

Geoprocessing Model For Automation Of Land Use Balance Analysis

Model Geoprocessing Untuk Otomatisasi Analisis Neraca Penatagunaan Tanah

Tatag Bagus Narendra ¹⁾; Trisnanti Widi Rineksi ²⁾

^{1,2)} Sekolah Tinggi Pertanahan Nasional, Yogyakarta

Email: ¹⁾ tatagbagus@stpn.ac.id; ²⁾ widi@stpn.ac.id

How to Cite :

Narendra, T, B, Rineksi, T.W. (2026). Geoprocessing Model for Automation of Land Use Balance Analysis. Jurnal Media Computer Science, 5(2)

ARTICLE HISTORY

Received [23 Januari 2026]

Revised [07 April 2026]

Accepted [10 April 2026]

KEYWORDS

ArcGIS Pro, Model Builder, NPGT.

This is an open access article under the [CC-BY-SA](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/) license



ABSTRAK

Analisis neraca penatagunaan tanah (NPGT) sangat diperlukan dalam memperoleh informasi penguasaan, penggunaan dan pemanfaatan tanah, kesesuaian dengan tata ruang, serta ketersediaan tanah. Dengan menyediakan data yang akurat dan terperinci, NPGT dapat membantu pemerintah dan stakeholders dalam mengambil keputusan yang tepat terkait alokasi dan penggunaan tanah. Metode analisis dalam neraca penatagunaan tanah memerlukan beberapa tahapan sehingga membutuhkan waktu dalam memproses data masukan. Dengan menggunakan otomasi dapat dilakukan percepatan dalam pemrosesan data dibandingkan dengan pemrosesan secara konvensional yang memerlukan banyak tahapan. Penelitian ini bertujuan membuat tool geoprocessing pada Arcgis Pro untuk mempersingkat tahapan pemrosesan dan mampu menghasilkan analisis utama berupa perubahan penggunaan, kesesuaian dan arahan ketersediaan tanah. Dengan menerapkan model geoprocessing analisis neraca penatagunaan tanah maka didapatkan peningkatan kinerja yang lebih baik dibandingkan dengan melakukan analisis secara konvensional dengan waktu rata-rata 2,5 menit. Tool otomatisasi ini juga telah diuji menggunakan metode System Usability Scale dimana hasil yang didapatkan dengan skor rata-rata 72 yang berada dalam kategori *acceptable*.

ABSTRACT

Land use balance analysis (NPGT) is essential for obtaining information on land ownership, use, and utilization, suitability to spatial planning, and land availability. By providing accurate and detailed data, NPGT can assist the government and stakeholders in making informed decisions regarding land allocation and use. Method in the land use balance analysis requires several stages, thus requiring time to process data. By using automation, data processing can be accelerated compared to conventional processing which requires many stages. This study aims to create a geoprocessing tool in ArcGIS Pro to shorten the processing stages and be able to produce primary analysis in the form of changes in use, suitability, and directions for land availability. By applying the geoprocessing model for land use balance sheet analysis, better performance was obtained compared to conducting conventional analysis with an average time of 2.5 minutes. This automation tool has also been tested using the System Usability Scale method where the results obtained with an average score of 72, which is in the acceptable category.

PENDAHULUAN

Neraca Penatagunaan Tanah (NPGT) adalah suatu sistem perimbangan, pencatatan dan pelaporan yang bertujuan untuk menyediakan data yang akurat dan terperinci mengenai alokasi dan penggunaan tanah, baik untuk kepentingan pembangunan, konservasi, maupun perencanaan tata ruang (Khrisnamurti et al., 2022; Muryono et al., 2018; Supratikno, 2016). Pengertian Neraca Penatagunaan Tanah mencerminkan dua hal pokok yaitu banyaknya atau luasan tanah yang tersedia apabila dilihat dari penguasaan tanah yang ada, serta perimbangan penggunaan dan pemanfaatan tanah atas fungsi kawasan yang ditetapkan dengan rencana tata ruang wilayah. NPGT merupakan instrumen penting dalam pengelolaan tanah berkelanjutan karena dapat membantu mengidentifikasi tren perubahan penggunaan tanah dan dampaknya terhadap lingkungan serta untuk menyediakan informasi yang komprehensif tentang penggunaan tanah, sehingga dapat digunakan sebagai dasar pengambilan keputusan dalam perencanaan pembangunan (Sutaryono & Dewi, 2020; Utami, 2019).

Pemanfaatan data NPGT dalam rangka perencanaan dan pengendalian penggunaan tanah, evaluasi rencana tata ruang, optimalisasi fungsi ruang dan juga penyelesaian permasalahan pemanfaatan ruang sudah pernah diteliti sebelumnya. Hasil penelitian Supratikno (2016) menemukan bahwa data NPGT dapat dimanfaatkan untuk mengetahui sebaran penggunaan dan kesesuaian tanah pertanian dalam upaya mengetahui ketahanan pangan di Kabupaten Sleman. Muryono et al. (2018) menemukan bahwa ketidaksesuaian antara penggunaan tanah dengan RTRW mengindikasikan bahwa pengendalian penggunaan tanah yang ada di Daerah Istimewa Yogyakarta tidak optimal. Hasil penelitian lainnya juga menunjukkan bahwa data NPGT juga bermanfaat menjadi input dalam percepatan penyusunan rencana tata ruang, baik itu RDTR maupun RTRW dan juga lahan pertanian pangan berkelanjutan. (Khrisnamurti et al., 2022; Prabowo, 2019; Sutaryono & Dewi, 2020; Utami, 2019). Studi-studi terdahulu mengenai NPGT lebih berfokus pada pemanfaatan dan optimalisasi data hasil analisis NPGT.

Tahapan dalam kegiatan NPGT diatur dalam Tata Cara Kerja pelaksanaan kegiatan NPGT yang dikeluarkan oleh Direktorat Penatagunaan Tanah Kementerian Agraria dan Tata Ruang/ Badan Pertanahan Nasional. Tahapan tersebut dimulai dari penyiapan data, pengumpulan data, pengolahan data, analisis, ekspose draft, penyusunan buku, dan sosialisasi hasil (Direktorat Penatagunaan Tanah, 2024). Dalam melaksanakan kegiatan pengolahan maupun analisis data spasial membutuhkan sumberdaya manusia yang kompeten dalam bidang tersebut. Salah satu kelemahan birokrasi di Indonesia adalah terbatasnya jumlah Aparatur Sipil Negara (ASN) yang memiliki kompetensi teknis sesuai dengan bidangnya. (Ayuningtias, 2024; Hidayah et al., 2021; Supriyatna, 2024).

Untuk pengolahan data dengan volume yang besar dan tahapan pemrosesan yang panjang diperlukan adanya otomatisasi. Dengan otomatisasi pekerjaan akan lebih mudah, cepat dan akurat (Atmaja et al., 2018). Platform ArcGIS menyediakan beberapa cara bagi pengguna untuk mengotomatiskan tugas geoprosesing. Salah satu pilihan yang banyak digunakan adalah membuat model menggunakan *Model Builder*, bahasa pemrograman visual yang dapat merangkai berbagai macam tools untuk dijalankan dalam satu eksekusi (Dobesova, 2013).

Model Builder telah digunakan dalam berbagai studi dan penelitian. Terkait dengan studi lingkungan dan pemetaan rawan bencana, Nowak & Pędziwiatr (2018) memodelkan fungsi jalur hijau potensial dengan model builder. (Purnama et al., 2019) memanfaatkan Model Geoprocessing Untuk Otomatisasi Pemetaan Daerah Rawan Banjir. (Pa Hidayat & Andajani, 2018) membangun model erosi lahan dengan Model Builder pada DAS Citepus, Jawa Barat. Studi terkait dengan manajemen bentanglahan dan penataan ruang, (Schaller & Mattos, 2010) memberikan contoh manfaat potensial penggunaan model builder untuk perencanaan lanskap regional, sebagai alat untuk membantu perencana mengidentifikasi area yang sesuai untuk pengembangan yang diinginkan, menemukan dan mengukur konsekuensi dari skenario alternatif, dan mengurangi

ketidakpastian tentang masa depan. (Abd Elrahman et al., 2022) menerapkan ArcGIS ModelBuilder dalam menentukan lokasi yang tepat untuk pembangunan sekolah dasar. (Nugroho, 2016) menggunakan ArcGIS Model Builder dalam melakukan analisis Intensitas Pemanfaatan Ruang dengan studi kasus Kota Surakarta. Model yang dibangun dapat digunakan untuk mendukung pekerjaan repetitif yang melibatkan banyak proses, sehingga dapat mempercepat analisis dengan output berupa peta KDB, KLB, dan KDH Kota Surakarta yang dapat digunakan untuk menyusun rencana zonasi.

Penelitian ini bertujuan untuk mengisi gap penelitian terdahulu dan juga menjawab tantangan terkait keterbatasan sumberdaya manusia penyusun NPGT dengan cara membuat program otomatisasi. Otomatisasi dilakukan dengan memproses setiap tahapan pembuatan peta analisis dengan tool yang dibuat. Data spasial seperti penggunaan tanah lama, penggunaan tanah baru, rencana pola ruang, gambaran umum penguasaan tanah, kawasan hutan, maupun data Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) dapat diproses secara otomatis sehingga informasi dapat dihasilkan dengan cepat dan lebih efektif. Tool model builder ini digunakan untuk melakukan analisis NPGT meliputi neraca perubahan penggunaan tanah dan pemanfaatan tanah, neraca kesesuaian penggunaan tanah dan pemanfaatan tanah, ketersediaan tanah serta prioritas penyediaannya pada RTRW. Perancangan model geoprocessing sebagai sebuah tool untuk otomatisasi pengolahan dan analisis NPGT berbasis GIS diharapkan dapat meningkatkan kinerja dan juga fungsi NPGT sebagai input dalam kebijakan pertanahan terkait dengan penatagunaan tanah dan penataan ruang.

LANDASAN TEORI

Penyusunan Neraca Penatagunaan Tanah (NPGT) merupakan amanat Peraturan Pemerintah No 16 Tahun 2004 Pasal 23 ayat (3) tentang Penatagunaan Tanah dan Undang-Undang No 26 Tahun 2007 Pasal 33 ayat (2) tentang Penataan Ruang. Penyusunan neraca penatagunaan tanah bermanfaat dalam menyediakan informasi mengenai perubahan penggunaan tanah, kesesuaian penggunaan tanah, dan ketersediaan tanah sebagai rujukan dalam menerbitkan perizinan pemanfaatan ruang (Lanya & Subadiyasa, 2012), (Khrisnamurti et al., 2023).

Sesuai PP No.16 Tahun 2004, Penatagunaan Tanah terdiri atas tiga jenis kegiatan pokok, yaitu: pelaksanaan inventarisasi penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah; penetapan perimbangan antara ketersediaan dan kebutuhan penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah menurut fungsi kawasan; penetapan pola penyesuaian penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah dengan rencana tata ruang wilayah.

