

TESIS

**DETEKSI DAN PENGHITUNGAN OTOMATIS
TANDAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN
FASTER R-CNN**



NOVIAN ADI PRASETYO

No. Mhs.: 175302767

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2019

TESIS

**DETEKSI DAN PENGHITUNGAN OTOMATIS
TANDAN KELAPA SAWIT MENGGUNAKAN
FASTER R-CNN**



NOVIAN ADI PRASETYO

No. Mhs.: 175302767

PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA
PROGRAM PASCASARJANA
UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
2019



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : Novian Adi Prasetyo
Nomor Mahasiswa : 175302767/PS/MTF
Judul Tesis : Deteksi Dan Penghitungan Otomatis Tandan Kelapa
Sawit Menggunakan Faster R-CNN

Nama Pembimbing	Tanggal	Tandan Tangan
Dr. Pranowo, S.T, M.T	30-5-2019	
Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T	31-5-2019	





UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PENGESAHAN TESIS

Nama : Novian Adi Prasetyo
Nomor Mahasiswa : 175302767/PS/MTF
Judul Tesis : Deteksi Dan Penghitungan Otomatis Tandan Kelapa
Sawit Menggunakan Faster R-CNN

Nama Pembimbing	Tanggal	Tandan Tangan
Dr. Pranowo, S.T, M.T (Ketua)	1-7-2019	
Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T (Sekretaris)	2-7-2019	
Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng, Ph.D (Anggota)	2-7-2019	


Ketua Program Studi

PROGRAM PASCASARJANA
Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D.



UNIVERSITAS ATMA JAYA YOGYAKARTA
PROGRAM PASCASARJANA
PROGRAM STUDI MAGISTER TEKNIK INFORMATIKA

PERNYATAAN KEASLIAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Novian Adi Prasetyo

Nomor Mahasiswa : 175302767/PS/MTF

Judul Tesis : Deteksi Dan Penghitungan Otomatis Tandan Kelapa
Sawit Menggunakan Faster R-CNN

Menyatakan bahwa penelitian ini adalah hasil pemikiran sendiri dan bukan merupakan duplikasi karya tulis yang sudah ada sebelumnya. Karya tulis yang telah ada sebelumnya disajikan sebagai referensi oleh penulis guna melengkapi penelitian ini dan dinyatakan secara tertulis dalam referensi penulisan dan daftar pustaka.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Yogyakarta, 2 Juli 2019


Novian Adi Prasetyo

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur penulis ucapkan kepada Tuhan Yang Maha Esa Yesus Kristus dan Roh Kudus karena atas segala berkat, tuntunan dan campur tangannya sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis dengan judul “Deteksi Dan Penghitungan Otomatis Tandan Kelapa Sawit Menggunakan Faster R-CNN”. Tesis ini merupakan syarat untuk memperoleh gelar sarjana strata 2 (S2) pada program studi Magister Teknik Informatika Universitas Atma Jaya Yogyakarta.


Tesis ini dapat terlaksana dengan baik atas bimbingan dan bantuan banyak pihak. Oleh karena itu, pada bagian ini penulis mengucapkan banyak terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Pranowo, ST, MT selaku dosen pembimbing I yang telah banyak meluangkan waktu dan tenaga untuk membantu pihak penulis dalam memberikan arahan dan masukan pada tesis ini.
2. Bapak Dr. Ir. Alb. Joko Santoso, M.T selaku dosen pembimbing II yang telah banyak memberikan banyak arahan, koreksi dan masukan untuk perbaikan laporan tesis ini.
3. Semua dosen MTF selain pembimbing I dan II yaitu Bapak Prof. Ir. Suyoto, M.Sc., Ph.D., Bapak Ir. A. Djoko Budiyanto, M.Eng., Ph.D., Ibu Margaretha Maria Goretty Dwi Ratna Sulistyoningsih, S.T., M.Sc., MT., Ph.D. dan Bapak Dr. Andi Wahyu Rahardjo Emanuel, BSEE, MSSE yang telah memberikan banyak pengalaman dan membagikan ilmunya.

