

PENERAPAN PENGOLAHAN CITRA TANAH PASIR UNTUK MENGUKUR KEKUATAN TANAH SEBAGAI DASAR PERTIMBANGAN KONSTRUKSI BANGUNAN ATAU JALAN MENGGUNAKAN METODE OTSU THRESHOLDING

Golda Tomasila¹⁾, Trientje Marlein Tamtelahitu²⁾, Dessy Gloria Palyama³⁾

1. Universitas Kristen Indonesia Maluku, Indonesia
2. Universitas Kristen Indonesia Maluku, Indonesia
3. Universitas Kristen Indonesia Maluku, Indonesia

Article Info

Kata Kunci: Pengolahan Citra Tanah Pasir; Metode Otsu Thresholding; Tanah Pasir

Keywords: Selection sort; Sequential Search; Information System; Waterfall

Article history:

Received 29 May 2023

Revised 12 June 2023

Accepted 26 June 2023

Available online 1 December 2023

DOI :

<https://doi.org/10.29100/jipi.v8i4.4607>

* Corresponding author.

Golda Tomasila

E-mail address:

tomasilagolda@gmail.com

ABSTRAK

Seiring dengan berkembangnya teknologi pengolahan citra digital, manusia menginginkan agar mesin, dalam hal ini adalah komputer, dapat mengenali citra seperti layaknya penglihatan manusia. Salah satu pemanfaatannya adalah untuk membantu mempercepat proses analisis tingkat kepadatan butiran tanah pasir berdasarkan bentuk, ukuran butiran dan distribusi tanah di suatu lokasi, hal tersebut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan tanah. Dalam menganalisis kekuatan tanah pasir berdasarkan tingkat kepadatan tanah yang dipengaruhi faktor distribusi ukuran butiran tanah menggunakan metode Otsu Thresholding. Tujuan dari penelitian ini adalah agar dapat mendeteksi distribusi butiran tanah pasir sebagai salah satu indikator tingkat kepadatan tanah, sehingga dapat menjadi dasar pertimbangan proses perbaikan dan perkuatan tanah pasir yang nantinya akan ditambah kekuatannya dengan berbagai material pengisi seperti semen portland, kapur, abu dan lain sebagainya sebelum dilakukan pembangunan konstruksi bangunan atau jalan. Hasil analisis diperoleh bahwa metode otsu thresholding dapat mengsegmentasi butiran tanah pasir dengan baik, kemudian proses regionprops menentukan distribusi ukuran butiran tanah pasir yang tersegmentasi. Berdasarkan analisis histogram luas dan diameter butiran tanah dari 150 dataset citra tanah pasir, sebagian besar dapat diklasifikasikan menjadi tanah dengan butiran padat, hanya beberapa tanah pasir yang memiliki struktur tanah lepas.

ABSTRACT

As digital image processing technology develops, humans want machines, in this case computers, to be able to identify images just like human vision. One of its uses is to help speed up the process of analyzing the density of sand grains based on the shape, grain size and distribution of soil in a location, this is one of the factors that affect soil strength. In analyzing the strength of sandy soil based on the level of soil density which affects the grain size distribution factor of the soil using the Otsu Thresholding method. The purpose of this research is to be able to detect the distribution of sand grains as an indicator of soil density, so that it can be used as a basis for considering the process of repairing and strengthening sandy soil which will later be strengthened with various fillers such as portland cement, lime, ash and so on. prior to construction of a building or road. The results of the analysis show that the Otsu thresholding method can segment sand grains well, then the regionprops process determines the size distribution of segmented sand grains. Based on the histogram analysis of the area and diameter of the soil grains from 150 datasets of sand soil images, most of them can be classified as soil with fine grains. dense, only some sandy soils have a loose soil structure.

I. PENDAHULUAN

Seiring dengan berkembangnya teknologi[1] didalamnya termasuk pengolahan citra digital[2], manusia menginginkan agar mesin dalam hal ini adalah komputer, dapat mengenali citra seperti layaknya penglihatan manusia. Salah satu pemanfaatannya adalah untuk membantu mempercepat proses analisis tingkat kepadatan butiran tanah pasir berdasarkan bentuk, ukuran butiran tanah disuatu lokasi, hal tersebut merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi kekuatan tanah [3][4][5].

Perlunya menganalisis tingkat kepadatan butiran tanah pasir, karena tanah pasir merupakan salah satu bahan penting dalam konstruksi bangunan atau jalan. Namun tanah pasir memiliki kekurangan yaitu tidak memiliki daya ikat antar partikel dan berpotensi kurang menguntungkan jika digunakan dalam konstruksi bangunan atau jalan. Padahal suatu konstruksi bangunan dan jalan yang baik tidak akan dapat terwujud apabila tidak didukung oleh daya dukung tanah yang memadai. Daya dukung tanah dasar adalah suatu parameter kemampuan lapisan tanah untuk menampung beban yang dibebankan di atasnya. Selain itu pada prosesnya, sering dijumpai berbagai keadaan tanah yang sulit, seperti tanah yang terlalu lunak, terlalu lepas atau tidak padat.

Analisis tingkat kekuatan/kepadatan tanah, biasanya diolah pada laboratorium tanah dengan metode laboratorium proctor standar yang tentunya memerlukan waktu yang cukup lama[6][7]. Cara lain yang dapat digunakan untuk menganalisis distribusi ukuran butiran tanah pasir adalah dengan menggunakan teknologi pengolahan citra digital karena dapat membantu mempermudah dan mempercepat pekerjaan manusia, termasuk mempelajari dan menganalisis ukuran butiran tanah secara efisien.

