate seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 4.4. Proses Join Table**

- Pilih atribut WADMKD (informasi berisi nama Desa) pada Sawangan\_permukiman\_intersect.shp dan tabel hasil dari Zonal Statistik sebagai *primary key* atau informasi pengikat seperti gambar di bawah ini:



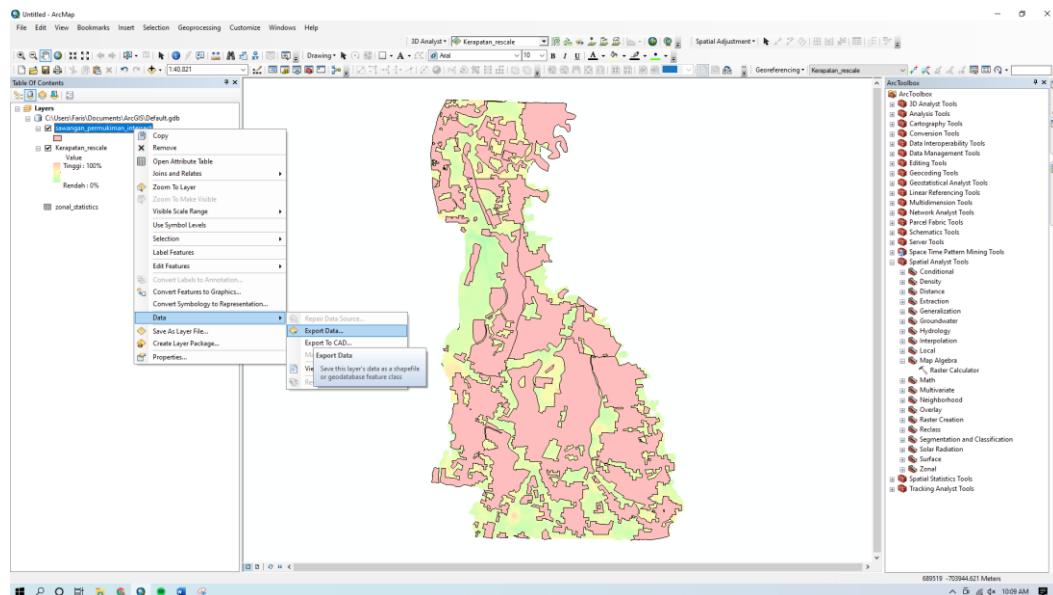
**Gambar 4.5. Proses Join Table**

- Cek Kembali atribut Sawangan\_permukiman\_intersect.shp untuk memastikan apakah seluruh atribut dari Zonal Statistics sudah masuk ke dalam atribut Sawangan\_permukiman\_intersect.shp seperti gambar di bawah ini:

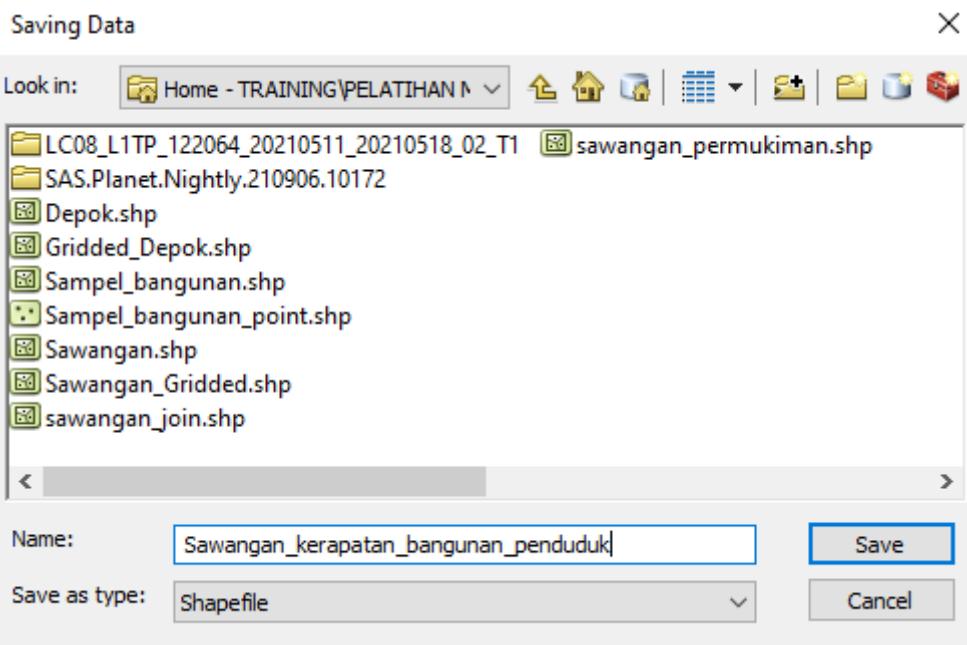
Table		savangan_permukiman_intersect																		
FID *	Shape *	PL	WADMKD	WADMKK	WADMPR	Jumlah_pem	Shape_Length	Shape_Area	OBJECTID *	WADMKD *	ZONE_CODE	COUNT	AREA	MIN	MAX	RANGE	MEAN	STD	SUM	
1	Polygon ZM	Permukiman	Bedahan	Kota Depok	Java Barat	28898	0.327877	0.000301	1	Bedahan	1	4216	1794400	15.207548	75.821452	81.413804	45.688291	10.09123	192621.85932	
2	Polygon ZM	Permukiman	Bedahan	Kota Depok	Java Barat	18219	0.238079	0.000270	2	Bedahan	2	2000	1000000	15.207548	75.821452	81.413804	45.688291	10.09123	2000000.00000	
3	Polygon ZM	Permukiman	Kadung	Kota Depok	Java Barat	16339	0.219874	0.000291	3	Kadung	3	1248	1123200	12.881449	90.948642	77.763893	56.879352	15.102363	70885.431809	
4	Polygon ZM	Permukiman	Pasir Putih	Kota Depok	Java Barat	24992	0.2395	0.000242	4	Pasir Putih	4	3288	1965200	21.7272	76.523567	54.795388	45.379985	9.1032	154148.503244	
5	Polygon ZM	Permukiman	Tengsinan	Kota Depok	Java Barat	24995	0.21942	0.000279	5	Tengsinan	5	2623	1965200	100.965015	100.965015	100.965015	0.000000	0.000000	100.965015	
6	Polygon ZM	Permukiman	Sawangan Baru	Kota Depok	Java Barat	19333	0.16954	0.000131	6	Sawangan Baru	6	1770	1933300	15.314998	100.965015	84.065348	81.695029	13.45877	91601.096053	
7	Polygon ZM	Permukiman	Sawangan Baru	Kota Depok	Java Barat	17250	0.167831	0.000148	7	Sawangan Baru	7	2008	1807200	14.370337	86.288017	71.91798	51.098702	12.475672	102608.193333	

**Gambar 4.6. Hasil dari join table**

- Lakukan ekspor data Sawangan\_permukiman\_intersect.shp untuk membuat semua atribut ter-join secara permanen, dengan cara klik kanan pada data Sawangan\_permukiman\_intersect.shp, klik data, dan klik Kembali eksport data seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 4.7. Ekspor data**