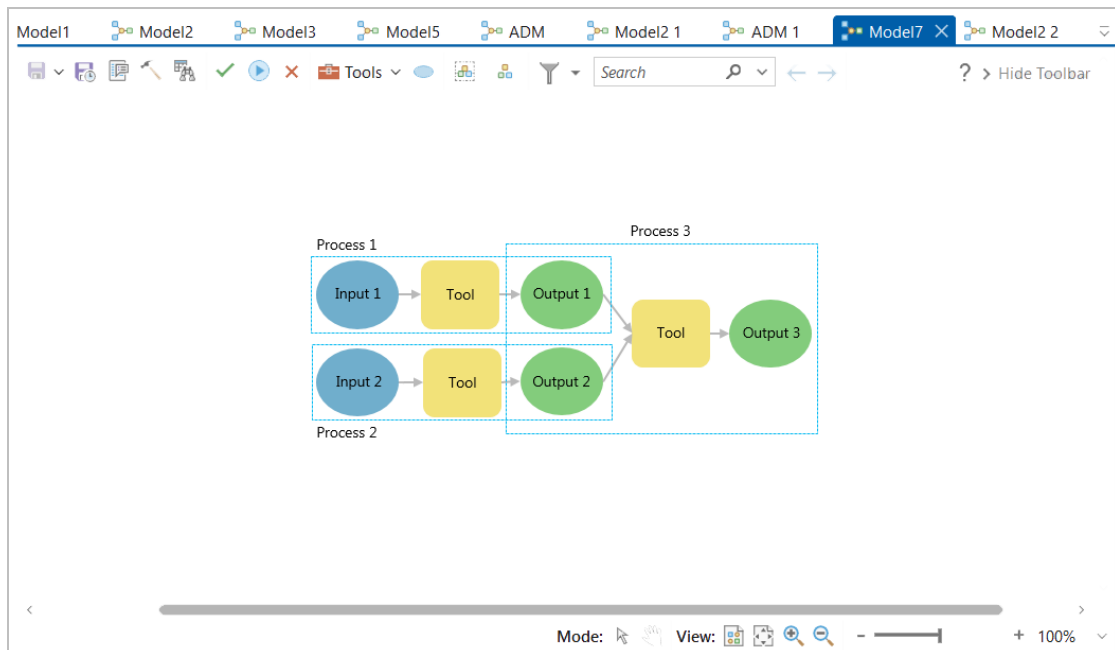
Output penyelenggaraan kegiatan di atas berupa data dan informasi yang disajikan dalam bentuk peta (spasial) dengan skala lebih besar dari pada skala peta rencana tata ruang wilayah yang bersangkutan, sedangkan outcome-nya adalah kesesuaian dan keserasian penguasaan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah dengan rencana tata ruang yang disepakati.

Geoprocessing adalah proses melakukan suatu tindakan pada kumpulan data yang menghasilkan pembuatan kumpulan data baru (Zandbergen, 2020). Geoprocessing di ArcGIS Pro memfasilitasi analisis dan pemodelan spasial serta mengotomatiskan proses dalam GIS. Geoprocessing tools dapat menginputkan data (kelas fitur, raster, atau tabel), melakukan tugas geoprocessing, dan menghasilkan data output dari proses yang dilakukan. Geoprocessing mendukung otomatisasi alur kerja dengan membuat tahapan yang menggabungkan serangkaian alat menggunakan model dan skrip di ArcGIS Pro (Zandbergen, 2020). Otomatisasi dalam pemrosesan data spasial (SIG) dapat memberikan berbagai macam manfaat antara lain kemudahan, efisiensi, akurasi, konsistensi, kecepatan, dan skalabilitas (Adaji-Agbane, 2024) (Juell-Skielse et al., 2022).

Model Builder merupakan bahasa pemrograman visual yang menggunakan diagram alur visual untuk mengatur urutan tugas geoprocessing. Dalam konteks ini, model adalah representasi visual dari urutan tugas geoprocessing. Di dalam ArcGIS Pro, model merupakan tool, dan setelah

dibuat, model tersebut berfungsi seperti tool lainnya (Karemuddin & Rusthum, 2015). Berikut beberapa kosakata penting dalam Model Builder (ESRI, 2024):

1. Kanvas model: Kanvas model adalah ruang kosong tempat membuat model.
2. Diagram model: Diagram model adalah tampilan dan tata letak tool dan variabel yang terhubung bersama dalam sebuah model.
3. Elemen model: Terdapat tiga jenis utama elemen model, yaitu: tool, variabel, dan konektor.
4. Proses model: Proses model terdiri dari sebuah tool dan semua variabel yang terhubung dengannya. Garis konektor menunjukkan urutan pemrosesan. Banyak proses dapat dirangkai bersama untuk menciptakan proses yang lebih besar.

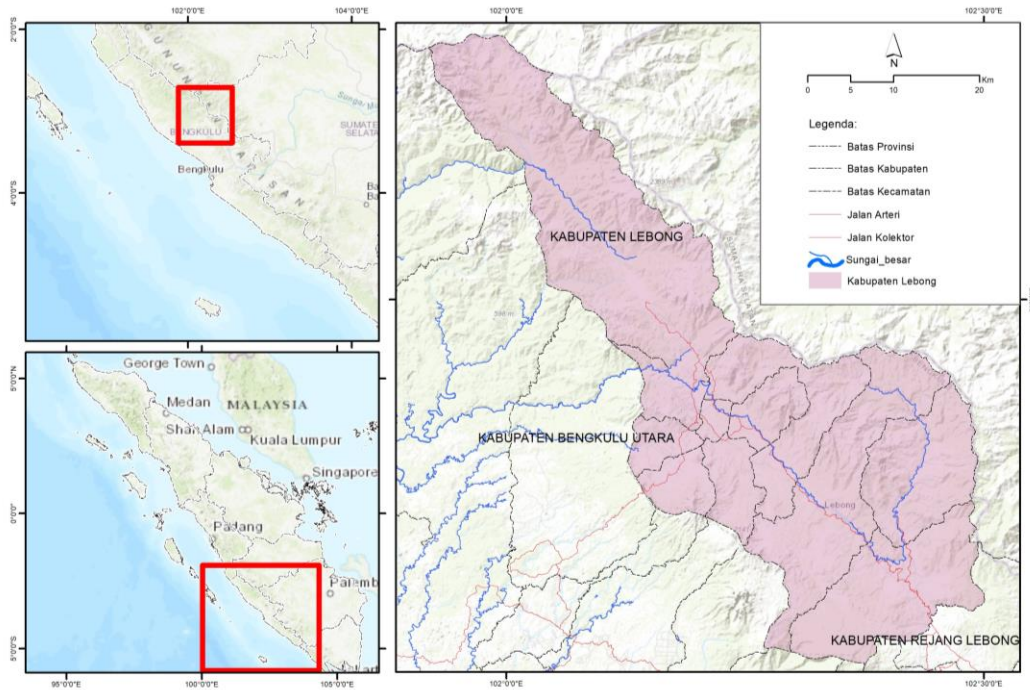


Gambar 1. Tampilan antarmuka Model Builder pada ArcGIS Pro (ESRI, 2024).

METODE PENELITIAN

Model builder dengan Arcgis Pro (versi 3.4) dipilih untuk studi ini karena memungkinkan pengguna membangun aplikasi geoprosesing otomatis yang kompleks dengan banyak lapisan algorithm. Penggunaan model builder memungkinkan modifikasi dan pengembangan model yang dibangun secara berkelanjutan, yang akhirnya meningkatkan efisiensi kerja dengan otomatisasi setiap proses dan kemudahan dalam penyiapan data input. Lebih jauh lagi, model builder dapat dikustomisasi menggunakan skrip python. Dalam studi ini library seperti Geopandas digunakan untuk memproses data atribut serta data tabel berupa matriks kesesuaian yang dapat bervariasi pada setiap wilayah.

Penelitian dilakukan dengan melakukan reanalisis data spasial Kabupaten Lebong, Provinsi Bengkulu. Secara geografis, Kabupaten Lebong terletak pada 105°-108° Bujur Timur dan 02°-03°-03',60' Lintang Selatan (Gambar 2). Lokasi dipilih terkait dengan ketersediaan data masukan berupa Data Wilayah Administrasi, Penggunaan Tanah Lama (2019) dan Baru (2024), RTRW dan Gambaran Umum Penguasaan Tanah skala 1 : 50.000 menyesuaikan dengan Analisis Neraca Kabupaten/Kota sesuai dengan standarisasi basis data penatagunaan tanah (Direktorat Penatagunaan Tanah, 2023) serta Petunjuk Teknis/Tata Cara Kerja (Direktorat Penatagunaan Tanah, 2025).



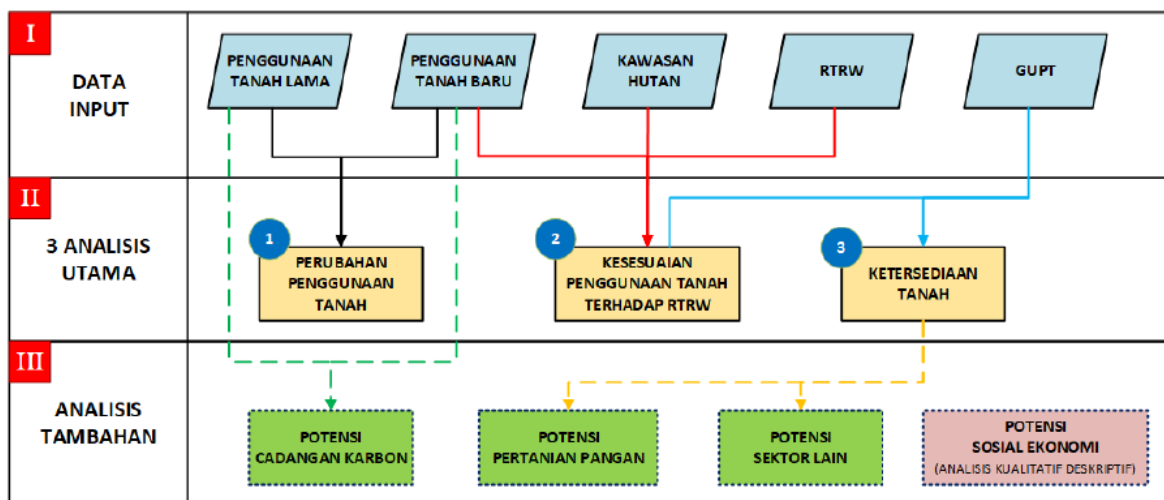
Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

Perancangan Model Builder

Tahapan pembuatan tool analisis neraca penatagunaan tanah adalah membuat project pada arcgis pro. Dalam project tersebut telah terbentuk geodatabase secara default. Data yang diperlukan dalam analisis ditambahkan ke dalam model builder berupa data Administrasi, penggunaan tanah lama, penggunaan tanah baru, RTRW, Gambaran umum penguasaan tanah (GUPT), dan Kawasan Hutan.

Tahapan utama yang diproses pada model builder berupa tumpang susun (overlay) data input dan melakukan analisis berupa perubahan penggunaan tanah, kesesuaian penggunaan tanah terhadap RTRW dan ketersediaan tanah.

Gambar 3. Tahapan analisis neraca PGT



Sumber: Direktorat Penatagunaan Tanah, 2025

Tahapan Analisis Perubahan Penggunaan Tanah.

Dalam analisis perubahan penggunaan tanah ini dilakukan overlay Peta Penggunaan Tanah Lama (G) dan Peta Penggunaan Tanah Baru (Q) sehingga dihasilkan tema Perubahan Penggunaan Tanah (GQ). Selanjutnya, informasi GQ tersebut dimasukkan dalam field perubahan penggunaan tanah GQNAME.

