

LAPORAN SKRIPSI

PEMBUATAN PAKET PROGRAM KONVERSI DAN TRANSFORMASI KOORDINAT DENGAN MENGGUNAKAN MICROSOFT VISUAL C++



**Disusun Oleh :
ARDHI MIYATNO
00.25.040**



**JURUSAN TEKNIK GEODESI
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL
MALANG
2009**

3000
 1974
 ИНСТИТУТ ТЕХНОЛОГИИ ИЗОБРЕТЕНИЙ
 НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
 УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК
 ТУЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

00 32 010
 УНИВЕРСИТЕТ
 ТУЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ



КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНИКА И ТЕХНОЛОГИИ ИЗОБРЕТЕНИЙ
 НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ НАУК
 УНИВЕРСИТЕТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК

ТУЛЬСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

LEMBAR PERSETUJUAN

PEMBUATAN PAKET PROGRAM KONVERSI DAN TRANSFORMASI KOORDINAT DENGAN MENGGUNAKAN MICROSOFT VISUAL C++

LAPORAN SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi persyaratan dalam memperoleh

Gelar Sarjana Teknik

Di Institut Teknologi Nasional Malang

Disusun oleh :

ARDHI MIYATNO

00. 25. 040

Menyetujui :

Dosen Pembimbing I



(Silvester Sari Sai, ST., MT.)

Dosen Pembimbing II



(Dr. Edwin Tjahjadi)

Mengetahui,

Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1



Hery Purwanto, ST., MT.

TEKNIK GEODESI S-1

FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN

INSTITUT TEKNOLOGI NASIONAL

MALANG

2009

LEMBAR PENGESAHAN

Dipertahankan didepan Panitia Penguji Tugas Akhir Jurusan Teknik

Geodesi S-1, Fakultas Teknik Sipil dan Perencanaan,

Institut Teknologi Nasional Malang

Pada hari Kamis, tanggal 8 Oktober 2009 dan diterima untuk memenuhi syarat
guna memperoleh Gelar Sarjana Teknik Geodesi S-1.

Disusun oleh :

ARDHI MIYATNO

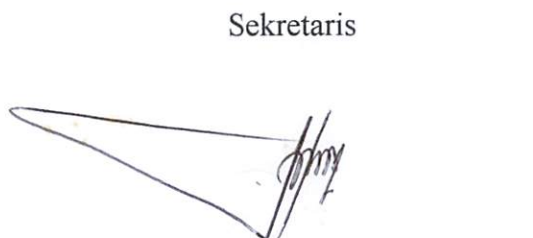
00.25.040

Disetujui Oleh :

Panitia Ujian Tugas Akhir

Ketua

(Ir. A. Agus Santosa, MT.)
Dekan FTSP

Sekretaris

(Hery Purwanto, ST., MT.)
Ketua Jurusan Teknik Geodesi S-1

Anggota Penguji

Penguji I

Ir. Agus Darpono, MT

Penguji II

Ir. M. Nurhadi, MT

Penguji III


Silvester Sari Sai, ST., MT.

PENGANTAR

Transformasi Koordinat adalah proses untuk memproyeksikan sebuah Sistem Koordinat kedalam Sistem Koordinat yang lain. Untuk itu dikembangkan suatu program yang dapat melakukan proses tersebut dengan cepat dan dengan hasil yang akurat, mengingat langkah-langkah perhitungan yang rumit dan membutuhkan ketelitian yang tinggi.

Microsoft Visual C++ adalah sebuah program yang dikembangkan oleh Microsoft untuk memfasilitasi para programmer dalam pembuatan program yang sudah diakui kehandalannya, dan karena sebagian besar pengguna komputer menggunakan sistem operasi Windows dari Microsoft, maka dirasa tepat bila program Transformasi Koordinat yang akan dibuat berbasiskan Windows.

DAFTAR ISI

LEMBAR PERSETUJUAN	i
LEMBAR PENGESAHAN	ii
PENGANTAR	iii
DAFTAR ISI	iv
BAB I – PENDAHULUAN	1
I.1. Latar Belakang	1
I.2. Tujuan Penelitian	2
I.3. Manfaat Penelitian	2
I.4. Batasan Masalah	2
I.5. Tinjauan Pustaka	3
BAB II - DASAR TEORI	4
II.1. Elipsoid Referensi	4
II.2. Datum Geodesi	7
II.2.1. Datum Lokal	7
II.2.2. Datum Regional	9
II.2.3. Datum Global	9
II.3. Sistem Proyeksi Peta	10
II.4. Jenis Proyeksi Peta	11
II.5. Sistem Koordinat	12
II.5.1. Sistem Koordinat Kartesian	12
II.5.2. Sistem Koordinat Geografis/Geodetis	14
II.5.3. Sistem Koordinat Grid	15
II.5.3.1. Universal Transverse Mercator	15
II.5.3.2. Transverse Mercator 3°	16
II.5.4. Sistem Koordinat Lokal	17
II.5.4.1. Sistem Koordinat Lokal (Toposentrik)	17
II.5.4.2. Sistem Koordinat Lokal 2 Dimensi	18
II.6. Konversi Koordinat dan Transformasi Datum	18
II.6.1. Konversi Koordinat	19
II.6.1.1. Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Grid (UTM / TM-3°)	19
II.6.1.2. Konversi Koordinat Grid (UTM / TM-3°) ke Koordinat Geodetis	20

II.6.1.3. Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Kartesian	21
II.6.1.4. Konversi Koordinat Kartesian ke Koordinat Geodetis	22
II.6.1.5. Transformasi Koordinat Lokal	23
II.6.1.5.1 Transformasi Konform 2D	23
II.6.1.5.2 Transformasi Affine 2D	25
II.6.1.5.3 Tingkat Ketelitian Parameter Transformasi	27
II.6.1.6. Transformasi Zona UTM	27
II.6.2. Transformasi Datum	28
II.6.2.1 Metode Bursa-Wolf	28
II.6.2.2 Metode Molodenski-Badekas	30
II.7. Koreksi Proyeksi	31
II.7.1. Konvergensi Grid (γ)	31
II.7.2. Faktor Skala (k)	34
 BAB III - PELAKSANAAN PENELITIAN	 35
III.1. Peralatan Penelitian	35
III.2. Pokok Bahasan Penelitian	35
III.2.1. Diagram Alir Penelitian	36
III.2.2. Diagram Alir Konversi Koordinat	41
III.2.2.1. Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat UTM	41
III.2.2.2. Diagram Alir Konversi Koordinat UTM ke Koordinat Geodetis	43
III.2.2.3. Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Proyeksi TM-3°	45
III.2.2.4. Diagram Alir Konversi Koordinat TM-3° ke Koordinat Geodetis	47
III.2.2.5. Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Kartesian	49
III.2.2.6. Diagram Alir Konversi Koordinat Kartesian ke Koordinat Geodetis	50
III.2.2.7. Diagram Alir Transformasi Antar Zona UTM & TM-3°	51
III.2.3. Diagram Alir Transformasi Datum	53
III.2.4. Diagram Alir Transformasi Koordinat Lokal 2D	54
III.2.5. Diagram Alir Paket Program	56
 BAB IV - HASIL DAN ANALISA	 63
IV.1. Menu Konversi dan Transformasi Koordinat	63
IV.2. Menu Transformasi Lokal 2D	70
IV.2.1. Metode Konform	70
IV.2.2. Metode Affine	73

IV.3. Menu Pilihan	74
IV.3.1. Submenu Parameter Datum	75
IV.3.2. Submenu Parameter Elipsoid	76
IV.4. Uji Ketelitian	77
IV.4. Analisa Hasil Perhitungan	77
IV.4.1. Analisa Hasil Perhitungan Konversi Koordinat	78
IV.4.2. Analisa Hasil Perhitungan Transformasi Koordinat	83
IV.4.3. Analisa Hasil Perhitungan Transformasi Antar Zona	91
IV.4.4. Analisa Hasil Perhitungan Transformasi Lokal 2D	93
 BAB V – PENUTUP	 97
V.1. Kesimpulan	97
V.2. Saran	98
 DAFTAR PUSTAKA	 99

BAB I

PENDAHULUAN

I.1. Latar Belakang

Dengan adanya bermacam-macam sistem proyeksi peta sering kali menimbulkan kendala bagi pemakai peta. Sehingga gagasan untuk membuat peta dengan sistem proyeksi yang konsisten dimunculkan dengan diciptakannya sistem proyeksi *The Universal Transverse Mercator Grid and Projection* atau disingkat UTM. Sistem UTM ini telah diterima secara internasional untuk pemetaan setelah Perang Dunia II.

BAKOSURTANAL telah menetapkan penggunaan sistem UTM sebagai proyeksi dan spheroid *Geodetic Reference System 1967* sebagai Sferoid Nasional Indonesia untuk peta-peta dasar nasional. Keputusan ini dituangkan dalam Surat Keputusan Ketua BAKOSURTANAL No. 019.2.2/I/1975 yang dilanjutkan dengan Surat Keputusan No. HK.02.04/II/KA/1996 tanggal 12 Februari 1996, yang memutuskan dan menetapkan bahwa untuk kegiatan survei dan pemetaan di wilayah Indonesia harus menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-95). DGN-95 mengadopsi dari datum global WGS-84 (*World Geodetic System 1984*) yang memiliki 16 titik kontrol orde nol yang tersebar di seluruh Indonesia.

Badan Pertanahan Nasional (BPN) melalui PMNA No. 3 tahun 1997 telah menetapkan bahwa untuk pembuatan peta dasar pendaftaran dan peta pendaftaran untuk penyelenggaraan pendaftaran tanah menggunakan proyeksi Transverse Mercator dengan lebar zona 3° (TM- 3°).

Di lain pihak, survei pemetaan yang umum dilakukan di suatu tempat atau Negara, menganjurkan koordinat dalam sistem datum setempat. Seperti contoh di Indonesia, menginginkan koordinat pada sistem ID-74 (Indonesian Datum 1974). Di Indonesia titik-titik kontrol yang mempunyai referensi ID-74 masih sedikit, sehingga menyebabkan munculnya sistem lokal. Untuk itu, diperlukan suatu transformasi datum dari sistem lokal ke sistem ID-74.

Dengan rumitnya proses transformasi koordinat dan transformasi datum, membutuhkan waktu yang tidak sebentar untuk menyelesaikan transformasi tersebut secara manual, maka dibutuhkan sebuah perangkat lunak yang dapat

mempercepat dan mempermudah proses tersebut, sehingga dapat menghitung ratusan bahkan ribuan data koordinat dalam waktu yang relatif singkat.

I.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah membuat suatu paket program yang dapat memudahkan pengguna untuk :

- melakukan perhitungan Konversi Koordinat antar Sistem Koordinat
- melakukan perhitungan Transformasi Koordinat Antar Datum
- melakukan perhitungan Transformasi Koordinat Lokal 2D
- melakukan perhitungan Transformasi Koordinat antar Zona UTM,

dengan menggunakan bahasa pemrograman Micosoft Visual C++.

I.3. Manfaat Penelitian

Dari hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kemudahan bagi pengguna dalam proses Konversi Koordinat antara sisten koordinat Kartesian, sistem koordinat Geodetik dan sistem koordinat Grid (UTM & TM-3°), proses transformasi antar zona UTM, transformasi koordinat Lokal 2D dan proses transformasi antar datum.

I.4. Batasan Masalah

Batasan masalah yang digunakan adalah :

1. Perhitungan Konversi Koordinat antar sistem koordinat (Kartesian, Geodetik, UTM/ TM-3°)
2. Perhitungan Transformasi Koordinat antar zona UTM
3. Perhitungan Transformasi Koordinat Lokal 2D
4. Perhitungan Transformasi Koordinat antar Datum.
5. Proses pembuatan program perhitungan transformasi koordinat menggunakan alat bantu bahasa pemrograman Visual C++.

I.5. Tinjauan Pustaka

BAKOSURTANAL melalui surat keputusan No. HK.02.04/II/KA/1996 tanggal 12 Februari 1996 menetapkan bahwa untuk kegiatan survei dan pemetaan di wilayah Indonesia harus menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN-95). [ITB,1997]

Badan Pertanahan Nasional (BPN) menetapkan melalui PMNA No.3 tahun 1997 bahwa untuk pembuatan peta dasar pendaftaran dan peta pendaftaran untuk penyelenggaraan pendaftaran tanah menggunakan proyeksi Transverse Mercator dengan lebar zona 3° (TM- 3°). [ITB, 1997]

Visual C++ adalah bahasa pemrograman C++ versi Microsoft yang didasarkan pada bahasa C. C++ adalah versi pembaharuan dari bahasa C yang menjadikan bahasa C ke evolusi bahasa pemrograman arah berikutnya – yang menyediakan *pemrograman berorientasi objek*. [Greg Perry, 1995]

Beberapa pertimbangan yang menjadi acuan dari penelitian ini antara lain adalah hasil penelitian terdahulu yang perlu mendapat perbaikan dan tambahan, antara lain:

1. Pilihan datum yang disediakan terbatas
2. Pilihan untuk transformasi datum terbatas
3. Tidak ada pilihan untuk transformasi koordinat antar zona UTM dan TM- 3°
4. Tidak ada pilihan untuk transformasi koordinat lokal 2D

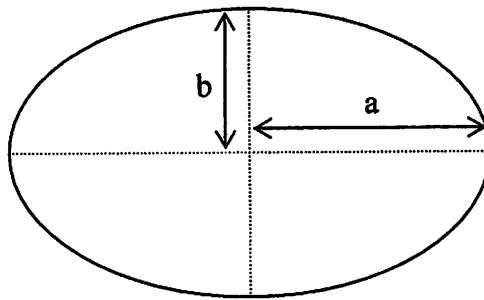
Sehingga penelitian ini diharapkan menjadi pelengkap dari penelitian terdahulu.

BAB II

DASAR TEORI

II.1. Elipsoid Referensi

Elipsoid adalah sebuah model matematik yang paling mendekati bentuk fisik bumi, yang dikenal sebagai elipsoid referensi (Vanicek, et al., 1986). Bentuk dan ukuran elipsoid referensi secara umum ditentukan oleh parameter-parameter tertentu.



Gambar-1: Elipsoid Referensi

Elipsoid mempunyai sumbu panjang (a) dan sumbu pendek (b) (Gambar-1).

Bidang elipsoid ini adalah bidang perantara yang digunakan oleh ahli geodesi untuk memproyeksikan segala fenomena yang terdapat di permukaan bumi, karena elipsoid memiliki model matematis yang lebih sederhana (Lauf, 1983).

Beberapa rumus dasar pada elipsoid yang penting antara lain:

a. Penggepengan (f) :

$$f = \frac{a - b}{a} \dots\dots\dots (1)$$

b. Eksentrisitas pertama (e) :

$$e^2 = \frac{a^2 - b^2}{a^2} \dots\dots\dots (2)$$

$$e = \sqrt{\frac{a^2 - b^2}{a^2}} \dots\dots\dots (3)$$

c. Hubungan antara e dengan f :

$$e^2 = 2f - f^2 \dots\dots\dots (4)$$

$$f = 1 - \sqrt{1 - e^2} \dots\dots\dots (5)$$

d. Panjang busur meridian (m) dari lintang $\varphi_1=0$ pada lintang $\varphi_2= \varphi$:

$$m = a\{A_0\varphi - A_2 \sin(2\varphi) + A_4 \sin(4\varphi) - A_6 \sin(6\varphi)\} \dots\dots\dots(6)$$

dimana:

$$A_0 = 1 - \left(\frac{e^2}{4}\right) - \left(\frac{3e^4}{64}\right) - \left(\frac{5e^6}{256}\right)$$

$$A_2 = \left(\frac{3}{8}\right)\left(e^2 + \frac{e^4}{4} + \frac{15e^6}{128}\right)$$

$$A_4 = \left(\frac{15}{256}\right)\left(e^4 + \frac{3e^6}{4}\right)$$

$$A_6 = \frac{35e^6}{3072}$$

e. Lintang titik kaki (φ')

$$\begin{aligned} \varphi' = \sigma + \left(\left(\frac{3n}{2}\right) - \left(\frac{27n^3}{32}\right)\right) \sin(2\sigma) + \left(\left(\frac{21n^2}{16}\right) - \left(\frac{55n^4}{32}\right)\right) \sin(4\sigma) \\ + \left(\frac{151n^3}{96}\right) \sin(6\sigma) + \left(\frac{1097n^4}{512}\right) \sin(8\sigma) \dots\dots\dots(7) \end{aligned}$$

dimana:

$$n = \frac{(a-b)}{(a+b)} = \frac{f}{(2-f)} \dots\dots\dots (8)$$

$$G = a(1-n)\left(1-n^2\right)\left(1+\left(\frac{9}{4}\right)n^2+\left(\frac{225}{64}\right)n^4\right)\left(\frac{\pi}{180}\right) \dots\dots\dots (9)$$

$$\sigma = \frac{(m\pi)}{(180G)} \dots\dots\dots (10)$$

f. Radius Kurva

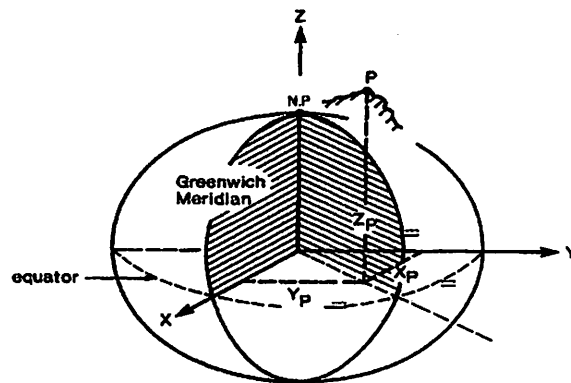
$$\rho = \frac{a(1-e^2)}{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^{3/2}} \dots\dots\dots (11)$$

$$\nu = \frac{a}{(1-e^2 \sin^2 \varphi)^{1/2}} \dots\dots\dots (12)$$

$$\psi = \frac{\nu}{\rho} \dots\dots\dots (13)$$

II.2. Datum Geodesi

Secara definitif datum geodesi merupakan sekumpulan konstanta yang digunakan untuk mendefinisikan sistem koordinat yang digunakan untuk kontrol geodesi (untuk keperluan penentuan hitungan koordinat-koordinat titik-titik di permukaan bumi).



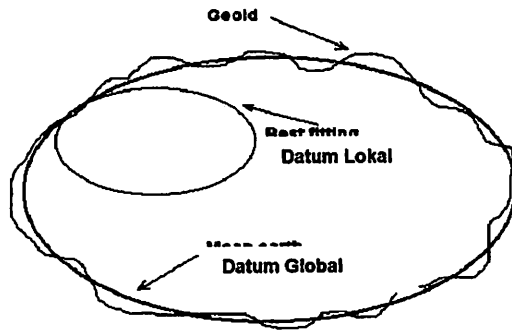
Gambar-2: Realisasi datum (Modul Proyeksi Peta GE4214 dan GD 4215)

Untuk mendefinisikan datum geodesi secara lengkap paling sedikit digunakan delapan parameter yaitu (Prahasta, 2001):

- ☞ 3 konstanta (X_0 , Y_0 , Z_0) untuk mendefinisikan titik awal (origin) sistem koordinat.
- ☞ 3 konstanta (R_x , R_y , R_z) untuk menentukan arah, besaran, dan kecepatan perputaran sumbu-sumbu koordinat.
- ☞ 2 konstanta (a dan f) untuk menentukan dimensi elipsoid yang digunakan.
- ☞ Model geopotensial yang digunakan

II.2.1. Datum Lokal

Datum geodesi lokal (Gambar-3) menggunakan elipsoid referensi yang sedekat mungkin (paling sesuai) dengan geoid lokal dan umumnya elipsoid yang digunakan adalah elipsoid *non-geocentric*. Elipsoid ini sering disebut dengan ***The Best Fitting Ellipsoid***. Sedangkan meridian yang digunakan adalah disesuaikan dengan kebutuhan lokal.



Gambar-3: Datum Geodesi Lokal

Macam-macam contoh datum lokal yang dipergunakan di Indonesia antara lain:

a. Datum Genuk

Datum ini dipakai untuk penentuan posisi dan pemetaan di Pulau Jawa pada jaman Belanda. Elipsoid referensi yang digunakan adalah elipsoid Bessel 1841. Meridian nol adalah meridian Jakarta (Batavia). Untuk penentuan orientasi elipsoid di dalam ruang, besarnya azimuth diambil dari titik triangulasi (titik datum) di puncak gunung Genuk.

b. Datum Makasar (Celebes)

Datum ini digunakan untuk penentuan posisi dan pemetaan di Makasar pada tahun 1911. Elipsoid referensi yang dipakai adalah Bessel 1841. Meridian nol-nya adalah meridian kota Makasar. Untuk penentuan orientasi elipsoid di dalam ruang, besarnya azimuth diambil dari titik triangulasi di puncak gunung Moncong Lowe.

c. Datum Indonesia 1974 (Padang)

Untuk pemetaan pulau Sumatera BAKOSURTANAL menggunakan elipsoid GRS67 (Geodetic Reference System 1967). Untuk penentuan orientasi elipsoid di dalam ruang, ditetapkan suatu datum relatif dengan satelit Doppler di Padang (di atas gedung rumah sakit Padang) sebagai titik datum.

Beberapa contoh datum lokal di Indonesia lainnya adalah datum Bukit Rimpah (untuk kepulauan Bangka, Belitung, dan sekitarnya), datum Gunung Segara (pulau Kalimantan dan sekitarnya), dan lain-lain.

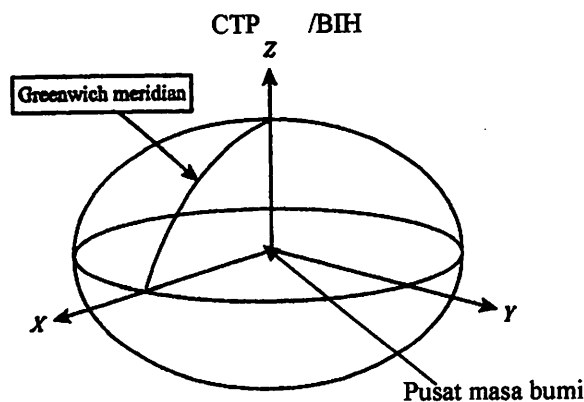
II.2.2. Datum Regional

Datum regional adalah datum geodesi yang menggunakan elipsoid referensi yang dipilih sedekat mungkin dengan bentuk geoid untuk area yang relatif luas atau regional dimana datumnya menggunakan elipsoid regional. Datum ini digunakan bersama mulai dari beberapa negara yang berdekatan hingga negara-negara yang terletak dalam benua yang sama.

II.2.3. Datum Global

Datum geodesi global menggunakan elipsoid referensi yang dipilih sedekat mungkin dengan bentuk geoid untuk seluruh permukaan bumi. Titik pusat salib sumbu (X_0, Y_0, Z_0) berada dipusat bumi (Gambar-4). Posisi dari origin ini disepakati berdasarkan kesepakatan Internasional oleh suatu badan yang terus menerus mengamati perubahan posisi kutub dan pusat masa bumi: “*Conventional International Origin*” (CIO). Berdasarkan kesepakatan ini pula ditetapkan arah sumbu Z adalah melalui posisi titik kutub utara yang merupakan hasil pengamatan pada tahun 1984.

Meridian 0^0 adalah meridian yang melalui kota Greenwich, sumbu X berada pada bidang ekuator yang memotong meridian Greenwich. Sumbu Y terletak di bidang ekuator dan tegak lurus sumbu X.

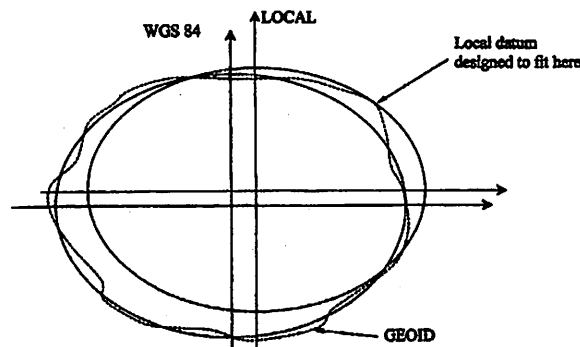


Gambar-4: Pendefinisian datum global (Modul Proyeksi Peta GE4214 dan GD 4215)

Arah orientasi dan rotasi masing-masing salib sumbunya mengikuti aturan tangan kanan dan sering disebut sebagai *ECEF* (*Earth Centered Earth Fix*) sistem koordinat.

Hal-hal diatas adalah arti definitif untuk datum global dan diistilahkan sebagai **International Terrestrial Reference Systems (ITRS)**. Realisasi dari hal ini adalah berupa titik-titik kontrol di permukaan bumi misalnya WGS84, dan ITRFxx.

Gambar-5 memperlihatkan posisi datum global dan datum lokal terhadap model bumi (geoid). Contoh dari datum global adalah WGS84 (World Geodetik System 1984) dan elipsoid referensi yang digunakan adalah elipsoid GRS 80.



Gambar-5: Kedudukan datum global dan datum lokal terhadap permukaan bumi (geoid)

(Sumber: Modul Proyeksi Peta GE4214 dan GD 4215)

Indonesia menggunakan Datum Geodesi Nasional 1995 (DGN95) yang diadopsi dari datum global ITRF 1991.

II.3. Sistem Proyeksi Peta

Secara umum, proyeksi peta merupakan fungsi yang merelasikan koordinat titik-titik yang terletak diatas permukaan suatu elipsoid referensi ke sistem koordinat titik-titik yang terletak diatas bidang datar. Di bidang geodesi, secara khusus proyeksi peta bertujuan untuk memindahkan unsur-unsur titik, garis dan sudut dari permukaan elipsoid ke bidang datar dengan menggunakan rumus-rumus proyeksi peta sehingga tercapai kondisi yang diinginkan.

