



SYSTEMATIC REVIEW: PERKEMBANGAN MACHINE LEARNING PADA SPERMA MANUSIA

Aristoteles¹⁾, Admi Syarif^{2*)}, Favorisen R. Lumbanraja³⁾

¹ FMIPA, Mahasiswa Doktor MIPA, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

^{2,3} FMIPA, Ilmu Komputer, Universitas Lampung, Bandar Lampung, Indonesia

Email: ¹aristoteles.1981@fmipa.unila.ac.id, ³favorisen.lumbanraja@fmipa.unila.ac.id

Korespondensi: ^{2*}admi.syarif@fmipa.unila.ac.id

Abstrak—Reproduksi merupakan proses dimana organisme memperbanyak diri yang tujuannya adalah mempertahankan kelangsungan hidup spesiesnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui perkembangan reproduksi pada manusia. Studi ini merupakan penyusunan studi literatur yang dilakukan dengan penelusuran di Google dan Google Scholar yang menggunakan kata kunci Sperma, Fertilisasi dan Reproduksi Manusia. Dari hasil penelusuran dan pemahaman jurnal didapatkan artikel yang masuk kedalam kriteria inklusi, bahwa semakin meningkat kemajuan tentang penelitian yang mengaitkan dengan kata kunci fertilisasi, sperma dan juga reproduksi manusia. Terdapat juga faktor-faktor yang bisa mempengaruhi tingkat kesuburan, serta terdapat pula aplikasi yang dapat mendeteksi tingkat kesuburan sperma.

Kata Kunci: Fertilitas, Reproduksi manusia, Sperma, systematic

Abstract—*Reproduction is the process by which organisms reproduce themselves to maintain the life of their species. This study aims to determine the development of reproduction in humans. This study is a compilation of literature studies conducted by searching on Google and Google Scholar using the keywords Sperm, Fertilization and Human Reproduction. From the results of the search and understanding of the journal, it is found that articles that fit into the inclusion criteria show that there is increasing progress in research related to the keywords fertilization, sperm and human reproduction. There are also factors that can affect the level of fertility factors, and there are also applications that can detect the level of sperm fertility.*

Keywords: Fertility, Human Reproduction, Sperm, Systematic Review

1. PENDAHULUAN

Makhluk hidup atau dalam ilmu biologi biasa disebut dengan organisme merupakan entitas yang mampu menjalankan fungsi-fungsi dalam kehidupan. setiap organisme memiliki sel di dalam bagian tubuhnya. Makhluk hidup diklasifikasikan berdasarkan taksonominya yang dikelompokkan menjadi beberapa kelompok seperti contohnya manusia, hewan dan tumbuhan. Semua jenis organisme yang ada di muka bumi ini mampu melakukan reproduksi, pemeliharaan diri, pertumbuhan dan perkembangan, serta melakukan respon terhadap rangsangan. Makhluk hidup melakukan reproduksi agar tidak kehilangan keturunannya untuk menurunkan gen atau sifat dari induk atau dari makhluk hidup sejenis yang sebelumnya.

Reproduksi bisa disebut juga dengan pembiakan kembali, maksudnya adalah reproduksi tersebut merupakan proses dari awal benih sampai terbentuknya wujud yang jelas [1]. Reproduksi bisa juga diartikan sebagai proses biologis dari individu atau makhluk hidup untuk menghasilkan individu atau makhluk hidup baru. Reproduksi ini merupakan cara dasar untuk mempertahankan keturunan atau diri dari makhluk hidup terdahulu untuk menghasilkan generasi-generasi selanjutnya.

Melanjutkan keturunan atau generasi merupakan keinginan dari hampir seluruh makhluk yang ada di bumi. Manusia menginginkan keturunan yang baik serta sehat untuk melanjutkan gen dari generasi sebelumnya. Pada manusia untuk menghasilkan keturunan perlu diawali dengan peristiwa fertilisasi. Fertilisasi merupakan suatu proses penyatuan sel gamet jantan dan sel gamet betina sehingga terbentuklah zigot yang nantinya akan berkembang menjadi suatu embrio sebagai cikal bakal individu baru. Pengertian lain dari fertilisasi adalah kemampuan laki dan perempuan untuk mendapatkan anak dengan melakukan hubungan intim tanpa pakai alat kontrasepsi.

Proses berkembang biak yang dialami oleh manusia yaitu dengan cara fertilisasi yang dimana menyatukan sel gamet pria yang berupa sperma dan sel gamet wanita berupa sel ovum. Dalam proses ini sangat penting dalam memperhatikan suatu kualitas kesuburan dari masing-masing sel sperma dan sel ovum. Ada beberapa kasus yang menyebabkan gagalnya pembuahan dalam fertilisasi yang disebabkan oleh kualitas dari sel sperma tidak dalam kondisi subur atau infertilitas.

