



REPUBLIK INDONESIA
KEMENTERIAN HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA

SERTIFIKAT PATEN SEDERHANA

Menteri Hukum dan Hak Asasi Manusia atas nama Negara Republik Indonesia berdasarkan Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten, memberikan hak atas Paten Sederhana kepada:

Nama dan Alamat Pemegang Paten

: UNIVERSITAS GUNADARMA
Jl. Margonda Raya No. 100, Pondok Cina, Depok
INDONESIA

Untuk Inovasi dengan Judul

: METODE ESTIMASI PARAMETER POLARISASI DAN KESALAHAN PENGUKURAN SUDUT ALAT OPTIK POLARISATOR LINIER

Inventor

: Dr. Aini Suri Talita, S.Si., M.Si.
Prof. Dr. rer. nat. Dipl-Phys. Achmad Benny Mutiara Q. N, Ssi., ST.
Dr. Eri Prasetyo Wibowo, S.si., MMSI.
Dr. Mohammad Iqbal, SKom., MMSI.

Tanggal Penerimaan

: 02 Februari 2017

Nomor Paten

: IDS000002079

Tanggal Pemberian

: 09 Januari 2019

Perlindungan Paten Sederhana untuk inovasi tersebut diberikan untuk selama 10 tahun terhitung sejak Tanggal Penerimaan (Pasal 23 Undang-Undang Nomor 13 Tahun 2016 tentang Paten).

Sertifikat Paten Sederhana ini dilampiri dengan deskripsi, klaim, abstrak dan gambar (jika ada) dari inovasi yang tidak terpisahkan dari sertifikat ini.



a.n. MENTERI HUKUM DAN HAK ASASI MANUSIA
DIREKTUR JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

Dr. Freddy Harris, S.H., LL.M., ACCS.
NIP. 196611181994031001



(12) PATEN INDONESIA

(11) IDS000002079 B

(19) DIREKTORAT JENDERAL KEKAYAAN INTELEKTUAL

(45) 09 Januari 2019

(51) Klasifikasi IPC⁸ : G 01J 4/04, G 01M 11/00, G 01N 21/21

(21) No. Permohonan Paten : S00201700749

(2) Tanggal Penerimaan: 02 Februari 2017

(3) Data Prioritas :
(31) Nomor (32) Tanggal (33) Negara

Tanggal Pengumuman: 05 Mei 2017

Dokumen Pemandang:
US 5.298.972 A
JP2003337068 A
CN 102147326 A
CN104535192 A

(71) Nama dan Alamat yang Mengajukan Permohonan Paten :
UNIVERSITAS GUNADARMA
Jl. Margonda Raya No. 100, Pondok Cina, Depok
INDONESIA

(72) Nama Inventor :
Dr. Aini Suri Talita, S.Si., M.Si., ID
Prof. Dr. rer. nat. Dipl-Phys. Achmad Benny Mutiara Q. N,
Ssi., ST., ID
Dr. Eri Prasetyo Wibowo, S.si., MMSI., ID
Dr. Mohammad Iqbal, SKom., MMSI., ID

(74) Nama dan Alamat Konsultan Paten :

Pemeriksa Paten : Drs. Zulhelmi Yunus, M.Hum.

Jumlah Klaim : 7

Judul Invensi : METODE ESTIMASI PARAMETER POLARISASI DAN KESALAHAN PENGUKURAN SUDUT ALAT OPTIK POLARISATOR LINIER

Abstrak :