Kondisi yang dimaksud adalah meliputi ciri-ciri unsur-unsur asli yang tetap ingin dipertahankan, yaitu:

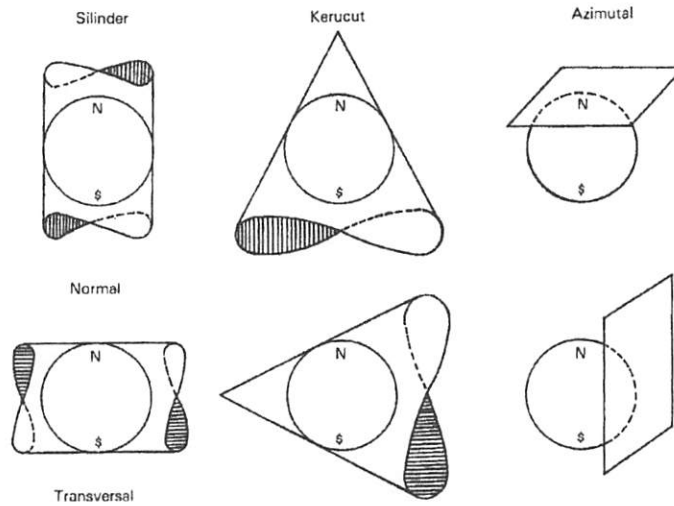
1. Jarak diatas peta akan tetap sama dengan jarak di permukaan bumi dengan memperhitungkan faktor skala peta. Proyeksi ini disebut sebagai proyeksi ekuidistan.
2. Sudut atau arah di atas permukaan peta tetap sama dengan sudut atau arah di permukaan bumi, proyeksi ini disebut sebagai proyeksi konform.

3. Luas unsur diatas peta tetap sama dengan luas unsur diatas permukaan bumi, juga dengan memperhitungkan faktor skala peta, proyeksi ini disebut sebagai proyeksi ekuivalen.

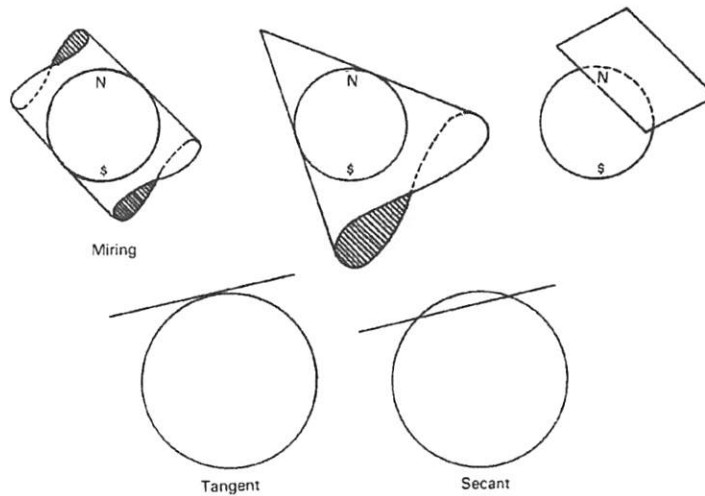
II.4. Jenis Proyeksi Peta

Proyeksi peta dapat dikelompokkan menurut jenisnya, yaitu:

1. Menurut bidang proyeksi yang digunakan:
 - Proyeksi azimuthal, menggunakan bidang datar sebagai bidang proyeksi.
 - Proyeksi kerucut (conic), menggunakan kerucut sebagai bidang proyeksi.
 - Proyeksi silinder (cylindrical), menggunakan silinder sebagai bidang proyeksi.
2. Menurut kedudukan garis karakteristik atau kedudukan bidang proyeksi terhadap bidang datum yang digunakan:
 - Proyeksi normal, garis karakteristik berimpit dengan sumbu bumi.
 - Proyeksi miring, garis karakteristik membentuk sudut terhadap sumbu bumi.
 - Proyeksi transversal atau ekuatorial, garis karakteristik tegak lurus terhadap sumbu bumi.
3. Menurut ciri-ciri asli yang tetap dipertahankan:
 - Proyeksi ekuidistan, jarak di peta sama dengan jarak di permukaan bumi dengan skala tertentu.
 - Proyeksi konform, sudut dan arah di atas peta sama dengan sudut dan sudut dan arah di permukaan bumi.
4. Menurut karakteristik singgungan antara bidang proyeksi dengan bidang datumnya:
 - Proyeksi menyinggung
 - Proyeksi memotong
 - Proyeksi yang tidak menyinggung maupun tidak memotong.



Gambar-6a: Macam bidang proyeksi (Prihandito, 1988)

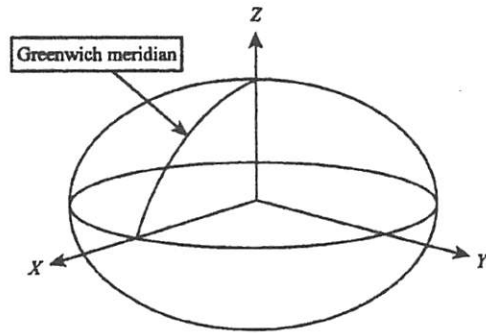


Gambar-6b: Macam bidang proyeksi (Prihandito, 1988)

II.5. Sistem Koordinat

II.5.1. Sistem Koordinat Kartesian

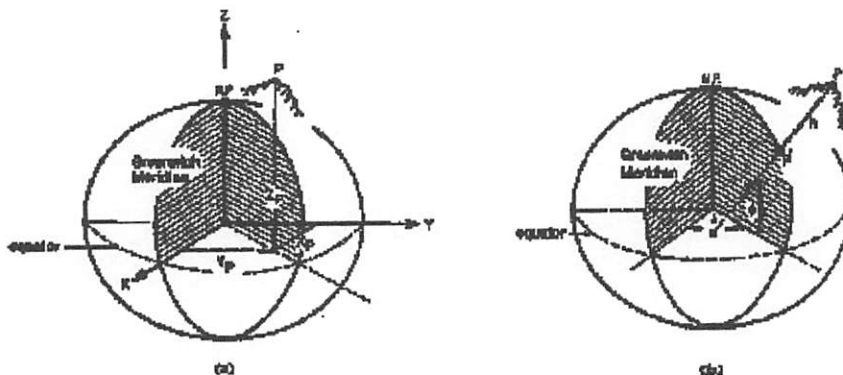
Sistem koordinat Kartesian didalam geodesi didefinisikan dengan 3 buah salib sumbu yang saling tegak lurus. Sumbu-sumbu ini (X, Y, Z) saling berpotongan di pusat elipsoid referensi seperti pada Gambar-7 dan Gambar 8a.



Gambar-7: Sistem Koordinat Kartesian (Modul Proyeksi Peta GE4214 dan GD 4215)

Sumbu Z berimpit dengan sumbu minor elipsoid (b), sumbu X berada pada bidang ekuator dan memotong meridian 0^0 (dalam gambar adalah meridian Greenwich). Dan sumbu Y adalah tegak lurus sumbu X pada bidang ekuator.

Sistem koordinat kartesian disebut juga sistem koordinat tangan kanan (*right handed system*), karena arah perputaran masing-masing sumbunya berlawanan arah dengan arah jarum jam. Hal ini akan berpengaruh dalam bagaimana sistem ini akan ditransformasikan ke dalam sistem koordinat/datum yang lain (Strang, et al., 1997).



Gambar-8: Sistem Koordinat : (a) Kartesian dan (b) geografis/Geodetis (Prihandito, 1988)

Sistem koordinat kartesian dan geografis/geodetis disebut *geocentric* apabila origin (titik pusat) elipsoid berada pada pusat bumi yang ditetapkan CIO, dan sumbu Z (sumbu pendek elipsoid) mengarah pada kutub utara rata-rata yang ditetapkan CTP (*Conventional Terrestrial Pole* (Leick, 2000).

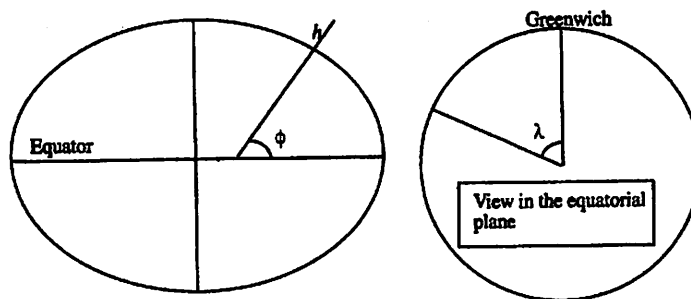
Contoh elipsoid yang geocentric adalah Geodetic Reference System 1980 (GRS80) yang diadopsi untuk penentuan datum geocentric *World Geodetic Systems* 1984 (1984) yang digunakan untuk datum satelit GPS, dan *International*

Terrestrial Reference Frames (ITRF) yang digunakan kalangan sipil internasional untuk penentuan GPS teliti.

Contoh elipsoid yang bukan geosentrik adalah Geodetic Reference System 1967 (GRS 67) yang dipakai di dalam Datum Indonesia 1974 (ID 74), elipsoid Bessel 1841 yang dipakai di dalam datum Genuk, Makasar, dll.

II.5.2. Sistem Koordinat Geografis/Geodetis

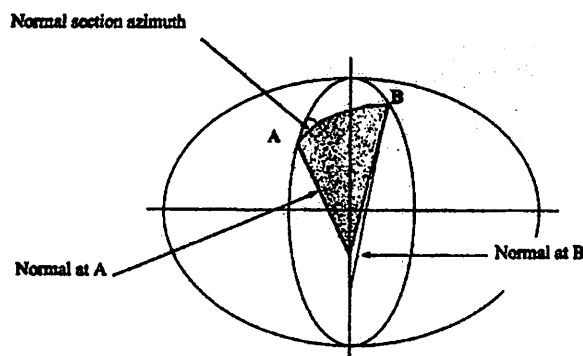
Sistem koordinat Geografis/Geodetis mendefinisikan posisi obyek di permukaan bumi/elipsoid dengan *lintang*, *bujur*, dan *ketinggian* (ϕ , λ , h) dari permukaan bumi ke permukaan elipsoid seperti pada Gambar-8b dan Gambar-9.



Gambar-9:

Sistem Koordinat Geografis/Geodetis: lintang (ϕ), bujur (λ), dan tinggi diatas elipsoid (h)

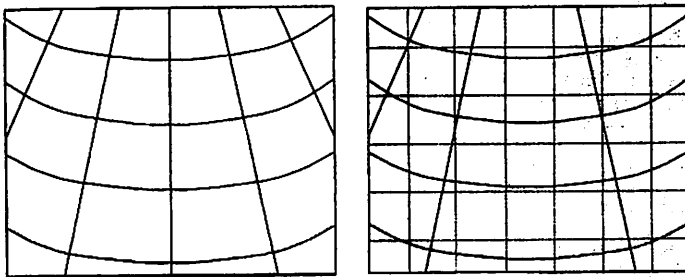
Besarnya lintang tidak diukur dari pusat elipsoid tetapi terhadap *perpotongan* garis normal elipsoid dengan bidang ekuator (Gambar-9). Garis normal disetiap permukaan elipsoid akan memiliki panjang yang berbeda-beda (Gambar-10), sehingga penentuan panjang garis normal untuk setiap titik dipermukaan elipsoid mutlak diperlukan dalam perhitungan *penentuan koordinat geografis/geodetis*.



Gambar-10

II.5.3. Sistem Koordinat Grid

Hasil akhir dari proses pengukuran (setelah mereduksi semua data hasil pengukuran di permukaan bumi ke atas permukaan elipsoid referensi) adalah bagaimana memproyeksikan data di permukaan elipsoid tersebut ke dalam bidang datar (peta). Atau dengan kata lain adalah memproyeksikan koordinat geografis/geodetis ke dalam sistem koordinat/grid peta dengan teknik proyeksi peta.



Gambar-11:

Graticule diatas bidang peta (kiri) dan graticule yang dioverlapkan dengan grid peta.

Garis-garis meridian dan paralel pada permukaan elipsoid akan tergambar pada bidang datar berupa garis-garis yang melengkung (Gambar-11 kiri) dan disebut dengan graticule. Sedangkan pada Gambar-11 kanan juga terdapat garis-garis grid (garis-garis yang saling berpotongan secara tegak lurus) yang merupakan frame (bingkai) untuk sistem koordinat/ grid peta.

Sistem proyeksi yang umum digunakan di Indonesia saat ini adalah sistem proyeksi **Transverse Mercator**, disamping **Polyeder**. Sedangkan sistem grid yang umum digunakan ada dua macam:

- ☞ Instansi BAKOSURTANAL memakai sistem grid Universal Transverse Mercator (UTM).
- ☞ Instansi BPN memakai sistem grid Transverse Mercator 3^0 (TM 3^0).

Kedua instansi tersebut memakai datum DGN95 dengan elipsoid GRS80.

II.5.3.1. Universal Transverse Mercator

Sistem koordinat grid UTM merupakan pengembangan proyeksi Transverse Mercator (GAUSS-KRUGER) yaitu proyeksi silinder transversal konform.

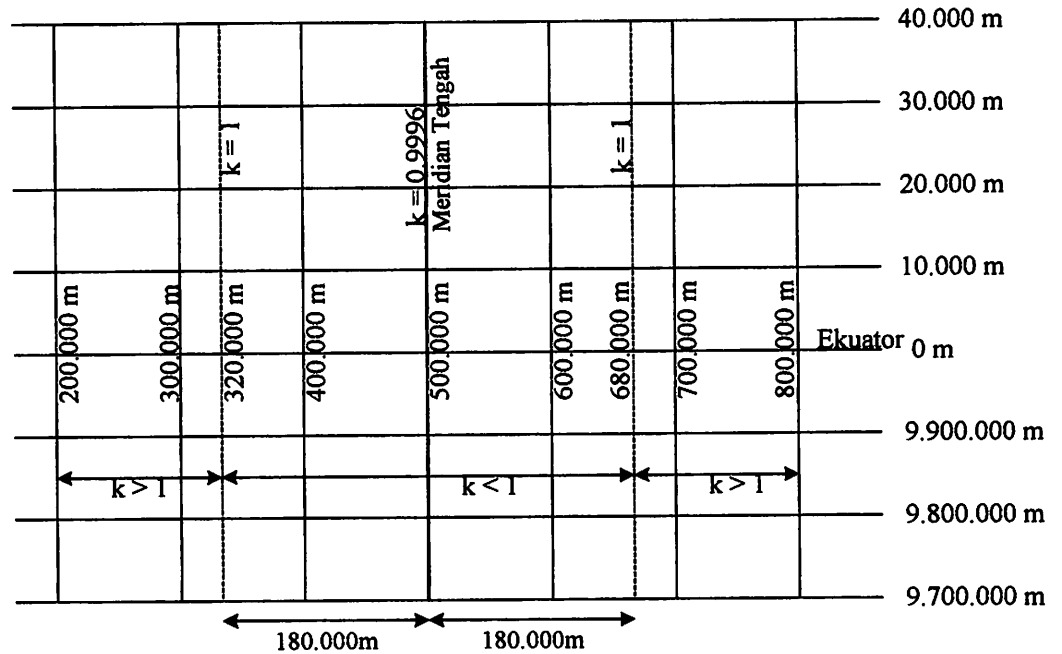
Untuk seluruh permukaan bumi, UTM terbagi atas 60 zona masing-masing dengan lebar 6^0 dengan batas dari lintang utara 80^0 sampai lintang selatan 80^0 .

Nomor dimulai dengan nomor 1 antara bujur barat 180° dan 174° dan diurut dari Barat ke Timur. zona 60 berada diantara 174° Bujur Timur sampai 180° Bujur Timur.

Masing-masing zona memiliki sistem koordinat sendiri berupa perpotongan antara meridian sentral (meridian tengah) dengan garis ekuator. Titik potong ini disebut dengan titik nol sejati (true origin). Suatu faktor skala (scale factor) sebesar 0.9996 ditetapkan di sepanjang meridian sentral.

Suatu grid metrik (Easting, Northing) ditetapkan pada tiap zone. Untuk koordinat E diberi angka koordinat fiktif 500.000m pada meridian tengah yang disebut dengan False Easting. Untuk nilai koordinat sebelah timur meridian tengah adalah $500.000 + E'$ dan untuk sebelah barat $500.000 - E'$, dimana E' merupakan koordinat sesungguhnya terhadap meridian tengah.

Koordinat N dihitung dari ekuator dengan koordinat 0 meter ke Utara. Untuk di sebelah selatan ekuator diberi nilai fiktif 10.000.000 - N meter.



Gambar-12: Sistem Koordinat UTM (Prihandito, 1988)

II.5.3.2. Transverse Mercator 3°

Sistem grid TM-3° identik dengan UTM, perbedaan hanya terletak pada lebar zona dan pemberian nilai koordinat semu.

Untuk seluruh permukaan bumi, TM-3⁰ terbagi kedalam 120 zona dengan lebar setiap zona 3⁰ bujur, dimulai dari 180⁰ BB dan 177⁰ BB , dilanjutkan ke arah timur sampai zona nomor 120 yang terletak diantara meridian 177⁰ BT dan 180⁰ BT. Setiap zona memiliki meridian tengah sendiri dengan faktor skala 0.9999.

Meridian tengah zona TM-3⁰ terletak 1.5⁰ di barat dan timur meridian tengah zona UTM yang bersangkutan.

Meridian tengah zona TM-3⁰ diberi harga 200.000m E. Untuk nilai koordinat sebelah timur meridian tengah adalah 200.000 + E' dan untuk sebelah barat 200.000 – E', dimana E' merupakan koordinat sesungguhnya terhadap meridian tengah.

Koordinat N dihitung dari ekuator dengan koordinat 0 meter ke Utara. Untuk selatan ekuator diberi nilai fiktif 1.500.000 - N meter.

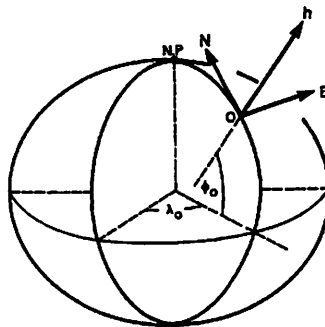
Penomoran zona TM-3⁰ mengikuti penomoran zona UTM. Dua angka pertama merupakan nomor zona UTM-nya dan satu angka terakhir dengan didahului tanda titik ('.') merupakan nomor zona TM-3⁰.

Sedangkan dalam penerapan sistem grid TM-3⁰, seluruh wilayah Indonesia terbagi dalam 16 zone. Tata letak dan penomoran zona telah diatur *pada Peraturan Menteri Negara Agraria N0. 3 tahun 1997.*

II.5.4. Sistem Koordinat Lokal

II.5.4.1. Sistem Koordinat Lokal (Toposentrik)

Sistem koordinat lokal/proyek didefinisikan pada suatu areal proyek pemetaan dengan area tidak begitu luas (biasanya tidak lebih dari 5km x 5km), sehingga permukaan bumi dapat diasumsikan sebagai bidang datar.



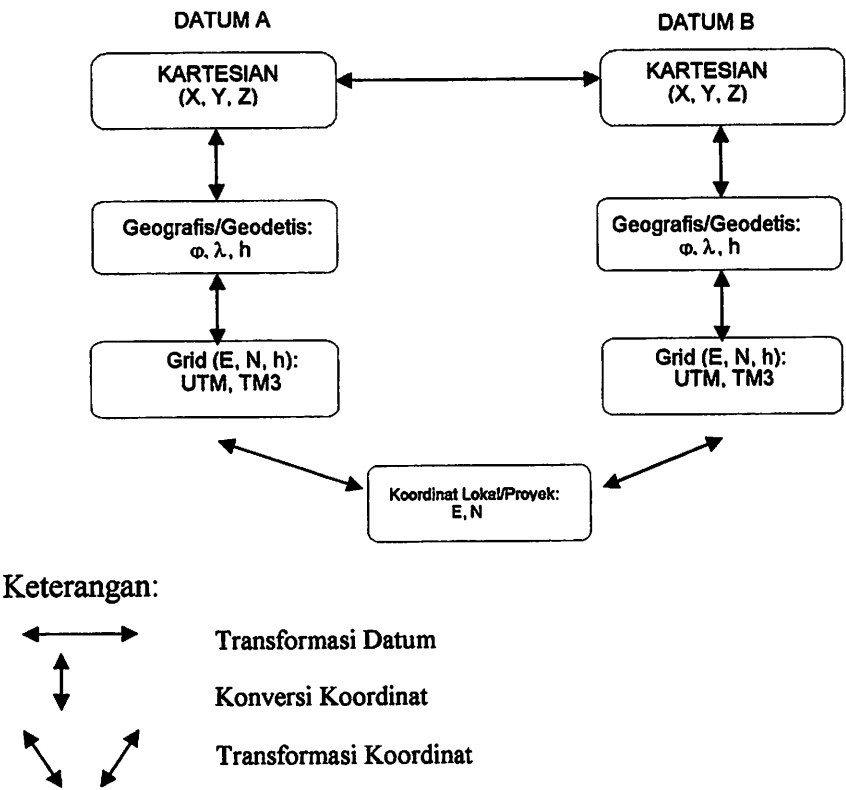
Gambar-13: Sistem Koordinat Lokal

Sumbu-sumbu sistem kooordinat lokal ini (E, N, h) didefinisikan di sembarang tempat di muka bumi dimana sumbu N positif mengarah ke arah utara, sumbu E tegak lurus sumbu N dan positif mengarah ke timur. Sedangkan sumbu h adalah tegak lurus sumbu E dan N dan positif mengarah ke atas (zenith).

II.5.4.2. Sistem Kordinat Lokal 2 Dimensi

Sistem koordinat lokal 2 dimensi adalah identik dengan koordinat lokal toposentrik, dengan mengabaikan unsur elevasi (h). Nilai koordinat titik pusat salib sumbu dapat berupa apapun, termasuk sistem grid UTM atau TM-3⁰.

II.6. Konversi Koordinat dan Transformasi Datum



Gambar-14: Konsep konversi dan transformasi koordinat serta transformasi datum

(Sumber: Modul Proyeksi Peta GE4214 dan GD 4215)

II.6.1. Konversi Koordinat

II.6.1.1. Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Grid (UTM / TM-3°)

Untuk proyeksi Transverse Mercator, Redfearn (1948) menurunkan rumus untuk proyeksi titik pada elipsoid (φ, λ) ke bidang peta (E, N) sebagai berikut:

$$t = \tan \varphi \quad \dots\dots\dots(14)$$

$$\omega = \lambda - B_0 \quad \dots\dots\dots(15)$$

$$E' = (K_0 \nu \omega \cos \varphi) \{1 + [I] + [II] + [III]\} \quad \dots\dots\dots(16)$$

Dimana:

$$[I] = \left(\frac{\omega^2}{6} \right) \cos^2 \varphi (\psi - t^2)$$

$$[II] = \left(\frac{\omega^4}{120} \right) \cos^4 \varphi [4\psi^3(1 - 6t^2) + \psi^2(1 + 8t^2)\psi 2t^2 + t^4]$$

$$[III] = \left(\frac{\omega^6}{5040} \right) \cos^6 \varphi (61 - 479t^2 - 179t^4 - t^6)$$

dan

$$N' = K_0 \{m + [I] + [II] + [III] + [IV]\} \quad \dots\dots\dots(17)$$

Dimana:

$$[I] = \left(\frac{\omega^2}{2} \right) \nu \sin \varphi \cos \varphi$$

$$[II] = \left(\frac{\omega^4}{24} \right) \nu \sin \varphi \cos^3 \varphi (4\psi^2 + \psi - t^2)$$

$$[III] = \left(\frac{\omega^6}{720} \right) \nu \sin \varphi \cos^5 \varphi [8\psi^4(11 - 24t^2) - 28\psi^3(1 - 6t^2) + \psi^2(1 - 32t^2) - \psi(2t^2) + t^4]$$

$$[IV] = \left(\frac{\omega^8}{40320} \right) \nu \sin \varphi \cos^7 \varphi (1385 - 3111t^2 + 543t^4 - t^6)$$

Untuk sistem grid peta UTM berlaku ketentuan:

$$E = E' + 500\,000$$

$$N = N' + 10\,000\,000 \quad (\text{untuk lintang selatan})$$

$$N = N' \quad (\text{untuk lintang utara})$$

$$k_0 = 0.9996$$

Untuk sistem grid peta TM3⁰ berlaku ketentuan:

$$E = E' + 200\,000$$

$$N = N' + 1\,500\,000 \quad (\text{untuk lintang selatan})$$

$$N = N' \quad (\text{untuk lintang utara})$$

$$k_0 = 0.9999$$

Keterangan:

E = Easting, Absis semu (Timur)

N = Northing, Ordinat semu (Utara)

E' = Absis sejati (Ekuator)

N' = Ordinat sejati (Meridian sentral)

k₀ = Faktor skala pada meridian sentral

φ = Lintang geografis/geodetis (latitude)

λ = Bujur geografis/geodetis (longitude)

B₀ = Bujur geografis/geodetis untuk meridian sentral

II.6.1.2. Konversi Koordinat Grid (UTM / TM-3°) ke Koordinat Geodetis

Jika diketahui koordinat grid peta UTM atau TM3⁰ (E, N), nilai koordinat geografis lintang dan bujur (φ, λ) yang bersesuaian adalah (Redfearn, 1948):

$$m = \frac{N'}{k_0} \quad \dots\dots\dots(18)$$

$$\varphi = \varphi' - [I] + [II] + [III] + [IV] \quad \dots\dots\dots(19)$$

Dimana:

$$[I] = \left(\frac{t'}{(K_0 \rho')} \right) \left(\frac{x E'}{2} \right)$$

$$[II] = \left(\frac{t'}{(K_0 \rho')} \right) \left(\frac{E' x^3}{24} \right) [-4\psi'^2 + 9\psi'(1 - t'^2) + 12t'^2]$$

$$[III] = \left(\frac{t'}{(K_0 \rho')} \right) \left(\frac{E' x^5}{720} \right) [8\psi'^4 (11 - 24t'^2) - 12\psi'^3 (21 - 71t'^2)] \\ + 15\psi'^2 (15 - 98t'^2 + 15t'^4) + 180\psi' (5t'^2 - 3t'^4) + 360t'^4]$$

$$[IV] = \left(\frac{t'}{(K_0 \rho')} \right) \left(\frac{E' x^7}{40320} \right) (1385 + 3633t'^2 + 4095t'^4 + 1575t'^6)$$

$$\omega = [I] - [II] + [III] - [IV] \dots\dots\dots(20)$$

Dimana:

$$[I] = x \sec \varphi'$$

$$[II] = \left(\frac{x^3}{6} \right) \sec \varphi' (\psi' + 2t'^2)$$

$$[III] = \left(\frac{x^5}{120} \right) \sec \varphi' \left[-4\psi'^3 (1 - 6t'^2) - \psi'^2 (9 - 68t'^2) + 72\psi' t'^2 + 24t'^4 \right]$$

$$[IV] = \left(\frac{x^7}{5040} \right) \sec \varphi' (61 + 662t'^2 + 1320t'^4 + 720t'^6)$$

$$\lambda = B_0 + \omega \dots\dots\dots(21)$$

Keterangan:

E' = Absis sejati (Ekuator)

φ' = Lintang titik kaki

k_0 = Faktor skala pada meridian sentral

φ = Lintang geografis/geodetis (latitude)

λ = Bujur geografis/geodetis (longitude)