Dalam tahapan analisis perubahan penggunaan tanah juga dilakukan reklasifikasi penggunaan tanah dengan menambahkan field penggunaan tanah reklasifikasi "Greklas" untuk reklasifikasi penggunaan tanah lama dan "Qreklas" untuk penggunaan tanah baru. Reklasifikasi ini bertujuan untuk mengelompokkan penggunaan tanah yang sama secara karakteristik, sehingga dapat mendeteksi perubahan penggunaan tanah yang terjadi antar kelas berbeda yang umumnya disebabkan karena suatu kegiatan/kejadian masif.

analisis perubahan penggunaan tanah yang telah direklasifikasi dilakukan dengan cara melakukan overlay Peta Penggunaan Tanah Lama rekla (Greklas) dan Peta Penggunaan Tanah Baru rekla (Qreklas) sehingga dihasilkan tema Perubahan Penggunaan Tanah rekla (GQrekla). Pada GQrekla Hanya terdapat 2 klasifikasi, yaitu "Berubah" dan "Tidak Berubah".

Tahapan Analisis Kesesuaian Penggunaan Tanah terhadap RTRW.

Dalam tahapan analisis kesesuaian penggunaan tanah terhadap RTRW, data yang dianalisis adalah Penggunaan Tanah Baru (Q) yang dioverlay dengan data RTRW (W). Berdasarkan analisis ini dapat diketahui tingkat kesesuaian penggunaan tanah terhadap pola ruang yang telah ditetapkan dalam RTRW. Penentuan tingkat kesesuaian penggunaan tanah mengacu pada peta RTRW. Langkah-langkah analisis Kesesuaian Penggunaan Tanah terhadap RTRW adalah dengan menyusun Matriks Kesesuaian Penggunaan Tanah terhadap arahan fungsi kawasan dalam Rencana Tata Ruang Wilayah (RTRW), dengan klasifikasi tingkat kesesuaian sebagai berikut:

- 1) Sesuai: apabila penggunaan tanah yang ada telah sesuai dengan arahan fungsi kawasan dalam dokumen dan Peta RTRW.
- 2) Tidak Sesuai: apabila penggunaan tanah tidak sesuai dengan arahan fungsi kawasan dalam dokumen dan Peta RTRW.
- 3) Mendukung: apabila penggunaan tanah yang ada belum atau tidak sesuai dengan arahan fungsi kawasan dalam dokumen dan Peta RTRW, namun tidak mengganggu fungsi utama kawasan tersebut. Dapat pula dimaknai sebagai penggunaan tanah yang "diperbolehkan bersyarat/terbatas" dalam suatu pola ruang.

Tahapan Analisis Ketersediaan.

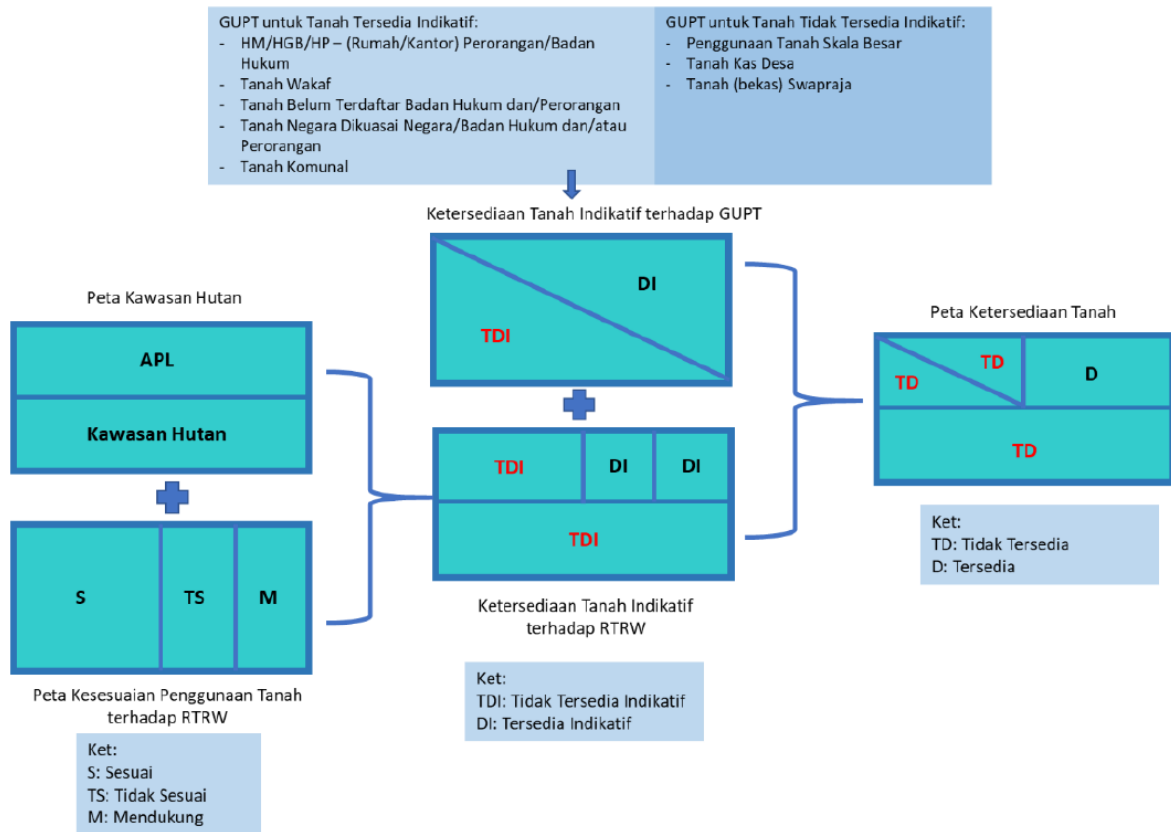
Dalam tahapan analisis ketersediaan tanah terdapat proses analisis untuk mendapatkan Ketersediaan Tanah Indikatif terhadap RTRW dan Ketersediaan Tanah Indikatif terhadap GUPT. Ketersediaan Tanah Indikatif terhadap RTRW bersumber dari hasil overlay antara Kesesuaian Penggunaan Tanah terhadap Tata Ruang dengan Kawasan Hutan, yang menghasilkan kelas "tersedia indikatif" dan "tidak tersedia indikatif". Output dari Ketersediaan Tanah Indikatif terhadap GUPT bersumber dari reklasifikasi GUPT, yang menghasilkan kelas "tersedia indikatif" dan "tidak tersedia indikatif";

Dari dua analisis Ketersediaan Tanah Indikatif tersebut kemudian dilakukan proses analisis overlay untuk memperoleh Tema Ketersediaan Tanah (V). Tema tersebut diperoleh dari overlay antara Ketersediaan Tanah Indikatif terhadap RTRW dan Ketersediaan Tanah Indikatif terhadap GUPT. Hasil akhir peta ketersediaan tanah menghasilkan kelas "tersedia" dan "tidak tersedia".

- 1) Tersedia: tanah-tanah yang bukan kawasan hutan, kesesuaian penggunaan tanah terhadap RTRW tidak sesuai atau mendukung, dan GUPT-nya berupa HM/HGB/HP - (Rumah/Kantor) Perorangan/Badan Hukum; Tanah Wakaf; Tanah Belum Terdaftar Badan Hukum dan/atau Perorangan; TN Dikuasai Negara; TN Dikuasai Badan Hukum dan/atau Perorangan; dan TN Komunal;

- 2) Tidak Tersedia: tanah-tanah yang berada di dalam kawasan hutan, atau kesesuaian penggunaan tanah terhadap RTRW-nya sesuai, dan/atau GUPT-nya berupa Penguasaan Tanah Skala Besar (HGU/ Perkebunan, HGU/ Peternakan, HGU/ Perikanan, HGB/ Industri, HGB/ Pergudangan, HGB/ Jasa, HGB/ Perumahan, Hak Pengelolaan, HP Instansi Pemerintah); Tanah Kas Desa; atau Tanah (bekas) Swapraja.

Gambar 4. Tahapan Analisis Ketersediaan Tanah



Sumber: Direktorat Penatagunaan Tanah, 2025

Evaluasi

Evaluasi kinerja otomatisasi analisis Neraca Penatagunaan Tanah dilakukan dengan membandingkan antara analisis secara konvensional dengan analisis setelah menggunakan tool. Parameter yang digunakan yaitu tahapan dan waktu yang dibutuhkan dalam analisis. Informasi waktu yang dibutuhkan dalam metode konvensional diperoleh dengan mengumpulkan informasi dari responden melalui kuesioner. Sedangkan untuk informasi waktu yang dibutuhkan dengan metode otomatis diperoleh dari MB report.

Blackbox test (Nidhra & Dondeti, 2012) dilakukan untuk mengetahui fungsionalitas program. Pengujian dilakukan untuk mengetahui apakah perangkat lunak memiliki keluaran seperti yang diharapkan sesuai dengan testcase.

System Usability Scale (SUS) sesuai dengan (Brooke, 1996), (Bangor et al., 2009), (Sharfina & Santoso, 2016) juga dilakukan untuk menilai kegunaan dan kepuasan pengguna melalui kuesioner sesuai dengan Tabel 1. Skor SUS dapat diperoleh dengan persamaan berikut:

$$SUS = 2.5(20 + \text{SUM}(SUS01, SUS03, SUS05, SUS07, SUS09) - \text{SUM}(SUS02, SUS04, SUS06, SUS08, SUS10)) \dots\dots\dots (1)$$

Di mana:

SUS : System Usability Scale

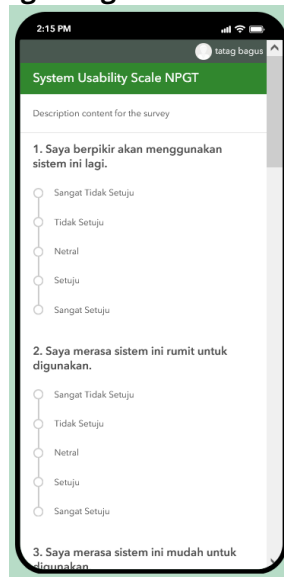
01 - 10 : Nomor Pertanyaan terkait penilaian kepuasan pengguna.

Tabel 1. Pertanyaan pada SUS

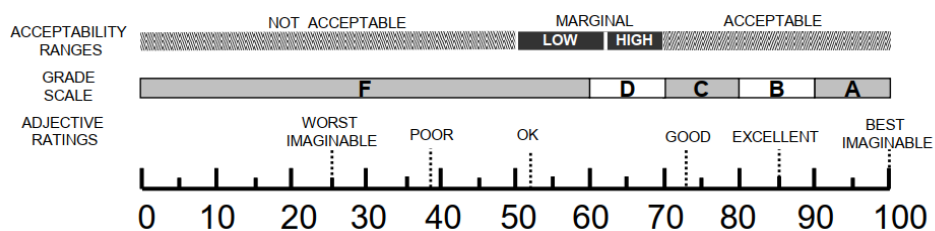
No	Pertanyaan
1.	Saya berpikir akan menggunakan sistem ini lagi.
2.	Saya merasa sistem ini rumit untuk digunakan.
3.	Saya merasa sistem ini mudah untuk digunakan.
4.	Saya membutuhkan bantuan dari orang lain atau teknisi dalam menggunakan sistem ini.
5.	Saya merasa fitur-fitur sistem ini berjalan dengan semestinya.
6.	Saya merasa ada banyak hal yang tidak konsisten (tidak serasi) pada sistem ini.
7.	Saya merasa orang lain akan memahami cara menggunakan sistem ini dengan cepat.
8.	Saya merasa sistem ini membingungkan.
9.	Saya merasa tidak ada hambatan dalam menggunakan sistem ini.
10.	Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini.