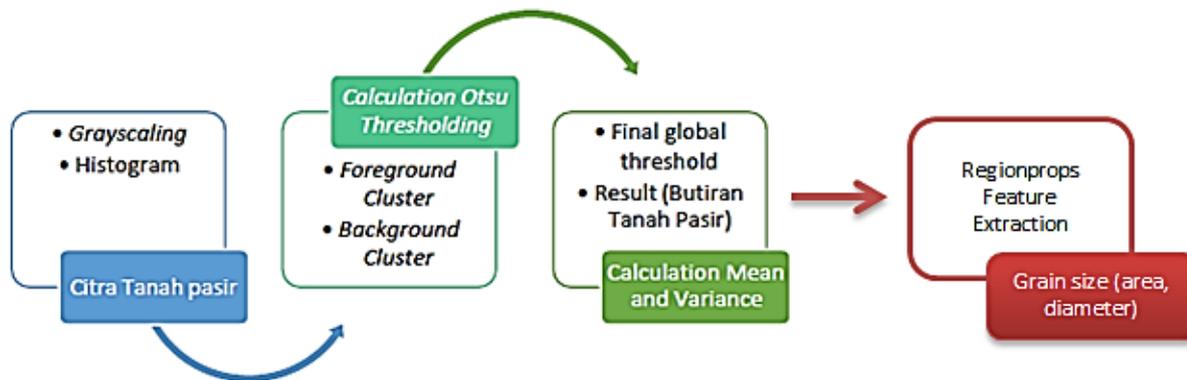
Untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah pasir dilakukan melalui proses segmentasi yaitu objek dibagi menjadi sekelompok piksel homogen dalam beberapa cara atau metode[4][8][9]. Diperlukan penggunaan metode yang tepat untuk mendapatkan hasil segmentasi butiran tanah yang baik. Didalam penelitian ini, peneliti akan menggunakan metode *Otsu Thresholding* sebagai tahapan dasar untuk dapat memahami informasi pada citra tanah pasir[8][9][10][11]. Metode *Otsu Thresholding* sebagai salah satu metode pengolahan citra digital yang cepat/efisien dan cocok untuk pencahayaan sekitar serta reflektifitas permukaan objek mengingat tekstur butiran tanah pasir yang bervariasi[11], maka metode ini digunakan sebagai tahapan dasar menentukan bentuk butiran. Kelebihan metode *Otsu Thresholding* adalah metode ini mudah dalam implementasi, waktu proses yang tidak terlalu lama, dapat meningkatkan kecepatan operasi dan ambang batas sehingga hemat waktu, citra yang dihasilkan jernih dan jelas, tingkat akurasi cukup tinggi, kebal terhadap *noise*, cocok pada pencahayaan sekitar dan permukaan objek. Metode *otsu thresholding* digunakan pada beberapa citra medis antara lain *MRI*, *cell images*, *mammogram* dan citra lainnya[11][12] [13][14][15][16], namun pada penelitian ini penerapan metode *Otsu Thresholding* digunakan pada citra tanah pasir yang diperoleh berdasarkan hasil pemotretan langsung dilokasi penelitian. Dimana penggunaan metode *otsu thresholding* pada penelitian – penelitian sebelumnya hanya mengklasifikasikan piksel citra untuk menghitung nilai varians maksimum antara latar depan dan latar belakang citra berdasarkan analisis histogram, atau memilih nilai ambang batas untuk meminimalkan *varians intraclass* dari ambang piksel hitam dan putih, menggunakan nilai keabuan optimal dari citra dan *threshold*, sedangkan pada penelitian ini penggunaan *otsu thresholding* dengan menambahkan *region property (regionprops)* sebagai fitur ekstraksi untuk area dan diameter butiran tanah pasir [17]. Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah diuraikan, maka peneliti dapat merumuskan masalah penelitian : Bagaimana pengolahan citra tanah pasir dengan metode *Otsu thresholding* dalam menentukan distribusi ukuran butiran tanah pasir sebagai salah satu indikator penting tingkat kepadatan tanah yang mempengaruhi tingkat kekuatan tanah.

II. METODOLOGI PENELITIAN

A. Pemecahan Masalah

Pada rencana penelitian yang akan diusulkan, bagaimana nantinya menerapkan metode *Otsu Thresholding* yang ditemukan oleh Nobuyuki Otsu pada tahun 1979, metode ini merupakan metode yang efisien dan sederhana untuk menganalisis citra tanah pasir dibandingkan dengan metode analisis citra lainnya. Metode *Otsu Thresholding* mudah dalam implementasi, waktu prosesnya tidak terlalu lama, meningkatkan kecepatan operasi dan ambang batas sehingga hemat waktu, citra yang dihasilkan jernih dan jelas, tingkat akurasi cukup tinggi, kebal terhadap *noise*, cocok pada pencahayaan sekitar dan permukaan objek. Citra tanah pasir yang diambil lewat pemotretan langsung dilapangan dengan menggunakan kamera digital, kemudian dengan tahapan *algoritma Otsu thresholding*

diolah untuk mengetahui distribusi ukuran butiran partikel tanah. Adapun gambaran tahapan metode *Otsu Thresholding* dapat dilihat pada gambar 1:

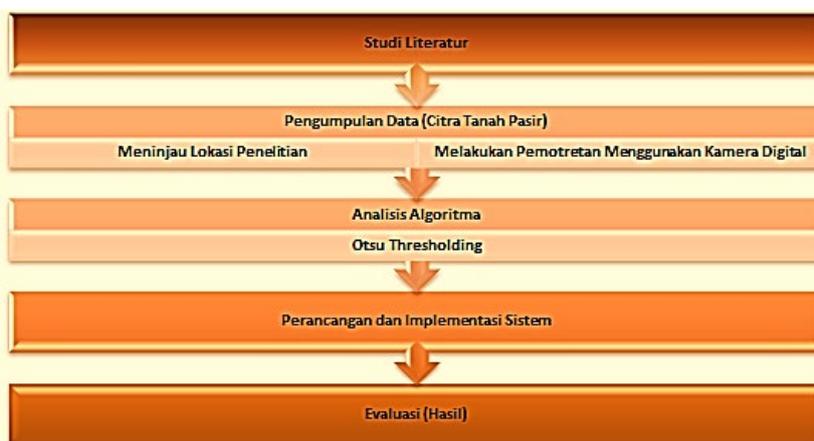


Gambar. 1. Tahapan Metode *Otsu Thresholding* dengan *regionprops*

Pertama-tama Citra tanah pasir sebagai citra masukan, kemudian dengan metode *otsu thresholding* mengklasifikasikan piksel citra untuk menghitung nilai varians maksimum antara latar depan dan latar belakang citra berdasarkan analisis histogram, atau memilih nilai ambang batas untuk meminimalkan *varians intraclass* dari ambang piksel hitam dan putih, menggunakan nilai keabuan optimal dari citra dan *threshold*, sehingga dengan penggunaan histogram citra dapat meningkatkan kecepatan pengolahan citra tanah pasir untuk mendapatkan objek berupa butiran tanah pasir. Nilai ambang batas inilah yang akan memisahkan histogram citra input menjadi dua bagian berisi objek butiran tanah pasir dan latar belakangnya. Proses selanjutnya adalah menentukan tingkat kekuatan/kepadatan tanah berdasarkan distribusi ukuran butiran tanah pasir. Kebaruan penelitian ini adalah citra Tanah Pasir yang digunakan sebagai dataset penelitian diperoleh langsung dari hasil pemotretan beberapa tanah pasir yang ada di Kota Ambon Provinsi Maluku, menerapkan metode *Otsu Thresholding* pada citra tanah pasir yang berlokasi di Kota Ambon Provinsi Maluku belum pernah dilakukan sebelumnya. Selain penerapan metode tersebut pada citra medis yaitu *MRI, cell images, mammogram* dan citra lainnya [11][12] [13][14][15][16], dan Penerapan *regionprops* pada *Otsu thresholding*.

B. Metode

Metode penelitian ini akan difokuskan pada beberapa tahapan seperti pada gambar 2.



Gambar. 2. Tahapan Alur Penelitian

Studi literatur yaitu mengumpulkan informasi mengenai klasifikasi butiran tanah pasir, pengolahan citra, segmentasi, dan analisis metode *Otsu Thresholding*. Selanjutnya pengumpulan data citra tanah pasir diperoleh dengan pemotretan langsung dilokasi penelitian yaitu beberapa pantai di Kota Ambon Provinsi Maluku. Kemudian pemotretan citra tanah pasir menggunakan kamera digital dengan format JPEG, dan berskala RGB. Citra tanah pasir berbutir kasar terdiri dari kerikil dengan ukuran butiran tanah yang masih tergolong kelompok pasir adalah 4,75 mm – 76,2 mm dan tanah pasir yang ukuran butirannya berkisar antara 0,075 mm – 4,75 mm [14]. Analisis metode *Otsu Thresholding* untuk menentukan tahapan segmentasi dengan mengacu kepada penelitian Bhagya T,

dkk[15]. Berdasarkan hasil analisis algoritma, maka dilakukan tahap perancangan dan implementasi sistem yaitu dilakukan perancangan sistem kedalam bahasa pemrograman matlab untuk mendapatkan hasil butiran citra tanah pasir yang nantinya dapat dipergunakan untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah dan berlanjut pada proses pengklasifikasian tanah. Berdasarkan hasil perancangan dan implementasi sistem maka tahap selanjutnya adalah melakukan proses evaluasi bagaimana pengolahan citra tanah pasir dengan metode *Otsu thresholding* dalam menentukan distribusi ukuran butiran tanah pasir sebagai salah satu indikator penting tingkat kepadatan tanah yang mempengaruhi tingkat kekuatan tanah. $\times 0,2 \text{ cm}$,” bukan “ $0.1 \times 0,2 \text{ cm}^2$.”

