

BAB 2

LANDASAN TEORI

Bab ini membahas tentang teori penunjang dan penelitian sebelumnya yang berhubungan dengan penerapan metode *invariant moment* untuk mengidentifikasi kesuburan pria melalui kelaianan sperma berdasarkan bentuk sperma (*teratospermia*).

2.1. Spermatozoa

Spermatozoa merupakan sel yang dihasilkan oleh fungsi reproduksi pria. Sel tersebut memiliki bentuk yaitu kepala, badan, dan ekor. Spermatozoa merupakan sel hasil epitel *germinal* yang disebut *spermatogonia*. *Spermatogonia* terletak dalam dua sampai tiga lapisan sepanjang batas luar epitel tubulus. Proses perkembangan *spermatogonia* menjadi spermatozoa disebut *spermatogenesis*. Kepala spermatozoa terdiri atas sel berinti padat dengan hanya sedikit sitoplasma dan lapisan membran sel di sekitar permukaannya. Ekor spermatozoa yang disebut *flagellum*, memiliki tiga komponen utama yaitu: rangka pusat, membran sel, dan sekelompok mitokondria yang terdapat dalam proksimal dari ekor.

2.2. Pembuahan (Fertilisasi)

Fertilisasi merupakan proses penggabungan dari sel sperma dan sel telur beserta kromosom dari kedua sel tersebut. Fertilisasi disebut juga dengan pembuahan, proses pembuahan ini dapat terjadi ketika sel sperma dapat menembus sel telur. Sel sperma dan sel telur berperan penting dalam proses pembuahan ini. Didalam proses pembuahan

dibutuhkan tingkat kesuburan yang baik sehingga sel sperma dan sel telur dapat melebur menjadi satu.

Salah satu yang dapat dilihat dari tingkat kesuburan wanita adalah kematangan sel telur yang siap untuk dibuahi. Tingkat kesuburan pria dapat dilihat dari beberapa hal yaitu banyaknya sperma yang terkandung dalam cairan semen, keaktifan gerak sperma (*motilitas*) sperma, dan banyaknya jumlah sperma yang normal.

2.3. Kelainan Pada Sperma

Ada empat jenis kelainan pada sperma manusia, yaitu :

1. Gangguan Sperma *Azoospermia*

Azoospermia adalah jenis kelainan dimana tidak ditemukan adanya sel sperma dalam cairan semen. *Azoospermia* terjadi karena adanya obstruksi saluran reproduksi (*vas deferens*) yang sering disebut *azoospermia* obstruksi atau adanya kegagalan testis memproduksi spermatozoa yang sering disebut *azoospermia* non-obstruksi (Sudarsono F, *et al.* 2009). Gangguan terjadi akibat adanya penyumbatan di *vas deferens* sehingga sperma tidak bisa keluar dan bercampur dengan air mani. Gejala *azoospermia* tidak bisa dilihat dengan mata telanjang melainkan melalui analisis sperma secara akurat di laboratorium.

2. Gangguan Sperma *Oligospermia*

Oligospermia disebut *oligozoospermia* adalah jenis kelainan sperma dimana jumlah sel tersebut sangat sedikit atau kurang dari kadar normal dalam air mani. *Oligospermia* didefinisikan sebagai jumlah sperma kurang dari 20×10^6 per ml dimana dalam satu ml air mani seharusnya terdapat 20 juta sperma (P Sah, 2004).

