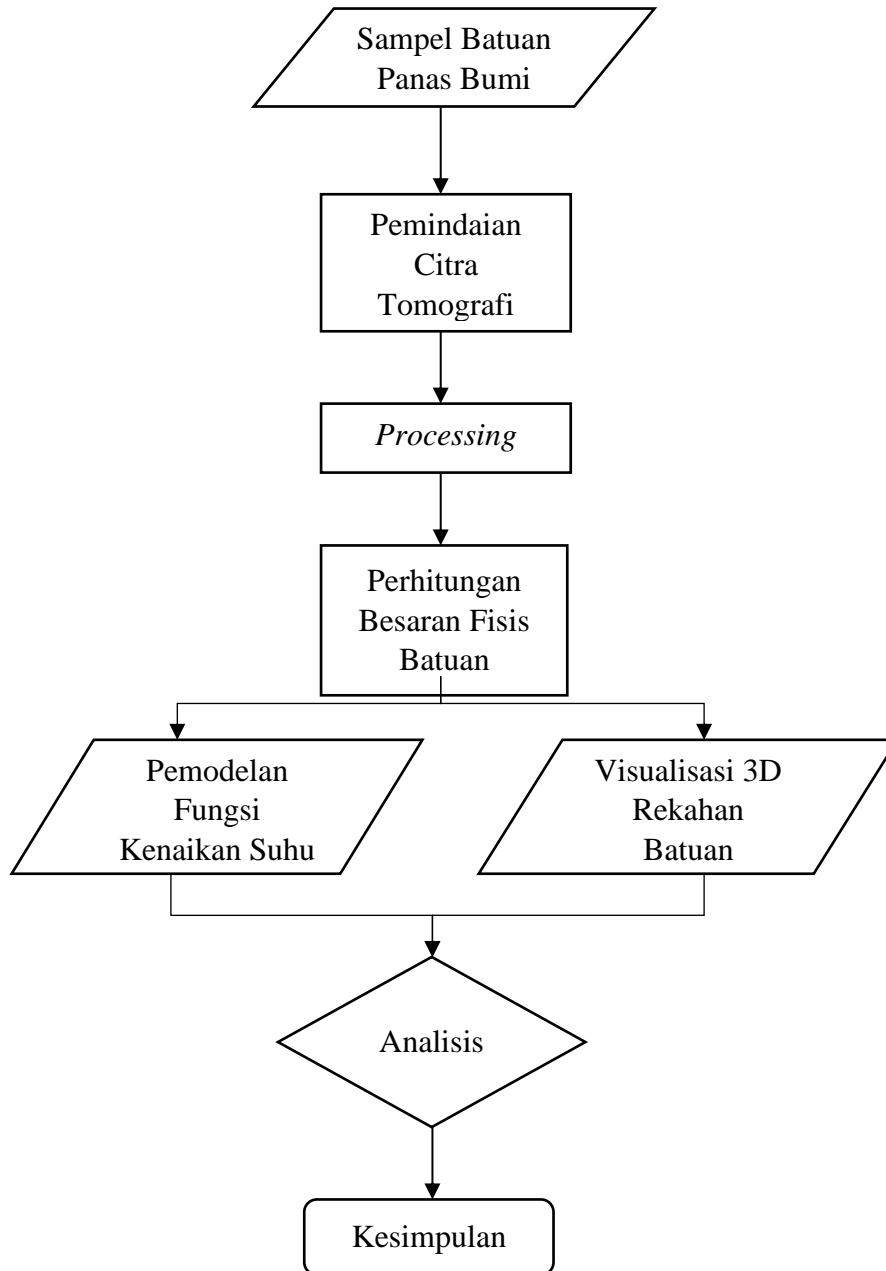


## BAB III METODE PENELITIAN

### 3.1 Alur Penelitian

Penelitian ini dilakukan dengan cara menganalisis struktur batuan 3D dan rekahan yang diberi perlakuan suhu yang bervariasi terhadap sampel batuan. Dapat dilihat diagram alur penelitian pada Gambar 3.1.



Gambar 3. 1 *Diagram Alir Penelitian Perlakuan Suhu.*

## 3.2 Tahapan Penelitian

### 3.2.1 Penyiapan Sampel Batuan Panas Bumi

Sampel batuan yang diperoleh merupakan batuan yang berasal dari sumur pemboran landaian suhu pada daerah prospek panas bumi Kadidia yang berlokasi di Kabupaten Sigi, Kecamatan Kadidia, Provinsi Sulawesi Tengah. Sampel batuan diambil pada kedalaman 697m dengan bentuk silinder yang memiliki panjang 5cm dengan diameter 4,5cm. Jenis sampel batuan adalah batuan merupakan batuan sedimen yang berupa konglomerat, batu pasir, batu lempung dan breksi. Secara umum batuan tersebut telah mengalami ubahan dengan intensitas lemah hingga sedang dengan ciri-ciri adanya ubahan oleh hasil proses argilitisasi, oksidasi, dan silisifikasi. Proses tersebut menghasilkan mineral ubahan yang dikelompokkan ke dalam jenis argilik dan sub-propilitik yang berfungsi sebagai lapisan penudung (*clay cap*) pada sistem panas bumi Kadidia. Sampel batuan ditunjukkan pada Gambar 3.2.



Gambar 3. 2 Sampel batuan panas bumi daerah Kadidia.

### 3.2.2 Petrografi

Petrografi merupakan sebuah metode dengan cara klasifikasi atau penamaan batuan berdasarkan pengamatan sayatan tipis. Pada metode ini kandungan mineral beserta hubungan tekstur dalam batuan dijelaskan dengan sangat rinci. Alat yang digunakan pada analisis petrografi yaitu mikroskop petrografi. Pada penelitian ini, analisis petrografi diperlukan untuk mengetahui komposisi mineral batuan potensi

panas bumi daerah Kadidia-Sigi, Sulawesi Tengah sehingga dapat mendukung dalam menganalisis data geologi.

