

REKONSTRUKSI TIGA DIMENSI (3D) RELIEF CANDI MENGUNAKAN GAMBAR DUA DIMENSI (2D) TUNGGAL

Dedi Ary Prasetya¹⁾, Indah Soesanti²⁾, Rudy Hartanto²⁾

¹⁾Jurusan Teknik Elektro Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Surakarta
Jl. A. Yani Tromol Pos 1 Pabelan Kartasura 57102 Telp 0271 717417

²⁾Jurusan Teknik Elektro dan Teknologi Informasi Fakultas Teknik
Universitas Gadjah Mada Yogyakarta

Email : dediary@ums.ac.id

Abstrak

Rekonstruksi tiga dimensi (3D) menggunakan satu gambar mempunyai keuntungan dimana gambar, dalam hal ini foto relief, lebih mudah didapatkan melalui berbagai sumber semisal dari website internet dan murah dibandingkan penggunaan 3D *scanner*. Obyek yang menjadi fokus dalam penelitian ini adalah gambar relief batu yang biasanya ada di atas dinding-dinding candi peninggalan masa kerajaan Hindu-Budha di Indonesia.

Metode rekonstruksi 3D obyek relief candi ini menggunakan asumsi sederhana, yaitu berdasarkan gelap terang dari gambar. Pertama kali adalah proses memperoleh *point cloud* dari dengan cara: gambar dibuat menjadi *grayscale* lalu dikelompokkan berdasarkan tingkat keabuannya untuk kemudian diambil fiturnya menggunakan algoritma SIFT. Fitur yang dihasilkan lalu disusun secara bertingkat. Fitur paling gelap pada layer terbawah kemudian diberikan jarak tertentu untuk menempatkan tiap layer di atasnya. *Point cloud* ini lalu direkonstruksi menjadi sebuah obyek 3D dengan menghubungkan tiap titik yang ada menggunakan algoritma *Ball-Pivoting* untuk membentuk *mesh* 3D.

Hasil rekonstruksi masih menunjukkan kekurangan, yaitu tidak semua permukaan dapat direkonstruksi sehingga muncul lubang-lubang, dan kedalaman relief masih kurang sesuai dengan relief aslinya. Saat diberikan tekstur memang nampak relief yang timbul namun bila diamati lebih detail beberapa bagian tidak sesuai dengan kedalaman yang sesungguhnya. Hal ini disebabkan karena fitur yang dimunculkan memang tidak bisa lengkap, tingkat kedalaman yang kurang sesuai, dan algoritma pembentukan mesh hanya bisa menjangkau titik-titik terdekat saja.

Kata kunci: relief candi, segmentasi *grayscale*, SIFT, *point cloud*, *Ball-Pivoting*

PENDAHULUAN

Negara Indonesia kaya peninggalan purbakala, mulai dari jaman prasejarah hingga jaman kejayaan kerajaan-kerajaan Budha dan Hindu serta dilanjutkan masa kerajaan-kerajaan Islam. Objek peninggalan purbakala dari jaman kerajaan Budha dan Hindu kebanyakan adalah berupa bangunan candi. Rekonstruksi fisik dari bangunan candi telah banyak dilakukan sebagai obyek wisata sekaligus untuk pelestarian peninggalan bersejarah. Di samping itu, perlu dilakukan pula pelestarian obyek-obyek bersejarah dalam bentuk perangkat lunak, di antaranya dalam format visual tiga dimensi (3D).

Digitalisasi obyek purbakala secara 3D sudah mulai dilakukan terhadap bangunan candi dan membuatnya dalam format *virtual reality* dengan contoh kasus Candi Borobudur (Prasetya, 2011). Upaya ini perlu dilanjutkan pada obyek-obyek yang lain sebagai upaya pelestarian peninggalan bersejarah secara digital. Peninggalan yang tak kalah menarik adalah banyaknya relief yang ada di dalam bangunan candi yang berisi tentang kisah dan pengajaran dengan media batu ukir yang kondisinya sekarang sudah mulai rusak (Kasiyati, 2010). Dengan memanfaatkan teknologi yang ada saat ini, proses digitalisasi dapat dilakukan dengan biaya yang relatif lebih murah.