4. Kedua orangtua saya Bapak Agus Priyanto dan Ibu Mustikaningsih yang selalu mendoakan, menasehati dan memberikan dukungan serta seluruh keluarga besar dan kekasih tercinta yang selalu memberikan semangatnya.
5. Teman-teman MTF seperjuangan angkatan Januari 2018, Abdul Azis, Angelina Pramana, Andhika Galuh, Angga Widnyana, Matheus Alvian yang telah berbagi suka dan duka menjalani perkuliahan bersama-sama.

Penulis menyadari tesis ini masih jauh dari sempurna, sehingga kritik dan saran yang membangun sangat diharapkan untuk dijadikan referensi penyempurnaan kearah yang lebih baik. Akhir kata semoga tesis ini bermanfaat bagi nusa bangsa dan negara Indonesia, dapat memberikan wawasan terhadap seluruh membaca dan memberikan kontribusi terhadap perkembangan ilmu pengetahuan di bidang teknologi.

Yogyakarta, 2 Juli 2019


Novian Adi Prasetyo

INTISARI

Indonesia adalah salah satu negara yang memiliki industri kelapa sawit terbesar di dunia, selama tahun 2013-2017 luas area perkebunan kelapa sawit di Indonesia pertumbuhannya mengalami penurunan -0,52%, akibat penurunan tersebut diharapkan tidak mempengaruhi jumlah produksi minyak kelapa sawit (CPO). Salah satu hal yang mempengaruhi hasil produksi CPO adalah dengan ketersediaan bahan baku utama berupa tandan kelapa sawit (TBS) yang tersedia. Kebutuhan bahan baku dapat diprediksi dengan beberapa metode peramalan kebutuhan bahan baku, namun dari metode tersebut hanya berupa peramalan kebutuhan yang tidak di dukung dengan prediksi jumlah aktual TBS yang sedang tersedia pada saat ini. Dengan berkembangnya deep learning pada saat ini mampu memberikan kemudahan terhadap manusia dalam melakukan berbagai hal. Dalam hal ini deep learning digunakan untuk menghitung tandan kelapa sawit secara otomatis dengan menggunakan algoritma faster R-CNN. Pada penelitian ini dibuat sebuah sistem deteksi dan penghitungan otomatis tanda kelapa sawit. Evaluasi yang dilakukan adalah menbandingkan 4 arsitektur jaringan yang dipakai yaitu resnet Inception V2, Inception V2, resnet 50 dan resnet 101. Hasilnya TBS berhasil di hitung dan dianalisa dengan meghasilkan score F1 rata-rata di atas 80% untuk semua arsitektur jaringan yang di evaluasi.

Kata Kunci: *palm oil bunches; faster R-CNN; computer vision; object detection*

ABSTRACT

Indonesia is one of the countries with the largest industry of crude palm oil (CPO) in the world. During 2013-2017, the growth of the area of oil palm plantations in Indonesia decreased -0.52%, the decline is expected not to affect the amount of CPO production. One of the things that affect CPO production is the primary raw material availability of palm oil fresh fruit bunches (FFB). Raw material requirements can be predicted by several forecasting methods, but the methods only predict the raw material requirements FFB, not the availability. The development of deep learning eases humans in doing things. Deep learning can be used to calculate FFB automatically using the faster R-CNN algorithm. This study presented a system of automatic detection and calculation of FFB. The evaluation is carried out by comparing 4 network architectures; resnet Inception V2, Inception V2, resnet 50, and resnet 101. The results of this study indicate success in calculating FFB. The success is indicated by the results of evaluating the four network models with the average F1 scores above 80%.