3. Gangguan Sperma *Asthenozoospermia*

Asthenozoospermia adalah gerakan sperma (*motilitas*) rendah, kondisi ini terjadi bila sperma yang dikeluarkan tidak memiliki kekuatan untuk berenang dengan cepat melalui lapisan mukosa rahim menuju ovarium untuk membuahi sel telur. Mekanisme fertilisasi pada manusia membuktikan betapa pentingnya *motilitas* sperma pada proses tersebut. *Motilitas* sangat diperlukan oleh spermatozoa untuk mencapai ovum,

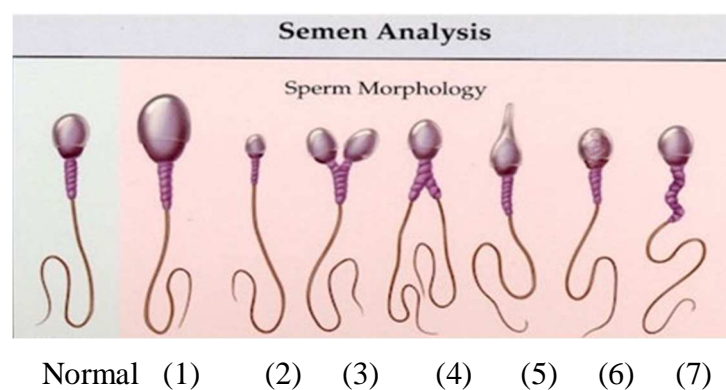
mencapai membran telur, dan mengadakan penetrasi dalam fertilisasi. Oleh karena itu seringkali gangguan *motilitas* spermatozoa menjadi penyebab infertilitas pria walaupun jumlah spermatozoa dalam batas cukup.

4. Gangguan Sperma *Teratospermia*

Teratospermia adalah kondisi dimana bentuk sperma abnormal sangat banyak atau jumlah morfologi sperma normal kurang dari 30%. Penderita *Teratospermia* dikategorikan kedalam tiga kelompok utama yaitu kondisi ringan memiliki 15% sperma normal, kondisi sedang memiliki sperma 10%-15% sel yang masih normal dan kondisi berat yang hanya memiliki 10% sperma normal.

Bentuk sperma normal dan abnormal dapat dilihat pada Gambar 2.1. Bentuk sperma dianggap normal jika memiliki kepala yang oval, leher dan ekor yang panjang. Sedangkan sperma abnormal terdiri dari 7 bentuk, yaitu:

1. *Giant*
2. *Micro Sperm*
3. *Double Head*
4. *Double Body*
5. *Long Head*
6. *Rough head*
7. *Abnormal Middle Piece*



Gambar 2.1. Bentuk Sperma

2.4. Citra

Citra didefinisikan sebagai fungsi dua dimensi $f(x, y)$, dimana x dan y merupakan koordinat spasial dan luasan dari f untuk tiap pasang koordinat (x, y) disebut intensitas atau level keabuan citra pada titik tertentu. Jika x , y , dan nilai intensitas f bersifat terbatas (*finite*), maka citra disebut dengan citra digital (Gonzales, *et al.* 2002). Citra digital adalah citra dua dimensi yang dapat ditampilkan pada layar monitor komputer sebagai himpunan berhingga (diskrit) nilai digital yang disebut piksel (*picture elements*). Piksel adalah elemen citra yang memiliki nilai yang menunjukkan intensitas warna. Berdasarkan cara penyimpanan dan pembentukannya, citra digital dapat dibagi menjadi dua jenis. Pertama citra yang dibentuk oleh kumpulan piksel dalam *array* dua dimensi, citra ini disebut citra bitmap. Kedua citra yang dibentuk oleh fungsi-fungsi geometri dan matematika, citra ini disebut grafik vektor (Andrieseen, 2012).

2.4.1. Citra Warna (*Color Image*)

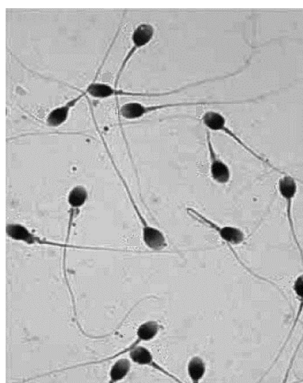
Citra warna atau citra RGB merupakan jenis citra yang menyediakan warna dalam bentuk *red* (R), *green* (G), dan *blue* (B). Setiap komponen warna menggunakan 8 bit, nilainya berada diantara 0 sampai 255. Warna yang disediakan yaitu $255 \times 255 \times 255$. Warna ini disebut juga dengan *true color* karena memiliki jumlah warna yang cukup besar. Citra warna dapat dilihat pada Gambar 2.2.



