**KLASIFIKASI PCO BERDASARKAN CITRA USG MENGGUNAKAN *DEEP BELIEF NETWORK* UNTUK MEMBANTU MENDETEKSI KESUBURAN WANITA**

**Proposal Tugas Akhir**

**Kelas TA I**

**Nanda Budi Prayuga**

**1103134395**



**Program Studi Sarjana Informatika**

**Fakultas Informatika**

**Universitas Telkom**

**Bandung**

**2016**

# Lembar Persetujuan

**KLASIFIKASI PCO BERDASARKAN CITRA USG MENGGUNAKAN *DEEP BELIEF NETWORK* UNTUK MEMBANTU MENDETEKSI KESUBURAN WANITA**

**PCO CLASSIFICATION BASED ON USG IMAGE USING DEEP BELIEF NETWORK TO HELP WOMAN FERTILITY DETECTION**

**Nanda Budi Prayuga**

**NIM: 1103134395**

Proposal ini diajukan sebagai usulan pembuatan tugas akhir pada

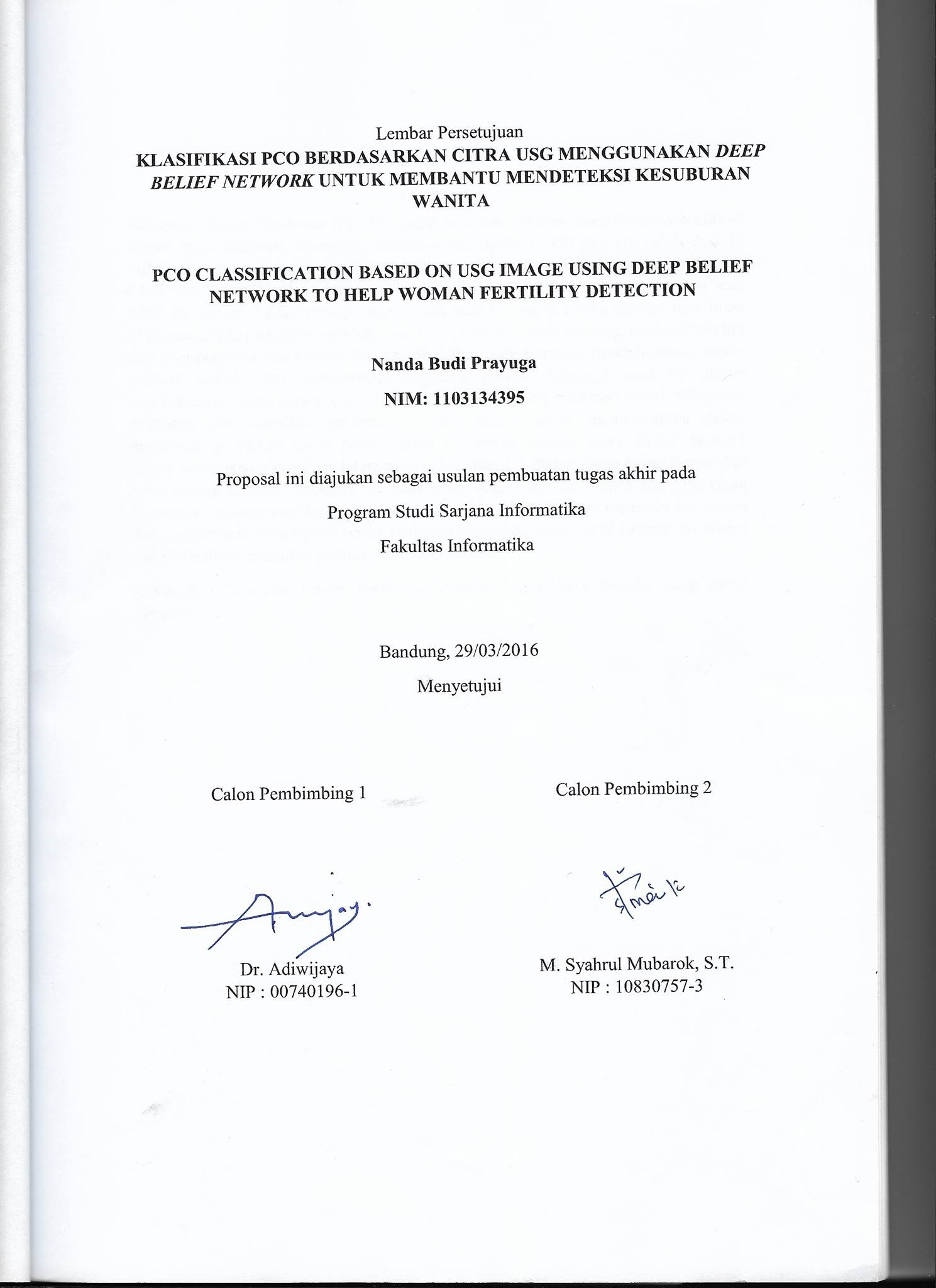
Program Studi Sarjana Informatika

Fakultas Informatika

Bandung, 29/03/2016

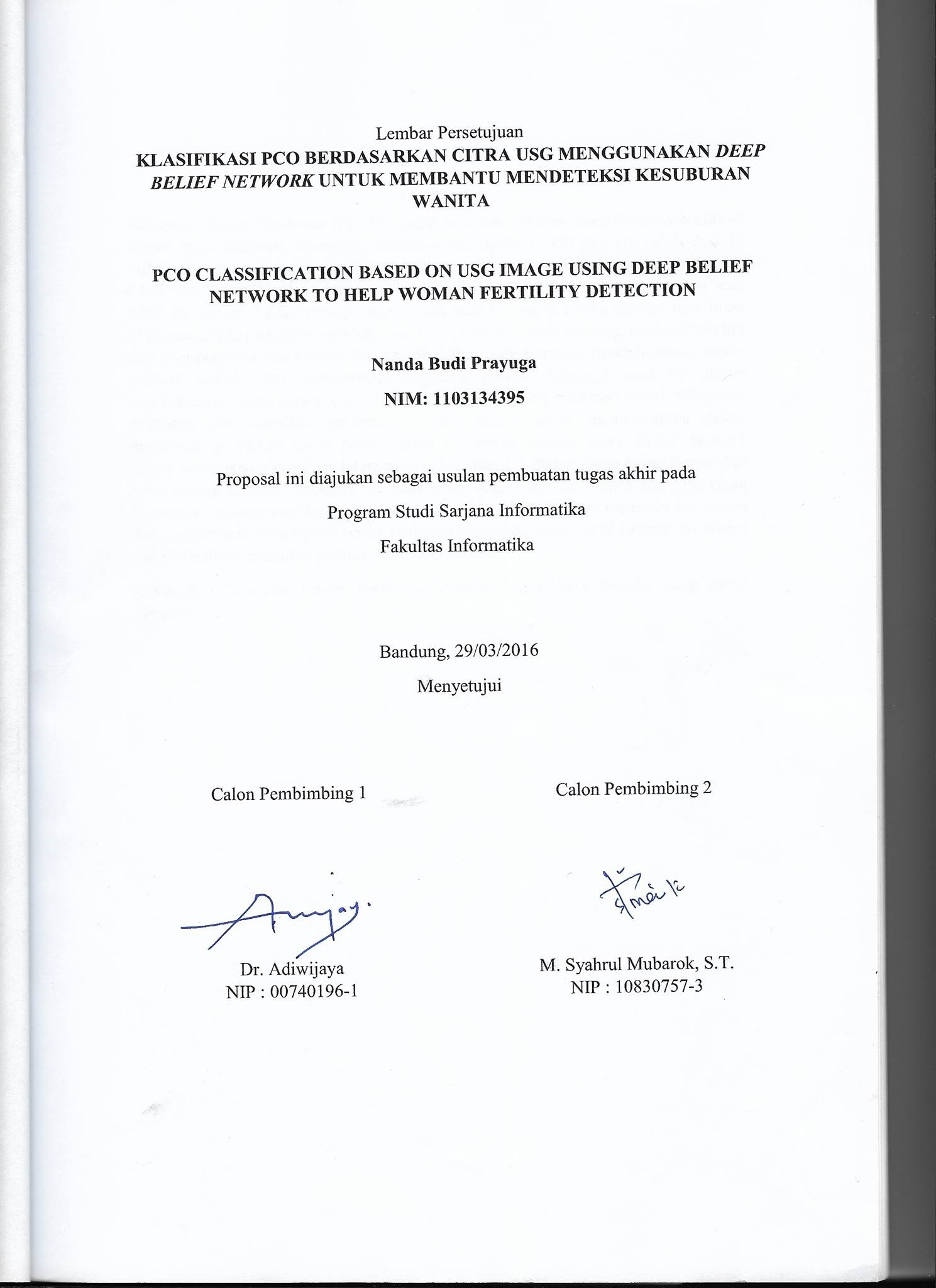
Menyetujui

Calon Pembimbing 1



Dr. Adiwijaya  
NIP : 00740196-1

Calon Pembimbing 2



M. Syahrul Mubarok, S.T.  
NIP : 10830757-3

# **Abstrak**

*Polycystic Ovary Syndrome (PCOS)* adalah kelainan sindrom yang di derita wanita di sistem reproduksinya, seseorang dikatakan menderita *PCOS* jika ada lebih dari 12 *follicle* berukuran 2-9 mm atau bertambah besarnya volume *follicle* di ovarium hingga lebih dari 10 cm3[3]. Saat ini untuk mendeteksi *PCOS* dokter harus melakukan scan USG dan secara manual menghitung jumlah *follicle* yang di tandai dengan area hitam di