B_0 = Bujur geografis/geodetis untuk meridian sentral

II.6.1.3. Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Kartesian

Jika suatu titik diketahui posisinya dalam lintang, bujur, dan tinggi diatas elipsoid (φ , λ , h) maka posisi titik tersebut dapat dinyatakan dalam sistem koordinat kartesian dengan rumus konversi:

$$X = (\nu + h) \cos \varphi \cos \lambda \dots\dots\dots(22)$$

$$Y = (\nu + h) \cos \varphi \sin \lambda \dots\dots\dots(23)$$

$$Z = (\nu(1 - e^2) + h) \sin \varphi \dots\dots\dots(24)$$

dimana

$$\nu = \frac{a}{\sqrt{(1 - e^2 \sin^2 \varphi)}} ; \dots\dots\dots(25)$$

ν = radius kurva dalam arah prime vertikal

II.6.1.4. Konversi Koordinat Kartesian ke Koordinat Geodetis

Untuk mengkonversi koordinat kartesian ke koordinat geografis dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

$$\lambda = a \tan \frac{Y}{X} \dots\dots\dots(26)$$

$$\varphi = a \tan \left(\frac{Z(1-f) + e^2 a \sin^3 u}{((1-f)(p - e^2 \cos^3 u))} \right) \dots\dots\dots(27)$$

$$h = p \cos \varphi + Z \sin \varphi - a \sqrt{1 - e^2 \sin^2 \varphi} \dots\dots\dots(28)$$

dimana:

$$p = \sqrt{X^2 + Y^2} \dots\dots\dots(29)$$

$$u = a \tan \left(\left(\frac{Z}{p} \right) \left[(1-f) + \left(e^2 \frac{a}{r} \right) \right] \right) \dots\dots\dots(30)$$

$$r = \sqrt{p^2 + Z^2} \dots\dots\dots(31)$$

Atau dengan menggunakan metode iterasi pada lintang (φ) dan elevasi (h) dengan prosedur sebagai berikut (Wellenhof, et al., 2001):

1. Menghitung nilai bujur: $\lambda = a \tan \frac{Y}{X} \dots\dots\dots(32)$

2. Menghitung jari-jari paralel: $p = \sqrt{X^2 + Y^2} \dots\dots\dots(33)$

3. Menghitung lintang pendekatan $\varphi_{(0)}$:

$$\varphi_{(0)} = a \tan \frac{Z}{p(1-e^2)} \dots\dots\dots(34)$$

4. Menghitung nilai pendekatan untuk radius kurva prime vertikal $v_{(0)}$:

$$v_{(0)} = \frac{a}{(1 - e^2 \sin^2 \varphi_{(0)})} \dots\dots\dots(35)$$

5. Menghitung nilai h pendekatan:

$$h_{(0)} = \frac{X}{\cos \varphi_{(0)} \cos \lambda} - v_{(0)} \dots\dots\dots(36)$$

6. Menghitung nilai lintang sekali lagi :

$$\varphi = a \tan \frac{Z - h_{(0)} e^2 \sin \varphi_{(0)}}{p (1 - e^2)} \dots\dots\dots(37)$$

7. Bila nilai $\varphi = \varphi_{(0)}$, maka tidak perlu dilakukan iterasi. Tetapi jika tidak sama maka perhitungan diulang mulai dari prosedur nomor 4. Setelah didapatkan nilai $\varphi = \varphi_{(0)}$ maka nilai h dapat dihitung dengan menggunakan φ yang terakhir:

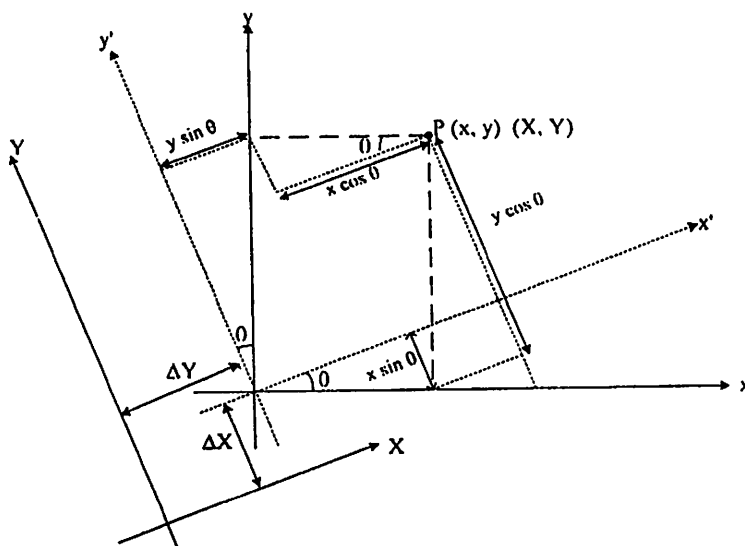
$$h = \frac{X}{\cos \varphi \cos \lambda} - v_{(\varphi)} \dots\dots\dots(38)$$

II.6.1.5. Transformasi Koordinat Lokal

Transformasi koordinat 2D banyak digunakan untuk mentransformasikan koordinat lokal 2D ke dalam sistem koordinat 2D lainnya. Misalnya transformasi koordinat lokal 2D ke dalam sistem UTM atau TM-3°.

II.6.1.5.1 Transformasi Konform 2D

Syarat utama untuk melakukan mentransformasi sejumlah koordinat dari sistem (x,y) menjadi sistem (X,Y) adalah titik-titik sekutu yang nilai koordinatnya terdapat dalam kedua sistem. Transformasi Konform bertujuan untuk mempertahankan bentuk obyek di kedua sistem.



Gambar-15: Transformasi Konform 2D

Hubungan geometrik antara sistem (x,y) dengan sistem (X,Y) :

a. Rotasi

Karena sistem (x,y) tidak sejajar dengan sistem (X,Y), maka sistem (x,y) diputar sebesar θ berlawanan arah jarum jam menjadi sistem (x',y'), sehingga menjadi:

$$x' = x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta \quad \dots\dots\dots(39)$$

$$y' = -x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta \quad \dots\dots\dots(40)$$

b. Faktor Skala

Setelah sistem (x',y') dan (X,Y) sejajar, agar nilai absis dan ordinat sama maka harus dikalikan dengan faktor skala. Jika faktor skala pada absis dan ordinat sama sebesar λ maka:

$$X' = \lambda x = \lambda(x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta) \quad \dots\dots\dots(41)$$

$$Y' = \lambda y = \lambda(-x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta) \quad \dots\dots\dots(42)$$

c. Translasi

Karena titik pusat kedua sistem tidak sama/berimpit, maka nilai absis dan ordinat ditambahkan dengan selisih nilai pergeseran titik pusat ($\Delta X, \Delta Y$). Sehingga nilai absis dan ordinat menjadi :

$$X = X' + \Delta X = \lambda(x \cdot \cos \theta + y \cdot \sin \theta) + \Delta X \quad \dots\dots\dots(43)$$

$$Y = Y' + \Delta Y = \lambda(-x \cdot \sin \theta + y \cdot \cos \theta) + \Delta Y \quad \dots\dots\dots(44)$$

Untuk menghitung nilai parameter transformasi Konform 2D dibutuhkan minimal 2 titik sekutu yang diketahui nilainya di kedua sistem dengan menggunakan metode *Least Square* (Kuadrat Terkecil).

Langkah perhitungan:

1. Menyusun persamaan untuk setiap satu titik sekutu dengan asumsi

$$a = \lambda \cos \theta \text{ dan } b = \lambda \sin \theta$$

$$\begin{matrix} X_i + V_{xi} = ax + by + \Delta X & V_{xi} = ax + by + \Delta X - X_i \\ Y_i + V_{yi} = -bx + ay + \Delta Y & V_{yi} = -bx + ay + \Delta Y - Y_i \end{matrix} \quad \text{atau} \quad \dots\dots\dots(45)$$

2. Menyusun komponen matrik dan vektor untuk setiap titik sekutu

$$\begin{bmatrix} V_{xi} \\ V_{yi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x & y & 1 & 0 \\ y & -x & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} a \\ b \\ \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -X_i \\ -Y_i \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(46)$$

$$V = A \cdot x + w$$

Keterangan:

V adalah vektor yang berisi residu pengukuran

x adalah vektor yang berisi parameter yang dicari

w adalah vektor yang berisi negatif dari pengukuran

A adalah matrik koefisien yang berisi turunan pertama dari persamaan

3. Menghitung vektor x (parameter yang dicari)

$$x = -(A^T A)^{-1} \cdot A^T w \quad \dots\dots\dots(47)$$

4. Menghitung parameter transformasi

- Translasi (ΔX dan ΔY) diambil dari komponen vektor x
- Rotasi

$$\theta = a \tan\left(\frac{b}{a}\right) \quad \dots\dots\dots(48)$$

- Faktor Skala

$$\lambda = \sqrt{a^2 + b^2} \quad \dots\dots\dots(49)$$

II.6.1.5.2 Transformasi Affine 2D

Transformasi Affine digunakan bila faktor skala pada sumbu X dan Y tidak sama, sehingga persamaannya menjadi:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \lambda_x \cos \theta_x & \lambda_y \sin \theta_y \\ \lambda_x \sin \theta_x & \lambda_y \cos \theta_y \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(50)$$

dimana:

λ_x, λ_y : faktor skala dalam arah X dan Y

θ_x, θ_y : rotasi pada sumbu X dan Y

Untuk solusi pada transformasi Affine dibutuhkan minimal tiga titik sekutu yang diketahui nilainya pada kedua sistem koordinat.

Langkah menghitung parameter transformasi dengan metode Kuadrat Terkecil:

1. Menyusun persamaan untuk setiap satu titik sekutu dengan asumsi

$$a_1 = \lambda_x \cos \theta_x, b_1 = \lambda_y \sin \theta_y, a_2 = \lambda_x \sin \theta_x, b_2 = \lambda_y \cos \theta_y$$

$$\begin{aligned} X_i + V_{xi} &= a_1 x_i + b_1 y_i + \Delta X & V_{xi} &= a_1 x_i + b_1 y_i + \Delta X - X_i \\ Y_i + V_{yi} &= a_2 x_i + b_2 y_i + \Delta Y & V_{yi} &= a_2 x_i + b_2 y_i + \Delta Y - Y_i \end{aligned} \quad \dots\dots\dots(51)$$

2. Menyusun komponen matrik dan vektor untuk setiap titik sekutu

$$\begin{bmatrix} V_{xi} \\ V_{yi} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_i & y_i & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & x_i & y_i & 1 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} a_1 \\ b_1 \\ \Delta X \\ a_2 \\ b_2 \\ \Delta Y \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} -X_i \\ -Y_i \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots(52)$$

$$V = A x + w$$

Keterangan:

V adalah vektor yang berisi residu pengukuran

x adalah vektor yang berisi parameter yang dicari

w adalah vektor yang berisi negatif dari pengukuran

A adalah matrik koefisien yang berisi turunan pertama dari persamaan

3. Menghitung vektor x (parameter yang dicari)

$$x = -(A^T A)^{-1} \cdot A^T w \quad \dots\dots\dots(53)$$

4. Menghitung parameter transformasi

a. Translasi (ΔX dan ΔY) diambil dari komponen vektor x

b. Rotasi

- Pada sumbu X $\theta_x = a \tan \left(\frac{a_2}{a_1} \right) \dots\dots\dots(54)$

- Pada sumbu Y $\theta_y = a \tan \left(\frac{b_1}{b_2} \right) \dots\dots\dots(55)$

c. Faktor Skala

- Pada sumbu X $\lambda_x = \sqrt{a_1^2 + a_2^2} \dots\dots\dots(56)$

- Pada sumbu Y $\lambda_y = \sqrt{b_1^2 + b_2^2} \dots\dots\dots(57)$

II.6.1.5.3 Tingkat Ketelitian Parameter Transformasi

Langkah-langkah untuk mencari Tingkat Ketelitian Parameter Transformasi:

a. Menghitung nilai koreksi (V)

$$V = A.x + w \quad \dots\dots\dots(58)$$

b. Mencari faktor varians aposteori $\left(\hat{\sigma}_0^2 \right)$

$$\hat{\sigma}_0^2 = \frac{V^T V}{dof} = \frac{V^T V}{n - u} \quad \dots\dots\dots(59)$$

dof = degree of freedom

n = jumlah persamaan

u = jumlah parameter

c. Mencari matrik kovarian (ketelitian parameter)

$$\Sigma_{xx} = \hat{\sigma}_0^2 [A^T A]^{-1} \quad \dots\dots\dots(60)$$

II.6.1.6. Transformasi Zona UTM

Jika sebuah titik terletak diantara ½° dari batas zona, dimungkinkan untuk menghitung koordinat titik tersebut dalam zona yang bersebelahan. Transformasi antar zona dalam sistem proyeksi UTM terdapat beberapa metode :

1. Koordinat titik dalam UTM dikonversikan ke dalam Koordinat Geodetik dengan menggunakan rumus Redfearn, kemudian dikonversikan kembali menjadi koordinat UTM dengan mengganti nilai B₀ (Meridian Sentral) sesuai zona yang dituju (zona n-1 atau zona n+1)
2. Menggunakan sebuah titik bantu yang terletak pada batas zona (Jordan-Eggert, 1941 dan Grossman, 1964).

$$\tan J_1 = \frac{\omega_z^2 \cos^2 \varphi_z (1 + 3 \tan^2 \varphi_z) - 6(1 + e'^2 \cos^2 \varphi_z)}{18 \varphi_z \sin \varphi_z (1 + e'^2 \cos^2 \varphi_z)} \quad \dots\dots\dots(61)$$

$$H_1 = \frac{-3 \omega_z^2 \sin \varphi_z \cos \varphi_z}{(\rho_z \cos J_1)} \quad \dots\dots\dots(62)$$

$$E_2 = 500000 - E'_z + (E'_1 - e'_z) \cos 2\gamma_z - (N_1 - N_z) \sin 2\gamma_z + H_1 L^2 \sin(2\theta_z + J_1) \quad \dots\dots\dots(63)$$

$$N_2 = N_z + (N_1 - N_z)\cos 2\gamma_z + (E_1 - E_z)\sin 2\gamma_z + H_1 L^2 \cos(2\theta_z + J_1) \dots\dots\dots(64)$$

Dimana:

$$\theta_z = a \tan \left(\frac{E_1 - E_z}{N_1 - N_z} \right) \dots\dots\dots(65)$$

$$L = \left(\frac{E_1 - E_z}{\sin \theta_z} \right) = \left(\frac{N_1 - N_z}{\cos \theta_z} \right) \dots\dots\dots(66)$$

Keterangan :

- Z = Titik Bantu pada batas zona
- E₁, N₁ = Koordinat titik yang akan ditransformasi
- E₂, N₂ = Koordinat titik yang pada zona tujuan
- θ_z = Azimuth dari Titik Bantu Z ke titik yang akan ditransformasi

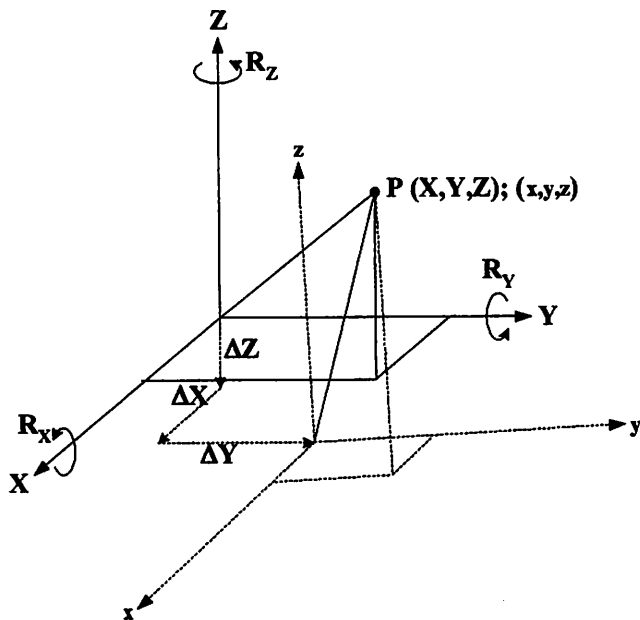
II.6.2. Transformasi Datum

Istilah transformasi datum diartikan sebagai transformasi titik-titik koordinat didalam suatu sistem datum geodesi tertentu ke suatu sistem datum yang lain.

Beberapa metode transformasi antar datum diuraikan sebagai berikut:

II.6.2.1 Metode Bursa-Wolf

Pada transformasi datum dengan menggunakan koordinat kartesian 3D, dibutuhkan 7 parameter transformasi yang meliputi tiga pergeseran origin (Δx, Δy, Δz), faktor skala, dan tiga rotasi (Rx, Ry, Rz) tergantung ketersediaan jumlah titik sekutu didalam kedua sistem datum. Transformasi dengan 7 parameter dapat memberikan hubungan 3D secara lengkap antar dua sistem datum yang berbeda, yang mungkin hanya berbeda sedikit saja dalam sudut (dengan sudut rotasi hanya beberapa detik saja), dimana koordinat titik-titik di lapangan dikedua sistem tidak memiliki distorsi sistematis. Hubungan geometrik antar dua sistem datum dapat terlihat seperti pada Gambar-16.



Gambar-16: Geometri dari transformasi dengan 7 parameter

Persamaan transformasi yang digunakan untuk mentransformasikan dari sistem koordinat *asal* (x,y,z) ke sistem koordinat *tujuan* (X,Y,Z) dengan menggunakan metode Bursa-Wolf:

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \Delta X \\ \Delta Y \\ \Delta Z \end{bmatrix} + (1 + \lambda) R_{(x,y,z)} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \dots\dots\dots(67)$$

dengan :

$$R_{(x,y,z)} = \begin{vmatrix} \cos R_y \cos R_z & \cos R_y \sin R_z & -\sin R_y \\ \sin R_x \sin R_y \cos R_z - \cos R_x \sin R_z & \sin R_x \sin R_y \sin R_z + \cos R_x \cos R_z & \sin R_x \cos R_y \\ \cos R_x \sin R_y \cos R_z + \sin R_x \sin R_z & \cos R_x \sin R_y \sin R_z - \sin R_x \cos R_z & \cos R_x \cos R_y \end{vmatrix} \dots\dots\dots(68)$$

Keterangan :

- (x,y,z) Sistem koordinat kartesian didalam sistem *asal*.
- (X,Y,Z) Sistem koordinat kartesian didalam sistem *tujuan*.
- (ΔX, ΔY, ΔZ) Parameter pergeseran/translasi
- λ Faktor skala (dalam ppm)
- R_X, R_Y, R_Z Parameter rotasi terhadap masing-masing sumbu.

IL.6.2.2 Metode Molodenski-Badekas

Seperti transformasi dengan 7 parameter, transformasi Molodenski adalah konform. Rumus transformasi ini tidak dapat mengantisipasi terjadinya perbedaan skala dan rotasi antar dua sistem datum. Parameter yang dipakai adalah nilai translasi rata-rata ($\Delta X, \Delta Y, \Delta Z$), perbedaan sumbu panjang (Δa) dan faktor pengepungan (Δf) dari dua elipsoid referensi yang berbeda. Hasil transformasi adalah koreksi ($\Delta \phi, \Delta \lambda, \Delta h$) terhadap nilai koordinat geodetik (ϕ, λ, h).

Ada dua versi rumus transformasi Molodenski: versi “standard” dan versi “abridged”. Versi “standard” rumus transformasi Molodenski adalah (Mularie, 2000):

$$\Delta \phi = \{-\Delta X \sin \phi \cos \lambda - \Delta Y \sin \phi \sin \lambda + \Delta Z \cos \phi + \Delta a (\nu^2 \sin \phi \cos \phi) / a + \Delta f [\rho (a / b) + \nu (b / a)] \sin \phi \cos \phi\} / (\rho + h) \dots\dots\dots(69)$$

$$\Delta \lambda = (-\Delta X \sin \lambda + \Delta Y \cos \lambda) / [(\nu + h) \cos \phi] \dots\dots\dots(70)$$

$$\Delta h = \Delta X \cos \phi \cos \lambda + \Delta Y \cos \phi \sin \lambda + \Delta Z \sin \phi - \Delta a (a / \nu) + \Delta f (b / a) \nu \sin^2 \phi \dots\dots\dots(71)$$

Versi “abridged” rumus transformasi Molodenski adalah (Mularie, 2000):

$$\Delta \phi = [-\Delta X \sin \phi \cos \lambda - \Delta Y \sin \phi \sin \lambda + \Delta Z \cos \phi + (f \Delta a + a \Delta f) \sin 2 \phi] / \rho \dots\dots\dots(72)$$

$$\Delta \lambda = (-\Delta X \sin \lambda + \Delta Y \cos \lambda) / (\nu \cos \phi) \dots\dots\dots(73)$$

$$\Delta h = \Delta X \cos \phi \cos \lambda + \Delta Y \cos \phi \sin \lambda + \Delta Z \sin \phi + (a \Delta f + f \Delta a) \sin^2 \phi - \Delta a \dots\dots\dots(74)$$

Versi standard memberikan ketelitian yang sedikit lebih tinggi daripada versi abridged. Notasi-notasi berikut digunakan dalam rumus Molodenski:

- (ϕ, λ, h) Koordinat geografis dari sistem *asal*.
- ($\Delta \phi, \Delta \lambda, \Delta h$) Koreksi nilai koordinat yang diketahui untuk memperoleh koordinat baru didalam sistem *tujuan* (ϕ', λ', h')
- Δa dan Δf Perbedaan ($a'-a$) dan ($f'-f$) dari dua parameter elipsoid referensi yang digunakan, dimana a' dan f' untuk sistem *tujuan*, dan a dan f untuk sistem *asal*.

Semua parameter elipsoid yang terdapat didalam rumusan (seperti a, f, b, e²) mengacu pada elipsoid dari sistem *asal*. Koordinat hasil transformasi didalam sistem *tujuan* diperoleh dengan menambahkan koreksi dengan koordinat dari sistem *asal* yang bersesuaian:

$$\varphi' = \varphi + \Delta\varphi \qquad \qquad \qquad \dots\dots\dots(75)$$

$$\lambda' = \lambda + \Delta\lambda \qquad \qquad \qquad \dots\dots\dots(76)$$

$$h' = h + \Delta h \qquad \qquad \qquad \dots\dots\dots(77)$$

II.7. Koreksi Proyeksi

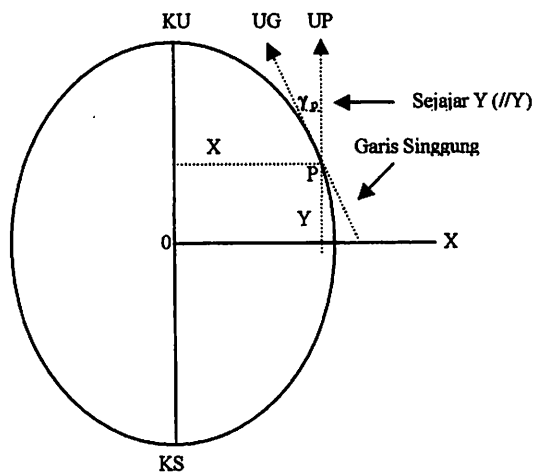
Proyeksi garis yang menghubungkan dua titik pada elipsoid referensi membentuk jarak elipsoid, sedangkan pada proyeksi Grid (UTM / TM-3°) berupa garis lengkung yang menghubungkan proyeksi kedua titik tersebut.

Pada bidang proyeksi UTM / TM-3° terdapat beberapa hal penting yang perlu diketahui, yaitu:

1. Jarak antara dua titik didefinisikan sebagai jarak yang dihitung sepanjang garis penghubung lurus kedua titiknya, dan disebut sebagai **jarak proyeksi/jarak peta**.
2. Arah dari satu titik ke titik lain, didefinisikan sebagai sudut yang dibentuk oleh sumbu Y dengan garis penghubung lurus kedua titiknya. Arah ini disebut sebagai sudut jurusan.
3. Proyeksi garis meridian dengan garis sejajar sumbu Y di satu titik tertentu, membentuk sudut. Sudut tersebut dinamakan **konvergensi grid**.
4. Garis penghubung lurus dan proyeksi geodetik yang melalui dua titik, membentuk sudut. Sudut ini dinamakan **koreksi kelengkungan garis**.

II.7.1. Konvergensi Grid (γ)

Proyeksi garis meridian yang melalui satu titik umumnya berbentuk kurva, kecuali meridian sentral yang berbentuk garis lurus. Proyeksi garis meridian dengan garis sejajar sumbu Y yang melalui titik tersebut, membentuk sudut yang dinamakan konvergensi grid.



Gambar-17: Konvergensi Grid di titik P, γ_p

Keterangan :

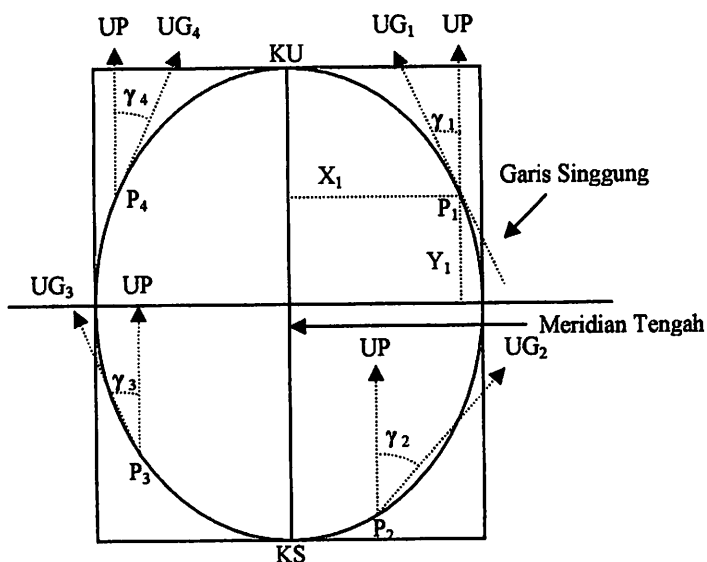
UP = Utara peta

UG = Utara geografi

Garis sejajar sumbu Y di titik P, menunjukkan garis kearah utara peta (UP), sedangkan garis singgung yang melalui titik P menunjukkan garis ke arah utara geografi (UG). Sehingga konvergensi grid digunakan untuk mengubah utara geografi menjadi utara peta atau sebaliknya.

$$UP = UG - |\gamma|$$

$$UG = UP - |\gamma|$$



Gambar-18: Konvergensi Grid γ di titik P₁, P₂, P₃, P₄

$$UP = UG_1 - |\gamma_1| = UG_2 - |\gamma_2| = UG_3 - |\gamma_3| = UG_4 - |\gamma_4|$$

Ketentuan tanda:

a. Di sebelah utara bumi:

- Bila titik di sebelah timur Meridian Tengah, γ positif
- Bila titik di sebelah barat Meridian Tengah, γ negatif.

b. Di sebelah selatan bumi:

- Bila titik di sebelah timur Meridian Tengah, γ negatif
- Bila titik di sebelah barat Meridian Tengah, γ positif.

