

BAB V

KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Penelitian ini memberikan wawasan penggunaan Grasshopper sebagai alat bantu arsitek untuk perancangan struktur dan konstruksi yang bukan keahlian arsitek sebelum desain diteruskan ke bidang struktur. Setelah melakukan simulasi dan analisis, dapat ditarik kesimpulan berdasarkan pertanyaan penelitian.

Berdasarkan simulasi dan analisis dilakukan, diketahui bahwa Grasshopper dapat menjadi alat bantu dalam perancangan struktur yang logis dengan bantuan *plugins* Karamba3D untuk simulasi struktur. Hasil simulasi yang dilakukan menunjukkan bahwa alat bantu ini sesuai dengan teori yang dapat diyakini kebenarannya dengan membandingkan hasil simulasi tipologi *barrel vault* dengan tabel diagram deformasi dan *bending moment*. Terbukti pada struktur dengan bentuk *barrel vault* tumpuan dua sendi dan jepit memiliki bentuk deformasi dan diagram momen yang sama. Terlebih pada proses mempelajari bentuk dan perilaku struktur yang akan digunakan.

Grasshopper membantu dalam simulasi struktur menggunakan Karamba3D untuk mengetahui *displacement* dan deformasi dari suatu struktur, bentuk dapat mempengaruhi perpindahan dan kemungkinan deformasi yang dapat dipertimbangkan untuk memperkecil perpindahannya. Selain itu simulasi struktur ini dapat digunakan untuk mempelajari bentuk dan proses *form-finding* dari gaya dan momen yang terjadi mempengaruhi gaya aksial yang terjadi pada model berupa tarik dan tekan serta berapa besar gaya yang terjadi. Hal ini dapat digunakan sebagai pertimbangan untuk dimensi maupun perlakuan khusus untuk titik – titik yang menerima gaya lebih. Gaya yang terjadi juga dapat menyebabkan perubahan bentuk yang perlu dipahami sebagai pertimbangan dalam merancang struktur. Selain itu dapat dilakukan simulasi *utilization* atau perbandingan kapasitas suatu material dalam menerima beban yang terjadi. *Utilization* dapat ditetapkan sebagai *safety factor* yang dijadikan pertimbangan memilih material struktur. Kelemahan dari suatu sistem dapat dioptimasi dengan desain komputasional.

Bentuk modifikasi memiliki perbedaan yang signifikan dari segala aspek yang dibandingkan dengan bentuk dasarnya seperti gaya dan momen dimana terdapat

perbedaan pada gaya dan momennya. Gaya dan momen yang terjadi pada bentuk dasar memiliki karakteristik seperti pelengkung pada umumnya berdasarkan momen lentur dan deformasi. Berbeda sifatnya dengan bentuk modifikasi *corrugated barrel vault* yang gaya dan momennya yang bervariasi yang dapat dibagi beberapa segmen dimana pada area puncak kubah, puncak lembah, dan bukaan dengan segmen yang memiliki tinggi serupa memiliki kesamaan pola. Pola lebih tersebar berbeda dengan pelengkung biasa. Secara *displacement*, *barrel vault* bentuk dasar memiliki nilai *displacement* yang lebih besar karena kelengkungannya yang satu arah sehingga gaya dan momen diteruskan secara merata dengan nilai yang besar, berbeda dengan *corrugated barrel vault* yang jauh lebih kecil karena permukaannya yang lengkung dua arah sehingga gaya dan momen diperkecil dengan kelengkungan yang ada. Secara axial stress tidak jauh berbeda dari diagram momennya dimana *barrel vault* sesuai dengan teorinya, sementara axial stress pada batang serupa dengan pembacaan bending momentnya. Nilai pada bentuk modifikasinya juga lebih kecil. Secara utilisasi, bentuk modifikasi memiliki persentase yang lebih rendah sehingga *safety factor* lebih baik. Hanya saja keduanya memiliki kendala di tumpuannya sehingga memerlukan perlakuan khusus. Secara jumlah material, bentuk modifikasi memerlukan material yang lebih banyak ketimbang bentuk dasar.

5.2.1 Rekomendasi untuk Perancangan Arsitektur

Dengan dilakukannya penelitian ini diharapkan dapat menjadi rekomendasi bagi arsitek yang akan merancang dengan metode dan tipologi bentuk yang telah dikaji oleh penulis dalam hal ini terdapat beberapa poin yang harus diperhatikan oleh perancang apabila mengambil tipologi bentuk sebagai berikut:

1. Barrel Vault

- Sebaiknya gunakan modifikasi bentuk *corrugated barrel vault* dengan pertimbangan kekuatan, kekakuan, dan kestabilan struktur yang lebih baik.
- Penggunaan *double layer* untuk mengurangi kemungkinan berdeformasi akibat bentuk.
- Bentuk lengkung yang tidak terlalu datar untuk meminimalkan terjadinya deformasi. Sifat *gridshell* sebagai struktur bidang akan aktif apabila kelengkungannya cukup.