Menurut data yang ada dari badan kesehatan dunia yaitu WHO, tingkat kesuburan reproduksi pada manusia telah turun drastis. Data WHO menunjukkan 50 sampai 80 juta pasangan subur mengalami infertilitas, sedangkan wilayah Indonesia sekitar 10-15%. Prevalensi infertilitas mencapai 6,08% pada wanita usia subur. Ketidaksuburan tertinggi pada umur 20-24 tahun dengan perkiraan 21,3%, dan terendah ada pada umur 40-44 tahun dengan



perkiraan 3,3%. Infertilitas dapat didefinisikan sebagai ketidakmampuan untuk bisa hamil dalam kurun waktu setelah setahun teratur dalam hubungan sek tanpa pakai kontrasepsi [2].

Kesehatan reproduksi sangat penting untuk menunjang hasil dari reproduksi. Kesehatan reproduksi diartikan sebagai suatu kondisi yang menjamin bahwa fungsi reproduksi mampu berlangsung dalam keadaan sejahtera fisik, mental, maupun sosial dan bukan saja terbebas dari penyakit atau gangguan fungsi alat reproduksi [3].

Seiring perkembangan zaman, sekarang sudah muncul beberapa teknologi untuk membantu untuk mengetahui kesehatan reproduksi secara lebih mudah agar dapat mengurangi tingkat infertilitas. Beberapa penemuan juga sudah menggunakan metode-metode untuk mencoba meningkatkan fertilitas manusia seperti pengukuran motilitas sperma dengan Adaptive Local Threshold dan Ellipse Detection. Serta untuk teknologi salah satu contohnya yaitu penggunaan android pada Prediksi Kualitas Sperma.

Banyak jurnal yang telah membahas penelitian tentang reproduksi pada manusia hingga menjadikan penelitian untuk menunjang suatu perkembangan teknologi dibidang kesehatan terutama pembahasan dalam fertilisasi hingga kualitas kesuburan sperma pada manusia. Dalam penelitian [4], eksperimental menggunakan metode post test only control group desain. Percobaan [4] ini digunakan empat group yang terdiri dari 36 tikus yang dipilih secara acak. Kesimpulan yang didapat yaitu nikotin dapat peningkatan kadar MDA serum tetapi belum bisa mengakibatkan kesuburan.

Pada [5] menunjukan kesuksesan dapat dilihat dengan adanya denyut jantung dan kelahiran bayi hidup. Kesimpulan yang didapatkan adalah yaitu kehamilan 34% untuk umur kurang dari 30 tahun, antara 31-35 tahun mencapai 33,75%, sedangkan 34 – 40 tahun adalah 26% dan lebih dari 40 tahun mencapai 8%.

Pada penelitian [6] untuk mengukur tingkat motilitas sperma dengan metode pendeteksi sperma Adaptive Local Threshold dan Ellipse Detection yang sesuai dengan standar dari WHO. Hasil yang didapatkan pada penelitian [6] ini yaitu analisis terkecil 5,7333% dan terbesar 10,4667% dibandingkan dengan hasil analisis secara visual oleh androlog.

Pada penelitian yang dibahas oleh [7] ini bertujuan untuk mengetahui profil zona pelusida manusia (Homo Sapiens) secara In Silico, dan bagaimana posisi O-Linked dan N-Linked pada sekuen ZP manusia untuk memprediksi interaksi antara ZP dengan ADAM2. Hasil dari penelitiannya menunjukkan zona pelusida (ZP) bahwa ZP3 berperan sebagai reseptor primer dalam ikatan dengan spermatozoa pada oosit dan mengurangi reaksi akrosom. Penelitian [8] ini menggunakan metode Naive Bayes dalam prediksi kualitas sperma pada teknologi android. Hasil akurasi 66,67% pada proses klasifikasi.

Penelitian oleh [9] menggunakan metode eksperimental post-test control group design pada sampel semen pria sehat usia 25-35 tahun. Data yang digunakan adalah 10 orang dengan kriteria minimal memiliki sperma 20 juta/ml dan minimal volume semen 2 ml. Hasil kesimpulan menunjukkan bahwa ekstrak terung ungu dapat mempengaruhi rendah kualitas pergerakan dan daya hidup spermatozoa. Penelitian [10] menggunakan neuron layer input (9), layer tersembunyi (2), dan layer luaran (1). Disimpulkan bahwa klasifikasi fertilitas 80,32% pada data kelas "Normal" serta sensitifitas sebesar 89,6%. "Tidak Normal" spesifitas mencapai 26,47%. Pada validasi K-Fold cross yang diterapkan untuk 100 data memiliki rataan akurasi 86%, rataan sensitivitas 91,99% dan rataan spesifitas 52,50%. Pada penelitian dilakukan oleh [11] menunjukan bahwa metode komparatif *Alpha Glucosidase* tidak mengakibatkan secara nyata terhadap pergerakan, morfologi dan konsentrasi pada infertil. Sedangkan penelitian yang diteliti oleh [12] memiliki tujuan yaitu mengetahui pergerakan dan daya hidup sperma pascavitrifikasi dengan menggunakan tipe krioprotektan. Hasil penelitian bahwa media vitrifikasi adalah media terbaik untuk menjaga pergerakan dan daya hidup sperma pascavitrifikasi.

