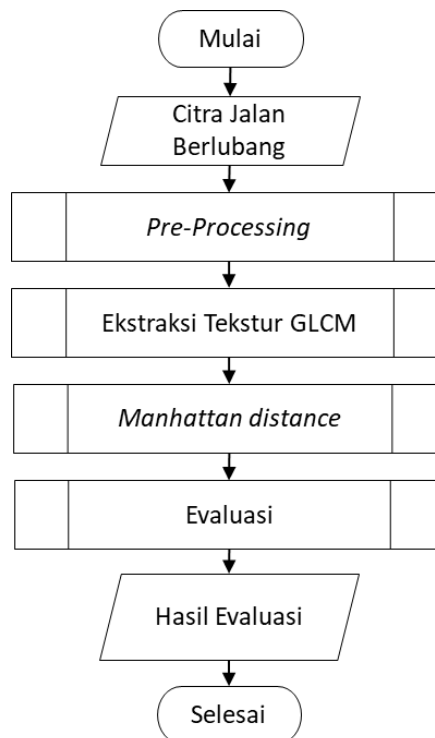


BAB 4 PERANCANGAN

Pada Bab 4, dibahas mengenai perancangan yang akan digunakan sebagai acuan dalam pengimplementasian sistem temu kembali tingkat kerusakan lubang jalan aspal menggunakan ekstraksi fitur GLCM. Perancangan terdiri atas perancangan algoritme.

4.1 Perancangan Algoritme

Perancangan algoritme digambarkan menggunakan *flowchart* (diagram alir) yang menunjukkan alur dari program. Tujuan pembuatan diagram alir yaitu memudahkan dalam memahami alur proses. Perancangan algoritme yang dibuat dalam bab ini yaitu Membaca masukan citra jalan berlubang, *pre-processing* citra, ekstraksi fitur tekstur GLCM, *manhattan distance* dan perhitungan akurasi. Perancangan secara keseluruhan disusun dalam diagram alir pada Gambar 4.1.



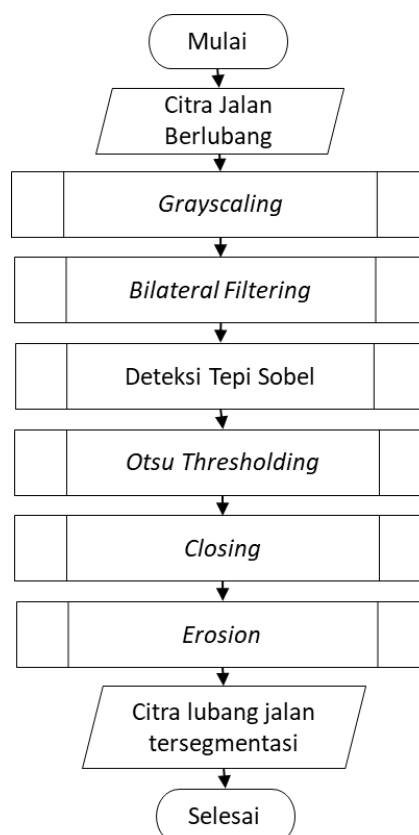
Gambar 0.1 Diagram alir sistem

Sesuai dengan diagram alir pada Gambar 4.1, Mulanya akan melakukan pembacaan data masukan berupa citra jalan berlubang yang kemudian dilakukan *resize image*. Selanjutnya pada citra dilakukan *pre-processing* hingga didapatkan citra segmentasi pada area lubang jalan. Kemudian dilakukan ekstraksi fitur tekstur GLCM untuk mendapatkan nilai tekstur dari lubang, fitur yang digunakan yaitu sebanyak 13 fitur dimana masing-masing fitur terdapat 4 sudut. Dari hasil perhitungan 13 fitur tersebut, sistem akan melakukan proses perhitungan kemiripan antara citra *query* dengan citra pada basis data menggunakan *manhattan distance*. Dari proses perhitungan *manhattan distance* didapatkan

citra dengan tingkat kerusakan lubang jalan yang mirip dengan citra *query*. Citra hasil perhitungan *manhattan distance* digunakan untuk menghitung akurasi dan MAP berupa banyaknya tingkat kerusakan citra keluaran yang sesuai dengan tingkat kerusakan citra masukan.

4.1.1 Pre-Processing

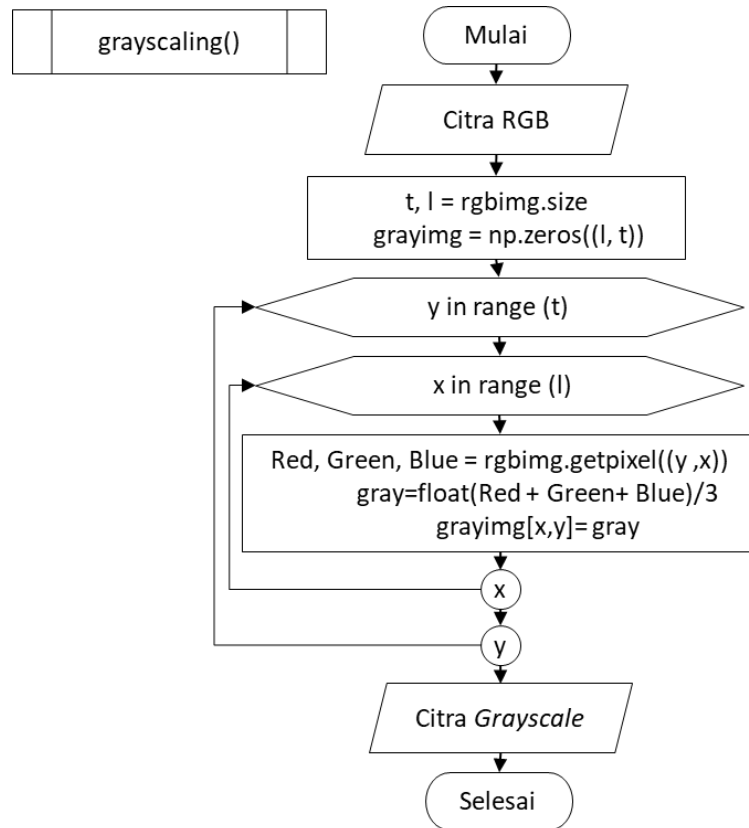
Tahap Pre-processing pada data masukan dilakukan guna mendapatkan hasil training yang baik dan menghilangkan *noise* yang tidak relevan dengan objek lubang jalan aspal. Proses *pre-processing* yang perlu dilakukan yaitu mengubah citra masukan ke skala keabuan. *Filtering* menggunakan *bilateral filter* guna menghaluskan area sekitar lubang jalan aspal dan mempertajam tekstur kekasaran dari struktur tepi citra. Selanjutnya dilakukan deteksi tepi menggunakan sobel yang bertujuan untuk mendeteksi tepian dari lubang jalan. Setelah didapatkan tepi dari lubang jalan, dilakukan *thresholding* guna mempertegas tepian yang telah terdeteksi. Hasil dari deteksi tepi yang masih berupa citra keabuan diubah mencari citra biner. *Pre-processing* yang dilakukan selanjutnya yaitu morfologi dengan menggunakan operator *closing* guna mendapatkan bentuk dari lubang jalan dengan cara mempertebal area di dalam lubang jalan dan menghilangkan lubang-lubang kecil di luar area lubang jalan. Selain operator *closing*, morfologi lain yang diterapkan yaitu *erosion* guna menghilangkan lubang-lubang kecil yang masih ada setelah proses *closing*. Diagram alir *pre-processing* keseluruhan ditunjukkan pada Gambar 4.2.



Gambar 0.2 Diagram alir *pre-processing*

4.1.1.1 Grayscale

Diagram alir proses *grayscale* dapat dilihat pada Gambar 4.3.



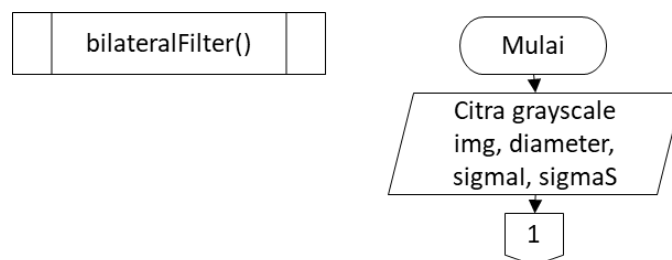
Gambar 0.3 Diagram alir *grayscale*

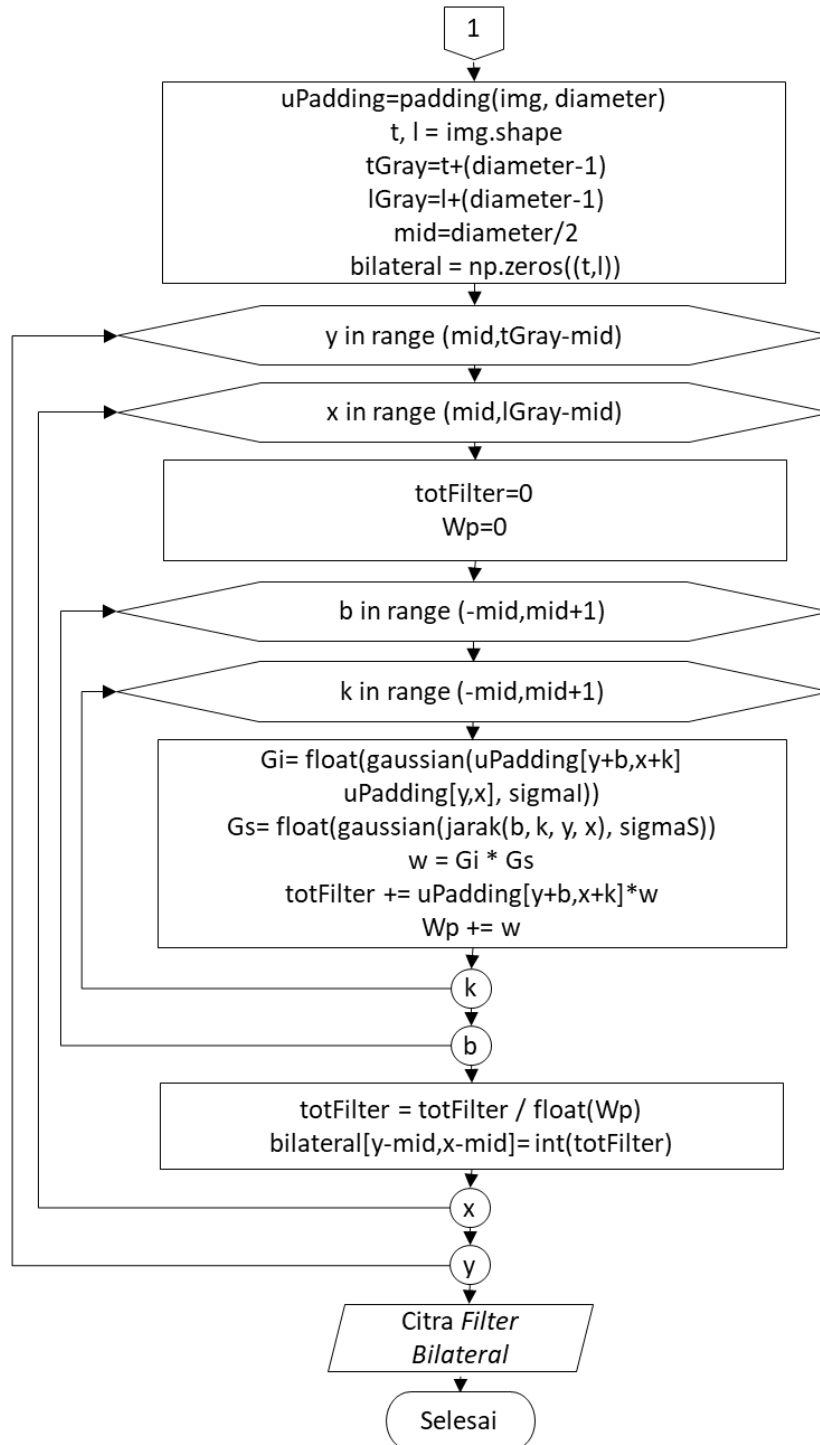
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir *grayscale* sesuai Gambar 4.3:

1. Fungsi menerima masukan berupa citra lubang jalan aspal berwarna RGB.
2. Melakukan pembacaan ukuran dari citra RGB dan membuat array citra baru yang berukuran sama dengan citra RGB untuk menyimpan hasil *grayscale*.
3. Melakukan proses perhitungan nilai keabuan tiap-tiap *pixel* dengan cara membagi tiga hasil penjumlahan dari nilai *Red*, *Green* dan *Blue*.
4. Fungsi memberikan keluaran berupa citra berwarna keabuan.

4.1.1.2 Bilateral filter

Diagram alir proses *bilateral filter* dapat dilihat pada Gambar 4.4.





Gambar 0.4 Diagram alir *bilateral filter*

Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir *bilateral filter* sesuai Gambar 4.4:

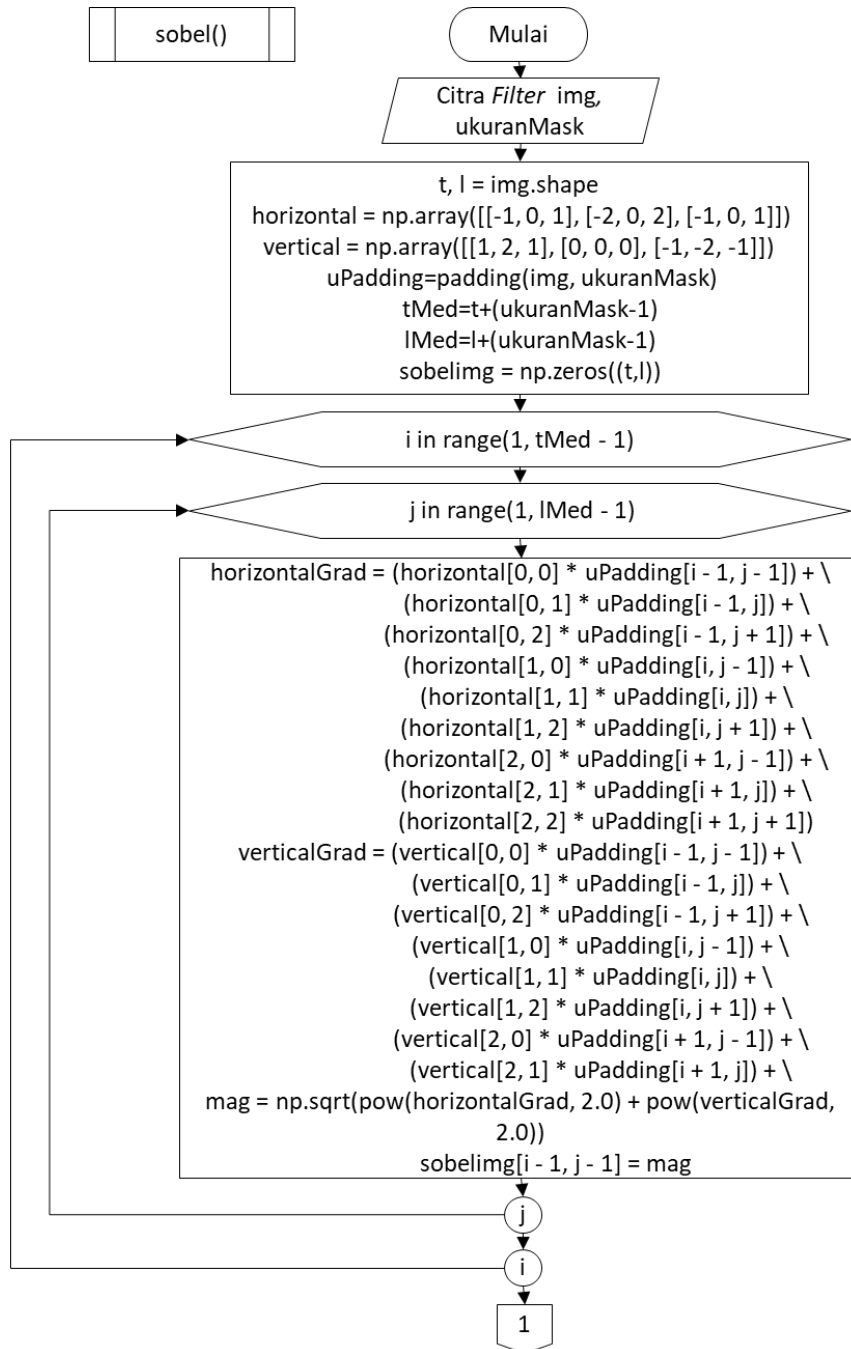
1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil *grayscale* img, diameter *kernel*, sigmaR dan sigmaS.
2. Melakukan penambahan *padding* sesuai ukuran *kernel*, pembacaan ukuran citra *grayscale*, inialisasi tGray, lGray, mid, dan membuat list baru yang

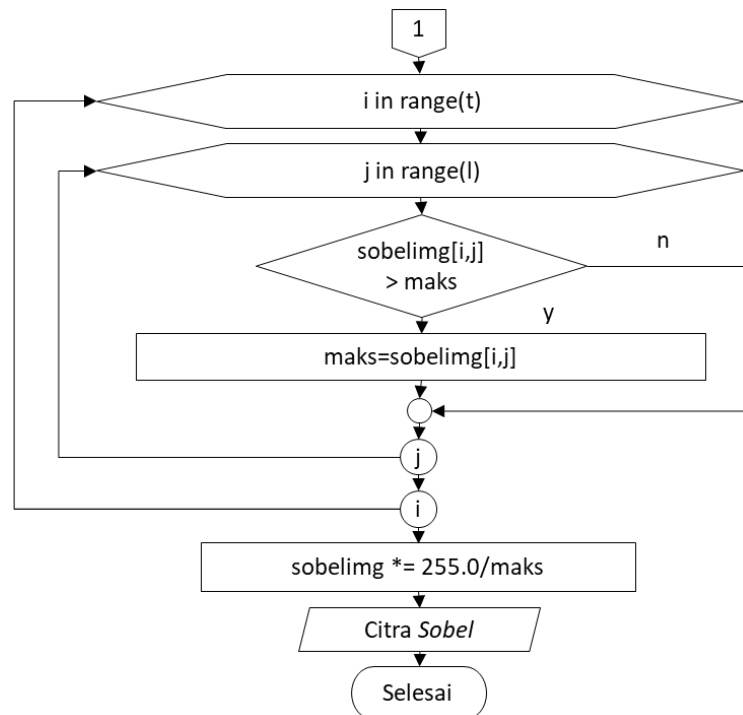
berukuran sama dengan citra hasil *grayscale* untuk menyimpan hasil perhitungan *bilateral filter*.

3. Melakukan proses perhitungan *bilateral filter* pada tiap-tiap *pixel* sesuai ukuran *kernel* dan rumus yang telah ditentukan.
4. Fungsi memberikan keluaran berupa citra *bilateral filter*.

4.1.1.3 Deteksi Tepi Sobel

Pada diagram alir deteksi tepi terdapat satu sub proses yaitu proses perhitungan sobel. Diagram alir keseluruhan dari deteksi sobel ditunjukkan pada Gambar 4.5.





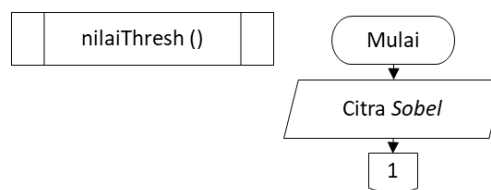
Gambar 0.5 Diagram Alir Keseluruhan dari Deteksi Tepi sobel

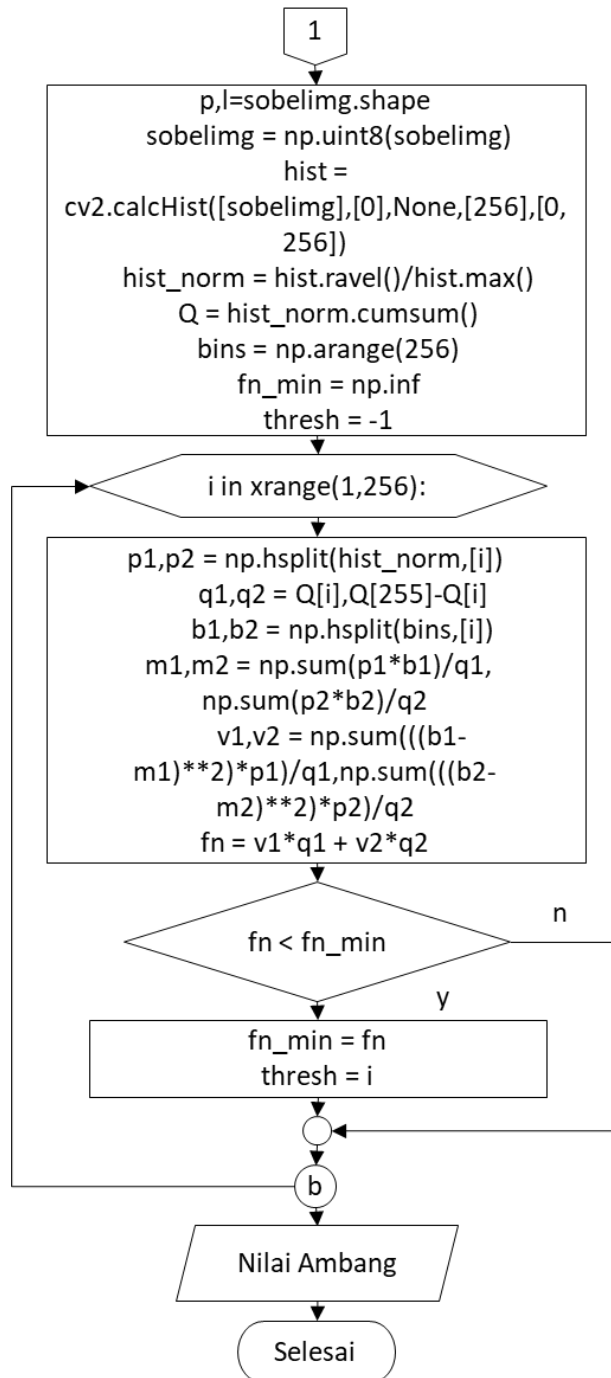
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir keseluruhan dari deteksi tepi sobel sesuai Gambar 4.5:

1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil *filtering* dan ukuranMask untuk menentukan *padding*.
2. Melakukan pembacaan ukuran dari citra hasil *filter*, serta inisialisasi *kernel* sobel Gx dan Gy.
3. Melakukan proses perhitungan sobel dengan menghitung nilai *horizontal* dan *vertical*. Dari perhitungan *horizontal* dan *vertical* dilakukan perhitungan *magnitude* dari tepi kiri atas, bergerak ke kanan, hingga tepi kanan bawah.
4. Normalisasi hasil perhitungan sobel untuk menghindari *pixel* dengan nilai lebih dari 255.
5. Fungsi memberikan keluaran berupa citra yang terdeteksi tepi lubang jalan.