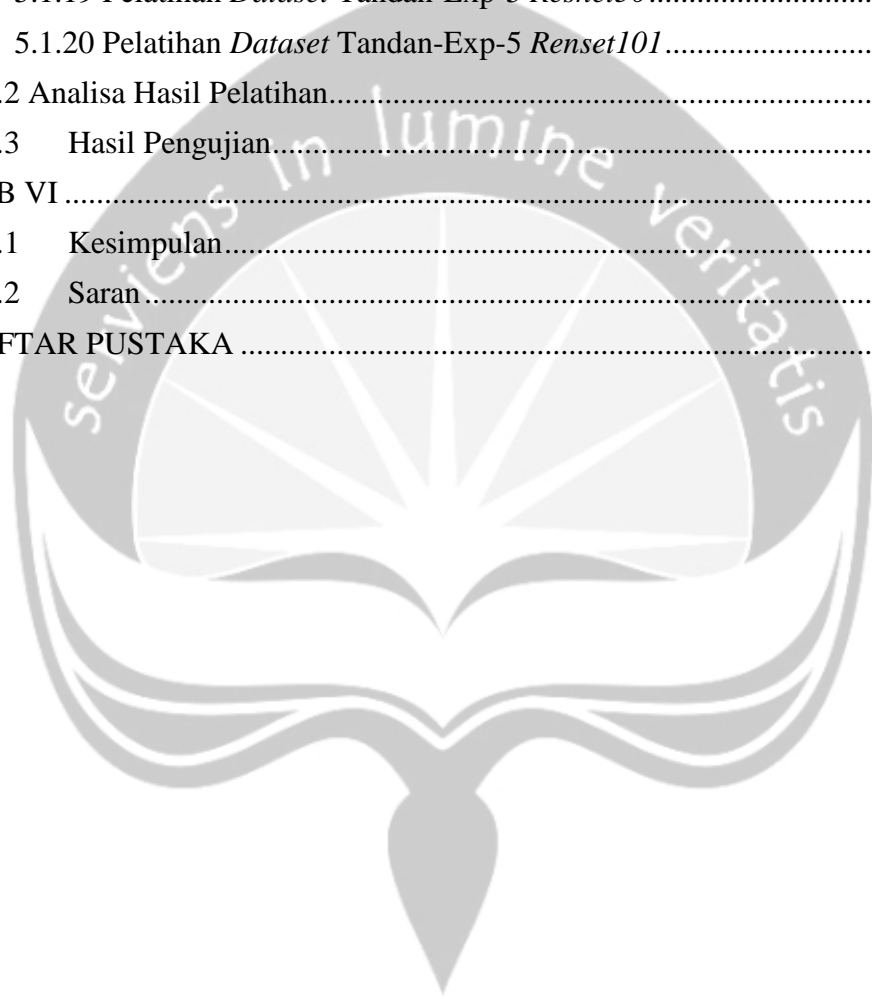
Keywords: *palm oil bunches; faster R-CNN; computer vision*

DAFTAR ISI

PENGESAHAN TESIS	ii
PERNYATAAN KEASLIAN.....	iv
KATA PENGANTAR	v
INTISARI.....	vii
ABSTRACT.....	viii
DAFTAR ISI.....	ix
DAFTAR GAMBAR	xii
DAFTAR TABEL.....	xv
DAFTAR KODE PROGRAM.....	xvii
BAB I.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Batasan Masalah.....	4
1.4 Keaslian Penelitian	5
1.5 Manfaat.....	5
1.6 Tujuan Penelitian.....	5
1.7 Sistematika Penulisan.....	6
BAB II.....	8
BAB III.....	11
3.1 Tandan Kelapa Sawit.....	11
3.2 Kecerdasan Buatan	12
3.3 Machine Learning.....	12
3.4 Deep Learning	13
3.5 Object Detection.....	13
3.6 Segmentasi.....	14
3.7 <i>Computer Vision</i>	14
3.8 <i>Convolutional Neural Network (CNN)</i>	15
3.8.1 Convolution Layer	16
3.8.2 Activation Function.....	17
3.8.3 <i>Pooling Layer</i>	18
3.8.4 Fully Connected Layer	19
3.9 Regional Based Convolution Neural Network (R-CNN).....	20