### 3.2.3 Pemberian Perlakuan Suhu

Pemberian perlakuan suhu dilaksanakan di Laboratorium Instrumentasi Fisika, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Bandung. Alat yang digunakan dalam proses pemberian perlakuan suhu pada batuan adalah Oven OF-02G dapat dilihat pada Gambar 3.3. Dengan asumsi sampel batuan memiliki suhu awal yaitu pada suhu kamar  $24^{\circ}\text{C}$ . Sampel batuan kemudian diberikan perlakuan suhu dengan variasi suhu sebesar  $100^{\circ}\text{C}$ ,  $150^{\circ}\text{C}$ ,  $200^{\circ}\text{C}$ ,  $250^{\circ}\text{C}$ .



Gambar 3. 3 Alat Oven OF-02G di Laboratorium Instrumentasi Fisika FMPIPA ITB.

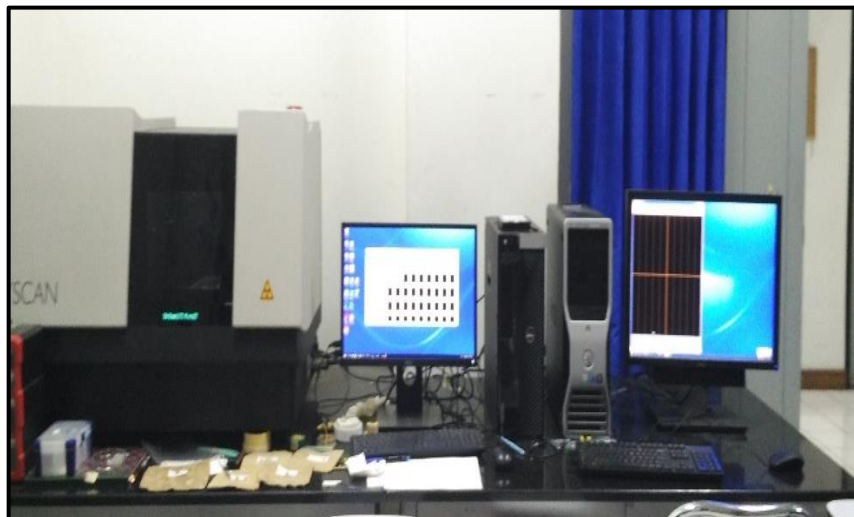
Berikut tahapan – tahapan pemberian perlakuan suhu pada sampel batuan panas bumi:

1. Menyalakan alat oven dan mengaturnya pada suhu ruang ( $24^{\circ}\text{C}$ ), masukan sampel batuan pada oven,
2. Mengatur suhu pada oven dengan suhu maksimal,
3. Mengatur waktu selama 30 menit pada oven saat suhu maksimum sebelum suhu diturunkan kembali, tahapan ini berdasarkan metodologi penelitian yang telah dilakukan sebelumnya oleh beberapa peneliti rekahan (Zhang, dkk, 2001; Tobing, 2016; dan Mardiannisa, 2018),

4. Setelah 30 menit pada suhu maksimum, mengatur kembali oven pada suhu ruang ( $24^{\circ}\text{C}$ ) dengan penurunan suhu secara perlahan agar sampel batuan tidak mengalami retakan akibat penurunan suhu yang drastis,
5. Apabila oven sudah berada pada suhu ruang, maka sampel batuan yang telah diberi perlakuan suhu dapat dikeluarkan dari oven.

### 3.2.4 Pemindaian Sampel Batuan

Instrumen yang digunakan pada proses pemindaian citra 3D adalah *Micro CT Scan* produksi Bruker dengan tipe 1173 yang dapat dilihat pada Gambar 3.4 Instrumen tersebut merupakan pemindaian komputer tomografi dengan skala mikro (*micro computed tomography*) dengan sumber radiasi yang berupa sinar-X polikromatik dengan tegangan antara 40-130kV.



Gambar 3. 4 Instrumen Micro-CT Skyscan 1173.

Sebelum melakukan proses pemindaian, perlu dilakukan pengecekan pada *profile line* sebagai profil transmisi energi sinar-X selama melewati sampel. Standar umum yang digunakan dengan nilai minimum yang berkisar antara 10-30% dan nilai maksimum yang bernilai 90%. Agar citra yang dihasilkan baik, perlu diperhatikan beberapa parameter yang berhubungan dengan *profile line* diantaranya sebagai berikut:

- a. Tegangan (kV) merupakan besaran tegangan yang berkaitan dengan energi output sinar-X selama proses pemindaian berlangsung. Nilai tegangan ini sangat bergantung terhadap densitas yang terdapat pada sampel,

- b. arus ( $\mu\text{A}$ ) merupakan besaran arus yang digunakan selama pemancaran sinar-X berlangsung,
- c. durasi pemaparan (ms) merupakan besaran waktu yang menyatakan durasi penerimaan sinar-X oleh detektor selama proses pemindaian berlangsung,
- d. filter berfungsi dalam mengontrol spektrum sinar-X polikromatik yang dipancarkan selama proses pemindaian. Terdapat dua jenis filter pada instrumen ini yaitu Aluminium 1mm dan Brass 0,25 mm.