Invensi ini berhubungan dengan Metode Estimasi Parameter Polarisasi (I , ρ , φ) dan Kesalahan Pengukuran Sudut Alat Optik sator Linier ($\Delta\alpha$) yang lebih khusus lagi berhubungan dengan metode dan urutan langkah dalam menduga nilai parameter polarisasi gus menduga nilai kesalahan dalam kesalahan pengukuran sudut polarisator linier dengan memanfaatkan metode berbasis kernel. Tahapan dalam invensi ini dimulai dengan pengambilan data citra terpolarisasi. Kemudian distribusi data diuji kedekatannya i distribusi normal, dilanjutkan dengan penghitungan panjang Interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier. asumsi kesalahan tersebut dipartisi menjadi 10 buah sub interval. Selanjutnya nilai mixed kernel dihitung pada setiap piksel citra embangun matriks kernel. Matriks kernel dan titik ujung sub interval digunakan pada KRR untuk mengestimasi nilai intensitas i. Nilai estimasi dari parameter polarisasi dicari dengan menggunakan Ridge Regresi (RR). Kesalahan dalam pengestimasian s polarisasi dihitung untuk dibandingkan dengan nilai ambang batas tertentu. Apabila nilai kesalahan tersebut lebih kecil dari batas maka metode selesai. Hasil akhir dari metode ini dicapai yaitu berupa nilai estimasi parameter polarisasi dan estimasi i dalam pengukuran sudut polarisator linier dan memperkecil kesalahan dalam pengestimasian nilai-nilai tersebut.



Deskripsi**METODE ESTIMASI PARAMETER POLARISASI DAN KESALAHAN PENGUKURAN
SUDUT ALAT OPTIK POLARISATOR LINIER****5 Bidang Teknik Invensi**

Invensi ini berhubungan dengan Metode Estimasi Parameter Polarisasi (I, ρ, φ) dan Kesalahan Pengukuran Sudut Alat Optik Polarisator Linier $(\Delta\alpha)$ lebih khusus lagi, invensi ini berhubungan dengan metode dan urutan langkah dalam menduga nilai parameter polarisasi sekaligus menduga nilai kesalahan dalam kesalahan pengukuran sudut polarisator linier dengan memanfaatkan metode berbasis metode kernel. Pada invensi ini diasumsikan bahwa cahaya terpolarisasi linier sebagian (*partially linearly polarized light*).

15

Latar Belakang Invensi

Polarisasi dalam visi komputer memiliki banyak manfaat diantaranya adalah dapat dimanfaatkan untuk merekonstruksi bentuk 3D dari suatu objek, dapat memperbaiki kualitas citra seperti pada citra yang diambil pada kondisi tidak ideal, seperti cuaca berkabut dan lainnya. Berkaitan dengan pemanfaatan polarisasi pada visi komputer, terdapat beberapa hal yang menjadi titik fokus utama, diantaranya adalah bagaimana cara mendapatkan citra terpolarisasi yang diakuisisi secara akurat dan bagaimana cara mengekstrak informasi polarisasi untuk mendapatkan status polarisasi. Diagram alur visi komputer secara umum dapat dilihat pada Gambar 1. Untuk mendapatkan citra terpolarisasi yang diakuisisi secara akurat yang akan digunakan untuk mendapatkan informasi polarisasi, dilakukan suatu tahapan awal yang disebut kalibrasi polarisasi.

Pada kasus dimana cahaya diasumsikan terpolarisasi linier sebagian, nilai dari tiga buah parameter polarisasi yaitu intensitas total (I) , sudut polarisasi (φ) , dan derajat

polarisasi (ρ) harus diestimasi. Pengestimasi ini dilakukan dengan cara menempatkan polarisator linier, yang dapat dilihat pada Gambar 2b dan Gambar 2c dengan sudut tertentu di depan kamera untuk menangkap citra terpolarisasi. Kemudian citra terpolarisasi digunakan sebagai data masukan untuk menduga nilai dari tiga parameter polarisasi. Keakuratan pengukuran sudut polarisator linier menjadi salah satu hal penting dalam tahapan kalibrasi polarisasi.

Metode yang biasa digunakan dalam menduga parameter polarisasi tersebut adalah metode Least Mean Square (LMS). Pada pengukuran sudut polarisator linier dimungkinkan adanya kesalahan pengukuran baik yang disebabkan oleh faktor teknis pengguna maupun adanya cacat pada polarisator linier. Oleh karena itu, tahap kalibrasi polarisasi khususnya berkaitan dengan keakuratan pengukuran sudut polarisator linier dilakukan. Pada invensi ini, selain parameter polarisasi, kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier diestimasi dengan menggunakan metode yang berbasiskan metode kernel.