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

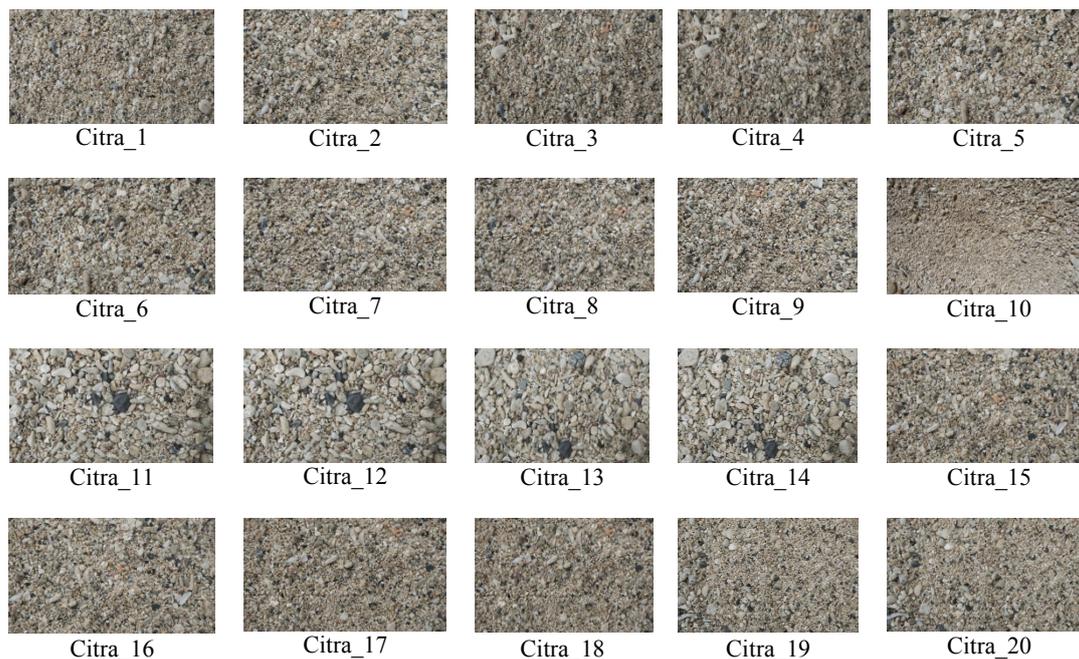
A. Data

Dataset yang diperlukan adalah citra tanah pasir. Dimana suatu citra merupakan gambaran dari objek[13][18], sedangkan tanah pasir yang digunakan merupakan jenis tanah butir kasar (*granular soil*) yang terdiri dari kerikil (*gravel*) dan pasir (*sand*). Berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS) ukuran butiran kerikil yang masih tergolong tanah pasir adalah 4,75mm - 76,2 mm dan ukuran butiran pasir 0,075 mm – 4,75 mm. Dataset Citra Tanah Pasir diperoleh berdasarkan hasil pemotretan langsung dilokasi penelitian (pantai natsepa, namalatu dan kolam belanda) dengan pertimbangan agregat tanah pasir yang digunakan sesuai dengan ukuran butiran berdasarkan *Unified Soil Classification System* (USCS). Pemotretan tanah pasir menggunakan kamera Fujifilm X-S10 dengan ukuran citra asli 6240 x 3512, berformat JPG (*Joint Photographic Experts Group*), dan berskala RGB. Berikut merupakan kamera DSLR dengan merek Fujifilm tipe X-S10 seperti pada gambar 3:

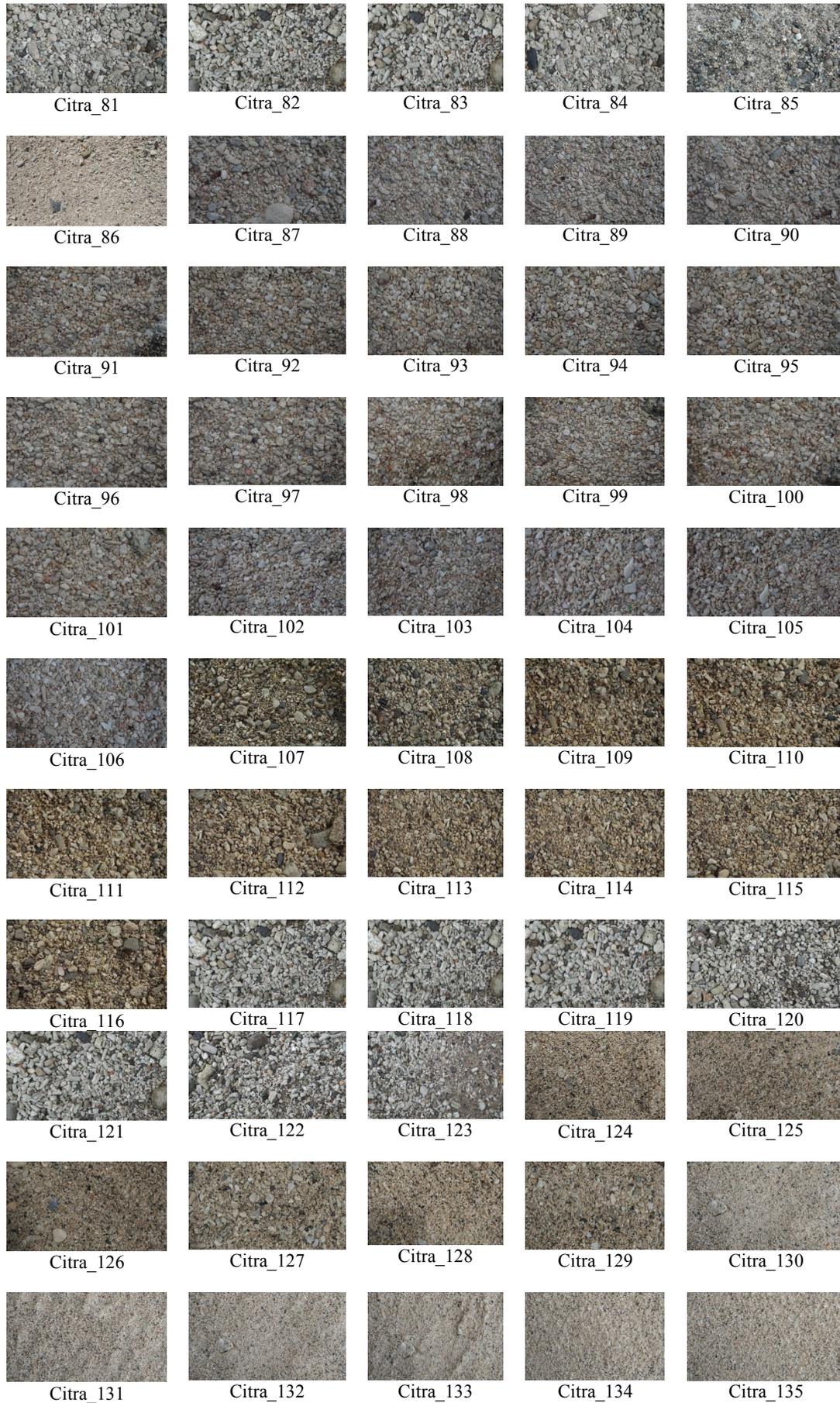


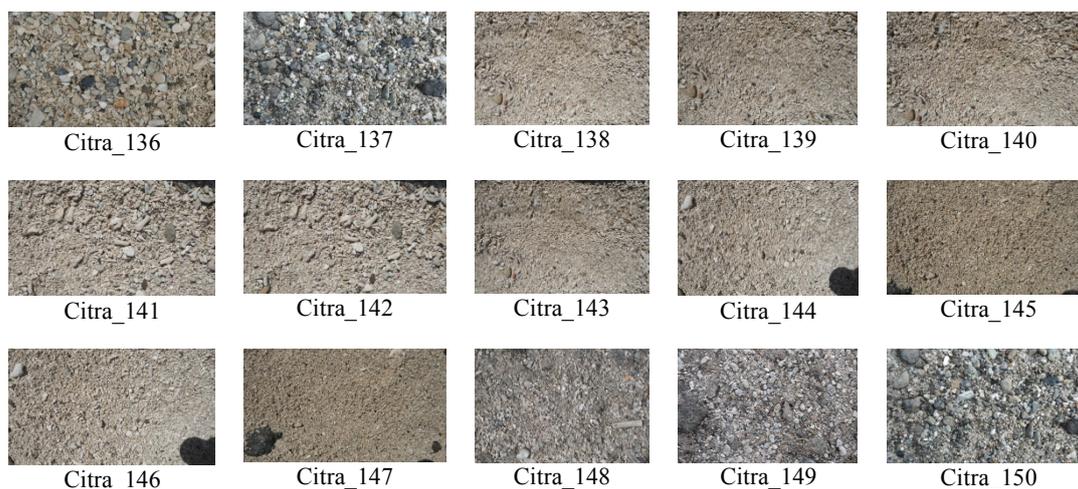
Gambar. 2. Kamera Fujifilm X-S10

Alat penelitian yang digunakan adalah laptop Asus dengan spesifikasi *hardware* Intel®Core™ i5-3317 CPU @1.70GHz, GPU NVIDIA GeForce GT 635M, RAM 4 GB. Sedangkan *Software* yang digunakan dalam penelitian ini adalah sistem operasi windows 8.1 pro, *adobe Photoshop CS3* untuk proses editing, Matlab R2014a untuk mendukung proses pengolahan citra. Berikut merupakan hasil 150 Foto Citra Tanah Pasir berdasarkan proses pengumpulan data yang dilakukan di lokasi penelitian seperti tampak pada gambar 2 :



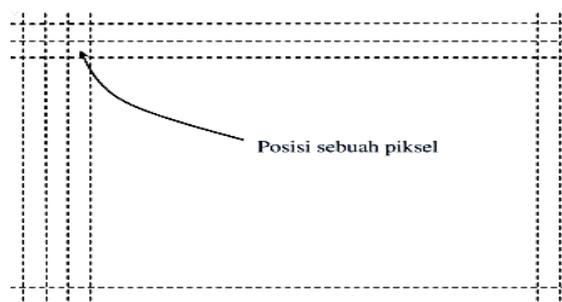






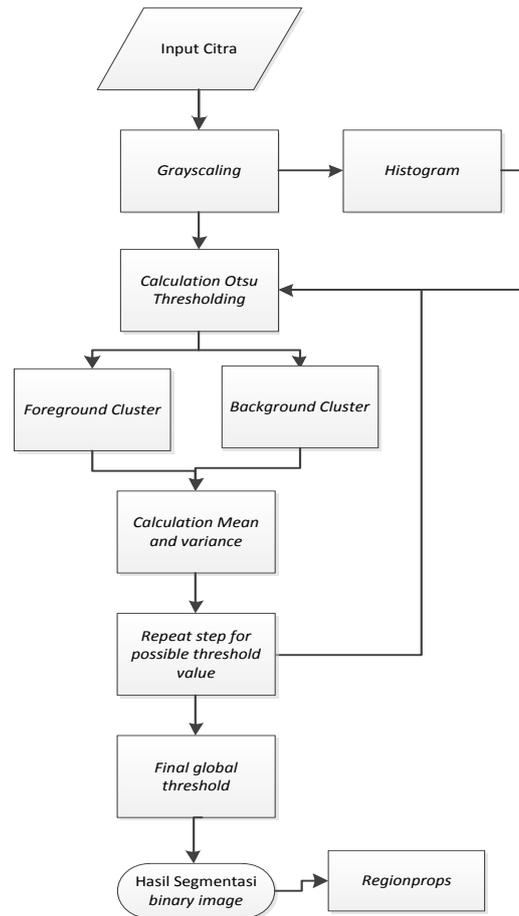
Gambar. 3. Citra Tanah Pasir

Citra tanah pasir yang digunakan bersifat digital yaitu citra dapat langsung disimpan dalam media penyimpanan (komputer), berupa angka-angka yang menunjukkan besar intensitas pada masing-masing piksel. Atau digambarkan sebagai sebuah fungsi $f(x,y)$ dua dimensi, dimana x merupakan baris dan y merupakan kolom atau dapat juga disimbolkan dengan $M \times N$ dimana M adalah baris dan N adalah kolom. Koordinat x dan y atau M dan N menunjukkan lokasi piksel. Selain itu citra digital dapat dikatakan sebagai sekumpulan piksel (elemen terkecil dari suatu citra)[19]. Berikut merupakan gambaran posisi suatu piksel pada citra seperti tampak pada gambar 4:



Gambar. 3. Sistem Koordinat Citra Berukuran $M \times N$ [19]

$M \times N$ menyatakan resolusi citra atau ukuran citra dan tiap elemen matriks menyatakan sebuah piksel (*picture element*). Citra tanah pasir dengan ukuran citra asli 6240×3512 piksel berarti disusun oleh 21.914.880 piksel. Semakin banyak piksel pada citra maka akan mengurangi kecepatan proses pengolahan citra, untuk itu ukuran citra tanah pasir perlu diubah dalam ukuran yang lebih kecil sesuai dengan tujuan pengolahan agar lebih praktis untuk diolah[20]. Setelah memperoleh 150 dataset citra tanah pasir berdasarkan pemotretan langsung dilokasi penelitian, selanjutnya citra tersebut diolah menggunakan metode *Otsu Thresholding*. Analisis metode *Otsu Thresholding* merupakan metode umum untuk menghasilkan hasil yang baik, sehingga dapat digunakan untuk menentukan tahapan segmentasi butiran tanah pasir[21], hal ini juga mengacu kepada penelitian Bhagya T, dkk[22]. Hasil analisis algoritma *otsu thresholding*, kemudian diimplementasikan kedalam bahasa pemrograman matlab. Dalam penelitian ini digunakan matlab R2014a sebagai perangkat lunak dalam pengolahan data. Menerapkan metode *Otsu Thresholding* untuk memperoleh butiran tanah pasir, dengan terlebih dahulu melakukan proses segmentasi citra. Berikut ini merupakan algoritma metode *Otsu Thresholding* dapat digambarkan pada *flowchart* seperti tampak pada gambar 8 :