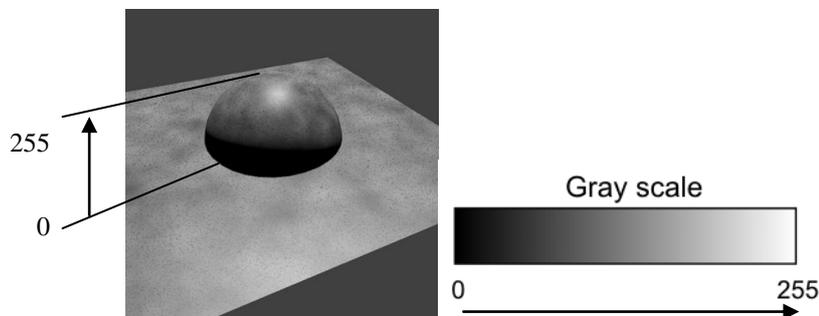
Teknik yang digunakan untuk merekonstruksi bangunan maupun objek bersejarah bervariasi mulai menggunakan 3D laser scanner hingga menggunakan input banyak gambar yang diambil menggunakan kamera atau *video recorder*. Penggunaan laser scanner untuk merekonstruksi relief candi secara 3D membutuhkan perangkat laser scanner 3D yang sangat mahal. Salah satu metode yang sederhana dapat dilakukan dengan memanfaatkan foto

dua dimensi (2D) dari relief. Gambar-gambar tersebut dapat diambil dari hasil fotografi secara langsung, dari berbagai laman internet, atau sumber lain yang kualitasnya lebih bagus dibandingkan dengan gambar relief yang diambil saat ini karena banyaknya kerusakan yang ada.

Pada penelitian ini, rekonstruksi 3D akan menggunakan gambar 2D tunggal dengan beberapa pertimbangan seperti ketersediaan gambar relief yang baik yang didapatkan sebelum relief mengalami kerusakan, sederhana karena tidak perlu kalibrasi kamera, dan lebih murah dibandingkan penggunaan 3D scanner. Gambar relief di-segmentasi berdasarkan tingkat derajat keabuan (*grey scale*), dicari fiturnya lalu disusun fitur-fitur tersebut dalam ruang 3D untuk kemudian dibuat menjadi sebuah obyek 3D.

Metode Penelitian

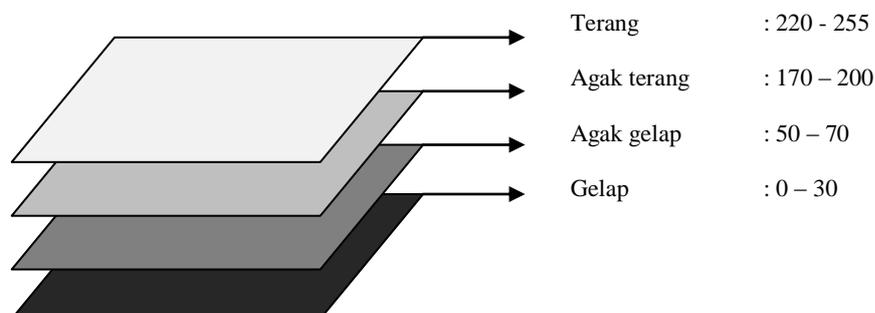
Relief candi mempunyai lekuk kedalaman pada jarak tertentu saja sekitar 0 – 10 cm. Ukiran batunya mempunyai gambar tertentu yang dipadukan dengan kekasaran dan warna batu yang digunakan. Biasanya untuk sebuah relief batu disusun atas beberapa balok batu sehingga muncul rongga pada sambungan-sambungannya. Pada penelitian ini menggunakan sebuah asumsi sederhana dimana kedalaman tekstur berdasarkan gelap terang dari gambar relief yang direkonstruksi secara tiga dimensi. Asumsi kedalaman ini seperti ditunjukkan pada Gambar 1, dimana gambar yang mempunyai derajat keabuan paling kecil atau paling gelap menempati dasar relief dan yang paling terang berada di bagian paling luar dari relief.