Rumus perhitungan Konvergensi Grid

o Dihitung dari koordinat geodetik

$$[I] = -\omega \sin \varphi$$

$$[II] = -\left(\frac{\omega^3}{3}\right) \sin \varphi \cos^2 \varphi (2\psi^2 - \psi)$$

$$[III] = -\left(\frac{\omega^5}{15}\right) \sin \varphi \cos^4 \varphi [\psi^4 (11 - 24t^2) - \psi^3 (11 - 36t^2) + 2\psi^2 (1 - 7t^2) + \psi t^2]$$

$$[IV] = -\left(\frac{\omega^7}{315}\right) \sin \varphi \cos^6 \varphi (17 - 26t^2 + 2t^4)$$

$$\gamma = [I] + [II] + [III] + [IV] \dots\dots\dots(78)$$

o Dihitung dari koordinat Grid (UTM / TM-3°)

$$x = \frac{E'}{(K_0 \nu')} \dots\dots\dots(79)$$

$$t' = \tan \varphi'$$

$$[I] = -t' x$$

$$[II] = \left(\frac{t' x^3}{3}\right) (-2\psi'^2 + 3\psi' + t'^2)$$

$$[III] = -\left(\frac{t' x^5}{15}\right) [\psi'^4 (11 - 24t'^2) - 3\psi'^3 (8 - 23t'^2) + 5\psi'^2 (3 - 14t'^2) + 30\psi' t'^2 + 3t'^4]$$

$$[IV] = \left(\frac{t' x^7}{315}\right) (17 + 77t'^2 + 105t'^4 + 45t'^6)$$

$$\gamma = [I] + [II] + [III] + [IV] \dots\dots\dots(80)$$

II.7.2. Faktor Skala (k)

Faktor skala adalah suatu konstanta pengali untuk mendapatkan jarak di grid / peta dari jarak di elipsoid.

- Menggunakan koordinat geodetik (ϕ, λ):

$$K = k_0 (1 + [I] + [II] + [III]) \dots\dots\dots(81)$$

$$[I] = \left(\frac{\omega^2}{2} \right) \psi \cos^2 \phi$$

$$[II] = \left(\frac{\omega^4}{24} \right) \cos^4 \phi (4\psi^3 (1 - 6t^2) + \psi^2 (1 + 24t^2) - 4\psi t^2)$$

$$[III] = \left(\frac{\omega^6}{720} \right) \cos^6 \phi (61 - 148t^2 + 16t^4)$$

- Menggunakan koordinat Grid :

$$x = \left(\frac{E'^2}{k_0^2 \rho' \nu'} \right) \dots\dots\dots(82)$$

$$[I] = \left(\frac{x}{2} \right)$$

$$[II] = \left(\frac{x^2}{24} \right) \left[4\psi' (1 - 6t'^2) - 3(1 - 16t'^2) - \frac{24t'^2}{\psi'} \right]$$

$$[III] = \left(\frac{x^3}{720} \right)$$

$$K = k_0 (1 + [I] + [II] + [III]) \dots\dots\dots(83)$$

BAB III

PELAKSANAAN PENELITIAN

III.1. Peralatan Penelitian

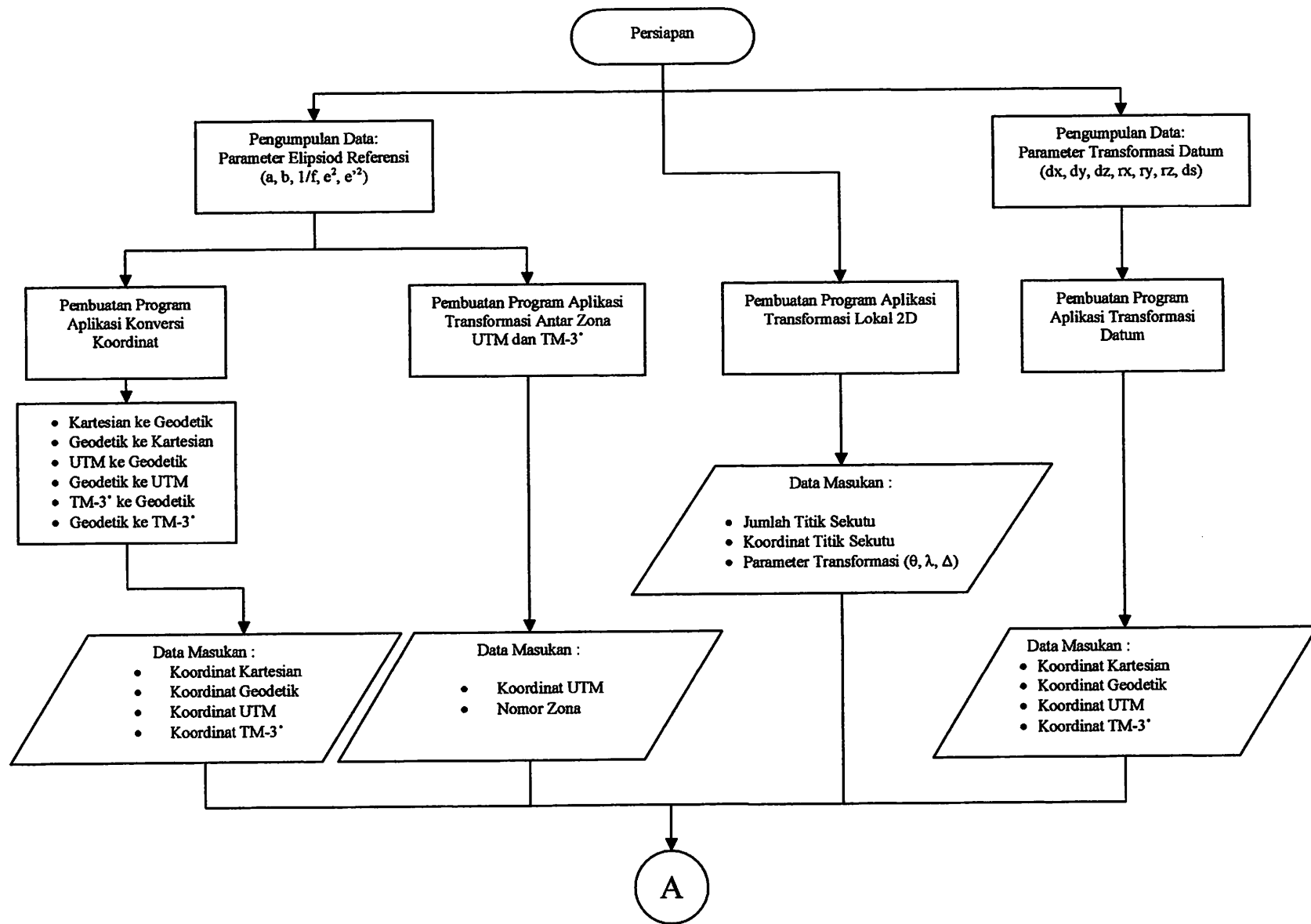
Peralatan yang digunakan dalam penelitian meliputi:

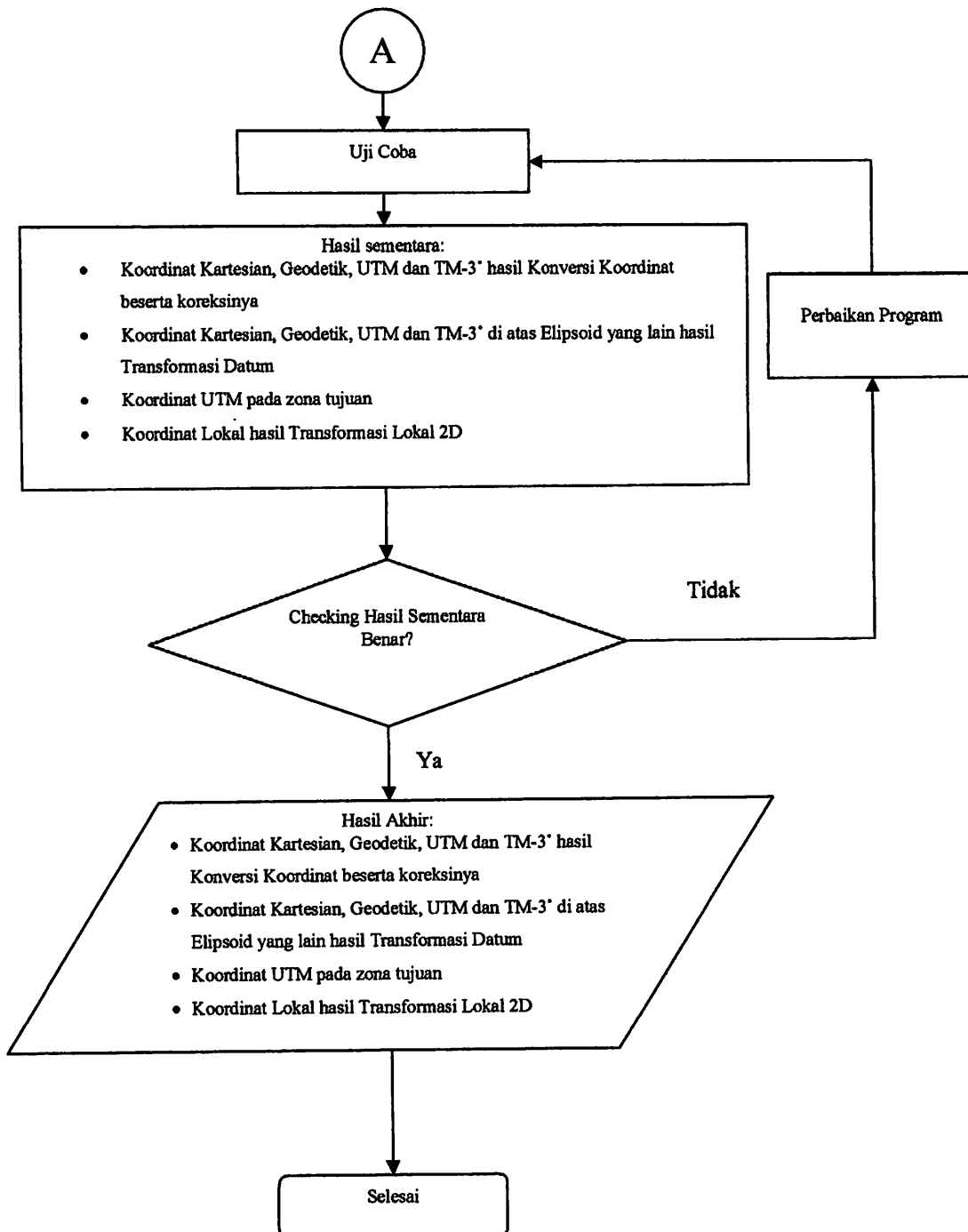
1. Perangkat keras (Hardware), terdiri dari:
 - a. Seperangkat Komputer (CPU, Monitor, Keyboard, Mouse)
 - b. Printer EPSON
2. Perangkat lunak (Software) yang digunakan adalah:
 - a. Microsoft Word
 - b. Microsoft Excel
 - c. Microsoft Visual C++ v8.0

III.2. Pokok Bahasan Penelitian

Penelitian ini terdiri dari beberapa pokok bahasan, yaitu:

1. Penghitungan Konversi koordinat dari koordinat Geodetik ke koordinat UTM dan sebaliknya,
2. Konversi koordinat Geodetik ke koordinat TM-3° dan sebaliknya,
3. Konversi koordinat Geodetik ke koordinat Kartesian dan sebaliknya,
4. Transformasi Zona UTM,
5. Transformasi koordinat antar datum dengan sistem 3D,
6. Transformasi Koordinat Lokal 2D menggunakan bahasa pemrograman Visual C++ 8.0
7. Pengujian Program Konversi Koordinat dan Transformasi Datum ini dilakukan dengan membandingkan hasil hitungan dengan hasil hitungan program lain yang sudah ada dan hasil perhitungan dengan menggunakan Microsoft Excel.





Penjelasan Diagram Alir Penelitian

1. Persiapan

Dalam tahap persiapan yang dilakukan adalah mempersiapkan materi teori dengan mengumpulkan dan membaca literatur yang berhubungan dengan topik penelitian.

2. Pengumpulan data

Tahap ini dilakukan untuk mengumpulkan data-data yang diperlukan dalam penelitian. Data yang diperlukan adalah data parameter-parameter dari Elipsoid Referensi yaitu a , b , $1/f$, e^2 , dan e'^2 untuk konversi koordinat serta parameter-parameter transformasi datum yaitu ds , rx , ry , rz , dx , dy , dan dz untuk perhitungan transformasi datum.

3. Pembuatan program aplikasi perhitungan Konversi Antar Sistem Koordinat, antara lain:

- Geodetik ke UTM
- Geodetik ke TM-3°
- Geodetik ke Kartesian
- Kartesian ke Geodetik
- UTM ke Geodetik
- TM-3° ke Geodetik

4. Pembuatan program aplikasi Transformasi Antar Zona UTM

5. Pembuatan program aplikasi Transformasi Koordinat Lokal 2D

6. Pembuatan program aplikasi perhitungan Transformasi Datum 3D Kartesian.

7. Data masukan untuk Konversi Koordinat

- Data koordinat titik dalam sistem koordinat Geodetik
- Data koordinat titik dalam sistem koordinat UTM
- Data koordinat titik dalam sistem koordinat TM-3°
- Data koordinat titik dalam sistem koordinat Kartesian

8. Data masukan untuk Transformasi Zona UTM dan TM-3° :

- Data koordinat titik dalam sistem koordinat UTM
- Nomor Zona UTM

9. Data Masukan untuk Transformasi koordinat Lokal 2D:

- Jumlah Titik Sekutu
- Koordinat Titik Sekutu pada dua sistem koordinat yang berbeda
- Parameter Transformasi, berupa rotasi, faktor skala, dan translasi (θ , λ , Δ)

10. Data masukan untuk Transformasi Datum

- Data koordinat titik dalam sistem koordinat Geodetik diatas datum horizontal tertentu
- Data koordinat titik dalam sistem koordinat UTM diatas datum horizontal tertentu
- Data koordinat titik dalam sistem koordinat TM-3° diatas datum horizontal tertentu
- Data koordinat titik dalam sistem koordinat Kartesian diatas datum horizontal tertentu

11. Uji coba dan perbaikan program

Untuk mengetahui apakah program hitung Konversi Koordinat, Transformasi Zona UTM, Transformasi Lokal 2D dan Transformasi Datum tersebut telah bekerja dengan baik, maka perlu dilakukan ujicoba dengan menggunakan :

- Contoh koordinat Geodetik, UTM, TM-3°, dan Kartesian untuk Konversi Koordinat,
- Contoh koordinat UTM untuk Transformasi Zona UTM,
- Contoh koordinat Lokal untuk Transformasi Lokal 2D,
- Contoh koordinat Geodetik, UTM, TM-3°, dan Kartesian di atas elipsoid tertentu untuk Transformasi Datum yang diambil secara acak.

12. Hasil hitungan program dibandingkan dengan hasil hitungan menggunakan software MS Excel.

13. Uji kebenaran merupakan pengecekan uji coba hasil hitungan dengan menggunakan program hitung konversi koordinat dan transformasi datum.

Apabila hasil hitungan dengan menggunakan program telah sesuai dengan hasil perhitungan dengan menggunakan software MS Excel, maka program tersebut telah benar. Tetapi bila terdapat selisih hasil hitungan yang besar antara

menggunakan program hitung Konversi Koordinat dan Transformasi Datum dengan hasil perhitungan software MS Excel, maka perlu dilakukan perbaikan pada program hitung Konversi koordinat dan Transformasi Datum.

14. Hasil dari program perhitungan Konversi Koordinat

- Koordinat titik dalam sistem koordinat Geodetik
- Koordinat titik dalam sistem koordinat UTM
- Koordinat titik dalam sistem koordinat TM-3°
- Koordinat titik dalam sistem koordinat Kartesian

15. Hasil dari program perhitungan Transformasi Zona UTM dan TM-3° :

- Koordinat titik dalam sistem koordinat UTM atau TM-3° dalam zona tujuan

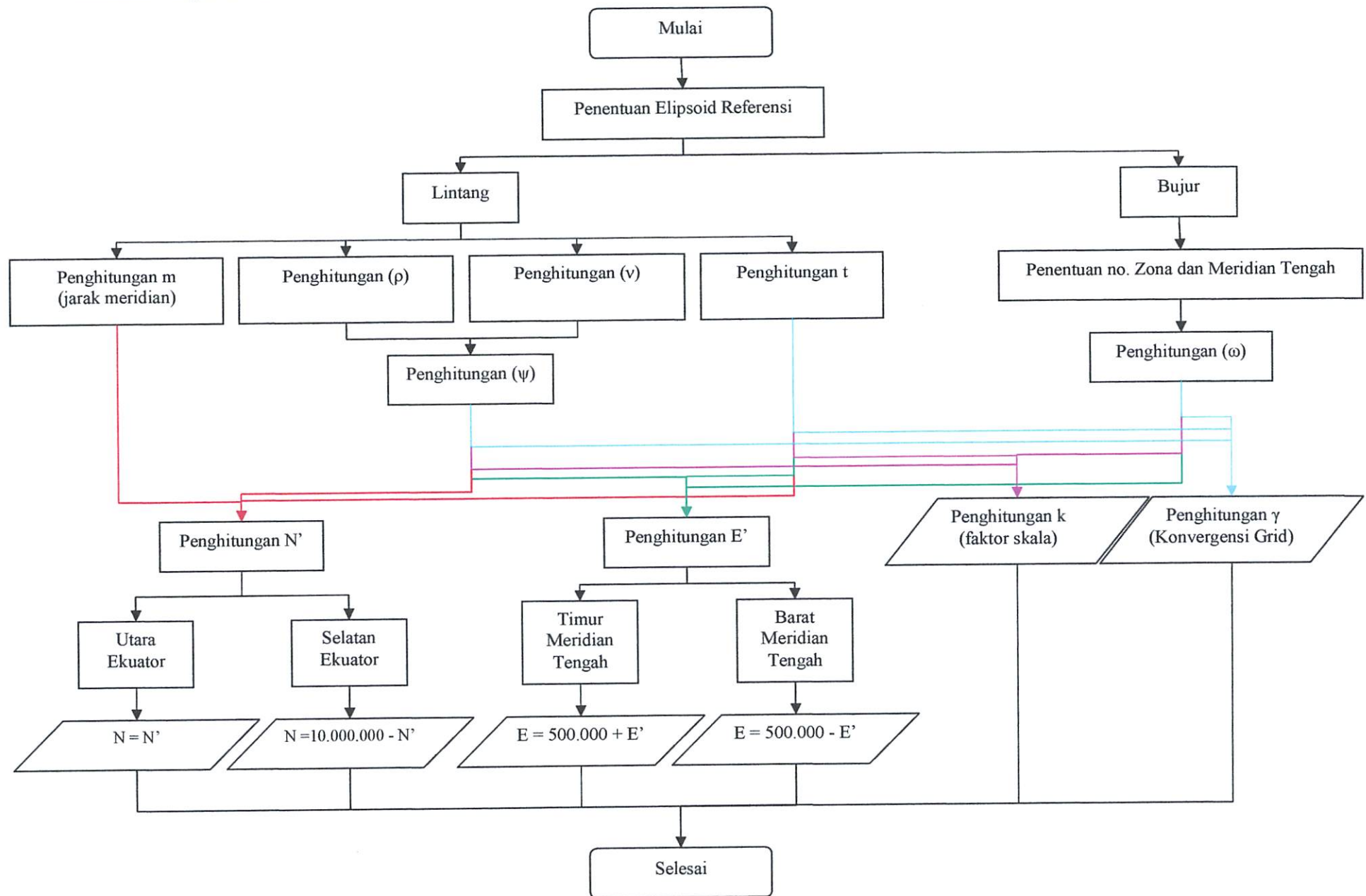
16. Hasil dari program perhitungan Transformasi Lokal 2D:

- Parameter Transformasi antara Sistem koordinat UTM/TM-3° terhadap Sistem Koordinat Lokal.
- Koordinat titik dalam sistem koordinat lokal

17. Hasil dari program perhitungan Transformasi Datum

- Koordinat Geodetik di atas elipsoid yang lain
- Koordinat proyeksi UTM di atas elipsoid yang lain
- Koordinat proyeksi TM-3° di atas elipsoid yang lain
- Koordinat Kartesian di atas elipsoid yang lain.

III.2.2.1. Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat UTM



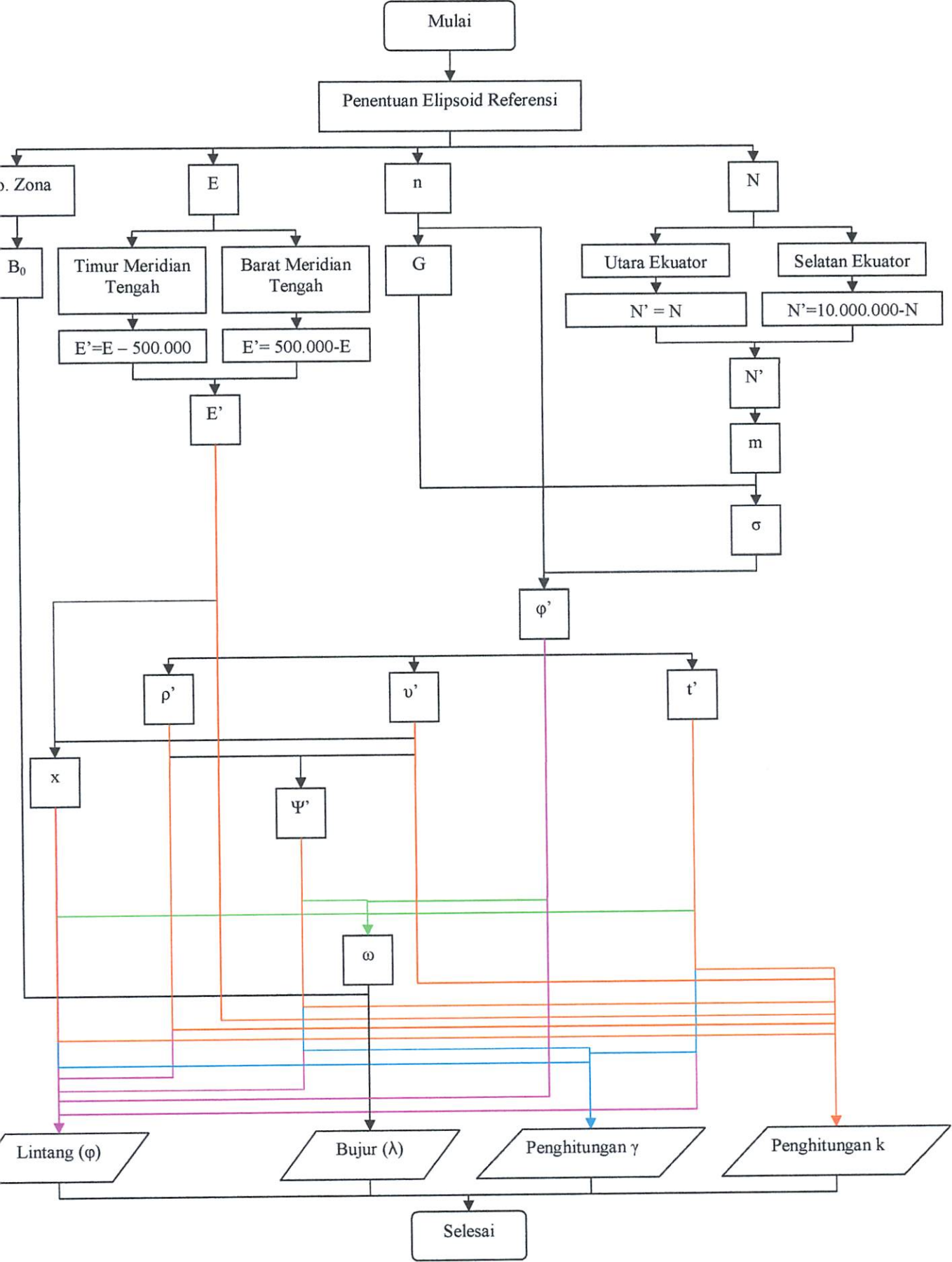
Keterangan Flowchart:

-  Proses untuk mencari N'
-  Proses untuk mencari E'
-  Proses untuk menghitung faktor skala
-  Proses untuk menghitung konvergensi grid

Penjelasan Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat UTM

1. *Penentuan Elipsoid Referensi* adalah untuk menentukan elipsoid referensi yang akan digunakan.
2. Dari nilai lintang dapat dihitung nilai jarak meridian (m) menggunakan rumus (6)
3. Nilai ρ dihitung dengan menggunakan rumus (11)
4. Nilai v dihitung menggunakan rumus (12)
5. t adalah nilai dari $\tan(\varphi)$
6. Nilai ψ diturunkan dari nilai ρ dan v dengan rumus (13)
7. Dari nilai bujur dapat ditentukan nomor zona serta nilai bujur Meridian Tengah (B_0).
8. *Penghitungan ω*
Nilai ω diperoleh dari selisih bujur terhadap Meridian Tengah (B_0), dinyatakan dalam satuan radian. ω dihitung dengan menggunakan rumus (15).
9. Dari nilai m , t , dan ψ dapat dihitung N' dengan rumus (17)
10. Nilai E' dihitung dari ψ , ω dan t menggunakan rumus (16)
11. Dari nilai ψ , ω dan t dapat dihitung nilai konvergensi meridian (γ) dengan rumus (78).
12. Faktor skala (k) dihitung dari ψ , ω dan t dengan menggunakan rumus (81)
13. Apabila posisi titik berada di *Utara Ekuator*, maka nilai $N = N'$
14. Apabila posisi titik berada di *Selatan Ekuator*, rumusnya adalah $N = 10.000.000\text{m} - N'$
15. Apabila koordinat bujur titik terletak di sebelah *Timur Meridian Tengah*, maka
$$E = 500.000\text{m} + E'$$
16. Apabila koordinat bujur titik terletak di sebelah *Barat Meridian Tengah*, maka
$$E = 500.000\text{m} - E'$$