Kuesioner dibagikan pada responden untuk memberikan penilaian berdasarkan pengujian kebutuhan waktu serta kegunaan dari tool analisis Neraca PGT dengan menggunakan survey 123 (Gambar 5). Setelah dilakukan perhitungan dengan persamaan (1) untuk menghitung nilai SUS, dapat diketahui adjective rating, grade, dan acceptability (Gambar 6).

Gambar 5. Kuesioner yang dibagikan dalam format aplikasi survey123



Gambar 6. Skor SUS (Bangor dkk 2009)

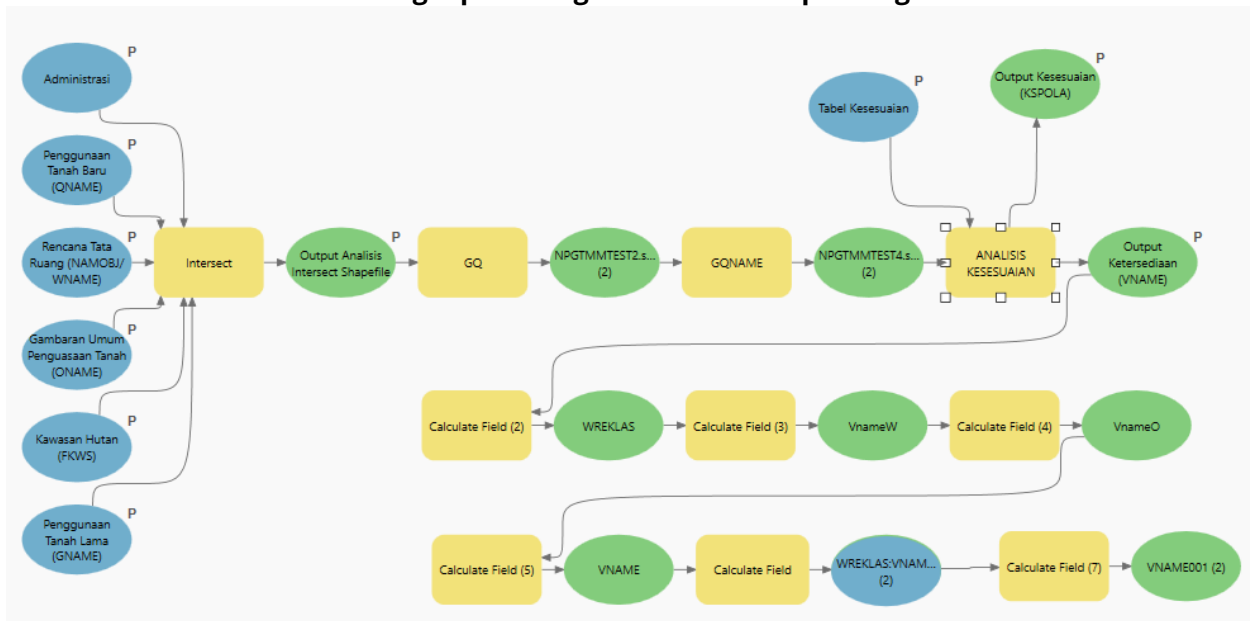


HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Model geoprocesing memproses seluruh data masukan dimulai dengan overlay data administrasi, penggunaan tanah lama, penggunaan tanah baru, RTRW, GUPT, dan kawasan hutan. Proses bertahap dari analisis perubahan penggunaan tanah, kesesuaian dan arahan ketersediaan, sebagaimana ditampilkan pada gambar berikut.

Gambar 7. Model geoprocesing analisis neraca penatagunaan tanah

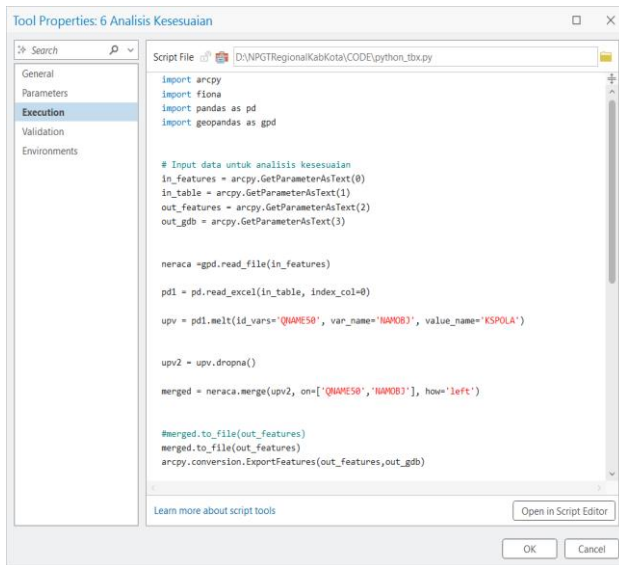


Pada Gambar 7 menunjukkan bahwa masukan data untuk analisis terdapat simbol P merupakan model parameter. Setiap variabel pada model yang dijadikan parameter akan muncul pada tool analisis dan dapat digunakan untuk memasukkan data sesuai kebutuhan. Selain data spasial (shapefile) terdapat masukan pada model berupa data tekstual berupa file excel yang berisi matriks kesesuaian penggunaan tanah terhadap tata ruang. Matriks kesesuaian yang digunakan pada tool analisis dapat bervariasi pada setiap wilayah, pengguna dapat menginputkan matriks sesuai dengan referensi ataupun hasil diskusi (*Focus Group Discussion*).

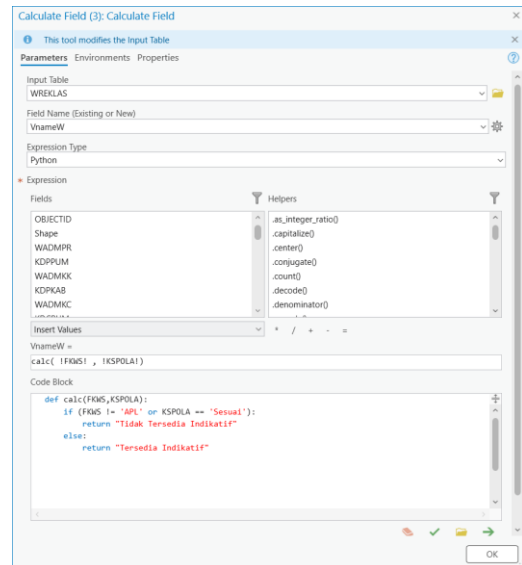
Model builder dapat memanfaatkan script python yang diintegrasikan ke dalam tool. Script tersebut dapat digunakan untuk membentuk tool kesesuaian yang tergabung dalam tool analisis. Pada tool kesesuaian berfungsi untuk melakukan unpivot data masukan berupa matriks kesesuaian kemudian mengkalkulasi kesesuaian penggunaan tanah terhadap tata ruang. Setelah itu arahan ketersediaan dapat dikalkulasi dengan tool yang dibuat dengan script arahan ketersediaan tanah.

Otomatisasi model analisis neraca penatagunaan tanah berbasis GIS dapat disimpan sebagai toolbox, sehingga pengguna dapat menggunakan tool tanpa harus membuka model builder untuk mengatur input pada setiap variabel. Dengan demikian tool tersebut dapat diakses melalui menu *ArcToolbox*.

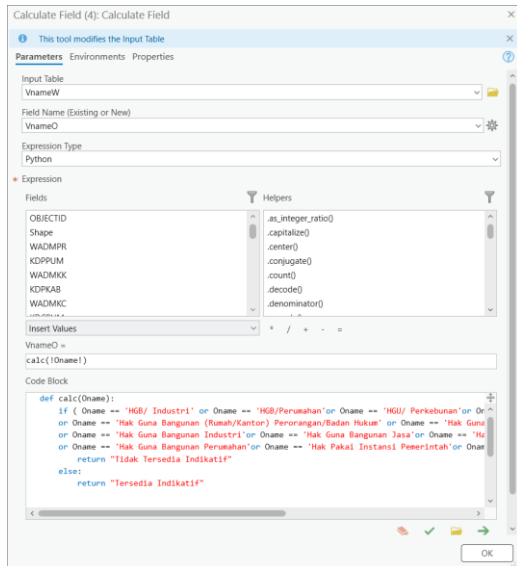
Sebagai ilustrasi, Gambar 8, digunakan kombinasi *open-source Python library GeoPandas* dengan ekosistem ArcGIS. Data yang diinputkan dapat diolah baik menggunakan kedua sumber tersebut dan pada penelitian ini menjadi cara yang efektif untuk mengolah masukan data. Gambar 8 (a) menampilkan script untuk mengkalkulasi analisis kesesuaian penggunaan tanah, 8(b)(c)(d) merupakan sript pada field calculator yang digunakan untuk memproses analisis ketersediaan tanah. Script yang telah dibuat dapat diintegrasikan kedalam Model Builder untuk kemudian dibuat geoprocessing tool, Gambar 9.



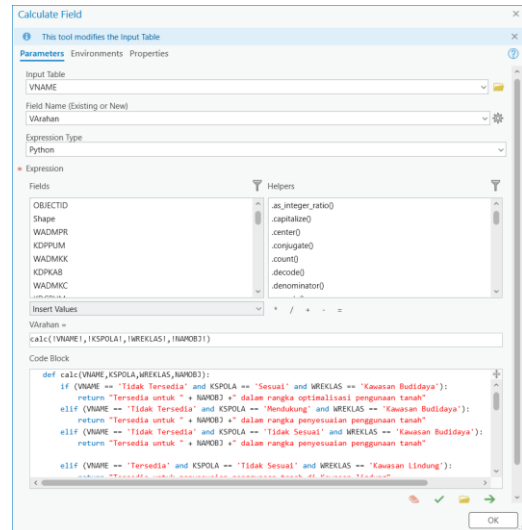
(a)



(b)



(c)

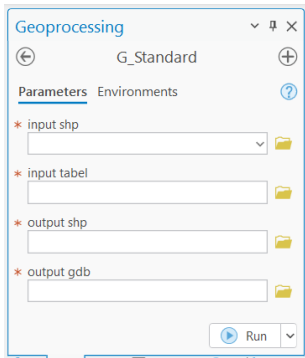


(d)

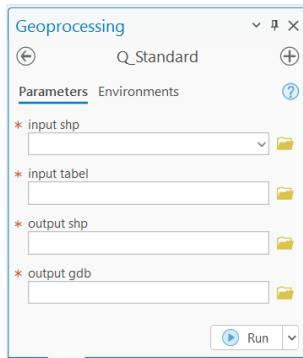
Gambar 3. Script pada analisis (a) kesesuaian penggunaan tanah terhadap tata ruang, dan (b) (c) (d) ketersediaan tanah.

Mengingat data masukan cukup banyak dan diperoleh dari berbagai sumber, maka diperlukan pengolahan dan standarisasi data. Tool geoprocessing dibuat untuk melakukan standarisasi data nama sesuai standarisasi klasifikasi penggunaan tanah serta penguasaan tanah. Untuk kesesuaian penggunaan tanah digunakan tool geoprocessing, Gambar 9(4), untuk menghasilkan matriks kesesuaian yang dapat digunakan sebagai acuan dalam analisis NPGT. Penamaan folder dan basisdata, Gambar 9 (5)(6), dibuat untuk mempermudah pengguna serta menstandarisasi penamaan file sesuai dengan juknis.