4.1.1.4 Otsu Thresholding

Pada tahap *thresholding*, nilai ambang batas didapatkan dari perhitungan statistik terhadap histogram dengan menghitung nilai *mean* dan *variance*. Proses perhitungan nilai ambang ditunjukkan pada Gambar 4.7.





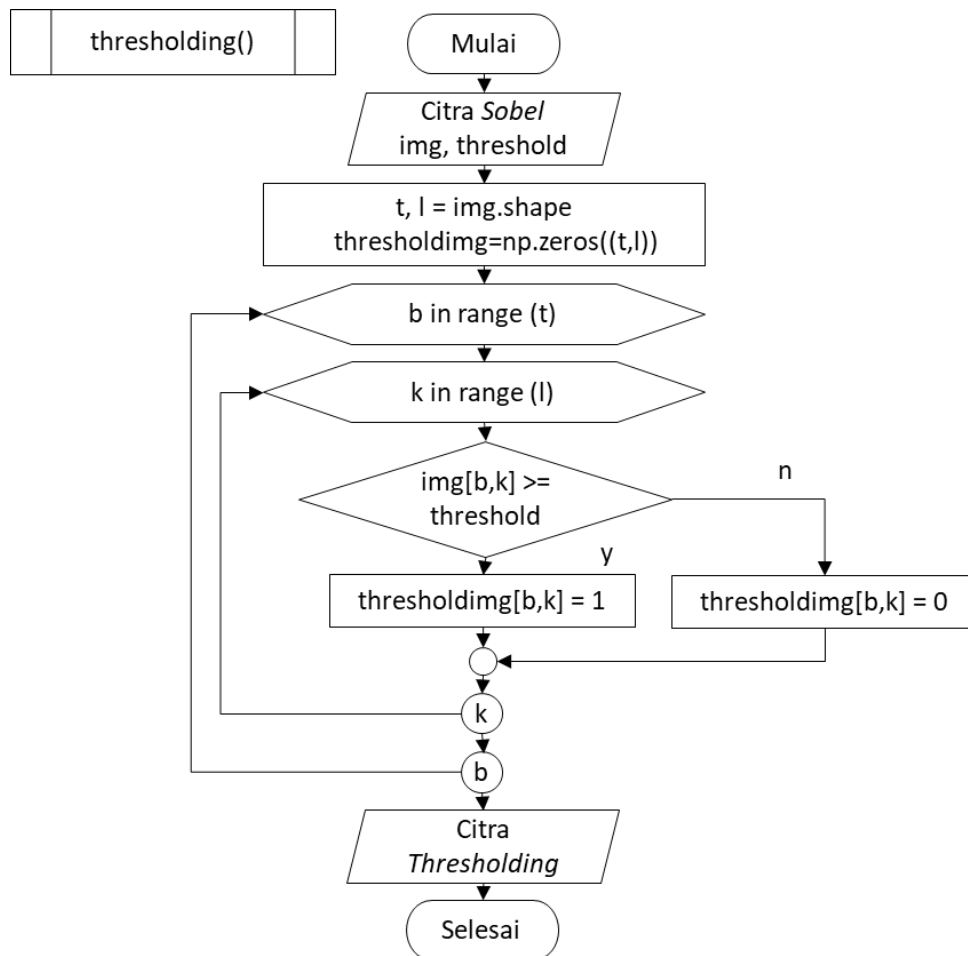
Gambar 0.6 Diagram alir perhitungan nilai ambang

Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir perhitungan nilai ambang sesuai Gambar 4.7:

1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil deteksi tepi sobel.
2. Melakukan proses normalisasi histogram dengan menggunakan fungsi distribusi kumulatif.
3. Melakukan perhitungan probabilitas dari tiap-tiap nilai dalam histogram.

4. Melakukan perhitungan kumulatif dari hasil probabilitas dan perhitungan bobot.
5. Melakukan proses perhitungan *mean* dan *variance*.
6. Melakukan proses perhitungan fungsi minimisasi memperoleh nilai ambang batas.
7. Fungsi memberikan keluaran berupa nilai ambang batas.

Setelah nilai ambang didapatkan, dilakukan proses *thresholding* yang ditunjukkan pada Gambar 4.8.



Gambar 0.7 Diagram alir *thresholding*

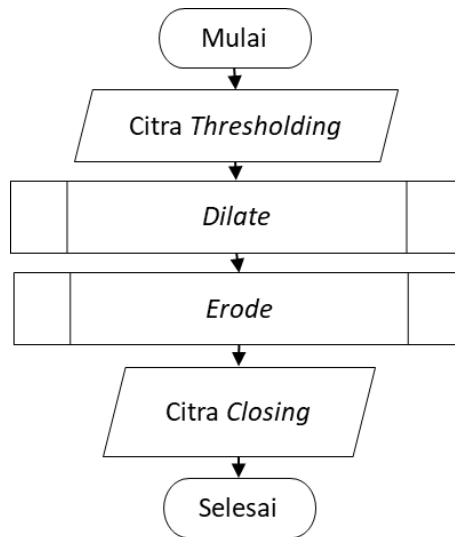
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir perhitungan nilai ambang sesuai Gambar 4.8:

1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil deteksi tepi sobel dan nilai ambang yang didapatkan dari proses perhitungan yang ada pada Gambar 4.7.
2. Melakukan pembacaan ukuran dari citra hasil deteksi tepi sobel dan membuat array citra baru yang berukuran sama dengan citra hasil deteksi tepi sobel untuk menyimpan hasil *thresholding*.

3. Melakukan proses perhitungan *thresholding* pada tiap-tiap *pixel*. Apabila nilai suatu *pixel* lebih dari *threshold* atau nilai ambang batas, maka nilai pada *pixel* tersebut menjadi 1. Jika sebaliknya, maka nilainya 0.
4. Fungsi memberikan keluaran berupa citra berwarna keabuan.

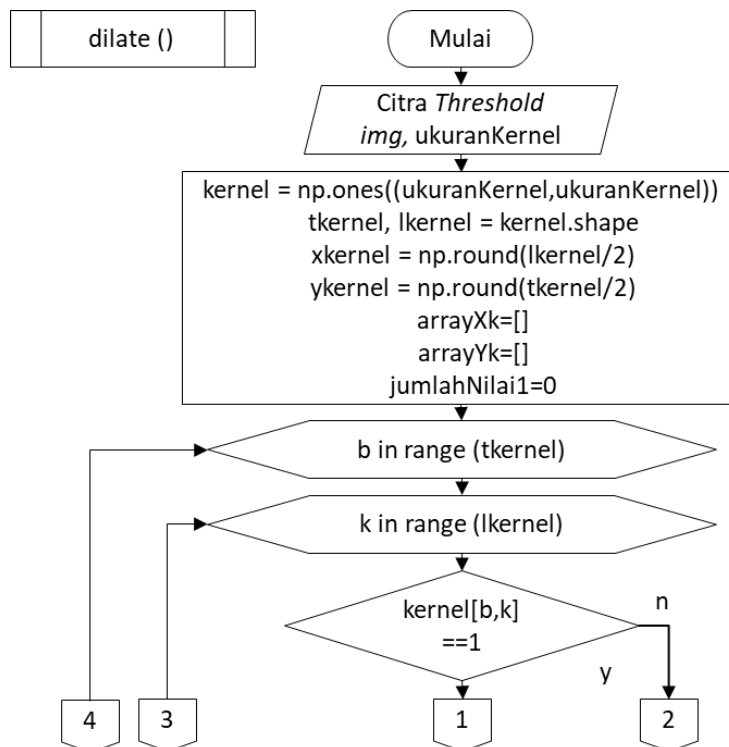
4.1.1.5 Closing

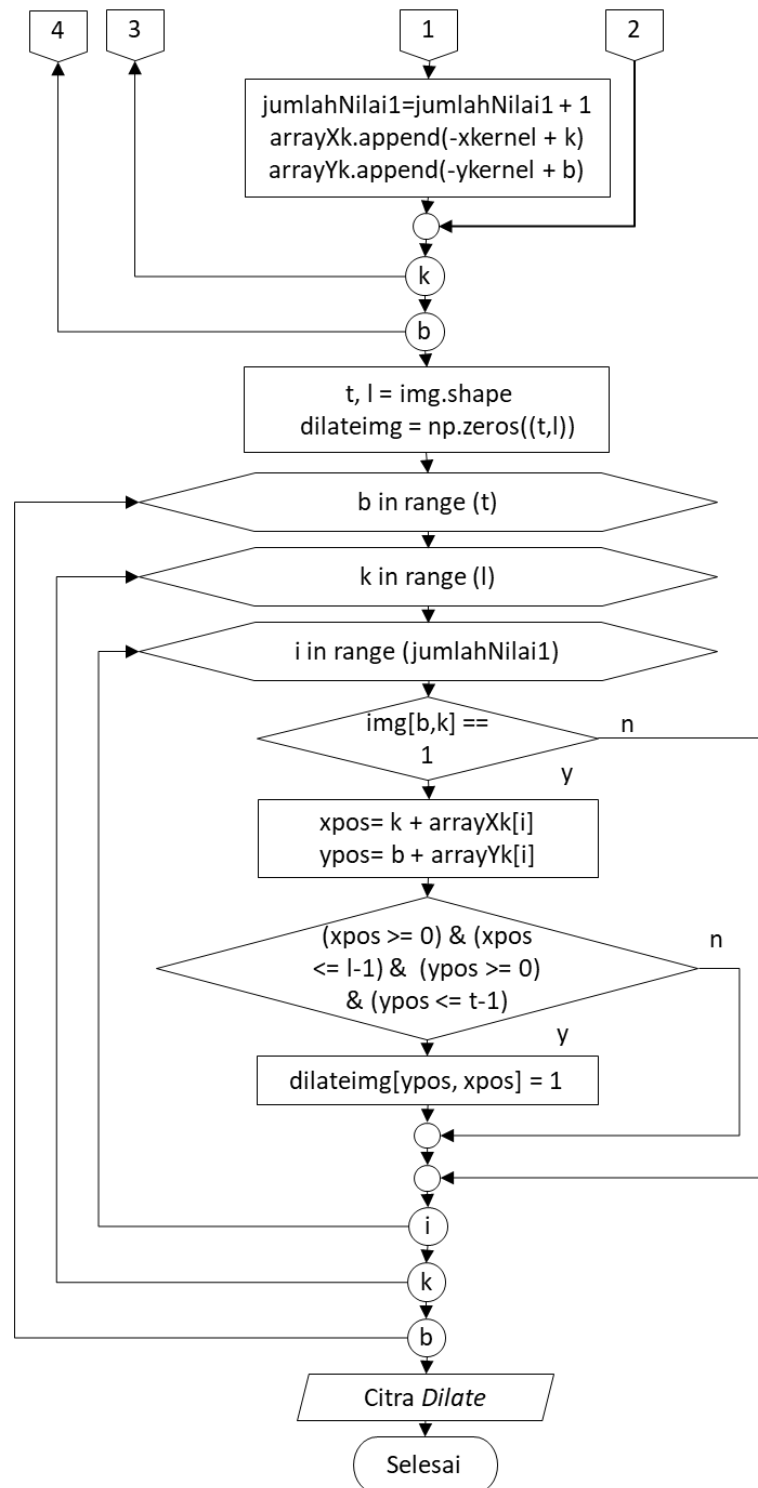
Diagram alir proses *closing* dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 0.8 Diagram alir *closing*

Berdasarkan Gambar 4.9, morfologi *closing* melalui dua tahap yaitu *dilation* dan *erosion* yang dilakukan secara berurutan. Diagram alir *dilate* ditunjukkan pada Gambar 4.10, sedangkan diagram alir *erosion* pada Gambar 4.11.





Gambar 0.9 Diagram alir *dilation*

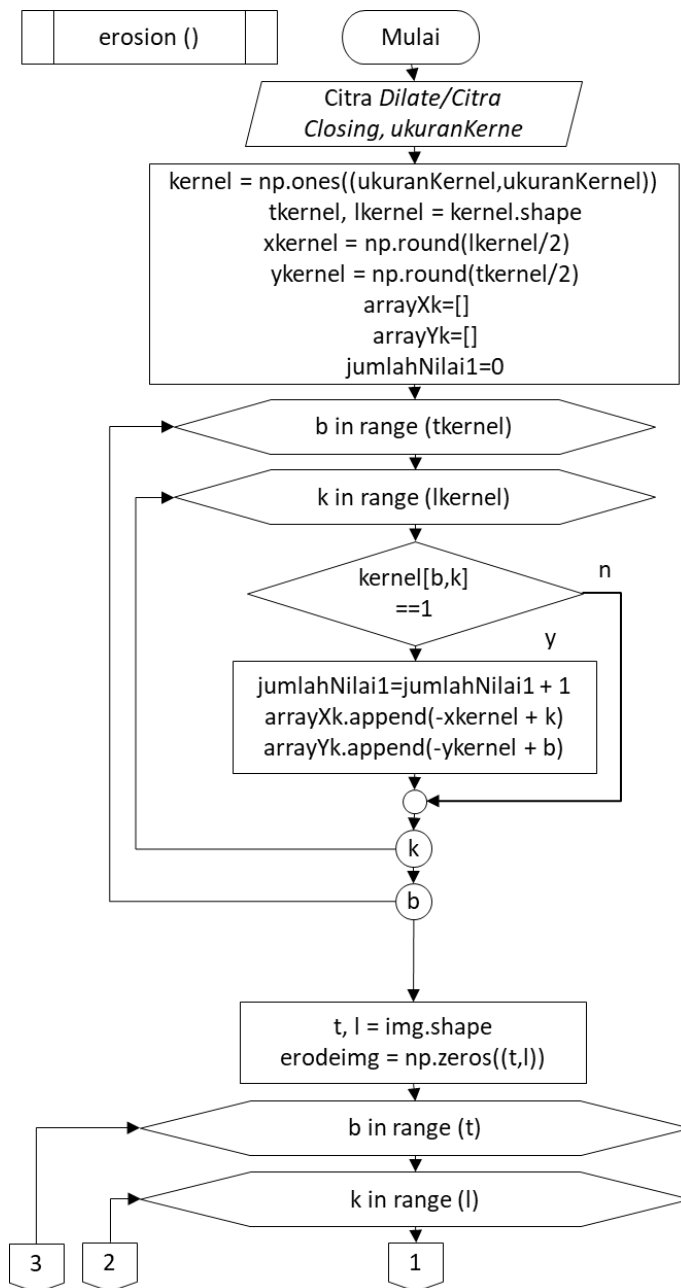
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir morfologi *dilate* sesuai Gambar 4.10:

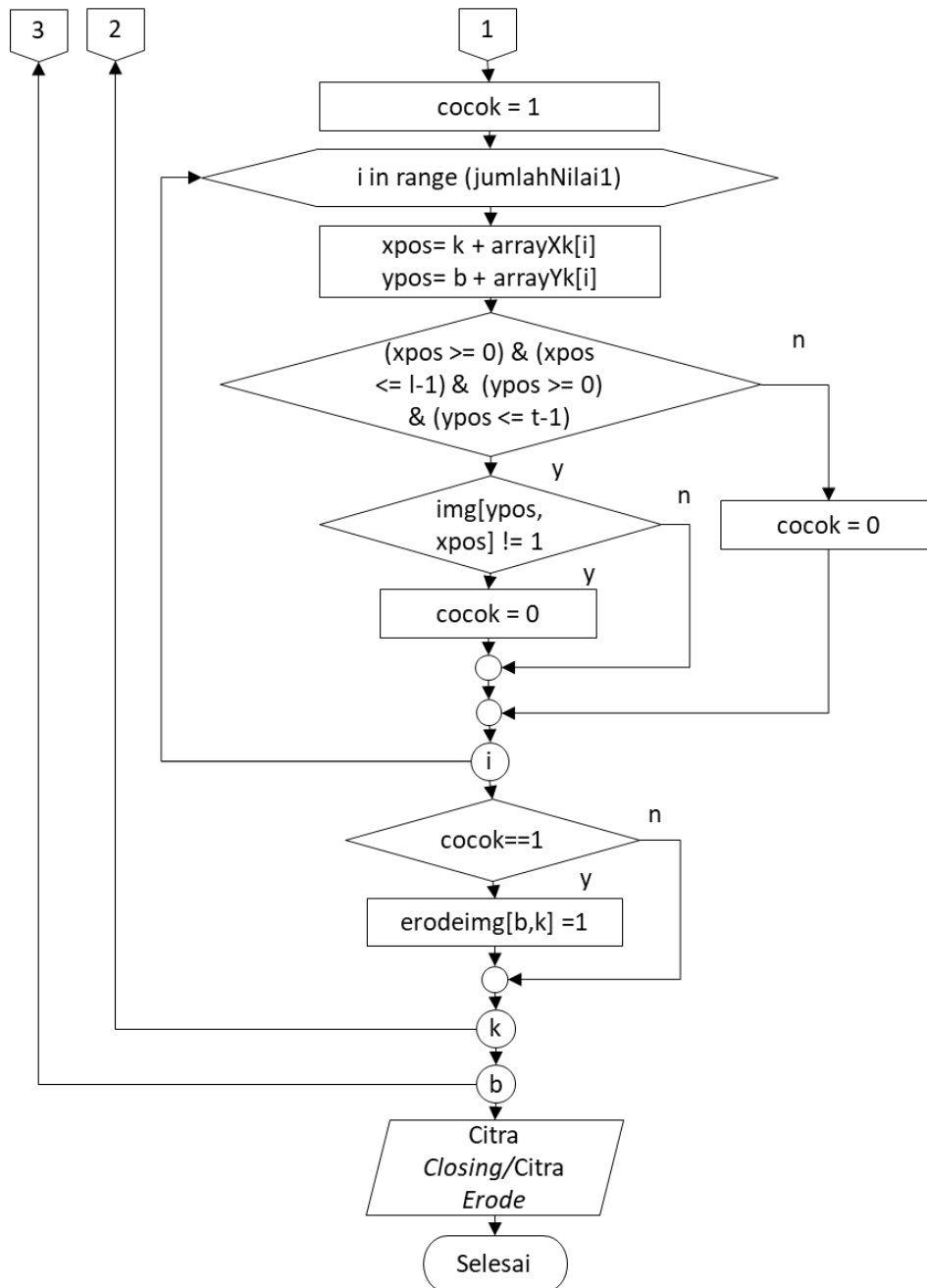
1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil *thresholding* dan ukuran *Kernel*.

2. Melakukan pembacaan ukuran *kernel* dan membuat array *kernel* bernilai 1 dengan ukuran sesuai masukan *ukuranKernel*. Melakukan inisialisasi nilai *xkernel*, *ykernel*, *jumlahNilai1*, *arrayXk* dan *arrayYk*.
3. Melakukan proses peletakan posisi *kernel* yang bernilai 1 ketika titik 0,0 berada di tengah.
4. Melakukan proses *dilation* pada pixel yang bernilai 1 akan dilakukan penebalan berukuran *kernel* yang telah dibuat.
5. Fungsi memberikan keluaran berupa citra *dilate*.

4.1.1.6 Erosion

Diagram alir proses *erosion* dapat dilihat pada Gambar 4.11.





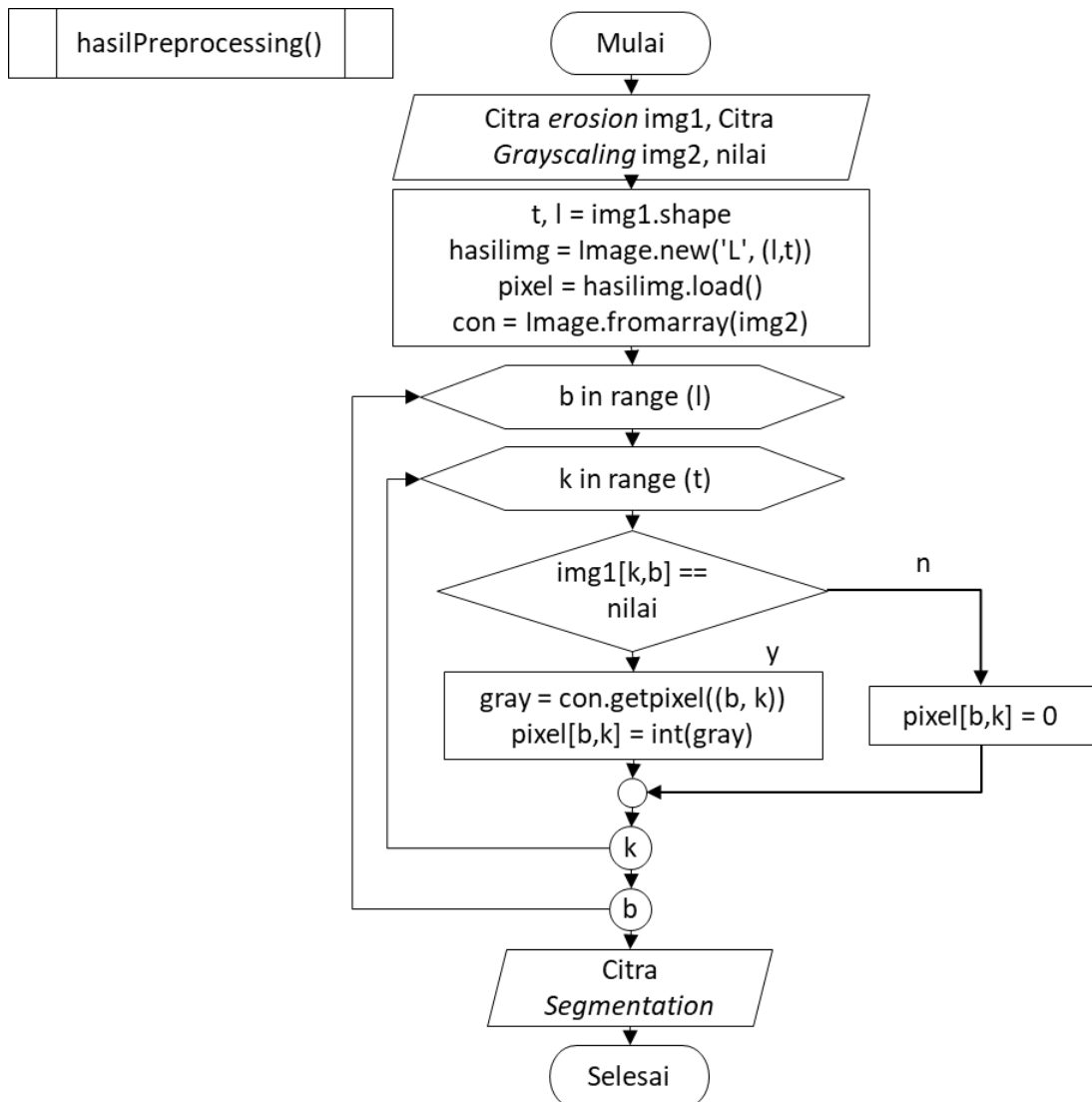
Gambar 0.10 Diagram alir *erosion*

Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir morfologi *erosion* sesuai Gambar 4.11:

1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil *dilate* dan ukuran *Kernel* ketika digunakan untuk proses morfologi *closing*. Sedangkan ketika dilakukan proses *erosion*, sistem menerima masukan berupa citra hasil *closing* dan ukuran *Kernel*.
2. Melakukan pembacaan ukuran *kernel* dan membuat array *kernel* bernilai 1 dengan ukuran sesuai masukan ukuran *Kernel*. Melakukan inisialisasi nilai *xkernel*, *y kernel*, *jumlahNilai1*, *arrayXk* dan *arrayYk*.