3.9.1	Fast R-CNN.....	21
3.9.2	Faster R-CNN	22
3.10	Arsitektur Jaringan R-CNN.....	23
3.10.1	<i>Inception</i>	24
3.10.2	<i>Residual Network (Resnet)</i>	26
3.11	<i>Dataset COCO Format</i>	26
3.12	<i>K-Fold Cross-Validation</i>	27
3.13	<i>Presisi, Recall dan F1 Score</i>	28
4.1	Alat dan Bahan	29
4.1.1	<i>Dataset</i>	30
4.1.2	Perangkat Lunak.....	30
4.1.3	Perangkat Keras	31
4.2	Langkah Penelitian	31
4.2.1	Tahap Anotasi	31
4.2.2	Tahap <i>5-fold Cross Validation</i>	34
4.2.3	Tahap Pelatihan.....	35
4.2.4	Tahap <i>Pretrained (Frozen Graph Def)</i>	39
4.2.5	Tahap Pengujian.....	39
4.2.6	Tahap Evaluasi	41
4.2.7	Tahap Implementasi Pada Python.....	42
BAB V	49
5.1	Hasil Pelatihan.....	49
5.1.1	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-1 Inception Resnet V2</i>	50
5.1.2	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-1 Inception V2</i>	51
5.1.3	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-1 Resnet50</i>	52
5.1.4	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-1 Resnet101</i>	53
5.1.5	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-2 Inception Resnet V2</i>	54
5.1.6	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-2 Inception V2</i>	55
5.1.7	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-2 Resnet50</i>	56
5.1.8	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-2 Resnet101</i>	57
5.1.9	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-3 Inception Resnet V2</i>	58
5.1.10	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-3 Inception V2</i>	59
5.1.11	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-3 Resnet50</i>	60
5.1.12	Pelatihan <i>Dataset Tandan-Exp-3 Resnet101</i>	61

5.1.13 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-4 <i>Inception Resnet V2</i>	62
5.1.14 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-4 <i>Inception V2</i>	63
5.1.15 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-4 <i>Resnet50</i>	64
5.1.16 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-4 <i>Resnet101</i>	65
5.1.17 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-5 <i>Inception Resnet V2</i>	66
5.1.18 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-5 <i>Inception V2</i>	67
5.1.19 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-5 <i>Resnet50</i>	68
5.1.20 Pelatihan <i>Dataset</i> Tandan-Exp-5 <i>Resnet101</i>	69
5.2 Analisa Hasil Pelatihan.....	69
5.3 Hasil Pengujian.....	70
BAB VI.....	79
6.1 Kesimpulan.....	79
6.2 Saran.....	79
DAFTAR PUSTAKA	80



DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Tandan Kelapa Sawit	11
Gambar 2. Gambaran Arsitektur CNN.....	16
Gambar 3. Ilustrasi Convolutional Layer.....	17
Gambar 4. Contoh operasi <i>max pooling</i>	19
Gambar 5. Proses <i>Fully Connected Layer</i>	20
Gambar 6. Proses Deteksi Objek Dan Lokalisasi Pada R-CNN	21
Gambar 7. Arsitektur Fast R-CNN	22
Gambar 8. Arsitektur <i>Faster R-CNN</i>	23
Gambar 9. Modul <i>Inception</i>	25
Gambar 10. Contoh gambar <i>dataset</i> tandan kelapa sawit.....	29
Gambar 11. Proses Anotasi <i>Dataset</i>	32
Gambar 12. Hasil Anotasi <i>Dataset</i>	32
Gambar 13. <i>Style COCO Format</i>	33
Gambar 14. Contoh Hasil Anotasi Menggunakan <i>Style COCO Format</i>	34
Gambar 15. Desain <i>5-Fold Cross Validation</i>	35
Gambar 16. Contoh Gambar Untuk Uji Coba.....	41
Gambar 17. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-1 <i>Inception Resnet V2</i>	50
Gambar 18. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-1 <i>Inception V2</i>	51
Gambar 19. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-1 <i>Resnet50</i>	52
Gambar 20. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-1 <i>Resnet101</i>	53
Gambar 21. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-2 <i>Inception Resnet V2</i>	54
Gambar 22. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-2 <i>Inception V2</i>	55