gambar. Pada penelitian sebelumnya [1,3,5] berfokus pada peningkatan kualitas citra dan juga pendeteksian ukuran dan jumlah *follicle* untuk mempermudah tenaga medis melihat *follicle* dan menentukan diagnosis pasien. Sehingga saat ini dokter membutuhkan suatu sistem yang dapat mengekstrak setiap fitur dari citra USG secara otomatis, dan memiliki performansi yang bagus untuk membantunya dalam mendiagnosis PCOS untuk pendeteksian kesuburan wanita. *Deep Belief Network* sangat berpotensi digunakan dalam pemecahan masalah diatas. *Deep Belief Network* di pilih karena mampu mengekstrak fitur yang ada dalam data citra (menggunakan algoritma *unsupervised learning*) secara mandiri, sehingga akan memiliki ketahanan dan kemampuan beradaptasi untuk berbagai jenis data citra, serta diharapkan sistem yang dihasilkan memiliki performansi yang bagus.

Keyword : *Polycystic Ovary Syndrome*, ovarium, citra USG, *follicle, Deep Belief Network.*

**Daftar Isi**

[Lembar Persetujuan 2](#_Toc446493977)

[**Abstrak** 3](#_Toc446493978)

[**BAB I PENDAHULUAN** 5](#_Toc446493979)

[**1.1** **Latar Belakang** 5](#_Toc446493980)

[**1.2** **Perumusan Masalah** 5](#_Toc446493981)

[**1.3** **Tujuan** 6](#_Toc446493982)

[**1.4** **Hipotesa** 6](#_Toc446493983)

[**1.5** **Rencana Kegiatan** 6](#_Toc446493984)

[**1.6** **Jadwal Kegiatan** 7](#_Toc446493985)

[**BAB II TINJAUAN PUSTAKA** 8](#_Toc446493986)

