UNIVERSITAS
GADJAH MADA

Physically Based Rendering (PBR) Menggunakan Vulkan dan GLTF 2.0
Teuku Hanif Tsabit Al Azmi, Moh. Edi Wibowo, S.Kom.,M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

PHYSICALLY BASED RENDERING (PBR) MENGGUNAKAN VULKAN DAN glTF 2.0

Oleh

Teuku Hanif Tsabit Al Azmi
22/503608/PA/21650

Physically Based Rendering (PBR) telah menjadi standar industri dalam grafika komputer *real-time*, namun implementasinya dari dasar menggunakan Vulkan tidak sederhana. Vulkan menuntut pengelolaan memori GPU, sinkronisasi, dan *pipeline* grafis secara eksplisit, sedangkan PBR menuntut pemahaman terhadap fungsi BRDF beserta teknik pencahayaan yang mengiringinya. Referensi yang membahas keduanya secara bersamaan masih terbatas. Penelitian ini merancang, mengimplementasikan, dan mendokumentasikan *rendering engine* PBR *real-time* pada Vulkan dengan aset glTF 2.0, mencakup model *metallic-roughness* beserta ekstensi *clearcoat*, *sheen*, transmisi dengan *volume* dan *Index of Refraction* (IOR), serta *specular*. Pencahayaan menggunakan *Image-Based Lighting* (IBL) dengan metode *Split-Sum Approximation*.

Hasil pengujian menunjukkan seluruh ekstensi material berfungsi sesuai spesifikasi glTF 2.0, kecuali lapisan *clearcoat* yang masih terlihat kabur. Pada *scene opaque*, waktu GPU per *frame* adalah 624 µs dengan CPU 441 µs (rasio 1,41). Material transmisi tercatat 9,53 kali lebih mahal per indeks dibanding material *opaque* (0,7852 ns/indeks vs 0,0824 ns/indeks). Pembuatan *pipeline* grafis mendominasi pemuatan aset glTF dengan kontribusi 50,25% dari total durasi. Evaluasi DLSS dengan metrik NVIDIA FLIP pada 25 kombinasi mode dan *preset* menghasilkan kualitas *Good* atau *Excellent*, dengan DLAA *preset* K sebagai *mean error* terendah (0,0219). Pada resolusi target 1920x1080, DLSS menambah *overhead* dibanding melakukan *rendering* pada resolusi *native* tanpa DLSS. Penelitian menyimpulkan implementasi PBR berbasis Vulkan dengan dukungan ekstensi material glTF 2.0 layak *real-time*, seluruh ekstensi (kecuali *clearcoat*) bekerja sesuai spesifikasi, dan *renderer* yang dihasilkan dapat dijadikan referensi implementasi serta basis pengembangan lanjutan.

Kata-kata kunci : grafika komputer, *real-time rendering*, *physically based rendering*, Vulkan

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Physically Based Rendering (PBR) Menggunakan Vulkan dan GLTF 2.0
Teuku Hanif Tsabit Al Azmi, Moh. Edi Wibowo, S.Kom.,M.Kom., Ph.D.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

PHYSICALLY BASED RENDERING (PBR) USING VULKAN AND glTF 2.0

By

Teuku Hanif Tsabit Al Azmi
22/503608/PA/21650

Physically Based Rendering (PBR) has become an industry standard in real-time computer graphics, yet implementing it from scratch on Vulkan is not straightforward. Vulkan requires explicit management of GPU memory, synchronization, and graphics pipelines, while PBR requires an understanding of BRDF functions along with accompanying lighting techniques. Resources that cover both subjects together remain scarce. This research designs, implements, and documents a real-time PBR rendering engine on Vulkan with glTF 2.0 assets, covering the metallic-roughness model together with the clearcoat, sheen, transmission with volume and Index of Refraction (IOR), and specular extensions. Lighting uses Image-Based Lighting (IBL) with the Split-Sum Approximation.

The results show that all material extensions behave according to the glTF 2.0 specification, except for the clearcoat layer which still appears blurred. On the opaque scene, GPU time per frame is 624 µs against 441 µs on the CPU (1.41x ratio). Transmission material is recorded as 9.53x more expensive per index than opaque material (0.7852 ns/index vs 0.0824 ns/index). Graphics pipeline creation dominates glTF asset loading with a 50.25% share of the total duration. DLSS evaluation using NVIDIA FLIP over 25 mode and preset combinations produces Good or Excellent quality, with DLAA preset K yielding the lowest mean error (0.0219). At the 1920x1080 target resolution, DLSS adds overhead compared to native rendering without DLSS. The study concludes that PBR implementation on Vulkan with glTF 2.0 material extension support is real-time viable, all extensions (except clearcoat) work according to specification, and the resulting renderer can serve as an implementation reference and basis for further development.

Keywords: computer graphics, real-time rendering, physically based rendering, Vulkan