Sperma aktif dapat dihitung dengan menggunakan Otsu Threshold (OT) dan Local Adaptive Threshold (LAT) [13]. Tujuannya adalah perbandingan antara OT dengan (LAT) dari sejumlah data frame video sperma dalam bentuk segementasi. Hasil yang didapat adalah akurasi 82% untuk OT dan 52% LAT.

Dari beberapa penelitian diatas, tujuan dari pembahasan jurnal ini adalah untuk mengetahui perkembangan dari hasil penelitian berdasarkan beberapa jurnal yang telah dilakukan oleh banyak peneliti dalam kurun waktu 10 tahun terakhir hingga saat ini.

2. METODE PENELITIAN

Penyusunan studi literatur ini dimulai dengan pengumpulan jurnal melalui Google dan Google Scholar dengan menggunakan kata kunci sperma, fertilisasi, dan sistem reproduksi manusia. Jurnal yang masuk kedalam kriteria inklusi adalah jurnal yang telah terpublikasi minimal di jurnal nasional dan membahas pokok bahasan yang dicari, tahun publikasi terhitung baru, antara 10 tahun terakhir mulai dari tahun 2011 sampai 2021 dengan metodologi penulisan jurnal yang baik. Jika jurnal yang tidak memenuhi persyaratan maka akan di eksklusikan.



Data inklusi selanjutnya dilakukan tabulasi dengan menggunakan aplikasi pengolahan data dan pengolahan matematika, dibuat pembahasan dan kesimpulannya..

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari studi literatur didapatkan hasil sebagai berikut :

Tabel 1. Hasil Studi Literatur Perkembangan Penelitian tentang Sperma dengan Teknologi Komputer

No	Perkembangan Penelitian Reproduksi	Literatur
1.	Pengenalan pengetahuan tentang alat reproduksi dan kegunaanya: Penjabaran sistem reproduksi manusia, aplikasi pembelajaran menggunakan metode <i>computer based instruction</i> .	[14], [15]
2	Hubungan reproduksi dengan fertilitas pada laki-laki : Pemeriksaan biru anilin dan biru toluidin, jumlah spermatozoa, tingkat mobilitas sperma menggunakan CASA, motilitas spermatozoa dengan uji klinis, mengetahui perbedaan parameter fragmentasi DNA sperma,	[6], [9], [10], [11], [12], [16], [17], [18], [19], [20], [21], [22], [23]
3.	Penerapan teknologi dibidang IT terhadap penelitian reproduksi: Histogram citra, K-NEAREST NEIGHBOR, data mining sperma berbasis android, Convolutional Neural Network (CNN), algoritma CART, Naïve Bayes dengan Algoritma Genetika Result.	[8], [18], [23], [24], [25], [26],
4.	Enam model <i>deep leaning network</i> , Algoritma <i>Central coordinate tracking</i> , metode <i>deepsperm</i> dengan beberapa parameter	[27], [28], [29]

Berdasarkan dari banyaknya literatur yang dikumpulkan yakni menggambarkan perkembangan penelitian pada topik reproduksi manusia mulai dari penjelasan secara umum tentang organ reproduksi manusia serta kegunaanya hingga penelitian yang meneliti tingkat kesuburan seseorang terhadap reproduksi manusia menggunakan metode-metode yang berkaitan dengan bidang IT. Reproduksi merupakan menghasilkan keturunan baru dengan tujuan mempertahankan dan melestarikan sehingga agar tetap hidup dan tidak punah, dengan diawali dengan fertilisasi [14].

Penelitian [15] melakukan pembelajaran reproduksi manusia dengan metode *computer base instruction* agar para siswa memahami dan mengenal reproduksi. Reproduksi pada manusia normalnya dilakukan dengan cara pembuahan dari sel gamet laki-laki dan sel gamet perempuan sehingga menghasilkan sel baru yang dapat berkembang menjadi suatu zigot yang akan tumbuh sebagai cikal bakal manusia. Harus kita ketahui bahwa ada kasus yang dapat menyebabkan suatu kegagalan dalam pembuahan dikarenakan dari salah satu pasangan yang mengalami infertilitas atau tidak subur.

Salah satunya kita dapat menganalisis tentang gangguan kesuburan pria dengan cara analisis sperma. Apoptosis merupakan mekanisme yang mengatur spermatogenesis pada manusia dan terdapat perbedaan yang jelas pada penanda molekuler apoptosis antara pria dengan parameter sperma normal dan pria dengan parameter abnormal. Apoptosis spermatozoa akan muncul diakibatkan dari cedera yang dialami oleh testis, seperti paparan racun, varikokel, torsio testis, kekurangan hormone dan kelainan genetik. Infertilitas pada pria tampaknya berkorelasi positif dengan peningkatan kadar sperma apoptosis dan kerusakan DNA sperma kemudian apoptosis sperma telah dianggap sebagai penanda untuk pengecekan gangguan kesuburan pada pria [16].