[**2.1** **Ovarium** 8](#_Toc446493987)

[**2.2** **Deep Learning untuk Klasifikasi Gambar** 8](#_Toc446493988)

[**2.3** **Deep Belief Network** 9](#_Toc446493989)

[**2.4** **Literatur Terkait** 11](#_Toc446493990)

[**BAB III PEMBAHASAN** 13](#_Toc446493991)

[**2.1** **Gambaran Umum Sistem** 13](#_Toc446493992)

[**2.2** **Data Set** 15](#_Toc446493993)

[**2.3** **Spesifikasi Kebutuhan Sistem** 15](#_Toc446493994)

[**DAFTAR PUSTAKA** 17](#_Toc446493995)

# **BAB I PENDAHULUAN**

## **Latar Belakang**

*Polycystic Ovary Syndrome (PCOS)* adalah kelainan sindrom yang di derita wanita di sistem reproduksinya, seseorang dikatakan menderita *PCOS* jika ada lebih dari 12 *follicle* berukuran 2-9 mm atau bertambah besarnya volume *follicle* di ovarium hingga lebih dari 10 cm3[3]. Menurut data dari National Institutes of Health (NIH) lebih dari 5 juta di USA menderita *PCOS*. Seseorang yang menderita *PCOS* akan mengalami masalah pada kesuburannya serta mempunyai hormon androgen dan insulin yang tinggi. Efeknya orang tersebut kan beresiko menderita diabetes tipe 2, kolestrol tinggi, dan tekanan darah tinggi. Sehingga dari data departemen kesehatan Amerika Serikat dibutuhkan lebih dari $4 juta dolar per tahun untuk menganangi permasalahan ini[3]. Karena prosedur penanganan *PCOS* belum di tentukan, maka penderita *PCOS* ditangani berdasarkan gejala penyakitnya, bukan menangani penyebab *PCOS* tersebut.

