

ANALISIS REGANGAN TEKTONIK DI LEMPENG KEPALA BURUNG (BIRD'S HEAD PLATE) BERDASARKAN DATA GPS INACORS 2017 – 2020

MUHAMMAD TAUFIK WIDAYAH, HENRI KUNCORO

1. Institut Teknologi Nasional Bandung
2. Institut Teknologi Nasional Bandung

Email: taufikwidayah96@gmail.com

ABSTRAK

Pulau Papua secara administratif terletak pada 130° 19' – 150° 48' BT dan 0° 19' LS – 10° 43' LS. Lempeng kepala burung merupakan lempeng tektonik kecil yang terhubung ke semenanjung kepala burung di ujung barat Pulau Papua. Aktivitas seismik menyebabkan pergerakan lempeng dan mempengaruhi perubahan dinamis posisi benda. Perubahan yang terjadi menunjukkan deformasi. Deformasi adalah perubahan posisi, bentuk, dan ukuran benda di bumi. CORS adalah observatorium GNSS statis yang beroperasi 24 jam sehari. Data pengamatan CORS dapat digunakan untuk memantau arah dan kecepatan deformasi dan perpindahan yang terjadi di daerah tersebut. Penelitian ini berfokus pada penentuan kecepatan pergeseran dan regangan menggunakan data pengamatan 16 CORS yang berada di sekitar wilayah Lempeng Kepala Burung yaitu BANI, CAMB, CBIK, CBLA, CBTI, CFAK, CJYP, CMAN, CNAB, CSOQ, CSMI, CTBL, CTER, CTIM, CUAL dan CWMN pada tahun 2017 sampai dengan 2020. Titik IGS yang digunakan yaitu BAKO, CNMR, DGAR, GMSD, GUAM, GUUG, MQZG, PARK, PIMO, PNGM, SHAO, TOW2, VACS dan WARK. Pengolahan data menggunakan software ilmiah GAMIT. Penelitian ini menghasilkan arah pergeseran dominan menuju ke arah barat laut. Kecepatan rata-rata pergeseran CORS dari tahun 2017 – 2020 adalah sebesar 0.02409 m/tahun ± 0,000872 m/tahun untuk komponen utara, -0,0201 m/tahun ± 0,001023 m/tahun untuk komponen timur. Regangan yang terjadi pada titik pengamatan berkisar $-2.4351071 \times 10^{-9}$ strain/year sampai dengan 2.6051629×10^{-7} strain/year serta pola regangan dominan bersifat ekstensi.

Kata Kunci: CORS, Deformasi, Kecepatan Pergeseran, Regangan.

1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Indonesia terletak di antara tiga lempeng utama dunia, yaitu Lempeng Pasifik yang bergerak ke arah barat-barat laut dengan kecepatan sekitar 10 cm/tahun, Lempeng Indo-Australia yang bergerak ke arah utara-timur laut dengan kecepatan sekitar 7 cm/tahun, serta Lempeng Eurasia yang menunjukkan gerakan ke arah barat daya dengan kecepatan mencapai 13 cm/tahun (Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral, 2009). Berdasarkan kekuatan strukturalnya, diketahui bahwa potensi ancaman gempa bumi di kawasan timur Indonesia dua kali lipat dari Indonesia bagian barat. USGS menyebutkan bahwa menurut sejarah Papua,

sumber gempa bumi terutama disebabkan oleh gesekan dan rekahan ke atas yang disebabkan oleh tumbukan banyak lempeng-lempeng kecil (Janah, dkk., 2014).

Pulau Papua secara administratif terletak pada $130^{\circ} 19' - 150^{\circ} 48' \text{ BT}$ dan $0^{\circ} 19' \text{ LS} - 10^{\circ} 43' \text{ LS}$. Pulau ini terletak di ujung paling timur Republik Indonesia, berbatasan langsung dengan Papua Nugini. Secara umum struktur Papua dapat dibedakan menjadi dua bagian yaitu badan burung atau bagian timur Papua dan bagian kepala burung atau Papua Barat (Yunus, 2010). Lempeng kepala burung adalah lempeng tektonik kecil yang terhubung ke semenanjung kepala burung di ujung barat Pulau Papua (Hillis, dkk., 2003). Lempeng ini dipisahkan dari lempeng Australia dan lempeng Maoke yang lebih kecil di sepanjang perbatasan yang berbeda di tenggara (USGS, 2004).

Gempa bumi adalah fenomena alam, dan akumulasi energi yang dilepaskan secara tiba-tiba dalam kurun waktu tertentu disebabkan oleh pergerakan lempeng tektonik di bumi. Di bagian atas, disebut litosfer, merupakan bagian dari kerak bumi yang terbuat dari bahan keras. Lapisan bawah disebut astenosfer, yang merupakan padatan, dan material dapat bergerak karena perbedaan tekanan (Afnimar, 2009).

Metode deformasi banyak digunakan dalam menghitung pergerakan lempeng bumi dengan berbagai macam sensor dan sistem. Metode pemantauan deformasi umumnya menggunakan data terestris, salah satunya menggunakan GPS (*Global Positioning System*) (Muvid, 2018). Salah satu perangkat lunak ilmiah yang bisa digunakan untuk mengolah data pengamatan GPS adalah GAMIT (*GPS Analysis Package Developed at Michigan Institute of Technology*) / GLOBK (*Global Kalman Filter VLBI and GPS Analysis Program*) (Herring, 2015).