3. Melakukan proses peletakan posisi *kernel* yang bernilai 1 ketika titik 0,0 berada di tengah.
4. Melakukan proses *dilation* pada pixel yang bernilai 1 akan dilakukan penebalan berukuran *kernel* yang telah dibuat.
5. Fungsi memberikan keluaran berupa citra *closing* ketika digunakan untuk proses morfologi *closing* atau citra *erosion* ketika digunakan untuk proses morfologi *erosion*.

Diagram alir proses mengubah hasil *erosion* ke citra keabuan pada lubang jalan sebagai hasil *pre-processing* dapat dilihat pada Gambar 4.12.



Gambar 0.11 Diagram alir perubahan citra biner menjadi *grayscale*

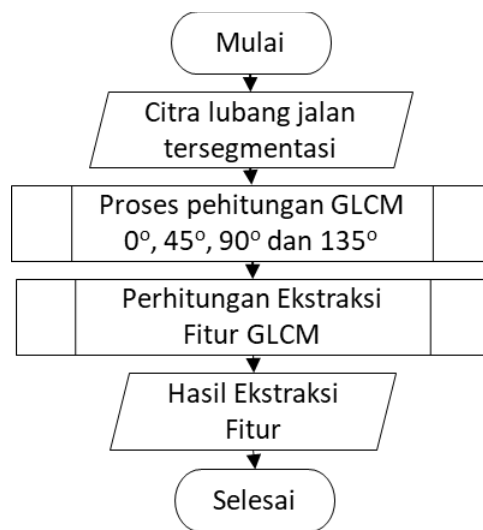
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir perubahan citra biner menjadi grayscale sesuai Gambar 4.12:

1. Fungsi menerima masukan berupa citra hasil *erosion*, citra hasil *grayscale* dan nilai yang ingin dilakukan segmentasi.

2. Melakukan pembacaan ukuran dari citra hasil *erosion* dan membuat citra baru yang berukuran sama dengan citra hasil *erosion* untuk menyimpan hasil segmentasi.
3. Melakukan proses segmentasi yaitu apabila suatu *pixel* bernilai sama dengan masukan nilai, maka pada *pixel* tersebut akan bernilai sama dengan citra *grayscale* di titik *pixel* yang sama.
4. Fungsi memberikan keluaran berupa citra lubang jalan yang telah tersegmentasi.

4.1.2 Ekstraksi Tekstur GLCM

Diagram alir proses ekstraksi fitur tekstur GLCM terdapat pada Gambar 4.13.

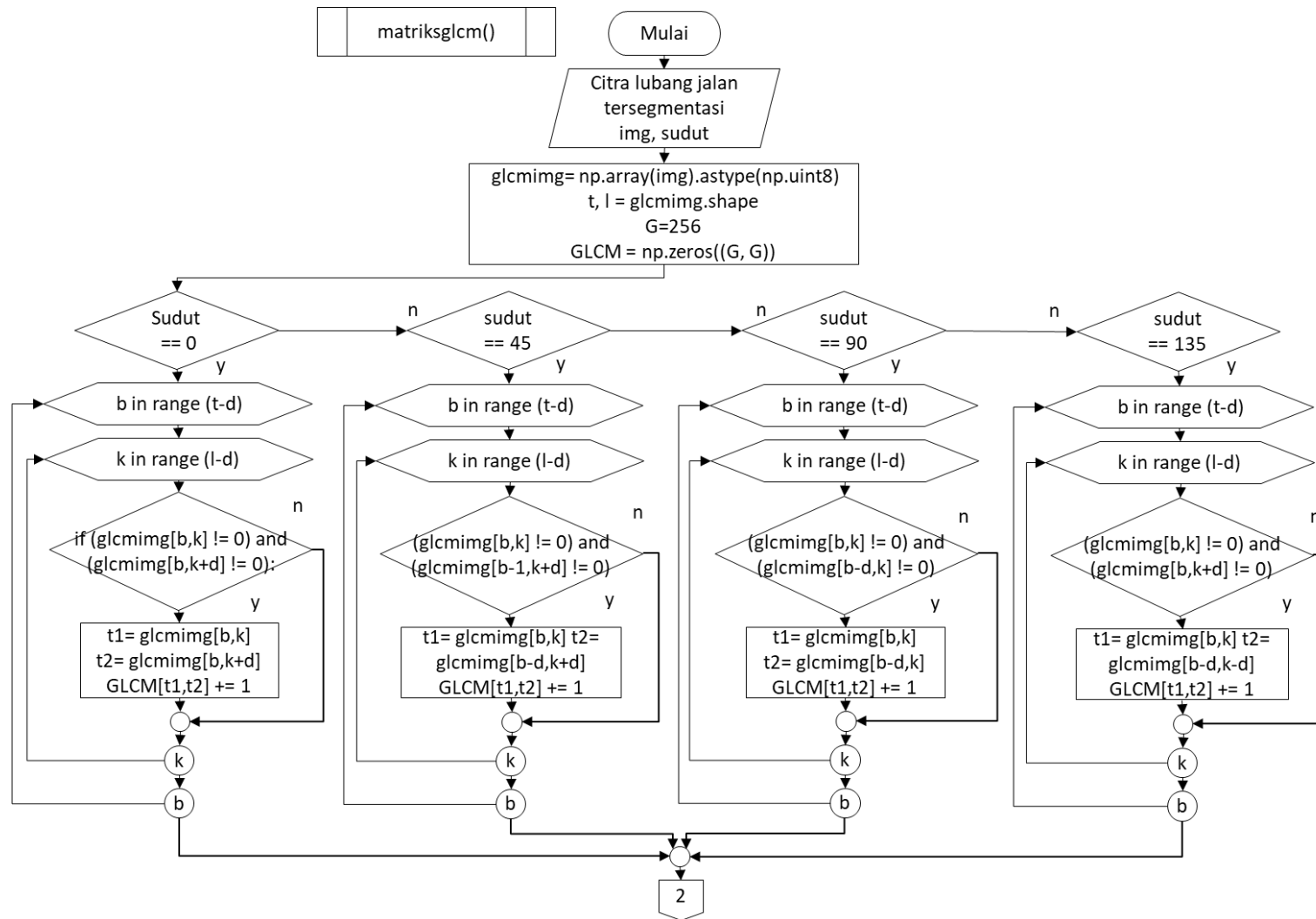


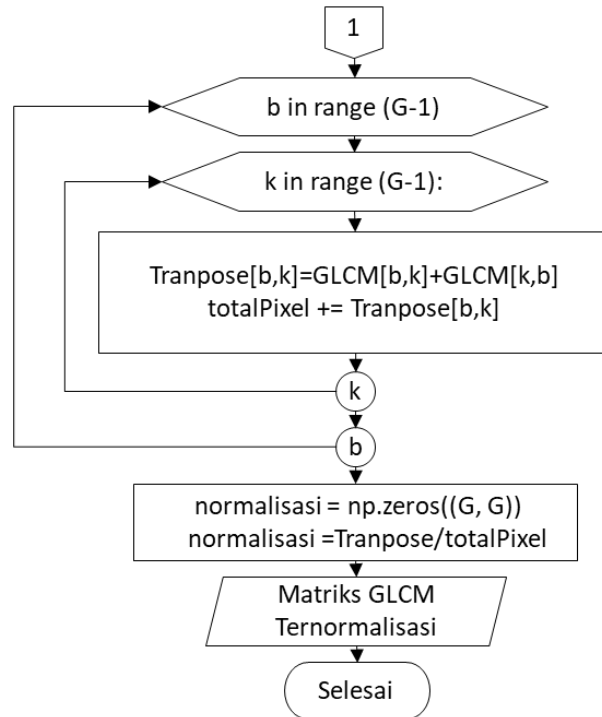
Gambar 0.12 Diagram alir GLCM

Pada tahap ini, dilakukan perhitungan fitur tekstur GLCM dari citra hasil *pre-processing* lubang jalan aspal yang tersegmentasi. Perhitungan matriks awal dilakukan dengan sudut 0° , 45° , 90° , 135° . Setelah didapatkan matriks awal, dilakukan penjumlahan antara matriks awal dengan transposenya untuk mendapatkan hasil matriks *co-occurrence* yang simetris. Hasil matriks simetris kemudian di normalisasi dengan membagi tiap-tiap nilai pada matriks dengan total keseluruhan nilai pada matriks. Dari hasil matriks yang telah di normalisasi, dilakukan perhitungan ekstraksi fitur sebanyak 13 fitur., yaitu *Angular Second Moment (ASM)*, *Contrast*, *Correlation*, *Sum of Squares: Variance*, *Inverse Difference Moment (IDM)*, *Sum Average*, *Sum Variance*, *Sum Entropy*, *Entropy*, *Difference Variance*, *Difference Entropy*, *Information Measure of Correlation 1* dan *Information Measure of Correlation 2*.

4.1.2.1 Proses Perhitungan GLCM

Diagram alir proses perhitungan matriks *co-occurrence* GLCM dapat dilihat pada Gambar 4.13.





Gambar 0.13 Diagram alir perhitungan matriks glcm

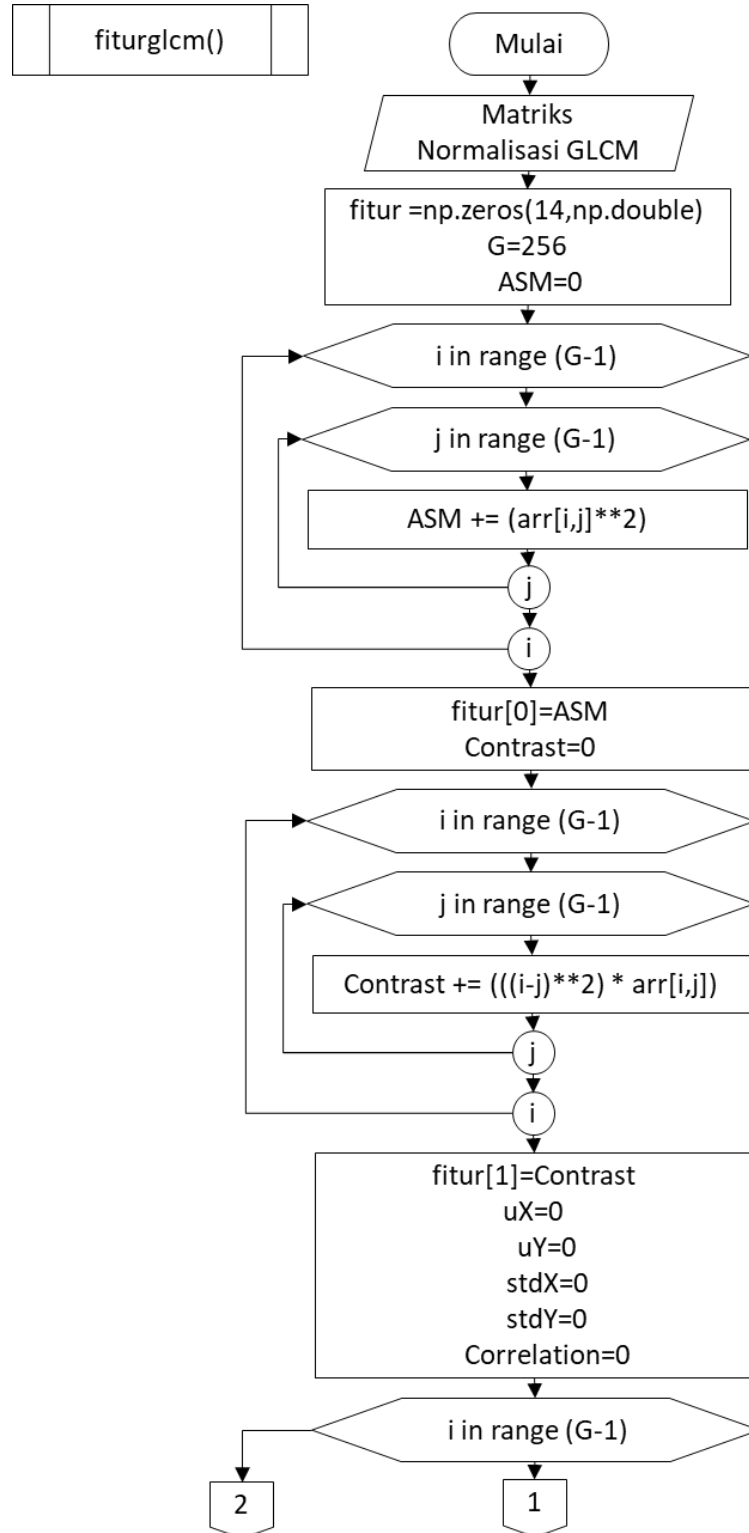
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir perhitungan matriks GLCM sesuai Gambar 4.14:

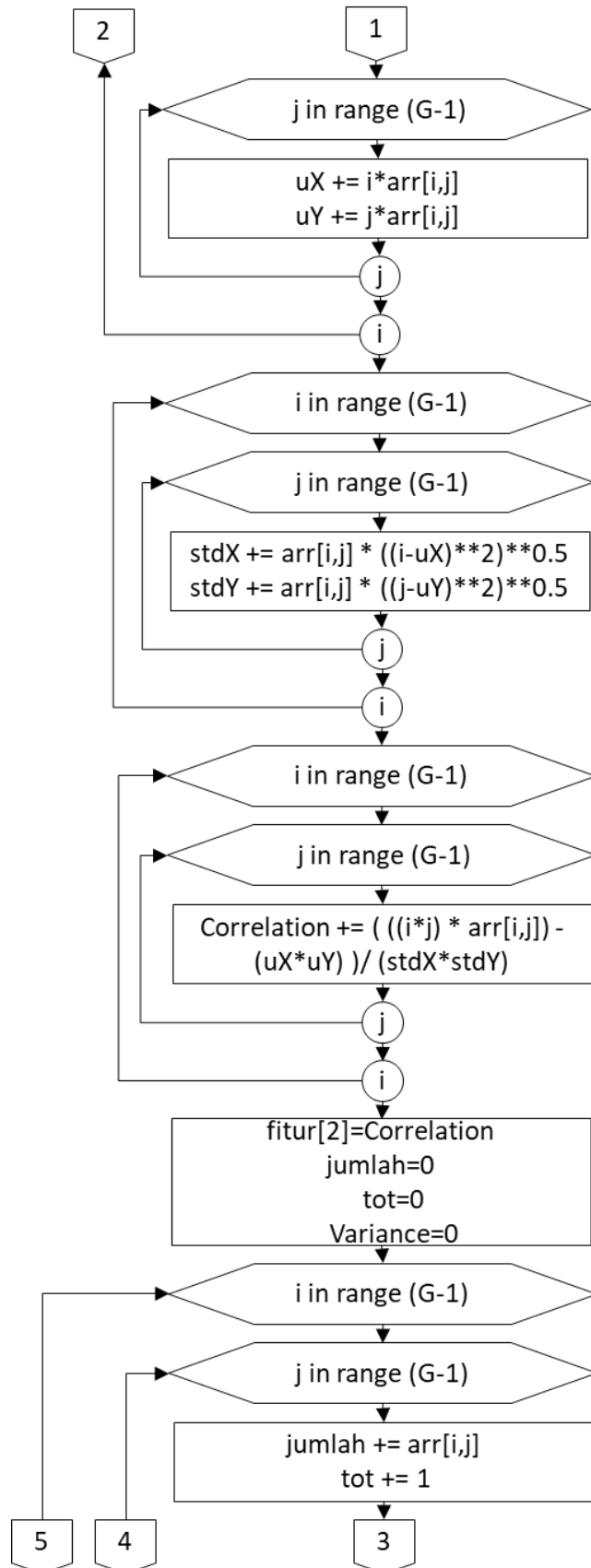
1. Fungsi menerima masukan berupa citra lubang jalan yang tersegmentasi *img*.
2. Melakukan pembacaan ukuran dari citra lubang jalan tersegmentasi dan membuat list baru berukuran 256x256 untuk menyimpan perhitungan GLCM.
3. Melakukan proses perhitungan matriks awal GLCM. Apabila pada sudut 0° , maka perhitungan dilakukan berdasarkan banyaknya kemunculan nilai suatu *pixel* dengan *pixel* tetangga baik sisi kanan maupun kiri yang berjarak 1 dalam citra lubang jalan. Apabila sudut 45° , maka perhitungan dilakukan berdasarkan banyaknya kemunculan nilai suatu *pixel* dengan *pixel* tatangga baik sisi diagonal kanan ke atas maupun ke bawah yang berjarak 1 dalam citra lubang jalan. Apabila sudut 90° , maka perhitungan dilakukan berdasarkan banyaknya kemunculan nilai suatu *pixel* dengan *pixel* tatangga baik sisi atas atau bawah yang berjarak 1 dalam citra lubang jalan. Apabila sudut 135° , maka perhitungan dilakukan berdasarkan banyaknya kemunculan nilai suatu *pixel* dengan *pixel* tatangga baik sisi diagonal kanan keatas maupun kebawah yang berjarak 1 dalam citra lubang jalan.
4. Melakukan pembentukan matriks *co-occurrence* GLCM agar simetris dengan menjumlahkan antara matriks GLCM awal dengan tranposenya.
5. Normalisasi matriks simetris dengan melakukan pembagian antara matriks simetris dengan total nilai *pixel* pada cira.

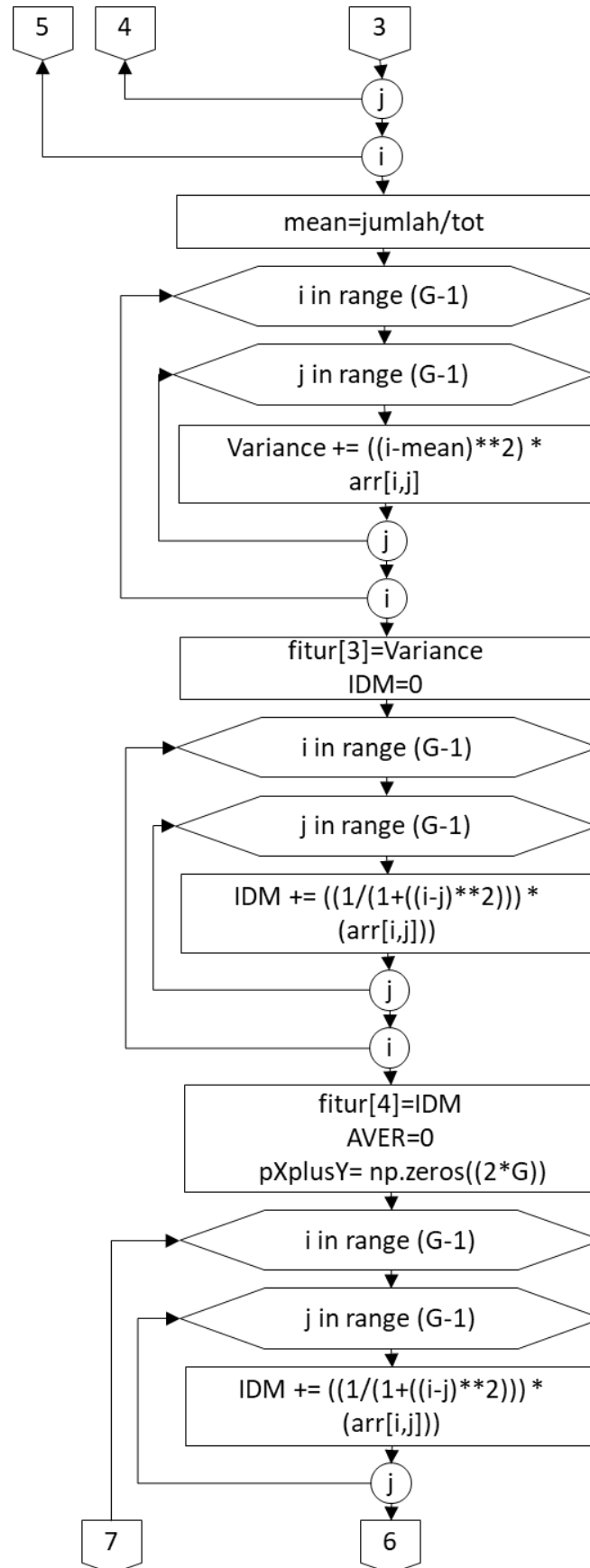
6. Fungsi memberikan keluaran berupa matriks GLCM yang ternormalisasi.