Saat ini untuk mendeteksi *PCOS* dokter harus melakukan scan USG dan secara manual menghitung jumlah *follicle* yang di tandai dengan area hitam di gambar. Tentu saja hal ini membutuhkan ketelitian dan pengamatan yang jeli selain ukuran *follicle* yang kecil, follicle biasanya tersamarkan dengan obyek lainnya seperti usus atau pembuluh darah. Pada penelitian sebelumnya [1,3,5] berfokus pada peningkatan kualitas citra dan juga pendeteksian ukuran dan jumlah *follicle* untuk mempermudah tenaga medis melihat *follicle* dan menentukan diagnosis pasien. Selain itu hasil output dari sistem bersifat eksplisit, sehingga sistem tidak bisa secara mandiri menentukan deteksi penderita PCOS berdasarkan gambar USGnya.

Oleh karena itu dibutuhkan sistem yang dapat mengekstrak setiap fitur dari citra USG secara otomatis, memiliki performansi yang bagus tingkat akurasi yang tinggi untuk membantu dokter dalam mendiagnosis PCOS untuk pendeteksian kesuburan wanita.

## **Perumusan Masalah**

Berdasarkan uraian latar belakang masalah, dapat dirumuskan permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana merancang sistem yang dapat mengekstrak setiap fitur dari citra USG secara otomatis?
2. Bagaimana mengimplementasikan sistem yang dirancang sehingga dapat mengklasifikasikan *PCOS* berdasarkan citra USG secara otomatis untuk membantu dokter mendeteksi kesuburan wanita?
3. Bagaimana mengetahui performansi hasil klasifikasi dari sistem yang di buat?

## **Tujuan**

Adapun tujuan yang ingin dicapai dari Tugas Akhir ini yaitu:

1. Merancang sistem yang dapat mengekstrak setiap fitur dari citra USG secara otomatis.
2. Mengimplementasikan sistem yang dirancang sehingga dapat mengklasifikasikan *PCOS* berdasarkan citra USG secara otomatis untuk membantu dokter mendeteksi kesuburan wanita.
3. Mengetahui performansi hasil klasifikasi dari sistem yang di buat.

## **Hipotesa**

Penelitian sebelumnya [1,3,5] berfokus pada peningkatan kualitas citra dan juga pendeteksian ukuran dan jumlah *follicle* untuk mempermudah tenaga medis melihat *follicle* dan menentukan diagnosis pasien. Selain itu hasil output dari sistem bersifat eksplisit, sehingga sistem tidak bisa secara mandiri menentukan deteksi penderita PCOS berdasarkan gambar USGnya.

*Deep Belief Network* sangat berpotensi digunakan dalam pemecahan masalah deteksi *PCOS*. *Deep Belief Network* di pilih karena mampu mengekstrak fitur yang ada dalam data citra (menggunakan algoritma *unsupervised learning*) secara mandiri, sehingga akan memiliki ketahanan dan kemampuan beradaptasi untuk berbagai jenis data citra. Selain itu *Deep Belief Network* mudah di optimasi dan digabungkan dengan metode-metode lainnya. Hasil akhirnya diharapkan dengan menggunakan metode *Deep Belief Network* di dapatkan sistem yang powerful, efisien, dan memiliki tingkat akurasi yang tinggi untuk membantu dokter dalam mendiagnosis *PCOS* untuk pendeteksian kesuburan wanita.

## **Rencana Kegiatan**

Rencana kegiatan yang akan dilakukan pada penulisan tugas akhir ini adalah:

1. **Kajian Pustaka**

Pada tahap kajian pustaka dilakukan pencarian materi-materi berupa paper, jurnal, buku dan artikel yang berhubungan dengan permasalahan yang diangkat di tugas akhir ini untuk dijadikan referensi. Tujuan dari dilakukannya kajian pustaka adalah untuk memahami permasalahan dan menemukan metode yang tepat untuk menyelesaikan permasalahan yang ditemukan.

1. **Pengumpulan Data**

Pada tahap ini data set yang akan digunakan di kumpulkan. Data yang digunakan pada tugas akhir kali ini adalah foto USG rahim dari pasien normal dan pasien penderita PCOS. Data set yang digunakan berjumlah 100 buah, dimana nanti akan dibagi menjadi 3, yaitu : 50 buah untuk data training, 25 buah untuk data validasi, dan 25 buah untuk data testing.

1. **Analisis dan Perancangan Sistem**

Pada tahap ini dilakukan analisis dan perancangan sistem yang di buat dalam bentuk flowchart dan block diagram agar mudah untuk dipahami. Pada tahap ini pula di jelaskan gambaran tentang metode yang digunakan dalam menyelesaikan masalah yang di definiskan di atas.