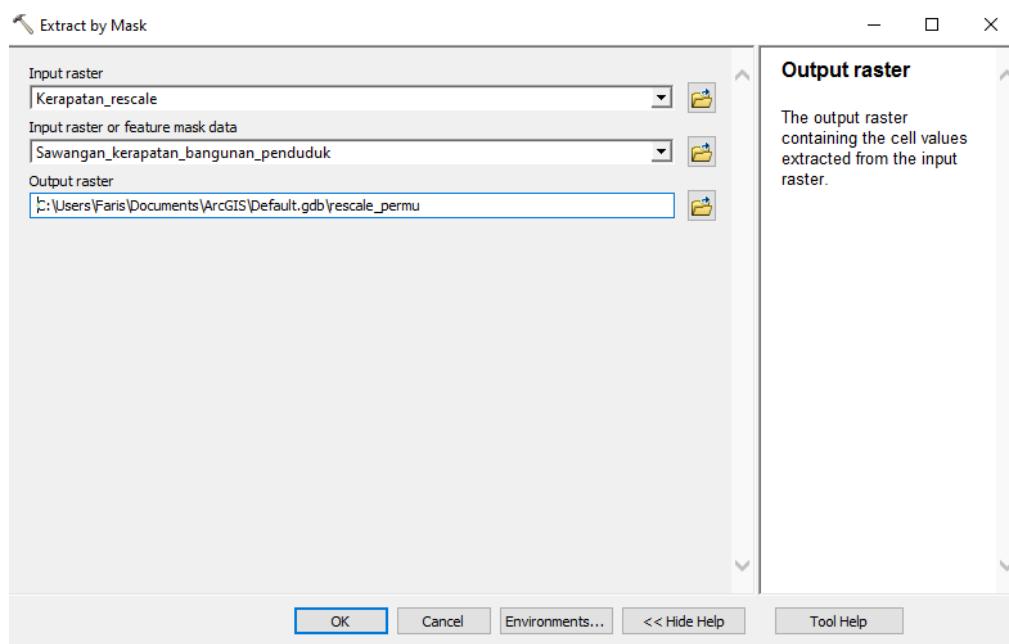


**Gambar 4.8. Ekspor data**

- Simpan hasil ekspor dengan nama  
Sawangan\_kerapatan\_bangunan\_penduduk.shp

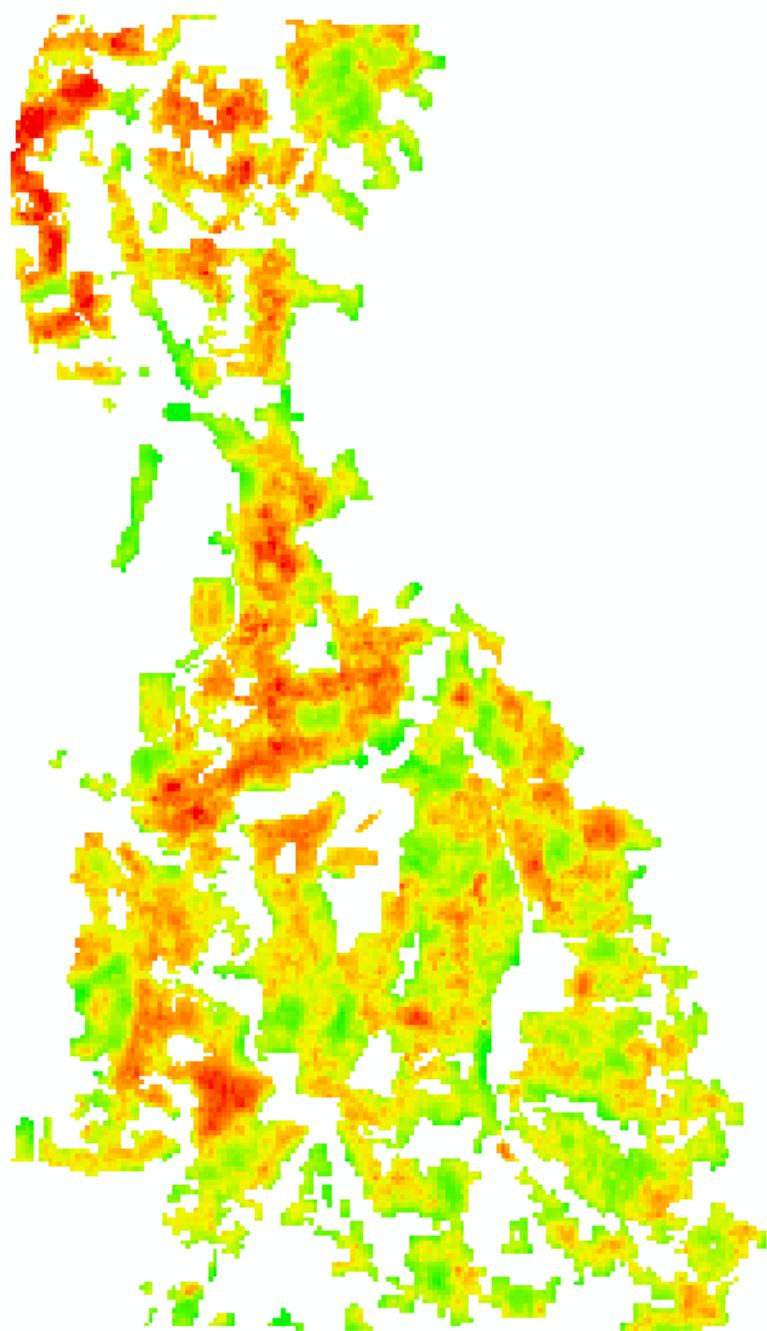
#### **4.3. Memotong Data Persentase Kerapatan Bangunan dengan Data Permukiman**

