



**UNIVERSITAS PERTAHANAN REPUBLIK INDONESIA**

**PEMANFAATAN TEKNOLOGI SENSOR *COMPLEMENTARY METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR* UNTUK PEMOTRETAN UDARA VERTIKAL DALAM RANGKA Mendukung PERTAHANAN NEGARA**

**CANDRA WIRANURSAMSU**

**12021042001**

**Tesis yang Ditulis untuk Memenuhi sebagian Persyaratan dalam Mendapatkan Gelar Magister Pertahanan**

**FAKULTAS SAINS DAN TEKNOLOGI PERTAHANAN**

**PROGRAM STUDI TEKNOLOGI PENGINDERAAN**

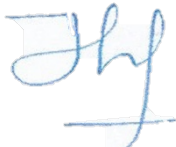




**BOGOR**

**2023**

## LEMBAR PERSETUJUAN TESIS

Nama : Candra Wiranursamsu	
NIM : 12021042001	
Program Studi : Teknologi Penginderaan	
Fakultas : Sains dan Teknologi Pertahanan	
Judul Proposal	
Tesis : Pemanfaatan Teknologi Sensor <i>Complementary Metal-Oxide Semiconductor</i> Untuk Pemotretan Udara Vertikal Dalam Rangka Mendukung Pertahanan Negara	
Pembimbing I,  Prof. Dr. Aris Poniman Kertopermono Tanggal : Februari 2023	Pembimbing II,  Dr. Ir. A. Adang S., S.T., M.M., IPU, ASEAN Eng. Marsekal Muda TNI (Purn.) Tanggal : Februari 2023
Mengetahui Dekan Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan  Dr. Ir. I Nengah Putra A, S.T., M.Si (Han)., ASEAN Eng., ACPE., CIPA. Laksamana Muda TNI Tanggal : Februari 2023	

## LEMBAR PENGESAHAN TESIS

Nama	: Candra Wiranursamsu		
NIM	: 12021042001		
Program Studi	: Teknologi Penginderaan		
Fakultas	: Teknologi Pertahanan		
Judul Proposal			
Tesis	: Pemanfaatan Teknologi Sensor <i>Complementary Metal-Oxide Semiconductor</i> Untuk Pemotretan Udara Vertikal Dalam Rangka Mendukung Pertahanan Negara		
No.	Nama	Tanda Tangan	Tanggal
1.	Pembimbing I  Prof. Dr. Aris Poniman Kertopermono		14 Februari 2023
2.	Pembimbing II  Dr. Ir. A. Adang S., S.T., M.M., IPU, ASEAN Eng. Marsekal Muda TNI (Purn.)		14 Februari 2023
3.	<i>Reviewer I</i>  Dr. Sukendra Martha, M.Sc., M.App.Sc		14 Februari 2023
4.	<i>Reviewer II</i>  Dr. Ir. Rudy A. G. Gultom, M.Sc., CEH, CIQaR. Marsekal Pertama TNI		14 Februari 2023
5.	<i>Reviewer III</i>  Agus Haryanto Ikhsanudin, M.Han. Kolonel Sus		14 Februari 2023

## PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini saya menyatakan bahwa dalam tesis ini tidak terdapat karya atau bagian karya yang pernah diajukan untuk memperoleh gelar kesarjanaan jenjang apapun di suatu Perguruan Tinggi; dan sepanjang sepengetahuan saya juga tidak terdapat istilah, frasa, kalimat, paragraf, subbab atau bab dari karya yang pernah ditulis atau diterbitkan; kecuali yang secara tertulis diajukan dalam naskah ini dan disebutkan dalam Daftar Referensi.

Apabila di kemudian hari terbukti bahwa terdapat plagiat dalam tesis ini, saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan peraturan/undang-undang yang berlaku.

Jakarta, Februari 2023

A 10,000 Indonesian postage stamp is shown, partially obscured by a handwritten signature in black ink. The stamp features the Garuda Pancasila emblem and the text '10000', 'METERAI', and 'EMPEL'. The serial number '917B3ARKX302168201' is visible at the bottom of the stamp.

Candra Wiranursamsu

## KATA PENGANTAR

Puji syukur peneliti panjatkan kehadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya penyusunan tesis dengan judul: **“Pemanfaatan Teknologi Sensor *Complementary Metal-Oxide Semiconductor* Untuk Pemotretan Udara Vertikal Dalam Rangka Mendukung Pertahanan Negara”** dapat diselesaikan.