1. **Pengujian**

Pada tahap pengujian, model sistem yang sudah dibangun di uji untuk mengetahui performansinya. Sedangkan model sistem yang dibangun pada tugas akhir ini menggunakan Matlab.

1. **Analisis Hasil Pengujian**

Setelah melalui tahap implementasi dan analisis, maka tahap selanjutnya dilakukan analisis hasil dari metode yang digunakan. Berdasarkan hasil pengujian model sistem dapat dilihat tingkat keberhasilan dari model sistem, sehingga hasil akhirnya dapat di tarik kesimpulan.

1. **Pembuatan Laporan Tugas Akhir**

Tahap terakhir yatiu pembuatan laporan tugas akhir, dimana hasil implementasi dan analisi di dokumentasikan menjadi sebuah dokumen Laporan Tugas Akhir. Tujuan dari adanya dokumentasi agar karya yang dihasilkan dapat tersimpan dan nantinya dapat dijadikan sumber untuk pengembangan selanjutnya.

## **Jadwal Kegiatan**

Tabel 1.1 Jadwal Kegiatan

|  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| No | Kegiatan | Bulan | | | | | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1. | Kajian Pustaka |  |  |  |  |  |  |
| 2. | Pengumpulan Data |  |  |  |  |  |  |
| 3. | Analisis dan Perancangan Sistem |  |  |  |  |  |  |
| 4. | Pengujian Sistem |  |  |  |  |  |  |
| 5. | Analisis Hasil Pengujian |  |  |  |  |  |  |
| 6. | Pembuatan Laporan |  |  |  |  |  |  |

# **BAB II TINJAUAN PUSTAKA**

## **Ovarium**

Untuk mengetahui ukuran ovarium normal dapat di lihat saat masa menstruasi, melalui sebuah tes telah dilakukan di Creighton University School Of Medicine di dapat hasil dimana ciri-ciri ovarium normal yaitu : ukuran awal folikel 2-4 mm, lalu akan terus tumbuh mencapai 10 mm dihari 8-9 dan mencapai ukuran 18-24mm pada hari ke 14[7]. Selain itu ovarium dikatakan normal jika volume *follicle* di ovarium kurang dari 10 cm3.

Sedangkan salah satu kriteria seseorang menderita PCOS adalah ada lebih dari 12 *follicle* berukuran 2-9 mm atau bertambah besarnya volume *follicle* di ovarium hingga lebih dari 10 cm3[3]. Namun jika ada *follicle* dominan dengan ukuran lebih dari 10 mm, harus dilakukan pemindaian dan pengecekan lebih lanjut. Perbedaan paling signifikan antara ovarium normal dengan ovarium penderita PCOS adalah volume dari ovarium. Ovarium normal memiliki volume kurang dari 10 cm3 (7.94 ± 2.34 cm3), sedangkan ovarium penderita PCOS memiliki volume melebihi 10 cm3 (14.04 ± 7.36 cm3)[8, 9].

## **Deep Learning untuk Klasifikasi Gambar**

*Deep Learning* adalah salah satu bagian dalam *Machine Learning* yang melakukan proses pembelajaran berdasarkan representasi dari data, khusus data citra[3]. Algoritma untuk proses pembelajaran sendiri ada dua yaitu *unsupervised learning* dan *supervised learning*[3]. Di paper berjudul *Deep Learning via Semi-Supervised Embedding* dijelaskan untuk melakukan pemrosesan citra dilakukan langkah-langkah berikut ini :

* Pilih algoritma *unsupervised learning.*
* Pilih model dengan arsitektur *Deep Learning*.
* Masukan *unsupervised learning* ke dalam arsitektur layer sebagai auxiliary task.
* Lakukan proses *training supervised dan unsupervised task* secara simultan.

Saat ini ada beberapa *library* yang bisa digunakan untuk memudahkan proses implementasi Deep Learning, salah satunya yaitu Caffe. Caffe adalah *library* yang menyediakan koleksi model yang mudah untuk dimodifikasi dan di implementasikan dalam *Deep Learning*. Caffe tersedia di python dan MATLAB serta mempunyai BSD-licensed sehingga setiap orang bebas untuk memodifikasi dan berkontribusi mengembangkan caffe.

*Deep Learning* sangat berpotensi digunakan dalam pemecahan masalah deteksi *PCOS*. *Deep Learning* di pilih karena mampu mengekstrak fitur yang ada dalam data citra (menggunakan algoritma *unsupervised learning*) secara mandiri, sehingga akan memiliki ketahanan dan kemampuan beradaptasi untuk berbagai jenis data citra. Selain itu *Deep Learning* mudah di optimasi dan digabungkan dengan metode-metode lainnya.