Pada penelitian ini dilakukan pengolahan data CORS sehingga menghasilkan GPS *times series*, vektor kecepatan serta dapat diidentifikasi besarnya kompresi dan ekstensi pada pola regangan di Lempeng Kepala Burung dan sekitarnya menggunakan metode *triangle strain algorithm* untuk menentukan nilai regangan pada Lempeng Kepala Burung dan sekitarnya.

1.2 Rumusan Masalah

Adapun rumusan masalah pada penelitian ini adalah:

Bagaimana pola regangan (*strain*) di lempeng kepala burung (*Bird's Head Plate*) dan sekitarnya?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun maksud dan tujuan dari penelitian ini adalah:

- 1) Menghitung nilai regangan di Lempeng Kepala Burung (*Bird's Head Plate*) dan sekitarnya dari data pengamatan GPS tahun 2017 – 2020.
- 2) Menganalisis pola regangan (*strain*) di lempeng kepala burung (*Bird's Head Plate*) dan sekitarnya.

1.4 Ruang Lingkup Penelitian

Ruang lingkup pada penelitian ini yaitu:

- 1) Stasiun CORS yang digunakan adalah 16 stasiun CORS yang berada di wilayah sekitar lempeng kepala burung dari tahun 2017 – 2020. Data tersebut digunakan untuk mengestimasi nilai regangan pada lempeng tersebut dan sekitarnya.
- 2) Data pengamatan GNSS yang digunakan adalah 11 stasiun dari tahun 2017 – 2020. Data tersebut (11 stasiun) digunakan sebagai titik ikat. Data stasiun IGS berjumlah 3 stasiun (CNMR, GUAM, GUUG) tidak digunakan sebagai titik ikat.
- 3) Data orbit teliti.
- 4) Data *broadcast ephemeris*.

- 5) Metode perhitungan yang digunakan untuk menghitung nilai regangan adalah metode *Triangle Strain*.

2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 GPS (*Global Positioning System*)

GPS (*Global Positioning System*) adalah sistem satelit navigasi dan posisi yang dimiliki dan dikelola oleh Amerika Serikat. Sistem ini dirancang untuk menyediakan posisi dan kecepatan tiga dimensi dan juga informasi tentang waktu secara terus menerus di seluruh dunia tanpa bergantung pada waktu dan cuaca, kepada banyak orang secara bersamaan (Amarrohman, dkk. 2018).

Pada dasarnya GPS terdiri dari tiga segmen utama, yaitu segmen angkasa (*space segment*) yang terdiri dari satelit GPS, segmen sistem (*control system segment*) yang terdiri dari stasiun pemantauan dan pengontrol satelit, dan segmen pengguna (*user segment*) terdiri dari pengguna GPS termasuk alat penerima dan Prosesor sinyal dan data GPS (Amarrohman, dkk. 2018).

2.2 CORS (*Continuously Operating Reference Station*)

CORS (*Continuously Operating Reference Station*) adalah teknologi berbasis GNSS yang nyata sebagai jaring kerangka geodetik yang pada setiap titik dilengkapi dengan penerima yang mampu menangkap sinyal dari satelit GNSS yang beroperasi secara penuh dan berkelanjutan 24 jam per hari, 7 hari per minggu dengan mengumpulkan, merekam, mengirim data, dan memungkinkan *users* (pengguna) untuk menggunakan data dalam penentuan posisi, baik *post processing* dan secara *real time*. Aplikasi ini bisa mendapatkan akurasi tinggi dengan tingkat produktivitas yang tinggi. Pada awalnya, penentuan posisi relatif dengan GNSS hanya dapat dilakukan dengan pengamatan lama dengan proses *post processing*. Dalam perkembangannya, penentuan posisi dalam waktu nyata telah menggantikan aplikasi relatif yang ada (Amarrohman, dkk. 2018).

2.3 GAMIT/GLOBK

Gamit / GLOBK adalah paket analisis GPS komprehensif yang dikembangkan di MIT, di *Harvard-Smithsonian Center for Astrophysics* (CFA), *Scripps Institution of Oceanography* (SIO), dan *Australia National University* untuk memperkirakan stasiun koordinat dan kecepatan, *stochastic* atau representasi fungsional pasca gempa deformasi, *atmospheric delays*, orbit satelit, dan parameter orientasi bumi (Herring, dkk, 2015).

GLOBK adalah satu paket program yang dapat mengkombinasikan data survei terestris ataupun data survei ekstra terestris. Kunci dari data input pada GLOBK adalah matriks kovarian dari koordinat stasiun, parameter rotasi bumi, parameter orbit dan koordinat hasil pengamatan lapangan (Herring, 2010). GLOBK merupakan Kalman filter yang tujuan utamanya untuk mengkombinasikan solusi dari pengolahan data primer space geodesy atau pengamatan terestrial. Ia menerima data, atau perkiraan "*quasi - observations*" dan terkait matriks kovarians untuk stasiun koordinat, rotasi parameter bumi, parameter orbital, dan posisi sumber yang dihasilkan dari analisis pengamatan utama. (Herring, dkk, 2015).