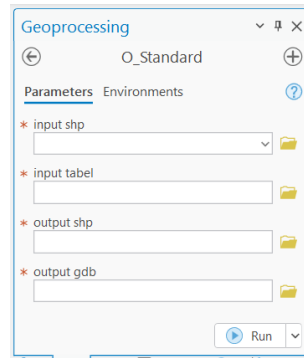
Pada Gambar 9 (7) terlihat tampilan tool analisis neraca penatagunaan tanah. Pada kolom masukan ANAME merupakan bagian untuk memasukkan file data administrasi, penggunaan tanah lama pada GNAME, penggunaan tanah baru pada QNAME, RTRW pada WNAME, GUPT pada ONAME dan kawasan hutan pada FKWS. Hasil dari analisis selanjutnya dapat mengurutkan field sesuai dengan standarisasi basisdata kemudian diekspor ke dalam folder dan basisdata yang telah dibuat.



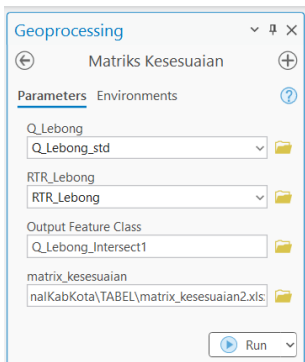
(1)



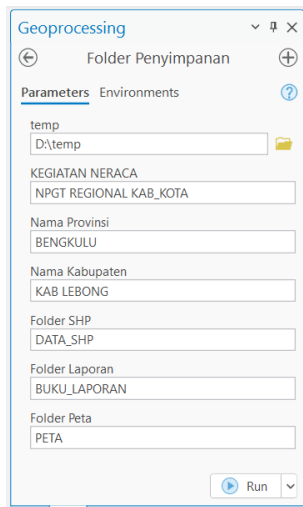
(2)



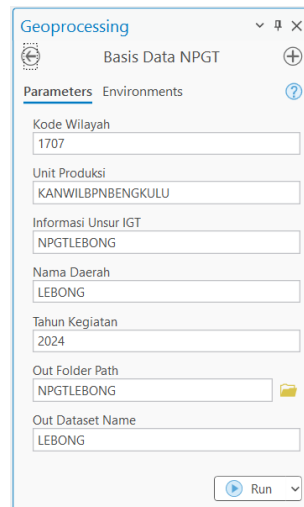
(3)



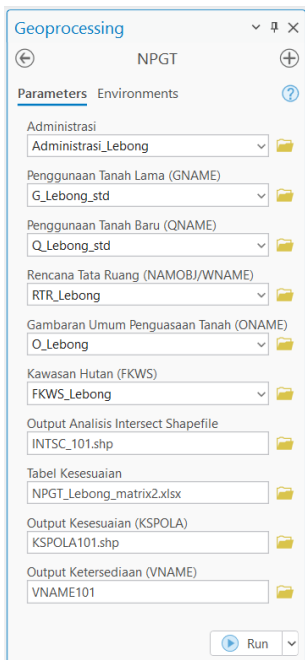
(4)



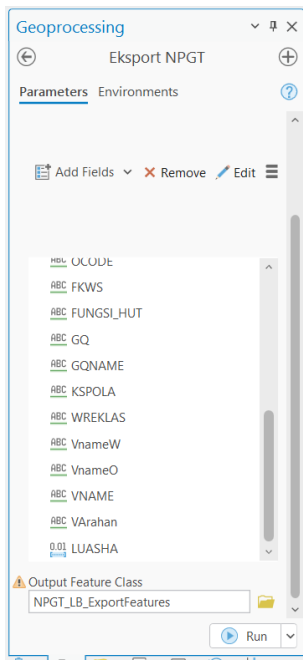
(5)



(6)



(7)

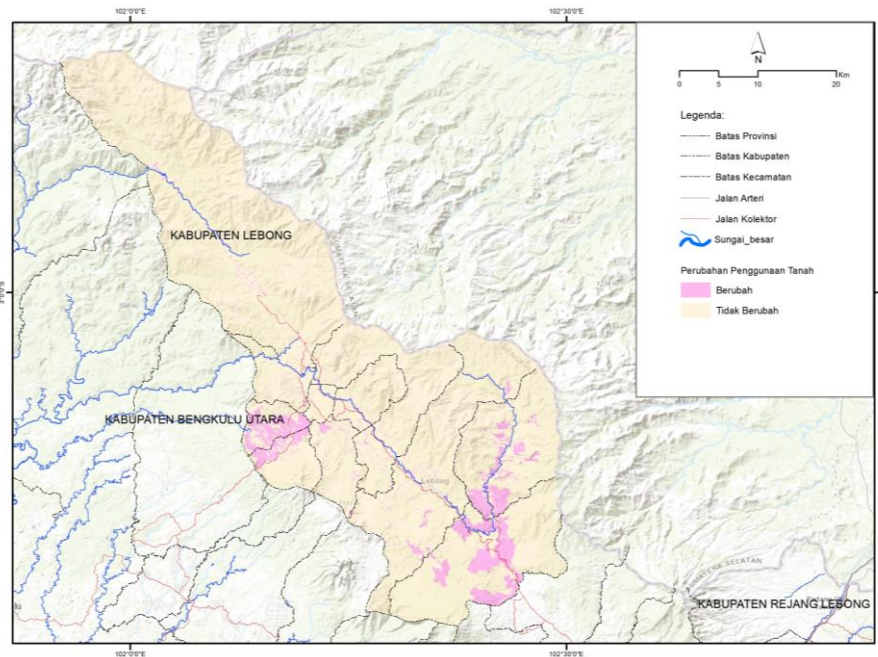


(8)

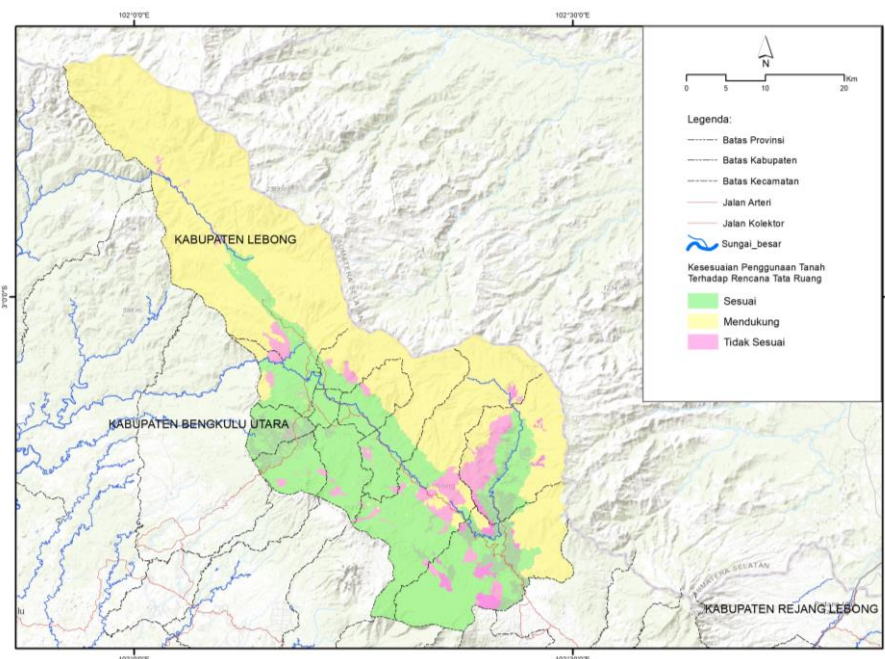
Gambar 4. Tool analisis neraca penatagunaan tanah

Setelah menjalankan tool analisis neraca penatagunaan tanah akan diperoleh hasil akhir berupa data ketersediaan (VNAME). Pada hasil akhir termuat tabel dengan beberapa kolom yang mencakup hasil analisis perubahan penggunaan tanah, kesesuaian, dan ketersediaan. Dari tabel tersebut dapat dilakukan simbologi untuk menghasilkan peta dari tiap analisis.

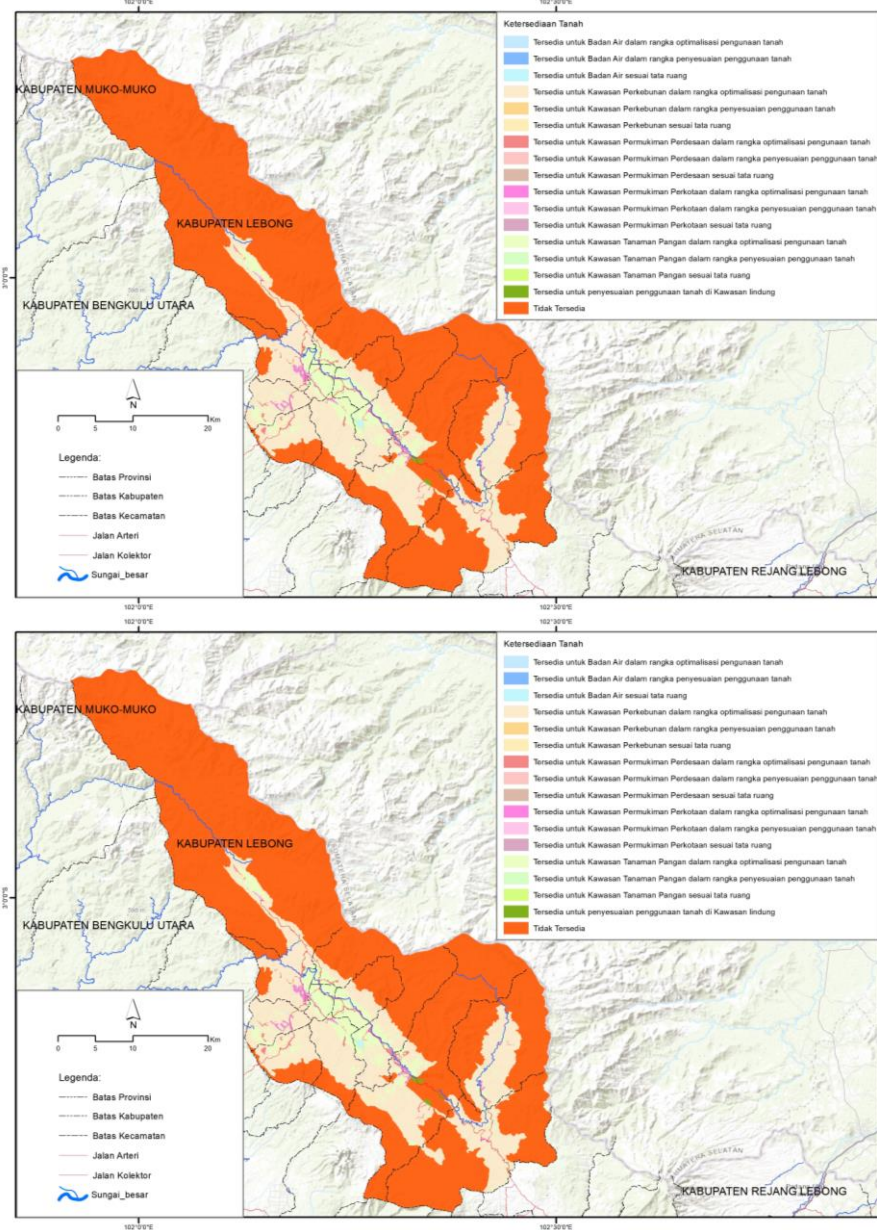
Peta yang dihasilkan memiliki hasil yang sama dengan analisis yang dilakukan secara bertahap secara konvensional. Dengan demikian tool analisis telah menjalankan seluruh proses geoprosesing dengan benar. Hasil analisis perlu dilakukan simbologi dan layout untuk menghasilkan tampilan berupa peta sebagaimana ditunjukkan pada Gambar 10, 11, dan 12.