Selain pengecekan melalui analisis apoptosis spermatogenesis kita dapat pula membuktikannya dengan mengevaluasi kromatin sperma sebagai indikator kualitas kesuburan pria. Biru anilin dan biru toluidin adalah



kunci dalam pemeriksaan kromatin pada sperma. Pemeriksaan biru anilin dan biru toluidin digunakan untuk melihat kematangan dari kromatin sperma berdasarkan biru anilin dan untuk melihat kepadatan kromatin sperma dapat diperiksa dengan pemeriksaan biru toluidin. Dari beberapa penelitian menunjukkan bahwa pemeriksaan biru anilin dan biru toluidin sangat dianjurkan untuk melengkapi pemeriksaan analisis semen dalam pemeriksaan fertilitas pria [17]. Dalam penelitian sebelumnya spermatogenesis adalah penentu kesuburan pria berdasarkan sel sperma yang normal. Penelitian berikutnya yakni masih berhubungan dengan spermatogenesis yang membahas tentang perhitungan banyaknya sperma dengan *image processing* yang di dapat dari mikroskop digital. Tujuan dari penelitian ini yaitu untuk pembuatan desain yang dapat menghitung jumlah spermatozoa dengan output berupa data gambar digital dengan metode labelling dan eccentricity. Ada sebanyak 14 sampel citra yang diolah kedalam bentuk citra grayscale lalu untuk menghilangkan noise pada citra grayscale harus di filter menggunakan low pass filter. Dari data histogram yang didapat rata-rata 175 untuk thresholding. Perbaikan data dapat dilakukan dilasi dan erosi sebesar 6 pixel, sehingga hasil segmentasi dilanjutkan dengan labelling. Tujuan adalah pemisahan objek dengan nilai ambang luasan objek dan eccentricity untuk memastikan morfologi kepala spermatozoa sesuai. Hasil mendapatkan akurasi perhitungan spermatozoa sebesar 100% sehingga sangat membantu dalam pembuatan bahan yang akan dianalisis [18].

Faktor dari luar atau faktor eksternal dapat mempengaruhi suatu kualitas sperma diantaranya yakni usia, demam tinggi, kebiasaan merokok dan konsumsi alkohol. Dalam penelitian ini peneliti membuat suatu aplikasi yang dapat membantu mendiagnosa secara dini kesuburan sperma. Proses dimulai dari pencarian kriteria dan membuat data training dengan mengambil hasil dari UCI Repository. Langkah selanjutnya adalah perhitungan metode K-NN yang memberikan hasil berupa diagnosis sperma. Hasil dari penelitian ini adalah antarmuka aplikasi website, dan dari hasil pengujian akurasi data K-NN yang dilakukan dengan 60 data latih dan pengujian data 20, diperoleh nilai akurasi sebesar 85% [24].

Faktor eksternal lainnya yakni perbandingan kualitas spermatozoa untuk analisis semen pria dari pasangan infertilitas dengan riwayat merokok dan tidak merokok. Dalam kasus infertilitas pada pria sering disebabkan oleh kelainan pada pre testicular, testicular, dan post testicular. Salah satu faktor penyebab resiko infertilitas adalah merokok, karena rokok mengandung zat toksin yang dapat menyebabkan peningkatan Reactive Oxygen Species (ROS) yang di kemudian hari akan menyebabkan stress oksidatif jaringan sehingga mengganggu kualitas dari sperma. Berdasarkan 64 sampel yang memenuhi kriteria dihasilkan kesimpulan dari penelitiannya bahwa pria yang infertilitas tidak terdapat perbedaan bermakna kualitas spermatozoa pria dari pasangan infertil dengan riwayat merokok dan tidak [19]. Selain dengan pengecekan riwayat merokok pada seorang pria, dapat juga dengan menganalisis plasma sperma dengan analisis trace element alpha glucosidase. Melalui uji fishers exact dianalisis sebanyak 21 plasma sperma dengan menggunakan metode komparatif untuk diberikan trace element alpha glucosidase. Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dari 21 plasma sperma didapatkan nilai dari Alpha glucosidase sama sekali tidak berpengaruh signifikan terhadap Motilitas, Morfologi dan konsentrasi terhadap kasus infertil: Morfologi uji fisher Exact lebih dari sama dengan 0,005 yaitu 0,696, Konsentrasi uji fisher Exact lebih dari sama dengan 0,005 yaitu 1,651, Motilitas uji fisher Exact lebih dari sama dengan 0,005 yaitu 1,000. Namun hasil dari jadar Alpha Glucosidase terhadap fertilitas lebih besar dari kadar alpha glucosidase pada plasma sperma dengan infertilitas. Hasil lain dari penelitian ini menunjukkan bahwa faktor keturunan, faktor usia, dan riwayat merokok dapat memicu munculnya kasus infertilitas pada laki-laki [11]. Leukosit dapat juga dijadikan sebagai acuan data untuk analisis sperma pria dengan melihat motilitas yang ada pada spermatozoa. Sampel yang digunakan dalam penelitian ini yang telah memenuhi kriteria inklusi sebanyak 81 pasien. Penelitian ini menghasilkan suatu petunjuk yang terdapat hubungan terbalik atau korelasi negatif yang nilai korelasinya sangat lemah yakni untuk nilai $p = 0.007$, $r = - 0.328$ antara motilitas spermatozoa semakin rendah, maka jumlah leukosit semen akan semakin meningkat [21].