Gambar 2.2. Citra Warna

2.4.2. Citra Keabuan (*Grayscale*)

Citra keabuan menggunakan warna hitam sebagai warna minimum, warna putih sebagai warna maksimum, dan warna abu-abu yaitu warna diantara warna hitam dan putih. Warna abu-abu merupakan warna dimana komponen merah, hijau, dan biru memiliki intensitas yang sama. Jumlah bit yang dibutuhkan untuk tiap piksel menentukan jumlah tingkat keabuan yang tersedia. Misalnya untuk citra keabuan 8 bit yang tersedia adalah 2^8 atau 256. Citra keabuan dapat dilihat pada Gambar 2.3.



Gambar 2.3. Citra *Grayscale*

2.4.3. Citra Biner

Citra biner merupakan citra yang sangat sederhana, karena terdiri dari dua nilai saja yaitu 0 dan 1. Citra biner hanya berwarna hitam dan putih saja. Citra biner merupakan citra 1 bit karena hanya membutuhkan 1 bit untuk merepresentasikan tiap piksel. Jenis citra ini banyak ditemukan pada citra dimana informasi yang dibutuhkan bentuk secara umum. Citra biner dibentuk dari citra keabuan melalui proses *thresholding*, dimana tiap piksel yang nilainya lebih besar dari nilai *threshold* akan diubah menjadi warna putih (1) dan tiap piksel yang nilai lebih kecil dari *threshold* akan diubah menjadi warna hitam (0). Contoh citra biner ditunjukkan pada Gambar 2.4.



Gambar 2.4. Citra Biner

2.5. Pengolahan Citra (*Image Processing*)

Pengolahan citra merupakan proses pengolahan dan analisis citra yang banyak melibatkan persepsi visual. Proses ini mempunyai ciri data masukan dan informasi keluaran yang berbentuk citra. Istilah pengolahan citra digital secara umum didefinisikan sebagai pemrosesan citra dua dimensi dengan komputer. Dalam definisi yang lebih luas, pengolahan citra digital juga mencakup semua data dua dimensi (Imron, 2013). Operasi citra digital umumnya dilakukan dengan tujuan memperbaiki kualitas suatu gambar sehingga dapat dengan mudah diinterpretasikan oleh mata manusia dan untuk mengolah informasi yang ada pada suatu gambar untuk kebutuhan identifikasi objek secara otomatis (Murinto, 2009).

2.5.1. Grayscale

Grayscale merupakan proses mengubah citra warna (RGB) menjadi citra keabuan. *Grayscale* digunakan untuk menyederhanakan model citra RGB yang memiliki 3 layer matriks, yaitu layer matriks *red*, *green*, dan *blue* menjadi 1 layer matriks keabuan. *Grayscale* dilakukan dengan cara mengalikan masing-masing nilai *red*, *green*, dan *blue* dengan konstanta yang jumlahnya 1.

Citra keabuan menggunakan warna hitam sebagai warna minimum, warna putih sebagai warna maksimum dan warna diantara hitam dan putih, yaitu abu-abu. Abu-abu merupakan warna dimana komponen merah, hijau, dan biru mempunyai intensitas yang sama. *Grayscale* dilakukan dengan cara mencari nilai rata-rata dari total nilai RGB, ditunjukkan pada persamaan 2.1.

$$G = \frac{R+G+B}{3} \quad (2.1)$$

Dimana:

G = nilai hasil *grayscale*

R = nilai *red* dari sebuah piksel

G = nilai *green* dari sebuah piksel

B = nilai *blue* dari sebuah piksel

Jumlah bit yang diperlukan untuk tiap piksel menentukan jumlah tingkat keabuan yang tersedia. Misalnya untuk citra keabuan 8 bit, tingkat keabuan yang tersedia adalah 28 atau 256.