Penyusunan tesis ini ditujukan sebagai salah satu syarat dalam memperoleh gelar Magister pada Program Studi Teknologi Penginderaan, Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan, Universitas Pertahanan.

Penyusunan tesis ini dapat diselesaikan berkat bantuan dan dukungan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung. Untuk itu, pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Laksamana Madya TNI Prof. Dr. Ir. Amarulla Octavian, M.Sc., DESD., ASEAN.Eng selaku Rektor Universitas Pertahanan Republik Indonesia;
2. Laksamana Muda TNI Dr. Ir. I Nengah Putra A, S.T., M.Si (Han), ASEAN Eng., ACPE., CIPA. selaku Dekan Fakultas Teknologi Pertahanan Universitas Pertahanan RI;
3. Kolonel Sus Agus Haryanto Ikhsanudin, M.Han selaku Sekretaris Program Studi Teknologi Pertahanan;
4. Prof. Dr. Aris Poniman Kertopermono selaku dosen pembimbing I yang telah memberikan petunjuk dan saran serta bimbingan selama penyusunan tesis;
5. Marsekal Muda TNI (Purn.) Dr. Ir. A. Adang S., S.T., M.M., IPU, ASEAN Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah memberikan petunjuk, saran dan bimbingan serta dukungan moril yang tinggi selama penyusunan tesis;

6. Dr. Sukendra Martha, M.Sc., Marsekal Pertama TNI Dr. Ir. Rudy A. G. Gultom, M.Sc., CEH, CIQaR, dan Kolonel Sus Agus Haryanto Ikhsanudin, M.Han selaku Dewan Penguji yang telah memberikan kritik dan saran yang membangun selama penyusunan tesis;
7. Dr. Yosef Prihanto, M.Sc. selaku sebagai dosen sekaligus pembimbing terbaik yang selalu memberi nasehat serta semangat dalam penulisan tesis dan jurnal penelitian;
8. Agnes Manuella, S.IKom., M.Si (Han) selaku Staff Prodi Teknologi Penginderaan yang telah memberikan petunjuk dan segala bentuk bantuan selama menjalani pendidikan di Universitas Pertahanan RI;
9. Marsekal Pertama TNI Asril Samani, S.IP., M.Si (Han) selaku Kepala Dinas Survei dan Pemotretan Udara yang memberi dukungan dan izin untuk dapat mempergunakan data foto udara serta melaksanakan penelitian di Dinas Survei dan Pemotretan Udara;
10. Ibu dan keluarga besar peneliti yang selalu berdoa dan menjadi penyemangat dalam memperlancar penyelesaian studi di Universitas Pertahanan Republik Indonesia;
11. Istri dan anak peneliti yang selalu mendukung dan memberi semangat untuk menyelesaikan tugas belajar di Universitas Pertahanan RI;
12. Kapten Sus Vaghwa Hasib Natapraja, S.T., M.T. sebagai sahabat yang selalu memberi semangat dan dukungan tanpa mengenal waktu;
13. Para Atasan dan personal Dinas Survei dan Pemotretan Udara yang senantiasa memberi dukungan dan bantuan selama melakukan penelitian di Dinas Survei dan Pemotretan Udara;
14. Rekan-rekan Program Studi Teknologi Penginderaan Cohort 5 serta Fakultas Sains dan Teknologi Pertahanan yang senantiasa memberikan dukungan dan motivasi dalam penulisan tesis;
15. Semua pihak yang turut membantu kegiatan penelitian.

Semoga Tuhan Yang Maha Esa membalas kebaikan-kebaikan berbagai pihak atas bantuannya.

Peneliti menyadari bahwa tesis ini masih kurang sempurna, oleh karena itu dengan kerendahan hati mengharapkan kritik dan saran yang konstruktif demi kesempurnaan tesis ini.

Akhirnya, semoga tesis ini dapat memberikan manfaat terhadap pengembangan ilmu pertahanan dan bermanfaat bagi stakeholder terkait dalam upaya menjaga pertahanan dan Keamanan negara terutama di ruang siber Indonesia.

Jakarta, Februari 2023

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Candra Wiranursamsu', with a long, sweeping underline.