Motilitas spermatozoa dapat diamati dengan menggunakan teknologi yang bernama Computer-Aided Sperm Analysis (CASA), namun untuk alat ini harga sangatlah mahal dan tidak terbuka untuk umum. Oleh karena itu ada penelitian tahun 2015 yang menciptakan alternatif dari CASA yang akurat, murah, dan cepat. Pengamatan visual motilitas sperma sangat subjektif dan tidak dapat diulang untuk sampel yang sama, karena sangat tergantung pada setiap andrology. Pengamatan visual juga tidak dapat memberikan nilai yang tepat untuk parameter (VSL, VCL, dan LIN) yang memengaruhi pola motilitas sperma. Hasil pengujian menghasilkan output dengan selisih minimal 5.7333n dan maksimal 10,4667% jika dibandingkan dengan analisis visual androlog [6]. Berdasarkan penelitian diatas sudah terdapatnya suatu alat yang mampu mengukur mobilitas sperma, namun kita harus menjaga pola makan terutama menghindari mengonsumsi ekstrak terung ungu. Dalam penelitian [9] bahwa melakukan penelitian terhadap ekstrak terung ungu terhadap motilitas dan viabilitas spermatozoa secara invitro dengan menggunakan sebanyak 10 orang sampel yang berusia sekitar 25-35 tahun. Pemeriksaan motilitas dan viabilitas spermatozoa diperiksa menggunakan mikroskop dengan perbesaran 400x menghasilkan bahwa ekstrak terung ungu dapat menurunkan motilitas dan viabilitas spermatozoa [9].



Fertilitas pada pria dapat diprediksi dan didiagnosa dengan berbagai macam metode diantaranya dengan cara optimalisasi algoritma naïve bayes dengan menggunakan algoritma genetika untuk prediksi kesuburan. Pada penelitian ini untuk menangani kelemahan prediksi pada metode naïve bayes dengan cara digunakan algoritma genetika (GA). Hasil Naïve Bayes menunjukkan akurasi sebesar 97,66%. Namun setelah dilakukan optimalisasi dengan GA maka akurasi meningkat sebesar 1,7% yaitu menjadi 99,33% [26]. Prediksi fertilitas pada pria dapat dilakukan dengan cara yaitu segmentasi frame video sperma. Metode segmentasi dapat dilakukan dengan cara bandingkan OT dan (LAT), dengan tujuan untuk mengetahui frame yang akan digunakan pada prediksi fertilitas. Frame sperma dipengaruhi oleh intensitas cahaya untuk menghasilkan analisa prediksi yang baik. Oleh karena itu, proses OT lebih baik dibandingkan dengan proses LAT yaitu 82% dan 52% [13].

DeepSperm merupakan metode untuk mendeteksi kumpulan sperma banteng dengan resolusi video yang kecil, banyaknya objek yang ada pada satu frame video, rendahnya cahaya, kualitas video dan objek yang berbayang, menggunakan satu layar deteksi untuk menangani overfitting dan meningkatkan akurasi, dilakukan peningkatan input pada network resolusi, digunakan sebuah dropout layer dan memproses data augmentasi pada saturation dan exposure. Mean average precision(mAP), confusion matrix, precision, recall, dan F1-score digunakan untuk mengukur akurasi. Dengan hasil akurasi pada dataset sebagai berikut: mAP: 94.11, F1-score: 0.93, Processing speed: 51.9 fps, dibandingkan dengan YOLOv4, metode ini 2.18 kali lebih cepat pada percobaan dan 2.9 kali lebih cepat dengan dataset yang lebih sedikit, dan membutuhkan 1.07 kali lebih sedikit pada graphical processing (GPU) [28].

Analisa data sperma pria yang dilakukan membutuhkan data dalam jumlah banyak, oleh karena itu digunakan metode Convolutional neural networks (CNNs) untuk menganalisa kumpulan data. Digunakan enam model CNNs untuk menghitung dan menganalisa klasifikasi morfologi pada sperma pria, pada tahap evaluasi digunakan dua teknik gabungan yaitu: hard-voting dan soft-voting dengan memanfaatkan tiga kumpulan data e SMIDS, HuSHeM dan SCIAN-Morpho, evaluasi dilakukan dengan membagi tiga kumpulan data menjadi lima bagian kecil serta menambahkan beberapa data berskala augmentasi dan mini-batch analysis yang menghasilkan 90.73% 85.18% dan 71.91% akurasi menggunakan soft-voting [27].