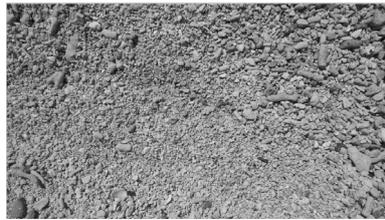
Gambar. 8. Flowchart Algoritma Otsu Thresholding

Pada gambar 8 menampilkan *flowchart* algoritma *Otsu Thresholding*, dimana pertama-tama citra input dalam bentuk RGB diubah terlebih dahulu menjadi citra dengan skala abu-abu, selanjutnya menampilkan histogram citra, yang akan digunakan untuk menentukan ambang batas. Memilih ambang batas yang memaksimalkan varians kelas. Kemudian menghitung nilai probabilitas dan mean untuk nilai diatas dan dibawah ambang batas. Menambahkan kedua varians dengan bobot, untuk menghitung varians dalam kelas (*within class variance*) untuk latar depan dan latar belakang. Dengan menghitung nilai *mean* dan *variance*, untuk menemukan nilai ambang batas dari kelas latar depan dan latar belakang, yaitu *Within-class variance* yang berarti sedekat mungkin dalam kelas dan *between class variance* atau sejauh mungkin antar kelas. Meminimalkan *Within-class variance* dan memaksimalkan *between class variance* dapat memisahkan objek dengan latar belakang. Lakukan pengulangan untuk nilai ambang batas yang berbeda dan bandingkan varians dalam kelas. Selanjutnya nilai ambang batas terendah dalam varians kelas dipilih sebagai hasil akhir. Berikut ini merupakan proses pengujian metode *Otsu Thresholding* pada citra tanah pasir, pertama-tama input citra tanah pasir dalam bentuk RGB, seperti tampak pada gambar 9:



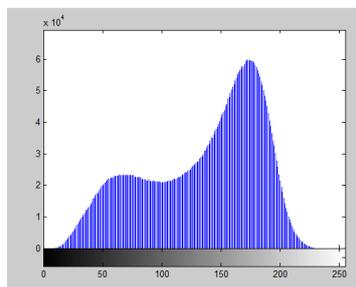
Gambar. 9. Citra asli (RGB)

Citra dengan ukuran 6240 x 3512 piksel di perkecil dengan skala 0,5 atau mengurangi ukuran citra 50% dari citra asli menjadi ukuran 3120 x 1756 piksel. Kemudian Citra asli dalam bentuk RGB di konversi ke citra dengan skala abu-abu, dengan membagi sama rata nilai *red*, *green* dan *blue*, sehingga mendapatkan nilai *graylevel*, seperti tampak pada gambar 10.



Gambar. 10. Citra Abu (Gray)

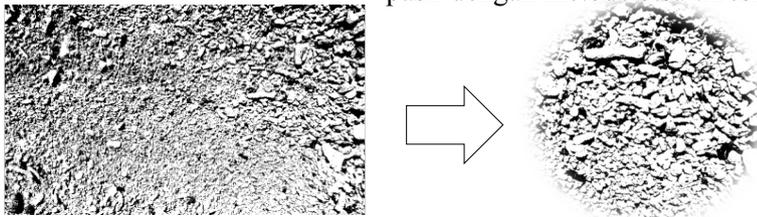
Dari citra tanah pasir dalam skala abu atau *grayscale* kemudian di cari nilai intensitas histogramnya. Histogram menunjukkan distribusi frekuensi nilai intensitas piksel citra. Dimana intensitas piksel citra abu berada pada rentang 0-255. Histogram citra nampak normal karena tersebar merata pada seluruh derajat keabuan dengan rentang nilai intensitas keabuan 0 – 230, dengan total 5.478.720 piksel. Penggunaan histogram citra dapat meningkatkan kecepatan pengolahan citra tanah pasir untuk mendapatkan objek berupa butiran tanah pasir seperti tampak pada gambar 11.



Gambar. 11. Histogram Citra

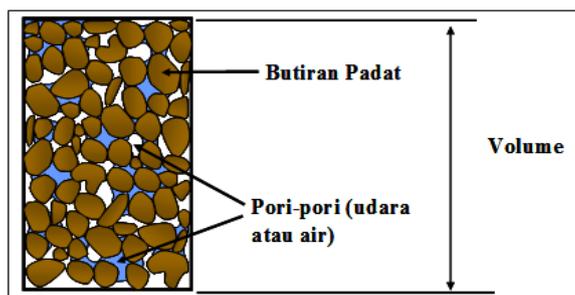
Metode *Otsu thresholding* merupakan thresholding khusus yang bertujuan untuk menemukan ambang batas (T) yang sesuai secara otomatis untuk memisahkan objek dari latar belakang dengan efisien. Caranya adalah dengan membagi citra menjadi dua kategori (*class*), yaitu meminimalkan *within class varians* (v_w) dan memaksimalkan *between class varians* (v_b). Menentukan nilai ambang batas (*Threshold*) yang mungkin dari intensitas 0-230 pada citra_1, $T = 255$, yang diperoleh berdasarkan pencarian nilai *variance* terbesar dari total sigma intensitas histogram. Sehingga menghasilkan citra biner yaitu citra hitam putih, yang disimbolkan dengan angka 0 merupakan latar belakang dengan warna hitam dan angka 1 merupakan latar depan (objek) berwarna putih. Berikut ini merupakan hasil citra tanah

pasir dengan metode otsu thresholding seperti gambar 12.



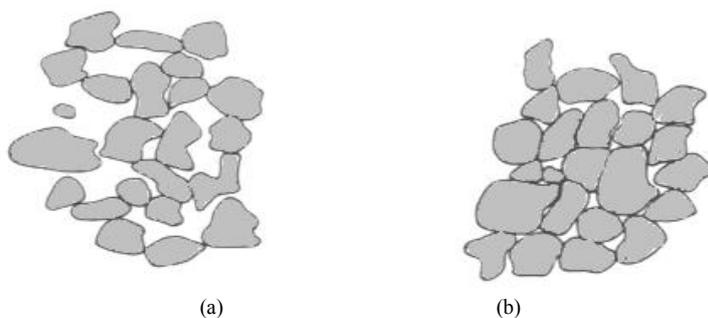
Gambar. 12. Hasil Metode Otsu Thresholding

Proses selanjutnya adalah menentukan tingkat kekuatan/kepadatan tanah berdasarkan distribusi ukuran butiran tanah sebagai faktor penting dalam pengolahan tanah[23], berdasarkan hasil segmentasi butiran tanah pasir dengan metode *otsu thresholding*, dan berlanjut pada proses pengklasifikasian tanah. Distribusi ukuran butiran tanah pasir sebagai salah satu indikator penting tingkat kepadatan tanah yang mempengaruhi tingkat kekuatan tanah, Selain itu, sifat-sifat tanah juga sangat penting dalam beberapa isu kebencanaan, misalnya longsor, likuifaksi, dan gempa bumi[24]. Komposisi tanah merupakan kombinasi antara massa padat yang berbentuk butiran dan pori-pori. Dalam mekanika tanah, pori-pori tanah dapat diisi oleh air, udara, atau gabungan dari air dan udara, dalam fase tanah dikenal sebagai padatan, air dan udara. Volume atau Ukuran dari pori-pori dari tiap fase tanah dapat mempengaruhi tingkat kepadatan dari tanah[24]. Berikut merupakan gambaran komposisi tanah seperti tampak pada gambar 4.