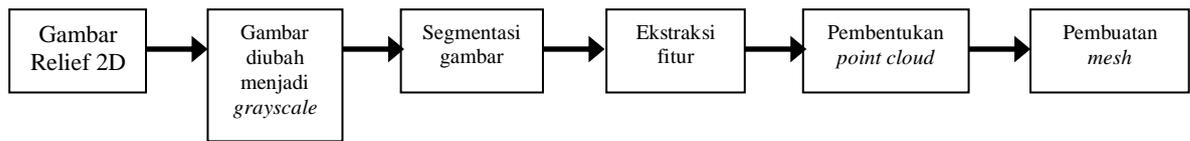
Gambar 1. Asumsi Kedalaman Relief

Dengan asumsi tersebut kemudian sebuah gambar relief dalam format *grayscale* dibuat menjadi beberapa gambar (segmentasi) berdasarkan derajat keabuan. Jumlah segmentasi dalam penelitian ini baru dibatasi hingga empat segmen yang mewakili empat jenis warna permukaan: gelap, agak gelap, agak terang, dan terang. Pembagian segmentasi gambar dibuat bebas pada jangkauan nilai tertentu, misalnya 0 – 30 untuk gelap, 50 – 70 untuk agak gelap, 170 – 200 untuk agak terang, dan 220 – 255. Hal ini dilakukan untuk memudahkan penyesuaian dengan warna dominan dari gambar sumber.

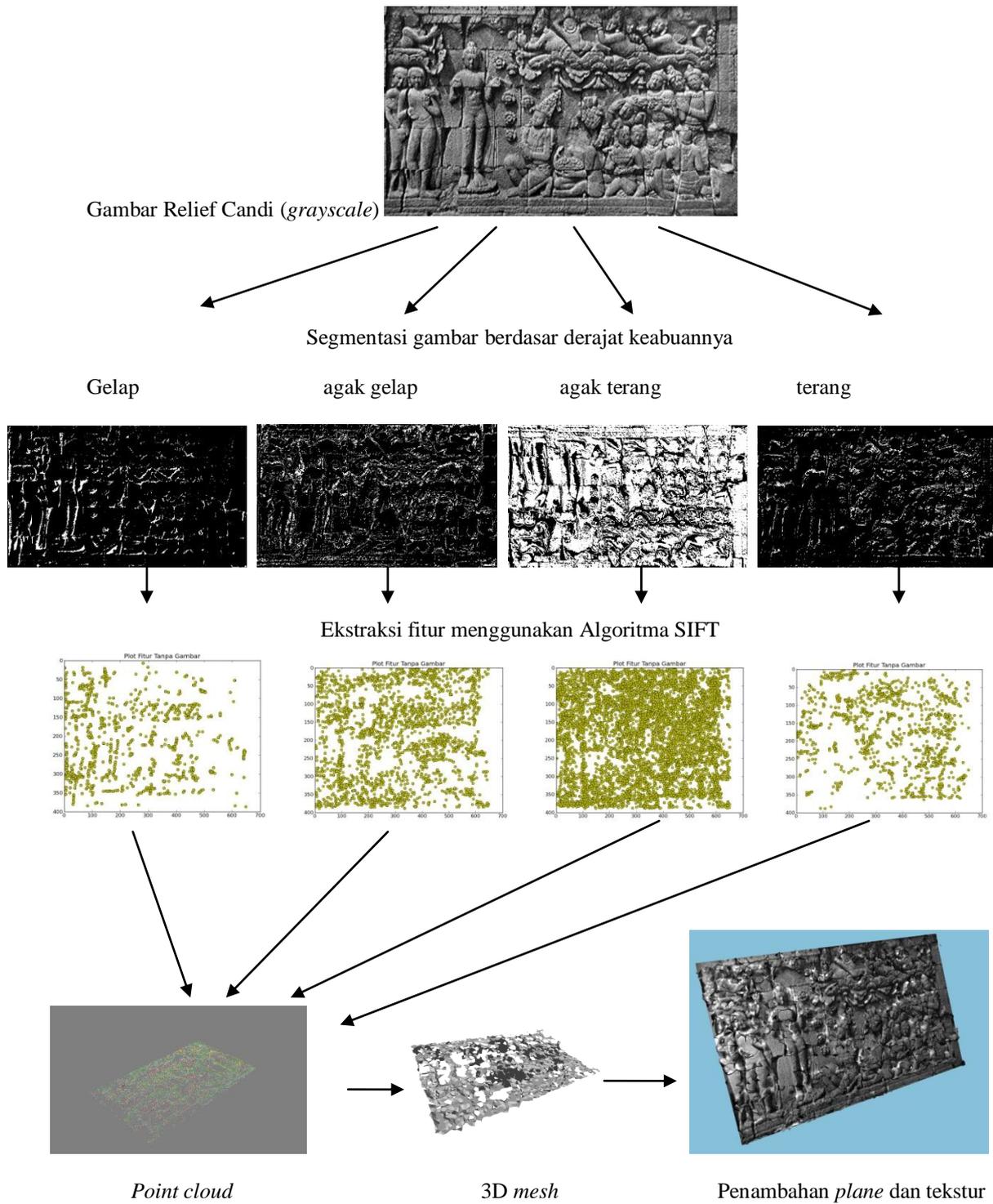
Proses segmentasi akan menghasilkan empat gambar yang berbeda berdasarkan tingkat keabuan. Dari keempat gambar tersebut selanjutnya dicari fitur-fiturnya menggunakan algoritma *Scale Invariant Feature Transform* (SIFT). Fitur SIFT ini bersifat lokal dan berdasarkan penampilan obyek pada titik-titik penting tertentu, dan bersifat tetap untuk skala gambar dan rotasi. Algoritma ini juga kuat untuk perubahan pencahayaan, *noise*, dan perubahan kecil dalam sudut pandang. Selain itu, algoritma SIFT relatif mudah untuk ekstraksi fitur dari sebuah gambar (Lowe, 1999).