2.4 *Velocity Rate*

Velocity adalah tingkat perpindahan kerangka referensi dan merupakan fungsi waktu. Kecepatan mengacu pada tingkat di mana objek mengubah posisi dari posisi awal. Dalam hal ini dapat diartikan bahwa transfer posisi adalah perpindahan dari posisi awal ke posisi berikutnya. Dalam kecepatan ini, kecepatan objek dapat dijelaskan, misalnya pergerakan

piring di Indonesia adalah pergerakan piring di pulau Jawa atau pergerakan piring di pulau Sumatra dan pulau-pulau lainnya. Karena berbicara tentang kecepatan, biasanya termasuk dalam arah gerakan, misalnya, utara, selatan, timur dan barat (Amarrohman, dkk. 2018).

2.5 Strain (Regangan)

Strain adalah bagian dari deformasi. *Strain* juga dapat ditafsirkan sebagai gaya yang bekerja pada benda yang meregangkan objek. Perubahan fraksional dalam objek elastis baik bentuk dan dimensi disebut strain (regangan). Untuk memantau transfer pergeseran dari stasiun observasi dapat dimungkinkan dengan menggunakan pengukuran berulang jaring geodesi pada waktu yang berbeda. Pengukuran perpindahan horizontal dan vertikal pada jaring geodetik dilakukan dengan berbagai metode dan analisis biasanya dilakukan secara terpisah untuk strain horizontal dan vertikal. Konsep strain untuk deformasi tidak hanya dalam dua dimensi, tetapi formulasinya dapat diperluas menjadi tiga dimensi (Kurt Lambach, 1988 dalam Andriyani, 2012).

3. PELAKSANAAN PENELITIAN

3.1 Alat dan Bahan Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam proses pekerjaan ini adalah, sebagai berikut:

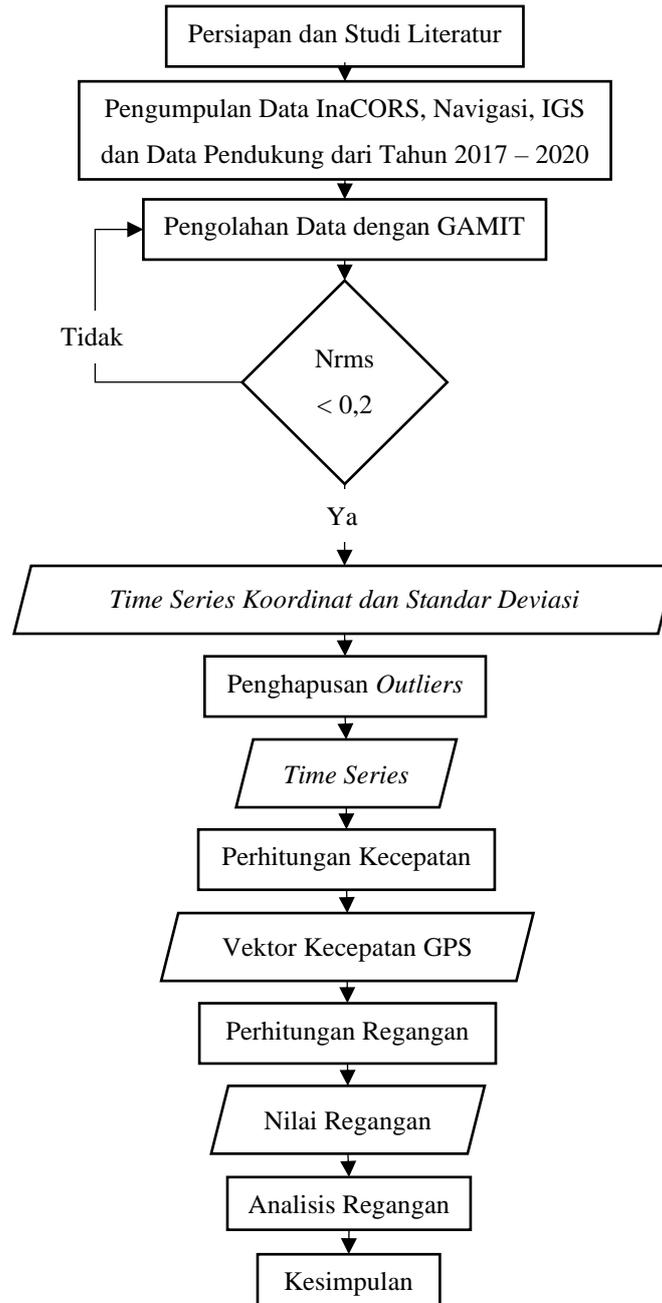
- 1) Laptop Intel® Core TM i5 – 10210 CPU @ 1.60 GHz, 8.00 GB RAM sebagai media untuk mengerjakan pekerjaan yang dilaksanakan.
- 2) Sistem operasi Windows 10 (64-bit) sebagai sistem operasi dari laptop yang digunakan.
- 3) Sistem operasi Linux Ubuntu 20.04.1 LTS (64-bit) sebagai sistem operasi dari laptop yang digunakan.
- 4) Perangkat lunak GAMIT dan GLOBK 10.7 untuk proses pengolahan data GPS titik pengamatan dan IGS sampai mendapatkan data *time series*.
- 5) Matlab untuk proses penghapusan *outlier*, dan perhitungan data *time series*.
- 6) GMT (*Generic Mapping Tools*) untuk plotting hasil pekerjaan.
- 7) TEQC untuk melakukan pengecekan kualitas data.
- 8) *Office 365 (Microsoft Excel, Microsoft Word, dan Microsoft Powerpoint)* untuk pengumpulan hasil pekerjaan dan pembuatan laporan pekerjaan.