- Add data Sawangan\_kerapatan\_bangunan\_penduduk.shp dan kerapatan bangunan yang sudah dilakukan proses rescalling dalam format raster.
- Gunakan tools Extract by Mask untuk memotong data raster kerapatan bangunan yang sudah dilakukan proses rescalling dengan data Sawangan\_kerapatan\_bangunan\_penduduk.shp dengan cara Spatial Analyst Tool → Extraction → Extract by Mask seperti gambar di bawah ini:



**Gambar 4.9. Analisis extract by mask**

- Hasil dari extract by mask akan menjadi seperti ini:

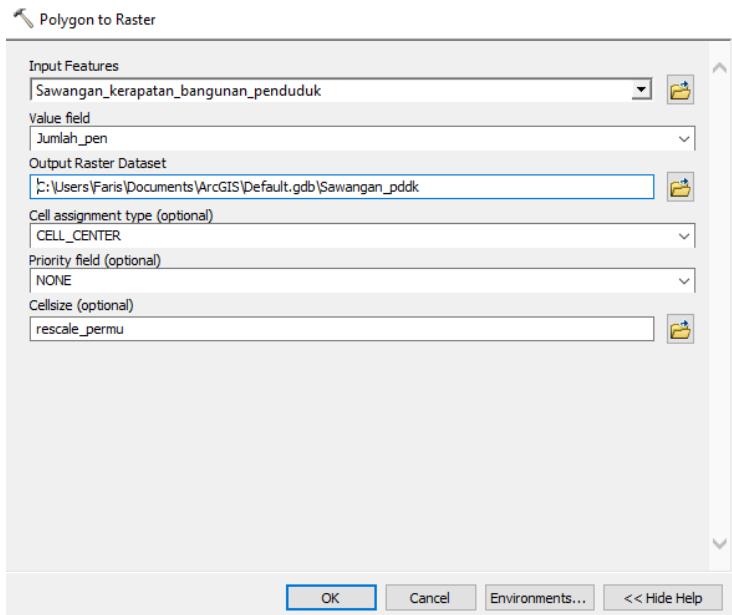


**Gambar 4.10. Hasil analisis extract by mask**

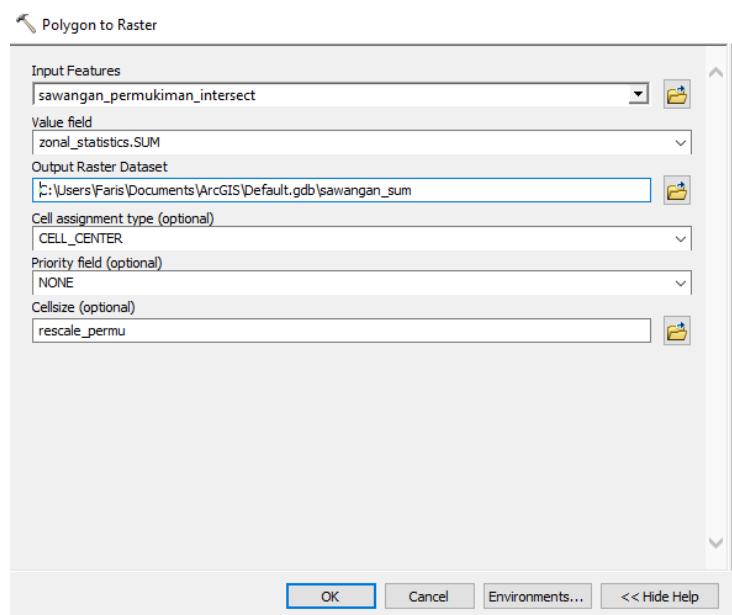
#### **4.4. Melakukan Konversi Atribut Jumlah Penduduk dan Total Kerapatan Bangunan ke Data Raster**

- Add data Sawangan\_kerapatan\_bangunan\_penduduk.shp and data rescale\_permu dalam format raster.