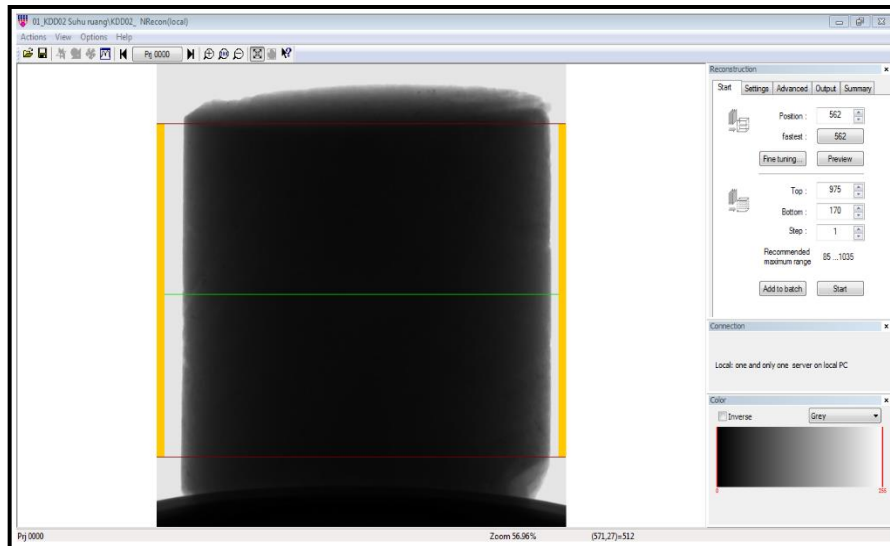
Proses pemindaian sampel berupa sinar-X yang dipancarkan oleh sumber akan merambat dalam suatu garis lurus sehingga energi yang berasal dari sinar-X dapat menembus sampel batuan, hal tersebut menyebabkan sebagian energi yang terdapat pada sinar-X akan mengalami atenuasi sehingga intensitas sinar-X yang tereduksi akan direkam oleh detektor sebagai cahaya tampak kemudian diubah menjadi elektron dengan bantuan chip semikonduktor CCD. Bentuk elektron tersebut akan diubah menjadi citra digital bayangan sampel menggunakan Analog Digital Converter (ADC) yang ditunjukkan pada Gambar 3.4. Pada proses pemindaian ini sumber arus yang digunakan yaitu sebesar  $60 \mu\text{A}$  dengan sumber tegangan sebesar 125 kV. Hasil dari proses pemindaian sampel adalah citra digital 2D dengan skala keabuan atau dapat disebut dengan *raw image* dengan format gambar .TIFF (16 bit) memiliki rentang warna 0-65.536 dengan 0 menunjukkan warna gelap dan 65.536 sebagai warna terang.



Gambar 3. 5 Citra Digital Bayangan.

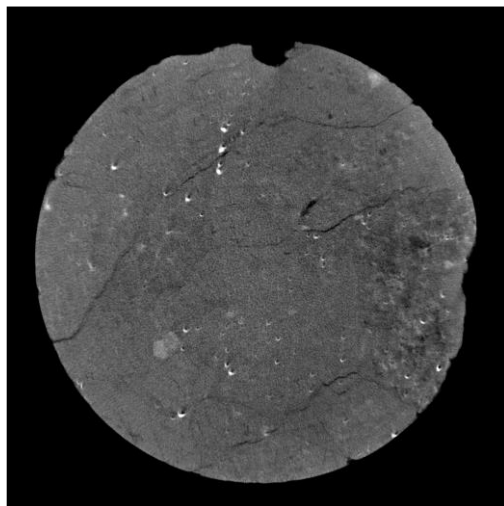
### 3.2.5 Rekonstruksi Data Digital Sampel Batuan

Rekontruksi merupakan proses pengirisan *cross-section* bayangan hasil dari proses pemindaian menjadi citra sayatan tipis (*thin section image*) per satu piksel dengan irisan searah sumbu  $z$ . Pada proses rekontruksi data digital perangkat lunak yang digunakan adalah Nrecon. Dengan tampilan dapat dilihat dari Gambar 3.6.



Gambar 3. 6 Tahapan Rekontruksi menggunakan software Nrecon.

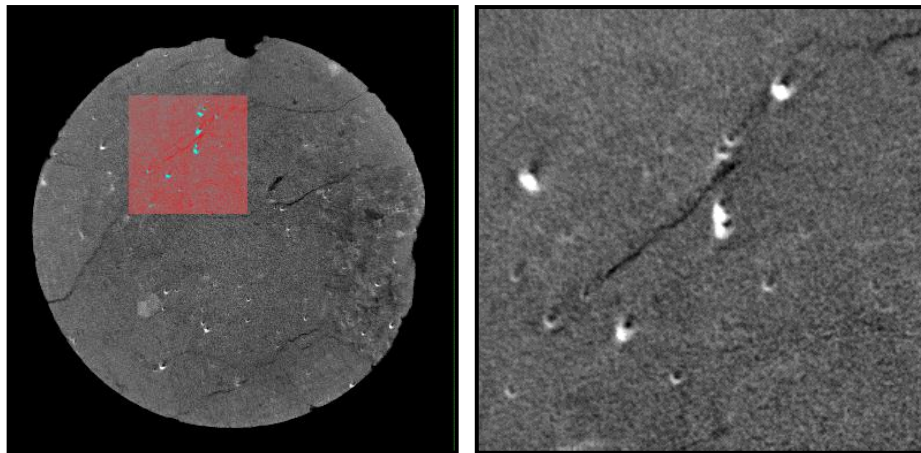
Banyaknya hasil *thin section* pada proses rekontruksi bergantung pada *Top*, *Bottom*, *step*-nya. Pada penelitian ini, setiap perlakuan akan direkontruksi pada parameter yang sama dan menghasilkan 400 citra *thin section*. Dapat dilihat salah satu contoh hasil proses rekontruksi pada Gambar 3.7.



Gambar 3. 7 Citra *thin section* hasil rekontruksi.