Data yang digunakan pada pekerjaan ini adalah, sebagai berikut:

- 1) Data RINEX stasiun yang ada di sekitar wilayah Lempeng Kepala Burung (BANI, CAMB, CBIK, CBLA, CBTI, CFAK, CJYP, CMAN, CNAB, CSOQ, CSMI, CTBL, CTER, CTIM, CUAL dan CWMN) dari tahun 2017 – 2020.
- 2) Data RINEX IGS (BAKO, CNMR, DGAR, GMSD, GUAM, GUUG, MQZG, PARK, PIMO, PNGM, SHAO, TOW2, VACS dan WARK).
- 3) Data orbit teliti yang digunakan sebagai koreksi dari kesalahan satelit.
- 4) Data navigasi orbit satelit yang digunakan sebagai pendukung dalam pengolahan data.

3.2 Metodologi Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki beberapa tahapan di antaranya studi literatur, pengumpulan data, pengolahan data. Diagram alir metodologi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1 Metodologi Penelitian

4. HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil *Time Series* Titik Pengamatan

Hasil pemrosesan GAMIT kemudian digunakan sebagai input data dalam pemrosesan GLOBK, sehingga kualitas data pada pemrosesan GAMIT sangat memengaruhi hasil pemrosesan GLOBK. Menurut Herring (2018) ada tiga kriteria yang dapat digunakan untuk menilai apakah pemrosesan fase dalam penelitian ini memiliki nilai yang baik atau tidak, yaitu:

- 1) Semua data yang telah diproses semua;
- 2) Data sesuai dengan model pada tingkat yang diharapkan;
- 3) Nilai ketidakpastian (ketidakpastian) sangat kecil.

Ketiga kriteria ini dapat dilihat pada summary GAMIT yang disediakan oleh *sh_gamit* dan disimpan sebagai file *sh_gamit_ddd.summary* di direktori setiap hari. Berikut ini adalah file ringkasan dari DOY 001 pada tahun 2017:

```
Input options -s 2017 001 050 -orbit igsf -expt proj -eops usno -nopngs -noftp
```

```
Processing 2017 003 GPS week 1930 2 Using node: Muhammad-Taufik-W Started at:  
21_03_30_11:16:41
```

```
Processing directory: /home/taufikwidayah/TA/2017/003  
Disk Usage: 124758 Free 113094 Mbyte. Used 53%
```

```
Number of stations used 28 Total xfiles 28
```

```
Postfit RMS rms, total and by satellite
```

RMS	IT	Site	All	01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32		
RMS	18	ALL	12.8	118	103	112	99	126	129	140	134	134	135	134	136	102	112	134
137	106	114	101	117	142	124	139	114	111	157	132	121	140	131	150	115		
Best and Worst two sites:																		
RMS	18	MQZG	7.1	8	8	7	0	7	6	7	8	7	7	8	7	8	6	7
7	6	7	6	7	7	9	6	8	6	7	8	8	6	6	6	8		
RMS	18	PARK	7.3	8	7	7	0	7	6	6	8	7	7	9	8	8	7	7
8	6	6	6	8	6	8	5	9	7	10	7	7	7	6	9	7		
RMS	18	CTER	17.2	13	13	13	11	13	15	23	15	21	18	14	13	9	13	13
16	11	11	11	13	25	16	17	12	13	41	25	14	12	13	17	13		
RMS	18	CFAK	18.2	15	14	18	0	18	15	20	20	17	19	18	26	16	15	23
19	15	16	16	16	18	22	16	18	16	19	19	17	20	17	18	14		

```
Double difference statistics
```

```
Prefit nrms: 0.15785E+01 Postfit nrms: 0.18692E+00  
Prefit nrms: 0.15743E+01 Postfit nrms: 0.19212E+00  
Prefit nrms: 0.15785E+01 Postfit nrms: 0.18687E+00  
Prefit nrms: 0.15743E+01 Postfit nrms: 0.19207E+00  
Number of double differences: 141098
```

```
Phase ambiguities (Total WL-fixed NL-fixed): 813 793 758 AUTCLN (Total Expected) 813  
813
```

```
Phase ambiguities WL fixed 97.5% NL fixed 93.2%
```

```
Processing 2017 003 GPS week 1930 2 Using node: Muhammad-Taufik-W Finished at:  
21_03_30_11:42:19
```

Jumlah *x-file*, RINEX dan jumlah stasiun yang digunakan seperti dalam garis "*Number of stations Used*" adalah sama, jika jumlah stasiun kurang dari *x-file* maka beberapa *x-file* terbangun karena ukurannya terlalu kecil sesuai dengan nilai *minxf* yang ditetapkan pada *process.default* atau telah dikecualikan dengan opsi *xsite* di *sites.defaults*.