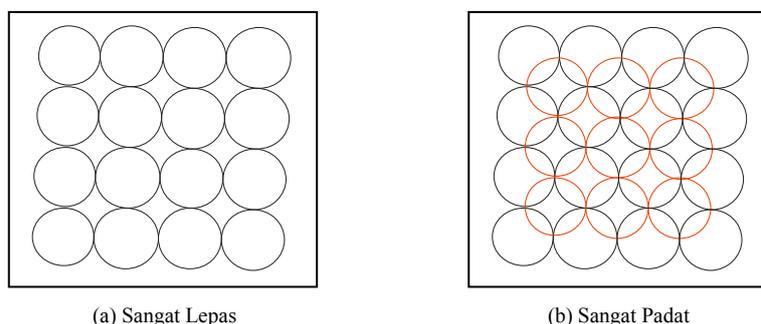
Gambar. 4. Komposisi Tanah

Struktur tanah merupakan susunan geometrik butiran tanah[25]. Struktur tanah dipengaruhi oleh bentuk, ukuran, komposisi mineral dari butiran tanah serta sifat dan komposisi air tanah[26]. Berdasarkan stuktur tanahnya, golongan tanah butir padat berada dalam kelompok tanah tak berkoheisi (*cohesionless soil*), sedangkan tanah butir halus berada dalam kelompok tanah kohesif (*cohesive soil*). Struktur tanah pasir atau tanah tak berkoheisi umumnya dibagi menjadi 2 kategori pokok, yaitu struktur butir-tunggal (*single grained*) dan struktur sarang lebah (*honeycombed*)[27]. Butiran tanah pada struktur butir tunggal berada pada kondisi yang stabil dan tiap-tiap butiran saling bersentuhan satu sama lainnya. Bentuk dari butiran tanah, distribusi dari ukuran tanah, dan kedudukan butiran padat mempengaruhi sifat kepadatan tanah, yang digambarkan pada Gambar 5. Ukuran pori yang terbentuk tergantung dari bentuk dan ukuran butiran.



Gambar. 5. (a) Lepas, (b) Padat

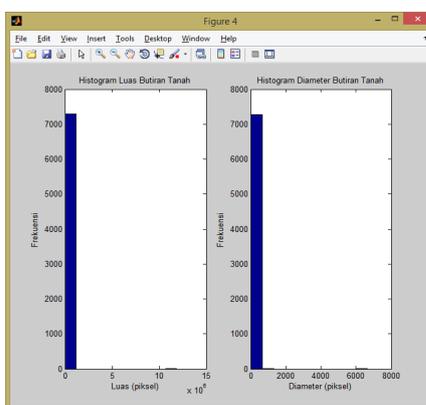
Gambaran mengenai variasi pori yang disebabkan oleh kedudukan tanah dapat dilihat pada model Gambar 6. Butiran tanah dianggap memiliki ukuran yang sama. Kepadatan suatu tanah dapat dilihat dari nilai angka pori. Angka pori merupakan perbandingan volume pori dengan volume padat. Nilai kisaran angka pori adalah 0 – 1. Semakin tinggi nilai angka pori, kondisi tanah pasir semakin lepas[28].



Gambar. 6. Tampak Atas Model Susunan Butiran yang Bulat dan Berukuran Sama

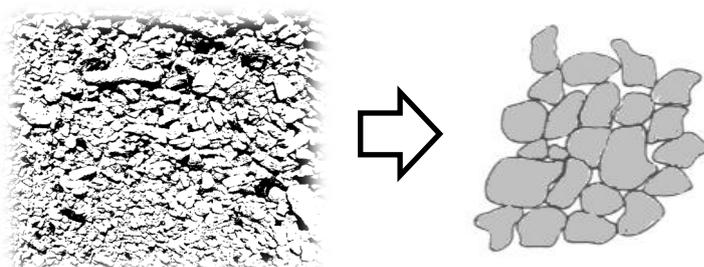
Dilihat dari susunan tanah dalam kondisi sangat lepas (Gambar 6a), memiliki nilai yang besar, yang bisa diasumsikan mendekati 1. Nilai angka pori akan semakin berkurang bila butiran padat dengan ukuran yang sama diatur sedemikian rupa sehingga menjadi sangat padat (Gambar 6b). Keadaan tanah asli di lapangan berbeda dengan model di atas, karena tanah asli tidak memiliki bentuk dan ukuran yang sama. Pada kondisi sesungguhnya, butiran dengan ukuran terkecil akan mengisi rongga antara butiran yang besar. Keadaan ini menunjukkan kecenderungan pengurangan nilai angka pori. Namun karena ukuran dan bentuk butiran yang tidak rata menyebabkan adanya kecenderungan penambahan angka pori dalam tanah. Akibatnya angka pori tanah asli kira-kira masuk dalam

rentang yang sama seperti angka pori yang didapat dari model tanah di mana bentuk dan ukuran butirannya sama. Pada struktur sarang lebah, pasir halus dan lanau (tanah yang memiliki daya kohesif) membentuk lengkungan-lengkungan kecil hingga merupakan rantai butiran[29]. Tanah yang memiliki struktur sarang lebah memiliki nilai angka pori yang besar dan biasanya memikul beban statis yang tak begitu besar. Namun bila stuktur tanah seperti ini diberi beban yang besar, struktur tanah akan rusak dan menyebabkan penurunan yang besar. Apabila tanah memiliki kecenderungan ukuran butiran yang sama, rongga antar butiran akan menjadi lebih besar. Kondisi tanah dengan ukuran butiran yang cenderung sama disebut tanah homogen[30]. Adanya variasi distribusi ukuran butiran menyebabkan kondisi tanah berada dalam keadaan heterogen. Pada Sistem klasifikasi USCS Tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil) yaitu jika butiran yang lolos saringan nomor 200 (diameter 0.075 mm) kurang dari 50%, sementara itu tanah berbutir halus (lanau/lempung) yaitu jika tanah yang lolos saringan nomor 200 lebih dari 50%. Pada penelitian yang dilakukan berfokus pada tanah berbutir kasar (pasir dan kerikil yang masih tergolong tanah pasir)[24]. Analisis ukuran butiran bertujuan untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah, yaitu persentase berat butiran pada suatu unit saringan, dengan ukuran diameter lubang tertentu. Penentuan distribusi butiran tanah setelah dilakukan segmentasi citra tanah pasir dengan metode *otsu thresholding* selanjutnya dihitung ukuran butiran (luas,diameter) dari citra hasil segmentasi. Menggunakan metode *regionprops* untuk identifikasi butiran tanah pasir yang tersegmentasi. Adapun *regionprops* adalah metode yang digunakan untuk mengukur sekumpulan properti-properti dari setiap region atau wilayah yang telah dilabeli dalam matriks label[17]. Tahapan selanjutnya adalah dilakukan analisis distribusi ukuran butiran tanah dengan histogram untuk memvisualisasikan distribusi ukuran butiran, seperti tampak pada gambar 7.