### 3.2.6 Region of Interest (ROI)

*Region of Interest* (ROI) merupakan pemilihan suatu daerah dari hasil citra digital sampel yang akan dianalisis lebih lanjut, sehingga dilakukan proses pemotongan terhadap citra sampel yang akan dipindai. *Region of Interest* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak CTAn, dimana proses ini bertujuan agar mempermudah dalam menganalisis lebih lanjut yang disebabkan sampel batuan tidak berbentuk silinder secara utuh serta pada beberapa daerah bagian citra tidak terlihat perubahan secara signifikan akibat perlakuan suhu yang diberikan pada sampel. *Region of Interest* yang digunakan pada penelitian ini berbentuk persegi berukuran 300 x 300 piksel seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3.8.

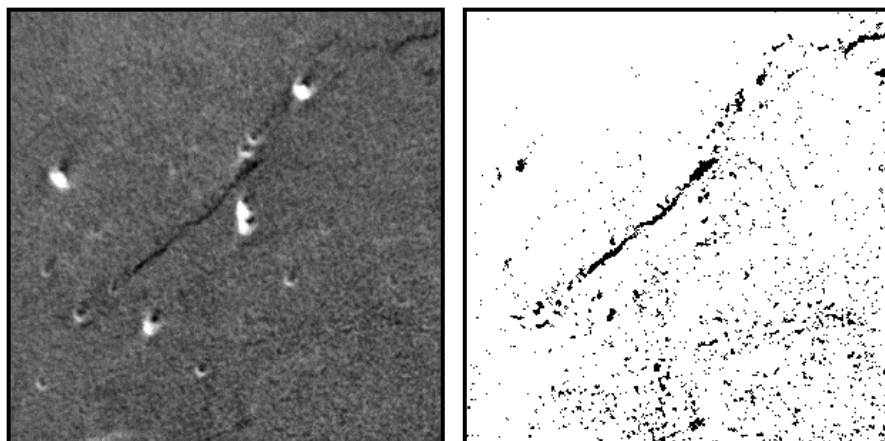


Gambar 3. 8 *Region of Interest* pada citra sampel batuan.

### 3.2.7 Pengubahan data ke *Binary* (*Thresholding*)

Pengubahan data ke *binary* (*thresholding*) adalah proses merubah citra hasil rekonstruksi menjadi bentuk citra biner. Dalam proses *thresholding*, warna hitam (berpiksel 0) menunjukkan pori batuan sedangkan warna putih (berpiksel 1) menunjukkan matriks pada batuan. *Thresholding* bekerja dengan mengaplikasikan suatu nilai batas tertentu (*thresholding value*) terhadap seluruh nilai piksel pada suatu citra untuk dibandingkan. Jika nilai intensitas citra lebih kecil daripada nilai batas, maka nilai piksel tersebut akan diubah menjadi sama dengan 0, sedangkan citra yang memiliki nilai piksel lebih besar daripada nilai batas maka akan diubah menjadi sama dengan 1. Oleh sebab itu hasil dari citra grayscale yang awalnya berupa intensitas dengan nilai piksel 0-255 akan berubah menjadi citra biner yang hanya memiliki intensitas piksel 0 dan 1.

Proses thresholding dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CTAn, dimana pada proses tersebut dapat dilakukan dengan cara manual maupun dengan cara otomatis. Menurut (Otsu, 1976) penentuan nilai batas pada suatu piksel dianggap dapat menghasilkan *foreground* dan *background* yang tersegmentasi atau dapat dikatakan terpisah dengan baik. Metode Otsu bersifat global yang berarti nilai batas piksel tersebut akan diaplikasikan pada seluruh citra yang dianalisis. Penelitian ini menggunakan proses *Automatic Thresholding* dengan metode *Global Thresholding* (Otsu) yang dapat dilihat hasilnya pada Gambar 3.9.



a. Citra Greyscale

b. Citra Biner

Gambar 3. 9 Citra Sebelum Dan Sesudah Proses Thresholding

Pada penelitian ini, penentuan batas piksel menggunakan *automatic thresholding* yang terdapat pada perangkat lunak CTAn ditunjukkan pada Tabel 3.1.

Tabel 3. 1 Penentuan Nilai Batas Piksel.

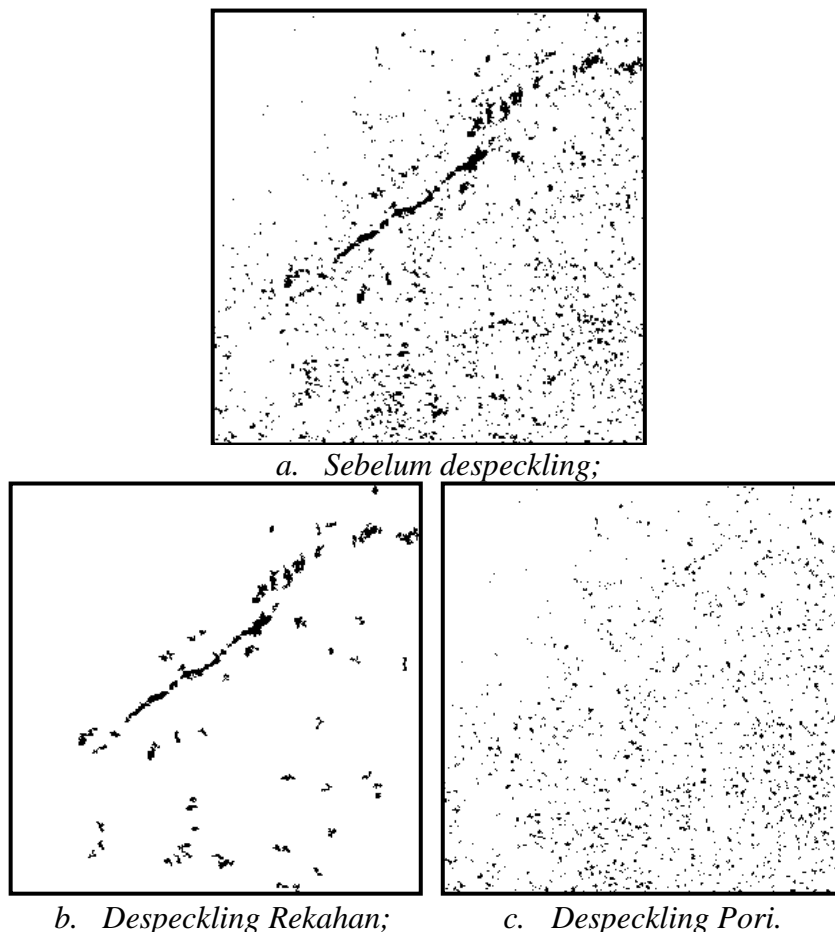
Suhu (°C)	Nilai Batas (piksel)
24	68
100	68
150	68
200	68
250	68