Ada tiga indikasi kualitas data dan masing-masing mengukur hal-hal yang sedikit berbeda, blok baris pertama dalam *summary* dimulai dengan RMS yang menunjukkan residu *one-way root-mean-square* dari satelit dan stasiun. Pada baris kedua RMS, nilai pertama menunjukkan seluruh RMS dalam mm. Sisa nilai pada garis memecahkan hamburan berdasarkan satelit dan melaporkan nilai itu dalam sepersepuluh mm untuk memungkinkan menunjukkan model orbit yang buruk untuk satu satelit. Empat baris terakhir melaporkan nilai untuk dua stasiun dengan hamburan terendah (MQZG dan PARK) dan dua stasiun dengan hamburan tertinggi (CTER dan CFAK). Nilai di stasiun terbaik akan memiliki nilai 3-5 mm, dan yang terburuk 7-9 mm. Nilai antara 10 dan 15 mm menunjukkan tingkat *noise* yang tinggi tetapi dapat diterima. Nilai RMS lebih besar dari 15 mm menunjukkan *tracking* yang buruk pada *receiver*, banyaknya pengaruh

multipath, cuaca buruk, atau masalah dengan konvergensi dalam *autcln*, biasanya disebabkan oleh koordinat yang buruk atau rentang data pendek (Herring, 2018).

Pada bagian terakhir, empat baris pertama (*Double difference statistics*) adalah, normalisasi RMS (chi kuadrat per tingkat kebebasan) untuk solusi *constrained* dengan ambiguitas bebas, solusi *constrained* dengan ambiguitas yang diselesaikan, solusi *loose* dengan ambiguitas bebas dan solusi *loose* dengan ambiguitas sudah terselesaikan. Dengan bobot pengamatan fase saat ini, semua ini harus mendekati 0,2. Baris terakhir dalam *summary* menyediakan persentase ambiguitas *wide-lane* (WL) dan *narrow-lane* (NL) yang telah selesai. Persentase ambiguitas WL di atas 90% adalah hasil yang baik untuk jaringan ukuran apa pun. Persentase ambiguitas NL yang selesai, tergantung pada panjang sesi, ukuran dan konfigurasi jaringan, kualitas koordinat orbit dan priori, dan kondisi atmosfer. Jika kurang dari 80%, mungkin ada kekurangan yang dapat diatasi dengan analisis pendekatan yang berbeda (Herring, 2018).

4.2 Hasil *Velocity Rate*

Kecepatan pergeseran merupakan besaran nilai yang terjadi akibat dari perubahan titik-titik pengamatan dalam selang waktu tertentu, ini dapat dikatakan sebagai penyebab terjadinya deformasi di daerah yang sedang di adakan kegiatan pengamatan (Andriyani, dkk. 2011). Untuk mendapatkan nilai *velocity*, salah satu caranya yaitu dengan melakukan pengolahan menggunakan GAMIT/GLOBK 10.7. dimana hasil dari pengolahan tersebut akan didapatkan koordinat dari setiap stasiun pengamatan dengan sistem koordinat geosentrik (X,Y,Z) dan sistem koordinat toposentrik (n,e,u). Hasil koordinat, kecepatan pergeseran dan standar deviasi yang beragam dari setiap pos pengamatan akan di dapatkan dari kurun tahun 2017-2020.

Untuk nilai koordinat, kecepatan pergeseran, dan nilai standar deviasi pada stasiun tersebut dari tahun 2017-2020 bisa di lihat dalam Tabel 1.

Tabel 1 Hasil *Velocity Rate*

Stasiun	Longitude (°)	Latitude (°)	E (mm/yr)	N (mm/yr)	sigma E (mm/yr)	sigma N (mm/yr)
BANI	129.905	-4.522	22.450	13.820	0.830	0.550
CAMB	128.185	-3.696	10.360	17.460	2.860	3.240
CBIK	136.09	-1.186	-51.880	17.650	0.970	0.510
CBLA	130.488	-3.104	-13.710	26.520	0.750	0.610
CBTI	133.52	-2.105	-39.440	34.540	0.940	0.600
CFAK	132.304	-2.924	-33.660	25.540	0.900	0.530
CJYP	140.705	-2.542	7.460	26.450	0.760	0.620
CMAN	134.072	-0.859	-52.350	14.450	0.800	0.490
CNAB	135.505	-3.367	4.050	18.200	0.880	0.570
CSMI	138.752	-1.853	-50.430	32.970	0.860	0.900
CSOQ	131.281	-0.882	-57.580	16.210	0.820	0.770
CTBL	128.008	1.73	-59.430	15.030	0.650	0.900
CTER	127.383	0.788	-75.430	11.160	1.820	1.670
CTIM	136.888	-4.547	30.860	39.560	1.240	0.650
CUAL	132.745	-5.632	12.720	40.380	0.690	0.650
CWMN	138.942	-4.096	24.360	35.560	0.590	0.690

Berdasarkan Tabel 1 kecepatan pergeseran terbesar dari tahun 2017-2020 berada pada stasiun pengamatan CTIM dengan nilai kecepatan pergeseran di sumbu *East* sebesar 30,86 mm/yr \pm 1,24 mm/yr, di sumbu *North* sebesar 39,56 mm/yr \pm 0,65 mm/yr. Kecepatan pergeseran terkecil berada pada stasiun pengamatan CTER dengan nilai kecepatan pergeseran

di sumbu *East* sebesar $-75,43 \text{ mm/yr} \pm 1,82 \text{ mm/yr}$, di sumbu *North* sebesar $11,16 \text{ mm/yr} \pm 1,67 \text{ mm/yr}$.