2.5.2. Gaussian

Gaussian filtering didapat dari hasil operasi konvolusi. Operasi perkalian yang dilakukan ialah perkalian antara matriks kernel dengan matriks gambar asli. Matriks kernel *gauss* didapat dari fungsi komputasi dari distribusi *gaussian*, seperti pada persamaan 2.2.

$$G(i, j) = c. e^{-\frac{(i-u)^2 + (j-v)^2}{2\sigma^2}} \quad (2.2)$$

Dimana:

C dan σ = konstanta

G (i, j) = elemen matriks kernel *gauss* pada posisi (i, j)

(u, v) = indeks tengah dari matriks kernel *gauss*

Contoh matriks kernel *gauss* 5 x 5 dengan $\sigma = 1.0$ ditunjukkan pada Tabel 2.1.

Tabel 2.1. Matriks Kernel Gauss 5 x 5 dengan $\sigma = 1.0$

| | | | | |
|---|----|----|----|---|
| 1 | 4 | 7 | 4 | 1 |
| 4 | 16 | 26 | 16 | 4 |
| 7 | 26 | 41 | 26 | 7 |
| 4 | 16 | 26 | 16 | 4 |
| 1 | 4 | 7 | 4 | 1 |

Perkalian antara bobot matriks gambar asli dengan bobot matriks kernel *gauss* ditunjukkan pada persamaan 2.3.

$$Pixel\ B(i,j) = \frac{1}{K} \cdot \sum_{p=0}^{N-1} \left(\sum_{q=0}^{M-1} G(p,q) \cdot Pixel\ A \left(i + p - \frac{(N-1)}{2}, j + q - \frac{(M-1)}{2} \right) \right)$$

Dimana:

- Piksel A = gambar A (Gambar Asli)
 Piksel B(i,j) = bobot hasil perkalian pada posisi (i,j)
 N = jumlah kolom matriks kernel
 M = jumlah baris matriks kernel
 K = jumlah semua bobot di G
 G(p,q) = elemen matriks kernel *gauss* pada posisi (p,q)

2.5.3. Thresholding

Cara untuk mengubah citra keabuan menjadi citra biner adalah *thresholding*. Proses *thresholding* menggunakan nilai batas (*threshold*) untuk mengubah nilai piksel pada citra keabuan menjadi hitam atau putih. Jika nilai piksel pada citra keabuan lebih besar dari *threshold*, maka nilai piksel akan diganti dengan 1 (putih), sebaliknya jika nilai piksel citra keabuan lebih kecil dari *threshold* maka nilai piksel akan diganti dengan 0 (hitam).

Thresholding sering disebut dengan proses binerisasi. *Thresholding* dapat digunakan dalam proses segmentasi citra untuk mengidentifikasi dan memisahkan objek yang diinginkan dari background berdasarkan distribusi tingkat keabuan atau tekstur citra (Liao, 2001). Proses *thresholding* ditunjukkan pada persamaan 2.4.

$$g(x,y) \begin{cases} 1 & \text{if } f(x,y) < T \\ 0 & \text{if } f(x,y) \geq T \end{cases} \quad (2.4)$$

Dimana:

- g (x,y) = piksel citra hasil binerisasi
 f (x,y) = piksel citra asal
 T = nilai *threshold*