- Gunakan tools Raster to Polygon dengan klik: Conversion tools → to Raster → Polygon to Raster.
- Lakukan konversi data Sawangan\_kerapatan\_bangunan\_penduduk.shp untuk field “Jumlah\_pen” dan “sum” seperti kedua gambar di bawah ini:



(a)



(b)

**Gambar 4.11. (a) Melakukan konversi field “jumlah\_pen” (b) Melakukan konversi field “SUM”**

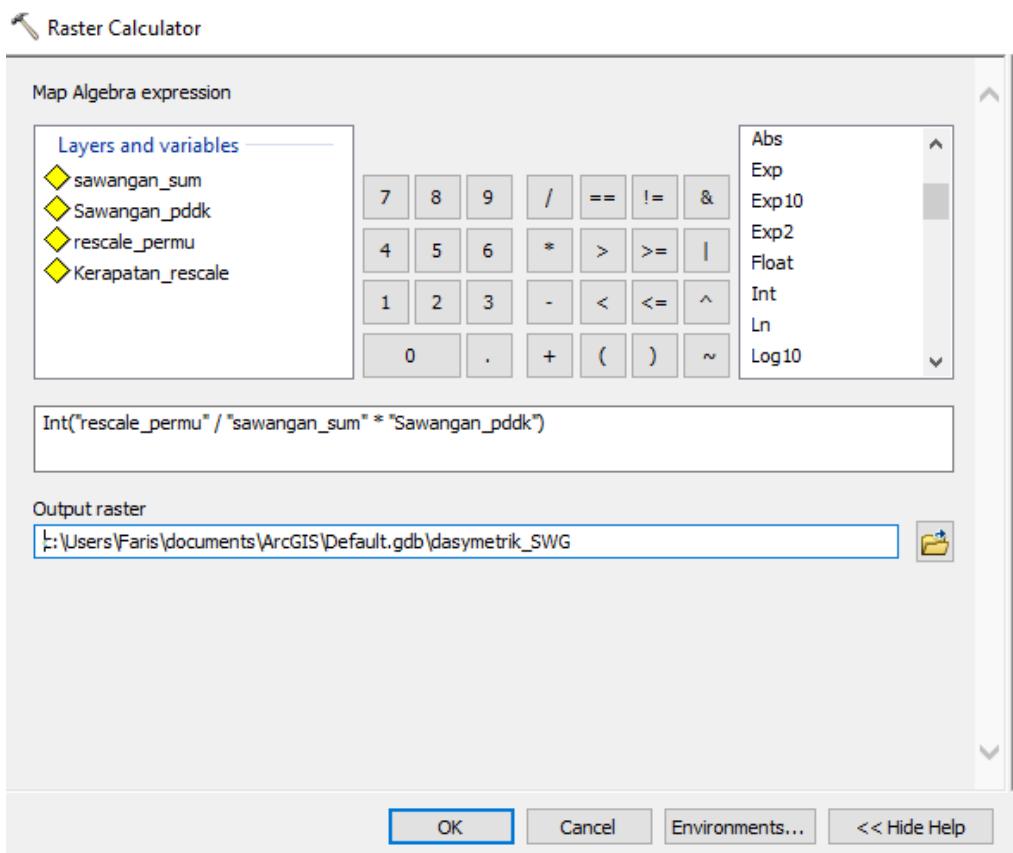
#### 4.5. Analisis Disagregasi Penduduk ke Dalam Unit Pikel (Metode Dasimetrik)

- Buka raster calculator: Arc Toolbox → Spatial Analyst Tool → Map Algebra  
→ Raster Calculator
- Masukan rumus sebagai berikut:

$$\text{Penduduk dalam piksel} = \frac{\text{Kerapatan bangunan dalam piksel}}{\text{Total kerapatan bangunan kelurahan X}} \times \text{Jumlah penduduk kelurahan X}$$