IV.3 Hasil Uji Statistik

Dalam penelitian ini untuk mengetahui deformasi pada wilayah Lempeng Kepala Burung dan sekitarnya digunakan konsep uji t-student yaitu membandingkan antara resultan pergeseran horizontal titik pengamatan dengan standar deviasi resultan pergeseran horizontalnya. Karena jumlah pengamatan setiap titik pengamatan lebih dari 120 dan dianggap tidak hingga, maka derajat kebebasannya sama. Tingkat kepercayaan yang digunakan adalah 95%. Maka $\alpha = 0.025$ nilai t syarat yang digunakan adalah 1,960. berikut adalah hasil uji t-student (Fadhillah, 2014).

Tabel 2 Hasil Uji T-Student Titik Pengamatan

Stasiun	de	dn	σ_e	σ_n	Vr	StdVr	T	t syarat	Uji Statistik t
BANI	22.45	13.82	0.83	0.55	26.36	1.00	26.48	1.960	Lolos
CAMB	10.36	17.46	2.86	3.24	20.30	4.32	4.70	1.960	Lolos
CBIK	-51.88	17.65	0.97	0.51	54.80	1.10	50.00	1.960	Lolos
CBLA	-13.71	26.52	0.75	0.61	29.85	0.97	30.88	1.960	Lolos
CBTI	-39.44	34.54	0.94	0.60	52.43	1.12	47.01	1.960	Lolos
CFAK	-33.66	25.54	0.90	0.53	42.25	1.04	40.45	1.960	Lolos
CJYP	7.46	26.45	0.76	0.62	27.48	0.98	28.02	1.960	Lolos
CMAN	-52.35	14.45	0.80	0.49	54.31	0.94	57.89	1.960	Lolos
CNAB	4.05	18.20	0.88	0.57	18.65	1.05	17.78	1.960	Lolos
CSMI	-50.43	32.97	0.86	0.90	60.25	1.24	48.40	1.960	Lolos
CSOQ	-57.58	16.21	0.82	0.77	59.82	1.12	53.18	1.960	Lolos
CTBL	-59.43	15.03	0.65	0.90	61.30	1.11	55.22	1.960	Lolos
CTER	-75.43	11.16	1.82	1.67	76.25	2.47	30.87	1.960	Lolos
CTIM	30.86	39.56	1.24	0.65	50.17	1.40	35.84	1.960	Lolos
CUAL	12.72	40.38	0.69	0.65	42.34	0.95	44.66	1.960	Lolos
CWMN	24.36	35.56	0.59	0.69	43.10	0.91	47.48	1.960	Lolos