## **Deep Belief Network**

*Deep Belief Network (DBN)* pertama kali diusulkan oleh Hinton, metode inimerupakan kemajuan yang signifikan dalam deep learning. DBN adalah model generatif probabilistik yang menggabungkan distribusi joint probability diatas data yang dapat diobservasi dan label. Keuntungan dari DBN karena efisiensi dari algoritma greedy learning yang digunakan di tiap layer untuk membentuk deep network, dan kemudian cari tune terbaik dari semua bobot untuk menghasilkan output yang diinginkan. Algoritma greedy learning mempunyai 2 keuntungan :

* Menghasilkan inisialisasi yang tepat dari jaringan, mengatasi kesulitan dalam pemilihan parameter yang dapat mengakibatkan optimal lokal yang jelek.unsupervised dan tidak memerlukan label kelas.
* Namun, menggunakan model DBN memerlukan *cost* komputasi yang mahal karena harus melakukan training beberapa RBMs, dan tidak jelas bagaimana kira-kira mencari maximum-likelihood untuk mengoptimalkan model[10]. Tetapi dibandingkan dengan metode Deep Learning lainnya DBN termasuk salah satu metode yang paling efisien dalam hal training time dan juga mempunyai akurasi yang bagus.

**Gambaran Kerja DBN**

Gambar 2.1 menggambarkan proses secara umum cara kerja DBN.

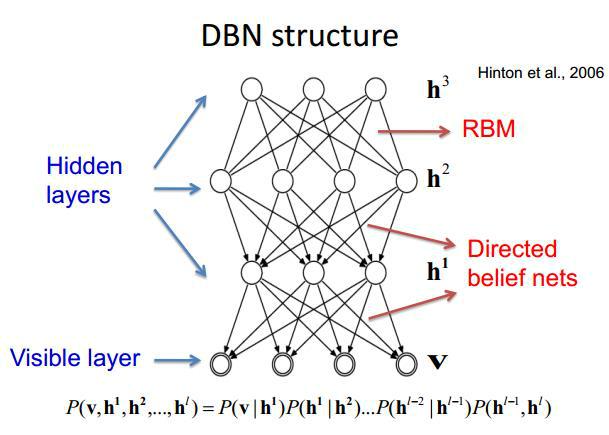
Gambar 2.1 Gambaran kerja DBN



Berikut pemaparan dari diagram blok diatas

**Struktur DBN**

Gambar 2.2 Struktur DBN (Sumber : Hinton et al., 2006[11])



Dalam DBN terdapat dua jenis layer, yaitu : visible layer dan hidden layer. Di tiap layernya dilakukan perhitungan menggunakan Restricted Boltzmann Machines (RBM), antar hidden layer mempunyai koneksi 1 arah dan tanpa umpan balik (belief), tiap layer hanya visible dengan layer diatasnya.

**Training**

Seperti dapat di lihat di atas struktur DBN seperti Neural Network, yang membedakan dengan Neural Network adalah metode yang dipakai untuk melakukan perhitungan dimana di DBN menggunakan Restricted Boltzmann Machines (RBM), dengan kata lain dapat dikatakan DBN adalah kumpulan dari layer-layer RBM yang tiap layernya hanya visibe dengan layer diatasnya. Setiap layer dalam DBN melakukan training data dari hasil output di layer sebelumnya, proses perhitungan di tiap layer diulang sampai menghasilkan output di layer terakhir, hal ini dilakukan dengan harapan tiap perhitungan di layer dapat mengimprove hasil training dari layer sebelumnya.

**Fine Tuning**

Setelah proses training dilakukan selanjutnya dilakukan Fine Tuning. Fine Tuning adalah proses pemberian label terhadap data menggunakan metode *supervised learning.*

**Hasil (Model Sistem Hasil Training)**

Tahap terakhir dari proses DBN yaitu dihasilkannya suatu model sistem hasil training. Dari model yang dihasilkan, dengan menggunakan data validation lalu dilakukan proses perhitungan untuk memastikan model underfit atau overfit. Jika model yang dihasilkan underfit atau overfit maka dilakukan lagi proses training dan fine tuning sampai didapatkan model yang tidak underfit atau overfit.