### 3.2.8 Pengisolasian (*Despeckling*)

Proses pengisolasian (*despeckling*) merupakan proses dimana citra biner tertentu akan diisolasi. Proses ini dilakukan karena citra hasil dari pemindaian dan *thresholding* masih tersusuVn oleh matriks, pori, mineral, serta rekahan. Sehingga proses ini perlu dilakukan untuk menghindari ambiguitas dalam tahapan analisis.



Pada proses ini yang dilakukan adalah penghilangan pori untuk menganalisis struktur mineral 3D pada batuan ataupun penghilangan mineral untuk menganalisis struktur pori 3D pada batuan yang dapat dilihat pada Gambar 3.10.



*a. Sebelum despeckling;      b. Despeckling Retakan;      c. Despeckling Pori.*

Gambar 3. 10 Hasil proses despeckling pada sampel batuan.

Dapat dilihat pada Gambar 3.10. merupakan hasil gambar berupa citra biner yang sudah melalui proses *despeckling*, dimana parameter yang digunakan yaitu untuk mendapatkan hasil pori menggunakan *remove black speckless more than 12 pixels* sedangkan untuk mendapatkan hasil rekahan menggunakan *remove black speckless less than 12 pixels*. Dalam melakukan proses *despeckling*, nilai yang diambil adalah sebesar 12 piksel dengan mengikuti literatur mineral pada hasil petrografi batuan sampel memiliki ukuran mineral terkecil sebesar 0,06 mm yang sama dengan  $\pm 12$  piksel.

### 3.3 Karakterisasi Struktur Batuan 3D

#### 3.3.1 Karakterisasi Struktur Pori

Karakterisasi struktur pori pada batuan sampel dilakukan agar mengetahui perubahan yang terjadi pada distribusi ukuran pori batuan akibat pengaruh suhu. Hasil perhitungan distribusi pori didapatkan dengan cara menganalisis citra struktur pori dengan batuan perangkat lunak CTAn. Hasil citra pori yang terbentuk dianalisis menggunakan *structure separation* yang berfungsi untuk mengetahui distribusi ukuran pori dalam satuan milimeter dan akan diperoleh frekuensi ukuran pori tersebut. Proses *structure separation* juga berfungsi untuk mengetahui volume pori pada sub sampel batuan yang dianalisis. Kemudian hasil dari distribusi ukuran pori dalam satuan milimeter dibuat menjadi grafik hubungan frekuensi terhadap ukuran pori pada setiap perlakuan suhu.

#### 3.3.2 Karakterisasi Struktur Mineral

Karakterisasi struktur mineral dilakukan untuk mengetahui perubahan distribusi ukuran mineral pada batuan akibat pengaruh suhu. Hasil perhitungan distribusi mineral didapatkan dengan menganalisis citra struktur 3D menggunakan *structure separation* yang berfungsi untuk mengetahui distribusi ukuran mineral dalam satuan milimeter dan akan diperoleh frekuensi ukuran mineral. Hasil dari distribusi mineral selanjutnya dibuat dalam bentuk grafik hubungan frekuensi dan distribusi ukuran mineral pada setiap perlakuan suhu.

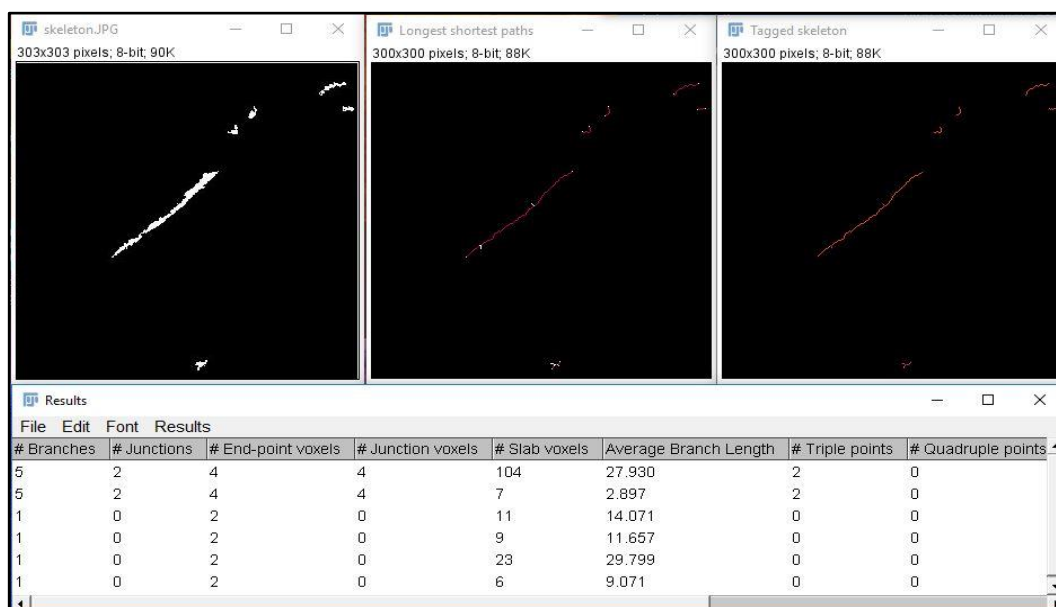
#### 3.3.3 Karakterisasi Struktur Rekahan