Gambar 2. Penempatan kumpulan titik (*point cloud*) 2D menjadi 3D



Gambar 3. Proses Rekonstruksi 3D



Gambar 4. Proses dan Hasil Rekonstruksi 3D

Ekstraksi fitur dari setiap gambar menghasilkan kumpulan titik (*point*) dua dimensi (2D) yang berbeda-beda. Kumpulan titik 2D ini lalu disusun menjadi sebuah kumpulan titik tiga dimensi (3D) dengan mengacu pada asumsi awal, yaitu berdasarkan urutan derajat keabuannya. Titik-titik fitur gambar gelap diletakkan paling bawah dan titik-titik fitur gambar paling terang diletakkan pada lapisan paling atas seperti yang ditunjukkan pada Gambar 3. Jarak antar lapisan tidak begitu besar disesuaikan dengan dimensi gambar asli serta jumlah titik yang terbentuk. Hal ini juga terkait dengan metode pembuatan obyek 3D (*mesh*) yang menggunakan algoritma *Ball Pivoting*, dimana pembentukan *mesh* berdasarkan titik-titik terpendek. Jika jarak terlalu jauh maka titik-titik antar lapisan tidak bisa terhubung untuk membentuk sebuah *mesh* atau tiap lapisan akan membentuk *mesh* tersendiri.