Metode neural convolutional berbasis Regional Networks (R-CNN) digunakan untuk evaluasi motilitas kepala sperma dalam video air mani manusia, jaringan saraf melakukan segmentasi kepala sperma. Algoritma Central coordinate tracking dapat menghitung kecepatan pergerakan kepala sperma, dengan hasil akurasi 91.77%(95% C1, 91.11-92.43%) pada dataset video sampel sperma VISEM(A Multi modal Video Dataset of Human Spermatozoa), dengan korelasi pearson antara vitalitas kepala sperma adalah 0.969 [29].

Infertilitas memiliki faktor yang berhubungan dengan kerusakan fragmentasi DNA, dengan metode slow cooling dapat menemukan perbedaan dari morfologi dan fragmentasi sperma sebelum dan sesudah kriopreservasi. Setelah proses kriopreservasi, terdapat peningkatan fragmentasi DNA tiga kali lipat dan terdapat penurunan jumlah morfologi normal sebesar 50%, sehingga terdapat penurunan kualitas sperma pasca proses kriopreservasi dengan metode slow cooling [20]. Implementasi yang telah diteliti dari kriopreservasi yakni diciptakannya suatu aplikasi krioprotektan ekstraseluler tunggal. Sperma dapat dibekukan untuk sperma yang memiliki konsentrasi yang rendah, tindakan percutaneous epididymal sperm aspiration (PESA), testicular sperm aspiration (TESA), microsurgical epididymal sperm aspiration (MESA) dan microsurgical testicular sperm extraction (MICRO-TESE) pada pelayanan TRB. Dengan metode ini, biaya menjadi murah dan waktu menjadi singkat dibanding metode konvensional slow freezing[12].

Prediksi kualitas sperma dapat diimplementasikan menggunakan aplikasi berbasis android. Menggunakan teknik data mining untuk mengklasifikasi atau prediksi dengan bantuan aplikasi RapidMiner serta algoritma naïve bayes. Berdasarkan data yang dijadikan data training, algoritma Naïve Bayes dapat memprediksi 10 dari 15 data pengujian untuk prediksi kualitas sperma sehingga menghasilkan akurasi sebesar 66.67%, dalam proses klasifikasi akan semakin akurat dengan bertambahnya jumlah data latih [8]. Berikutnya adalah prediksi kualitas kesuburan pria menggunakan metode jaringan saraf tiruan backpropagation, dengan tujuan klasifikasi kualitas fertilitas agar mendapatkan hasil sensitivitas, spesifisitas, dan akurasi. Hasil menunjukkan bahwa kualitas fertilitas dengan akurasi 80.32% pada data kelas "Normal" sensitivitas sebesar 89.6%, sedangkan "Tidak Normal" spesifitas 26.47% [10].

Ada cara lain dalam melakukan prediksi tingkat fertilitas pria yakni berdasarkan [25] penelitian yang menggunakan algoritma pohon keputusan cart untuk memprediksi tingkat fertilitas pria. Peneliti menggunakan data sampel sperma dari 100 relawan berusia antara 18 hingga 36 tahun, semua data akan diolah dengan teknik machine learning dan data mining. Proses data mining dilakukan dengan menggunakan algoritma CART, pada tahapan ini akan dicari pola atau informasi menarik dari data analisis sperma untuk menghasilkan model berupa pohon keputusan. Sehingga dihasilkan tingkat akurasi prediksi sebesar 84% dan penelitian ini dapat membantu dokter dalam memprediksi tingkat fertilitas pria [25]. Analisis sperma dapat dioptimalkan hasilnya, berdasarkan [22] membahas tentang optimasi algoritma decision tree dalam menentukan hasil analisis sperma. Pengujian dilakukan untuk mengetahui performa dari algoritma CART dengan menggunakan data sperma dengan hasil



tingkat akurasi sebesar 100% dan perhitungan sudah dapat digunakan secara otomatis dengan algoritma decision tree [16].

Pentingnya menjaga kesuburan pada pria sangatlah berpengaruh dalam tingkat keberhasilan fertilisasi atau pembuahan, namun untuk menentukan apakah hasil pembuahan yang akan tumbuh menjadi anak memiliki jenis kelamin laki-laki atau perempuan tidak dapat ditentukan secara pasti. Berdasarkan penelitian [23] yakni membuat rancangan antar muka pengujian penentu kromosom X dan Y pada sperma manusia. Diketahui bahwa untuk kromosom X adalah pembawa jenis kelamin wanita sedangkan untuk kromosom Y pembawa jenis kelamin pria. Metode yang digunakan oleh peneliti yakni menggunakan CNN (Convolutional Neural Network) untuk mengklasifikasi sel sperma pembawa kromosom X atau Y. Perancangan antarmuka sistem klasifikasi sperma pembawa kromosom X atau Y dengan menggunakan algoritma CNN dimana sistem ini dapat diharapkan dapat membantu pihak medis untuk mengklasifikasikan jenis kelamin pada saat proses inseminasi pada bayi tabung dan antarmuka yang dibuat dapat memudahkan cara pengoperasiannya [23].