2.6. Labelling

Labelling merupakan salah satu bentuk operasi pengolahan citra untuk segmentasi citra digital. *Connected component labelling* merupakan teknik yang dapat digunakan untuk mengklasifikasikan *region* atau objek dalam citra digital. Teknik ini memanfaatkan teori *connectivity* piksel pada citra. Piksel-piksel dalam *region* disebut *connected* (ada konektifitasnya atau *connectivity*) bila mematuhi aturan piksel. Aturan piksel ini memanfaatkan sifat ketetanggaan piksel, piksel-piksel yang ada dihubungkan berdasarkan hubungan ketetanggaan. Terdapat dua konektivitas yang dapat digunakan yaitu 4-konektivitas (*4-connected neighbors*), dan 8-konektivitas (*8-connected neighbors*). 4-konektivitas apabila piksel-piksel yang berdekatan dikatakan memiliki hubungan 4-konektivitas jika piksel-piksel tersebut terletak berdampingan secara horizontal dan vertikal. Kumpulan piksel-piksel ini disebut juga dengan *4 neighbors of P*. Pada konsep 4-konektivitas ini apabila terdapat 2 piksel yang bersinggungan secara diagonal maka akan dianggap 2 objek. Model 4-konektivitas dapat dilihat pada Tabel 2.2.

Tabel 2.2 Model 4-konektivitas

| | | |
|------------|------------|-----------|
| | P (x, y-1) | |
| P (x-1, y) | P (x,y) | P(x+1, y) |
| | P (x, y+1) | |

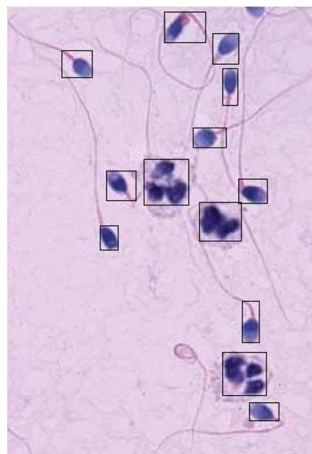
Pada konsep 8-konektivitas apabila terdapat 2 piksel yang bersinggungan baik secara diagonal maupun secara horizontal dan vertikal maka akan dianggap 1 objek. Model 8-konektivitas dapat dilihat pada Tabel 2.3.

Tabel 2.3 Model 8-konektivitas

| | | |
|--------------|------------|--------------|
| P (x-1, y-1) | P (x, y-1) | P (x+1, y-1) |
| P (x-1, y) | P (x, y) | P (x+1, y) |
| P (x+1, y+1) | P (x, y+1) | P (x+1, y+1) |

2.7. *Bounding Box*

Bounding box adalah salah satu metode untuk pendeteksian suatu objek, *bounding box* ini berguna juga untuk memisahkan objek yang satu dengan objek yang lain. Teknik *bounding box* ini sangat mudah dengan cara melakukan pengecekan terhadap piksel-piksel terlebih dahulu, setelah itu dengan membandingkan nilai maksimum dan minimum pada koordinat x dan y. *Bounding box* dapat dilakukan setelah proses *labelling*. Contoh proses *bounding box* dapat dilihat pada Gambar 2.5.



Gambar 2.5. *Bounding Box*

2.8. *Invariant moment*

Invariant moment adalah salah satu metode untuk ekstraksi ciri bentuk yang ada pada pengolahan citra. *Invariant moment* pertama kali dipublikasikan oleh Hu pada tahun 1961. Terdapat tujuh nilai yang dihasilkan dari *invariant moment* untuk ekstraksi ciri pada sebuah objek citra digital. Nilai-nilai tersebut bersifat independen terhadap translasi, rotasi, dan perskalaan. Momen yang mentransformasikan fungsi citra $f(i,j)$ pada system diskrit dinyatakan pada persamaan 2.5.

$$m_{pq} = \sum_{x=0}^{H-1} \sum_{y=0}^{W-1} x^p y^q f(x,y) \quad (2.5)$$

Dimana m merupakan momen yang akan dicari, p dan q merupakan integer yaitu $0,1,2,\dots$, H merupakan tinggi citra, W merupakan lebar citra, x merupakan baris,

y merupakan kolom, dan $f(x,y)$ merupakan nilai intensitas citra. Selanjutnya momen pusat untuk suatu citra dinyatakan pada persamaan 2.6.