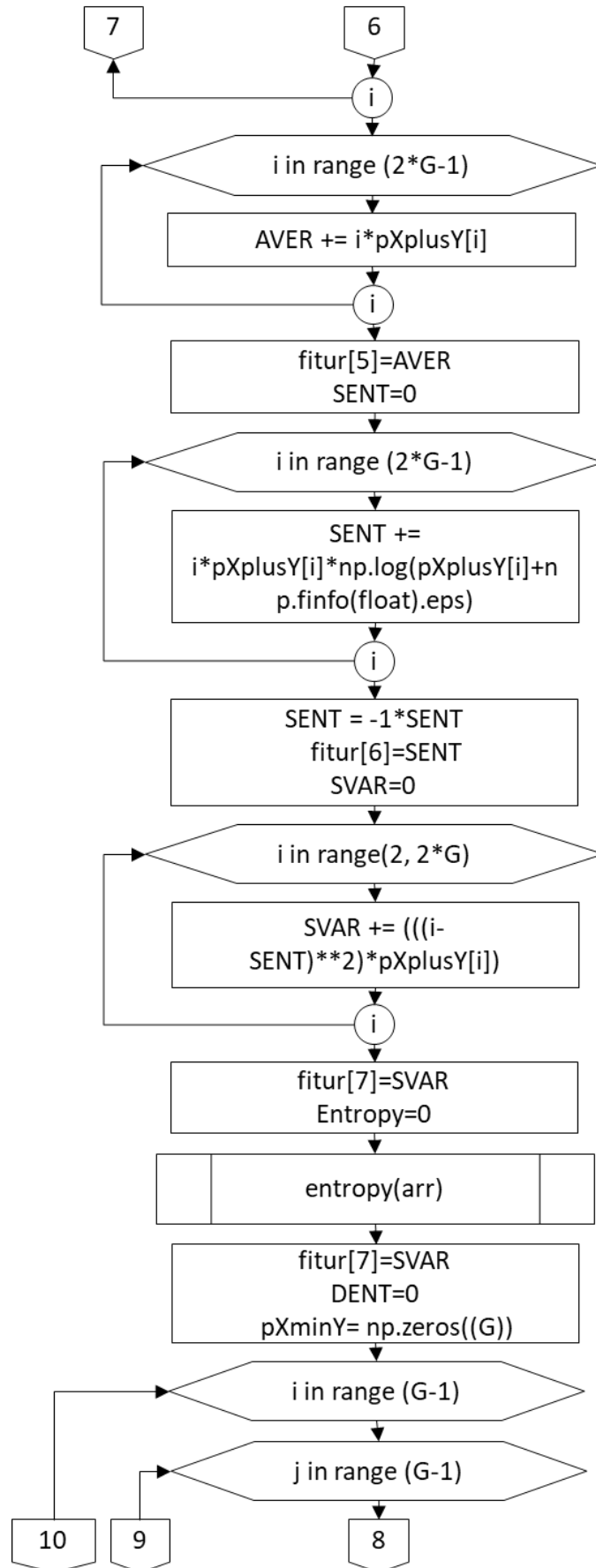
4.1.2.2 Ekstraksi Fitur GLCM

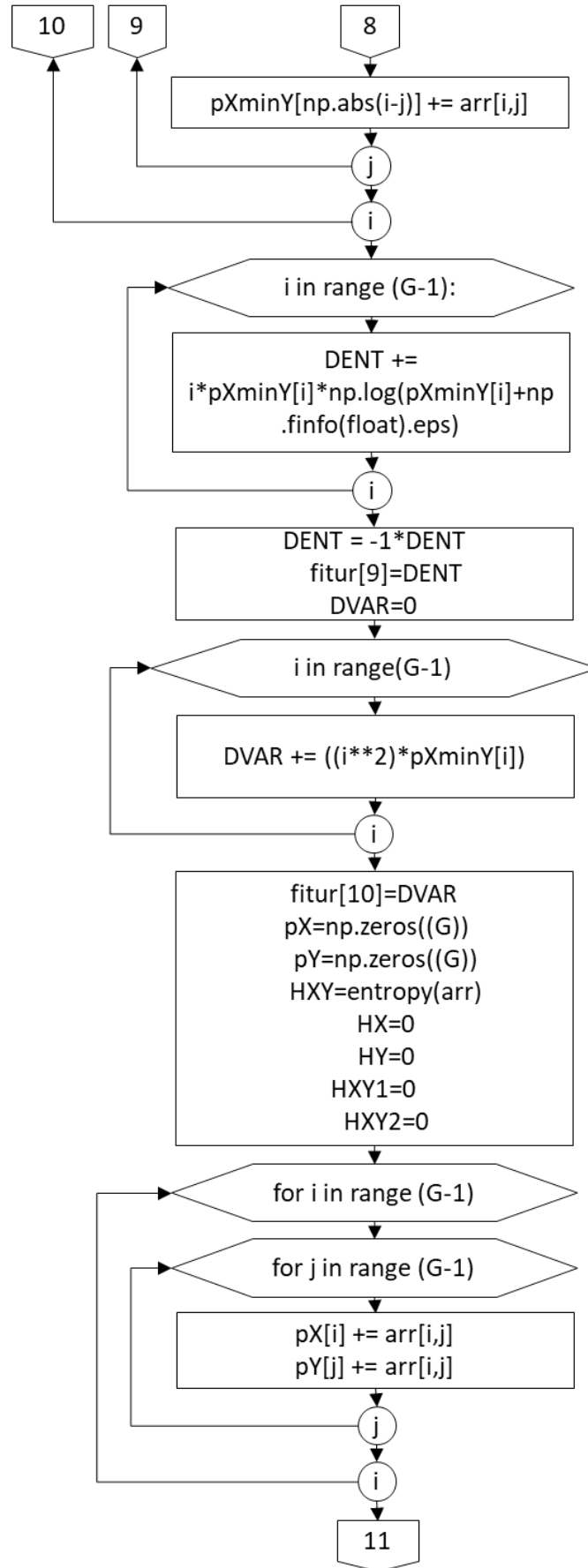
Diagram alir proses perhitungan ekstraksi fitur GLCM sebanyak 13 fitur dapat dilihat pada Gambar 4.15.

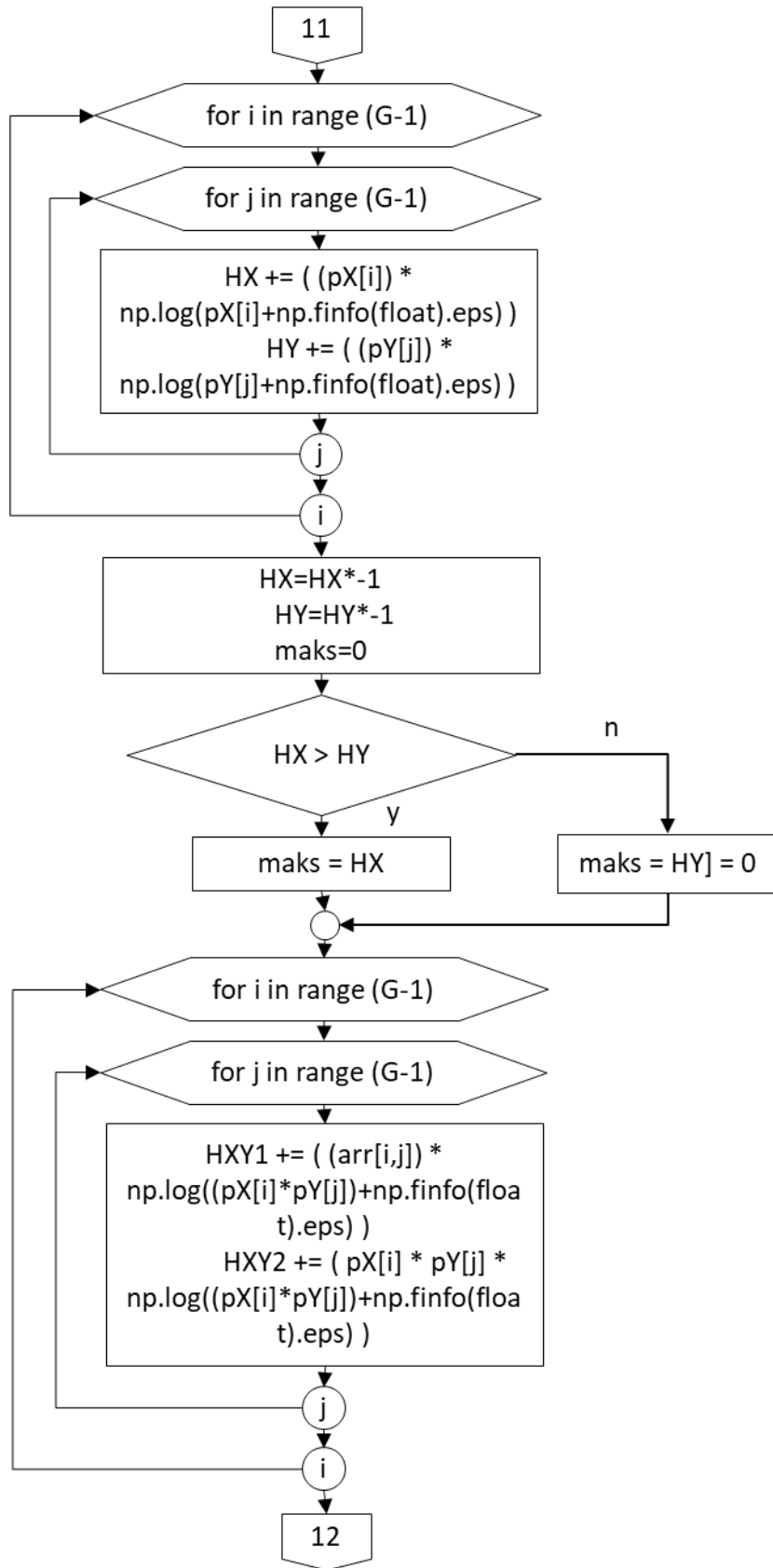


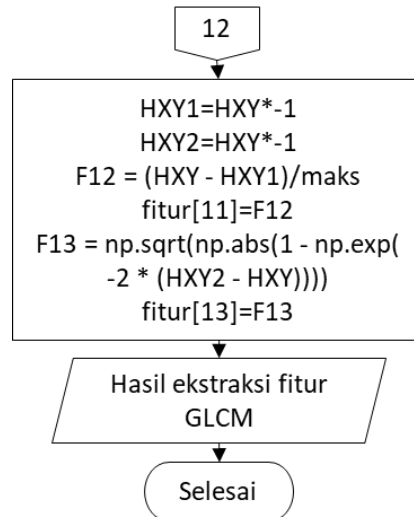












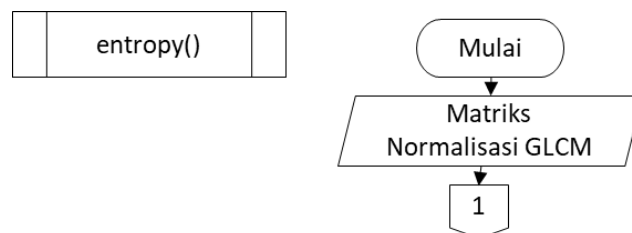
Gambar 0.14 Diagram alir perhitungan ekstraksi fitur glcm

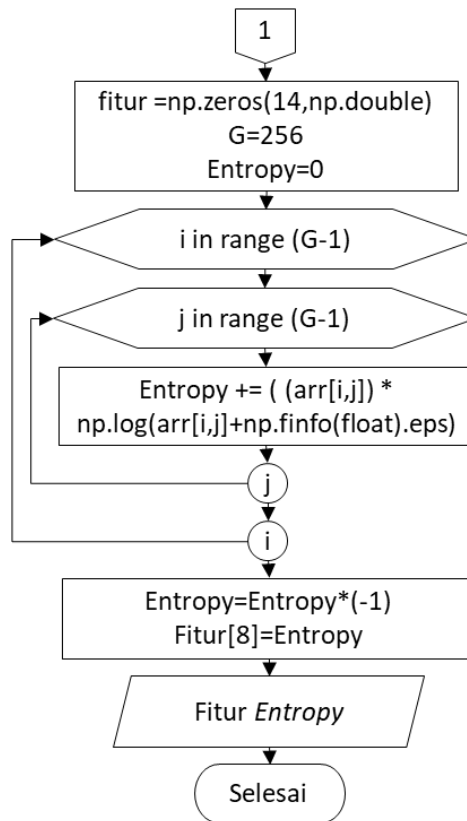
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir perhitungam ekstraksi fitur GLCM sesuai Gambar 4.14:

1. Fungsi menerima masukan berupa array matriks GLCM ternormalisasi
2. Melakukan proses perhitungan ASM dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui ukuran homogenitas dari citra lubang jalan
3. Hasil perhitungan ekstraksi fitur ASM yang disimpan ke dalam array list fitur ke 0
4. Melakukan proses perhitungan *Contrast* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui keberadaan variasi aras keabuan *pixel* citra lubang jalan
5. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Contrast* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 1
6. Melakukan proses perhitungan *Correlation* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui ketergantungan *linier* antara nilai aras keabuan dalam citra lubang jalan
7. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Contrast* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 2
8. Melakukan proses perhitungan *Sum of Square, Variance* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengukur tingkat keragaman suatu *pixel* citra lubang jalan
9. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Sum of Square, Variance* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 3
10. Melakukan proses perhitungan IDM dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengukur homogenitas citra lubang jalan
11. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Sum of Square, Variance* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 4

12. Melakukan proses perhitungan *Sum Average* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui seberapa banyak nilai rata-rata *pixel* yang terdapat pada citra lubang jalan
13. Fungsi memberikan keluaran berupa hasil perhitungan ekstraksi fitur *Sum Average* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 5
14. Melakukan proses perhitungan *Sum Entropy* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui seberapa banyak derajat keabuan acak pada citra lubang jalan
15. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Sum Entropy* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 6
16. Melakukan proses perhitungan *Sum Variance* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui seberapa banyak variasi level keabuan dari nilai rata-rata pada citra lubang jalan
17. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Sum Variance* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 7
18. Melakukan proses perhitungan *Entropy*
19. Melakukan proses perhitungan *Difference Entropy* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui ketidakteraturan pada citra lubang jalan
20. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Difference Entropy* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 9
21. Melakukan proses perhitungan *Difference Variance* dengan rumus yang sudah ditentukan
22. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Difference Variance* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 10
23. Melakukan proses perhitungan *Information Measure of Correlation* 1 dan 2 dengan rumus yang sudah ditentukan
24. Hasil perhitungan ekstraksi fitur *Information Measure of Correlation* 1 yang disimpan ke dalam array list fitur ke 11 dan hasil perhitungan ekstraksi fitur *Information Measure of Correlation* 1 dan 2 ke dalam array list fitur ke 12
25. Fungsi memberikan keluaran berupa hasil perhitungan ekstraksi fitur GLCM

Diagram alir proses perhitungan ekstraksi fitur *Entropy* dapat dilihat pada Gambar 4.14.





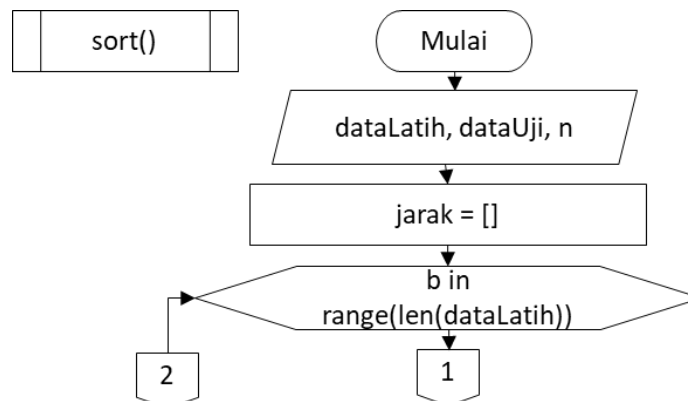
Gambar 0.15 Diagram alir perhitungan ekstraksi fitur *entropy*

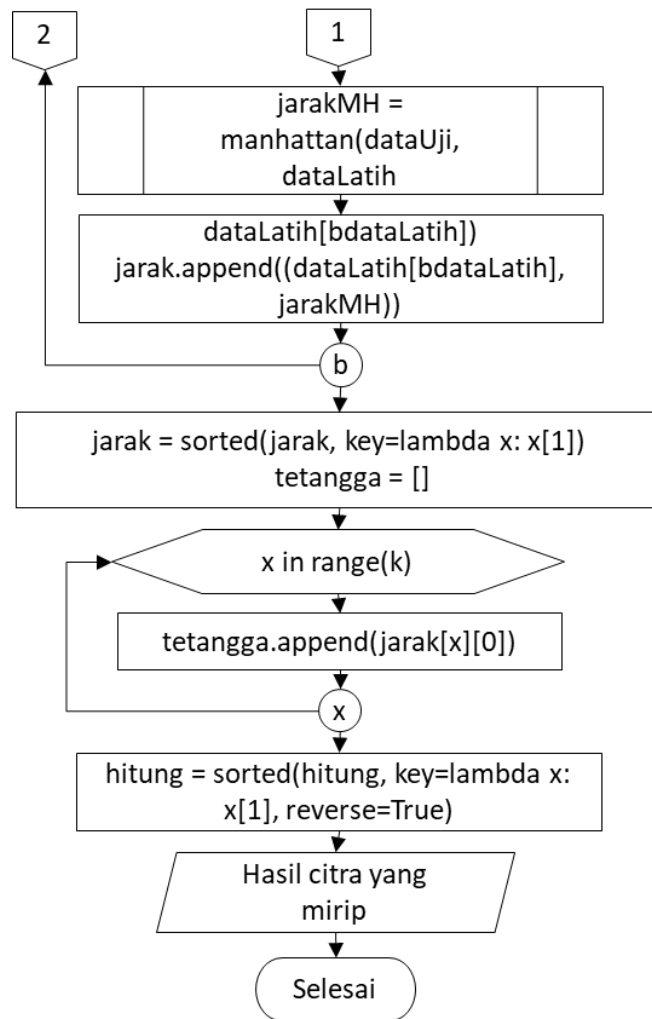
Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir perhitungam ekstraksi fitur *Entropy* sesuai Gambar 4.15:

1. Fungsi menerima masukan berupa array matriks GLCM ternormalisasi
2. Melakukan proses perhitungan *Entropy* dengan rumus yang sudah ditentukan untuk mengetahui ketidakteraturan intensitas aras keabuan pada citra lubang jalan
3. Fungsi memberikan keluaran berupa hasil perhitungan ekstraksi fitur *Entropy* yang disimpan ke dalam array list fitur ke 8

4.1.3 Proses Metode *Manhattan Distance*

Diagram alir proses perhitungan *manhattan distance* pada Gambar 4.16.



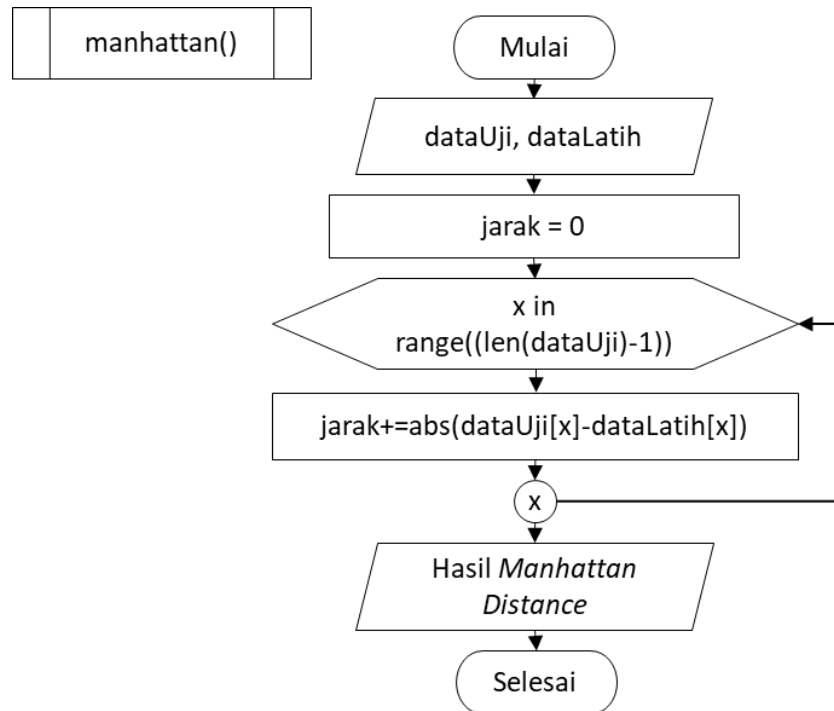


Gambar 0.16 Diagram alir proses perhitungan metode *manhattan distance*

Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir proses perhitungan sesuai Gambar 4.16:

1. Fungsi menerima masukan berupa dataLatih, dataUji dan n.
2. Melakukan proses perhitungan jarak *manhattan* antara dataUji dengan dataLatih.
3. Mengurutkan hasil perhitungan jarak *manhattan* dari yang terkecil hingga terbesar.
4. Menyimpan data terkecil sebanyak n dari hasil perhitungan *manhattan*.
5. Fungsi memberikan keluaran berupa citra yang memiliki kemiripan dengan *query*.

Diagram alir proses perhitungan jarak *manhattan* dapat dilihat pada Gambar 4.17.



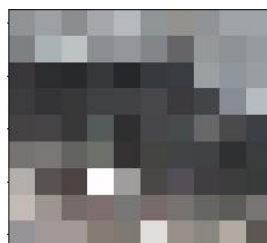
Gambar 0.17 Diagram alir perhitungan jarak *euclidean*

Berikut merupakan penjelasan langkah-langkah dari diagram alir proses perhitungan jarak *euclidean* sesuai Gambar 4.17:

1. Fungsi menerima masukan dataLatih dan dataUji
2. Melakukan proses perhitungan jarak antara dataUji dengan tiap-tiap dataLatih dengan cara menjumlahkan hasil pengurangan antara tiap-tiap fitur.
3. Fungsi memberikan keluaran berupa hasil perhitungan jarak *manhattan*

4.2 Perhitungan Manual

Perhitungan manual diterapkan pada citra jalan berlubang yang telah dipotong pada suatu titik dengan ukuran *pixel* 9x10. Potongan gambar yang digunakan sebagai manualisasi ditunjukkan pada Gambar 4.18.



Gambar 0.18 Potongan citra jalan berlubang dengan ukuran *pixel* 9x10

4.2.1 Pre-Processing

4.2.1.1 Grayscale

Dari citra RGB pada Gambar 4.18 di atas, didapatkan nilai *Red*, *Green* dan *Blue* pada tiap-tiap *pixel* yang ditunjukkan pada Tabel 4.1 hingga Tabel 4.3.

Tabel 0.1 Nilai *red* dari Gambar 4.32

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	144	156	138	164	181	142	149	144	157	157
1	125	169	189	139	147	130	101	148	141	150
2	57	44	40	54	36	54	56	155	143	153
3	60	52	56	64	65	72	60	66	136	183
4	68	70	56	83	47	71	71	104	74	60
5	119	123	99	109	51	68	66	65	47	59
6	180	88	77	255	159	73	84	64	61	57
7	195	157	117	125	119	121	119	102	93	119
8	150	162	162	134	128	224	151	139	178	92

Tabel 0.2 Nilai *green* dari Gambar 4.32

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	147	161	142	167	186	150	146	147	165	165
1	128	178	194	142	150	133	100	153	146	155
2	55	45	41	55	40	57	61	160	150	158
3	60	52	56	65	66	71	58	70	141	188
4	66	68	56	92	47	70	75	104	74	63
5	115	119	100	112	49	68	67	66	48	60
6	175	83	67	253	158	72	79	62	61	59
7	188	150	107	111	119	107	116	102	92	118
8	148	152	154	124	121	223	144	136	171	87

Tabel 0.3 Nilai *blue* dari Gambar 4.32

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	152	165	145	172	190	152	141	152	168	168
1	133	183	198	147	157	138	105	156	150	159
2	60	50	45	59	43	62	67	163	156	162
3	62	54	58	69	68	76	61	73	147	192
4	67	71	56	91	47	75	76	104	74	68
5	114	118	95	105	50	66	69	70	52	62
6	171	80	65	255	156	70	86	65	61	58
7	182	144	105	110	119	106	111	100	88	116
8	151	150	151	115	113	219	136	129	161	84

Setelah didapatkan nilai *Red*, *Green* dan *Blue*, proses pertama yang dilakukan yaitu *Grayscale* citra dengan cara menghitung rata-rata dari tiap-tiap *pixel*. Contoh perhitungan nilai *grayscale* berdasarkan persamaan 2.1.

$$grayscale = \frac{(Red + Green + Blue)}{3} = \frac{(144+147+153)}{3} = \frac{444}{3} = 147,667 \approx 148$$

Berdasarkan perhitungan di atas, nilai *Red*=144, *Green*=147 dan *Blue*=152 didapatkan dari *pixel* ke (0,0). Hasil perhitungan keseluruhan citra *grayscale* ditunjukkan pada Tabel 4.4.