4. KESIMPULAN

kesimpulan yang didapat dari penyusunan studi literatur dalam kurun waktu sepuluh tahun terakhir ini adalah semakin maju dan berkembangnya tentang penelitian fertilisasi, sperma dan reproduksi manusia. Penelitian-penelitian yang dilakukan dapat memberikan jawaban kepada masyarakat tentang apa saja yang dapat mempengaruhi dalam reproduksi manusia. Menunjukkan bahwa faktor-faktor dari luar dapat mempengaruhi suatu kualitas sperma . Serta terciptanya aplikasi untuk mendeteksi suatu sperma apakah sperma tersebut memiliki tingkat kesuburan yang baik atau tidak. Sehingga mengurangi keresahan bagi masyarakat dalam hal memiliki keturunan.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penelitian ini mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang telah mendukung terlaksananya penelitian ini yaitu Jurusan Ilmu Komputer dan Laboratorium Rekayasa Perangkat Lunak Jurusan Ilmu Komputer FMIPA Universitas Lampung.

REFERENCES

- [1] A. Dzulva, "Reproduksi Manusia Menurut Maurice Bucaille Dalam Perspektif Islam", Fakultas Ushuluddin dan Studi Agama Universitas Islam Negeri (UIN) Raden Intan Lampung, 2018.
- [2] A. Oktarina, A. Abadi, R. Bachsin, "Faktor-faktor yang Memengaruhi Infertilitas pada Wanita di Klinik Fertilitas Endokrinologi Reproduksi", *Majalah Kedokteran Sriwijaya*, vol. 46, no. 4, pp. 295-300, 2014.
- [3] O. Emilia, Y. S. Prabandari, and Supriyati, "Promosi Kesehatan dalam Lingkup Kesehatan Reproduksi", Yogyakarta: Gajah Mada University Press, 2018.
- [4] Sumiati, "PENGARUH NIKOTIN TERHADAP KADAR MALONILDIALDEHID (MDA) SERUM DAN KEBERHASILAN FERTILISASI IN VITRO PADA RATTUS NOVERGICUS", FK. UNAIR SURABAYA, *Jurnal Kebidanan*, 1, 2012.
- [5] S. Soebijanto, "Prediksi Keberhasilan Kehamilan Teknik Fertilisasi in Vitro Pada Berbagai Umur Istri", *Medica Hospitalia*, vol 2 No 1, pp 1-5, 2013.
- [6] P. Hidayatullah, M. Nuriyadi, I. Awaludin, and R.D. Kusumo, "PENGUKURAN TINGKAT MOTILITAS SPERMA BERDASARKAN LINEARITAS SPERMA MENGGUNAKAN METODE ADAPTIVE LOCAL THRESHOLD DAN ELLIPSE DETECTION", *Jurnal Informatika*, Vol 13 No 2, 2015.
- [7] N. Mubarakati and S. Laili, "KARAKTERISASI PROFIL ZONA PELUSIDA MANUSIA (Homo sapiens) MENGGUNAKAN ANALISIS IN SILICO", *e-JBST*, vol. 2, No. 2, Dec. 2016.
- [8] S. Hosana, D. S. D. Putra, "Penerapan Data Mining Untuk Prediksi Kualitas Sperma (Fertility) Berbasis Android", *JURNAL ALGOR*, VOL 1, No 1, 2019.
- [9] M. A. Sholeh, I. Isradji, D. P. Oktaviyanti, and D. Fatmawati, "PENGARUH EKSTRAK TERUNG UNGU (Solanum melongena L.) TERHADAP MOTILITAS DAN VIABILITAS SPERMATOZOA SECARA IN VITRO", *Jurnal Wiyata*, Vol 7 No 1, 2020.