Karakterisasi struktur rekahan dilakukan untuk melihat perubahan rekahan yang terjadi pada setiap keadaan suhu. Pada penelitian ini, karakteristik rekahan sampel batuan dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CTAn, ImageJ, serta MATLAB. Dimana parameter utama rekahan terdiri dari *aperture* rekahan, densitas rekahan, serta intensitas rekahan. Dimana parameter *aperture* didapatkan dengan 3D *analysis* yang terdapat pada perangkat lunak CTAn yaitu analisis *trabecular separation* yang mewaliki besaran *aperture*.

Sedangkan untuk mencari nilai densitas rekahan, maka perangkat lunak yang digunakan yaitu MATLAB. Dimana densitas merupakan total volume rekahan terhadap total volume sampel seperti yang telah ditunjukkan pada Persamaan 2.2.

Untuk *script* yang digunakan yang mewaliki Persamaan 2.2 pada perangkat lunak MATLAB dapat dilihat pada Lampiran 4.

Kemudian untuk parameter intensitas rekahan didapatkan dengan menggunakan bantuan perangkat lunak ImageJ. Hal tersebut dikarenakan ImageJ dapat membantu dalam proses perhitungan panjang rekahan menggunakan perhitungan skeletonisasi, dimana perhitungan panjang rekahan ini akan sulit dihitung secara manual karena terdapat rekahan yang diskontinuitas. Hasil panjang rekahan tersebut akan dibagi dengan volume sampel yang bernilai intensitas rekahan. Langkah yang dilakukan untuk mencari nilai intensitas rekahan adalah perlu dipastikan terlebih dahulu bahwa citra yang akan digunakan pada proses skeletonisasi merupakan citra yang sudah dalam bentuk biner, kemudian pada tab *Plugin* terdapat pilihan *Skeletonize* serta *Skeleton Analysis* dalam perangkat lunak ImageJ. Lalu hasil analisis yang diperoleh dari proses skeletonisasi berupa data panjang rekahan yang bersifat kontinyu maupun rekahan diskontinyu. Dimana dapat dilihat proses *skeletonize* pada Gambar 3.10.



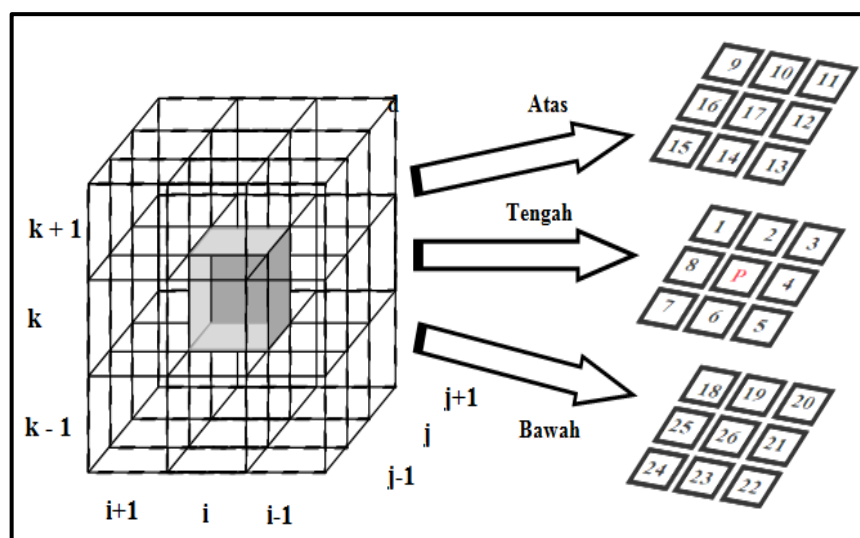
Gambar 3.11 Proses *Skeletonize* Pada Citra Biner Rekahan

### 3.3.4 Besaran Transport Fluida

Besaran transport Fluida terdiri dari porositas, tortousitas, luas permukaan spesifik, serta permeabilitas. Untuk proses karakterisasi besaran transport fluida dapat dilakukan dengan bantuan perangkat lunak CTAn dan MATLAB. Proses 3D

*analysis* dilakukan terhadap citra dengan memilih *Structure separation* serta *Number of objects* yang terdapat pada perangkat lunak CTAn. Apabila mencari nilai porositas maka yang digunakan adalah data hasil dari *volume open porosity* serta total VOI sampel, untuk mencari nilai luas permukaan spesifik maka yang digunakan adalah data hasil dari *object surface density*, dan untuk mencari nilai permeabilitas maka yang digunakan adalah perhitungan Kozeny-Carmann dengan nilai  $c$  (faktor geometri) dan tortuositas dianggap sebagai konstanta yang ditetapkan.

Tortuositas dihitung menggunakan metode yang diusulkan oleh Fauzi dan Ariwibowo (2006). Dimana dengan metode tersebut, untuk menghitung nilai turtuositas maka terlebih dahulu melakukan pelacakan jalur pori yang terhubung dengan menggunakan metode CFRW. Sampel batuan direpresentasikan dalam bentuk matriks berukuran  $(l \times m \times n)$ . Jalur pori yang terhubung pada sampel batuan akan dilacak menggunakan metode *nearest neighbor connection*, yang dapat dilihat pada Gambar 3.12.