## **Literatur Terkait**

Berdasarkan penelitian yang di publikasikan National Institutes of Health (NIH) seseorang dikatakan menderita *PCOS* jika ada lebih dari 12 *follicle* berukuran 2-9 mm atau bertambah besarnya volume *follicle* di ovarium hingga lebih dari 10 cm3[3]. Saat ini untuk mendeteksi sindrom *PCOS* dokter harus melakukan scan USG dan secara manual menghitung jumlah *follicle* yang di tandai dengan area hitam di gambar. Metode yang digunakan untuk mendeteksi *PCOS* bisa menggunakan NIH 1990, Rotterdam 2003, atau AE-PCOS Society 2006. Sedangkan untuk menangani permasalahan *PCOS* bisa digunakan metode seperti berikut ini :

* + Modifikasi gaya hidup dan mengurangi obesitas
  + Penggunaan metformin, thiazolidinediones, clomiphene dan aromatase inhibitors.
  + Terapi atau operasi
  + Stimulasi ovarian gonadotropin
  + Continuous positive airway pressure (CPAP)

Berbeda lagi dengan paper berjudul *Follicle Detection on the USG Images to Support Determination of Polycystic Ovary Syndrome,* berdasarkan kriteria diatas untuk mendeteksi *PCOS* digunakan langkah-langkah sebagai berikut : *homogeneous regions, region growing, follicle extraction dan follicle quantification*.

Sedangkan di paper berjudul *Particle Swarm Optimization on Follicles Segmentation to Support PCOS Detection* langkah-langkah metode yang digunakan untuk mendeteksi *PCOS* berdasarkan citra USG yaitu :

* + *Image* *Preprocessing* : *Cropping, Denoising, Contrast Enhancement*.
  + *Image* *segmentation* untuk memisah gambar ke beberapa bagian yang mempunyai area homogen yang sama. Sedangkan metode Image segmentation sendiri ada beberapa diantaranya : thresholding, edge-based, region growing and clustering.
  + *Clustering* menggunakan metode *Particle Swarm Optimization (PSO)* yang di improvisasi dengan *non-parametric fitness function*, untuk meminimalisasi eror nilai *pixel* dan memaksimalkan similaritas gambar berdasarkan persepsi mata manusia.
  + *Follicle Extraction*

Dari percobaan diatas didapat kesimpulan *PSO image clustering* dengan *contrast enhancement preprocessing* akan menghasilkan jarak intracluster dan *quantization error* yang lebih besar daripada metode *PSO* tanpa contrast enhancement preprocessing. Hasilnya dengan membandingkan koefisien *DICE* dan *ROI*, metode *PSO* dengan *contrast enhancement preprocessing* mempunyai performansi yang lebih baik karena ukuran follicle yang dihasilkan program mendekati ukuran *follicle* aslinya

# **BAB III PEMBAHASAN**

## **Gambaran Umum Sistem**

Gambar 3.1 menggambarkan proses secara umum sistem yang akan dibuat



Gambar 3.1 Gambaran umum sistem

**Training dengan DBN**

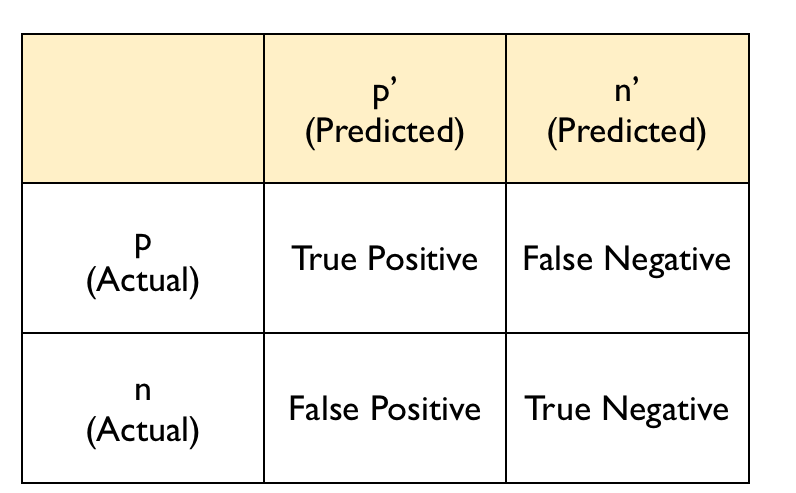
Input berupa data training akan di training menggunakan metode *Deep Belief Network (DBN)* seperti yang dijelaskan di bab 2.

**Hasil (Model Sistem Hasil Training)**

Dari proses training akan di hasilkan model sistem yang selanjutnya akan di hitung performansinya.