Gambar 5. Peta perubahan penggunaan tanah output analisis menggunakan model builder



Gambar 6. Peta kesesuaian penggunaan tanah terhadap tata ruang. output analisis menggunakan model builder



Gambar 12. Peta Ketersediaan tanah

Pada analisis utama dihasilkan tabel Perubahan penggunaan tanah, kesesuaian, dan analisis ketersediaan sebagai berikut:

Tabel 2. Perubahan Penggunaan Tanah Kab. Lebong

Penggunaan Tanah	Tahun 2019	Tahun 2024	Perubahan Penggunaan Tanah
Danau/Telaga	180,90	180,90	0,00
Emplasemen	175,08	193,43	18,35
Hutan Lebat	114.497,83	114.012,49	-485,34
Kampung	1.012,10	1.143,15	131,05
Kebun Campuran	535,28	3.399,82	2.864,55
Kolam	14,35	17,79	3,45

Kuburan/Makam	15,52	16,30	0,78
Padang Rumput	13,04	10,64	-2,40
Perkebunan Besar	611,39	464,01	-147,38
Perkebunan Rakyat	29.334,98	36.388,82	7.053,84
Pertambangan	61,00	62,76	1,76
Perumahan	9,64	9,64	0,00
Sarana Olah Raga	16,78	16,69	-0,09
Sawah Irigasi	8.952,64	7.592,11	-1.360,53
Sawah Non Irigasi	0,00	4,02	4,02
Semak	0,00	104,78	104,78
Sungai	435,39	458,17	22,78
Tanah Penggunaan Lain	0,53	1,00	0,46
Tanah Rusak	302,90	310,02	7,12
Tanah Tandus	11,10	7,03	-4,07
Tegalan/Ladang	10.481,69	2.268,56	-8.213,13
Total Luas (Ha)	166.662,14	166.662,14	

Tabel 3. Kesesuaian Penggunaan Tanah Kab. Lebong

Row Labels	Sesuai	Mendukung	Tidak Sesuai	Luas Total
Danau/Telaga	11,17	166,07	3,66	180,90
Emplasemen	85,41	80,06	27,96	193,43
Hutan Lebat	19.071,29	94.939,59	1,61	114.012,49
Kampung	996,13	92,92	54,10	1.143,15
Kebun Campuran	3.153,61	30,39	215,82	3.399,82
Kolam	4,14	13,66		17,79
Kuburan/Makam	10,12	3,60	2,58	16,30
Padang Rumput	1,64	8,21	0,79	10,64
Perkebunan Besar	463,99		0,02	464,01
Perkebunan Rakyat	27.349,81	114,02	8.924,99	36.388,82
Pertambangan	4,83	53,81	4,12	62,76
Perumahan	9,53	0,11		9,64
Sarana Olah Raga	11,90		4,78	16,69
Sawah Irigasi	7.376,22	24,64	191,26	7.592,11
Sawah Non Irigasi	1,96		2,06	4,02
Semak	102,06	1,83	0,89	104,78
Sungai	454,68	3,49		458,17
Tanah Penggunaan Lain	1,00			1,00
Tanah Rusak				310,02
Tanah Tandus				7,03
Tegalan/Ladang	1.672,97		595,59	2.268,56
	60.782,46	95.532,39	10.347,29	166.662,14

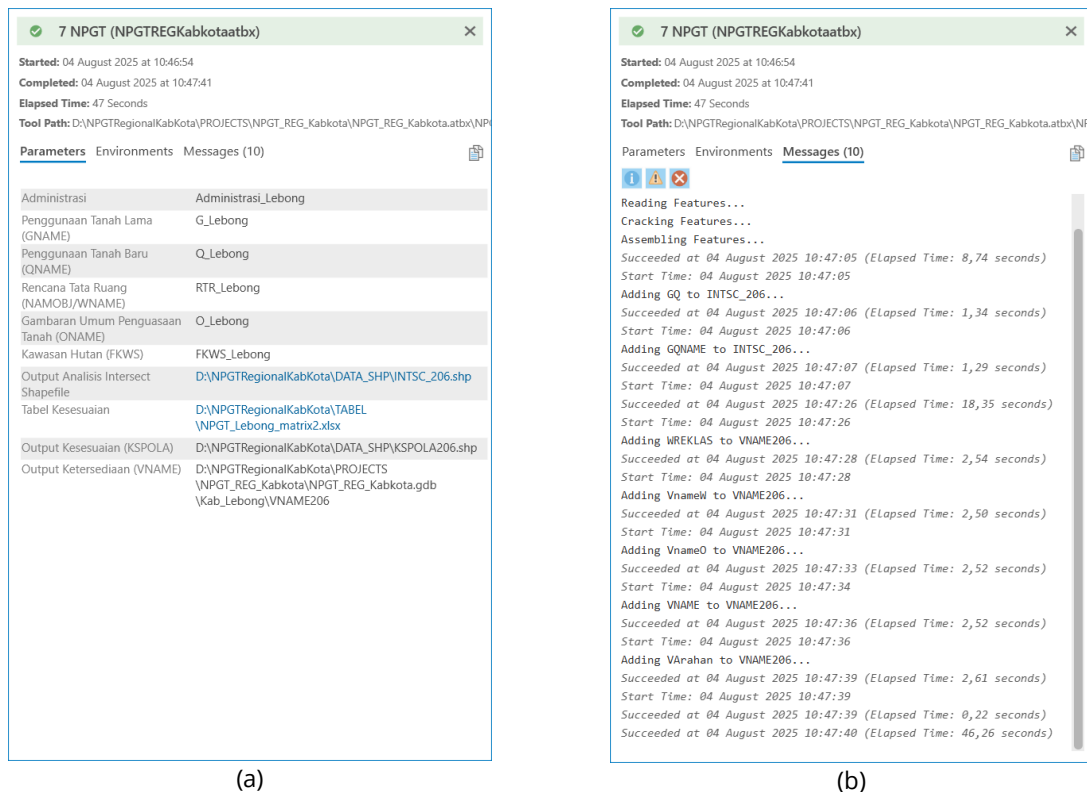
Tabel 4. Arahan Ketersediaan Tanah Kab. Lebong

Arahan Ketersediaan Tanah	Luas
Tersedia Untuk:	
Badan Air dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah	272,00
Badan Air dalam rangka penyesuaian penggunaan tanah	0,59
Badan Air sesuai tata ruang	224,09
Kawasan Perkebunan dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah	35.025,22

Kawasan Perkebunan dalam rangka penyesuaian penggunaan tanah	11,91
Kawasan Perkebunan sesuai tata ruang	266,61
Kawasan Permukiman Perdesaan dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah	817,25
Kawasan Permukiman Perdesaan dalam rangka penyesuaian penggunaan tanah	0,90
Kawasan Permukiman Perdesaan sesuai tata ruang	16,51
Kawasan Permukiman Perkotaan dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah	702,83
Kawasan Permukiman Perkotaan dalam rangka penyesuaian penggunaan tanah	7,91
Kawasan Permukiman Perkotaan sesuai tata ruang	256,21
Kawasan Tanaman Pangan dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah	8.586,47
Kawasan Tanaman Pangan dalam rangka penyesuaian penggunaan tanah	0,85
Kawasan Tanaman Pangan sesuai tata ruang	148,75
penyesuaian penggunaan tanah di Kawasan lindung	165,09
Tidak Tersedia	120.158,96
Total Luas (Ha)	166.662,14

Hasil yang diperoleh berupa peta dan tabel atribut hasil kalkulasi dari penggunaan tool geoprocessing tentu saja sangat dipengaruhi oleh data input. Dalam hal ini jika data yang diinputkan tidak akurat, maka informasi yang dihasilkan juga tidak *reliable*. Untuk itu sebelum dilakukan analisis perlu dilakukan verifikasi atau validasi data. Termasuk proses perbaikan topologi untuk mengeliminasi gap dan overlap serta memastikan tabel atribut untuk input pada analisis terisi dengan benar.

Selama proses pengujian Black-Box, fungsionalitas geoprocessing tool dievaluasi oleh developer/peneliti menggunakan parameter yang telah ditetapkan. Tujuan dari evaluasi ini adalah untuk mengetahui apakah geoprocessing tool dapat beroperasi sesuai harapan atau tidak. Geoprocessing history dapat digunakan untuk mengetahui data yang diinputkan pada setiap parameter, output yang dihasilkan serta waktu eksekusi pada setiap tahapan seperti dapat dilihat pada Gambar 13.



Gambar 7. Kinerja Tool Analisis Neraca PGT

Untuk evaluasi menggunakan SUS, Tool geoprosesing diuji oleh beberapa user/analisis yang merupakan mahasiswa tugas belajar yang juga merupakan pegawai kantor pertanahan, mahasiswa jalur umum, dan juga dosen. Setelah pengujian *Black Box* dilaksanakan oleh developer/peneliti pada setiap fitur, diperoleh hasil yang dapat dilihat pada Tabel 5. Beberapa fitur yang diuji antara lain Standarisasi Data Penggunaan Tanah Lama dan baru, GUPT, Pembuatan Pivot Table untuk Matriks Kesesuaian, Analisis Neraca Penatagunaan Tanah, Pembuatan Folder Penyimpanan, Pembuatan File geodatabase hasil analisis NPGT, dan Standarisasi dan ekspor hasil analisis NPGT ke dalam database.

Tabel 5. Hasil evaluasi Black Box

Feature	Test Case Description	Expected results	Pengamatan	Kesimpulan
Standarisasi Data Penggunaan Tanah Lama	Input Data SHP dan Tabel format Ecel dalam proses standarisasi	Input Data berfungsi dengan baik. Data dapat diinputkan pada <i>geoprocessing tool</i> .	Sesuai Harapan	Diterima
	Menghasilkan Data Penggunaan Tanah Lama yang terstandarisasi	Dihasilkan Data Penggunaan Tanah Lama yang terstandarisasi	Sesuai Harapan	Diterima
Standarisasi Penggunaan Tanah Baru	Input Data SHP dan Tabel format Ecel dalam proses standarisasi	Input Data berfungsi dengan baik. Data dapat diinputkan pada <i>geoprocessing tool</i> .	Sesuai Harapan	Diterima
	Menghasilkan Data Penggunaan Tanah Baru yang terstandarisasi	Dihasilkan Data Penggunaan Tanah Baru yang terstandarisasi	Sesuai Harapan	Diterima
Standarisasi Gambaran Umum Penguasaan Tanah	Input Data SHP dan Tabel format Ecel dalam proses standarisasi	Input Data berfungsi dengan baik. Data dapat diinputkan pada <i>geoprocessing tool</i> .	Sesuai Harapan	Diterima
	Menghasilkan Data Gambaran Umum Penguasaan Tanah yang terstandarisasi	Dihasilkan Data Gambaran Umum Penguasaan Tanah yang terstandarisasi	Sesuai Harapan	Diterima
Pembuatan Pivot Table untuk Matriks Kesesuaian	Input Data SHP (Penggunaan Tanah baru dan data Rencana Tata Ruang) untuk Pivot Table	Input Data berfungsi dengan baik. Data dapat diinputkan pada <i>geoprocessing tool</i> .	Sesuai Harapan	Diterima
	Membuat matriks dalam format excel	Dihasilkan matriks dalam format excel yang dapat digunakan untuk membuat matriks kesesuaian	Sesuai Harapan	Diterima
Analisis Neraca Penatagunaan Tanah	Input Data SHP dan Tabel Matrks kesesuaian format Ecel dalam proses standarisasi	Input Data berfungsi dengan baik. Data dapat diinputkan pada <i>geoprocessing tool</i> .	Sesuai Harapan	Diterima
	Membuat dan mengkalkulasi Kolom Perubahan Penggunaan Tanah, Analisis Kesesuaian, dan Ketersediaan	Dihasilkan Kolom dan hasil Analisis Perubahan Penggunaan Tanah, Kesesuaian, dan Ketersediaan	Sesuai Harapan	Diterima
Pembuatan Folder Penyimpanan	Membuat Folder Penyimpanan NPGT Kabupaten/Kota	Dihasilkan Folder Penyimpanan NPGT Kabupaten/Kota	Sesuai Harapan	Diterima
Pembuatan File geodatabase hasil analisis NPGT	Membuat Geodatabase Penyimpanan NPGT Kabupaten/Kota	Dihasilkan Geodatabase Penyimpanan NPGT Kabupaten/Kota	Sesuai Harapan	Diterima
Standarisasi dan ekspor hasil analisis NPGT ke	Input Data kedalam proses ekspor dan standarisasi	Input Data berfungsi dengan baik. Data dapat diinputkan pada	Sesuai Harapan	Diterima

dalam database

geoprocessing tool.