Salah satu paten yang berkaitan dengan invensi ini adalah U.S. Patent no 5,298,972 dengan judul "Method and Apparatus for Measuring Polarization Sensitivity of Optical Devices" yang mengajukan suatu instrumen yang dapat membangun kondisi polarisasi (*state of polarization*) dari suatu cahaya dan mengukur kondisi polarisasi yang diakibatkan adanya alat optik sehingga sensitifitas polarisasi pada alat optik dapat ditentukan. Invensi ini menemukan instrumen untuk menentukan sensitifitas polarisasi atas panjang gelombang tertentu dan invensi ini juga menemukan metode untuk mengkalibrasi instrumen yang bersangkutan. Pada invensi ini representasi polarisasi yang digunakan adalah dengan menggunakan matriks Jones berbeda dengan invensi yang diajukan pada paten ini dimana diasumsikan cahaya terpolarisasi linier dan direpresentasikan dengan Matriks Mueller, dimana ada tiga buah

parameter polarisasi yang harus diduga karena diasumsikan cahaya terpolarisasi linier sebagian.

Pada paten no JP2003337068 (A) dengan judul "Calibration Method of Polarimeter" dengan invensi berupa metode kalibrasi polarimeter dengan setidaknya empat buah detektor yang masing-masing membangun arus yang bersesuaian dengan parameter Stokes (parameter polarisasi). Invensi ini dapat digunakan pada kondisi cahaya terpolarisasi sempurna. Pada invensi yang diajukan digunakan satu polarisator linier dan satu sensor berupa kamera digunakan untuk menangkap citra terpolarisasi linier sebagian.

Pada paten no CN102147326 dengan judul "Method and Device for Calibrating Polarization Detector" ditemukan metode dan aparatus untuk mengkalibrasi detektor polarisasi, dimana detektor polarisasi yang dimaksud bertujuan untuk mendeteksi *optical head* dengan suatu sirkuit deteksi (*detection circuit*) termasuk diantaranya amplifier linier dan konverter AD.

Pada paten no CN104535192 (A) dengan judul "Stokes Polarization Meter Error Calibration and Compensation Method Based on Wave Plate Rotating Method" invensinya adalah metode untuk mengkalibrasi kesalahan dalam Stokes Polarization Meter berbasis *rotating Stokes wave plate* yang juga memanfaatkan konsep analisis Fourier.

Pada paten no CN104677838 (A) dengan judul "Self-Calibration Type Full-Muller Matrix Ellipsometer Measurement System" menemukan metode kalibrasi mandiri (*self-calibration*) yang dapat digunakan pada sampel *isotropic* dan homogen. Metode kalibrasi mandiri ini melakukan kalibrasi pada sistem ellipsometer termasuk diantaranya sumber cahaya, sebuah polarisator, *first phase* dan *second phase bit compensator*, sebuah analisator, dan spektrometer serta sampel isotropik dan homogen.

Pada makalah "Polarization Stereoscopic Imaging Prototype" yang dimuat di International Journal of Signal

Processing, Image Processing and Pattern Recognition (IJSIP)SERSC vol. 4, metode Least Mean Square digunakan sebanyak dua kali pada dua tahapan yang berbeda untuk mengestimasi nilai parameter polarisasi dan untuk melakukan kalibrasi polarisator linier. Sebuah polarisator lainnya digunakan sebagai Polarization State Generator (PSG). Kekurangan pada metode ini adalah apabila polarisator yang digunakan untuk membangun kondisi polarisasi kurang akurat, keseluruhan hasil estimasi dapat tidak akurat.

10 Dengan demikian invensi sekarang ini memiliki keunggulan dibandingkan dengan invensi sebelumnya yaitu dapat mengestimasi nilai parameter polarisasi sekaligus kesalahan dalam pengukuran sudut alat optik polarisator linier dengan memanfaatkan metode berbasis metode kernel yang dapat mengatasi adanya kemungkinan bahwa data tidak dapat terpisahkan secara linier.