$$\mu_{pq} = \sum_{x=0}^{H-1} \sum_{y=0}^{W-1} (x - \bar{x})^p (y - \bar{y})^q f(x, y) \quad (2.6)$$

$$\text{Dimana:} \quad \bar{x} = \frac{m_{10}}{m_{00}} \quad \text{dan} \quad \bar{y} = \frac{m_{01}}{m_{00}} \quad (2.7)$$

Setelah mendapatkan nilai μ_{11} , μ_{20} , μ_{02} , μ_{30} , μ_{03} , μ_{12} , dan μ_{21} untuk setiap objek, maka masuk ke persamaan 2.8 menormalisasikan nilai momen pusat:

$$\eta_{pq} = \frac{\mu_{pq}}{\mu_{00}^\gamma} \quad (2.8)$$

$$\text{Dimana:} \quad \gamma = \frac{p+q}{2} + 1 \quad (2.9)$$

$$\mu_{00} = m_{00}$$

Maka akan didapatkan nilai normalisasi momen pusat dari setiap objek η_{11} , η_{20} , η_{02} , η_{30} , η_{03} , η_{12} , dan η_{21} . Setelah itu masuk ke dalam persamaan 2.10 untuk mendapatkan tujuh nilai *invariant moment* untuk setiap objek.

$$\begin{aligned} \phi_1 &= \eta_{20} + \eta_{02} \\ \phi_2 &= (\eta_{20} - \eta_{02})^2 + 4\eta_{11}^2 \\ \phi_3 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})^2 + (3\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_4 &= (\eta_{30} + \eta_{12})^2 + (\eta_{21} + \eta_{03})^2 \\ \phi_5 &= (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad + (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ \phi_6 &= (\eta_{20} - \eta_{02})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] + 4\eta_{11}(\eta_{30} + \eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03}) \\ \phi_7 &= (3\eta_{21} - \eta_{03})(\eta_{30} + \eta_{12})[(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - 3(\eta_{21} + \eta_{03})^2] \\ &\quad - (\eta_{30} - 3\eta_{12})(\eta_{21} + \eta_{03})[3(\eta_{30} + \eta_{12})^2 - (\eta_{21} + \eta_{03})^2] \end{aligned} \quad (2.10)$$

2.9. Euclidean Distance

Euclidean Distance merupakan teknik yang paling sederhana untuk menghitung jarak antara dua vektor. Misalkan diberikan dua buah vektor fitur p dan q, maka jarak di antara dua vektor fitur p dan q dapat ditentukan dengan persamaan 2.11.

$$P = (p_1, p_2, \dots, p_n) \quad (2.11)$$

$$Q = (q_1, q_2, \dots, q_n)$$

$$d = \sqrt{(p_1 - q_1)^2 + (p_2 - q_2)^2 + \dots + (p_n - q_n)^2} = \sqrt{\sum_{i=1}^n p_i - q_i}$$

Dimana P dan Q adalah citra, d adalah ukuran jarak antara citra *query* dan citra yang ada pada *database*. p adalah vektor fitur pada citra P dan q adalah vektor fitur pada citra Q (Karimah, 2014).

2.10. *Running Time*

Running time adalah waktu yang digunakan oleh sebuah algoritma untuk menyelesaikan masalah pada sebuah komputer, dihitung mulai dari algoritma dijalankan sampai algoritma berhenti. Jika prosesor-prosesor tidak mulai dan selesai pada saat yang bersamaan, maka *running time* dihitung mulai saat komputasi pada prosesor pertama dimulai hingga pada saat komputasi pada prosesor terakhir selesai.