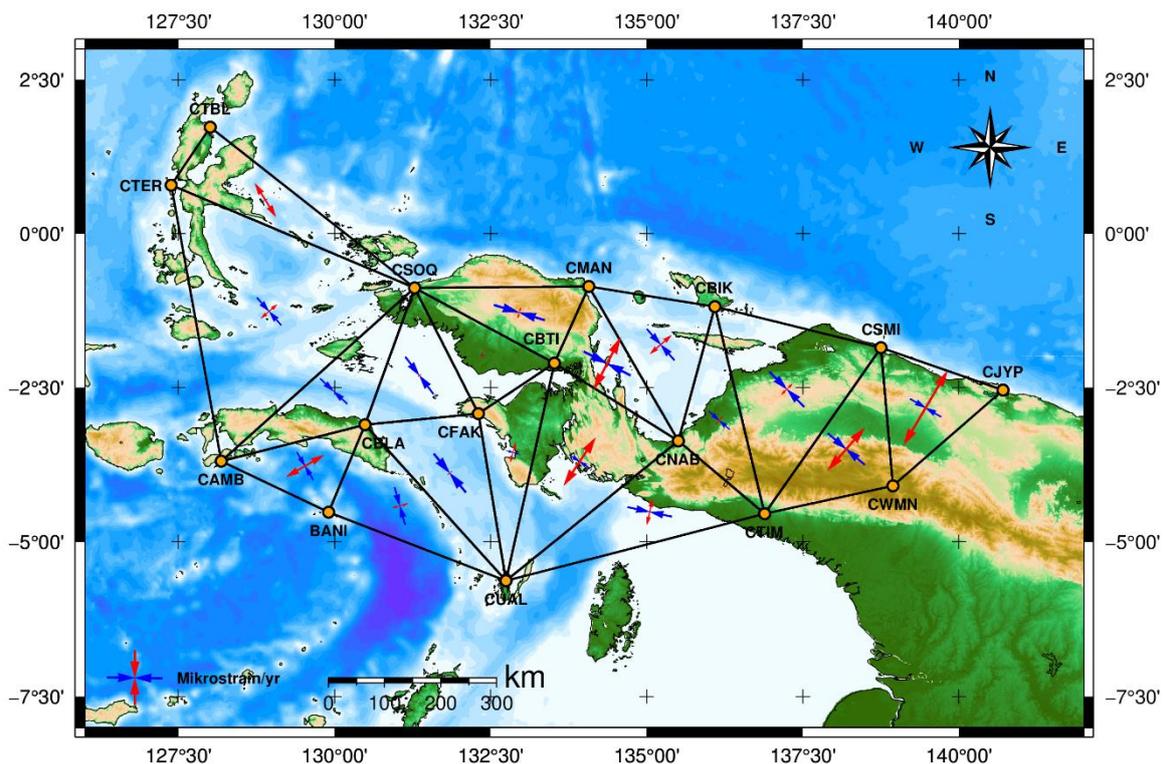
4.4 Hasil Perhitungan Regangan

Hasil regangan didapat dengan melakukan perhitungan metode *Triangle Strain Algorithm*, dimana metode ini menggunakan bidang segitiga yang setiap sisinya merupakan jarak segmen antar satu titik stasiun pengamatan dengan stasiun pengamatan yang lainnya. Pada hasil penelitian ini didapatkan 14 model yang berada pada Lempeng Kepala Burung dan daerah sekitarnya. Nilai yang di hasilkan berupa *eigen1* dan *eigen2*. Untuk hasil dari nilai regangan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 Nilai Regangan

Strain	Longitude (°)	Latitude (°)	Eigen 1 ($\mu\text{strain/yr}$)	Eigen 2 ($\mu\text{strain/yr}$)	Azimuth (°)
STRAIN 1	128.891	0.545	-0.013993015	0.119804397	328.3401389
STRAIN 2	128.950	-1.264	-0.110540575	0.063791323	228.9171395
STRAIN 3	129.986	-2.561	-0.111229065	-0.002435107	223.186504
STRAIN 4	129.526	-3.774	-0.096667402	0.131530954	239.9200421
STRAIN 5	131.357	-2.304	-0.140615746	0.014420495	233.0235843
STRAIN 6	132.368	-1.971	-0.010906926	0.025787523	201.4730468
STRAIN 7	132.857	-3.554	-0.042542892	0.063186748	195.9417263
STRAIN 8	133.925	-3.702	-0.074341862	0.174337844	213.4066337
STRAIN 9	134.365	-2.110	-0.157487718	0.176956319	207.1042683
STRAIN 10	135.222	-1.804	-0.125603891	0.085885573	228.7988577
STRAIN 11	136.161	-3.034	-0.083677423	0.032527969	221.603463
STRAIN 12	137.243	-2.529	-0.149883772	0.046275127	225.6388509
STRAIN 13	138.194	-3.499	-0.146323468	0.17027569	220.7077725
STRAIN 14	139.467	-2.831	-0.107945648	0.260516291	210.4202142
STRAIN 15	131.844	-3.888	-0.151578792	0.01946214	230.5921603
STRAIN 16	131.045	-4.421	-0.116871019	0.051745392	254.4053878
STRAIN 17	132.958	-1.283	-0.159352544	0.033419738	196.6828052
STRAIN 18	135.048	-4.518	-0.136418880	0.081058574	192.2437903

PETA REGANGAN



Gambar 2 Hasil Regangan

Hasil analisis regangan ini menggunakan metode perhitungan *Triangle Strain Algorithm* yang hasil perhitungannya dapat di tinjau kembali pada tabel 4.3, besar regangan pada wilayah tersebut dapat di kategorikan kecil di karenakan hasil dari perhitungan principal strain menghasilkan nilai negatif yang relatif lebih banyak dari pada nilai principal strain positif. Terdapat juga nilai eigen yang memiliki nilai positif pada beberapa segmen strain yang dapat terdeteksi cukup baik nilai regangannya. Hal ini dapat menunjukkan bahwa kualitas data

pengamatan berdampak terhadap terjadinya kesalahan sistematis saat proses pengolahan. Sehingga dapat di lihat pada beberapa gambar di atas, ada daerah yang tidak dapat terdeteksi regangannya di daerah tersebut.

Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh (Bird, 2013), bahwa disebutkan "Wilayah Laut Maluku, Laut Banda, dan Irian Jaya terletak di antara empat lempeng besar (SU, PS, PA, dan AU), dan memiliki neotektonik paling kompleks di Bumi". Dan juga apabila dikaitkan dengan zona subduksi yang ada pada wilayah lempeng kepala burung sekitarnya, terdapat konvergen (saling bertubrukan) dan divergen (saling menjauh). Maka dari itu pola regangan yang ada pada Lempeng Kepala Burung dan sekitarnya sangat beragam, terutama pada Pulau Papua. Bisa dilihat pada Gambar 4.22, bahwa pada pulau papua terdapat pola ekstensi yang paling besar (CSMI, CJYP, CWMN), sedangkan pola kompresi terbesar (CMAN, CBTI, CNAB).