Candra Wiranursamsu

## ABSTRAK

### **PEMANFAATAN TEKNOLOGI SENSOR *COMPLEMENTARY METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR* UNTUK PEMOTRETAN UDARA VERTIKAL DALAM RANGKA Mendukung PERTAHANAN NEGARA**

**CANDRA WIRANURSAMSU**

Dampak perpindahan Ibu Kota Negara menimbulkan berbagai macam persoalan baru, dimulai dari pemindahan seluruh aset penting milik negara hingga para pegawai pemerintahan. Hal ini menjadi pemikiran utama para petinggi negara di bidang pertahanan mengenai konsep pertahanan yang baru. Salah satu tugas berat yang masih menjadi beban negara untuk melindungi wilayah IKN ialah memperkuat pertahanan udara di wilayah Kalimantan bagian barat. Hingga saat ini, masih terdapat celah kosong dari pantauan radar di wilayah Kalimantan Barat. Oleh karena itu, perlunya penambahan kekuatan pertahanan udara di wilayah Kalimantan Barat dapat dimulai dari Pangkalan Udara TNI AU Supadio. Tujuan penelitian ini adalah untuk menganalisa hasil pemanfaatan teknologi sensor CMOS yang dapat memberikan data yang akurat melalui kegiatan pemotretan udara vertikal dalam rangka pemekaran kekuatan pertahanan udara di area sekitar pangkalan tersebut. Selain itu, hasil interpretasi dari data foto udara juga dapat menunjukkan lokasi yang tepat dalam penentuan pembangunan instalasi militer untuk dapat menambah kekuatan pertahanan udara di sekitar area tersebut. Penelitian ini menggunakan beberapa metode yang diujikan terhadap data foto udara untuk dapat memberi pilihan solusi dari permasalahan yang terjadi, diantaranya metode kuesioner untuk menganalisa kemudahan identifikasi objek terekam dengan menggunakan analisis statistik deskriptif, metode quasi eksperimental untuk membuktikan pengaruh perubahan data foto udara dapat menghasilkan data dengan nilai akurasi yang lebih baik, serta metode analisis spasial dan temporal untuk mendapatkan laju perubahan tata guna lahan di sekitar lokasi penelitian. Dari hasil penelitian diperoleh data yang dihasilkan dengan sensor CMOS lebih mudah untuk diidentifikasi daripada sensor CCD, dan percobaan terhadap data foto udara tidak memberikan pengaruh yang besar untuk meningkatkan akurasi data, serta analisis spasial pada lokasi penelitian menunjukkan area utara pangkalan sebagai lokasi yang tepat untuk pembangunan instalasi militer dalam rangka mendukung pertahanan di wilayah Kalimantan, khususnya pertahanan bagi Ibu Kota Negara Baru.

**Kata Kunci:** Foto Udara, Sensor Gambar, Sistem Informasi Geografis (SIG), Analisis Geospasial, Pertahanan Negara

## **ABSTRACT**

### **UTILIZING COMPLEMENTARY METAL-OXIDE SEMICONDUCTOR SENSOR TECHNOLOGY FOR VERTICAL AERIAL PHOTOGRAPHY IN THE FRAMEWORK OF SUPPORTING STATE DEFENSE**

**CANDRA WIRANURSAMSU**

*The impact of relocating the National Capital has created various kinds of new problems, starting from the transfer of all important state-owned assets to government employees. This is the main thought of state officials in the field of defense regarding the new defense concept. One of the heavy tasks that still becomes the burden of the state to protect the IKN area is to strengthen air defense in the western part of Kalimantan. Until now, there are still empty gaps from radar monitoring in the West Kalimantan region. Therefore, the need for additional air defense reinforcements in the West Kalimantan region can be started from the Indonesian Air Force Supadio Air Base. The purpose of this study is to analyze the results of using CMOS sensor technology which can provide accurate data through vertical aerial photography in the framework of expanding air defense reinforcements in the area around the base. In addition, the results of interpretation of aerial photo data can also show the exact location in determining the construction of military installations to be able to increase air defense reinforcements around the area. This study uses several methods tested on aerial photo data to be able to provide a choice of solutions to the problems that occur, including the questionnaire method to analyze the ease of identifying recorded objects using descriptive statistical analysis, quasi-experimental methods to prove the effect of changing aerial photo data can produce data with better accuracy values, as well as spatial and temporal analysis methods to obtain the rate of land use change around the study site. From the results of the study, it was found that the data generated with the CMOS sensor was easier to identify than the CCD sensor, and experiments on aerial photo data did not have a major effect on increasing data accuracy, and spatial analysis at the research location showed the northern area of the base as the right location for development. military installations in order to support defense in the Kalimantan region, especially defense for the New State Capital.*