III.2.2.2. Diagram Alir Konversi Koordinat UTM ke Koordinat Geodetis

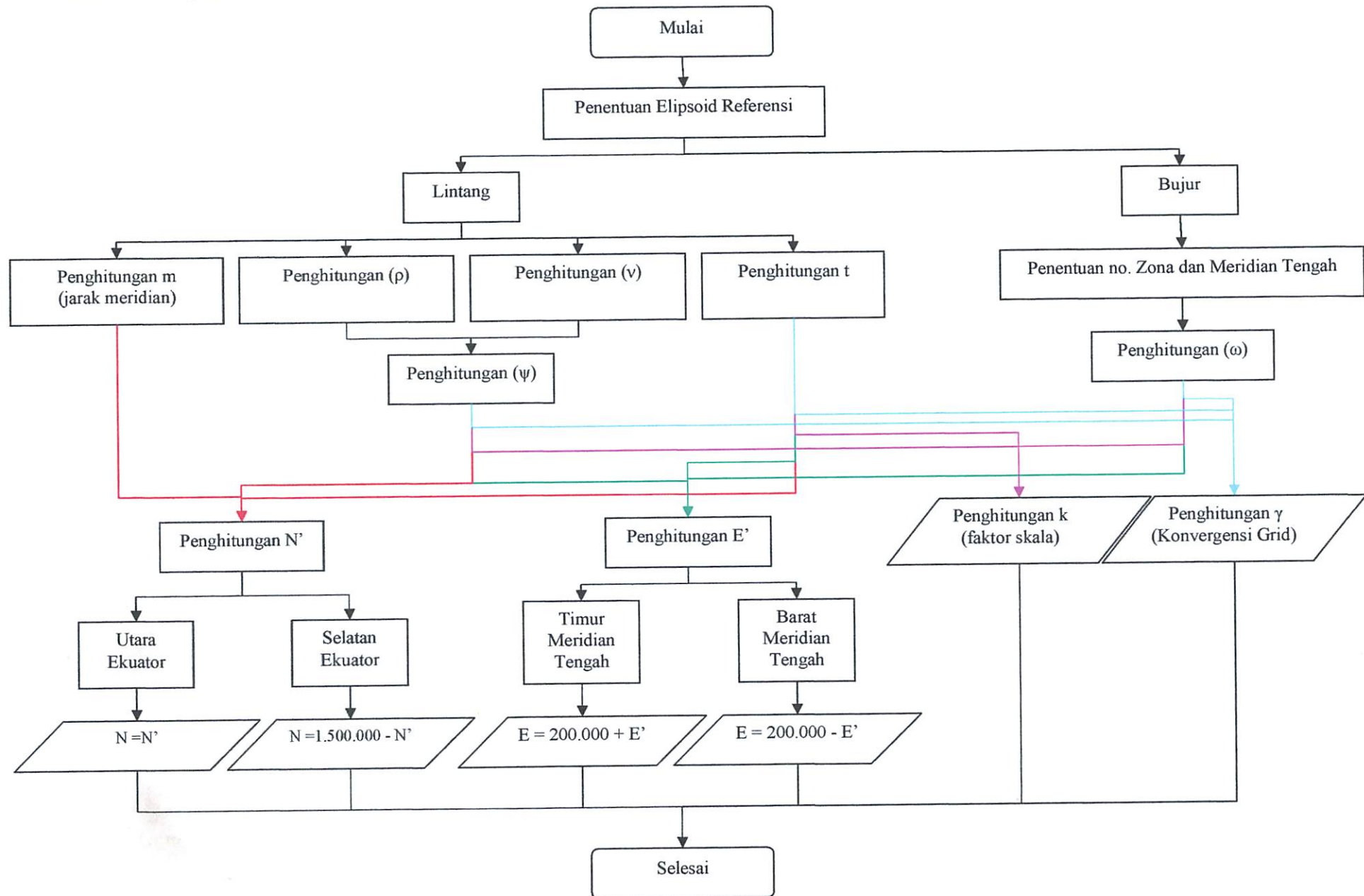


Keterangan Flowchart:

	Proses untuk menghitung nilai k (faktor skala)
	Proses untuk menghitung nilai ω
	Proses untuk mencari nilai Lintang
	Proses untuk mencari nilai γ

Penjelasan Diagram Alir Konversi Koordinat UTM ke Koordinat Geodetis

1. Penentuan Elipsoid Referensi digunakan untuk menentukan parameter elipsoid referensi yang akan dipakai dalam proses konversi.
2. Nomor zona digunakan untuk menentukan nilai bujur Meridian Tengah.
3. Bila nilai E di sebelah Timur Meridian Tengah maka $E' = E - 500.000$.
4. Bila nilai E di sebelah Barat Meridian Tengah maka $E' = 500.000 - E$.
5. Nilai n diperoleh dari parameter ellipsoid (a dan b), dihitung dengan rumus (8)
6. Nilai G diturunkan dari n, dengan rumus (9)
7. Apabila N terletak di sebelah Utara Ekuator, maka $N' = N$
8. Apabila N berada di Selatan ekuator, maka $N'' = 10.000.000 - N$.
9. Jarak meridian m dihitung berdasarkan nilai N' menggunakan rumus (18).
10. σ dihitung dari m dan G, dengan rumus (10)
11. Lintang titik kaki (ϕ') dihitung dengan rumus (7).
12. Dari lintang titik kaki dapat dihitung nilai ρ' , v' dan t' . Masing-masing menggunakan rumus (11), (12) dan (14)
13. Nilai x dihitung berdasarkan E' dan v' dengan rumus (82)
14. Nilai ψ' dicari dari ρ' dan v' dengan rumus (13)
15. Nilai ω diperoleh dari x, ψ' , ϕ' dan t' menggunakan rumus (20)
16. Nilai Bujur (λ) diperoleh dari B_0 dan ω dengan rumus (21)
17. Untuk memperoleh nilai Lintang (ϕ) dibutuhkan x, ρ' , ψ' , ϕ' dan t' dengan menggunakan rumus (19)
18. Konvergensi Meridian (γ) dihitung dari x, ψ' dan t' dengan rumus (66)
19. Nilai faktor skala (k) dihitung dari koefisien x, ρ' , E' , ψ' , v' dan t' dengan rumus (83)



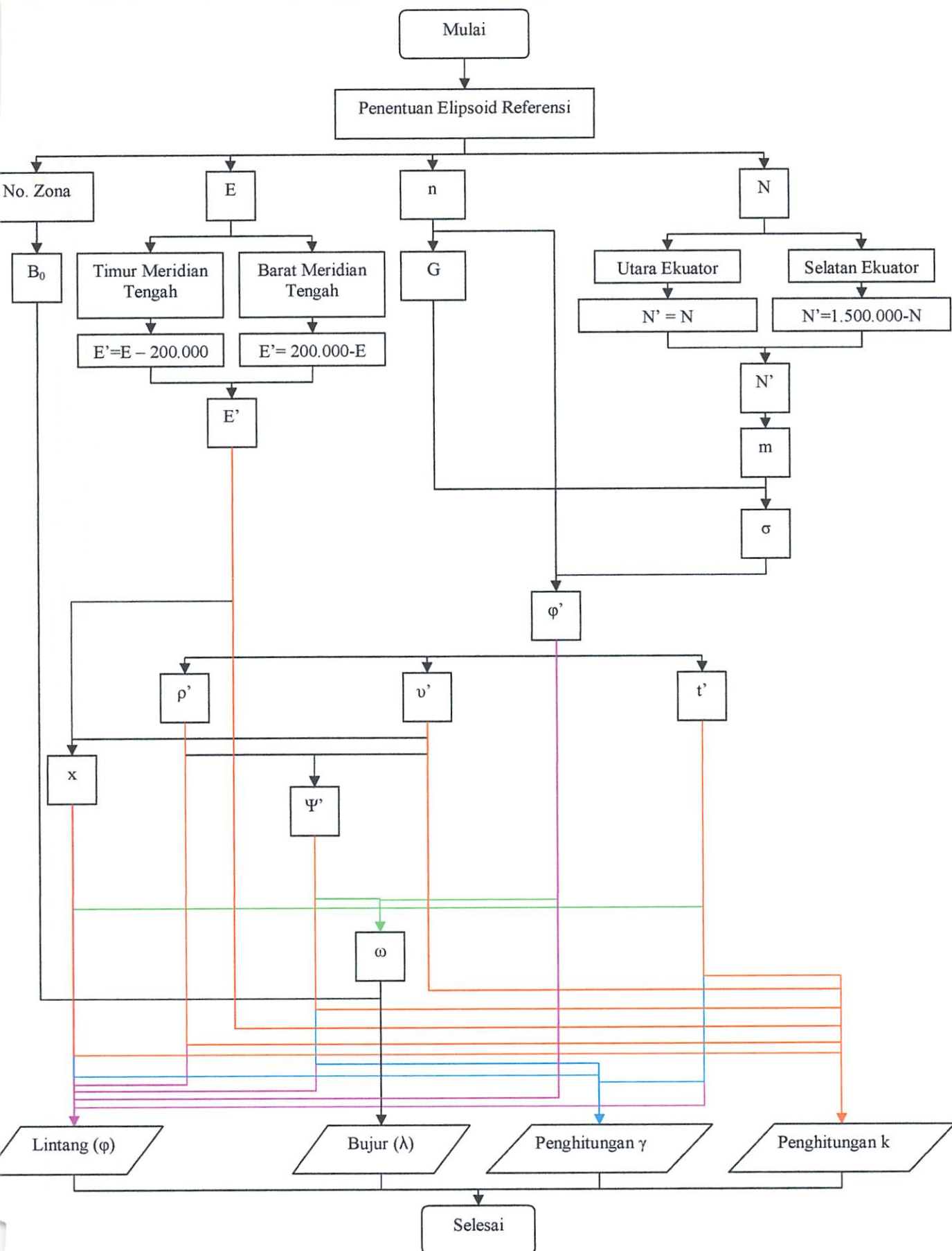
Keterangan Flowchart:

	Proses penghitungan N'
	Proses penghitungan E'
	Proses penghitungan faktor skala
	Proses penghitungan konvergensi grid

Penjelasan Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Proyeksi TM-3°

1. *Penentuan Elipsoid Referensi* adalah untuk menentukan elipsoid referensi yang akan digunakan.
2. Dari nilai lintang dapat dihitung nilai jarak meridian (m) menggunakan rumus (6)
3. Nilai ρ dihitung dengan menggunakan rumus (11)
4. Nilai v dihitung menggunakan rumus (12)
5. t adalah nilai dari $\tan(\varphi)$
6. Nilai ψ diturunkan dari nilai ρ dan v dengan rumus (13)
7. Dari nilai bujur dapat ditentukan nomor zona serta nilai bujur Meridian Tengah (B_0).
8. *Penghitungan ω*
9. Nilai ω diperoleh dari selisih bujur terhadap Meridian Tengah (B_0), dinyatakan dalam satuan radian. ω dihitung dengan menggunakan rumus (15).
10. Dari nilai m , t , dan ψ dapat dihitung N' dengan rumus (17)
11. Nilai E' dihitung dari ψ , ω dan t menggunakan rumus (16)
12. Dari nilai ψ , ω dan t dapat dihitung nilai konvergensi meridian (γ) dengan rumus (78).
13. Faktor skala (k) dihitung dari ψ , ω dan t dengan menggunakan rumus (81)
14. Apabila posisi titik berada di *Utara Ekuator*, maka nilai $N = N'$
15. Apabila posisi titik berada di *Selatan Ekuator*, rumusnya adalah $N = 1.500.000\text{m} - N'$
16. Apabila koordinat bujur titik terletak di sebelah *Timur Meridian Tengah*, maka
$$E = 200.000\text{m} + E'$$
17. Apabila koordinat bujur titik terletak di sebelah *Barat Meridian Tengah*, maka
$$E = 200.000\text{m} - E'$$

2.2.4. Diagram Alir Konversi Koordinat TM-3° ke Koordinat Geodetis



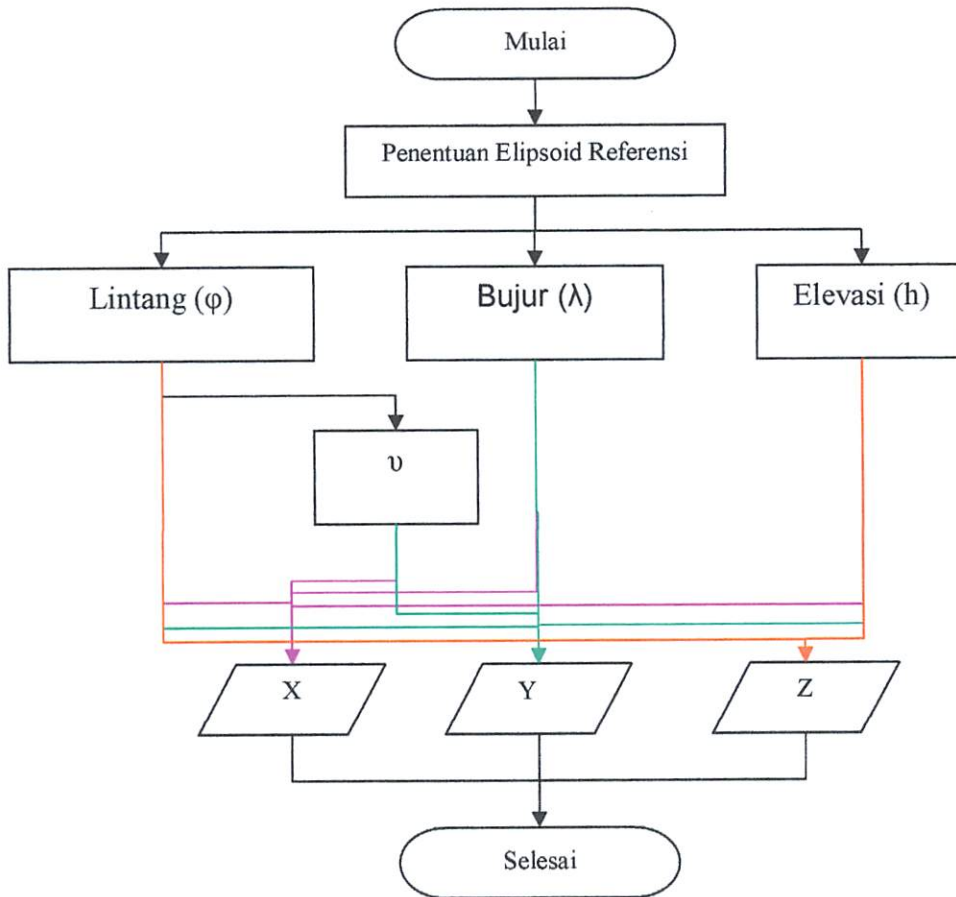
Keterangan Flowchart:

-  Proses penghitungan faktor skala
-  Proses mencari nilai ω
-  Proses menghitung nilai Lintang
-  Proses mencari nilai konvergensi grid

Penjelasan Diagram Alir Konversi Koordinat TM-3° ke Koordinat Geodetis

1. Penentuan Elipsoid Referensi digunakan untuk menentukan parameter elipsoid referensi yang akan dipakai dalam proses konversi.
2. Nomor zona digunakan untuk menentukan nilai bujur Meridian Tengah.
3. Bila nilai E di sebelah Timur Meridian Tengah maka $E' = E - 200.000$.
4. Bila nilai E di sebelah Barat Meridian Tengah maka $E' = 200.000 - E$.
5. Nilai n diperoleh dari parameter ellipsoid (a dan b), dihitung dengan rumus (8)
6. Nilai G diturunkan dari n , dengan rumus (9)
7. Apabila N terletak di sebelah Utara Ekuator, maka $N' = N$
8. Apabila N berada di Selatan ekuator, maka $N'' = 1.500.000 - N$.
9. Jarak meridian m dihitung berdasarkan nilai N' menggunakan rumus (18).
10. σ dihitung dari m dan G , dengan rumus (10)
11. Lintang titik kaki (ϕ') dihitung dengan rumus (7).
12. Dari lintang titik kaki dapat dihitung nilai ρ' , v' dan t' . Masing-masing menggunakan rumus (11), (12) dan (14)
13. Nilai x dihitung berdasarkan E' dan v' dengan rumus (82)
14. Nilai ψ' dicari dari ρ' dan v' dengan rumus (13)
15. Nilai ω diperoleh dari x , ψ' , ϕ' dan t' menggunakan rumus (20)
16. Nilai Bujur (λ) diperoleh dari B_0 dan ω dengan rumus (21)
17. Untuk memperoleh nilai Lintang (ϕ) dibutuhkan x , ρ' , ψ' , ϕ' dan t' dengan menggunakan rumus (19)
18. Konvergensi Meridian (γ) dihitung dari x , ψ' dan t' dengan rumus (80)
19. Nilai faktor skala (k) dihitung dari koefisien x , ρ' , E' , ψ' , v' dan t' dengan rumus (80)

III.2.2.5. Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Kartesian



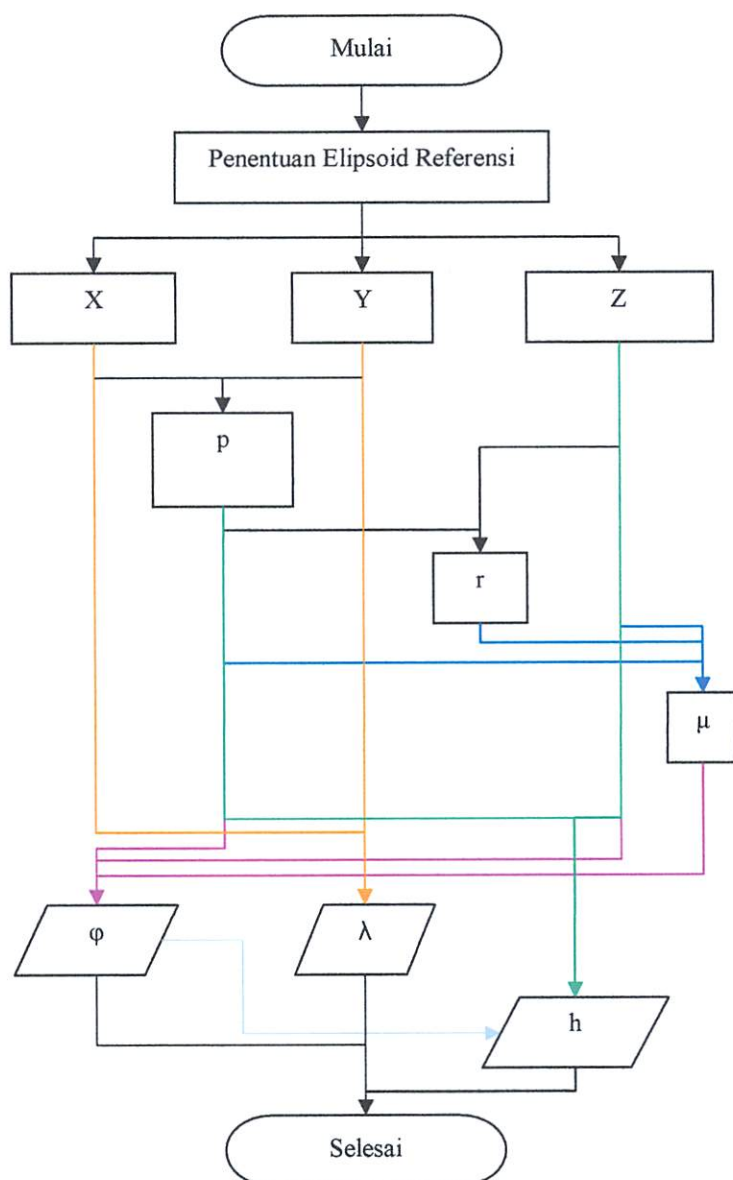
Keterangan Flowchart:

-  Proses untuk menghitung Z
-  Proses untuk menghitung Y
-  Proses untuk menghitung X

Penjelasan Diagram Alir Konversi Koordinat Geodetis ke Koordinat Kartesian

1. Penentuan Elipsoid Referensi digunakan untuk menentukan parameter elipsoid referensi yang akan dipakai dalam proses konversi.
2. Dari Lintang (ϕ) dapat diturunkan nilai untuk v (radius kurva) menggunakan rumus (25).
3. Nilai X dihitung dari koefisien ϕ , λ , v dan h dengan rumus (22)
4. Nilai Y dihitung dari koefisien ϕ , λ , v dan h dengan rumus (23)
5. Nilai Z dihitung berdasarkan nilai Lintang (ϕ) dan h . Rumus (24) digunakan untuk menghitung nilai Z .

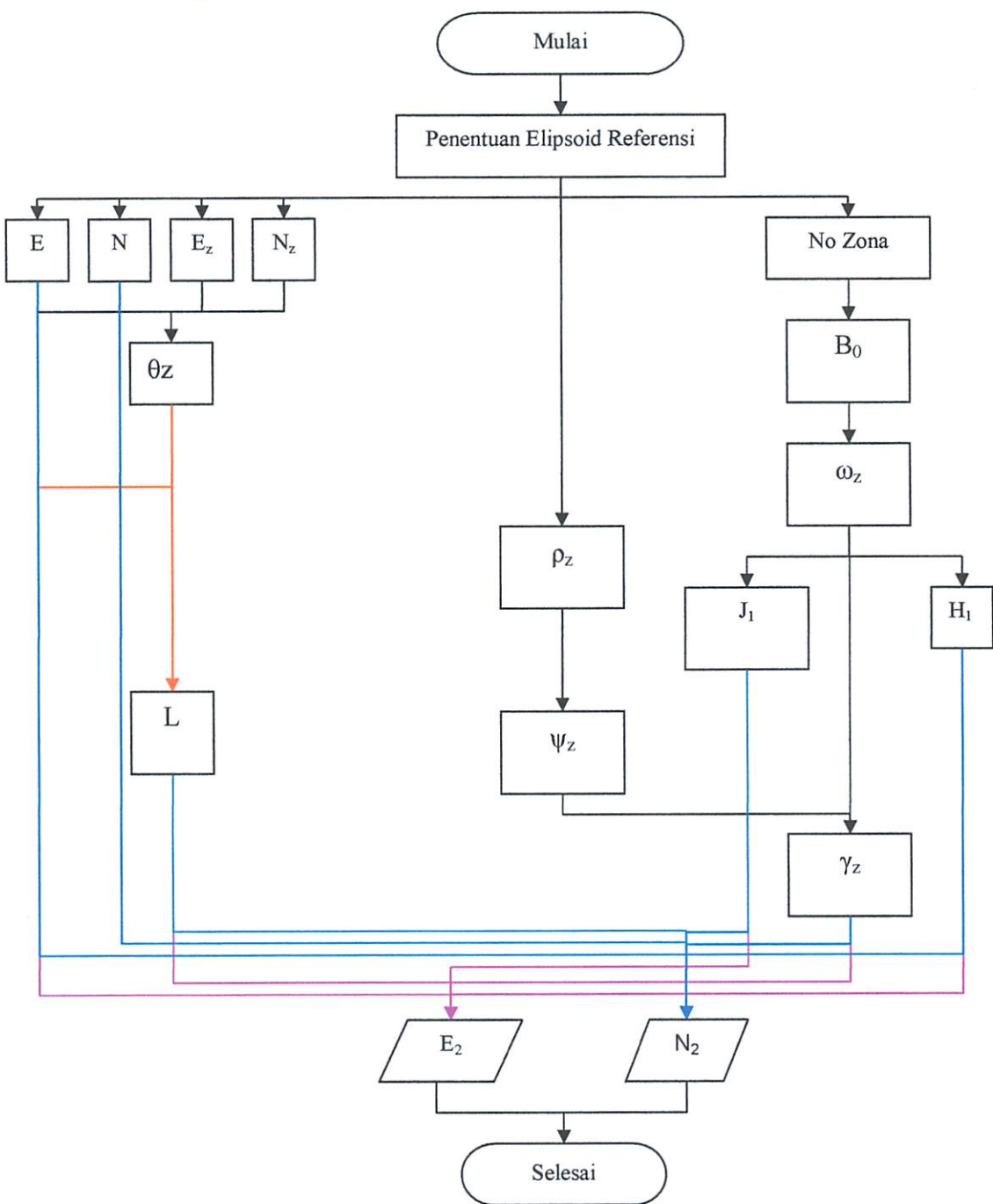
2.2.6. Diagram Alir Konversi Koordinat Kartesian ke Koordinat Geodetis



Penjelasan Diagram Alir Konversi Koordinat Kartesian ke Koordinat Geodetis

1. *Penentuan Elipsoid Referensi* digunakan untuk menentukan parameter elipsoid referensi yang akan dipakai dalam proses konversi.
2. Nilai p diperoleh dari X dan Y , dihitung dengan rumus (29).
3. Nilai r dihitung dengan rumus (31), berdasarkan nilai p dan Z
4. Untuk mendapatkan nilai μ , dibutuhkan p , r dan Z . dihitung dengan rumus (30)
5. Lintang (φ) dihitung dengan rumus (27)
6. Bujur (λ) dihitung menggunakan rumus (26)
7. h (elevasi) dihitung dengan rumus (28)

III.2.2.7. Diagram Alir Transformasi Antar Zona UTM & TM-3°



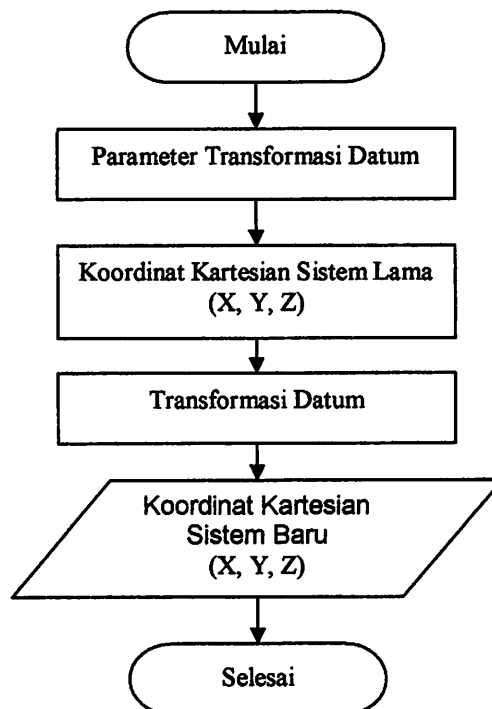
Keterangan Flowchart:

- Proses untuk menghitung E_2
- Proses untuk menghitung N_2

Penjelasan Diagram Alir Konversi Zona UTM & TM-3°

1. *Penentuan Elipsoid Referensi* digunakan untuk menentukan parameter elipsoid referensi yang akan dipakai dalam proses transformasi.
2. Azimuth titik Bantu ke titik yang akan di transformasi (θ_z) dihitung dengan rumus (65)
3. L dihitung dengan rumus (66), dengan menggunakan nilai koefisien E dan θ_z .
4. ρ_z dihitung dengan rumus (11)
5. Dari nilai ρ_z dapat dihitung nilai ψ_z dengan rumus (13)
6. Dari nomor zona dapat dihitung nilai Meridian Tengah (B_0)
7. Dari B_0 diturunkan nilai ω_z , dihitung dengan rumus (20)
8. J_1 dihitung dengan rumus (61)
9. H_1 dihitung dengan rumus (62)
10. γ_z dihitung dengan rumus (78)
11. E_2 dihitung dari E , γ_z , J_1 dan H_1 dengan menggunakan rumus (63)
12. N_2 dihitung dari E , N , L , H_1 , J_1 dan γ_z dengan rumus (64)

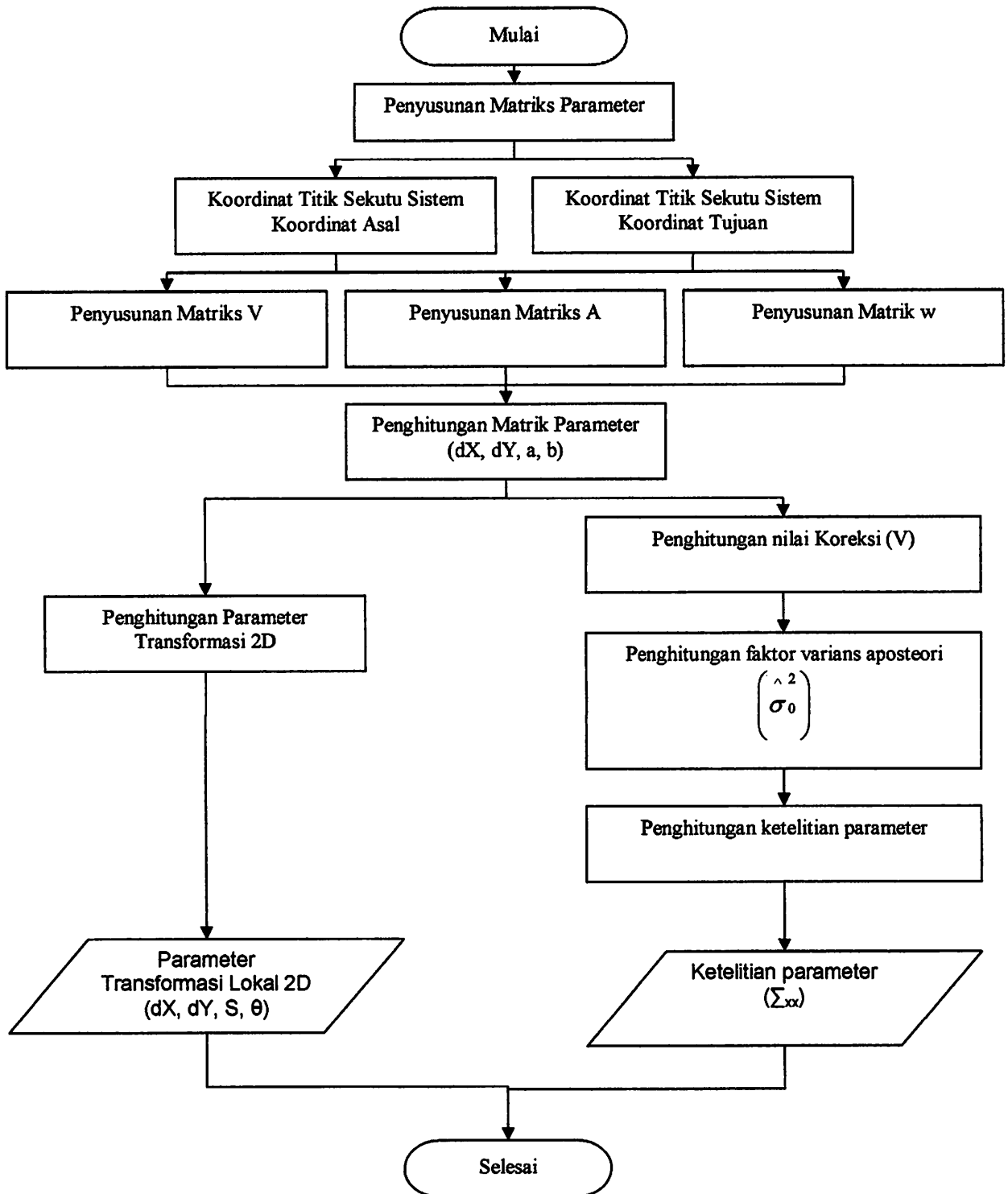
III.2.3. Diagram Alir Transformasi Datum



Penjelasan Diagram Alir Transformasi Datum

1. *Parameter Transformasi Datum* digunakan untuk menentukan parameter transformasi datum (dx , dy , dz , rx , ry , rz , ds) yang akan dipakai dalam proses transformasi.
2. Proses transformasi datum dari Koordinat Kartesian Sistem Awal ke Sistem Tujuan menggunakan rumus (67)

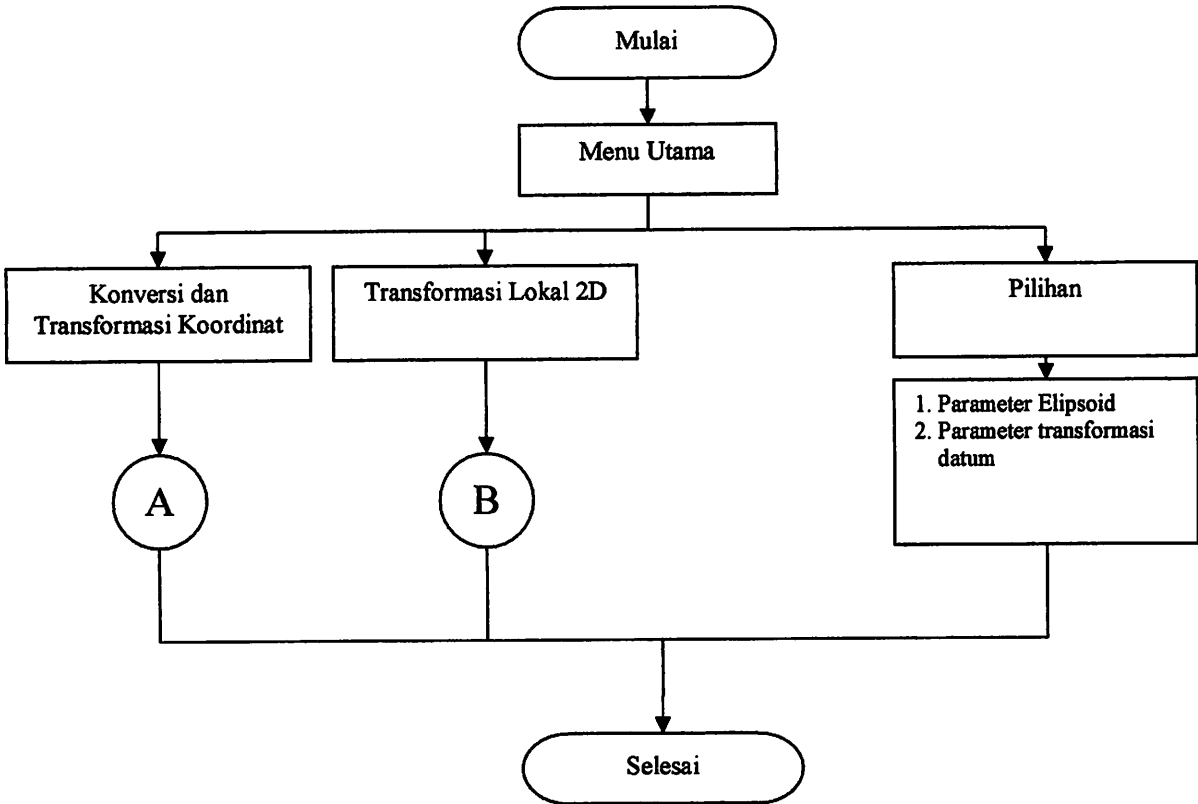
1.2.4. Diagram Alir Transformasi Koordinat Lokal 2D

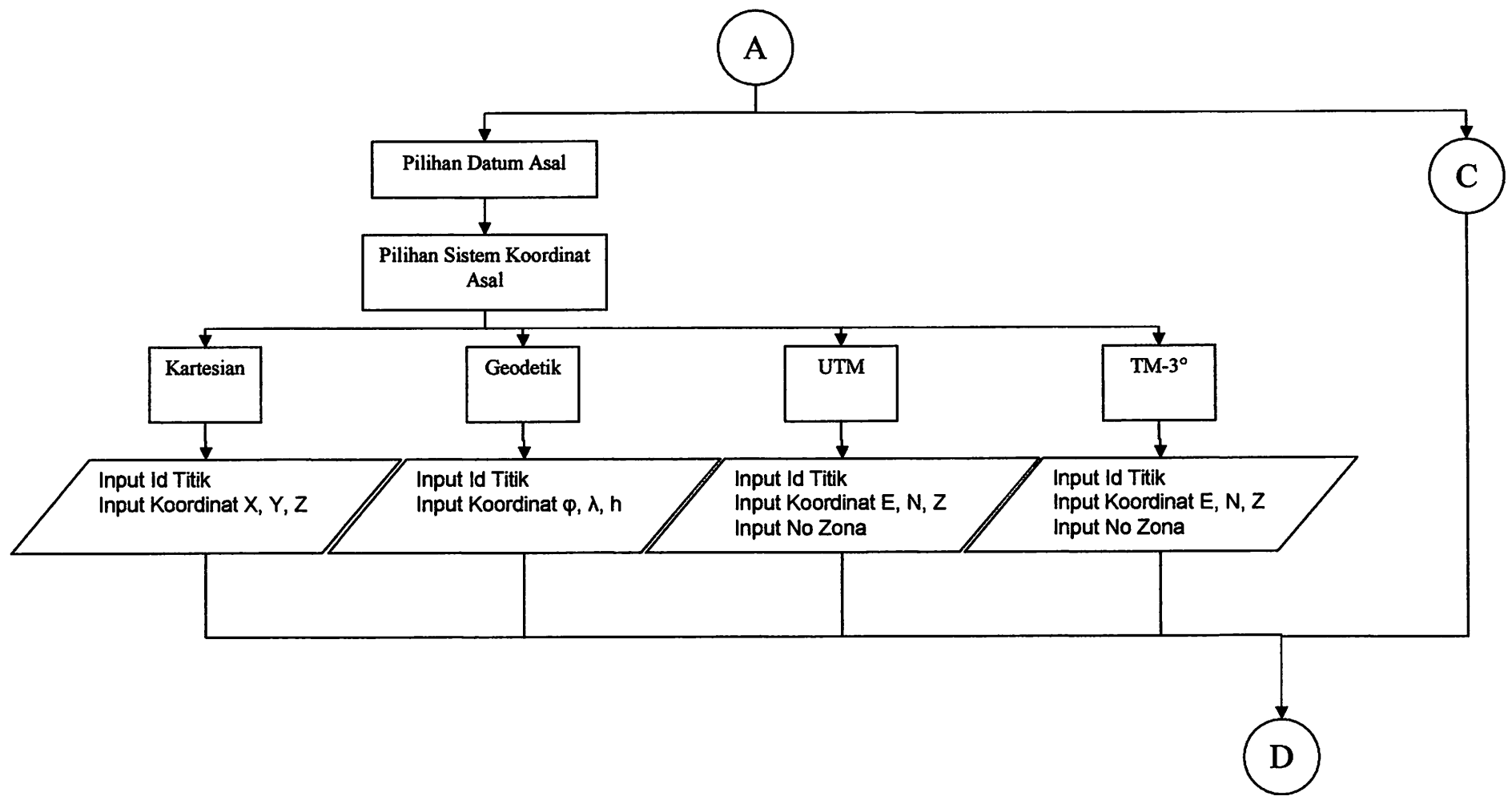


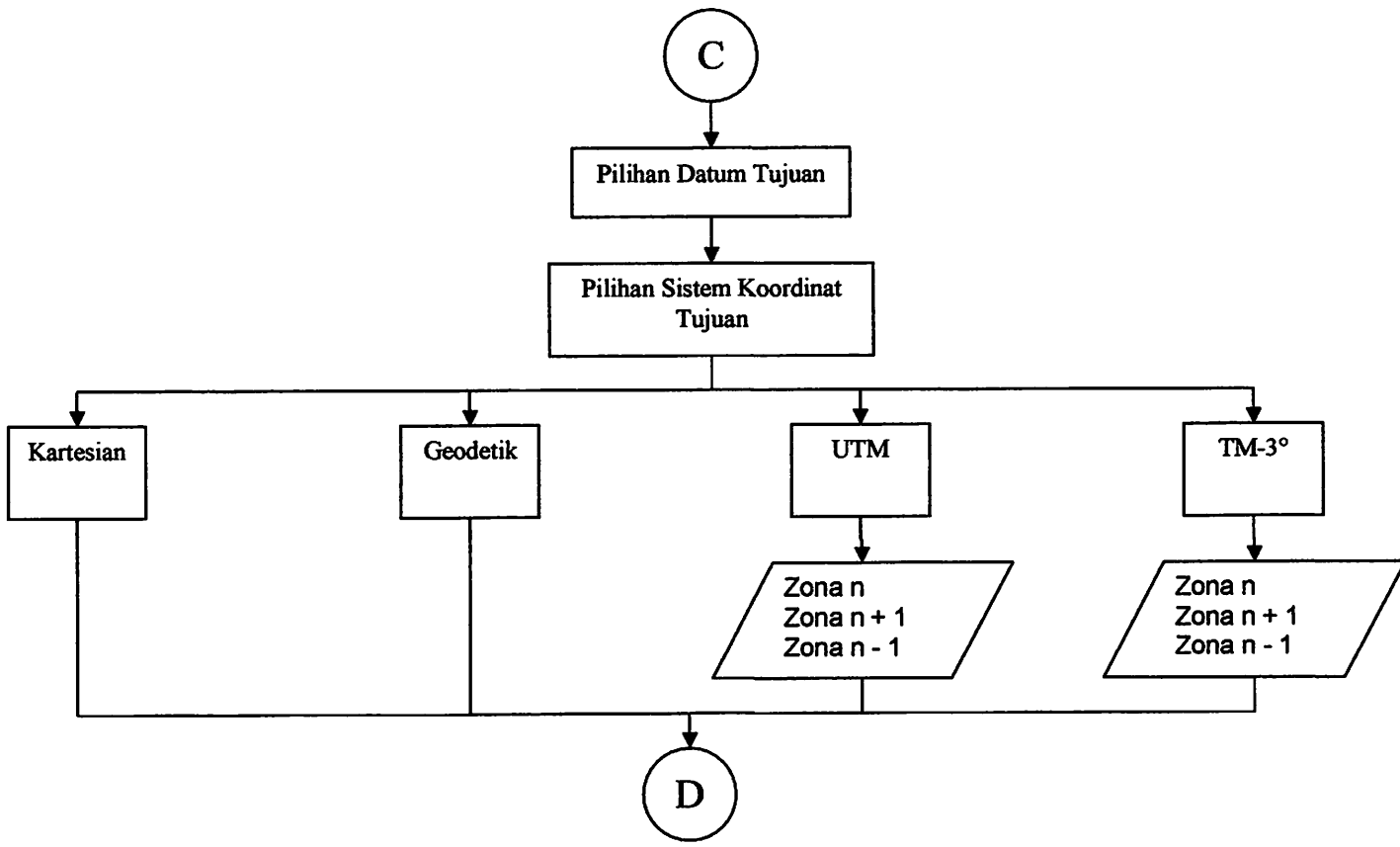
Penjelasan Diagram Alir Transformasi Lokal 2D

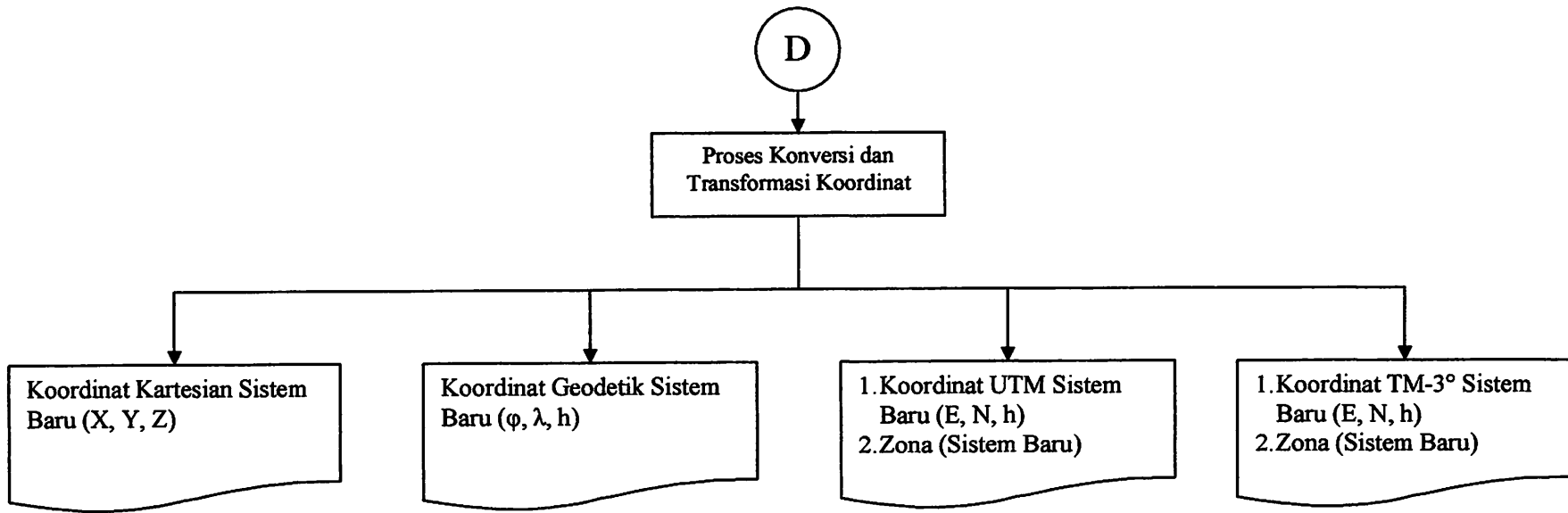
1. *Penyusunan Matrik Parameter* adalah untuk menyusun ukuran matrik berdasarkan jumlah titik sekutu yang diberikan.
2. *Penyusunan Matrik V , Matrik A dan Matrik w* adalah matrik-matrik yang disusun berdasarkan parameter-parameter titik sekutu yang dimasukkan
3. *Penghitungan matrik parameter* adalah proses yang dilakukan untuk mendapatkan hasil dari perhitungan matrik, menggunakan rumus (53)
4. *Penghitungan Parameter Transformasi* adalah proses untuk mendapatkan Parameter Transformasi untuk Transformasi Lokal 2D
5. Untuk Konform 2D, Parameter rotasi dan faktor skala dihitung dengan rumus (48) dan (49)
6. Untuk Affine 2D, rumus (54), (55), (56) dan (57) digunakan untuk menghitung parameter rotasi dan faktor skala
7. *Penghitungan nilai koreksi (V)* dilakukan dengan rumus (58)
8. *Penghitungan faktor varian aposteori* menggunakan rumus (59)
9. *Ketelitian parameter* dicari dengan menggunakan rumus (60)

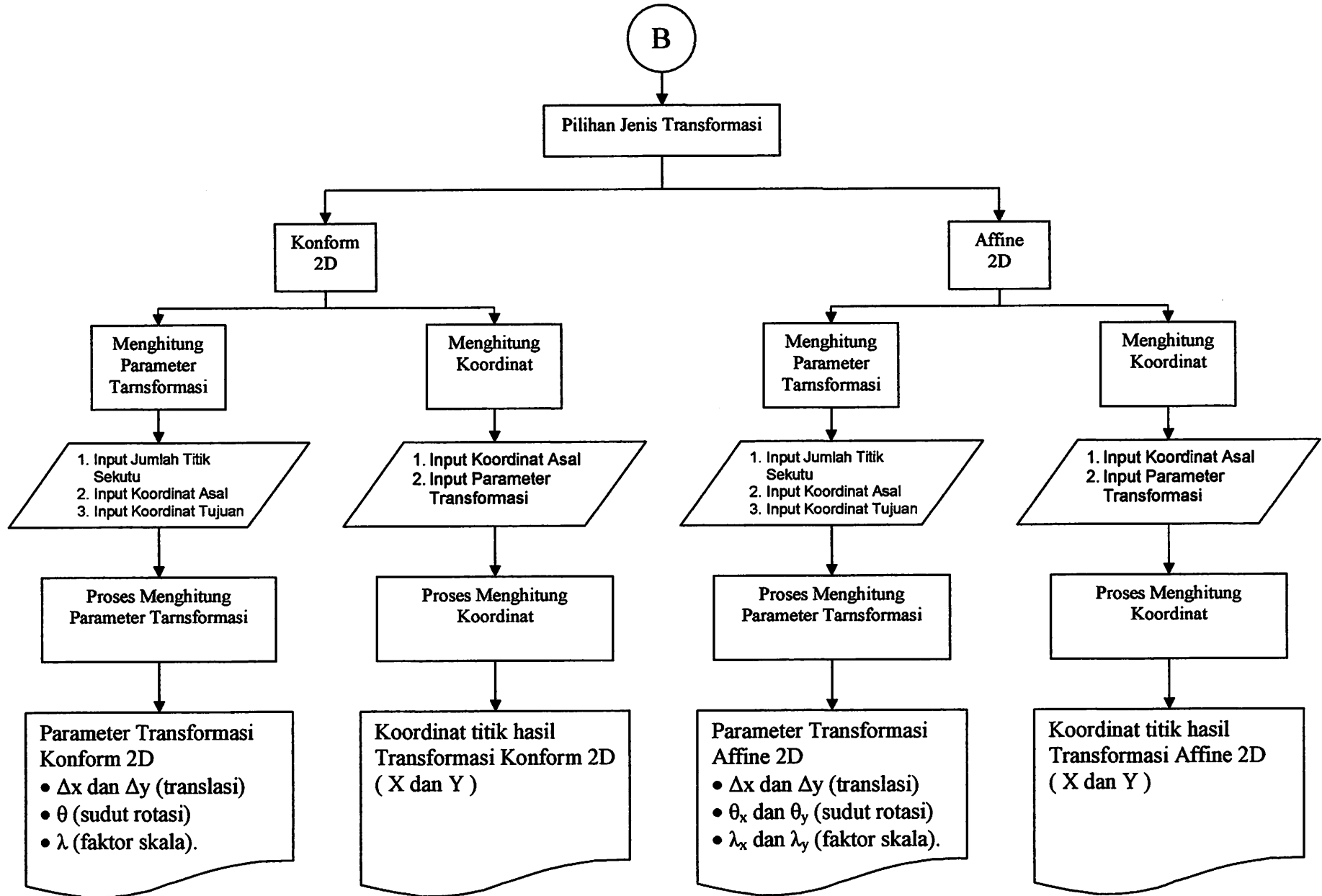
III.2.5. Diagram Alir Paket Program











Penjelasan Diagram Alir Paket Program

1. Menu Utama berisi tiga pilihan untuk dijalankan, yaitu pilihan **Transformasi Koordinat**, pilihan **Transformasi Lokal 2D**, dan menu **Pilihan**.
2. Pada menu Transformasi Koordinat, terdapat dua bagian yang berisi **Input** dan **Output**.
3. Pada bagian Input, disediakan menu Pilihan Datum Asal, menu Pilihan Sistem Koordinat Asal, dan formulir untuk memasukkan data koordinat yang akan ditransformasi ke sistem lain.
4. Pada bagian Output terdapat menu Pilihan Datum Tujuan dan pilihan Sistem Koordinat Tujuan. Sistem Koordinat Tujuan yang disediakan adalah Sistem Koordinat Kartesian, Sistem Koordinat Geodetik, Sistem Koordinat UTM dan Sistem koordinat TM-3°. Pada Sistem Koordinat UTM atau TM-3°, terdapat menu tambahan, yaitu n (zona asal), $n+1$ (zona tujuan disebelah kanan zona asal), dan $n-1$ (zona tujuan disebelah kiri zona asal)
5. Untuk pilihan **Transformasi Lokal 2D**, mempunyai dua metode transformasi yang bisa dipilih, yaitu Metode Konform dan Metode Affine.
6. Pada masing-masing metode, terdapat pilihan untuk mencari parameter transformasi dan mencari koordinat berdasarkan parameter yang sudah ada.
7. Pada bagian **Mencari Parameter Transformasi**, data yang dibutuhkan adalah jumlah titik sekutu (pada Konform minimal dua titik sekutu sedangkan Affine membutuhkan minimal tiga titik sekutu), serta kordinat-koordinat dari titik-titik sekutu (sistem koordinat asal dan sistem koordinat tujuan).
8. Setelah data dimasukkan, dengan tombol proses data masukan dihitung dan hasil yang diberikan adalah Parameter Transformasi berdasarkan data yang ada, berupa translasi, rotasi dan faktor skala. Untuk metode Konform hasilnya adalah Δx dan Δy (translasi), θ (sudut rotasi) dan λ (faktor skala). Sedangkan untuk metode Affine hasilnya adalah Δx dan Δy (translasi), θ_x dan θ_y (sudut rotasi) serta λ_x dan λ_y (faktor skala).
9. Bagian **Menghitung Koordinat** digunakan untuk menghitung koordinat dari Sistem Asal ke Sistem Tujuan dengan menggunakan parameter yang dimasukkan (translasi, rotasi dan faktor skala).

10. Pada Menu **Pilihan**, terdapat tiga submenu yaitu **Parameter Elipsoid**, **Parameter Transformasi Datum**, serta **Bantuan**.
11. Submenu **Parameter Elipsoid** digunakan untuk melihat informasi Elipsoid Referensi yang digunakan dalam program ini, dengan menu tambahan untuk memasukkan data baru, mengganti data yang sudah ada, dan menghapus data Elipsoid yang tidak dibutuhkan.
12. Submenu **Parameter Transformasi Datum** digunakan untuk melihat informasi Parameter Transformasi Datum yang digunakan dalam program ini, dengan menu tambahan untuk memasukkan data baru, mengganti data yang sudah ada, dan menghapus parameter yang tidak dibutuhkan.

BAB IV

HASIL DAN ANALISA

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebuah program perhitungan Konversi Koordinat Antar Sistem Koordinat, Transformasi Koordinat Antar Datum, Transformasi Koordinat Antar Zona UTM dan TM-3°, dan Transformasi Lokal 2D. Tujuan utama dari program ini adalah untuk mempermudah pengguna dalam melakukan perhitungan Konversi dan Transformasi Koordinat.