Uraian Singkat Invensi

20 Invensi yang diusulkan bertujuan untuk mengestimasi parameter polarisasi sekaligus mengestimasi kesalahan dalam pengukuran sudut alat optik polarisator linier. Prinsip dasar metode yang diajukan, yang diagram alurnya diberikan pada Gambar 3 adalah mengestimasi nilai intensitas polarisasi pada titik ujung sub interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier dengan memanfaatkan matriks kernel. Metode ini memanfaatkan metode berbasis kernel yang dimaksudkan untuk memperbaiki prinsip Ordinary Least Square (OLS) pada metode Least Mean Square (LMS) yang merupakan metode standar bagi pengestimasian nilai parameter polarisasi. 25 Metode yang dikembangkan meningkatkan kualitas kalibrasi citra terpolarisasi dengan cara mengestimasi besar kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier. Metode yang dihasilkan memanfaatkan metode kernel sehingga peka terhadap perubahan

sudut polarisator linier hingga $0,1^\circ$ (1 angka di belakang koma).

Metode pengestimasi nilai parameter polarisasi dan nilai kesalahan dalam pengukuran sudut alat optik polarisator linier mencakup beberapa tahapan, dimulai dengan pengambilan data citra terpolarisasi yang akan digunakan sebagai masukan dalam metode yang menjadi invensi. Kemudian distribusi data citra terpolarisasi diuji kedekatannya dengan distribusi normal dengan menggunakan perintah Normplot, secara khusus diterapkan dengan terlebih dahulu memetakan data dengan menggunakan fungsi $X = \left\{ \frac{\cos \alpha + \sin \alpha}{2} \mid \alpha = -\pi + (i - 1) \times \frac{\pi}{100}, i = 1, 2, \dots, 201 \right\}$ yang bertujuan untuk mereduksi dimensi data menjadi satu dimensi, dilanjutkan dengan penghitungan panjang interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier.

Interval asumsi kesalahan tersebut dibagi menjadi 10 buah sub interval (dipartisi) dengan panjang yang sama. Nilai *mixed kernel* $k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (a_1 \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2 + a_2)^{a_3}$ menggunakan nilai-nilai parameter $a_1 = 2,2 \times 1,0e - 07$ ($2,2 \times 10^{-7}$), $a_2 = 9 \times 1,0e - 13$ (9×10^{-13}), $a_3 = 16$ pada tiap piksel (i, j) dari data citra terpolarisasi dihitung untuk mendapatkan matriks kernel. *Mixed Kernel* merupakan penurunan dari *Gaussian Kernel* dan *Polynomial Kernel*. Matriks kernel dan titik ujung sub interval digunakan pada KRR untuk mengestimasi nilai intensitas polarisasi. Nilai estimasi dari parameter polarisasi dicari dengan menggunakan Ridge Regresi (RR). Kesalahan dalam pengestimasi intensitas polarisasi dihitung dengan cara mencari selisih mutlak dari hasil estimasi dengan nilai sebenarnya pada data citra terpolarisasi. Selanjutnya nilai kesalahan yang didapat dibandingkan dengan nilai ambang batas tertentu. Apabila nilai kesalahan tersebut lebih kecil dari ambang batas maka metode selesai dimana nilai kesalahan pada pengukuran sudut polarisator linier dipilih berdasarkan nilai titik ujung sub interval dengan nilai kesalahan terkecil. Hasil akhir dari

metode ini dicapai yaitu berupa nilai estimasi parameter polarisasi dan nilai estimasi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier dan memperkecil kesalahan dalam pengestimasian nilai-nilai tersebut.

5

Uraian Singkat Gambar

Gambar 1. adalah diagram alur visi komputer secara umum, terletak pada tahapan kalibrasi citra, khususnya citra
10 terpolarisasi.

Gambar 2a. dan Gambar 2b. adalah polarisator linier dan *rotary optic mount* untuk menentukan besaran sudut polarisator linier.

15 Gambar 3. adalah diagram alur estimasi parameter polarisasi dan kesalahan pengukuran sudut alat optik polarisator linier.

Gambar 4. adalah kamera Guppy F-080 yang digunakan untuk mengambil data citra terpolarisasi.

20

Gambar 5. adalah contoh data citra terpolarisasi dengan sudut polarisator linier 20° .

Gambar 6. adalah grafik probabilitas normal.