2.11. *Penelitian Terdahulu*

Penelitian ini menjelaskan algoritma yang digunakan untuk menemukan sperma di gambar kontras rendah. Pertama, sebuah algoritma untuk perbaikan citra diterapkan untuk menghilangkan partikel tambahan dari gambar. Kemudian, partikel *foreground* (termasuk sperma dan sel bulat) disegmentasi untuk memisahkan dengan latar belakang. Akhirnya sperma dapat dideteksi dan terpisahkan dari sel-sel lain (Vahid Reza Nafisi, *et al.* 2005).

Penelitian ini menerapkan algoritma pengolahan citra di alat dibantu komputer untuk analisis obyektif morfologi sperma manusia, umumnya dikenal sebagai *Automated Sperma Morfologi Analyzer* (ASMA). Tahap pertama yang dijelaskan adalah deteksi dan ekstraksi *spermatozoon* individu dari suatu gambar yang berisi beberapa spermatozoa dan biologis sisanya juga. Sebuah metode baru untuk segmentasi akrosom, inti dan pertengahan sepotong *spermatozoon*. Metode yang disebut *n-fusion* diperkenalkan dalam penelitian ini, algoritma segmentasi diimplementasikan dalam perangkat komputer ini, algoritma ini telah diuji dengan

database 250 gambar *spermatozoon* dan hasilnya cukup akurat (Henry Carrillo, *et al.* 2007).

Penelitian ini berfokus pada klasifikasi morfologi spermatozoa baik yaitu normal atau abnormal menggunakan matlab. Tahap pertama adalah tahap *pre processing* citra yang melibatkan konversi RGB gambar ke gambar skala abu-abu dan kemudian *noise* gambar dihapus menggunakan *median filter*. Tahap kedua adalah deteksi dan ekstraksi individu *spermatozoon* yang melibatkan ekstraksi objek sperma dari gambar menggunakan algoritma deteksi tepi sobel. Tahap ketiga *spermatozoon* dibagi ke dalam berbagai wilayah yang menarik seperti kepala sperma, badan dan ekor. Tahap keempat melibatkan pengukuran statistik *spermatozoon* yang mengklasifikasikan spermatozoa normal atau abnormal (Abbiramy & Shanthy, 2010).

Penelitian ini menggunakan metode *Bayesian Classifier* untuk segmentasi sperma Akrosom, Nucleus, Mid-sepotong dan identifikasi ekor sperma melalui beberapa poin yang ditempatkan pada ekor sperma memanfaatkan *expectation-entropi* berdasarkan *expectation maximization* (EM) algoritma dan *Markov Random Field* (MRF) Model untuk mendapatkan dan meng-*upgrade* kelas *conditional probability density function* (CCPDF) dan probabilitas apriori dari masing-masing kelas (Ahmad Bijar, *et al.* 2012).

Adapun ringkasan dari penelitian terdahulu dapat dilihat pada Tabel 2.4.

Tabel 2.4. Penelitian Terdahulu

| No | Judul | Peneliti | Tahun | Metode |
|----|--|--------------------------------|-------|--|
| 1. | <i>Sperm Identification Using Elliptic Model and Tail Detection.</i> | Vahid Reza Nafisi <i>et al</i> | 2005 | <i>Two step Thresholding Algorithm</i> |
| 2. | <i>Spermatozoon Segmentation Towards an Objective Analysis of Human Sperm Morphology</i> | Henry Carrillo <i>et al</i> | 2007 | <i>Nth Fusion Methode</i> |
| 3. | <i>Spermatozoa Segmentation and</i> | Abbiramy & Shanthy | 2010 | <i>Sobel Edge Detection</i> |

| | | | | |
|----|--|-----------------------------|------|--|
| | <i>Morphological Parameter Analysis Based Detection of Teratozoospermia</i> | | | |
| 4. | <i>Fully automatic identification and discrimination of sperm's parts in microscopic images of stained human semen smear</i> | Ahmad Bijar <i>et</i> al | 2012 | <i>Rotating Calipers Algorithm</i> |