Gambar 3. 12 *Bilangan koordinat matriks pada model batuan 3D.*

Huruf  $i, j, k$  yang terdapat pada Gambar 3.11 menunjukkan koordinat satuan pada sumbu  $x, y$ , dan  $z$ . Kemudian makna dari  $i+1$  dan  $i-1, j+1$  dan  $j-1; k+1$  dan  $k-1$  menunjukkan pertambahan dan pengurangan pada koordinat. Terdapat kotak berwarna abu-abu ( $P$ ) pada Gambar 3.11. menunjukkan titik acuan koordinat. Pada ruang 3D, titik-titik yang terdapat pada kubus  $3^3$  ditandakan dengan koordinat matrik relatif terhadap kotak  $P$  yang dapat dilihat pada Tabel 3.2

Tabel 3. 2 *Koordinat matriks relatif terhadap P.*

<b>Koordinat matriks</b>	
<b>2</b>	<b><math>A(i, j+1, k)</math></b>
<b>3</b>	<b><math>A(i-1, j+1, k)</math></b>
<b>1</b>	<b><math>A(i+1, j+1, k)</math></b>
<b>4</b>	<b><math>A(i-1, j, k)</math></b>
<b>8</b>	<b><math>A(i+1, j, k)</math></b>
<b>6</b>	<b><math>A(i, j-1, k)</math></b>
<b>5</b>	<b><math>A(i-1, j-1, k)</math></b>
<b>7</b>	<b><math>A(i+1, j-1, k)</math></b>
<b>17</b>	<b><math>A(i, j, k+1)</math></b>
<b>12</b>	<b><math>A(i-1, j, k+1)</math></b>
<b>16</b>	<b><math>A(i+1, j, k+1)</math></b>
<b>10</b>	<b><math>A(i, j+1, k+1)</math></b>
<b>11</b>	<b><math>A(i-1, j+1, k+1)</math></b>
<b>9</b>	<b><math>A(i+1, j+1, k+1)</math></b>
<b>14</b>	<b><math>A(i, j-1, k+1)</math></b>
<b>13</b>	<b><math>A(i-1, j-1, k+1)</math></b>
<b>15</b>	<b><math>A(i+1, j-1, k+1)</math></b>
<b>26</b>	<b><math>A(i, j, k-1)</math></b>
<b>21</b>	<b><math>A(i-1, j, k-1)</math></b>
<b>25</b>	<b><math>A(i+1, j, k-1)</math></b>
<b>19</b>	<b><math>A(i, j+1, k-1)</math></b>
<b>20</b>	<b><math>A(i-1, j+1, k-1)</math></b>
<b>18</b>	<b><math>A(i+1, j+1, k-1)</math></b>
<b>23</b>	<b><math>A(i, j-1, k-1)</math></b>
<b>22</b>	<b><math>A(i-1, j-1, k-1)</math></b>
<b>24</b>	<b><math>A(i+1, j-1, k-1)</math></b>

Warna merah, kuning, dan biru pada Tabel 3.2 menunjukkan subkubus pada bagian tengah, atas, serta bawah secara berurutan.

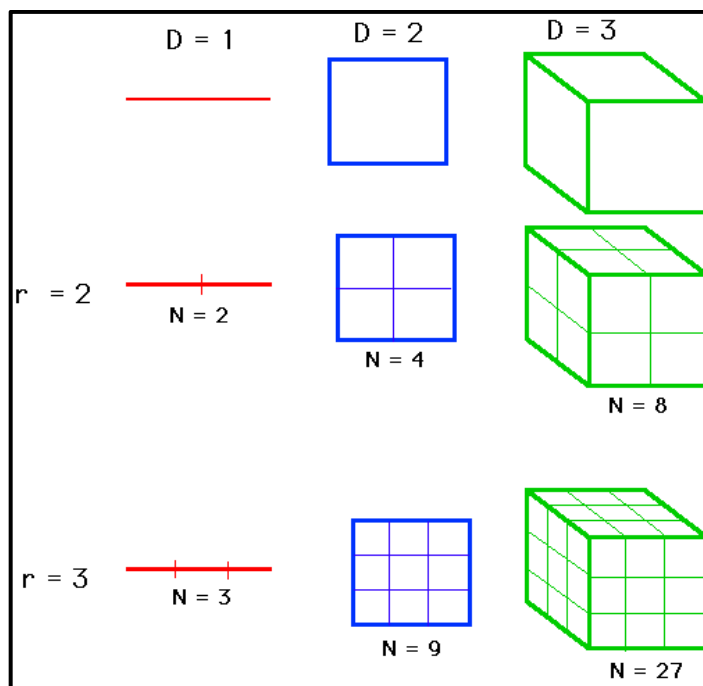
Langkah selanjutnya adalah pengecekan aliran fluida setelah mengetahui setiap koordinat matriks pada model 3D. Fluida dapat mengalir melalui pori-pori yang saling terhubung (*connected pore*), maka perlu dilakukan proses pengecekan pada setiap jalur aliran fluida. Metode yang digunakan pada proses pengecekan jalur aliran fluida adalah metode *random walk method*. Dimana pada metode ini dilakukan proses pengecekan setiap elemen pori pada koordinat matriks tetangga terdekat, sehingga akan terbentuk suatu aliran. Pelacakan jalur dilakukan menggunakan algoritma sebagai berikut.