5. PENUTUP

5.1 Kesimpulan

Dari hasil penelitian analisis deformasi Lempeng Kepala Burung dengan menggunakan metode *triangle strain algorithm* berdasarkan pengamatan GPS tahun 2017 – 2020, dapat di ambil kesimpulan bahwa:

- 1) Dari hasil vektor kecepatan dapat disimpulkan bahwa pergeseran pada stasiun InaCORS cukup beragam. Ada yang menuju arah barat, barat laut, utara dan timur laut. Adapun kecepatan pergeserannya (rata-rata) pada penelitian ini adalah $0.02409375 \text{ m/tahun} \pm 0.000871875 \text{ m/tahun}$ untuk komponen utara dan $-0.020103125 \text{ m/tahun} \pm 0.0010225 \text{ m/tahun}$ untuk komponen timur.
- 2) Nilai regangan ekstensi yang terbesar pada sekitar wilayah Lempeng Kepala Burung adalah $2.60516 \times 10^{-7} \mu\text{strain/tahun}$, dan nilai regangan kompresi terbesar pada Gunung Semeru $-2.43511 \times 10^{-9} \mu\text{strain/tahun}$.
- 3) Pola regangan yang di hasilkan pada beberapa model *strain* yang terdapat di Lempeng Kepala Burung dan wilayah sekitarnya, menunjukkan dominan pola regangan bersifat ekstensi.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, ada beberapa saran yang dapat penulis berikan untuk kemajuan penelitian selanjutnya, yaitu:

- 1) Dalam pengolahan data GPS menggunakan *software* GAMIT, dibutuhkan koordinat pendekatan. Akan lebih baik lagi apabila koordinat pendekatan yang diberikan telah diolah terlebih dahulu menggunakan *software* komersial.
- 2) Proses pengolahan pada *software scientific* GAMIT secara *automatic batch* akan terhenti apabila ada kekosongan data pada data RINEX sesuai DOY, sehingga perlu diperhatikan dalam kelengkapan ketersediaan data.
- 3) Menggunakan stasiun referensi IGS berjumlah 16 stasiun agar dapat meningkatkan ketelitian hingga 1/100 mm.
- 4) Pada Lempeng Kepala Burung ini diperlukan penelitian yang berkelanjutan agar aktivitas Lempeng dapat terus terpantau pergerakannya.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Afnimar. 2009. Seismologi. Bandung: Institut Teknologi Bandung.
- Amarrohman, F J., Nugraha, A L., Awaluddin, M., Saputra R., Prayitno, B., 2018. ANALISIS DEFORMASI WILAYAH JAWA TENGAH DENGAN DATA GNSS CORS. Departemen Teknik Geodesi. Fakultas Teknik. Universitas Diponegoro. Jurnal Geodesi dan Geomatika, ELIPSOIDA Vol 01 No 01, ISSN 2621-9883.

- Andriyani, G., 2012. Kajian Regangan Selat Bali Berdasarkan Data GNSS Kontinu Tahun 2009-2011. Skripsi. Jurusan Teknik Geodesi Universitas Diponegoro, Semarang.
- Fadhilla M. A., 2014. Analisa Deformasi Gunungapi Lokon Berdasarkan Data Pengamatan GPS Kontinu Tahun 2009-2013. Tugas Akhir Program Studi Teknik Geodesi dan Geomatika.
- Herring, T.A., King, R. W., Floyd, M. A., McClusky, S., 2015. Introduction to GAMIT/GLOBK Release 10.6. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences Massachusetts Institute of Technology. Australian National University.
- Herring, T. A., King, R.W., Floyd, M.A., McClusky, S.C., 2018. GAMIT Reference Manual Release 10.7. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Science, Massachusetts Institute of Technology.
- Janah, M., Supriyadi., Yulianti, I., Trisnowati, Y D., 2014. Analisis Seismotektonik Papua Bagian Utara Melalui Pemetaan Sebaran Mekanisme Fokus. Unnes Phisycs Journal. Jurusan Fisika. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. Universitas Negeri Semarang.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. 2009. Gempa di Indonesia Akibat Interaksi Lempeng Utama Dunia. <https://www.esdm.go.id/id/media-center/arsip-berita/gempa-di-indonesia-akibat-interaksi-lempeng-utama-dunia>. (Diakses pada tanggal 06 Oktober 2020).
- Muflihah, I., 2014. DISTRIBUSI DAN POLA SESAR DAERAH KEPALA BURUNG (PAPUA BARAT). Jurusan Fisika. Fakultas Sains dan Teknologi. UIN Maliki Malang. Jurnal Neutrino, Vol 6 No 2.
- Muvid, N. Y., 2018. Analisis Deformasi Gunung Merapi Menggunakan Data GPS Tahun 2015. Skripsi. Malang: Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim, Fakultas Sains dan Teknologi, Jurusan Fisika.
- USGS. 2004. USGS: Papua, Indonesia Earthquake of 26 November 2004. <ftp://hazards.cr.usgs.gov/maps/sigeqs/20041126/20041126.pdf>. Diakses pada tanggal 23 Maret 2021.
- Yunus, F., 2010. GEOLOGI DAERAH SORONG KOTA SORONG, PAPUA BARAT. Skripsi. Program Studi Teknik Geologi. Fakultas Ilmu dan Teknologi Kebumihan. Institut Teknologi Bandung.