25

Uraian Lengkap Invensi

Realisasi tentang invensi metode untuk mengestimasi parameter polarisasi (I, ρ, φ) sekaligus mengestimasi kesalahan dalam pengukuran sudut alat optik polarisator linier diuraikan
30 pada Gambar 3. Pada metode ini yang diagram alurnya diberikan pada Gambar 3, dimulai dengan pengambilan data citra terpolarisasi. Objek dalam citra ini adalah LED dan beberapa objek lain di sekitarnya seperti dinding dan kabel-kabel. Alasan pemilihan objek ini adalah karena LED sendiri

mengeluarkan cahaya terpolarisasi. Jadi pada citra ini terdapat gabungan objek yang memancarkan cahaya terpolarisasi maupun tidak. Data ini diambil pada beberapa besaran sudut polarisator linier yaitu 0° , 20° , 40° , 60° , 90° , dan 100° dengan cara menempatkan suatu polarisator linier (Gambar 2a dan 2b) di

5 depan suatu sensor berupa kamera Guppy F-080 (Gambar 4).

Contoh data citra tersebut dapat dilihat pada Gambar 5, yaitu citra yang diambil pada sudut polarisator linier 20° . Citra yang diambil berukuran 480×640 piksel. Data citra terpolarisasi ini selanjutnya menjadi data masukan pada metode invensi. Langkah selanjutnya adalah menguji kedekatan data citra terpolarisasi yang diperoleh dengan Distribusi Normal dengan menggunakan perintah Normplot, secara khusus diterapkan dengan terlebih dahulu memetakan data dengan menggunakan

10 fungsi $X = \left\{ \frac{\cos \alpha + \sin \alpha}{2} \mid \alpha = -\pi + (i - 1) \times \frac{\pi}{100}, i = 1, 2, \dots, 201 \right\}$ yang bertujuan untuk mereduksi dimensi data menjadi satu dimensi.

Hasil dari perintah Normplot dapat dilihat pada Gambar 6 dimana dengan pengamatan grafis terlihat bahwa kurva mendekati garis linier yang menandakan bahwa distribusi data dekat

20 dengan distribusi normal. Langkah selanjutnya adalah menghitung panjang interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier. Dalam invensi ini diasumsikan interval berada pada jangkauan antara 0° dan 5° , sehingga panjang interval adalah 5. Interval ini kemudian dipartisi

25 menjadi 10 buah sub interval dengan panjang masing-masing 0.5.

Berikutnya nilai *mixed kernel* $k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (a_1 \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2 + a_2)^{a_3}$ menggunakan nilai-nilai parameter $a_1 = 2,2 \times 1,0e - 07$ ($2,2 \times 10^{-7}$), $a_2 = 9 \times 1,0e - 13$ (9×10^{-13}), $a_3 = 16$ pada tiap piksel (i, j) dari data citra terpolarisasi dihitung untuk mendapatkan matriks kernel.

30 Matriks kernel yang dihasilkan dan titik ujung sub interval digunakan pada KRR untuk mengestimasi nilai intensitas polarisasi pada tiap piksel dari data citra terpolarisasi dengan nilai konstanta Ridge yang digunakan adalah 1. Nilai

estimasi dari parameter polarisasi dicari dengan menggunakan Ridge Regresi (RR) dengan nilai konstanta Ridge yang digunakan adalah $-1,0e-05$ (-10^{-5}).

5 Nilai kesalahan dalam pengestimasian intensitas polarisasi dihitung dengan cara mencari selisih mutlak dari hasil estimasi yang diperoleh dengan KRR dengan nilai sebenarnya pada data citra terpolarisasi. Selanjutnya nilai kesalahan yang didapat dibandingkan dengan nilai ambang batas tertentu. Dalam invensi ini dipilih nilai ambang batas 0,01. 10 Apabila nilai kesalahan tersebut lebih kecil dari ambang batas maka metode selesai dimana nilai kesalahan pada pengukuran sudut polarisator linier dipilih berdasarkan nilai titik ujung sub interval dengan nilai kesalahan terkecil. Pada Tabel 1 diberikan hasil implementasi metode invensi pada data citra 15 terpolarisasi yang telah diambil sebelumnya. Notasi $\Delta\alpha$ menandakan kesalahan sebenarnya dalam pengukuran sudut polarisator linier, sedangkan $\widehat{\Delta\alpha}$ menotasikan estimasi dari kesalahan tersebut yang didapat dengan menggunakan metode invensi. $Error = \sum |\hat{P} - P|$ merupakan hasil penghitungan kesalahan 20 dalam pengestimasian nilai intensitas polarisasi, didapat dengan mencari selisih mutlak antara estimasi intensitas polarisasi \hat{P} dan nilai sebenarnya P .