Menu Utama dari Program terdiri dari menu Utama yang berisi Menu Transformasi Koordinat, Menu Transformasi Lokal 2D dan Menu Pilihan.

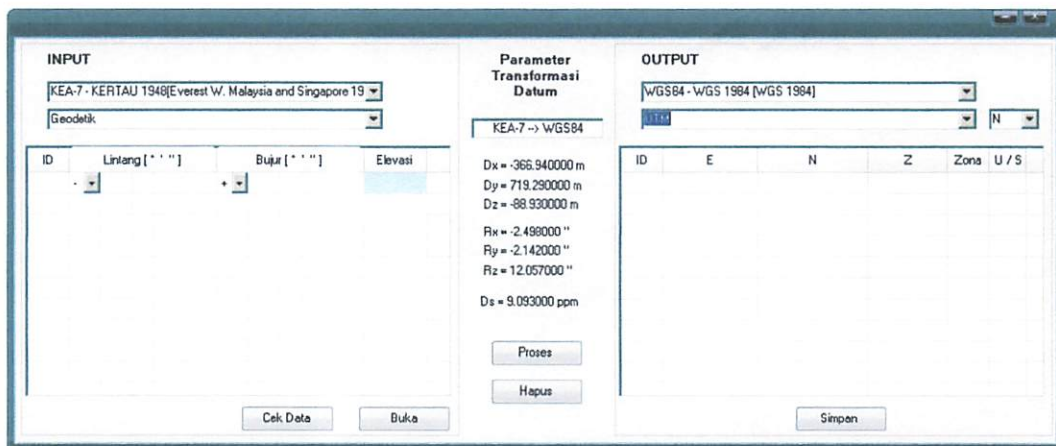
Bentuk tampilan dari Menu Utama dari program seperti pada Gambar-19



Gambar-19: Menu Utama Program

IV.1. Menu Konversi dan Transformasi Koordinat

Pada Menu Utama, untuk melakukan perhitungan Konversi dan Transformasi Koordinat, pilih menu **Transformasi Koordinat**.



INPUT

KEA-7 - KERTAU 1948 Everest W, Malaysia and Singapore 19
Geodetik

ID	Lintang [' ' ' ']	Bujur [' ' ' ']	Elevasi

Cek Data Buka

Parameter Transformasi Datum

KEA-7 -> WGS84

Dx = -366.940000 m
Dy = 719.290000 m
Dz = -88.930000 m
Rx = -2.498000 ''
Ry = -2.142000 ''
Rz = 12.057000 ''
Ds = 9.093000 ppm

Proses
Hapus

OUTPUT

WGS84 - WGS 1984 [WGS 1984]
1174 N

ID	E	N	Z	Zona	U / S

Simpan

Gambar-20: Menu Transformasi Koordinat

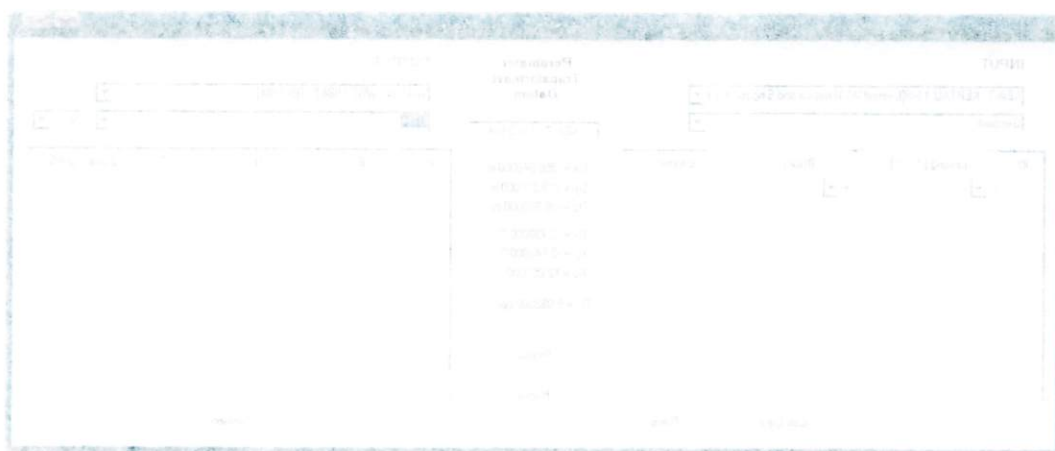
BAB IV HASIL DAN ANALISA

Hasil yang diperoleh dari penelitian ini adalah sebuah program perhitungan Konversi Koordinat Antar Sistem Koordinat, Transformasi Koordinat, dan Transformasi Lokal 3D. Tujuan utama dari program ini adalah untuk mempermudah pengguna dalam melakukan perhitungan Konversi dan Transformasi Koordinat. Menu Utama dari Program terdiri dari menu Utama yang berisi Menu Transformasi Koordinat, Menu Transformasi Lokal 3D dan Menu Exit. Berikut tampilan dari Menu Utama dari program seperti pada Gambar-19.



Gambar-19: Menu Utama Program

4.1.1 Menu Konversi dan Transformasi Koordinat
Pada Menu Utama untuk melakukan perhitungan Konversi dan Transformasi Koordinat, pilih menu Transformasi Koordinat.



Gambar-20: Menu Transformasi Koordinat

- Pada bagian kiri:

- [illegible]

64

[illegible][illegible]

5. Pada file yang disimpan, selain data berupa koordinat hasil transformasi, tersimpan pula informasi mengenai konvergensi grid dan faktor skala untuk koordinat Geodetik, UTM dan TM-3^o hasil transformasi.

Gambar-25: Menu Output Koordinat Kartesian

[illegible][illegible]

**Parameter
Transformasi
Datum**

PUK-7_1 --> WGS84

$D_x = 24.000000 \text{ m}$
 $D_y = -123.000000 \text{ m}$
 $D_z = -94.000000 \text{ m}$

$R_x = 0.020000 \text{ ''}$
 $R_y = -0.250000 \text{ ''}$
 $R_z = -0.130000 \text{ ''}$

$D_s = 1.100000 \text{ ppm}$

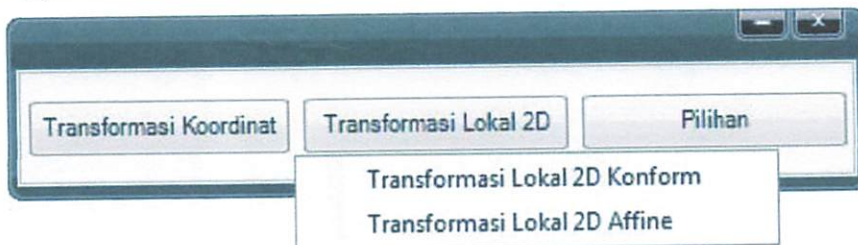
Proses

Hapus

Gambar-29: Tampilan Parameter Transformasi Datum

IV.2. Menu Transformasi Lokal 2D

Pada Menu Transformasi Lokal 2D dapat dipilih dua metode yang disediakan, yaitu Metode Konform dan Metode Affine



Gambar-30: Menu Transformasi Lokal 2D

IV.2.1. Metode Konform

Pada saat memilih Transformasi Lokal 2D Metode Konform, akan ditampilkan form untuk melakukan perhitungan yang diinginkan

Parameter Transformasi Datum

PRJ_1 - WGS84

$G_x = 24.000000$ m
 $G_y = -123.000000$ m
 $G_z = 84.000000$ m
 $R_x = 0.000000$ °
 $R_y = 0.000000$ °
 $R_z = 0.000000$ °
 $G_s = 1.000000$ ppm

Proses

Hasil

Gambar-28: Tampilan Parameter Transformasi Datum

17.2. Menu Transformasi Lokal 3D

Pada Menu Transformasi Lokal 3D dapat dipilih dua metode yang disediakan, yaitu Metode Konform dan Metode Affine



Gambar-29: Menu Transformasi Lokal 3D

17.2.1. Metode Konform

Pada saat memilih Transformasi Lokal 3D Metode Konform akan ditampilkan form untuk melakukan perhitungan yang diinginkan

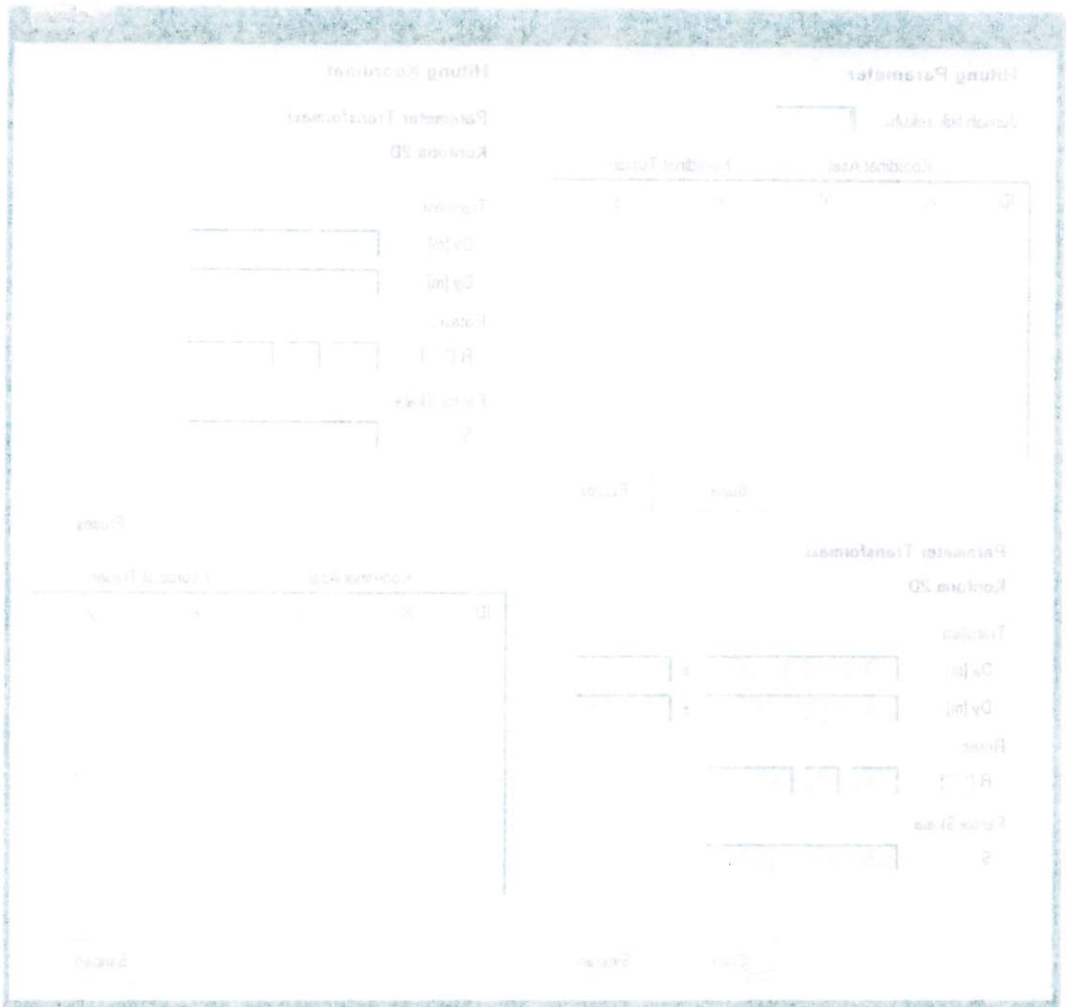
[illegible]

Gambar-31: Menu Transformasi Lokal Konform 2D

- Pada bagian kiri:

Digunakan untuk mencari parameter Transformasi Lokal. Submenu yang ditampilkan adalah:

 1. Jumlah Titik Sekutu, berfungsi untuk menentukan banyaknya titik sekutu yang akan dimasukkan dalam perhitungan. Nilai standar adalah dua (2), karena untuk metode Konform dibutuhkan minimal dua titik sekutu.
 2. Tabel untuk memasukkan koordinat titik-titik sekutu. Di sebelah kiri untuk koordinat asal dan di sebelah kanan untuk koordinat tujuan
 3. Tombol Proses untuk memproses data yang telah dimasukkan
 4. Hasil berupa Parameter Transformasi Konform ditampilkan pada bagian bawah, berupa Translasi (Δx dan Δy), Sudut Rotasi (R) dan faktor skala (S).



Gambar-31: Menu Transformasi Lokal Koordinat 3D

* Pada bagian kiri

Digunakan untuk mencari parameter transformasi lokal. Submenu yang

ditampilkan adalah:

1. Lembar Titik Sekutu berfungsi untuk menentukan pasangannya titik sekutu yang akan dimasukkan dalam perhitungan. Nilai standar adalah dua (2) karena untuk metode koordinat dibutuhkan minimal dua titik sekutu.
2. Tabel untuk memasukkan koordinat titik-titik sekutu. Di sebelah kiri untuk koordinat asli dan di sebelah kanan untuk koordinat tujuan.
3. Tombol proses untuk memproses data yang telah dimasukkan.
4. Hasil berupa Parameter Transformasi. Koordinat ditampilkan pada bagian bawah, berupa Translasi (ΔX dan ΔY), Sudut Rotasi (R) dan faktor skala (S).

5. Tombol Salin berfungsi untuk memindahkan / mengkopi Parameter hasil perhitungan ke bagian Parameter untuk mencari koordinat di bagian kanan form.

- Pada Bagian Kanan :

Berfungsi untuk menghitung koordinat dari koordinat asal dan parameter transformasi yang diketahui. Submenu yang ditampilkan:

1. Parameter Transformasi, berupa kolom untuk memasukkan parameter transformasi (Δx , Δy , Rotasi Sudut dan Faktor Skala). Parameter Transformasi dapat dimasukkan secara otomatis dengan tombol Salin jika sebelumnya harus dihitung terlebih dahulu.
2. Tabel untuk memasukkan koordinat titik-titik yang akan ditransformasi, terdiri dari Id titik, Koordinat Asal yang terletak di sebelah kiri, dan Koordinat Tujuan yang terletak disebelah kanan.
3. Hasil dari perhitungan akan muncul pada Tabel koordinat Tujuan, bila submenu Proses dipilih.
4. Submenu Simpan akan menyimpan data koordinat hasil transformasi.

IV.2.2. Metode Affine

Pada saat memilih Transformasi Lokal 2D Metode Affine, akan ditampilkan form untuk melakukan perhitungan yang diinginkan

Hitung Parameter

Jumlah titik sekutu

Koordinat Asal			Koordinat Tujuan	
ID	X	Y	x	y

Parameter Transformasi

Affine 2D

Translasi :

Dx [m]

Dy [m]

Rotasi :

Rx [°]

Ry [°]

Faktor Skala :

Sx

Sy

Hitung Koordinat

Parameter Transformasi

Affine 2D

Translasi :

Dx [m] ±

Dy [m] ±

Rotasi :

Rx [°]

Ry [°]

Faktor Skala :

Sx

Sy

Koordinat Asal			Koordinat Tujuan	
ID	X	Y	x	y

Gambar-32: Menu Transformasi Lokal Affine 2D

- Pada bagian kiri:

Digunakan untuk mencari parameter Transformasi Lokal. Submenu yang ditampilkan adalah:

1. Jumlah Titik Sekutu, berfungsi untuk menentukan banyaknya titik sekutu yang akan dimasukkan dalam perhitungan. Nilai standar adalah tiga (3), karena untuk metode Affine dibutuhkan minimal tiga titik sekutu.
2. Tabel untuk memasukkan koordinat titik-titik sekutu. Di sebelah kiri untuk koordinat asal dan di sebelah kanan untuk koordinat tujuan

3. Tombol Proses untuk memproses data yang telah dimasukkan
4. Hasil berupa Parameter Transformasi Affine ditampilkan pada bagian bawah, berupa Translasi (Δx dan Δy), Sudut Rotasi (R_x dan R_y) dan faktor skala (S_x dan S_y).
5. Tombol Salin berfungsi untuk memindahkan / mengkopi Parameter hasil perhitungan ke bagian Parameter untuk mencari koordinat di bagian kanan form.

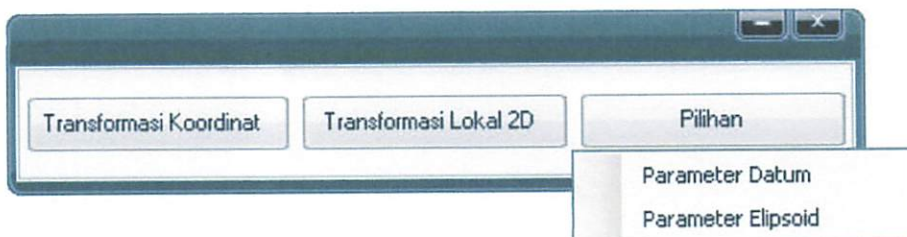
- Pada Bagian Kanan :

Berfungsi untuk menghitung koordinat dari koordinat asal dan parameter transformasi yang diketahui. Submenu yang ditampilkan:

1. Parameter Transformasi, berupa kolom untuk memasukkan parameter transformasi (Δx , Δy , R_x , R_y , S_x , S_y). Parameter Transformasi dapat dimasukkan secara otomatis dengan tombol Salin jika sebelumnya harus dihitung terlebih dahulu.
2. Tabel untuk memasukkan koordinat titik-titik yang akan ditransformasi, terdiri dari Id titik, Koordinat Asal yang terletak di sebelah kiri, dan Koordinat Tujuan yang terletak disebelah kanan.
3. Hasil dari perhitungan akan muncul pada Tabel koordinat Tujuan, bila submenu Proses dipilih.
4. Submenu Simpan akan menyimpan data-data hasil transformasi.

IV.3. Menu Pilihan

Pada Menu Pilihan terdapat dua Submenu yang tersedia yaitu Parameter Datum dan Parameter Elipsoid



Gambar-33: Menu Pilihan

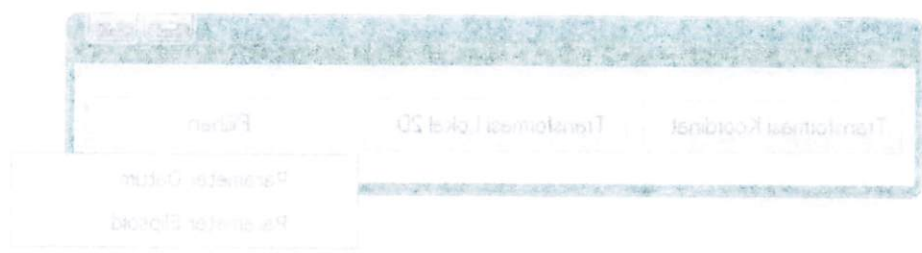
1. Tombol Proses untuk memproses data yang telah dimasukkan
2. Hasil berupa Parameter Transformasi Affine ditampilkan pada bagian bawah berupa konstanta (A , B , dan C), Sudut Rotasi (R_x dan R_y) dan faktor skala (S_x dan S_y)
3. Tombol Salin berfungsi untuk menyalin data yang tertera pada parameter hasil perhitungan ke bagian parameter untuk mencari koordinat di bagian kanan form

• Pada Bagian Kanan :

- Berfungsi untuk menghitung koordinat dari koordinat asal dan parameter transformasi yang diberikan. Submenu yang ditampilkan
1. Parameter Transformasi, berupa kolom untuk memasukkan parameter transformasi (A , B , C , R_x , S_x , R_y , S_y). Parameter Transformasi dapat dimasukkan secara otomatis dengan tombol Salin jika sebelumnya telah dihitung terlebih dahulu
 2. Tabel untuk memasukkan koordinat titik-titik yang akan ditransformasi terdiri dari 10 titik koordinat. Asal yang tertera di sebelah kiri dan Koordinat Tujuan yang tertera di sebelah kanan
 3. Hasil dari perhitungan akan muncul pada label koordinat Tujuan bila submenu Proses dipilih
 4. Submenu Salinan akan menampilkan data hasil transformasi

IV.3. Menu Pilihan

Pada Menu Pilihan terdapat dua submenu yang tersedia yaitu Parameter Datum dan Parameter Elipsoid



Gambar-33: Menu Pilihan

IV.3.1. Submenu Parameter Datum

Berfungsi untuk menampilkan Parameter Transformasi Datum. Pada bagian kiri ditampilkan daftar dari datum yang tersimpan pada database, dilengkapi dengan kode datum serta nama datum. Pada bagian tengah menunjukkan informasi datum secara lengkap, meliputi Kode Datum, Nama Datum, Parameter Translasi (D_x , D_y , D_z), Parameter Rotasi (R_x , R_y , R_z), serta Skala. Pada sebelah kanan terdapat informasi mengenai Elipsoid referensi yang digunakan oleh datum. Kolom Keterangan berisi tentang deskripsi singkat dari datum.

Submenu Baru berfungsi untuk memasukkan Parameter Transformasi Datum baru bila Parameter datum yang diinginkan belum ada dalam daftar.

Submenu Edit digunakan untuk mengubah parameter-parameter yang ada.

Submenu Hapus berfungsi untuk menghapus parameter datum yang dianggap tidak relevan atau tidak digunakan lagi.

Submenu Ok dan Batal berfungsi untuk mengkonfirmasi perubahan yang akan dimasukkan.

Submenu Pilih Elipsoid berfungsi untuk memilih Elipsoid Referensi yang akan disertakan dalam Parameter Datum

Parameter Datum [Ke WGS 1984]

Kode Datum	Nama Datum	Kode Datum	Nama Datum	Kode Elipsoid	Nama Elipsoid
HKD	HONG KONG 1963	IDN	INDONESIAN 1974	ID	Indonesian 1974
HKE	HONG KONG 1980	D_x [m]	-24.000000	a	6378160.000000
HTN	HU-TZU-SHAN	D_y [m]	-15.000000	b	6356774.504086
HUY-7	HUNGARIAN DATUM 1972	D_z [m]	5.000000	1/f	298.247000000000
IBE	BELLEVUE (IGN)	R_x ["]	0.000000		
IDN	INDONESIAN 1974	R_y ["]	0.000000		
IKB	IRAQ-KUWAIT BOUNDARY...	R_z ["]	0.000000		
IMAR	Nuku Hiva IGN 72	Skala [ppm]	0.000000		
IND-7	INDIAN				
IND-8	INDIAN				
IND-1	INDIAN				
IND-P	INDIAN				
INF-A	INDIAN 1954				
ING-A	INDIAN 1960				

Keterangan :
Indonesia

Pilih Elipsoid

Baru Ubah Hapus OK Batal

Gambar-34: Menu Parameter Datum

IV.3.1. Submenu Parameter Datum

Berfungsi untuk menampilkan Parameter Transformasi Datum pada bagian kiri ditampilkan daftar dan datum yang tertera pada daftar, dilengkapi dengan kode datum serta nama datum. Pada bagian kanan menampilkan informasi datum secara lengkap meliputi Kode Datum, Nama Datum, Parameter Transformasi (D , D_1 , D_2 , Parameter Rotasi (R , R_1 , R_2) serta skala. Pada sebelah kanan terdapat informasi mengenai Elipsoid referensi yang digunakan oleh datum. Kolom keterangan berisi tentang deskripsi singkat dari datum.

Submenu Baru berfungsi untuk menambahkan Parameter Transformasi Datum baru bila Parameter datum yang digunakan belum ada dalam daftar. Submenu Edit digunakan untuk mengubah parameter-parameter yang ada. Submenu Hapus berfungsi untuk menghapus parameter datum yang dianggap tidak relevan atau tidak digunakan lagi. Submenu Ok dan Batal berfungsi untuk mengkonfirmasi perubahan yang akan dimasukkan. Submenu Pilih Elipsoid berfungsi untuk memilih Elipsoid Referensi yang akan digunakan dalam Parameter Datum.