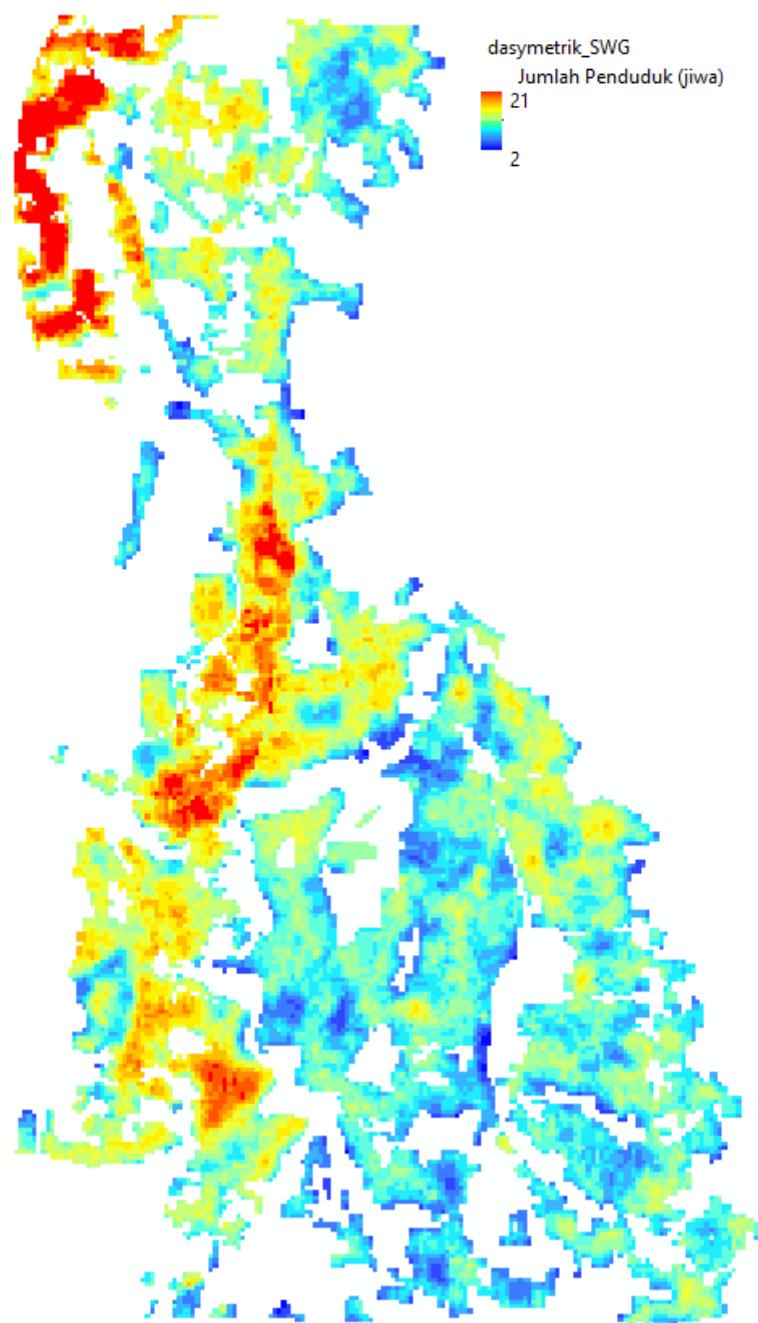
- Memasukan rumusan di dalam raster calculator dalam diaplikasikan sebagai berikut:

**"Int("rescale\_permu" / "sawangan\_sum" \* "Sawangan\_pddk")"**



**Gambar 4.12. Raster calculator untuk dasimetrik**

- Hasil dari proses dasimetrik adalah sebagai berikut:



**Gambar 4.13. Peta dasimetrik Sawangan**

## BAB 5 STUDI KASUS DAN APLIKASI PETA DASIMETRIK UNTUK KEBENCANAAN

Studi kasus:

Anda diminta untuk melakukan sebuah kajian potensi jumlah penduduk yang terdampak dari suatu bencana yang terjadi di Kelurahan Kedaung, Kecamatan Sawangan. Untuk mengetahui wilayah bencana (*hazard*) diberikan beberapa *shapefiles* jenis-jenis bencana antara lain:

1. Puting\_beliung.shp
2. Gerakan\_tanah.shp
3. Kebakaran.shp
4. Banjir.shp

Menggunakan data wilayah bencana (*hazard*) dan data dasimetrik yang telah diolah/dihasilkan. Jawablah pertanyaan ini:

- Berapa jumlah penduduk yang berpotensi untuk terdampak dari bencana puting beliung? (pertanyaan untuk kelompok 1)
- Berapa jumlah penduduk yang berpotensi untuk terdampak dari bencana gerakan tanah? (pertanyaan untuk kelompok 2)
- Berapa jumlah penduduk yang berpotensi terdampak dari bencana kebakaran? (pertanyaan untuk kelompok 3)
- Berapa jumlah penduduk yang berpotensi terdampak dari banjir? (pertanyaan untuk kelompok 4)

Untuk menjawab pertanyaan di atas, anda dapat menggunakan berbagai macam *Geoprocessing Analysis* yang tersedia di ArcMap.