- Pada area bukaan perbedaan ketinggian dengan puncak tidak terlalu jauh sehingga menyebabkan lendutan ke arah depan.
- Tumpuan perlu diperhatikan untuk rancangan di negara rawan gempa. *Corrugated Barrel Vault* dapat mempertahankan bentuk dan posisinya walaupun menggunakan tumpuan dua sendi berbeda dengan bentuk dasar yang melendut dan bergeser apabila menggunakan tumpuan dua sendi.
- Penggunaan tumpuan dua sendi dapat memperbesar nilai *displacement* sehingga harus diminimalkan dari bentuk maupun perlakuan khusus seperti modifikasi tumpuannya.
- Perlu diperhatikan pengaruh bentuk terhadap nilai *displacement*, *axial stress* yang terjadi, dan kapasitas material dengan pembebanan yang terjadi sehingga tidak terjadi kegagalan struktur.
- Masih terdapat banyak hal yang dapat dipertimbangkan dan dapat dipelajari dari simulasi dengan metode yang sama.

5.2.2 Pengembangan Penelitian

Penulis menyadari bahwa dengan keterbatasan waktu dan pengetahuan, penelitian ini masih jauh dari kata sempurna dan dapat dilengkapi maupun diperbaiki ke depannya sehingga didapatkan hasil yang lebih sempurna. Adapun penulis menyampaikan beberapa masukan untuk pengembangan penelitian sebagai berikut:

- Penelitian selanjutnya dapat melengkapi tipologi bentuk arsitektur yang belum terkaji dalam penelitian ini seperti tipologi bentuk *Elliptical Paraboloid* dan *Hiperbolic Paraboloid* yang memiliki kompleksitas yang lebih.
- Penelitian ini dapat dilengkapi dengan mengulik lebih jauh simulasi yang dilakukan dengan Karamba3D maupun melakukan tahapan eksplorasi desain *timber gridshell* dengan metode komputasional dan maket tiga dimensi.
- Penelitian dapat dilakukan dengan optimasi suatu desain menggunakan *plug-ins optimization* seperti *kangaroo* dan *octopus*.
- Untuk melakukan penelitian yang serupa diperlukan kemampuan dasar struktur, *3D modelling*, dan *parametric*.

DAFTAR PUSTAKA

Buku

- Chilton, John dan Gabriel Tang. (2017). Timber Gridshell : Architecture, Structure, and Craft. Routledge Taylor & Francis Group: New York.
- Schodek, Daniel. L. (1999). Struktur, edisi ketiga, terj. Ir. Bambang Suryoatmono, M.Sc., Ph.D. Bandung:PT Refika Aditama
- MacDonald, Angus J. (2001). Struktur & Arsitektur, terj. Dr. Ir. Pariatmono dan Ir. Paulus Hanote Adjie. Jakarta : Erlangga
- Frick, Heinz. (1998). Sistem Bentuk Struktur Bangunan : Dasar-dasar konstruksi dalam Arsitektur. Yogyakarta:Kanisius

Internet

- Charnele, (2019), Eksplorasi Konstruksi Bambu – Reciprocal – Deployable Pada Sistem Struktur Gridshell. Skripsi tidak diterbitkan, Bandung: Universitas Katolik Parahyangan.
- Sihan Ruan dan Yang Wei, Teaching Design Model of Bridge Aesthetics Course Facing Ecological Landscape Sustainable Development. Diakses tanggal 4 Juni 2023 dari https://www.researchgate.net/publication/369526330_Teaching_Design_Model_of_Bridge_Aesthetics_Course_Facing_Ecological_Landscape_Sustainable_Development
- Alfimansyah, Muhammad, Mass Timber. Diakses tanggal 4 Juni 2023 dari <https://bptsugm.com/mass-timber/>
- Green, M., (2018). The Case for Tall Wood Buildings How Mass Timber Offers a Safe, Economical, and Environmental Friendly Alternative for Tall Building Structures Second Edition MGA | Michael Green Architecture *. [online] United States: Blurb. Available at: <https://cwc.ca/wp-content/uploads/2020/06/Second-Edition-The-Case-for-Tall-Wood-Buildings.pdf>.
- Naturally Wood (n.d.). What is Mass timber? | Design + Construction. [online] naturally:wood. Available at: <https://www.naturallywood.com/topics/mass-timber/>.
- Crispy Thoughts. 2019. Timber Gridshells. Diakses tanggal 4 Juni 2023 dari <https://chrispythoughts.wordpress.com/2019/02/07/timber-gridshells/>

Jurnal

- Gold, S. and Rubik, F., (2009). Consumer Attitudes Towards Timber as a Construction Material and Towards Timber Frame Houses – selected findings of a representative survey among the German population. Journal of Cleaner Production