Gambar 23. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-2 <i>Resnet50</i>	56
Gambar 24. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-2 <i>Resnet101</i>	57
Gambar 25. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-3 <i>Inception Resnet V2</i>	58
Gambar 26. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-3 <i>Inception V2</i>	59
Gambar 27. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-3 <i>Resnet50</i>	60
Gambar 28. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-3 <i>Resnet101</i>	61
Gambar 29. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-4 <i>Inception Resnet V2</i>	62
Gambar 30. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-4 <i>Inception V2</i>	63
Gambar 31. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-4 <i>Resnet50</i>	64
Gambar 32. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-4 <i>Resnet101</i>	65
Gambar 33. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-5 <i>Inception Resnet V2</i>	66
Gambar 34. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-5 <i>Inception V2</i>	67
Gambar 35. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-5 <i>Resnet50</i>	68
Gambar 36. Grafik Total <i>Loss</i> Tandan-Exp-5 <i>Resnet101</i>	69
Gambar 37. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Inception-Resnet V2</i>	71
Gambar 38. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Inception V2</i>	71
Gambar 39. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Resnet50</i>	71
Gambar 40. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Resnet101</i>	72
Gambar 41. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Inception Resnet V2</i>	72
Gambar 42. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Inception V2</i>	72
Gambar 43. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan <i>Inception V2</i>	73

Gambar 44. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan *Resnet101* 73

Gambar 45. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan *Inception V2*..... 73

Gambar 46. Kiri : Sebelum Pengujian, Kanan : Setelah Pengujian Menggunakan *Resnet50* 74



DAFTAR TABEL

Tabel 1. Arsitektur <i>Inception</i>	25
Tabel 2. Arsitektur <i>Resnet</i>	26
Tabel 3. Rumus Evaluasi.....	28
Tabel 4. Penejelasan Variabel Konfigurasi Pelatihan	36
Tabel 5. Konfigurasi Pelatihan Arsitektur Jaringan <i>Resnet-Inception V2</i>	37
Tabel 6. Konfigurasi Pelatihan Arsitektur Jaringan <i>Inception V2</i>	38
Tabel 7. Konfigurasi Pelatihan Arsitektur Jaringan <i>Resnet50</i>	38
Tabel 8. Konfigurasi Pelatihan Model Jaringan <i>Resnet101</i>	39
Tabel 9. Data Gambar Untuk Uji Coba.....	40
Tabel 10. Kriteria Pengelompokan Deteksi Tandan	42
Tabel 11. Rumus Evaluasi	42
Tabel 12. Perbandingan Hasil <i>Training</i> Menggunakan Model Jaringan <i>Inception V2</i>	70
Tabel 13. Rangkuman Hasil <i>Training</i>	70
Tabel 14. Hasil Uji Eksperimen 1	74
Tabel 15. Hasil Uji Eksperimen 2	75
Tabel 16. Hasil Uji Eksperimen 3	75
Tabel 17. Hasil Uji Eksperimen 4.....	76
Tabel 18. Hasil Uji Eksperimen 5	76
Tabel 19. Hasil Evaluasi Arsitektur Jaringan <i>Resnet-Inception V2</i>	77
Tabel 20. Hasil Evaluasi Arsitektur Jaringan <i>Inception V2</i>	77
Tabel 21. Hasil Evaluasi Arsitektur Jaringan <i>Resnet50</i>	77
Tabel 22. Hasil Evaluasi Arsitektur Jaringan <i>Resnet101</i>	77

Tabel 23. Hasil Evaluasi F1 Score 78



DAFTAR KODE PROGRAM

Kode Program 1. Penggalan Kode Pembuatan TFRecord	43
Kode Program 2. Penggalan Kode Program Untuk Membangun Arsitektur Jaringan <i>Inception-Resnet V2</i>	45
Kode Program 3. Penggalan Kode Program Untuk Memulai Pelatihan	45
Kode Program 4. Penggalan Kode Program Pembuatan Inference	46
Kode Program 5. Penggalan Kode Program Proses Pengujian	47