- [10] A. H. Baksir, A. Fuad, F. Tempola, and Rosihan, "PREDIKSI TINGKAT KUALITAS KESUBURAN PRIA DENGAN JARINGAN SARAF TIRUAN BACKPROPAGATION", *JIKO (Jurnal Informatika dan Komputer)*, Vol 3 No 2, pp 107-112, 2020.
- [11] F. ANNISA, E. KURNAESIH, and NASRUDDIN, "ANALISIS TRACE ELEMENT ALPHA GLUCOSIDASE PADA PLASMA SPERMA PRIA DENGAN INFERTILITAS", *SINERGITAS MULTIDISIPLIN ILMU PENGETAHUAN DAN TEKNOLOGI*, Vol 1, pp 10-16, 2018.
- [12] R. Widyastuti, M. Ghozali, and M. R. Syamsunarno, "Aplikasi Krioprotektan Ekstraseluler Tunggal Secara Efektif Mempertahankan Kualitas Sperma Manusia Pascavitrifikasi", *Majalah Kedokteran Bandung*, Vol 50 No 4, pp 247-253, 2018.
- [13] M. Hatta and I. G. Susrama, "Counting Sperma Aktif Menggunakan Metode Otsu Threshold Dan Local Adaptive Threshold", *Teknika: Engineering and Sains Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 47-54, 1 Jun. 2017, doi:10.5281/zenodo.1067713.
- [14] SUMIATI, "SISTEM REPRODUKSI MANUSIA. JURNAL BIOLOGI", Vol 2 No. 2, pp 1-13, 2013.
- [15] Y. P. Marbun, G. Ginting, and I. Lubis, "APLIKASI PEMBELAJARAN SISTEM REPRODUKSI PADA MANUSIA DENGAN METODE COMPUTER BASED INSTRUCTION", *Majalah Ilmiah INTI*, Vol 12 No 2, pp 246-251, 2017.
- [16] R. S. Hadi, "Apoptosis Pada Sperma Sebagai Petanda Adanya Gangguan Kesuburan Pria", *PharmaMedika*, Vol 3 No 2, pp 282-285, 2011.
- [17] A. Syauqy, "Evaluasi Kromatin Sperma Sebagai Indikator Kualitas Sperma", *JMJ*, Vol 2 No 1, pp 87-97, 2014.
- [18] A. Candra, I. Sapuan, and S. A. F Candra, "Penghitung Jumlah Spermatozoa Berdasarkan Data Mikroskop Digital Dengan Metode Pengolahan Citra", *Journal Unair*, Vol 3 No 1, pp 64-79, 2015.
- [19] I. Ridhoila, A. Amir, and Yusrawati, "PERBANDINGAN KUALITAS SPERMATOZOA PADA ANALISIS SEMEN PRIA DARI PASANGAN INFERTIL DENGAN RIWAYAT MEROKOK DAN TIDAK MEROKOK", *Jurnal Kesehatan Andalas*, Vol 6 No 2, pp 259-264, 2017.
- [20] F.A. Caropeboka, T. Djuwantono, D. Tjahyadi, J. S. Effendi, A. D. Anwar, and A. Siddiq, "Perbedaan Morfologi dan Fragmentasi DNA Sperma sebelum dan sesudah Kriopreservasi dengan Metode Slow Cooling di Klinik Aster RSUP Dr. Hasan Sadikin Bandung", *Obgynia*, Vol 1 No 2, pp 131-137, 2018.
- [21] W. Ayutama, T. Rizkianti, and C. Fauziah, "HUBUNGAN JUMLAH LEUKOSIT DENGAN MOTILITAS SPERMATOZOA PADA ANALISIS SEMEN PRIA DI SAMMARIE FAMILY HEALTHCARE 2019", *Jurnal Muara Sains*, 4(2), pp 335-342, 2020.
- [22] I. P. Hadi, F. T. Anggraeny, and I. G. Masdiyasa, "OTOMATISASI PENENTUAN HASIL ANALISIS SPERMA MENGGUNAKAN ALGORITMA DECISION TREE", *JIFoSI*, 1(1), 2020.
- [23] M. M. Anwar, I. G. Diyasa, and F. A. Akbar, "RANCANGAN ANTARMUKA PENGUJIAN PENENTU PEMBAWA KROMOSOM X DAN Y PADA SPERMA MANUSIA", *Jurnal Informatika dan Sistem Informasi (JIFoSI)*, 1(2), pp 578-583, 2020.
- [24] R. Yepriyanto, Kustanto, and Y. R. Utami, "SISTEM DIAGNOSA KESUBURAN SPERMA DENGAN METODE K-NEAREST NEIGHBOR (K-NN)", *Jurnal Ilmiah SINUS*, 13(2), 2015.
- [25] U. Khaira, N. Syarief, Zalman, and I. Hayati, "Prediksi Tingkat Fertilitas Pria Dengan Algoritma Pohon Keputusan Cart", *JURNAL ILMIAH UMUM DAN KESEHATAN AISYIYAH*, 5(1), pp 35-42, 2020.
- [26] D. C. Buani, "Optimasi Algoritma Naïve Bayes dengan Menggunakan Algoritma Genetika untuk Prediksi Kesuburan (Fertility)", *Jurnal Evolusi*, 4(1), pp 55-64, 2016.
- [27] M. Yüzkat, H. İlhan, and N. Aydın, "Multi-model CNN fusion for sperm morphology analysis", *Computers in Biology and Medicine*, Volume 137, 2021, <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2021.104790>
- [28] P. Hidayatullah, X. Wang, T. Yamasaki, T. Mengko, T., et, all, "DeepSperm: A robust and real-time bull sperm-cell detection in densely populated semen videos", *Computer Methods and Programs in Biomedicine*, 2021, doi: 10.1016/j.cmpb.2021.106302.
- [29] V. Valiuškaitė, V. Raudonis, R. Maskeliūnas, R. Damaševičius, R., and T. Krilavičius, "Deep Learning Based Evaluation of Spermatozoid Motility for Artificial Insemination", *Sensors*, 20, 2020.