25 Tabel 1. Hasil Implementasi Metode Invensi pada Data Citra Terpolarisasi

| $\Delta\alpha$ | $\widehat{\Delta\alpha}$ | $Error = \sum \hat{P} - P $ |
|----------------|--------------------------|------------------------------|
| | 0° | 0,0359 |
| | $0,5^\circ$ | 0,0321 |
| | 1° | 0,0282 |
| | $1,5^\circ$ | 0,0244 |
| | 2° | 0,0205 |
| | $2,5^\circ$ | 0,0167 |

| | | |
|----------------------------|-------------|--------|
| $\Delta\alpha = 4,7^\circ$ | 3° | 0,0129 |
| | $3,5^\circ$ | 0,0091 |
| | 4° | 0,0053 |
| | $4,5^\circ$ | 0,0015 |
| | 5° | 0,0023 |
| $\Delta\alpha = 2,8^\circ$ | 0° | 0,0213 |
| | $0,5^\circ$ | 0,0175 |
| | 1° | 0,0136 |
| | $1,5^\circ$ | 0,0098 |
| | 2° | 0,0060 |
| | $2,5^\circ$ | 0,0023 |
| | 3° | 0,0015 |
| | $3,5^\circ$ | 0,0053 |
| | 4° | 0,0090 |
| | $4,5^\circ$ | 0,0127 |
| 5° | 0,0164 | |
| $\Delta\alpha = 0,6^\circ$ | 0° | 0,0045 |
| | $0,5^\circ$ | 0,0008 |
| | 1° | 0,0030 |
| | $1,5^\circ$ | 0,0068 |
| | 2° | 0,0105 |
| | $2,5^\circ$ | 0,0142 |
| | 3° | 0,0179 |
| | $3,5^\circ$ | 0,0217 |
| | 4° | 0,0254 |
| | $4,5^\circ$ | 0,0291 |
| 5° | 0,0328 | |

Dapat dilihat pada Tabel 1, bahwa untuk nilai $\Delta\alpha = 4,7^\circ$, nilai estimasinya adalah $4,5^\circ$ dimana nilai kesalahan estimasinya adalah 0,0015 (pada tabel 1 bagian ini ditandai dengan warna abu-abu). Untuk nilai $\Delta\alpha = 2,8^\circ$, nilai estimasinya

adalah 3° dimana nilai kesalahan estimasinya adalah 0,0015 (pada tabel 1 bagian ini ditandai dengan warna hijau). Sedangkan untuk nilai $\Delta\alpha = 0,6^\circ$, nilai estimasinya adalah $0,5^\circ$ dimana nilai kesalahan estimasinya adalah 0,0008 (pada tabel 1 bagian ini ditandai dengan warna kuning).

Pada Tabel 2 diberikan hasil estimasi dari tiga parameter polarisasi yaitu intensitas total I , derajat polarisasi (ρ), dan sudut polarisasi φ yang didapat dengan menggunakan metode hasil invensi. Notasi dari estimasi intensitas total adalah \hat{I} , notasi dari estimasi dari derajat polarisasi adalah $\hat{\rho}$, dan notasi dari estimasi sudut polarisasi adalah $\hat{\varphi}$. Nilai-nilai estimasi ini dihitung pada setiap piksel dari citra, dalam Tabel 2 diberikan untuk piksel (200, 500).