Tabel 0.4 Hasil perhitungan *grayscale*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	148	161	142	168	186	148	145	148	163	163
1	129	177	194	143	151	134	102	152	146	155
2	57	46	42	56	40	58	61	159	150	158
3	61	53	57	66	66	73	60	70	141	188
4	67	70	56	89	47	72	74	104	74	64
5	116	120	98	109	50	67	67	67	49	60
6	175	84	70	254	158	72	83	64	61	58
7	188	150	110	115	119	111	115	101	91	118
8	150	155	156	124	121	222	144	135	170	88

4.2.1.2 Bilateral Filtering

Dari citra hasil *grayscale* kemudian diterapkan *bilateral filter*. Ukuran *bilateral filter* yang digunakan pada perhitungan yaitu 3x3. Sebelum dilakukan *filter* pada citra, dilakukan penambahan *padding* dengan nilai *pixel* terluar. Dari citra *grayscale* berukuran 10x10 *pixel*, didapatkan citra baru berukuran 12x12 *pixel*. Nilai citra *grayscale* baru setelah penambahan *padding* ditunjukkan pada Tabel 4.5.

Tabel 0.5 Nilai citra *grayscale* dengan *padding*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	148	148	161	142	168	186	148	145	148	163	163	163
1	148	148	161	142	168	186	148	145	148	163	163	163
2	129	129	177	194	143	151	134	102	152	146	155	155
3	57	57	46	42	56	40	58	61	159	150	158	158
4	61	61	53	57	66	66	73	60	70	141	188	188
5	67	67	70	56	89	47	72	74	104	74	64	64
6	116	116	120	98	109	50	67	67	67	49	60	60
7	175	175	84	70	254	158	72	83	64	61	58	58
8	188	188	150	110	115	119	111	115	101	91	118	118
9	150	150	155	156	124	121	222	144	135	170	88	88
10	150	150	155	156	124	121	222	144	135	170	88	88

Setelah penambahan padding, maka selanjutnya dapat dilakukan perhitungan *bilateral filter* dengan ukuran *kernel* 3x3, nilai sigmaS (σ_s) 7 dan sigmaR (σ_r) 5. Tabel 4.6 berikut merupakan *pixel* 3x3 sesuai ukuran *kernel* yang diambil dari citra *grayscale* yang telah ditambahkan *padding*:

Tabel 0.6 Pixel 3x3 (P) pada citra grayscale di titik (1,1)

i,j	-1	0	1
-1	148	148	161
0	148	148	161
1	129	129	177

Contoh perhitungan nilai bilateral filter pada citra *grayscale* dengan *padding* titik (-1,-1) adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai G_{σ_s} , G_{σ_r} dan bobot W_p

$$\begin{aligned}
 G_{\sigma_r(-1,-1)} &= \frac{1}{2\pi\sigma_r^2} \exp\left(-\frac{(G(x,y)-P(i,j))^2}{2\sigma_r^2}\right) \\
 &= \frac{1}{2*\pi*5^2} \exp\left(-\frac{(148-148)^2}{2*5^2}\right) \\
 &= 0,0064
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 G_{\sigma_s(-1,-1)} &= \frac{1}{2\pi\sigma_s^2} \exp\left(-\frac{(\sqrt{(i+x)^2+(j+y)^2})^2}{2\sigma_s^2}\right) \\
 &= \frac{1}{2*\pi*7^2} \exp\left(-\frac{(\sqrt{(-1+1)^2+(-1+1)^2})^2}{2*7^2}\right) \\
 &= 0,0029
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 w_{(-1,-1)} &= G_{\sigma_r(-1,-1)} * G_{\sigma_s(-1,-1)} \\
 &= 0,0064 * 0,0029 \\
 &= 1,9057 * 10^{-5}
 \end{aligned}$$

$$G_{\sigma_r(-1,0)} = 0,0064$$

$$G_{\sigma_s(-1,0)} = 0,0031$$

$$w_{(-1,0)} = 1,9649 * 10^{-5}$$

$$G_{\sigma_r(-1,1)} = 0,0002$$

$$G_{\sigma_s(-1,1)} = 0,0031$$

$$w_{(-1,1)} = 6,7587 * 10^{-7}$$

$$G_{\sigma_r(0,-1)} = 0,0064$$

$$G_{\sigma_s(0,-1)} = 0,0031$$

$$w_{(0,-1)} = 1,9649 * 10^{-5}$$

$$G_{\sigma_r(0,0)} = 0,0064$$

$$\begin{aligned}
G_{\sigma_s(0,0)} &= 0,0032 \\
w_{(0,0)} &= 2,0260 * 10^{-5} \\
G_{\sigma_r(0,-1)} &= 0,0002 \\
G_{\sigma_s(0,-1)} &= 0,0032 \\
w_{(0,-1)} &= 6,9688 * 10^{-7} \\
G_{\sigma_r(1,-1)} &= 4,6587 * 10^{-6} \\
G_{\sigma_s(1,-1)} &= 0,0031 \\
w_{(1,-1)} &= 1,4527 * 10^{-8} \\
G_{\sigma_r(1,0)} &= 4,6587 * 10^{-6} \\
G_{\sigma_s(1,0)} &= 0,0032 \\
w_{(1,0)} &= 1,4978 * 10^{-8} \\
G_{\sigma_r(1,1)} &= 3,1553 * 10^{-10} \\
G_{\sigma_s(1,1)} &= 0,0032 \\
w_{(1,1)} &= 1,0249 * 10^{-12}
\end{aligned}$$

2. Menghitung total *Gaussian* dari tiap pixel (wI_p) dan total bobot keseluruhan (W_p)

$$\begin{aligned}
wI_p &= \sum w_{(i,j)} * I_p \\
&= (w_{(-1,-1)} * I_{p(-1,-1)}) + (w_{(-1,0)} * I_{p(-1,0)}) + \dots + (w_{(1,1)} * I_{p(1,1)}) \\
&= (148 * 1,9057 * 10^{-5}) + (148 * 1,9649 * 10^{-5}) + \dots + \\
&\quad (177 * 1,0249 * 10^{-12}) \\
&= 0,0118332360208 \\
W_p &= \sum w_{(i,j)} \\
&= w_{(-1,-1)} + w_{(-1,0)} + w_{(-1,0)} + \dots + w_{(1,1)} \\
&= 1,9057 * 10^{-5} + 1,9649 * 10^{-5} + \dots + 1,0249 * 10^{-12} \\
&= 8,00177259854 * 10^{-5}
\end{aligned}$$

3. Menghitung nilai *bilateral filter*

$$\begin{aligned}
BF_p &= \frac{wI_p}{W_p} \\
&= \frac{0,0118332360208}{8,00177259854 * 10^{-5}} \\
&= 148
\end{aligned}$$

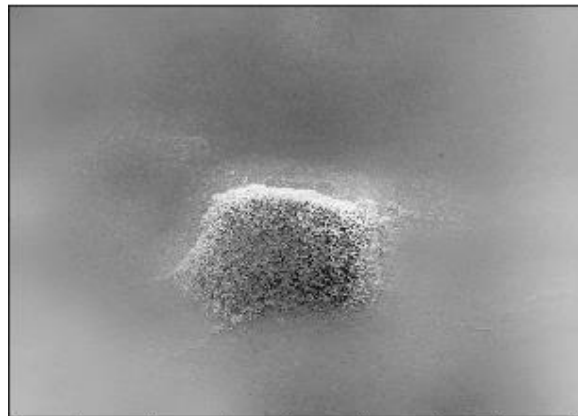
Berdasarkan perhitungan di atas, nilai dari hasil perhitungan *bilateral filter* pada titik (1,1) memberikan hasil 148 yang kemudian disimpan kedalam *array list* baru berukuran sama seperti citra *grayscale* dan disimpan pada titik (0,0).

Hasil perhitungan keseluruhan citra *bilateral filter* ditunjukkan pada Tabel 4.7.

Tabel 0.7 Hasil perhitungan *bilateral filter*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	148	160	141	167	185	146	147	148	163	162
1	128	176	193	143	150	133	102	151	148	154
2	57	46	44	57	39	59	59	156	148	154
3	58	53	55	65	67	71	61	68	143	187
4	67	68	56	88	48	72	72	104	73	63
5	118	118	99	107	49	69	68	66	50	60
6	175	83	69	254	157	70	82	63	61	60
7	188	152	111	116	118	114	113	100	92	117
8	152	152	155	121	120	222	142	135	170	87

Berikut pada Gambar 4.19 merupakan hasil citra asli berukuran 816x580 yang telah dilakukan perhitungan *bilateral filter* dengan ukuran 100x100, sigmaR 75 dan sigmaS 75.



Gambar 0.19 Citra berukuran 816x580 hasil *bilateral filter*

1.1.1.2 Deteksi Tepi Sobel

Perhitungan deteksi tepi sobel dilakukan setelah penambahan padding dengan nilai *pixel* terluar dari hasil citra *bilateral filter*. Nilai citra *bilateral filter* baru setelah penambahan padding ditunjukkan pada Tabel 4.8.

Tabel 0.8 Nilai citra *bilateral filter* dengan padding

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
0	148	148	160	141	167	185	146	147	148	163	162	162
1	148	148	160	141	167	185	146	147	148	163	162	162
2	128	128	176	193	143	150	133	102	151	148	154	154

Tabel 0.9 Nilai citra *bilateral filter* dengan padding (lanjutan)

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
3	57	57	46	44	57	39	59	59	156	148	154	154
4	58	58	53	55	65	67	71	61	68	143	187	187
5	67	67	68	56	88	48	72	72	104	73	63	63
6	175	175	83	69	254	157	70	82	63	61	60	60
7	188	188	152	111	116	118	114	113	100	92	117	117
8	152	152	152	155	121	120	222	142	135	170	87	87
9	152	152	152	155	121	120	222	142	135	170	87	87

Peninjauan *pixel* disekitar *pixel* (x,y) pada Tabel 4.8 di atas adalah sebagai berikut.

$$\begin{bmatrix} a_0 & a_1 & a_2 \\ a_7 & (x,y) & a_3 \\ a_6 & a_5 & a_4 \end{bmatrix}$$

Contoh perhitungan nilai deteksi tepi sobel pada titik (1,1) adalah sebagai berikut.

1. Menghitung nilai G_x dan G_y pada pixel 3x3 pada titik tengah G(1,1) berdasarkan persamaan 2.6.

$$\begin{aligned} G_x &= (160 + 2 * 160 + 176) - (148 + 2 * 148 + 128) \\ &= 656 - 572 \\ &= 84 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} G_y &= (128 + 2 * 128 + 176) - (148 + 2 * 148 + 160) \\ &= 560 - 604 \\ &= -44 \end{aligned}$$

2. Menghitung arah tepi dari hasil G_x dan G_y pada perhitungan 1 berdasarkan persamaan 2.5.

$$\begin{aligned} Mag &= \sqrt{|G_x|^2 + |G_y|^2} \\ &= \sqrt{|84|^2 + |-44|^2} \\ &= \sqrt{7056 + 1936} \\ &= \sqrt{8992} \\ &= 94,92 \approx 95 \end{aligned}$$

Dari perhitungan di atas, didapatkan nilai pixel $G_{(1,1)}$ Tabel 4.8 yaitu 95. Hasil tersebut disimpan kedalam *array list* baru berukuran sama seperti citra *bilateral filter* dan didisimpan pada titik $G'_{(0,0)}$. Hasil perhitungan deteksi tepi sobel secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4.9.

Tabel 0.10 Hasil perhitungan deteksi tepi sobel

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	95	78	97	94	130	194	103	108	57	39
1	399	430	421	465	491	424	289	215	35	43
2	334	455	477	379	306	248	309	372	132	113
3	56	72	95	84	62	58	124	303	352	358
4	245	238	199	123	64	63	59	112	317	475
5	351	216	267	454	471	116	30	101	88	23
6	329	343	303	166	451	245	172	175	175	216
7	164	326	128	227	103	333	365	315	317	193
8	114	68	159	113	323	254	341	188	205	224

3. Melakukan normalisasi pada hasil deteksi tepi sobel

Proses normalisasi dilakukan untuk menghasilkan nilai *pixel* yang tidak lebih dari 255. Normalisasi tersebut didapatkan dari perkalian antara nilai tiap tiap *pixel* dengan hasil dari 255 dibagi dengan *max pixel* keseluruhan citra deteksi tepi sobel. Jika berdasarkan Tabel 4.9, didapatkan nilai *max* yaitu 491. Adapun perhitungan nilai normalisasi pada titik (0,0) sebagai berikut.

$$Norm = \frac{255}{481} = 0,52$$

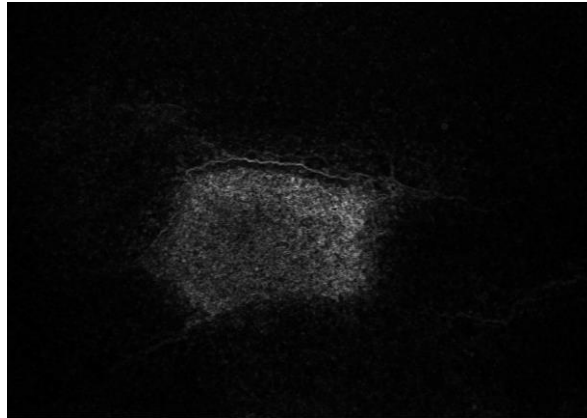
$$\begin{aligned}
 N_{(0,0)} &= G'_{(0,0)} * Norm \\
 &= 95 * 0,52 \\
 &= 49
 \end{aligned}$$

Nilai hasil normalisasi 49 tersebut menggantikan nilai hasil deteksi sobel pada titik $N_{(0,0)}$. Hasil perhitungan normalisasi deteksi tepi sobel secara keseluruhan ditunjukkan pada Tabel 4.10.

Tabel 0.11 Hasil perhitungan normalisasi deteksi tepi sobel

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	49	40	50	49	67	101	53	56	30	20
1	207	224	219	242	255	220	150	112	18	22
2	173	237	248	197	159	129	160	194	69	59
3	29	38	49	44	32	30	64	158	183	186
4	127	124	104	64	33	33	31	58	165	247
5	182	112	139	236	245	60	16	52	46	12
6	171	178	157	86	234	127	89	91	91	112
7	85	170	66	118	54	173	190	164	165	100
8	59	36	83	59	168	132	177	98	107	117

Berikut pada Gambar 4.20 merupakan hasil citra asli berukuran 816x580 yang telah dilakukan perhitungan deteksi tepi sobel.



Gambar 0.20 Citra berukuran 816x580 hasil deteksi tepi sobel

1.1.1.3 Otsu Thresholding

Pada tahap *thresholding*, nilai ambang batas diperoleh dari pemrosesan histogram. Berikut perhitungan untuk mendapatkan nilai ambang batas dan perhitungan *threshoding*:

1. Menghitung nilai histogram pada Tabel 4.10 dengan cara menghitung jumlah *pixel* dalam citra yang memiliki tingkat keabuan tertentu. Berikut Tabel 4.11 merupakan nilai histogram citra deteksi tepi sobel.

Tabel 0.12 Nilai histogram citra deteksi tepi sobel

<i>Pixel</i>	Intensitas
11	1
15	1
18	1
20	1
22	1
28	1
29	2
30	1
32	2
33	1
35	1
37	1
40	1
43	1
45	1
48	1
49	2
50	1

Tabel 0.11 Nilai histogram citra deteksi tepi sobel (lanjutan)

<i>Pixel</i>	Intensitas
52	1
53	2
56	1
58	3
59	1
60	1
63	1
64	1
66	1
67	1
68	1
82	1
85	1
86	1
89	1
90	1
91	1
97	1
100	2
103	1
106	1
111	1
112	2
116	1
118	1
123	1
127	2
129	1
132	1
138	1
149	1
157	2
159	1
160	1
163	1
164	1
165	1
167	1

Tabel 0.11 Nilai histogram citra deteksi tepi sobel (lanjutan)

<i>Pixel</i>	Intensitas
169	1
170	1
173	2
177	1
178	1
182	2
186	1
189	1
193	1
197	1
207	1
218	1
220	1
223	1
234	1
236	2
241	1
244	1
247	2
255	1

2. Menghitung probabilitas normalisasi dari hasil perhitungan nilai histogram mulai *pixel* 0 hingga *pixel* 255. Berikut merupakan contoh perhitungan probabilitas normalisasi pada *pixel* ke 11 menggunakan persamaan 2.7.

$$P_{max} = 3$$

$$P_{max} = \frac{1}{3}$$

$$= 0,33$$

Hasil nilai normalisasi histogram ditunjukkan pada Tabel 4.12. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.1.

Tabel 0.13 Nilai normalisasi histogram

<i>Pixel</i>	0	1	.....	100	.....	255
P_i	0	0	.....	0,667	.....	0,333

3. Menghitung nilai probabilitas kelas kumulatif ω_1 dan ω_2 dari probabilitas normalisasi histogram pada perhitungan ke 2 mulai *threshold* (*t*) ke 1 hingga 255. Berikut contoh perhitungan nilai probabilitas kelas kumulatif $\omega_1(t)$ dengan *t* 11 menggunakan persamaan 2.8.

$$\begin{aligned}
\omega_1(11) &= \sum_{i=0}^{11} P_i \\
&= P_0 + P_1 + P_2 + P_3 + P_4 + P_5 + P_6 + P_7 + P_8 + P_9 + P_{10} + P_{11} \\
&= 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0,333 \\
&= 0,333
\end{aligned}$$

Hasil nilai probabilitas kelas kumulatif $\omega_1(t)$ dari normalisasi histogram ditunjukkan pada Tabel 4.13. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.2.

Tabel 0.14 Nilai kumulatif $\omega_1(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\omega_1(t)$	0	0	.....	14,667	.....	30

Contoh perhitungan nilai probabilitas kelas kumulatif $\omega_2(t)$ dengan t 11 menggunakan persamaan 2.8 ditunjukkan.

$$\begin{aligned}
\omega_2(11) &= \sum_{t=12}^{255} P_i \\
&= P_{12} + P_{13} + P_{14} + \dots + P_{100} + \dots + P_{255} \\
&= 0 + 0 + 0 + \dots + 0,667 + \dots + 0,333 \\
&= 29,667
\end{aligned}$$

Hasil nilai probabilitas kelas kumulatif $\omega_2(t)$ dari normalisasi histogram ditunjukkan pada Tabel 4.14. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.3.

Tabel 0.15 Nilai kumulatif $\omega_2(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\omega_2(t)$	30	30	.....	15,333	.....	0

4. Menghitung nilai *mean* $\mu_1(t)$ dan $\mu_2(t)$ mulai t 1 hingga 255. Berikut merupakan contoh perhitungan *mean* μ_1 dengan t 11 menggunakan persamaan 2.9.

$$\begin{aligned}
\mu_1(11) &= \sum_{i=0}^{11} \frac{iP_i}{\omega_1(11)} \\
&= \frac{1}{\omega_1(11)} ((0 * P_0) + (1 * P_1) + (2 * P_2) + \dots + (11 * P_{11})) \\
&= \frac{1}{0,333} ((0 * 0) + (1 * 0) + (2 * 0) + \dots + (11 * 0,333)) \\
&= \frac{1}{0,333} (3,663) \\
&= 11
\end{aligned}$$

Hasil nilai *mean* $\mu_1(t)$ ditunjukkan pada Tabel 4.15. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.4.

Tabel 0.16 Nilai *mean* $\mu_1(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\mu_1(t)$	0	0	.....	48,864	.....	111,856

Contoh perhitungan *mean* $\mu_2(t)$ dengan t 11 menggunakan persamaan 2.9 ditunjukkan.

$$\begin{aligned}
 \mu_2(11) &= \sum_{i=12}^{255} \frac{iP_i}{\omega_2(11)} \\
 &= \frac{1}{\omega_2(11)} ((12 * P_{12}) + (13 * P_{13}) + (14 * P_{14}) + \dots + (255 * P_{255})) \\
 &= \frac{1}{29,667} ((12 * 0) + (13 * 0) + (14 * 0) + \dots + (255 * 0,333)) \\
 &= \frac{1}{29,667} (3440,667) \\
 &= 115.977
 \end{aligned}$$

Hasil nilai *mean* μ_2 ditunjukkan pada Tabel 4.16. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.5.

Tabel 0.17 Nilai *mean* $\mu_2(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\mu_2(t)$	114,689	114,689	.....	177,652		∞

5. Menghitung nilai *variance* $\sigma_1^2(t)$ dan $\sigma_2^2(t)$ mulai t 1 hingga 255. Berikut merupakan contoh perhitungan *mean* σ_1^2 dengan t 11 menggunakan persamaan 2.11.

$$\begin{aligned}
 \sigma_1^2(11) &= \sum_{i=0}^{11} \frac{((i - \mu_1(11))^2)P_i}{\omega_1(11)} \\
 &= \frac{1}{\omega_1(11)} ((0 - 11)^2 * P_0 + (1 - 11)^2 * P_1 + \dots \\
 &\quad + (11 - 11)^2 * P_{11}) \\
 &= \frac{1}{\omega_1(11)} ((0 - 11)^2 * 0 + (1 - 11)^2 * 0 + \dots \\
 &\quad + (11 - 11)^2 * 0,333) \\
 &= \frac{1}{0,333} (0 + 0 + \dots + 0) \\
 &= \frac{1}{0,333} (0) \\
 &= 0
 \end{aligned}$$

Hasil nilai *variance* $\sigma_2^2(t)$ ditunjukkan pada Tabel 4.17. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.6.