2 – 3 – 1 – 4 – 8 – 17 – 12 – 16 – 10 – 11 – 9 – 14 – 13 – 15 – 6 – 5 – 7 – 26 – 21  
– 25 – 19 – 20 – 18 – 23 – 22 – 24

Algoritma yang digunakan merupakan algoritma prioritas aliran fluida. Dimana panjang total lintasan dihitung berdasarkan jumlah total jarak antara titik-titik yang terhubung pada saat dilakukan proses pelacakan jalur aliran fluida. Jarak pertama pengecekan elemen pori pada koordinat matriks tetangga terdekat yaitu  $P \rightarrow 2$ ,  $P \rightarrow 4$ ,  $P \rightarrow 6$ ,  $P \rightarrow 8$ ,  $P \rightarrow 17$ , dan  $P \rightarrow 26$  sebesar 1 piksel. Untuk jarak kedua pengecekan elemen pori pada koordinat matriks tetangga terdekat yaitu  $P \rightarrow 1$ ,  $P \rightarrow 3$ ,  $P \rightarrow 5$ ,  $P \rightarrow 7$ ,  $P \rightarrow 10$ ,  $P \rightarrow 12$ ,  $P \rightarrow 14$ ,  $P \rightarrow 16$ ,  $P \rightarrow 19$ ,  $P \rightarrow 21$ , dan  $P \rightarrow 25$  sebesar  $\sqrt{2}$  piksel. Kemudian untuk jarak ketiga pengecekan elemen pori pada koordinat matriks tetangga terdekat yaitu  $P \rightarrow 9$ ,  $P \rightarrow 11$ ,  $P \rightarrow 13$ ,  $P \rightarrow 15$ ,  $P \rightarrow 18$ ,  $P \rightarrow 20$ ,  $P \rightarrow 22$ , dan  $P \rightarrow 24$  sebesar  $\sqrt{3}$  piksel.

### 3.3.5 Karakterisasi Dimensi Fraktal

Agar dapat memahami formula dimensi fraktal, maka terlebih dahulu harus memahami cara menghitung dimensi dalam Euclidian yang telah dijelaskan oleh Khokha (1996) pada Gambar 3.13.



Gambar 3. 13 Dimensi Fraktal berdasarkan Konsep Geometri Euclidian.  
(sumber: Kokha, 1996)

Perumusan umum untuk ilustrasi Gambar 3.13 dijelaskan dengan Persamaan 3.1

$$N = r^D \quad (3.1)$$

dengan  $N$  merupakan sub sampel,  $r$  merupakan faktor pembagi sampel dan  $D$  merupakan dimensi sampel. Nilai  $D$  haruslah bilangan bulat pada Geometri Euclidian, namun jika diaplikasikan dalam fraktal nilai  $D$  dapat bernilai berapapun, sehingga pada Persamaan 3.1 dikalikan log pada kedua sisinya dan menghasilkan persamaan seperti pada Persamaan 3.2

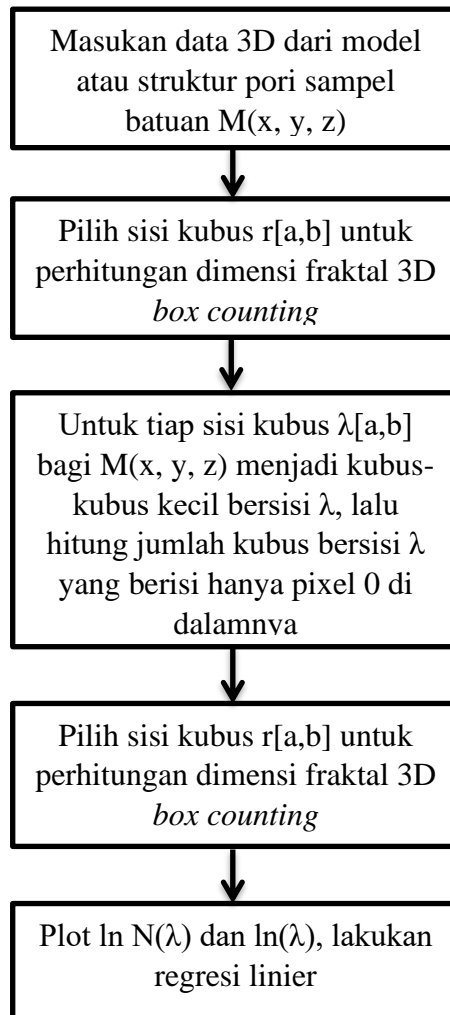
$$\log(N) = D \log(r) \quad (3.2)$$

Maka untuk persamaan dimensi seperti pada Persamaan 3.3

$$D = \frac{\log(N)}{\log(r)} \quad (3.3)$$

Metode *Box-Counting* pada perhitungan dimensi fraktal merupakan sebuah metode untuk menganalisis pola yang kompleks dengan melakukan pengumpulan data melalui scan citra kedalam bentuk *box* dalam skala kecil-kecil. Penggunaan *box-counting* pada perhitungan dimensi fraktal bersifat self-similar terhadap sampel. Jika sampel berbentuk kubus, maka *box* yang dimaksud adalah kubus-kubus kecil. Namun jika sampel berbentuk persegi, maka *box* yang dimaksud adalah persegi-persegi kecil.

Pada proses perhitungan dimensi fraktal, citra harus diubah terlebih dahulu dalam bentuk citra biner agar dapat dihitung dengan algoritma *box-counting*. Karena pada dimensi fraktal *box-counting* dihitung dari gradien regresi linear dari fungsi logaritma jumlah sub objek *self-similarity* terhadap logaritma banyaknya *box* yang terbentuk. Diagram alir perhitungan dimensi fraktal 3D dapat dilihat pada Gambar 3.14 (Feranie, dkk., 2011).



Gambar 3. 14 Diagram alir algoritma Box-Counting.  
(sumber: Feranie, dkk., 2011)