15 Tabel 2. Hasil Pengestimasian Parameter Polarisasi dengan Menggunakan Metode Hasil Invensi

| $\Delta\alpha$ | $\widehat{\Delta\alpha}$ | $\hat{I}(pix1,pix2)$ | $\hat{\rho}(pix1,pix2)$ | $\hat{\varphi}(pix1,pix2)$ |
|----------------|--------------------------|----------------------|-------------------------|----------------------------|
| $4,7^\circ$ | $4,5^\circ$ | 231,4125 | 0,0832 | 0,0580 |
| $2,8^\circ$ | 3° | 231,4125 | 0,0832 | 0,0649 |
| $0,6^\circ$ | $0,5^\circ$ | 231,4125 | 0,0832 | 0,0615 |

Pada Tabel 2 dapat dilihat bahwa nilai estimasi dari intensitas total adalah 231,4125, nilai estimasi dari derajat polarisasi adalah 0,0832, dan nilai estimasi dari sudut polarisasi adalah 0,0580 untuk kesalahan sudut polarisator linier $4,7^\circ$. Metode invensi ini berbasiskan metode kernel sehingga peka terhadap perubahan sudut polarisator linier hingga $0,1^\circ$ (1 angka di belakang koma) seperti yang dapat dilihat pada Tabel 2, serta memiliki keakuratan yang baik dalam mengestimasi nilai parameter polarisasi dan mengestimasi

nilai kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier dengan kesalahan terkecil adalah 0,0015, yang dicapai pada nilai kesalahan pengukuran sudut sebenarnya adalah $4,7^\circ$ dan diestimasi bernilai $4,5^\circ$.

Klaim :

1. Suatu Metode Estimasi Parameter Polarisasi dan Kesalahan Pengukuran Sudut Alat Optik Polarisator Linier yang terdiri dari tahap-tahap:

- 5 • mengambil data citra terpolarisasi untuk digunakan sebagai data masukan dalam mengestimasi nilai parameter polarisasi dan nilai kesalahan dalam pengukuran sudut alat optik polarisator linier,
- 10 • menguji kedekatan distribusi data citra terpolarisasi dengan distribusi normal dengan menggunakan perintah Normplot sehingga diperoleh bahwa distribusi data dekat dengan distribusi Normal,
- 15 • menghitung panjang interval asumsi kesalahan dalam pengukuran polarisator linier dengan jangkauan antara 0° sampai dengan 5° ,
- mempartisi interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier menjadi
20 beberapa buah sub interval dengan panjang yang sama untuk dijadikan masukan pada metode Kernel Ridge Regressi,
- menghitung nilai *mixed kernel* pada setiap piksel dari data citra terpolarisasi untuk mendapatkan
25 matriks kernel,
- menggunakan nilai titik ujung sub interval tersebut dan matriks kernel pada metode Kernel Ridge Regresi sehingga didapatkan nilai estimasi intensitas polarisasi (P),
- 30 • mengestimasi nilai dari tiga buah parameter polarisasi (I, ρ, φ) dengan memakai standarisasi Ridge Regressi,

- menghitung kesalahan dalam penghitungan nilai estimasi nilai intensitas polarisasi,
 - membandingkan nilai kesalahan tersebut dengan ambang batas dan kembali pada tahap mempartisi interval apabila nilai kesalahan tidak lebih kecil dari ambang batas,
 - mendapatkan hasil akhir dengan nilai estimasi dari nilai parameter polarisasi (I, ρ, φ) dan estimasi nilai kesalahan pengukuran sudut alat optik polarisator linier $\Delta\alpha$ yaitu untuk I adalah 231,4125, untuk ρ yaitu 0,0832, untuk φ adalah 0,0580, 0,0649, 0,0615 dan untuk $\Delta\alpha$ adalah $0,5^\circ$, 3° , $4,5^\circ$.
- 5
- 10
- 15 **2.** Mengambil data citra terpolarisasi untuk digunakan sebagai data masukan dalam mengestimasi nilai parameter polarisasi dan nilai kesalahan dalam pengukuran sudut alat optik polarisator linier sebagaimana klaim 1, dimana pengambilan data citra terpolarisasi dilakukan dengan
- 20 menempatkan alat optik polarisator linier dengan sudut polarisator linier 0° , 20° , 40° , 60° , 90° , dan 100° di depan sensor berupa kamera Guppy F-080.
- 3.** Menguji kedekatan distribusi data citra terpolarisasi dengan distribusi normal dengan menggunakan perintah
- 25 Normplot sehingga diperoleh bahwa distribusi data dekat dengan distribusi Normal sebagaimana klaim 1, secara khusus diterapkan dengan terlebih dahulu memetakan data dengan menggunakan fungsi $X = \left\{ \frac{\cos \alpha + \sin \alpha}{2} \mid \alpha = -\pi + (i - 1) \times \frac{\pi}{100}, i = 1, 2, \dots, 201 \right\}$ yang bertujuan untuk mereduksi dimensi data
- 30 menjadi satu dimensi, dengan mendapatkan hasil grafik probabilitas normal dengan kisaran intensitas data antara -0.6 sampai dengan 0.6.