Tabel 0.18 Nilai variance $\sigma_1^2(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\sigma_1^2(t)$	0	0	.....	48,864	.....	4641,326

Contoh perhitungan *variance* $\sigma_2^2(t)$ dengan t 11 menggunakan persamaan 2.11 ditunjukkan.

$$\begin{aligned}
 \sigma_2^2(11) &= \sum_{i=12}^{255} \frac{((i - \mu_2(11))^2)P_i}{\omega_2(11)} \\
 &= \frac{1}{\omega_2(11)} ((12 - 115.977)^2 * P_{12} + (13 - 115.977)^2 * P_{13} + \dots \\
 &\quad + (255 - 115.977)^2 * P_{255}) \\
 &= \frac{1}{\omega_2(11)} ((12 - 115.977)^2 * 0 + (13 - 115.977)^2 * 0 + \dots \\
 &\quad + (255 - 115.977)^2 * 0,333) \\
 &= \frac{1}{29,667} (0 + 0 + \dots + 6436,002) \\
 &= \frac{1}{29,667} (145878.916) \\
 &= 4917.265
 \end{aligned}$$

Hasil nilai *variance* $\sigma_2^2(t)$ ditunjukkan pada Tabel 4.18. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.7.

Tabel 0.19 Nilai variance $\sigma_2^2(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\sigma_2^2 t$	4860,968	4860,968	.....	2210,888		∞

6. Menghitung bobot antar kelas *variance* $\sigma_w^2(t)$ mulai t 1 hingga 255. Berikut merupakan contoh perhitungan bobot antar kelas *variance* $\sigma_w^2(t)$ dengan t 11 menggunakan persamaan 2.10.

$$\begin{aligned}
 \sigma_B^2(t) &= \sigma_1^2(11) * \omega_1(11) + \sigma_2^2(11) * \omega_2(11) \\
 &= 0 * 0,333 + 4917,265 * 29,667 \\
 &= 145880,501
 \end{aligned}$$

Hasil nilai bobot antar kelas *variance* $\sigma_w^2(t)$ ditunjukkan pada Tabel 4.19. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran A.8.

Tabel 0.20 Nilai bobot antar kelas *variance* $\sigma_B^2(t)$

t	1	2	.....	100	.....	255
$\sigma_B^2(t)$	0	0	.....	40940,264	.....	0

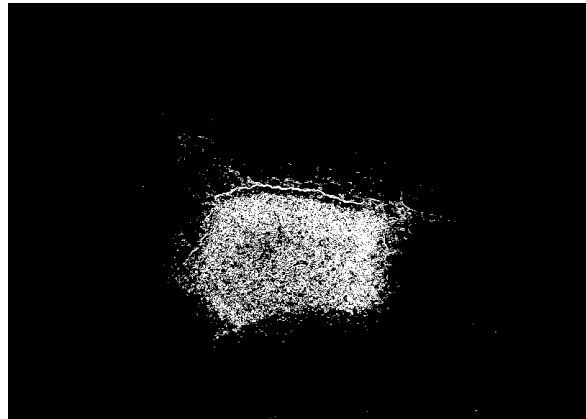
7. Menghitung nilai optimal ambang batas berdasarkan persamaan 2.12. Sehingga nilai ambang batas atau *threshold* yang didapat yaitu T = 125
8. Mengubah nilai citra deteksi tepi sobel dengan nilai ambang batas 125. Rumus pengubah *thresholding* berdasarkan persamaan 2.13.

Hasil *thresholding* pada citra deteksi tepi sobel ditunjukkan pada Tabel 4.20 .

Tabel 0.21 Hasil perhitungan *thresholding*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1
4	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1
5	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0
6	1	1	1	0	1	1	0	0	0	0
7	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
8	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0

Berikut pada Gambar 4.22 merupakan hasil citra asli berukuran 816x580 yang telah dilakukan perhitungan *thresholding* dengan nilai ambang T=36.



Gambar 0.21 Citra berukuran 816x580 hasil *thresholding*

1.1.1.4 Closing

Pada perhitungan operasi morfologi *closing*, terdapat 2 tahap yaitu operasi *dilation* yang kemudian diikuti dengan operasi *erosion*. Berikut merupakan contoh perhitungan *closing* dengan ukuran mask 3x3 sesuai persamaan 2.16.

1. Perhitungan *dilation* diawali dengan mencari letak *pixel* citra yang bernilai 1. Jika berdasarkan hasil perhitungan *grayscale* pada Tabel 4.20, maka letak *pixel* yang bernilai 1 terdapat pada titik:

$$A = \{(1,0), (1,1), (1,2), (1,3), (1,4), (1,5), (1,6), (2,0), (2,1), (2,2), (2,3), (2,4), (2,5), (2,6), (2,7), (3,7), (3,8), (3,9), (4,0), (4,8), (4,9), (5,0), (5,2), (5,3), (5,4), (6,0), (6,1), (6,2), (6,3), (6,4), (7,1), (7,5), (7,6), (7,7), (7,8), (8,4), (8,5), (8,6)\}$$
2. Mengisialisasi titik *mask* yang bernilai 1. Berikut Tabel 4.21 merupakan mask *dilation* berisi 1 dengan ukuran 3x3

Tabel 0.22 Mask dilation 3x3 operasi closing

i,j	-1	0	1
-1	1	1	1
0	1	1	1
1	1	1	1

$$B = \{(-1, -1), (-1, 0), (-1, 1), (0, -1), (0, 0), (0, 1), (1, -1), (1, 0), (1, 1)\}$$

3. Melakukan perhitungan *dilation* pada titik tengah *pixel* citra yang bernilai 1 dengan menjumlahkan titik *pixel* citra yang bernilai 1 dengan semua titik pada *mask*. Berikut contoh perhitungan titik baru *pixel* yang bernilai 1 pada titik tengah *pixel* citra (1,1) Tabel 4.20 menggunakan persamaan 2.14. Tabel 4.22 merupakan potongan dari table 4.20.

Tabel 0.23 Titik tengah (1,1) berdasarkan Tabel 4.20

x,y	0	1	2
0	0	0	0
1	1	1	1
2	1	1	1

$$\begin{aligned} A_{(1,1)} \oplus B &= \{(1,1) + (-1, -1), (1,1) + (-1, 0), (1,1) + (-1, 1), \\ &\quad (1,1) + (0, -1), (1,1) + (0, 0), (1,1) + (0, 1), \\ &\quad (1,1) + (1, -1), (1,1) + (1, 0), (1,1) + (1, 1)\} \\ &= \{(0,0), (0,1), (0,2), (1,0), (1,1), (1,2), (2,0), (2,1), (2,2)\} \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas merupakan titik baru *pixel* yang nilainya diubah menjadi 1. Hasil dari *dilation* pada titik tengah *pixel* citra (1,1) ditunjukkan pada Tabel 4.23. Untuk hasil perhitungan *dilation* keseluruhan dari perhitungan *thresholding* ditunjukkan pada Tabel 2.24

Tabel 0.24 Hasil dilation pada titik tengah (1,1)

x,y	0	1	2
0	1	1	1
1	1	1	1
2	1	1	1

Tabel 0.25 Hasil perhitungan dilation operasi closing

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel 0.24 Hasil perhitungan *dilation* operasi *closing* (lanjutan)

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

- Setelah perhitungan *dilation*, dilanjutkan dengan perhitungan operasi *erosion*. Perhitungan *erosion* pada operasi *closing* diawali dengan mencari letak *pixel* citra yang bernilai 0. Jika berdasarkan hasil perhitungan *dilation* pada Tabel 4.24, maka letak *pixel* yang bernilai 0 terdapat pada titik:
 $A = \{(0,8), (0,9), (1,9)\}$
- Mengisialisasi titik *mask* yang bernilai 0. Berikut Tabel 4.25 merupakan *mask erosion* berisi 0 dengan ukuran 3x3

Tabel 0.26 Mask *erosion* 3x3 operasi *closing*

i,j	-1	0	1
-1	0	0	0
0	0	0	0
1	0	0	0

$$A = \{(-1, -1), (-1, 0), (-1, 1), (0, -1), (0, 0), (0, 1), (1, -1), (1, 0), (1, 1)\}$$

- Melakukan perhitungan *erosion* pada titik tengah *pixel* citra yang bernilai 0 dengan menjumlahkan titik *pixel* citra yang bernilai 0 dengan semua titik pada *mask*. Berikut contoh perhitungan titik baru *pixel* yang bernilai 0 pada titik tengah *pixel* citra (0,8) Tabel 4.24 menggunakan persamaan 2.15. Tabel 4.26 merupakan potongan dari table 4.24.

Tabel 0.27 Titik tengah (1,1) berdasarkan Tabel 4.24

x,y	7	8	9
-1	0	0	0
0	1	0	0
1	1	1	0

$$\begin{aligned}
 A_{(1,1)} \ominus B &= \{(0,8) + (-1, -1), (0,8) + (-1, 0), (0,8) + (-1, 1), \\
 &\quad (0,8) + (0, -1), (0,8) + (0, 0), (0,8) + (0, 1), \\
 &\quad (0,8) + (1, -1), (0,8) + (1, 0), (0,8) + (1, 1)\} \\
 &= \{(0,7), (0,8), (0,9), (1,7), (1,8), (1,9)\}
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan di atas merupakan titik baru *pixel* yang nilainya diubah menjadi 0. Karena titik *pixel* citra (x,y) mulai dari (0,0) dan tidak ada penambahan *padding*, maka untuk hasil x kurang dari 0 dan y kurang dari 0 tidak dianggap. Hasil dari *erosion* pada titik tengah *pixel* citra (0,8) ditunjukkan pada Tabel 4.27. Untuk hasil perhitungan *erosion* keseluruhan dari perhitungan *dilation* ditunjukkan pada Tabel 2.28

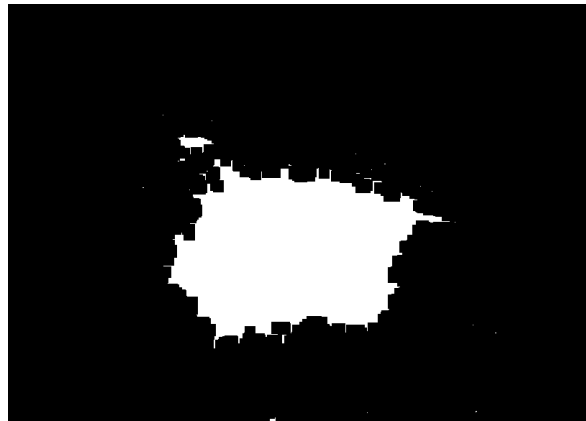
Tabel 0.28 Hasil *erosion* pada titik tengah (0,8)

x,y	7	8	9
0	0	0	0
1	0	0	0

Tabel 0.29 Hasil perhitungan *erosion* operasi *closing*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Berikut pada Gambar 4.23 merupakan hasil citra asli berukuran 816x580 yang telah dilakukan perhitungan *closing* dengan ukuran *mask* 15x15.



Gambar 0.22 Citra berukuran 816x580 hasil morfologi *closing*

1.1.1.5 *Erosion*

Dari citra hasil morfologi *closing* kemudian diterapkan morfologi *erosion*. Ukuran *mask* yang digunakan dalam perhitungan yaitu 3x3 berisi 0. Proses perhitungan *erosion* dalam tahap ini sama seperti perhitungan operasi *erosion* pada tahap morfologi *closing*. Berikut hasil perhitungan *erosion* dari hasil perhitungan morfologi *closing* menggunakan persamaan 2.15 ditunjukkan pada Tabel 2.29.

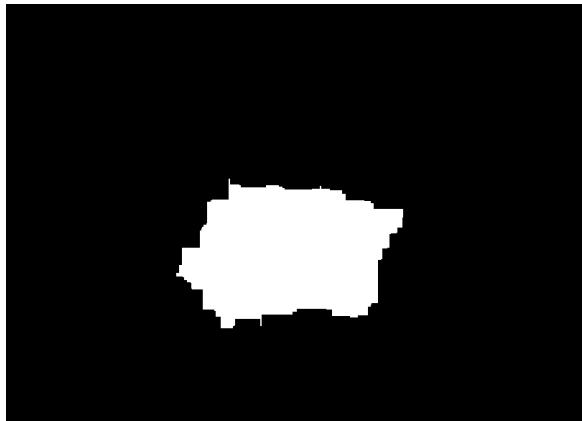
Tabel 0.30 Hasil perhitungan *erosion*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
2	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0
3	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0
4	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
6	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
7	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Tabel 0.29 Hasil perhitungan *erosion* (lanjutan)

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
8	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Berikut pada Gambar 4.24 merupakan hasil citra asli berukuran 816x580 yang telah dilakukan perhitungan *closing* dengan ukuran *mask* 3x3 dan iterasi sebanyak 10.



Gambar 0.23 Citra berukuran 816x580 hasil morfologi *erosion*

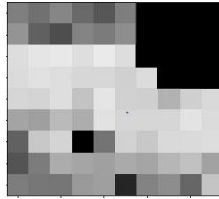
1.1.1.6 Hasil *Pre-processing*

Tahap *pre-processing* terakhir yaitu dilakukan dengan mengubah nilai *pixel* yang terdeteksi sebagai citra lubang jalan atau *pixel* yang bernilai 1 menjadi nilai *pixel* hasil perhitungan *grayscale*. Sedangkan *pixel* yang bernilai 0 tetap bernilai 0. Berikut pada Tabel 4.30 merupakan hasil segmentasi dengan nilai *grayscale*.

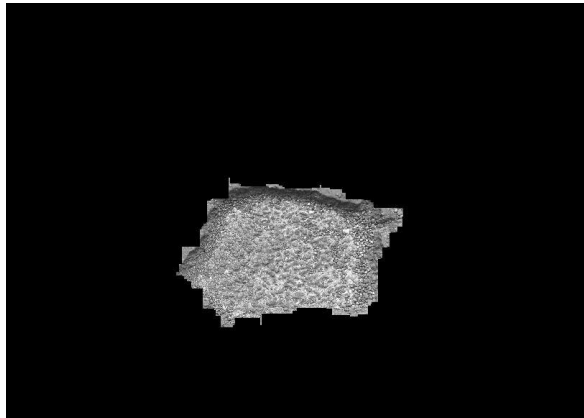
Tabel 0.31 Hasil *pre-processing*

x,y	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	148	161	142	168	186	148	0	0	0	0
1	129	177	194	143	151	134	0	0	0	0
2	57	46	42	56	40	58	0	0	0	0
3	61	53	57	66	66	73	60	0	0	0
4	67	70	56	89	47	72	74	104	74	64
5	116	120	98	109	50	67	67	67	49	60
6	175	84	70	254	158	72	83	64	61	58
7	188	150	110	115	119	111	115	101	91	118
8	150	155	156	124	121	222	144	135	170	88

Citra hasil *pre-processing* pada Gambar 4.19 dapat dilihat pada Gambar 4.25. Dan untuk hasil *pre-processing* citra asli berukuran 816x580 tersegmentasi ditunjukkan pada Gambar 4.26.



Gambar 0.24 Citra hasil *pre-processing* Gambar 4.19



Gambar 0.25 Citra berukuran 816x580 hasil *pre-processing*

1.1.2 Ekstraksi Tekstur GLCM

Dari hasil *pre-processing*, dilakukan perhitungan ekstraksi fitur tekstur pada bagian lubang jalan yang tersegmentasi. Berikut merupakan perhitungan manual dari ekstraksi fitur GLCM.

1. Melakukan perhitungan matriks *co-occurrence* dengan 4 sudut yaitu 0° , 45° , 90° dan 135° . Jarak *pixel* asal dan *pixel* orientasi yaitu 1 *pixel*. Berikut merupakan contoh hasil pembentukan *matriks co-occurrence* dengan *co-occurrence pixel* (0,0).

a.) Sudut 0°

148	161	142	168	186	148	0	0	0	0
129	177	194	143	151	134	0	0	0	0
57	46	42	56	40	58	0	0	0	0
61	53	57	66	66	73	60	0	0	0
67	70	56	89	47	72	74	104	74	64
116	120	98	109	50	67	67	67	49	60
175	84	70	254	158	72	83	64	61	58
188	150	110	115	119	111	115	101	91	118
150	155	156	124	121	222	144	135	170	88

Gambar 0.26 Gambar *co-occurrence pixel* (0,0) sudut 0° dan $d=1$

Berdasarkan Gambar 4.27 di atas, jumlah *co-occurrence pixel* (0,0) dengan sudut 0° yaitu sebanyak 11 pasang. Perhitungan *co-occurrence* seperti di atas juga berlaku pada semua *pixel* yang memiliki nilai *pixel* ketetanggan. Nilai

matriks *co-occurrence* sudut 0° ditunjukkan pada Tabel 4.31. Dimana x sebagai *pixel* asal dan y sebagai *pixel* tetangga.

Tabel 0.32 Tabel *co-occurrence* GLCM sudut 0° dari Gambar 4.27

x/y	0	...	60	64	74	...	254
0	11	...	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
72	0	...	0	0	1	...	0
73	0	...	1	0	0	...	0
74	0	...	0	1	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
254	0	...	0	0	0	...	0

b.) Sudut 45°

148	161	142	168	186	148	0	0	0	0
129	177	194	143	151	134	0	0	0	0
57	46	42	56	40	58	0	0	0	0
61	53	57	66	66	73	60	0	0	0
67	70	56	89	47	72	74	104	74	64
116	120	98	109	50	67	67	67	49	60
175	84	70	254	158	72	83	64	61	58
188	150	110	115	119	111	115	101	91	118
150	155	156	124	121	222	144	135	170	88

Gambar 0.27 Gambar *co-occurrence pixel* (0,0) sudut 45° dan $d=1$

Berdasarkan Gambar 4.27 di atas, jumlah *co-occurrence pixel* (0,0) dengan sudut 45° yaitu sebanyak 8 pasang. Perhitungan *co-occurrence* seperti di atas juga berlaku pada semua *pixel* yang memiliki nilai *pixel* ketetanggaan. Nilai matriks *co-occurrence* sudut 45° ditunjukkan pada Tabel 4.32. Dimana x sebagai *pixel* asal dan y sebagai *pixel* tetangga.

Tabel 0.33 Tabel *co-occurrence* GLCM sudut 45° dari Gambar 4.28

x/y	0	...	60	64	74	...	254
0	8	...	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
72	0	...	1	0	0	...	0
73	1	...	0	0	0	...	0
74	2	...	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
254	0	...	0	0	0	...	0

c.) Sudut 90°

148	161	142	168	186	148	0	0	0	0
129	177	194	143	151	134	0	0	0	0
57	46	42	56	40	58	0	0	0	0
61	53	57	66	66	73	60	0	0	0
67	70	56	89	47	72	74	104	74	64
116	120	98	109	50	67	67	67	49	60
175	84	70	254	158	72	83	64	61	58
188	150	110	115	119	111	115	101	91	118
150	155	156	124	121	222	144	135	170	88

Gambar 0.28 Gambar *co-occurrence pixel* (0,0) sudut 90° dan $d=1$

Berdasarkan Gambar 4.29 di atas, jumlah *co-occurrence pixel* (0,0) dengan sudut 90° yaitu sebanyak 11 pasang. Perhitungan *co-occurrence* seperti di atas juga berlaku pada semua *pixel* yang memiliki nilai *pixel* ketetanggaan. Nilai matriks *co-occurrence* sudut 90° ditunjukkan pada Tabel 4.33. Dimana x sebagai *pixel* asal dan y sebagai *pixel* tetangga.

Tabel 0.34 Tabel *co-occurrence GLCM* sudut 90° dari Gambar 4.29

x/y	0	...	60	64	74	...	254
0	11	...	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
72	0	...	0	0	0	...	0
73	0	...	0	0	0	...	0
74	1	...	1	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
254	0	...	0	0	0	...	0

d.) Sudut 135°

148	161	142	168	186	148	0	0	0	0
129	177	194	143	151	134	0	0	0	0
57	46	42	56	40	58	0	0	0	0
61	53	57	66	66	73	60	0	0	0
67	70	56	89	47	72	74	104	74	64
116	120	98	109	50	67	67	67	49	60
175	84	70	254	158	72	83	64	61	58
188	150	110	115	119	111	115	101	91	118
150	155	156	124	121	222	144	135	170	88

Gambar 0.29 Gambar *co-occurrence pixel* (0,0) sudut 135° dan $d=1$

Berdasarkan Gambar 4.30 di atas, jumlah *co-occurrence pixel* (0,0) dengan sudut 135° yaitu sebanyak 9 pasang. Perhitungan *co-occurrence* seperti di atas juga berlaku pada semua *pixel* yang memiliki nilai *pixel* ketetanggaan.

Nilai matriks *co-occurrence* sudut 90° ditunjukkan pada Tabel 4.30. Dimana x sebagai *pixel* asal dan y sebagai *pixel* tetangga.