**Keywords:** *Aerial Photography, Image Sensor, Geographic Information System (GIS), Geospatial Analysis, National Defense*

## DAFTAR ISI

	Halaman
SAMPUL DEPAN .....	i
LEMBAR PERSETUJUAN TESIS .....	ii
LEMBAR PENGESAHAN TESIS.....	iii
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK .....	viii
<i>ABSTRACT</i> .....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR.....	xiii
DAFTAR TABEL .....	xv
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Identifikasi Masalah .....	6
1.3. Pembatasan Masalah.....	7
1.4. Rumusan Masalah .....	7
1.5. Tujuan Penelitian .....	8
1.6. Manfaat Penelitian .....	9
1.6.1. Manfaat Teoritis .....	9
1.6.2. Manfaat Praktis .....	9
<b>BAB II TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>10</b>
2.1. Landasan Teori .....	10
2.1.1. Pertahanan Negara .....	10
2.1.2. Kebijakan Pemerintah Perpindahan Ibu Kota Negara	12
2.1.3. Pengamanan Wilayah Udara RI .....	14
2.1.4. Penginderaan Jauh.....	15
2.1.4.1. Sistem Penginderaan Jauh.....	16
2.1.4.2. Data Penginderaan Jauh.....	18
2.1.4.3. Pengolahan Data Citra Digital .....	19

2.1.5. Sensor Gambar .....	22
2.1.5.1. CCD .....	24
2.1.5.2. CMOS .....	25
2.1.6. Pemotretan Udara .....	27
2.1.6.1. Pemotretan Udara Miring ( <i>Oblique</i> ) .....	28
2.1.6.2. Pemotretan Udara Vertikal.....	29
2.1.7. Fotogrametri.....	32
2.1.8. <i>Geographic Information System (Geospatial Analysis)</i>	34
2.2. Hasil Penelitian Terdahulu .....	35
2.3. Kerangka Berpikir .....	40
<b>BAB III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>41</b>
3.1. Metode dan Desain Penelitian .....	41
3.1.1. Metode Penelitian .....	41
3.1.2. Desain Penelitian .....	43
3.2. Tempat dan Waktu Penelitian .....	45
3.2.1. Tempat Penelitian .....	45
3.2.2. Waktu Penelitian .....	45
3.3. Populasi dan Sampel Penelitian.....	46
3.4. Teknik Pengumpulan Data .....	47
3.4.1. Metode Kuesioner.....	48
3.4.2. Percobaan Uji Akurasi Data Foto Udara .....	49
3.4.3. Interpretasi Foto Udara dan Citra Satelit.....	50
3.5. Instrumen Penelitian.....	51
3.6. Teknik Pengolahan Data .....	51
3.7. Teknik Analisis Data .....	52
<b>BAB IV HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>53</b>
4.1. Deskripsi Data .....	54
4.1.1. Informasi Umum.....	54
4.1.2. Statistik Kebandaraan .....	55
4.1.3. Data Kuesioner.....	56
4.1.4. Data Foto Udara .....	57

4.1.5. Data Citra Satelit .....	59
4.2. Hasil Pengumpulan Data .....	60
4.2.1. Perolehan Data Kuesioner .....	60
4.2.2. Pembangunan Histogram .....	64
4.2.3. Interpretasi Objek pada Foto Udara dan Citra Satelit.	68
4.3. Hasil Pengolahan Data .....	71
4.3.1. Pengolahan Data Kuesioner .....	71
4.3.2. Pengujian Koreksi Data Foto Udara.....	78
4.3.3. Penghitungan Perubahan Tata Guna Lahan Pada Data Foto Udara dan Citra Satelit.....	83
4.4. Pembahasan.....	87
4.4.1. Kajian Kuesioner.....	87
4.4.2. Kajian Uji Akurasi Data Foto Udara.....	89
4.4.3. Kajian Laju Perubahan Tata Guna Lahan Terhadap Pertahanan Negara. ....	90
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>93</b>
5.1. Kesimpulan.....	93
5.2. Saran .....	94
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>95</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>100</b>