Gambar. 7. Histogram Luas dan Diameter Butiran Tanah

Jika dilihat dari distribusi butiran tanah pada hasil segmentasi dengan metode *otsu thresholding*, citra tanah pasir yang diuji berada pada struktur butir tunggal yaitu kondisi yang stabil dan tiap-tiap butiran saling bersentuhan satu sama lainnya. Pada Histogram luas dan diameter butiran tanah dapat ditentukan kisaran angka pori yaitu perbandingan volume pori dengan volume padat, dengan nilai kisaran adalah 0 – 1. Berdasarkan histogram luas dan diameter butiran tanah pada gambar 8, dimana luas butiran tanah 1×10^6 atau 1000.000 piksel memiliki jumlah frekuensi berada pada interval 0 – 7000. Pada citra digital luas dihitung dalam satuan piksel persegi, sedangkan dalam dunia nyata luas dihitung dalam satuan cm^2 atau m^2 . Untuk mengubah diameter piksel menjadi ukuran diameter dalam dunia nyata (meter,centimeter), perlu diketahui resolusi piksel yaitu Jumlah piksel per unit pada gambar dan ukuran fisik dari objek pada gambar. Dengan rumus (diameter piksel / resolusi piksel) sama dengan 0.125000 cm, sehingga diperoleh kisaran nilai angka pori adalah 0,125. Semakin tinggi nilai angka pori, kondisi tanah pasir semakin lepas dan sebaliknya semakin rendah nilai angka pori atau mendekati 1 maka distribusi butiran tanah semakin padat seperti tampak pada gambar 8.



Gambar. 8. Analisis Struktur Tanah Pasir

Berikut merupakan hasil penerapan metode otsu thresholding dengan penentuan distribusi butiran tanah pada 150 Citra Tanah Pasir seperti tampak pada tabel 1.

TABEL I
 HASIL ANALISIS DISTRIBUSI UKURAN BUTIRAN TANAH PASIR

Citra	Nilai angka pori	Distribusi Butiran Tanah	Citra	Nilai angka pori	Distribusi Butiran Tanah
1	0,13	Padat	51	0,16	Padat
2	0,13	Padat	52	0,13	Padat
3	0,11	Padat	53	0,14	Padat
4	0,11	Padat	54	0,14	Padat
5	0,13	Padat	55	0,11	Padat
6	0,13	Padat	56	0,10	Padat
7	0,13	Padat	57	0,10	Padat
8	0,13	Padat	58	0,11	Padat
9	0,17	Padat	59	0,13	Padat
10	0,17	Padat	60	0,11	Padat
11	0,01	Padat	61	0,11	Padat
12	0,01	Padat	62	0,13	Padat
13	0,13	Padat	63	0,06	Padat
14	0,13	Padat	64	0,01	Padat
15	0,22	Padat	65	0,01	Padat
16	0,22	Padat	66	5,00	Lepas
17	0,21	Padat	67	0,07	Padat
18	0,21	Padat	68	0,08	Padat
19	0,25	Padat	69	0,08	Padat
20	0,25	Padat	70	0,07	Padat
21	0,23	Padat	71	0,11	Padat
22	0,23	Padat	72	0,11	Padat
23	0,23	Padat	73	0,11	Padat
24	0,18	Padat	74	0,11	Padat
25	0,18	Padat	75	0,11	Padat
26	0,18	Padat	76	0,07	Padat
27	0,13	Padat	77	0,07	Padat
28	0,13	Padat	78	0,07	Padat
29	0,15	Padat	79	0,07	Padat
30	0,15	padat	80	0,07	Padat
31	0,10	Padat	81	0,07	Padat
32	0,10	Padat	82	0,07	Padat
33	0,11	Padat	83	0,07	Padat
34	0,11	Padat	84	0,01	Padat
35	0,10	Padat	85	0,01	Padat
36	0,14	Padat	86	5,00	Lepas
37	0,10	Padat	87	0,07	Padat
38	1,5	Lepas	88	0,08	Padat
39	1,5	Lepas	89	0,08	Padat
40	0,83	Padat	90	0,07	Padat
41	0,11	Padat	91	0,11	Padat
42	0,13	Padat	92	0,15	Padat
43	0,67	Padat	93	0,15	padat
44	0,11	Padat	94	0,10	Padat
45	0,11	Padat	95	0,10	Padat
46	0,06	Padat	96	0,11	Padat
47	0,08	Padat	97	0,11	Padat
48	0,14	Padat	98	0,10	Padat
49	0,14	Padat	99	0,15	Padat
50	0,15	Padat	100	0,14	Padat
101	0,11	Padat	126	0,67	Padat
102	0,15	Padat	127	0,11	Padat
103	0,15	Padat	128	0,11	Padat
104	0,10	Padat	129	0,06	Padat
105	0,10	Padat	130	0,18	Padat
106	0,11	Padat	131	0,18	Padat
107	0,11	Padat	132	0,13	Padat
108	0,15	Padat	133	0,13	Padat
109	0,15	Padat	134	0,15	Padat
110	0,07	Padat	135	0,15	Padat
111	0,01	Padat	136	1,5	Lepas
112	0,01	Padat	137	0,83	Padat
113	0,18	Padat	138	0,11	Padat
114	0,18	Padat	139	0,13	Padat
115	0,13	Padat	140	0,67	Padat
116	0,13	Padat	141	0,11	Padat
117	0,15	Padat	142	0,11	Padat
118	0,15	Padat	143	0,06	Padat
119	0,10	Padat	144	0,08	Padat
120	0,18	Padat	145	0,11	Padat

121	0.18	Padat	146	0,06	Padat
122	0.01	Padat	147	0.18	Padat
123	0.01	Padat	148	0.18	Padat
124	0,13	Padat	149	0,13	Padat
125	0,13	Padat	150	0,11	Padat