Tabel 0.35 Tabel *co-occurrence* GLCM sudut 135° dari Gambar 4.30

x/y	0	...	60	64	74	...	254
0	9	...	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
72	0	...	0	0	0	...	0
73	0	...	0	0	0	...	0
74	1	...	0	0	0	...	0
...	...	...	...	...	...	...	...
254	0	...	0	0	0	...	0

2. Membentuk *matriks co-occurrence* simetris dengan menjumlahkan antara *matriks* GLCM yang didapatkan pada perhitungan 1 dan *matriks* tranposenya.

a.) Sudut 0°

$$\begin{aligned}
 GLCM &= \begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

b.) Sudut 45°

$$\begin{aligned}
 GLCM &= \begin{pmatrix} 8 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 8 & \dots & 0 & 1 & 2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} \\
 &= \begin{pmatrix} 8 & \dots & 0 & 1 & 2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}
 \end{aligned}$$

c.) Sudut 90°

$$GLCM = \begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

d.) Sudut 135°

$$GLCM = \begin{pmatrix} 9 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} 9 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

$$= \begin{pmatrix} 9 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}$$

3. Melakukan normalisasi pada hasil *matriks co-occurrence* simetris untuk mendapatkan probabilitas dari tiap pasangan *pixel*. Proses normalisasi dilakukan dengan cara membagi antara nilai *matriks* dengan jumlah semua nilai *pixel*.

a.) Sudut 0°

Jumlah semua nilai *pixel* dari *matriks co-occurrence* simetris sudut 0° yaitu 114 *pixel*. Maka nilai dari matriks normalisasi dengan sudut 0° adalah sebagai berikut.

$$GLCM = \frac{\begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 1 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 1 & 1 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}}{114}$$

$$= \begin{pmatrix} 0,096 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,009 & 0,009 & \dots & 0,000 \\ 0,000 & \dots & 0,009 & 0,000 & 0,009 & \dots & 0,000 \\ 0,000 & \dots & 0,009 & 0,009 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \end{pmatrix}$$

b.) Sudut 45°

Jumlah semua nilai *pixel* dari matriks kookurensi simetris sudut 45° yaitu 108 *pixel*. Maka nilai dari matriks normalisasi dengan sudut 45° adalah sebagai berikut.

$$GLCM = \frac{\begin{pmatrix} 8 & \dots & 0 & 1 & 2 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 2 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}}{108}$$

$$= \begin{pmatrix} 0,074 & \dots & 0,000 & 0,009 & 0,019 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,009 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ 0,009 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ 0,019 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \end{pmatrix}$$

c.) Sudut 90°

Jumlah semua nilai *pixel* dari matriks kookurensi simetris sudut 90° yaitu 116 *pixel*. Maka nilai dari matriks normalisasi dengan sudut 90° adalah sebagai berikut.

$$GLCM = \frac{\begin{pmatrix} 11 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}}{116}$$

$$= \begin{pmatrix} 0,095 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,009 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,009 & \dots & 0,000 \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ 0,009 & \dots & 0,009 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \end{pmatrix}$$

d.) Sudut 135°

Jumlah semua nilai *pixel* dari matriks kookurensi simetris sudut 135° yaitu 112 *pixel*. Maka nilai dari matriks normalisasi dengan sudut 135° adalah sebagai berikut.

$$GLCM = \frac{\begin{pmatrix} 9 & \dots & 0 & 0 & 1 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 1 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0 & \dots & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \end{pmatrix}}{112}$$

$$= \begin{pmatrix} 0,080 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,009 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ 0,009 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ 0,000 & \dots & 0,000 & 0,000 & 0,000 & \dots & 0,000 \end{pmatrix}$$

4. Menghitung nilai ekstraksi fitur berdasarkan hasil matriks normalisasi. Fitur tekstur yang digunakan yaitu *Angular Second Moment (ASM)*, *Contrast*, *Correlation*, *Sum of Squares: Variance*, *Inverse Difference Moment (IDM)*, *Sum Average (AVER)*, *Sum Entropy (SENT)*, *Sum Variance (SVAR)*, *Entropy*, *Difference Entropy (DENT)*, *Difference Variance (DVAR)*, *Information Measure of Correlation 1* dan *Information Measure of Correlation 2*. Berikut merupakan contoh perhitungan ekstraksi fitur tekstur pada masing-masing sudut menggunakan persamaan 2.17 hingga 2.30.

a.) Sudut 0°

$$\begin{aligned} ASM &= 0^2 + 0^2 + 0,009^2 + 0,018^2 + \dots + 0^2 \\ &= 0 + 0 + 7,695 * 10^{-5} + 3,078 * 10^{-4} + \dots + 0 \\ &= 0,01015 \\ Contrast &= ((0 - 0)^2 * 0) + ((39 - 56)^2 * 0,009) + \\ &\quad ((39 - 57)^2 * 0,009) + \dots + ((254 - 254)^2 * 0) \\ &= 0 + 2,535 + 2,842 + \dots + 0 \\ &= 1481,9473 \end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *correlation*, dilakukan perhitungan rata-rata dari P_x , P_y dan standar deviasi dari P_x , P_y .

$$\begin{aligned} \mu_x &= (0 * 0) + (1 * 0) + (39 * 0,009) + \dots + (254 * 0,009) \\ &= 0 + 0 + 0,342 + \dots + 2,228 \\ &= 98,0614 \end{aligned}$$

$$\mu_y = (0 * 0) + (1 * 0) + (56 * 0,009) + \dots + (57 * 0,009)$$

$$\begin{aligned}
&= 0 + 0 + 0,491 + \dots + 0,5 \\
&= 98,0614 \\
\sigma_x &= \left(0 * \sqrt{((0 - 98,061)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 98,061)^2)}\right) + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((39 - 98,061)^2)}\right) + \dots + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((254 - 98,061)^2)}\right) \\
&= 0 + 0 + 0,518 + \dots + 1,368 \\
&= 38,614 \\
\sigma_y &= \left(0 * \sqrt{((0 - 98,061)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 98,061)^2)}\right) + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((56 - 98,061)^2)}\right) + \dots + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((157 - 98,061)^2)}\right) \\
&= 0 + 0 + 0,369 + \dots + 0,517 \\
&= 38,614 \\
Correlation &= \left(\frac{(((0 * 0) * 0) - (98,061 - 98,061))}{38,614 * 38,614}\right) + \\
&\quad \left(\frac{(((39 * 66) * 0,009) - (98,061 - 98,061))}{38,614 * 38,614}\right) + \dots + \\
&\quad \left(\frac{(((254 * 157) * 0,009) - (98,061 - 98,061))}{38,614 * 38,614}\right) \\
&= 0 + (-6,436) + \dots + (-6,436) \\
&= -419331,754
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari P.

$$\begin{aligned}
\mu &= \frac{0 + 0 + 0,009 + 0,017 + \dots + 0,009}{108} \\
&= \frac{1}{108} \\
&= 0,00926 \\
Variance &= ((0 - 0,0092)^2 * 0) + ((39 - 0,0092)^2 * 0,009) + \dots \\
&\quad + ((254 - 0,0092)^2 * 0) \\
&= 0 + 13,336 + \dots + 565,889 \\
&= 11789,789 \\
IDM &= \left(\left(\frac{1}{1 + ((0 - 0)^2)}\right) * 0\right) + \left(\left(\frac{1}{1 + ((39 - 56)^2)}\right) * 0,009\right)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& + \dots + \left(\left(\frac{1}{1 + ((254 - 157)^2)} \right) * 0,009 \right) \\
& = 0 + 3,025 * 10^{-5} + \dots + 9,322 * 10^{-7} \\
& = 0,074
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan P_{x+y} .

$$\begin{aligned}
P_{(0)} &= P_{(0+0)} \\
&= 0 \\
P_{(88)} &= P_{(0+88)} + P_{(1+87)} + P_{(42+46)} + P_{(88+0)} \\
&= 0 + 0 + 0,009 + \dots + 0 \\
&= 0,017
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_{x+y} ditunjukkan pada Tabel 4.35. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.1.

Tabel 0.36 Nilai P_{x+y} sudut 0°

$x+y$	1	2	.....	230	.....	511
P_{x+y}	0	0	.....	0,0175	.....	0

$$\begin{aligned}
AVER &= (0 * 0) + (230 * 0,0178) + \dots + (511 * 0) \\
&= 196,123
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SENT &= -((0 * 0 * 0) + (88 * 0,018 * (-4,043)) + \dots + \\
&\quad (411 * 0,018 * (-4,043))) \\
&= -(0 + (-6,242) + \dots + (-29,153)) \\
&= 775,691
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SVAR &= \left((0 - (-775,691))^2 * 0 \right) + ((88 - (-775,691))^2 \\
&\quad * 0,0175) + \dots + ((441 - (-775,691))^2 * 0,0175) \\
&= 0 + 8296,823 + \dots + 2333,325 \\
&= 343119,617
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Entropy &= -((0 * 0) + (0,009 * (-4,736)) + \dots + (0,009 * (-4,736))) \\
&= -(0 + (-0,042) + \dots + (-0,042)) \\
&= 4,651
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *difference entropy*, dilakukan perhitungan P_{x-y} .

$$\begin{aligned}
P_{(0)} &= P_{(|0-0|)} + P_{(|66-66|)} + \dots + P_{(|254-254|)} \\
&= 0 + 0,0175 + \dots + 0 \\
&= 0,053
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_{x-y} ditunjukkan pada Tabel 4.36 . Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.2.

Tabel 0.37 Nilai P_{x-y} sudut 0°

x-y	0	1	.....	20	.....	185
P_{x-y}	0,053	0	.....	0,0175	.....	0,0175

$$\begin{aligned}
 DENT &= -((0 * 0,053 * (-2,944)) + (20 * 0,018 * (-4,403)) \\
 &\quad + \dots + (185 * 0,018 * (-4,043))) \\
 &= -(0 + (-1,419) + \dots + (-13,122)) \\
 &= 86,967 \\
 DVAR &= (0^2 * 0,053) + (20^2 * 0,018) + \dots + (185^2 * 0,018) \\
 &= 0 + 7,018 + \dots + 600,439 \\
 &= 1481,947
 \end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *information measure of correlation* 1 dan 2, dilakukan perhitungan P_x , P_y , HX, HY, HXY1, dan HXY2.

$$\begin{aligned}
 P_{(x=39)} &= P_{(39,0)} + P_{(39,56)} + \dots + P_{(39,254)} \\
 &= 0 + 0,0088 + \dots + 0 \\
 &= 0,01754
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_x ditunjukkan pada Tabel 4.37. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.3.

Tabel 0.38 Nilai P_x sudut 0°

x	0	1	.....	50	.....	254
P_x	0	0	.....	0,0175	.....	0,0175

$$\begin{aligned}
 P_{(y=39)} &= P_{(0,39)} + P_{(57,39)} + \dots + P_{(254,39)} \\
 &= 0 + 0,0088 + \dots + 0 \\
 &= 0,01754
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_y ditunjukkan pada Tabel 4.38. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.4.

Tabel 0.39 Nilai P_y Sudut 0°

y	0	1	.....	60	.....	254
P_y	0	0	.....	0,0175	.....	0,0175

$$\begin{aligned}
 HX &= -((0 * \log(0)) + (0,0175 * \log(0,0175)) + \dots + \\
 &\quad (0,0175 * \log(0,0175))) \\
 &= -(0 + (-0,0709) + \dots + (-0,0709)) \\
 &= 978,392
 \end{aligned}$$

$$HY = -((0 * \log(0)) + (0,0175 * \log(0,0175)) + \dots +$$

$$\begin{aligned}
& (0,0175 * \log(0,0175))) \\
& = -(0 + (-0,0709) + \dots + (-0,0709)) \\
& = 978,392
\end{aligned}$$

$$maks\{HX, HY\} = 978,392$$

$$\begin{aligned}
HXY1 & = (0 * \log(0 * 0)) + (0,009 * \log(0,018 * 0,052)) + \dots + \\
& \quad (0,009 * \log(0,018 * 0,018)) \\
& = 0 + (-0,061) + \dots + (-0,071) \\
& = 7,674
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HXY2 & = (0 * 0 * \log(0 * 0)) + (0,018 * 0,018 * \log(0,018 * 0,018)) \\
& \quad + \dots + (0,018 * 0,018 * \log(0,018 * 0,018)) \\
& = 0 + (-0,002) + \dots + (-0,002) \\
& = 7,674
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Information Measure of Correlation 1} & = \frac{(4,651 - 7,674)}{978,392} \\
& = -0.003
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Information Measure of Correlation 2} & = \sqrt{(1 - \exp[-2 * (7,674 - 4,651)])} \\
& = 0.998
\end{aligned}$$

b.) Sudut 45°

$$\begin{aligned}
ASM & = 0^2 + 0^2 + 0,009^2 + 0,019^2 + \dots + 0^2 \\
& = 0 + 0 + 8,573 * 10^{-5} + 3,429 * 10^{-4} \dots + 0 \\
& = 0.01012
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Contrast & = ((0 - 0)^2 * 0) + (39 - 66)^2 * 0,009 + (39 - 133)^2 * \\
& \quad 0,009 + \dots + ((254 - 254)^2 * 0) \\
& = 0 + 6,75 + 81,815 + \dots + 0 \\
& = 3544,3333
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *correlation*, dilakukan perhitungan rata-rata dari P_x , P_y dan standar deviasi dari P_x , P_y .

$$\begin{aligned}
\mu_x & = (0 * 0) + (1 * 0) + (39 * 0,009) + \dots + (254 * 0,009) \\
& = 0 + 0 + 0,361 + \dots + 2,352 \\
& = 100,852
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\mu_y & = (0 * 0) + (1 * 0) + (66 * 0,009) + \dots + (109 * 0,009) \\
& = 0 + 0 + 0,611 + \dots + 1,009 \\
& = 100,852
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_x &= \left(0 * \sqrt{((0 - 100,852)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 100,852)^2)}\right) + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((39 - 100,852)^2)}\right) + \dots + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((254 - 100,852)^2)}\right) \\
&= 0 + 0 + 0,573 + \dots + 1,418 \\
&= 42,478
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\sigma_y &= \left(0 * \sqrt{((0 - 100,852)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 100,852)^2)}\right) + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((66 - 100,852)^2)}\right) + \dots + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((157 - 100,852)^2)}\right) \\
&= 0 + 0 + 0,323 + \dots + 0,075 \\
&= 42,478
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Correlation &= \left(\frac{(((0 * 0) * 0) - (100,852 - 100,852))}{42,478 * 42,478}\right) + \\
&\quad \left(\frac{(((39 * 66) * 0,009) - (100,852 - 100,852))}{42,478 * 42,478}\right) + \dots + \\
&\quad \left(\frac{(((254 * 109) * 0,009) - (100,852 - 100,852))}{42,478 * 42,478}\right) \\
&= 0 + (-5,623) + \dots + (-5,495) \\
&= -366531,903
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari P.

$$\begin{aligned}
\mu &= \frac{0 + 0 + 0,009 + 0,185 + \dots + 0,009}{103} \\
&= \frac{1}{103} \\
&= 0,00971
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Variance &= ((0 - 0,0097)^2 * 0) + ((39 - 0,0097)^2 * 0,009) + \dots \\
&\quad + ((254 - 0,0097)^2 * 0) \\
&= 0 + 14,076 + \dots + 597,324 \\
&= 12653,745
\end{aligned}$$

$$IDM = \left(\left(\frac{1}{1 + ((0 - 0)^2)}\right) * 0\right) + \left(\left(\frac{1}{1 + ((36 - 66)^2)}\right) * 0,009\right)$$

$$\begin{aligned}
& + \dots + \left(\left(\frac{1}{1 + ((254 - 109)^2)} \right) * 0,009 \right) \\
& = 0 + 1,268 * 10^{-5} + \dots + 4,404 * 10^{-7} \\
& = 0,035
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan P_{x+y} .

$$\begin{aligned}
P_{(94)} & = P_{(0+94)} + P_{(1+93)} + P_{(42+52)} + P_{(94+0)} \\
& = 0 + 0 + 0,009 + \dots + 0 \\
& = 0,0185
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_{x+y} ditunjukkan pada Tabel 4.39 . Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.5.

Tabel 0.40 Nilai P_{x+y} Sudut 45°

x+y	1	2	....	150	....	511
P_{x+y}	0	0	....	0,0185	....	0

$$\begin{aligned}
AVER & = (0 * 0) + (150 * 0,0185) + \dots + (511 * 0) \\
& = 201,704
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SENT & = -((0 * 0 * 0) + (94 * 0,019 * (-3,989)) + \dots + \\
& \quad (407 * 0,019 * (-3,989))) \\
& = -(0 + (-6,944) + \dots + (-30,065)) \\
& = 791,005
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
SVAR & = \left((0 - (-791,005))^2 * 0 \right) + ((94 - (-791,005))^2 \\
& \quad * 0,0185) + \dots + ((407 - (-791,005))^2 * 0,0185) \\
& = 0 + 8996,599 + \dots + 2730,742 \\
& = 353670,445
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Entropy & = -((0 * 0) + (0,009 * (-4,682)) + \dots + (0,009 * (-4,682))) \\
& = -(0 + (-0,043) + \dots + (-0,043)) \\
& = 4,618
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *difference entropy*, dilakukan perhitungan P_{x-y} .

$$\begin{aligned}
P_{(0)} & = P_{(|0-0|)} + P_{(|56-56|)} + \dots + P_{(|254-254|)} \\
& = 0 + 0,0185 + \dots + 0 \\
& = 0,019
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_{x-y} ditunjukkan pada Tabel 4.40 . Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.6.

Tabel 0.41 Nilai P_{x-y} sudut 45°

x-y	0	1	.....	40	.....	204
P_{x-y}	0,019	0	.....	0,019	.....	0,0185

$$\begin{aligned}
 DENT &= -((0 * 0,019 * (-3,989)) + (40 * 0,019 * (-3,989)) \\
 &\quad + \dots + (204 * 0,019 * (-3,989))) \\
 &= -(0 + (-2,955) + \dots + (-15,069)) \\
 &= 160,227
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 DVAR &= (0^2 * 0,019) + (40^2 * 0,019) + \dots + (204^2 * 0,019) \\
 &= 0 + 29,629 + \dots + 770,667 \\
 &= 3544,333
 \end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *information measure of correlation* 1 dan 2, dilakukan perhitungan P_x , P_y , HX, HY, HXY1, dan HXY2.

$$\begin{aligned}
 P_{(x=39)} &= P_{(39,0)} + P_{(39,66)} + \dots + P_{(39,254)} \\
 &= 0 + 0,0093 + \dots + 0 \\
 &= 0,0185
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_x ditunjukkan pada Tabel 4.41. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.7.

Tabel 0.42 Nilai P_x sudut 45°

x	0	1	.....	50	.....	254
P_x	0	0	.....	0,0185	.....	0,0185

$$\begin{aligned}
 P_{(y=39)} &= P_{(0,39)} + P_{(66,39)} + \dots + P_{(254,39)} \\
 &= 0 + 0,0093 + \dots + 0 \\
 &= 0,0185
 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_y ditunjukkan pada Tabel 4.42. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.8.

Tabel 0.43 Nilai P_y sudut 0°

y	0	1	.....	60	.....	254
P_y	0	0	.....	0,0185	.....	0,0185

$$\begin{aligned}
 HX &= -((0 * \log(0)) + (0,0185 * \log(0,0185)) + \dots + \\
 &\quad (0,0185 * \log(0,0185))) \\
 &= -(0 + (-0,0739) + \dots + (-0,0739)) \\
 &= 989,907
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 HY &= -((0 * \log(0)) + (0,0185 * \log(0,0185)) + \dots + \\
 &\quad (0,0185 * \log(0,0185))) \\
 &= -(0 + (-0,0739) + \dots + (-0,0739))
 \end{aligned}$$

$$= 989,907$$

$$maks\{HX, HY\} = 989,907$$

$$\begin{aligned} HXY1 &= (0 * \log(0 * 0)) + (0,009 * \log(0,019 * 0,037)) + \dots + \\ &\quad (0,009 * \log(0,019 * 0,009)) \\ &= 0 + (-0,067) + \dots + (-0,080) \\ &= 7,764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} HXY2 &= (0 * 0 * \log(0 * 0)) + (0,019 * 0,055 * \log(0,015 * 0,055)) \\ &\quad + \dots + (0,019 * 0,019 * \log(0,019 * 0,019)) \\ &= 0 + (-0,007) + \dots + (-0,003) \\ &= 7,764 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Information Measure of Correlation 1} &= \frac{(4,618 - 7,764)}{989,907} \\ &= -0.003 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Information Measure of Correlation 2} &= \sqrt{(1 - \exp[-2 * (7,764 - 4,618)])} \\ &= 0.999 \end{aligned}$$

c.) sudut 90°

$$\begin{aligned} ASM &= 0^2 + 0^2 + 0,009^2 + 0,017^2 + \dots + 0^2 \\ &= 0 + 0 + 7,432 * 10^{-5} + 2,973 * 10^{-4} + \dots + 0 \\ &= 0.00877 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Contrast &= ((0 - 0)^2 * 0) + (39 - 66)^2 * 0,009 + (39 - 151)^2 * \\ &\quad 0,009 + \dots + ((254 - 254)^2 * 0) \\ &= 0 + 6,285 + 108,138 + \dots + 0 \\ &= 2938,4138 \end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *correlation*, dilakukan perhitungan rata-rata dari P_x , P_y dan standar deviasi dari P_x , P_y .

$$\begin{aligned} \mu_x &= (0 * 0) + (1 * 0) + (39 * 0,009) + \dots + (254 * 0,009) \\ &= 0 + 0 + 0,336 + \dots + 2,189 \\ &= 101,759 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \mu_y &= (0 * 0) + (1 * 0) + (66 * 0,009) + \dots + (109 * 0,009) \\ &= 0 + 0 + 0,5689 + \dots + 0,991 \\ &= 101,759 \end{aligned}$$

$$\sigma_x = \left(0 * \sqrt{((0 - 101,759)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 101,759)^2)}\right) +$$

$$\begin{aligned}
& \left(0.009 * \sqrt{((39 - 101,759)^2)}\right) + \dots + \\
& \left(0.009 * \sqrt{((254 - 101,759)^2)}\right) \\
& = 0 + 0 + 0,541 + \dots + 1,312 \\
& = 42,225 \\
\sigma_y &= \left(0 * \sqrt{((0 - 101,759)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 101,759)^2)}\right) + \\
& \left(0.009 * \sqrt{((66 - 101,759)^2)}\right) + \dots + \\
& \left(0.009 * \sqrt{((157 - 101,759)^2)}\right) \\
& = 0 + 0 + 0,308 + \dots + 0,114 \\
& = 42,225 \\
Correlation &= \left(\frac{(((0 * 0) * 0) - (101,759 - 101,759))}{42,225 * 42,225}\right) + \\
& \left(\frac{(((39 * 66) * 0,009) - (101,759 - 101,759))}{42,225 * 42,225}\right) + \dots + \\
& \left(\frac{(((254 * 109) * 0,009) - (101,759 - 101,759))}{42,225 * 42,225}\right) \\
& = 0 + (-5,795) + \dots + (-5,666) \\
& = -377632,569
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari P.

$$\begin{aligned}
\mu &= \frac{0 + 0 + 0,009 + 0,009 + \dots + 0,009}{115} \\
&= \frac{1}{115} \\
&= 0,00869
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Variance &= ((0 - 0,0087)^2 * 0) + ((39 - 0,0087)^2 * 0,009) + \dots \\
&+ ((254 - 0,0087)^2 * 0) \\
&= 0 + 13,106 + \dots + 556,134 \\
&= 12780,903
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IDM &= \left(\left(\frac{1}{1 + ((0 - 0)^2)}\right) * 0\right) + \left(\left(\frac{1}{1 + ((36 - 66)^2)}\right) * 0,009\right) \\
&+ \dots + \left(\left(\frac{1}{1 + ((254 - 115)^2)}\right) * 0,009\right) \\
&= 0 + 1,181 * 10^{-5} + \dots + 4,462 * 10^{-7}
\end{aligned}$$

$$= 0,039$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan P_{x+y} .

$$\begin{aligned} P_{(97)} &= P_{(0+97)} + P_{(1+93)} + P_{(47+50)} + P_{(97+0)} \\ &= 0 + 0 + 0,009 + \dots + 0 \\ &= 0,0172 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_{x+y} ditunjukkan pada Tabel 4.43. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.9.