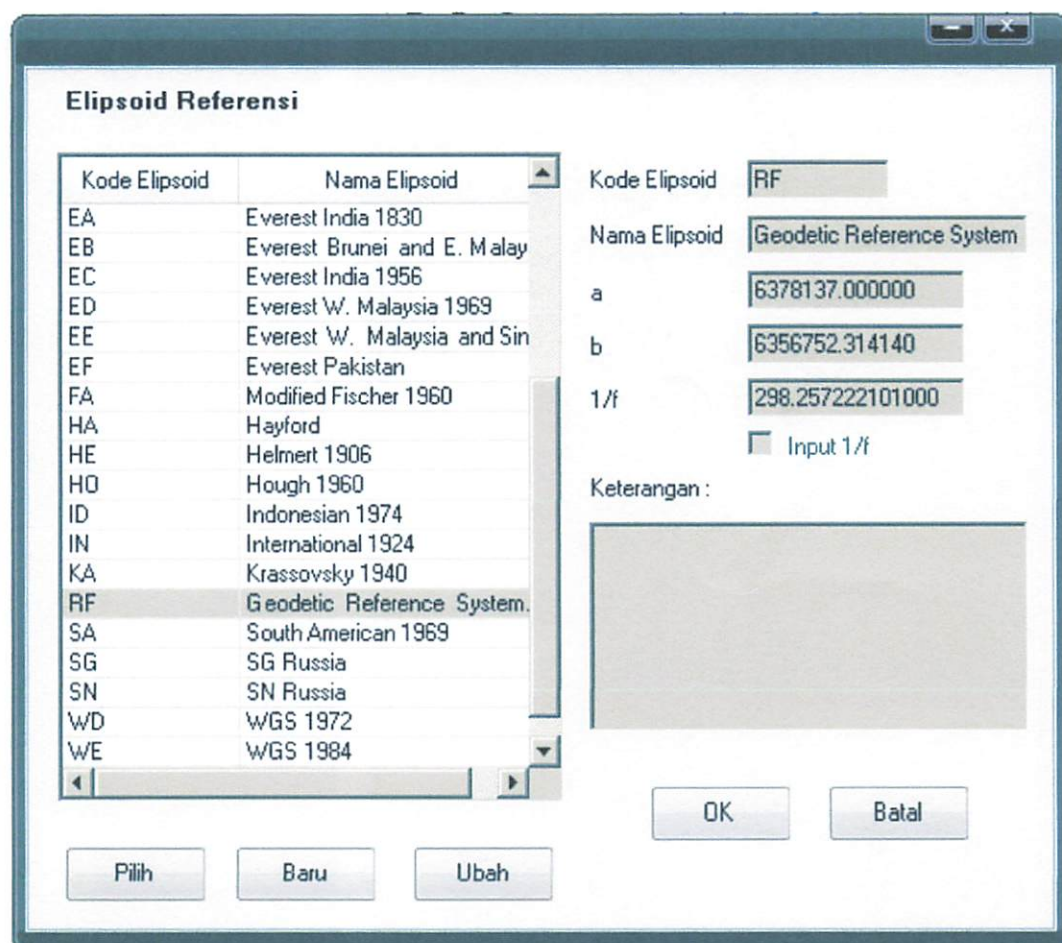
Parameter Datum (Kode WGS 1984)				
No	Nama Datum	Kode Datum	Parameter Transformasi	Elipsoid Referensi
1	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
2	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
3	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
4	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
5	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
6	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
7	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
8	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
9	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984
10	WGS 1984	WGS 1984	0.000000	WGS 1984

Gambar 4.4: Menu Parameter Datum

IV.3.2. Submenu Parameter Elipsoid

Submenu Parameter Elipsoid berfungsi untuk menampilkan daftar Elipsoid Referensi. Informasi yang ditampilkan berupa Daftar Elipsoid meliputi kode Elipsoid beserta Nama Elipsoid. Informasi detail Elipsoid berada di sebelah kanan, meliputi Sumbu panjang elipsoid (a), Sumbu pendek elipsoid (b), pengepungan ($1/f$), serta keterangan atau deskripsi singkat mengenai elipsoid

Pada bagian bawah terdapat Submenu Pilih, bila ingin memasukkan Elipsoid Referensi pada Parameter Datum, Submenu Baru untuk memasukkan informasi Elipsoid Referensi baru, Submenu Ubah untuk mengubah data Elipsoid referensi yang sudah ada, serta tombol OK dan Batal untuk mengkonfirmasi atau membatalkan perintah sebelumnya

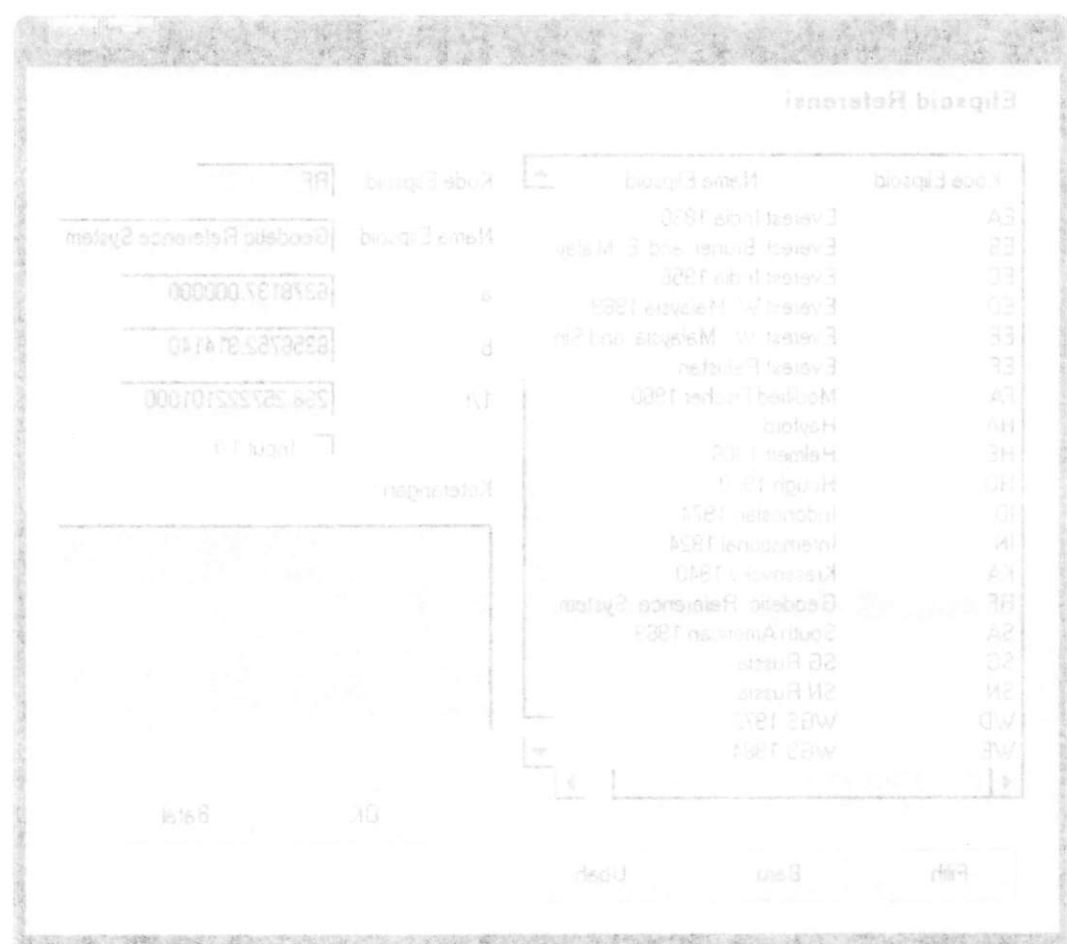


Gambar-35: Menu Parameter Elipsoid

IV.3.2. Submenu Parameter Ellipsoid

Submenu Parameter Ellipsoid berfungsi untuk menampilkan daftar Ellipsoid Referensi. Informasi yang ditampilkan berupa Daftar Ellipsoid meliputi kode Ellipsoid beserta Nama Ellipsoid. Informasi detail Ellipsoid berada di sebelah kanan, meliputi Nomor panjang ellipsoid (a), Nomor pendek ellipsoid (b), pengapungan (f), serta ketebalan atau deskripsi singkat mengenai ellipsoid.

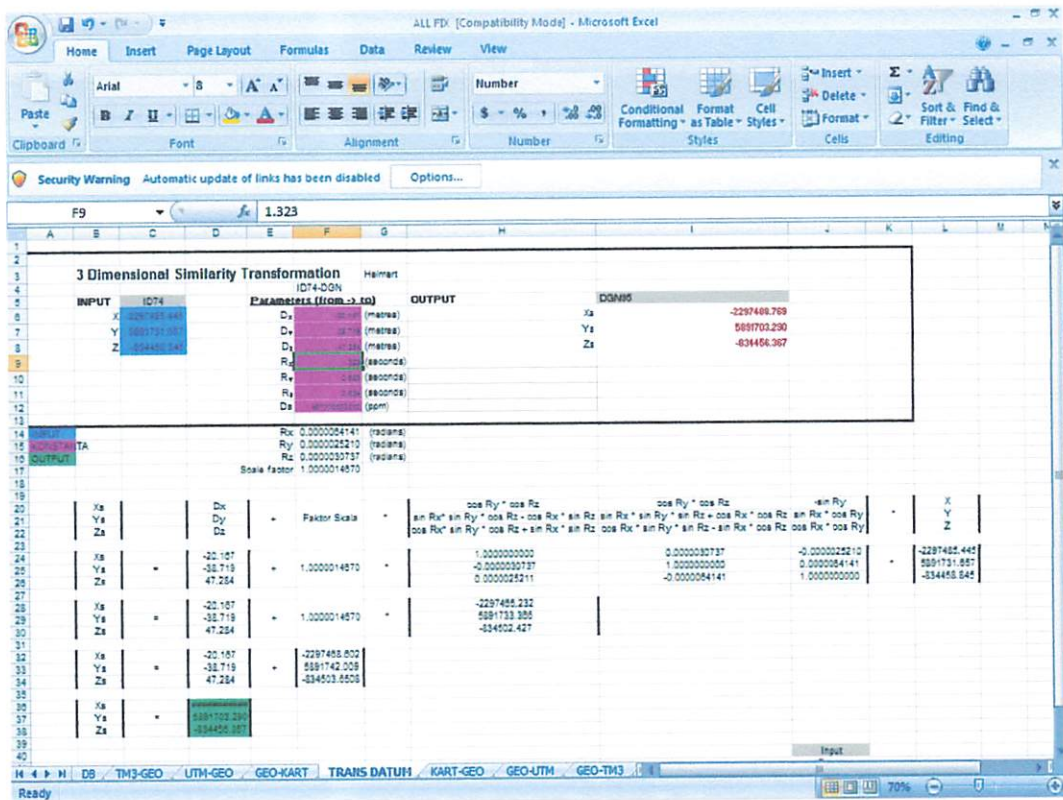
Pada bagian bawah terdapat Submenu Pilih, bisa juga memasukkan Ellipsoid Referensi pada Parameter Datum. Submenu Batas untuk memasukkan informasi Ellipsoid Referensi pada Submenu Urah untuk mengubah data Ellipsoid referensi yang sudah ada, serta tombol OK dan Batal untuk mengkonfirmasi dan membatalkan perintah selanjutnya.



Gambar-35: Menu Parameter Ellipsoid

IV.4. Uji Ketelitian

Untuk mengetahui kebenaran dari hasil perhitungan program, maka dilakukan pengujian dari hasil perhitungan program dengan hasil perhitungan dengan menggunakan MS Excel



Gambar-36: Uji ketelitian dengan MS Excel

IV.4. Analisa Hasil Perhitungan

Hasil pengujian antara hasil pengolahan dari Program Transformasi Koordinat dengan hasil pengolahan menggunakan MS Excel disajikan dalam bentuk tabel berikut:

IV.4.1. Analisa Hasil Perhitungan Konversi Koordinat

1. Konversi Koordinat UTM ke Geodetik

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
UTM	Excel	Program	Geodetik	Excel	Program
Datum Asal	WGS 1984	WGS 1984	Datum Tujuan	WGS 1984	WGS 1984
No Zona	49 S	49 S	Lintang	7°34'1.569030" LS	7°34'1.569030" LS
Easting (E)	533462.0292	533462.0292	Bujur	111° 18' 12.015577" BT	111° 18' 12.015577" BT
Northing (N)	9163547.48	9163547.48	Elevasi (h)	864.63 m	864.6300 m
Elevasi (h)	864.63 m	864.63 m	Konvergensi Grid	0° 02' 23.805867"	0° 02' 23.805867"
			Faktor Skala	0.999613863	0.999614

2. Konversi Koordinat TM-3° ke Geodetik

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
TM-3	Excel	Program	Geodetik	Excel	Program
Datum Asal	WGS 1984	WGS 1984	Datum Tujuan	WGS 1984	WGS 1984
No Zona	49.2 S	49.2 S	Lintang	5° 16' 39.100132" LS	5° 16' 39.100131" LS
Easting (E)	333462	333462	Bujur	113° 42' 14.443710" BT	113° 42' 14.443710" BT
Northing (N)	916354	916354	Elevasi (h)	198.81 m	198.8100 m
Elevasi (h)	198.81 m	198.81 m	Konvergensi Grid	0° 06' 38.741938"	0° 06' 38.741773"
			Faktor Skala	1.000120429	1.000120

3. Konversi Koordinat Geodetik ke Kartesian

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Geodetik	Excel	Program	Kartesian	Excel	Program
Datum Asal	WGS 1984	WGS 1984	Datum Tujuan	WGS 1984	WGS 1984
Lintang	37° 39' 15.5647" LS	37° 39' 15.5647" LS	X	-4086951.219842 m	-4086951.219842 m
Bujur	143° 55' 30.5501" BT	143° 55' 30.5501" BT	Y	2977508.748957 m	2977508.748957 m
Elevasi (h)	749.671 m	749.671 m	Z	-3875596.674620 m	-3875596.674620 m

4. Konversi Koordinat Kartesian ke Geodetik

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Kartesian	Excel	Program	Geodetik	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	Indonesia 1974	Indonesia 1974
X	-4 087 095.384 m	-4 087 095.384 m	Lintang	37° 39' 10.185200" LS	37° 39' 10.185198" LS
Y	2 977 467.494 m	2 977 467.494 m	Bujur	143° 55' 35.372971" BT	143° 55' 35.372969" BT
Z	-3 875 457.340 m	-3 875 457.340 m	Elevasi (h)	714.875409 m	714.8748 m

5. Konversi Koordinat Geodetik ke UTM

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Geodetik	Excel	Program	UTM	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	Indonesia 1974	Indonesia 1974
Lintang	37° 58' 10.1561" LS	37° 58' 10.1561" LS	No Zona	54 S	54 S
Bujur	142° 25' 35.3839" BT	142° 25' 35.3839" BT	Easting (E)	625298.004739 m	625298.004739 m
Elevasi (h)	774.900 m	774.900 m	Northing (N)	5796596.232651 m	5796596.232651 m
			Elevasi (h)	774.900 m	774.900 m
			Konvergensi Grid	0° 52' 39.913407"	0° 52' 39.913407"
			Faktor Skala	0.999793361	0.999793361

6. Konversi Koordinat Geodetik ke TM-3°

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Geodetik	Excel	Program	UTM	Excel	Program
Datum Asal	DGN 1995	DGN 1995	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
Lintang	6°01'22.3661" LU	6°01'22.3661" LU	No Zona	53.2 U	53.2 U
Bujur	136° 32' 11.30256" BT	136° 32' 11.30256" BT	Easting (E)	204037.481935	204037.481935
Elevasi (h)	774.9 m	774.9 m	Northing (N)	665933.649923	665933.649923
			Elevasi (h)	774.900000 m	774.900000 m
			Konvergensi Grid	0°0'13.777000"	0°0'13.777000"
			Faktor Skala	0.999900202	0.999900

IV.4.2. Analisa Hasil Perhitungan Transformasi Koordinat

1. Transformasi Koordinat UTM ke Geodetik

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
UTM	Excel	Program	Geodetik	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
No Zona	46 U	46 U	Lintang	00°33'50.802744" LU	00°33'50.802744" LU
Easting (E)	433471.297	433471.297	Bujur	92° 24'7.662138" BT	92° 24'7.662138" BT
Northing (N)	62348.8744	62348.8744	Elevasi (h)	300.2218 m	300.2218 m
Elevasi (h)	305.24 m	305.24 m			

2. Transformasi Koordinat UTM ke Kartesian

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
UTM	Excel	Program	Kartesian	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
No Zona	46 U	46 U	X	-267325.090318	-267325.090318
Easting (E)	433471.297	433471.297	Y	6372525.513698	6372525.513698
Northing (N)	62348.8744	62348.8744	Z	62378.230176	62378.230176
Elevasi (h)	305.24 m	305.24 m			

3. Transformasi Koordinat TM-3° ke Geodetik

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
TM-3	Excel	Program	Geodetik	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
No Zona	49.2 S	49.2 S	Lintang	6° 10' 47.133949" LS	6° 10' 47.133948" LS
Easting (E)	283413.5193	283413.5193	Bujur	113°15'13.855883" BT	113°15'13.855883" BT
Northing (N)	816657.713	816657.713	Elevasi (h)	400.135671 m	400.1357 m
Elevasi (h)	400.298 m	400.298 m			

4. Transformasi Koordinat TM-3° ke Kartesian

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
TM-3°	Excel	Program	Kartesian	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
No Zona	49.2 S	49.2 S	X	-2503745.534704	-2503745.534704
Easting (E)	283413.5193	283413.5193	Y	5826546.369971	5826546.369972
Northing (N)	816657.713	816657.713	Z	-682067.855628	-682067.855626
Elevasi (h)	400.298 m	400.298 m			

5. Transformasi Koordinat Geodetik ke UTM

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Geodetik	Excel	Program	UTM	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
Lintang	7° 32' 17.368454" LU	7° 32' 17.368454" LU	No Zona	47 U	47 U
Bujur	99° 53' 41.022380" BT	99° 53' 41.022380" BT	Easting (E)	598718.237398 m	598718.237398 m
Elevasi (h)	536.004 m	536.004 m	Northing (N)	833350.321205 m	833350.321206 m
			Elevasi (h)	540.134571 m	540.1346 m
			Konvergensi Grid	0° 07' 2.628244"	0° 07' 2.628244"
			Faktor Skala	0.999720608	0.999721

6. Transformasi Koordinat Geodetik ke TM-3°

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Geodetik	Excel	Program	TM-3°	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
Lintang	7° 32' 17.368454" LU	7° 32' 17.368454" LU	No Zona	47.2 U	47.2 U
Bujur	99° 53' 41.022380" BT	99° 53' 41.022380" BT	Easting (E)	133213.647594 m	133213.647594 m
Elevasi (h)	536.004 m	536.004 m	Northing (N)	833545.537223 m	833545.537223 m
			Elevasi (h)	540.134571 m	540.1346 m
			Konvergensi Grid	0° 04' 45.830544"	0° 04' 45.830544"
			Faktor Skala	0.999955185	0.999955

7. Transformasi Koordinat Geodetik ke Kartesian

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Geodetik	Excel	Program	Kartesian	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
Lintang	7° 32' 17.368454" LU	7° 32' 17.368454" LU	X	-1086699.769576	-1086699.769576
Bujur	99° 53' 41.022380" BT	99° 53' 41.022380" BT	Y	6229845.232593	6229845.232593
Elevasi (h)	536.004 m	536.004 m	Z	831250.583155	831250.583155

8. Transformasi Koordinat Kartesian ke Geodetik

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Kartesian	Excel	Program	Geodetik	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
X	-1087123.0178	-1087123.0178	Lintang	07° 32' 17.103345" LU	07° 32' 17.103345" LU
Y	6229864.2365	6229864.2365	Bujur	99° 53' 55.052221" BT	99° 53' 55.052221" BT
Z	831237.8371	831237.8371	Elevasi (h)	610.283821 m	610.2838 m

9. Transformasi Koordinat Kartesian ke UTM

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Kartesian	Excel	Program	UTM	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
X	-1087123.0178	-1087123.0178	No Zona	47 U	47 U
Y	6229864.2365	6229864.2365	Easting (E)	599140.029678 m	599140.029678 m
Z	831237.8371	831237.8371	Northing (N)	833334.907655 m	833334.907655 m
			Elevasi (h)	610.283821 m	610.283821 m
			Konvergensi Grid	0° 07' 4.425769"	0° 07' 4.425769"
			Faktor Skala	0.999721641	0.999722

10. Transformasi Koordinat Kartesian ke TM-3°

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
Kartesian	Excel	Program	TM-3°	Excel	Program
Datum Asal	Indonesia 1974	Indonesia 1974	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
X	-1087123.0178	-1087123.0178	No Zona	47.2 U	47.2 U
Y	6229864.2365	6229864.2365	Easting (E)	133635.483039 m	133635.483039 m
Z	831237.8371	831237.8371	Northing (N)	833528.671106 m	833528.671106 m
			Elevasi (h)	610.283821 m	610.283821 m
			Konvergensi Grid	0° 04' 44.019503"	0° 04' 44.019503"
			Faktor Skala	0.99995449	0.999954

IV.4.3. Analisa Hasil Perhitungan Transformasi Antar Zona

1. Transformasi Antar Zona UTM

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
UTM	Excel	Program	UTM	Excel	Program
Datum Asal	WGS 1984	WGS 1984	Datum Tujuan	WGS 1984	WGS 1984
No Zona	49 S	49 S	No Zona	50 S	50 S
Easting (E)	875357.269	875357.269	Easting (E)	207400.155167 m	207400.155167 m
Northing (N)	9587144.255	9587144.255	Northing (N)	9587144.254900 m	9587144.254900 m
Elevasi (h)	84.779 m	84.779 m	Elevasi (h)	84.779 m	84.779 m

2. Transformasi Antar Zona TM-3°

Data Masukan			Hasil Perhitungan		
TM-3°	Excel	Program	TM-3°	Excel	Program
Datum Asal	DGN 1995	DGN 1995	Datum Tujuan	DGN 1995	DGN 1995
No Zona	49.2 U	49.2 U	No Zona	49.1 U	49.1 U
Easting (E)	41593.2003	41593.2003	Easting (E)	375556.685344 m	375556.685344 m
Northing (N)	755602.471	755602.471	Northing (N)	755602.471	755602.471
Elevasi (h)	100.000	100.000	Elevasi (h)	100.000	100.000

IV.4.4. Analisa Hasil Perhitungan Transformasi Lokal 2D

1. Metode Konform

Mencari Parameter Transformasi

Data Masukan					Hasil Perhitungan		
No	Koordinat Asal		Koordinat Tujuan		Parameter Transformasi	Excel	Program
1	121.622	-128.066	1049422.40	51089.20	<u>Translasi</u>		
2	141.228	187.718	1049413.95	49659.30	Dx	1050003.714537	1050003.71453655
3	175.802	135.728	1049244.95	49884.95	Dy	50542.131125	50542.131124558
					Rotasi (θ)	176° 46' 54.979516708"	176° 46' 54.979516"
					Faktor Skala (S)	4.519620521	4.51962052049895

Mencari Koordinat:

Data Masukan			Hasil Perhitungan			
No	Koordinat Asal		Parameter Transformasi	Excel		Program
1	174.148	-120.262	dX = 1050003.714	1049187.3638	51040.6264	1049187.3638 51040.6264
2	513.520	-192.130	dY = 50542.131	1047637.7229	51278.8256	1047637.7229 51278.8256
3	754.444	-67.706	$\theta = 176^{\circ} 46' 54.979''$	1046582.1278	50656.2400	1046582.1278 50656.2400
4	972.788	120.994	S = 4.5196	1045644.7321	49749.3395	1045644.7321 49749.3395

2. Metode Affine

Mencari Parameter Transformasi

Data Masukan				Hasil Perhitungan		
No	Koordinat Asal	Koordinat Tujuan		Parameter Transformasi	Excel	Program
1	0.764 5.960	-113.000	0.003	<u>Translasi</u>		
2	5.062 10.541	0.001	112.993	Dx	-137.1844279	-137.184427914643
3	9.663 6.243	112.998	0.003	Dy	-150.7386831	-150.738683065759
	5.350 1.654	0.001	-112.999	<u>Rotasi</u>		
				θ_x	358° 10' 33.89430076"	358° 10' 33.894300"
				θ_y	1° 51' 13.07614621"	1° 51' 13.076146"
				<u>Faktor Skala</u>		
				S _x	25.38256437	25.3825643695203
				S _y	25.41661449	25.4166144941723

Mencari Koordinat:

Data Masukan			Hasil Perhitungan	
No	Koordinat Asal	Parameter Transformasi	Excel	Program
1	1.746 9.354	dX = -137.1844	-85.19867743 85.47336863	-85.199 85.473
2	5.329 9.463	dY = -150.7386	5.790586697 85.34770904	5.791 85.348
		$\theta_x = 358^\circ 10' 33.8943''$		
		$\theta_y = 1^\circ 51' 13.0761''$		
		$S_x = 25.3825$		
		$S_y = 25.4166$		

BAB V

PENUTUP

V.1. Kesimpulan

1. Program Transformasi Koordinat hasil penelitian dapat berfungsi dengan baik, ditunjang dengan kemudahan dalam proses memasukkan data dan kemampuan untuk memproses data dalam jumlah yang banyak dalam waktu yang relatif singkat.
2. Perhitungan Konversi Koordinat dengan menggunakan Program Transformasi Koordinat memiliki empat pilihan sistem koordinat yaitu: Kartesian, Geodetik, UTM dan TM-3°, sehingga mempermudah pengguna untuk memilih sistem koordinat sesuai dengan kebutuhan.
3. Perhitungan Transformasi Antar Zona UTM dan Transformasi Antar Zona TM-3° mempunyai hasil yang optimal bila titik yang akan ditransformasi terletak tidak lebih dari 30' dari batas zona untuk UTM dan 15' untuk TM-3°.
4. Perhitungan Transformasi Lokal 2D mempunyai dua pilihan metode penyelesaian yaitu metode Konform dan metode Affine. Hasil yang didapatkan berupa Parameter Transformasi dengan informasi standar deviasi sehingga dapat diketahui tingkat ketelitian dari Parameter Transformasi tersebut dan Koordinat hasil Transformasi Lokal dengan memasukkan data Parameter Transformasi dan Koordinat Asal.
5. Pada perhitungan Transformasi Koordinat antar Datum pilihan Datum lebih banyak, dengan menampilkan informasi parameter transformasi datum. Dilengkapi dengan menu untuk menambah, mengubah dan menghapus data parameter datum dan parameter elipsoid, sehingga dapat disesuaikan dengan kebutuhan.
6. Dari hasil analisa perhitungan pada Bab IV dapat diketahui bahwa hasil perhitungan dengan menggunakan Program Transformasi Koordinat dibandingkan dengan perhitungan menggunakan MS Excel hampir tidak terdapat perbedaan dengan tingkat kesalahan sebesar 10^{-6} , sehingga

hasil perhitungan dengan Program Transformasi Koordinat dapat dikatakan teliti dan akurat.

7. Pada titik yang terletak pada batas zona, hasil perhitungan dari Sistem Koordinat Geodetik ke Koordinat UTM atau TM-3° menunjukkan hasil yang tidak konsisten, dikarenakan walaupun secara teoritis dapat dihitung, daerah batas zona dapat menjadi milik dari dua zona yang berbeda.

V.2. Saran

1. Program Transformasi Koordinat ini dapat dikembangkan dengan menambahkan sistem proyeksi yang lain.
2. Penyempurnaan Transformasi antar zona UTM dan TM-3°, karena banyak metode yang dapat digunakan.
3. Beberapa metode transformasi lokal 2D dapat ditambahkan untuk memperlengkap Program.
4. Dengan penelitian lebih lanjut, dapat ditambahkan perhitungan untuk mencari Parameter Transformasi Datum dengan Metode Bursa-Wolf (7-parameter)
5. Untuk pembuatan program disarankan untuk menggunakan Visual C# disamping Visual C++ karena bahasa Visual C# lebih mudah diaplikasikan.

DAFTAR PUSTAKA

Joyosumarto, Sumaryono, 1993, **Hitungan Geodesi dan Proyeksi Peta**, PT. Petrakonsulindo Utama, Indonesia

Nasution, Eliansyah, 2005, **Algoritma & Struktur Data dengan C++**, Penerbit Graha Ilmu, Yogyakarta-Indonesia

Prihandito, Aryono, 1988, **Proyeksi Peta**, Penerbit Kanisius, Yogyakarta-Indonesia

Tjahjadi, Edwin, 2003, **Esensi Pemrograman Berorientasi Objek dengan Visual C++ 6**, Bayumedia Publishing, Malang- Indonesia

Purworahardjo, Umarjono, 1994, **Sistem Dan Transformasi Koordinat**, Institut Teknologi Bandung

Soeta'at, 2001, **Sistem Dan Transformasi Koordinat**, Universitas Gadjah Mada

Perry, Greg, 1995, **Visual C++ in 12 Easy Lessons**, Penerbit Andi, Yogyakarta-Indonesia

Sinaga, Indra, 1978, **Model Matematik Hitung Perataan**, Institut Teknologi Bandung

Purworahardjo, Umarjono, 2000, **Hitung dan Proyeksi Geodesi**, Institut Teknologi Bandung