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. 1. Tampilan Cakupan 20 Radar TNI AU Saat Ini .....	4
Gambar 1. 2. Kekuatan Pesawat Tempur TNI AU Saat Ini dan Harapan Ke Depan .....	6
Gambar 2. 1. Gambar Negara-Negara yang Berbatasan dengan Negara Indonesia.....	12
Gambar 2. 2. Skema Rencana Wilayah IKN.....	13
Gambar 2. 3. Spektrum Elektromagnetik.....	16
Gambar 2. 4. Ilustrasi Sistem Penginderaan Jauh .....	17
Gambar 2. 5. Nilai kecerahan dalam piksel foto .....	19
Gambar 2. 6. Proses Koreksi Radiometrik dan Koreksi Geometrik	20
Gambar 2. 7. Pola Bayern Sensor Gambar CCD dan CMOS.....	23
Gambar 2. 8. Grid dan Proses Kerja CCD.....	24
Gambar 2. 9. Skema Diagram Inverter CMOS .....	25
Gambar 2. 10. Perbedaan Cara Kerja CCD dan CMOS .....	26
Gambar 2. 11. Contoh Foto Udara Miring .....	29
Gambar 2. 12. Ilustrasi Pemotretan Udara Vertikal antar Foto.....	30
Gambar 2. 13. Ilustrasi Pemotretan Udara Vertikal antar Blok.....	31
Gambar 2. 14. Elemen Dasar Geometri Pemotretan Udara Vertikal Digital .....	31
Gambar 2. 15. Kerangka Berpikir .....	40
Gambar 3. 1. Quasy Experimental Design.....	43
Gambar 3. 2. Desain Penelitian .....	44
Gambar 3. 3. Pembagian Zona Kuesioner .....	49
Gambar 4. 1. Data Foto Udara Pangkalan Udara TNI AU Supadio Tahun 2014 dan Tahun 2018 .....	58
Gambar 4. 2. Data Citra Satelit World View 3 .....	59
Gambar 4. 3. Diagram Pendidikan dan Pekerjaan Responden.....	61

<b>Gambar 4. 4. Diagram Responden dengan Intensitas Melakukan Interpretasi dan Perbedaan Jenis Kelamin .....</b>	<b>62</b>
<b>Gambar 4. 5. Histogram Data Foto Udara Pangkalan Udara TNI AU Supadio Tahun 2014.....</b>	<b>66</b>
<b>Gambar 4. 6. Histogram Data Foto Udara Pangkalan Udara TNI AU Supadio Tahun 2018.....</b>	<b>67</b>
<b>Gambar 4. 7. Proses Interpretasi Objek pada Foto Udara .....</b>	<b>69</b>
<b>Gambar 4. 8. Hasil Interpretasi Objek Data Foto Udara Pangkalan Udara TNI AU Supadio Tahun 2014.....</b>	<b>70</b>
<b>Gambar 4. 9. Diagram Hasil Perhitungan Data Kuesioner.....</b>	<b>78</b>
<b>Gambar 4. 10. Proses Koreksi Radiometrik dan Hasil Hitungan Statistik.....</b>	<b>80</b>
<b>Gambar 4. 11. Proses Koreksi Geometrik Sebelum Koreksi Radiometrik dan Ringkasan Hasil Statistik.....</b>	<b>82</b>
<b>Gambar 4. 12. Proses Koreksi Geometrik Setelah Koreksi Radiometrik dan Ringkasan Hasil Statistik.....</b>	<b>83</b>
<b>Gambar 4. 13. Pembagian 9 Zona Pada Data Yang Saling Berpotongan.....</b>	<b>84</b>

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
<b>Tabel 1. 1. Data Radar TNI AU Saat Ini.....</b>	<b>3</b>
<b>Tabel 2. 1. Hasil Penelitian Terdahulu .....</b>	<b>36</b>
<b>Tabel 3. 1. Waktu Penelitian.....</b>	<b>46</b>
<b>Tabel 4. 1. Statistik Kebandaraan Bandara Supadio .....</b>	<b>55</b>
<b>Tabel 4. 2. Tabulasi Data Kuesioner .....</b>	<b>64</b>
<b>Tabel 4. 3. Ringkasan Hasil Uji Validitas Data .....</b>	<b>72</b>
<b>Tabel 4. 4. Ringkasan Hasil Uji Realibilitas Data .....</b>	<b>75</b>
<b>Tabel 4. 5. Hasil Perhitungan Data Kuesioner .....</b>	<b>76</b>
<b>Tabel 4. 6. Ringkasan Hasil Kalkulasi Proses Intersect Data Tahun 2014- 2018 dan 2018-2022. ....</b>	<b>85</b>