Algoritma *Ball- Pivoting* (BPA) membentuk *mesh* segitiga interpolasi dari kumpulan titik (*point cloud*). Prinsip BPA sangat sederhana, yaitu dari tiga titik akan membentuk segitiga jika bola dengan radius yang ditentukan menyentuh titik terdekat tanpa mengandung titik yang lain. Kemudian dari segitiga asal, bola berporos di sekitar tepi (misalnya berputar di sekitar tepi sambil menjaga kontak dengan titik akhir tepi itu) sampai menyentuh titik lain, akan membentuk segitiga yang lain (Bernardini, 1999). Proses berlanjut sampai semua tepi dicapai telah dicoba, dan kemudian mulai dari segitiga lain sampai semua titik telah dipertimbangkan. Alur pembuatan *mesh* (rekonstruksi 3D) mulai dari gambar asli hingga membentuk sebuah obyek 3D ditunjukkan oleh Gambar 3.

Hasil dan Pembahasan

Hasil dari penelitian ini berupa rekonstruksi 3D relief candi dari gambar 2D tunggal yang proses dan hasilnya seperti pada Gambar 4. Gambar dibagi menjadi empat segmen berdasarkan derajat keabuannya dengan pembagian yang tidak linier. Fitur yang dapat diekstrak dengan algoritma SIFT dari keempat gambar tersebut menunjukkan bahwa gambar gelap dan terang mempunyai ekstrak fitur yang lebih sedikit dari pada fitur yang dapat diekstrak dari gambar dengan tingkat keabuan yang agak gelap atau agak terang.

Kumpulan titik (*point cloud*) 3D secara sederhana dapat dibentuk dari empat lapisan kumpulan titik 2D dengan jarak antar lapisan yang tidak terlalu renggang. Dari kumpulan titik tersebut dapat dibuat obyek (*mesh*) 3D menggunakan algoritma *Ball Pivoting*. Hasilnya masih nampak banyak lubang yang disebabkan jarak antar titik pada daerah tersebut yang terlalu besar sehingga tidak terbentuk segitiga sebagai pembentuk *mesh* 3D.

Untuk mengurangi lubang pada hasil rekonstruksi 3D, digunakan metode sederhana yaitu dengan menambahkan sebuah bidang datar seluas obyek 3D lalu pasangkan tekstur di atasnya. Hal ini hanya sekedar untuk memperbaiki secara visual semata karena bila diamati lebih detail banyak bagian yang tidak tertutup *mesh* 3D maupun tingkat kedalaman yang tidak sama dengan kenyataan.

Kesimpulan

Rekonstruksi 3D relief candi yang menggunakan gambar tunggal sebagai satu-satunya sumber dan dibantu dengan algoritma segmentasi *grayscale*, ekstraksi fitur dengan algoritma SIFT, dan *Ball Pivoting Algorithm* (BPA) sebagai pembentuk *mesh* 3D sudah mampu membuat obyek 3D namun masih banyak kelemahannya yang ditunjukkan dengan masih banyak celah/lubang dan tingkat kedalaman yang tidak akurat.

Saran

Metode rekonstruksi 3D relief candi ini kemungkinan besar masih bisa dilanjutkan dengan penelitian lain dengan melakukan beberapa tahapan penelitian lagi seperti penerapan filter pada gambar asli sehingga hasil segmentasi *grayscale* dan ekstraksi fitur menjadi lebih baik. Selain itu, penerapan algoritma rekonstruksi akan sangat menentukan hasil akhir dari proses, untuk itu perlu diujicobakan penggunaan algoritma selain BPA.

Daftar Pustaka

- Bernardini, F. , Mittleman, J. ; Rushmeier, H. ; Silva, C. ; Taubin, Gabriel, The Ball-Pivoting Algorithm For Surface Reconstruction, Visualization and Computer Graphics, IEEE Transactions on (Volume:5, Issue: 4), 1999
- Kasiyati, Wiwit; Brahmantara, Dampak Pemanasan Global Terhadap Keterawatan Candi Borobudur, Jurnal Balai Konservasi Peninggalan Borobudur, 2010
- Lowe, David G, Object Recognition From Local Scale-Invariant Features, Proceedings of the International Conference on Computer Vision 2, 1999
- Prasetya, Dedi Ary, Desain Model 3D Dan Aplikasi Jelajah Candi Borobudur, Simposium RAPI UMS, 2011