4. Mempartisi interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier menjadi beberapa buah sub interval dengan panjang yang sama untuk dijadikan masukan pada metode Kernel Ridge Regressi sebagaimana klaim 1, dimana pembuatan partisi dari interval asumsi kesalahan dilakukan menjadi 10 buah sub interval.
5. Menghitung nilai *mixed kernel* pada setiap piksel dari data citra terpolarisasi untuk mendapatkan matriks kernel sebagaimana klaim 1, dimana penghitungan nilai *mixed kernel* $k(\mathbf{x}_i, \mathbf{x}_j) = (a_1 \|\mathbf{x}_i - \mathbf{x}_j\|^2 + a_2)^{a_3}$ menggunakan nilai-nilai parameter $a_1 = 2,2 \times 1,0e - 07$ ($2,2 \times 10^{-7}$), $a_2 = 9 \times 1,0e - 13$ (9×10^{-13}), $a_3 = 16$ pada tiap piksel (i, j) dari data citra terpolarisasi tersebut.
- 15 6. Menghitung kesalahan dalam penghitungan nilai estimasi intensitas polarisasi sebagaimana klaim 1, dimana penghitungan kesalahan dalam pendugaan intensitas polariasi dilakukan dengan cara menghitung mutlak dari selisih antara nilai dugaan intensitas polarisasi dan nilai asli intensitas polarisasi yang didapatkan dari intensitas yang terbaca pada data citra terpolarisasi yaitu $\sum |\hat{P} - P|$.
- 20 7. Membandingkan nilai kesalahan tersebut dengan ambang batas dan kembali pada tahap mempartisi interval apabila nilai kesalahan tidak lebih kecil dari ambang batas sebagaimana klaim 1, yaitu sebesar 0,01.
- 25

Abstrak**METODE ESTIMASI PARAMETER POLARISASI DAN KESALAHAN PENGUKURAN
SUDUT ALAT OPTIK POLARISATOR LINIER**

5

Invensi ini berhubungan dengan Metode Estimasi Parameter Polarisasi (I, ρ, φ) dan Kesalahan Pengukuran Sudut Alat Optik Polarisator Linier $(\Delta\alpha)$ yang lebih khusus lagi berhubungan dengan metode dan urutan langkah dalam menduga nilai parameter polarisasi sekaligus menduga nilai kesalahan dalam kesalahan pengukuran sudut polarisator linier dengan memanfaatkan metode berbasis kernel.

Tahapan dalam invensi ini dimulai dengan pengambilan data citra terpolarisasi. Kemudian distribusi data diuji kedekatannya dengan distribusi normal, dilanjutkan dengan penghitungan panjang interval asumsi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier. Interval asumsi kesalahan tersebut dipartisi menjadi 10 buah sub interval. Selanjutnya nilai *mixed kernel* dihitung pada setiap piksel citra untuk membangun matriks kernel. Matriks kernel dan titik ujung sub interval digunakan pada KRR untuk mengestimasi nilai intensitas polarisasi. Nilai estimasi dari parameter polarisasi dicari dengan menggunakan Ridge Regresi (RR). Kesalahan dalam pengestimasian intensitas polarisasi dihitung untuk dibandingkan dengan nilai ambang batas tertentu. Apabila nilai kesalahan tersebut lebih kecil dari ambang batas maka metode selesai. Hasil akhir dari metode ini dicapai yaitu berupa nilai estimasi parameter polarisasi dan estimasi kesalahan dalam pengukuran sudut polarisator linier dan memperkecil kesalahan dalam pengestimasian nilai-nilai tersebut.