Mengekspor hasil analisis NPGT yang terstandarisasi ke dalam geodatabase	Diperoleh hasil analisis NPGT yang terstandarisasi di dalam geodatabase.	Sesuai Harapan	Diterima
--	--	----------------	----------

Dalam penelitian ini, untuk Analisis SUS hanya dilakukan pada fitur Analisis Neraca Penatagunaan Tanah berdasarkan survey dari 16 responden. Dalam evaluasi ini disertakan kebutuhan waktu dalam komputasi selain pertanyaan pada SUS. Otomatisasi analisis Neraca PGT dapat memberikan kemudahan dan mempersingkat waktu pemrosesan. Dengan menggunakan tool analisis Neraca PGT, hanya memerlukan langkah input data dan sekali eksekusi, sehingga waktu yang dibutuhkan lebih singkat. Perbandingan waktu antara analisis secara konvensional dengan menggunakan tool dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. perbandingan waktu analisis NPGT

Statistik	Waktu yang diperlukan		
	Tanpa Tool (Jam)	Tanpa Tool (Menit)	Dengan Tool (Menit)
Maksimum	48	960	8
Minimum	0,5	30	0,8
Rata-rata	5,8	350	2,5

Tes kegunaan pada tool neraca PGT dengan metode System Usability Scale (SUS) diperoleh hasil sebagai berikut:

Tabel 7. Skor geoprocessing tool berdasarkan SUS

Statistik	Skor	Acceptability	Grade	Rating
Maksimum	95	Acceptable	A	Excellent
Minimum	53	Marginal	F	OK
Rata-rata	72	Acceptable	C	Good

Berdasarkan hasil kuesioner dengan metode SUS, diperoleh nilai terendah yaitu 53 dan nilai tertinggi yaitu 95 dengan nilai rata-rata 72. Berdasarkan nilai rata-rata tersebut maka tool pemetaan analisis neraca PGT masih dalam kategori acceptable.

Pembahasan

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa perubahan penggunaan tanah sebagian besar ada pada lahan perkebunan dan pertanian. pengurangan luas penggunaan tanah terbesar pada tegalan/ladang, sawah irigasi dan hutan lebat. Sedangkan penambahan luasan terbesar pada Perkebunan rakyat (7.053,84 Ha) dan kebun campuran (3.399,82).

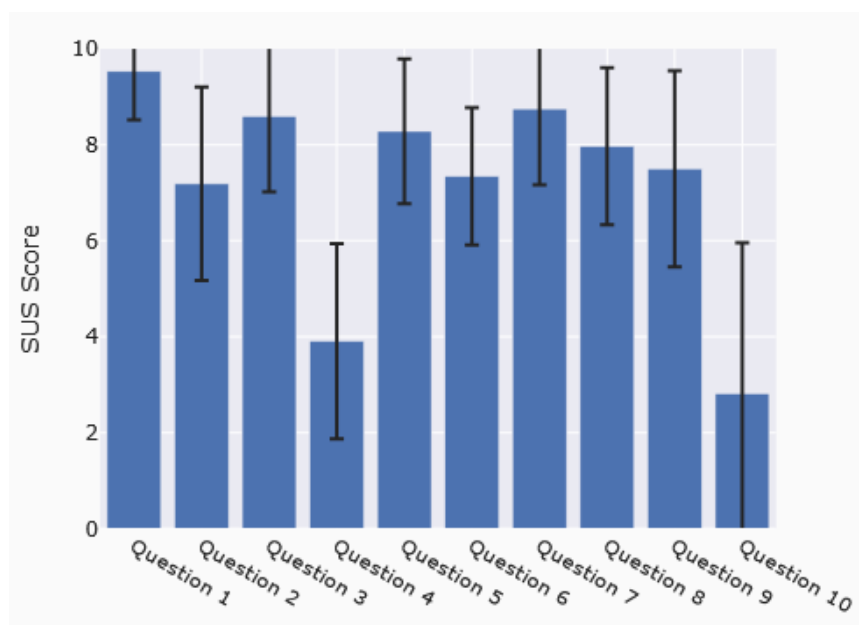
Terkait dengan analisis kesesuaian penggunaan tanah terhadap tata ruang, terdapat penggunaan tanah yang memiliki ketidaksesuaian dengan luasan yang besar/dominan yaitu Perkebunan Rakyat 8.924,99 Ha dan Kebun Campuran 215,82. Berdasarkan interpretasi citra, terdapat sebagian luasan penggunaan lahan tersebut berada di luar Kawasan Perkebunan dan Kawasan Pertanian Pangan. Hal tersebut mengakibatkan adanya ketidak sesuaian ketika dilakukan analisis.

Dari penggunaan tanah, kesesuaian, serta data penguasaan tanah diperoleh arahan ketersediaan tanah dengan kategor tersedia seluas 46.503,19 dan tidak tersedia 120.158,96. Dimana sebagian besar arahan ketersediaan ada pada Kawasan Perkebunan dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah 35.025,22 Ha, dan Kawasan Tanaman Pangan dalam rangka optimalisasi penggunaan tanah seluas 8.586,47 Ha.

Dari hasil tersebut menunjukkan bahwa data masukan dalam neraca penatagunaan tanah dapat menghasilkan informasi perubahan penggunaan tanah, kesesuaian penggunaan tanah terhadap tata ruang serta arahan ketersediaan tanah. Informasi tersebut dapat membantu pemerintah maupun *stakeholders* sebagai acuan dalam rangka identifikasi dan inventarisasi potensi daerah (Saut et al., 2019), serta menyusun perencanaan dan kebijakan pembangunan wilayah untuk mendukung pembangunan yang berkelanjutan (Sutaryono & Dewi, 2020). Sebagai contoh di atas, terdapat gambaran dinamik perubahan penggunaan tanah berupa pengurangan luasan pada lahan pertanian dan penambahan yang besar pada lahan perkebunan. Informasi tersebut sangat penting dalam menjaga ketahanan pangan melalui penentuan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) (Utami, 2019). Adanya ketidaksesuaian pada beberapa penggunaan tanah dapat menjadi kontrol seberapa efektif kegiatan pengendalian pertanahan (Muryono et al., 2018), karena dalam analisis NPGT sudah mendasarkan pada data dan informasi berkenaan dengan penguasaan, pemilikan, penggunaan, dan pemanfaatan tanah sebagaimana terdapat dalam NPGT (Sutaryono & Dewi, 2020).

Dari hasil evaluasi, geoprocessing tool dapat berjalan dengan baik, sesuai dengan Gambar 13 dan Tabel 5 menunjukkan bahwa semua fitur yang ada pada tool berfungsi pada pengujian *black box*. Hal ini juga terlihat bahwa kinerja tool mempercepat pekerjaan sesuai dengan Tabel 6. Analisis NPGT yang dilakukan dengan tanpa tool memerlukan waktu rata-rata 5,8 jam atau 350 menit, sedangkan dengan menggunakan tool hanya memerlukan waktu rata-rata 2,5 menit

Evaluasi menggunakan SUS dilakukan terhadap geoprocessing tool (Tabel 7) dengan, hasil tertinggi diperoleh skor 95 yang berarti *acceptable*, berada pada *grade A (excellent)*. Skor terendah dari penilaian pengguna sebesar 53 yang berarti *Marginal*, berada pada *grade F*, tetapi masih masuk kategori OK. Untuk rata-rata memperoleh skor 72 (*Acceptable*) berada pada *grade C (good)* menandakan bahwa bahwa tool tersebut dapat diterima oleh pengguna. Bila evaluasi pada setiap pertanyaan dicermati, maka respon pengguna dapat diketahui berdasarkan visualisasi skor SUS pada gambar berikut:



Gambar 8. Skor SUS pada masing-masing pertanyaan

Dari 10 pertanyaan pada metode SUS, skor rendah terdapat pada pertanyaan 4 (Saya perlu membiasakan diri terlebih dahulu sebelum menggunakan sistem ini) dan pertanyaan 10 (Saya membutuhkan bantuan dari orang lain atau teknisi dalam menggunakan sistem ini) hal ini menunjukkan bahwa pengguna harus membiasakan diri dengan tool yang dibuat atau perlu adanya training dalam penggunaan tool tersebut meski cukup sederhana. Hal ini dapat dimaklumi karena

tool tersebut dibangun pada Arcgis Pro yang merupakan *proprietary software*. Selain berbayar, *software* tersebut memerlukan spesifikasi *hardware* yang tinggi. Selain itu masih diperlukan *add-ins* berupa *deep learning libraries* untuk menjalankan tool tersebut. Skor yang memiliki nilai tinggi ada pada pertanyaan 1 (Saya berpikir akan menggunakan sistem ini lagi), menunjukkan bahwa ketertarikan pengguna pada sistem ini cukup tinggi.

Dari skor berdasarkan respon pengguna, menunjukkan bahwa geoprosesing tool yang digunakan dalam analisis NPGT dapat meningkatkan efisiensi serta dapat diterima oleh pengguna. Melalui otomasi, staf/analisis dapat terbebas dari tugas monoton, sehingga memungkinkan tenaga kerja meningkatkan keterampilan atau mempelajari keterampilan baru untuk melakukan tugas lain (UN-GGIM, 2020). Hal ini juga sesuai dengan (D. Nowak & Remlein, 2025) (Adaji-Agbane, 2024) (Juell-Skielse et al., 2022) bahwa otomatisasi memberikan kemudahan secara signifikan meningkatkan kecepatan, akurasi, konsistensi dan efisiensi. Temuan lain dari penelitian ini menunjukkan kemiripan dengan hasil dari riset lain (Unrau & Kray, 2018) (Rahman et al., 2022) terkait evaluasi sistem informasi geografis, bahwa keefektifan, efisiensi dan kepuasan pengguna berkaitan dengan desain, kemudahan penggunaan, serta kinerja ketika tool digunakan untuk analisis geospasial.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Analisis neraca PGT menggunakan tool secara otomatis dapat meningkatkan kinerja dan mempersingkat waktu. Selain itu dapat mengatasi kekurangan SDM untuk tenaga analisis data. Informasi yang dapat dihasilkan dengan menggunakan tool tersebut berupa perubahan penggunaan tanah, kesesuaian, dan ketersediaan tanah. Analisis neraca penatagunaan tanah metode konvensional membutuhkan waktu rata-rata 5,8 jam, sedangkan dengan metode otomatis menggunakan tool dapat mempersingkat waktu antara 2,5 menit, dimana hal ini cukup signifikan. Peran paling krusial dari Model Builder adalah pemangkasan waktu pemrosesan data. Dalam metode konvensional, analisis harus melakukan tahapan manual yang repetitif, namun dengan otomatisasi, efisiensi meningkat drastis. Selain itu dengan metode otomatis, analisis dapat diulang dengan mudah bila ada perbaikan input tanpa membutuhkan waktu yang lebih lama. Model Builder berfungsi sebagai bahasa pemrograman visual yang merangkai berbagai algoritma dan tugas geoprocessing dalam satu eksekusi tunggal. Model builder mampu melakukan Overlay Multi-Layer, yakni memproses input data administrasi, penggunaan tanah lama, penggunaan tanah baru, RTRW, GUPT, dan kawasan hutan secara simultan. Model ini juga mampu melakukan analisis terpadu, yakni secara otomatis menghasilkan tiga output utama NPGT: perubahan penggunaan tanah, kesesuaian terhadap tata ruang, dan arahan ketersediaan tanah. Dengan menggunakan model ini juga dapat dilakukan otomasi standar, yakni memastikan penamaan folder, basis data, dan klasifikasi penggunaan tanah mengikuti petunjuk teknis (juknis) yang berlaku, sehingga meminimalisir kesalahan manusia (*human error*).