Pada tabel 1, diperoleh hasil analisis distribusi ukuran butiran tanah pasir berdasarkan 150 citra tanah pasir dari pemotretan langsung dilokasi penelitian, dimana ditemukan sebanyak 145 citra tanah pasir yang memiliki nilai kisaran angka pori 0,01cm hingga 0,83cm yang mengindikasikan butiran tanah padat sedangkan 5 citra lainnya mengindikasikan butiran tanah lepas dengan nilai kisaran angka pori 1,5cm hingga 5cm. Hal ini sejalan dengan semakin tinggi nilai angka pori, kondisi tanah pasir semakin lepas, dimana nilai angka pori berkisar antara 0 dan 1, yaitu nilai angka pori 0 dan mendekati 1 maka distribusi butiran tanah tersebut dikatakan padat sebaliknya nilai angka pori lebih dari 1 maka distribusi butiran tanah lepas [28]. Ditemukan bahwa metode *otsu thresholding* berhasil dalam melakukan proses segmentasi terhadap 150 citra tanah pasir dengan menggunakan histogram citra dan menentukan nilai ambang batas secara otomatis dengan memaksimalkan varians kelas, menghitung nilai probabilitas dan mean untuk nilai diatas dan dibawah ambang batas, menambahkan kedua varians dengan bobot, untuk menghitung varians dalam kelas (*within class variance*) untuk latar depan dan latar belakang. Namun untuk menentukan distribusi ukuran butiran tanah pasir *otsu thresholding* memerlukan fitur ekstraksi *property region* (*regionprops*) untuk identifikasi butiran tanah pasir yang tersegmentasi, dengan mengukur properti dari wilayah yang telah dilabeli dalam matriks label[17] setelah memperoleh hasil segmentasi.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Dari penelitian yang dilakukan ditemukan bahwa metode *otsu thresholding* berhasil mensegmentasi citra tanah pasir untuk memperoleh objek berupa butiran tanah, selanjutnya menentukan distribusi ukuran butiran tanah sebagai salah satu indikator penting tingkat kepadatan tanah, dengan menambahkan *regionprops* untuk identifikasi butiran tanah pasir yang tersegmentasi. Selanjutnya nilai angka pori diperoleh berdasarkan analisis histogram luas dan diameter butiran tanah. Dari 150 dataset citra tanah pasir sebagian besar dapat diklasifikasikan menjadi tanah dengan butiran padat, hanya beberapa tanah pasir memiliki struktur tanah lepas. Disarankan untuk penelitian lainnya menguji citra tanah pasir pada tanah berbutir halus seperti lempung, lanau, dan lain sebagainya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Direktorat Riset, Teknologi dan Pengabdian kepada Masyarakat, Kementerian Pendidikan Kebudayaan Riset dan Teknologi dengan nomor kontrak 188/E5/PG.02.00.PL/2023, LLDikti Wilayah XII dengan nomor kontrak 328/LL12/PG/2023 dan Universitas Kristen Indonesia Maluku (UKIM) dengan nomor kontrak 56/UKIM.H6/N/KP.PD/2023 untuk penelitian dosen pemula tahun 2023.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] T. M. Tamtelahitu, "Perancangan Sistem Absensi Pintar Mahasiswa Menggunakan Teknik Qr Code Dan Geolocation," *JIPI (Jurnal Ilm. Penelit. dan Pembelajaran Inform.*, vol. 6, no. 1, pp. 114–125, 2021.
- [2] L. Ni, "Research on application of computer image processing technology in art creation," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1915, no. 3, 2021.
- [3] E. K. Zavadskas, J. Antucheviciene, T. Vilutiene, and H. Adeli, "Sustainable decision-making in civil engineering, construction and building technology," *Sustain.*, vol. 10, no. 1, 2017.
- [4] P. E. D. Love and J. Matthews, "The 'how' of benefits management for digital technology: From engineering to asset management," *Autom. Constr.*, vol. 107, no. July, 2019.
- [5] B. Ye, H. Hu, X. Bao, and P. Lu, "Reliquefaction behavior of sand and its mesoscopic mechanism," *Soil Dyn. Earthq. Eng.*, vol. 114, no. March, pp. 12–21, 2018.
- [6] N. Adenora, "Perbandingan Nilai Derajat Kepadatan Tanah Metode Standard Proctor dengan Alat Uji Tekan Modikasi dan Uji Sand Cone di Lapangan Pengertian tanah sudah sangat umum dan luas , dalam ilmu teknik sipil dapat diartikan bahwa tanah merupakan material yang terdi," vol. 9, no. 4, pp. 739–748, 2021.
- [7] A. G. Mahardika and M. F. Pratama, "Pengujian pematatan tanah metode standard proctor dengan alat uji pemadat standard," *J. ISU Teknol. STT MANDALA*, vol. 15, no. 2, pp. 64–68, 2020.
- [8] P. A. de O. Morais, D. M. de Souza, M. T. de M. Carvalho, B. E. Madari, and A. E. de Oliveira, "Predicting soil texture using image analysis," *Microchem. J.*, vol. 146, no. October 2018, pp. 455–463, 2019.
- [9] R. Ravikumar and V. Arulmozhi, "Digital Image Processing-A Quick Review," *Int. J. Intell. Comput. Technol.*, vol. 2, no. 2, pp. 11–19, 2019.
- [10] E. Edition and B. H. Fellenius, "Basics of Foundation Design," no. March, 2023.
- [11] G. Tomasila, "Sand Soil Image Processing Using the Watershed Transform and Otsu Thresholding Based on Gaussian Noise," *JINAV J. Inf. Vis.*, vol. 3, no. 1, pp. 81–92, 2022.
- [12] W. Wang, L. Duan, and Y. Wang, "Fast Image Segmentation Using Two-Dimensional Otsu Based on Estimation of Distribution Algorithm," vol. 2017, 2017.
- [13] A. T. Philip, S. Shifaana, S. Sunny, and P. Manimegalai, "Detection of Acute Lymphoblastic Leukemia in Microscopic images using Image Processing Techniques Detection of Acute Lymphoblastic Leukemia in Microscopic images using Image Processing Techniques," 2021.
- [14] C. Series, "Improved biometric iris recognition using watershed transform," 2021.

- [15] M. K. Hassan, N. F. H. Eko, and S. Shafie, "Tuberculosis bacteria counting using watershed segmentation technique," *Pertanika J. Sci. Technol.*, vol. 25, no. S, pp. 275–282, 2017.
- [16] G. Tomasila and A. W. Rahardjo Emanuel, "MRI image processing method on brain tumors: A review," *AIP Conf. Proc.*, vol. 2296, no. November, 2020.
- [17] H. Hikmatulloh, Y. Rianto, and A. Anton, "Digital Image Identification of Plankton Using Regionprops and Bagging Decision Tree Algorithm," *J. Techno Nusa Mandiri*, vol. 20, no. 1, pp. 14–21, 2023.
- [18] M. Algoritma and G. Untuk, "KUALITAS CITRA PADA STEGANOGRAFI," pp. 19–23, 1987.
- [19] T. Aplikasi, "Abdul Kadir Abd AdhiS dhiSusanto."
- [20] S. S. Mukrimaa *et al.*, "Pengolahan Citra Dasar Dan contoh penerapannya," *J. Penelit. Pendidik. Guru Sekol. Dasar*, vol. 6, no. August, p. 128, 2016.
- [21] A. T. Philip, S. Shifaana, S. Sunny, and P. Manimegalai, "Detection of Acute Lymphoblastic Leukemia in Microscopic images using Image Processing Techniques," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1937, no. 1, p. 012022, 2021.
- [22] T. Bhagya, K. Anand, D. S. Kanchana, and A. A. S. Remya, "Analysis of image segmentation algorithms for the effective detection of leukemic cells," *Proc. Int. Conf. Trends Electron. Informatics, ICOEI 2019*, no. Icoei, pp. 1232–1236, 2019.
- [23] A. Azizi, Y. Abbaspour-gilandeh, E. Vannier, and R. Duss, "ScienceDirect Semantic segmentation : A modern approach for identifying soil clods in precision farming," vol. 6, 2020.
- [24] H. Putra, "Mekanika Tanah : Parameter dan Prosedur Pengujian," no. August, 2021.
- [25] L. P. de Faria Borges, R. M. de Moraes, S. Crestana, and A. L. B. Cavalcante, "Geometric Features and Fractal Nature of Soil Analyzed by X-Ray Microtomography Image Processing," *Int. J. Geomech.*, vol. 19, no. 8, pp. 1–14, 2019.
- [26] R. Kumar and P. Sharma, "Recent Developments in Extraction, Identification, and Quantification of Microplastics from Agricultural Soil and Groundwater," pp. 125–143, 2021.
- [27] R. Rathakrishnan *et al.*, "Microstructure Study and Plasticity Characteristics of Clay," pp. 2228–2232, 2019.
- [28] L. H. Djunur, H. Mifta, and O. Mutvaina, "ANALISIS HUBUNGAN ANTARA ANGKA PORI (e) DENGAN WAKTU KEJUT KAPILER PADA TANAH GRANULER (SIMULASI LABORATORIUM)," *J. Tek. Hidro*, vol. 14, no. 2, pp. 92–102, 2021.
- [29] S. Ramadani, P. Studi, T. Sipil, F. Teknik, and U. M. Area, "Diajukan Untuk Memenuhi Persyaratan Dalam Memperoleh Gelar Sarjana Teknik Universitas Medan Area OLEH : FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS MEDAN AREA MEDAN," 2020.
- [30] S. Li, A. R. Russell, and D. M. Wood, "The influence of particle size distribution been subjected to internal erosion," *Can. Geotech. J.*, pp. 1–41, 2020.