Tabel 0.44 Nilai P_{x+y} sudut 90°

x+y	1	2	.....	150	.....	511
P_{x+y}	0	0	.....	0,0172	.....	0

$$\begin{aligned} AVER &= (0 * 0) + (150 * 0,0172) + \dots + (511 * 0) \\ &= 203,517 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SENT &= -((0 * 0 * 0) + (97 * 0,017 * (-4,060)) + \dots + \\ &\quad (370 * 0,017 * (-4,060))) \\ &= -(0 + (-6,791) + \dots + (-25,903)) \\ &= 785,905 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} SVAR &= ((0 - (-785,905))^2 * 0) + ((97 - (-785,905))^2 \\ &\quad * 0,0172) + \dots + ((370 - (-785,905))^2 * 0,0172) \\ &= 0 + 8182,580 + \dots + 2982,357 \\ &= 345948,167 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} Entropy &= -((0 * 0) + (0,009 * (-4,753)) + \dots + (0,009 * (-4,753))) \\ &= -(0 + (-0.041) + \dots + (-0.041)) \\ &= 4,742 \end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *difference entropy*, dilakukan perhitungan P_{x-y} .

$$\begin{aligned} P_{(0)} &= P_{(|0-0|)} + P_{(|56-56|)} + \dots + P_{(|254-254|)} \\ &= 0 + 0,0172 + \dots + 0 \\ &= 0,017 \end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_{x-y} ditunjukkan pada Tabel 4.44. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.10.

Tabel 0.45 Nilai P_{x-y} sudut 90°

x-y	0	1	.....	20	.....	151
P_{x-y}	0,017	0	.....	0,017	.....	0,017

$$DENT = -((0 * 0,017 * (-4,060)) + (20 * 0,017 * (-4,060)))$$

$$\begin{aligned}
& + \dots + (151 * 0,017 * (-4,060)) \\
& = -(0 + (-1,400) + \dots + (-10,571)) \\
& = 150,796 \\
DVAR & = (0^2 * 0,017) + (20^2 * 0,017) + \dots + (151^2 * 0,017) \\
& = 0 + 6,897 + \dots + 393,121 \\
& = 2938,414
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *information measure of correlation* 1 dan 2, dilakukan perhitungan P_x , P_y , HX , HY , $HXY1$, dan $HXY2$.

$$\begin{aligned}
P_{(x=39)} & = P_{(39,0)} + P_{(39,66)} + \dots + P_{(39,254)} \\
& = 0 + 0,0086 + \dots + 0 \\
& = 0,0172
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_x ditunjukkan pada Tabel 4.45. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.11.

Tabel 0.46 Nilai P_x sudut 90°

x	0	1	.....	50	.....	254
P_x	0	0	.....	0,0172	.....	0,0172

$$\begin{aligned}
P_{(y=39)} & = P_{(0,39)} + P_{(66,39)} + \dots + P_{(254,39)} \\
& = 0 + 0,0086 + \dots + 0 \\
& = 0,0172
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_y ditunjukkan pada Tabel 4.46. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.12.

Tabel 0.47 Nilai P_y sudut 90°

y	0	1	.....	60	.....	254
P_y	0	0	.....	0,0172	.....	0,0172

$$\begin{aligned}
HX & = -((0 * \log(0)) + (0,0172 * \log(0,0172)) + \dots + \\
& \quad (0,0172 * \log(0,0172))) \\
& = -(0 + (-0,0700) + \dots + (-0,0700)) \\
& = 988,148 \\
HY & = -((0 * \log(0)) + (0,0172 * \log(0,0172)) + \dots + \\
& \quad (0,0172 * \log(0,0172))) \\
& = -(0 + (-0,0700) + \dots + (-0,0700)) \\
& = 988,148
\end{aligned}$$

$$maks\{HX, HY\} = 988,148$$

$$HXY1 = (0 * \log(0 * 0)) + (0,009 * \log(0,017 * 0,034)) + \dots +$$

$$\begin{aligned}
& (0,009 * \log(0,017 * 0,017)) \\
& = 0 + (-0,064) + \dots + (-0,0700) \\
& = 7,750 \\
HXY2 & = (0 * 0 * \log(0 * 0)) + (0,017 * 0,009 * \log(0,017 * 0,009)) \\
& \quad + \dots + (0,017 * 0,017 * \log(0,017 * 0,017)) \\
& = 0 + (-0,001) + \dots + (-0,002) \\
& = 7,750
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Information Measure of Correlation 1} & = \frac{(4,742 - 7,750)}{988,148} \\
& = -0.003
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Information Measure of Correlation 2} \\
& = \sqrt{(1 - \exp[-2 * (7,750 - 4,742)])} \\
& = 0.999
\end{aligned}$$

d.) Sudut 135°

$$\begin{aligned}
ASM & = 0^2 + 0^2 + 0,009^2 + 0,009^2 + \dots + 0^2 \\
& = 0 + 0 + 7,972 * 10^{-5} + 7,972 * 10^{-5} + \dots + 0 \\
& = 0,00893 \\
Contrast & = ((0 - 0)^2 * 0) + (39 - 73)^2 * 0,009 + (39 - 142)^2 * \\
& \quad 0,009 + \dots + ((254 - 254)^2 * 0) \\
& = 0 + 10,321 + 94.723 + \dots + 0 \\
& = 3286,3929
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *correlation*, dilakukan perhitungan rata-rata dari P_x , P_y dan standar deviasi dari P_x , P_y .

$$\begin{aligned}
\mu_x & = (0 * 0) + (1 * 0) + (39 * 0,009) + \dots + (254 * 0,009) \\
& = 0 + 0 + 0,348 + \dots + 2,268 \\
& = 100,321 \\
\mu_y & = (0 * 0) + (1 * 0) + (73 * 0,009) + \dots + (119 * 0,009) \\
& = 0 + 0 + 0,652 + \dots + 1,063 \\
& = 100,321 \\
\sigma_x & = \left(0 * \sqrt{((0 - 100,321)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 100,321)^2)}\right) + \\
& \quad \left(0,009 * \sqrt{((39 - 100,321)^2)}\right) + \dots + \\
& \quad \left(0,009 * \sqrt{((254 - 100,321)^2)}\right) \\
& = 0 + 0 + 0,548 + \dots + 1,372
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
&= 40,992 \\
\sigma_y &= \left(0 * \sqrt{((0 - 100,321)^2)}\right) + \left(0 * \sqrt{((1 - 100,321)^2)}\right) + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((73 - 100,321)^2)}\right) + \dots + \\
&\quad \left(0,009 * \sqrt{((157 - 100,321)^2)}\right) \\
&= 0 + 0 + 0,244 + \dots + 0,167 \\
&= 40,992 \\
Correlation &= \left(\frac{(((0 * 0) * 0) - (100,321 - 100,321))}{40,992 * 40,992}\right) + \\
&\quad \left(\frac{(((73 * 66) * 0,009) - (100,321 - 100,321))}{40,992 * 40,992}\right) + \dots + \\
&\quad \left(\frac{(((254 * 119) * 0,009) - (100,321 - 100,321))}{40,992 * 40,992}\right) \\
&= 0 + (-5,974) + \dots + (-5,829) \\
&= -389453,023
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan nilai rata-rata dari P.

$$\begin{aligned}
\mu &= \frac{0 + 0 + 0,009 + 0,009 + \dots + 0,009}{112} \\
&= \frac{1}{112} \\
&= 0,00893
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
Variance &= ((0 - 0,0089)^2 * 0) + ((39 - 0,0089)^2 * 0,009) + \dots \\
&\quad + ((254 - 0,0089)^2 * 0) \\
&= 0 + 13,574 + \dots + 575,995 \\
&= 12385,637
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
IDM &= \left(\left(\frac{1}{1 + ((0 - 0)^2)}\right) * 0\right) + \left(\left(\frac{1}{1 + ((39 - 73)^2)}\right) * 0,009\right) \\
&\quad + \dots + \left(\left(\frac{1}{1 + ((254 - 119)^2)}\right) * 0,009\right) \\
&= 0 + 7,717 * 10^{-6} + \dots + 4,899 * 10^{-7} \\
&= 0,029
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *variance*, dilakukan perhitungan P_{x+y} .

$$P_{(102)} = P_{(0+102)} + P_{(1+101)} + P_{(46+56)} + P_{(102+0)}$$

$$= 0 + 0 + 0,009 + \dots + 0$$

$$= 0,0178$$

Hasil perhitungan nilai P_{x+y} ditunjukkan pada Tabel 4.47. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.13.

Tabel 0.48 Nilai P_{x+y} sudut 135°

$x+y$	1	2	.....	130	.....	511
P_{x+y}	0	0	.....	0,0178	.....	0

$$AVER = (0 * 0) + (130 * 0,0178) + \dots + (511 * 0)$$

$$= 200,643$$

$$SENT = -((0 * 0 * 0) + (102 * 0,018 * (-4,025)) + \dots + (373 * 0,018 * (-4,025)))$$

$$= -(0 + (-7,332) + \dots + (-26,812))$$

$$= 774,857$$

$$SVAR = ((0 - (-774,857))^2 * 0) + ((102 - (-774,857))^2 * 0,0179) + \dots + ((373 - (-774,857))^2 * 0,0179)$$

$$= 0 + 8084,589 + \dots + 2883,738$$

$$= 335728,048$$

$$Entropy = -((0 * 0) + (0,009 * (-4,736)) + \dots + (0,009 * (-4,718)))$$

$$= -(0 + (-0.042) + \dots + (-0.042))$$

$$= 4,718$$

Sebelum dilakukan perhitungan *difference entropy*, dilakukan perhitungan P_{x-y} .

$$P_{(1)} = P_{(|6-5|)} + P_{(|73-74|)} + \dots + P_{(|254-253|)}$$

$$= 0 + 0,009 + \dots + 0$$

$$= 0,035$$

Hasil perhitungan nilai P_{x-y} ditunjukkan pada Tabel 4.48. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.14.

Tabel 0.49 Nilai P_{x-y} sudut 135°

$x-y$	0	1	.....	20	.....	156
P_{x-y}	0	0,035	.....	0,018	.....	0,018

$$DENT = -((0 * 0 * 0) + (20 * 0,018 * (-4,025)) + \dots + (156 * 0,018 * (-4,025)))$$

$$= -(0 + (-1,438) + \dots + (-11,213))$$

$$= 160,334$$

$$\begin{aligned}
DVAR &= (0^2 * 0) + (20^2 * 0,018) + \dots + (156^2 * 0,018) \\
&= 0 + 7143 + \dots + 434,571 \\
&= 3286,393
\end{aligned}$$

Sebelum dilakukan perhitungan *information measure of correlation* 1 dan 2, dilakukan perhitungan P_x , P_y , HX , HY , $HXY1$, dan $HXY2$.

$$\begin{aligned}
P_{(x=39)} &= P_{(39,0)} + P_{(39,73)} + \dots + P_{(39,254)} \\
&= 0 + 0,0089 + \dots + 0 \\
&= 0,0179
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_x ditunjukkan pada Tabel 4.49. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.15.

Tabel 0.50 Nilai P_x sudut 135°

x	0	1	.....	50	.....	254
P_x	0	0	.....	0,0179	.....	0,0179

$$\begin{aligned}
P_{(y=39)} &= P_{(0,39)} + P_{(73,39)} + \dots + P_{(254,39)} \\
&= 0 + 0,0089 + \dots + 0 \\
&= 0,0178
\end{aligned}$$

Hasil perhitungan nilai P_y ditunjukkan pada Tabel 4.50. Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran B.16.

Tabel 0.51 Nilai P_y sudut 135°

y	0	1	.....	60	.....	254
P_y	0	0	.....	0,0179	.....	0,0179

$$\begin{aligned}
HX &= -((0 * \log(0)) + (0,0179 * \log(0,0179)) + \dots + \\
&\quad (0,0179 * \log(0,0179))) \\
&= -(0 + (-0,0719) + \dots + (-0,0719)) \\
&= 992,651
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
HY &= -((0 * \log(0)) + (0,0179 * \log(0,0179)) + \dots + \\
&\quad (0,0179 * \log(0,0179))) \\
&= -(0 + (-0,0719) + \dots + 0,0719) \\
&= 992,651
\end{aligned}$$

$$maks\{HX, HY\} = 992,651$$

$$\begin{aligned}
HXY1 &= (0 * \log(0 * 0)) + (0,009 * \log(0,018 * 0,018)) + \dots + \\
&\quad (0,009 * \log(0,018 * 0,009)) \\
&= 0 + (-0,072) + \dots + (-0,0781) \\
&= 7,786
\end{aligned}$$

$$HXY2 = (0 * 0 * \log(0 * 0)) + (0,018 * 0,054 * \log(0,018 * 0,054))$$

$$\begin{aligned}
& + \dots + (0,018 * 0,018 * \log(0,018 * 0,018)) \\
& = 0 + (-0,007) + \dots + (-0,003) \\
& = 7,786
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Information Measure of Correlation 1} &= \frac{(4,718 - 7,786)}{992,651} \\
&= -0.003
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
\text{Information Measure of Correlation 2} \\
&= \sqrt{(1 - \exp[-2 * (7,786 - 4,718)])} \\
&= 0.999
\end{aligned}$$

1.1.3 Perhitungan *Manhattan Distance*

Perhitungan *manhattan distance* dilakukan apabila telah didapatkan hasil ekstraksi fitur GLCM yang telah diseleksi. Fitur seleksi yang digunakan dalam perhitungan manual yaitu *Variance* sudut 0° (VAR0), *Variance* sudut 45° (VAR45), *Variance* sudut 90° (VAR90), *Variance* sudut 135° (VAR135) dan *information Measure of Correlation 1* sudut 135° (IMOC135). Seleksi fitur dilakukan menggunakan WEKA dengan metode *Wrapper*. Perhitungan *manhattan distance* dilakukan menggunakan 20 basis data dan $n=5$. Basis data hasil ekstraksi fitur ditunjukkan pada Tabel 4.51. Sedangkan data uji ditunjukkan pada Tabel 4.51.

Tabel 0.52 Basis data

Basis data	VAR0	VAR45	VAR90	VAR135	IMOC135	Kelas
1	24270.48	24304.52	24293.63	24304.22	0.01536	M
2	25887.71	25907.95	25891.69	25907.86	0.015463	H
3	25273.69	25288.73	25267.72	25285.41	0.015474	H
4	27498.78	27538.1	27516.64	27535.09	0.015409	H
5	22543	22567.49	22556.39	22568.12	0.015372	H
6	27512.6	27544.46	27500.73	27525.75	0.015308	H
7	28990.32	29010.38	28988.43	29008.76	0.015334	H
8	27570.59	27606.3	27596.2	27602.39	0.015081	M
9	24571.47	24581.74	24585.15	24588	0.01534	M
10	23233.59	23241.68	23233	23244.63	0.015395	H
11	25198.35	25220.48	25198.81	25218.74	0.015326	M
12	26853.13	26877.3	26865.41	26879.35	0.015436	H
13	28344.27	28381.68	28342.3	28385.26	0.015102	L
14	32207.74	32254.17	32219.54	32254.74	0.015102	M
15	29002.55	29028.99	29000.72	29023.09	0.015141	L
16	20591.55	20613.65	20602.17	20616.01	0.015387	M
17	24383.53	24399.93	24402.07	24404.17	0.015462	H
18	21294.51	21303.89	21305.67	21311.97	0.015372	L
19	23544.2	23551.02	23546.41	23556.51	0.015478	H

Tabel 0.53 Basis data

Basis data	VAR0	VAR45	VAR90	VAR135	IMOC135	Kelas
20	22278.52	22283.63	22275.62	22286.06	0.015517	L

Tabel 0.52 Data Uji

VAR0	VAR45	VAR90	VAR135	IMOC135	Kelas
24097.77	24106.56	24100.66	24104.85	0.01538	M

Langkah-langkah perhitungan *manhattan distance* ditunjukkan sebagai berikut:

1. Perhitungan *manhattan distance*

Perhitungan jarak *manhattan* dilakukan untuk mencari jarak terpendek antara data uji dengan masing-masing basis data. Berikut merupakan perhitungan jarak *manhattan* antara data uji dan basis data menggunakan persamaan 2.31.

$$\begin{aligned}
 MH1(a, b) &= |24097.77 - 24270.48| + |24106.56 - 24304.52| + \\
 &= |24100.66 - 24293.63| + |24104.85 - 24304.22| + \\
 &\quad |0.01538 - 0.01536| \\
 &= 173 + 198 + 193 + 199 + 0 \\
 &= 763
 \end{aligned}$$

Untuk hasil keseluruhan dapat dilihat pada lampiran Tabel 4.53.

Tabel 0.54 Hasil perhitungan jarak *manhattan*

Basis data	<i>Manhattan</i>	Kelas
1	763	M
2	7185	H
3	4706	H
4	13679	H
5	6175	H
6	13674	H
7	19588	H
8	13966	M
9	1917	M
10	3457	H
11	4427	M
12	11065	H
13	17044	L
14	32526	M
15	19646	L
16	13986	M
17	1180	H
18	11194	L
19	2212	H

Tabel 0.53 Hasil perhitungan *euclidean distance*

Basis data	<i>Manhattan</i>	Kelas
20	96410	H

2. Mengurutkan hasil perhitungan jarak *manhattan* dari terkecil hingga terbesar yang ditunjukkan pada Tabel 4.54.

Tabel 0.55 Hasil jarak *manhattan* terurut

Basis data	<i>Manhattan</i>	Kelas
1	763	M
2	1180	H
3	1917	M
4	2212	H
5	3457	H
6	4427	M
7	4706	H
8	6175	H
9	7185	H
10	11065	H
11	11194	L
12	13674	H
13	13679	H
14	13966	M
15	13986	M
16	17044	L
17	19588	H
18	19646	L
19	32526	M
20	96410	H

3. Mengambil data sebanyak $n=5$ dari hasil perhitungan jarak *manhattan* terurut. Data sebanyak $n=5$ tersebut ditunjukkan pada Tabel 4.55.

Tabel 0.56 Data perhitungan jarak *manhattan* terurut sejumlah $n=5$

Basis data	<i>Manhattan</i>	Kelas
1	763	M
2	1180	H
3	1917	M
4	2212	H
5	3457	H

1.2 Perancangan Skenario Pengujian

Pengujian yang dilakukan pada penelitian ini merupakan pengujian terkait algoritme yang digunakan untuk dapat memberikan keluaran berupa citra lubang jalan aspal dengan tingkat kerusakan yang tepat. Evaluasi yang digunakan untuk melakukan pengujian dan analisis yaitu secara *unranked retrieval* dan *ranked retrieval*. Untuk *unranked retrieval* menggunakan pengujian akurasi. Sedangkan *ranked retrieval* menggunakan MAP. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui kinerja dari metode yang digunakan. Berikut merupakan skenario pengujian yang dilakukan pada penelitian ini:

1. Pengujian nilai diameter *kernel bilateral filter*, σ_s dan σ_r

Pada pengujian ini dilakukan untuk melihat pengaruh nilai diameter *kernel bilateral filter*, σ_s dan σ_r terhadap banyaknya citra lubang jalan yang dapat tersegmentasi dengan tepat. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mendapatkan kombinasi nilai diameter *kernel bilateral filter*, σ_s dan σ_r yang dapat menghasilkan segmentasi lubang jalan sebanyak 117 data. Adapun variasi pengujian nilai diameter *kernel bilateral filter* yaitu 75, 101 dan 125. Sedangkan variasi nilai σ_s dan σ_r yaitu 50 dan 50, 50 dan 75, 50 dan 100, 75 dan 50, 75 dan 75, 75 dan 100, 100 dan 50, 100 dan 75, 100 dan 100. Rancangan Pengujian untuk nilai diameter *kernel bilateral filter*, σ_s dan σ_r ditunjukkan pada Tabel 4.57.

Tabel 0.57 Pengujian nilai diameter *kernel bilateral filter*, σ_s dan σ_r

σ_s dan σ_r	Diameter <i>kernel bilateral filter</i>		
	75	101	125
50 dan 50			
50 dan 75			
50 dan 100			
75 dan 50			
75 dan 75			
75 dan 100			
100 dan 50			
100 dan 75			
100 dan 100			

2. Pengujian pada nilai d

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh nilai d sebagai jarak *pixel* pada metode GLCM terhadap nilai akurasi sistem. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memperoleh nilai d yang memberikan nilai akurasi terbaik. Adapun variasi nilai d yang digunakan pada pengujian yaitu $d=1, d=2, d=3, d=4$ dan $d=5$. Pengujian ini dilakukan pada hasil perhitungan

manhattan distance dengan nilai n yaitu $n=5$, $n=10$, $n=15$, $n=20$ dan $n=25$. Rancangan pengujian untuk nilai d ditunjukkan pada Tabel 4.58.

Tabel 0.58 Pengujian pada nilai d

Nilai d	Akurasi n					Rata-rata Akurasi	Speed (s)
	5	10	15	20	25		
1							
2							
3							
4							
5							

3. Pengujian metode seleksi fitur

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh seleksi fitur GLCM terhadap temu kembali citra yang ditunjukkan dengan evaluasi *unranked retrieval* menggunakan akurasi. *Ranked retrieval* menggunakan MAP. Pengujian ini dilakukan pada data yang belum dilakukan seleksi fitur dan yang telah dilakukan seleksi fitur. Adapun metode seleksi fitur yang digunakan yaitu CFS dan *Wrapper* dengan nilai n yaitu $n=5$, $n=10$, $n=15$, $n=20$ dan $n=25$, serta nilai parameter GLCM $d=1$. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk mengetahui metode seleksi apa yang memberikan hasil akurasi dan MAP terbaik. Rancangan pengujian metode seleksi fitur ditunjukkan pada Tabel 4.58 dan Tabel 4.59.

Tabel 0.59 Pengujian metode seleksi fitur menggunakan *unranked retrieval* Akurasi

Metode Seleksi	Akurasi n					Rata-rata Akurasi
	5	10	15	20	25	
Sebelum seleksi						
CFS						
<i>Wrapper</i>						

Tabel 0.60 Pengujian metode seleksi fitur menggunakan *ranked retrieval* MAP

Metode Seleksi	MAP n					Rata-rata MAP
	5	10	15	20	25	
Sebelum seleksi						
CFS						
<i>Wrapper</i>						

4. Pengujian berdasarkan waktu pengambilan citra

Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui apakah variasi waktu pengambilan citra berpengaruh terhadap hasil akurasi. Tujuan dari pengujian ini yaitu untuk memperoleh variasi waktu dari data sebanyak $n=10$ yang memiliki hasil tingkat kerusakan citra lubang jalan sama dengan citra *query*. Pengujian ini dilakukan pada seluruh data uji sebanyak n yang telah terpilih dengan $n=10$. Adapun pembagian waktu pengambilan citra yang digunakan dalam pengujian ini terbagi menjadi 3 yaitu pukul 9-12, pukul 12-15, dan pukul 15-18. Rancangan pengujian berdasarkan waktu pengambilan citra ditunjukkan pada Tabel 4.60.

Tabel 0.61 Pengujian berdasarkan waktu pengambilan citra

Data Uji ke-	Waktu pengambilan citra <i>query</i>	Waktu pengambilan citra hasil		Kelas Prediksi = Kelas Sebenarnya
		Pukul 9-12	Pukul 15-18	
1				
2				
3				
4				
...				
n				
Akurasi				