**Hitung Performansi**

Untuk mengetahui performansi dari sistem maka perlu dihitung recall, precision, akurasi dan f measure. Untuk melakukan perhitungan ini di butuhkan *confusion matrix*, seperti dapat dilihat di Gambar 3.2 di bawah ini :



Gambar 3.2 *Confusion Matrix*

Sedangkan rumus perhitungannya sendiri yaitu :

**Performansi Sistem**

Dari hasil perhitungan performansi diharapkan didapat performansi yang bagus, hal ini dapat di lihat dari recall, precision, F Measure dan akurasi yang di hasilkan oleh sistem.

## **Data Set**

**Macintosh HD:Users:hendro:Downloads:Data Set.png**

Gambar 3.3 Data Set

Data set adalah data yang akan di gunakan untuk proses pembuatan model dari sistem. Data set berupa ada gambar USG ovarium yang di bagi menjadi 2 kelas label. Gambar ovarium positif terkena PCOS dan negative PCOS. Setelah itu data set di pecah menjadi 3 bagian, yaitu : 25 % data testing, 50 % data training, dan 25 % data validasi, lalu dari data tersebut akan digunakan untuk membangun model sistem.

## **Spesifikasi Kebutuhan Sistem**

Dalam pengerjaan tugas akhir ini pasti dibutuhkan perangkat keras dan perangkat lunak. Berikut spesifikasi perangkat keras dan perangkat lunak yang digunakan.

**Spesifikasi Perangkat Keras**

Berikut spesifikasi perangkat keras yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini :

* + Merk : Macbook
  + Model : Macbook Air 11 inch 2013
  + Prosesor : 1.3 GHz Intel Core i5
  + RAM : 4 GB 1600 MHz DDR3
  + Storage : SSD 128 GB
  + GPU : Intel HD Graphics 5000 1536 MB

**Spesifikasi Perangkat Lunak**

Berikut spesifikasi perangkat lunak yang digunakan dalam pengerjaan tugas akhir ini :

* + OS : OS X Yosemite 10.10
  + Aplikasi : Microsoft Word 2013, Matlab R2014b.

# **DAFTAR PUSTAKA**

[1] Purnama, B., Hasyim, A., Septiani, M. D., Wisesty, U. N., & Astuti, W. (2015). Follicle Detection on the USG Images to Support Determination of Polycystic Ovary Syndrome. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 622, No. 1, p. 012027). IOP Publishing.

[2] Deep Learning. (2016, February 20). Retrieved from Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Deep\_learning

[3] Guttmacher, A. E. (2012). Final Report The National Institutes of Health Polycystic Ovary Syndrome . NATIONAL INSTITUTES OF HEALTH Evidence-based Methodology Workshop on, 1-40.

[4] Jia, Y., Shelhamer, E., Donahue, J., Karayev, S., Long, J., Girshick, R., ... & Darrell, T. (2014, November). Caffe: Convolutional architecture for fast feature embedding. In Proceedings of the ACM International Conference on Multimedia (pp. 675-678). ACM.

[5] Setiawati, E., & Tjokorda, A. B. W. (2015, May). Particle Swarm Optimization on follicles segmentation to support PCOS detection. In Information and Communication Technology (ICoICT), 2015 3rd International Conference on (pp. 369-374). IEEE.

[6] Weston, J., Ratle, F., Mobahi, H., & Collobert, R. (2012). Deep learning via semi-supervised embedding. In Neural Networks: Tricks of the Trade (pp. 639-655). Springer Berlin Heidelberg.

[7] Creighton University School of Medicine. (2005). Ultrasound of Uterus and Ovary,1-16. <http://www.toledoxray.com/sec/Guides/Ultrasound/Ultrasound%20of%20Uterus%20and%20Ovary.pdf>

[8] Järvelä, I. Y., Mason, H. D., Sladkevicius, P., Kelly, S., Ojha, K., Campbell, S., & Nargund, G. (2002). Characterization of normal and polycystic ovaries using three-dimensional power Doppler ultrasonography. Journal of assisted reproduction and genetics, 19(12), 582-590.

[9] Balen, A. H., Laven, J. S., Tan, S. L., & Dewailly, D. (2003). Ultrasound assessment of the polycystic ovary: international consensus definitions. Human reproduction update, 9(6), 505-514.

[10] Guo, Y., Liu, Y., Oerlemans, A., Lao, S., Wu, S., & Lew, M. S. (2015). Deep learning for visual understanding: A review. Neurocomputing.

[11] Hinton, G. E., Osindero, S., & Teh, Y. W. (2006). A fast learning algorithm for deep belief nets. Neural computation, 18(7), 1527-1554.