Saran

1. Geoprocessing tool perlu diujicoba pada data dari berbagai kabupaten serta melibatkan user dari kantor pertanahan. Selain itu sebelum melakukan survey kepuasan pengguna, perlu dibuat *user's manual* atau cara penggunaan Geoprocessing tool untuk mempermudah user/analisis dalam mengolah data menggunakan geoprocessing tool yang telah dibangun.
2. Geoprocessing tool memasukkan lebih banyak analisis tambahan selain analisis utama Neraca Penatagunaan Tanah.
3. Perlunya konsultasi dengan direktorat penatagunaan tanah untuk dapat memperoleh pedoman teknis secara detil dalam analisis neraca penatagunaan tanah. Sehingga dapat diperoleh alur/framework analisis yang konsisten bila diterapkan pada data dari kabupaten yang berbeda.

4. Dapat dibangun geoprocessing tool yang berjalan pada platform opensource, sehingga user/analisis dapat dengan mudah mengakses software sekaligus menjalankan plugins geoprocessing tool.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd Elrahman, S., Ali, B., & Ataalmanan, I. (2022). *Applying ArcGIS ModelBuilder to Determination the Suitable Sites for Establishing Basic Schools (Case Study: Eastern Unit -Port Sudan City)*. 22, 35–42.
- Adaji-Agbane, W. (2024). *Python for GIS: Automation of Tasks using Geopandas and Matplotlib*. https://medium.com/@williams_dev/python-for-gis-automation-of-tasks-using-geopandas-and-matplotlib-b6d7e3dfae4c
- Atmaja, A. T., Santoso, D., & Ninghardjanti, P. (2018). Penerapan sistem otomatisasi administrasi untuk meningkatkan efektivitas dan efisiensi kerja di bidang pendapatan dinas perdagangan kota surakarta. *Jurnal Informasi Dan Komunikasi Administrasi Perkantoran*, 2(2), 1–14.
- Ayuningtias, A. (2024). Membangun Optimalisasi Kompetensi Aparatur Sipil Negara Melalui Penerapan Training Need Analysis. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 10(15 SE-Full Articles). <https://doi.org/10.5281/zenodo.13770710>
- Bangor, A., Staff, T., Kortum, P., Miller, J., & Staff, T. (2009). *Determining What Individual SUS Scores Mean : Adding an Adjective Rating Scale*. 4(3), 114–123.
- Brooke, J. (1996). SUS: A “Quick and Dirty” Usability Scale. In P. W. Jordan, B. Thomas, B. A. Weerdmeester, & I. L. McClelland (Eds.), *Usability Evaluation in Industry* (pp. 189–194). Taylor & Francis.
- Direktorat Penatagunaan Tanah. (2023). *Standarisasi Struktur Data IGT Direktorat Penatagunaan Tanah Tahun 2023*. Direktorat Penatagunaan Tanah, Direktorat Jenderal Penataan Agraria.
- Direktorat Penatagunaan Tanah. (2024). *Tata Cara Kerja Neraca Penatagunaan Tanah regional. Neraca Penatagunaan Tanah Kabupaten/Kota*, 10–24.
- Direktorat Penatagunaan Tanah. (2025). *Tata Cara Kerja Neraca Penatagunaan Tanah Regional Tahun 2025*. Direktorat Penatagunaan Tanah, Direktorat Jenderal Penataan Agraria.
- Dobesova, Z. (2013). Using the “Physics” of notation to analyse ModelBuilder diagrams. *International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management, SGEM*, 1, 595–602. <https://doi.org/10.5593/SGEM2013/BB2.V1/S08.039>
- ESRI. (2024). *No Title*. ModelBuilder Vocabulary. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/3.4/help/analysis/geoprocessing/modelbuilder/modelbuilder-vocabulary.htm>
- Hidayah, E. S., Almadani, M., & Suhriawan, A. M. (2021). Tantangan Pengembangan Kompetensi Aparatur Sipil Negara (Asn) Menuju “Low Cost Training (Lct)” Dalam Mewujudkan Reformasi Birokrasi. *Jurnal MSDA (Manajemen Sumber Daya Aparatur)*, 9(2), 117–127. <https://doi.org/10.33701/jmsda.v9i2.2014>
- Juell-Skielse, G., Lindgren, I., & Åkesson, M. (2022). *Towards Service Automation in Public Organizations BT - Service Automation in the Public Sector: Concepts, Empirical Examples and Challenges* (G. Juell-Skielse, I. Lindgren, & M. Åkesson (eds.); pp. 3–10). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-92644-1_1
- Karemuddin, M., & Rusthum, S. (2015). Developing Custom ArcGIS Tools to Prepare Data for Solar Potential Analysis using Remote Sensing Data and Image Processing Techniques. *Int J Innov Technol Res*, 3(6), 2519–2528.
- Khrisnamurti, Z. B., Budisusanto, Y., & Deviantari, U. W. (2022). Pemanfaatan Neraca Penatagunaan

- Tanah untuk Penentuan Lahan Pertanian Pangan Berkelanjutan (LP2B) Berbasis Bidang Tanah (Studi Kasus: Kecamatan Margorejo, Kabupaten Pati). *Jurnal Teknik ITS*, 11(3). <https://doi.org/10.12962/j23373539.v11i3.95834>
- Khrisnamurti, Z. B., Budisusanto, Y., & Deviantari, U. W. (2023). Utilization of land use balance to determine sustainable food agricultural land (LP2B) based on land parcels (Case study: Margorejo District, Pati Regency). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1127(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1127/1/012035>
- Lanya, I., & Subadiyasa, N. N. (2012). Penataan Ruang dan Permasalahannya di Provinsi Bali. *Jurnal Kajian Bali*, 02(April), 163–184.
- Muryono, S., Bimasena, A., & Dewi, A. (2018). Optimalisasi pemanfaatan neraca penatagunaan tanah dalam penyusunan Rencana Tata Ruang wilayah di Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Agraria Dan Pertanahan*, 4(2), 224–248. <http://dx.doi.org/10.31292/jb.v4i2.280>
- Nidhra, S., & Dondeti, J. (2012). Black Box and White Box Testing Techniques – A Literature Review. *International Journal of Embedded Systems and Applications (IJESA)*, 2(2), 29–50.
- Nowak, D., & Remlein, M. (2025). Office Work Automation : Implementation , Costs , And Benefits . A Case Study. *Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Organizacja i Zarządzanie*, 216, 385–406. <https://managementpapers.polsl.pl/wp-content/uploads/2025/03/216-Nowak-Remlein.pdf>
- Nowak, M. M., & Pędziwiatr, K. (2018). Dataset and GIS toolbox for modeling potential tree belt functions. *Data in Brief*, 20, 326–332. <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.08.005>
- Nugroho, R. H. (2016). Aplikasi ArcGIS Model Builder untuk Analisis Intensitas Pemanfaatan Ruang. *Jurnal Sebelas Maret*, 1–23.
- Pa Hidayat, Di., & Andajani, S. (2018). Development Land Erosion Model Using Model Builder GIS (Case Study: Citepus Watershed). *MATEC Web of Conferences*, 147, 1–6. <https://doi.org/10.1051/matecconf/201814703003>
- Prabowo, H. L. (2019). Study of parcels-based Land Use Planning in Urban areas dan Rural Areas (Case Study of Mantrijeron Sub-district, Yogyakarta City and Bambanglipuro Sub-district, Bantul Regency). *JGISE: Journal of Geospatial Information Science and Engineering*, 2(1), 171–184. <https://doi.org/10.22146/jgise.41848>
- Purnama, N., Nasaruddin, N., & Nizamuddin, N. (2019). Model Geoprocessing Untuk Otomatisasi Pemetaan Daerah Rawan Banjir Berbasis Geographic Information System. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer Dan Informatika*, 4(2), 1. <https://doi.org/10.26555/jiteki.v4i2.11488>
- Rahman, M. S., Shuhidan, S. M., & Masrek, M. N. (2022). *Validity and Reliability Testing of Geographical Information System (GIS) Quality and User Satisfaction towards Individual Work Performance †*.
- Saut, T., Siahaan, M., & Utami, W. (2019). *Hubungan Ketersediaan Tanah Dengan Kawasan Siap Bangun Dan Lingkungan Siap Bangun Dalam Pembangunan Kota Baru Manado*. 2(1).
- Schaller, J., & Mattos, C. (2010). ArcGIS ModelBuilder Applications for Landscape Development Planning in the Region of Munich , Bavaria. *Digital Landscape Architecture, January 2010*, 1–12.
- Sharfina, Z., & Santoso, H. B. (2016). An Indonesian adaptation of the System Usability Scale (SUS). *2016 International Conference on Advanced Computer Science and Information Systems (ICACSIS)*, 145–148. <https://doi.org/10.1109/ICACSIS.2016.7872776>
- Supratikno, S. I. (2016). Pemanfaatan Neraca Penatagunaan Tanah Dalam Mendukung Penyusunan Sistem Informasi Ketahanan Pangan Pokok Wilayah (Studi Di Kabupaten Sleman Propinsi Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Ketahanan Nasional*, 22(1), 22. <https://doi.org/10.22146/jkn.10653>

- Supriyatna, C. (2024). Analisis Kebutuhan Pengembangan Kompetensi Pegawai Administrasi Umum Golongan II dan III Di Kabupaten Bandung. *Coopetition : Jurnal Ilmiah Manajemen*, 15(1 SE-Articles), 177–196. <https://doi.org/10.32670/coopetition.v15i1.4289>
- Sutaryono, S., & Dewi, A. R. (2020). *Pemanfaatan Neraca Penatagunaan Tanah Untuk Percepatan Penyusunan RDTR-PZ*.
- UN-GGIM. (2020). *Future trends in geospatial information management: the five to ten year vision*.
- Unrau, R., & Kray, C. (2018). Usability evaluation for geographic information systems : a systematic literature review. *International Journal of Geographical Information Science*, 00(00), 1–21. <https://doi.org/10.1080/13658816.2018.1554813>
- Utami, W. (2019). Framework optimalisasi neraca penatagunaan tanah dan data pertanahan dalam penentuan lokasi lahan pertanian pangan berkelanjutan. *PROSIDING*.
- Zandbergen, P. A. (2020). *Python scripting for ArcGIS Pro*. Esri Press Redlands, CA, USA.