UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI MODAL ANALYSIS KOWANGAN BERBAHAN BAMBU APUS DENGAN VARIASI KONDISI SLUMPRING
Lawrence Garth Andrie, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL i
HALAMAN JUDUL BAHASA INGGRIS ii
HALAMAN PENGESAHAN DOSEN PEMBIMBING iii
HALAMAN PENGESAHAN PENDADARAN iv
PERNYATAAN BEBAS PLAGIASI v
NASKAH SOAL TUGAS AKHIR vi
KATA PENGANTAR vii
DAFTAR ISI viii
DAFTAR GAMBAR x
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR NOTASI DAN SINGKATAN xiv
INTISARI xv
ABSTRACT xvi
BAB I PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Batasan Masalah 3
1.4 Tujuan 4
1.5 Manfaat 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Konstruksi *Bundengan* 5
2.2 Model *Kowangan* Seperdelapan Bola 8
2.3 *Experimental Modal Analysis* pada *Kowangan* 9
2.4 Simulasi *Modal Analysis Kowangan* 14
2.5 Sifat Material *Slumpring* 17
2.6 Eksperimen dan Simulasi *Hemispherical Shell* 22
BAB III DASAR TEORI 25
3.1 Getaran pada Batang 25
3.1.1 Getaran Transversal 25
3.1.2 Getaran Longitudinal 26
3.1.3 Getaran Torsional 27
3.2 Getaran pada *Shell* 28
3.3 *Modal Analysis* 29

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI MODAL ANALYSIS KOWANGAN BERBAHAN BAMBU APUS DENGAN VARIASI KONDISI SLUMPRING
Lawrence Garth Andrie, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

3.3.1 Frekuensi Alami 31
3.3.2 Ragam Getar 32
3.4 *Finite Element Analysis* 33
3.5 Perangkat Lunak *ANSYS Mechanical* 34
BAB IV METODE PENELITIAN 36
4.1 Skema Penelitian 36
4.2 Perangkat Penelitian 37
4.3 Validasi Model Simulasi 38
4.3.1 Pembuatan *Hemispherical Shell* 38
4.3.2 Simulasi *Modal Analysis* pada *Hemispherical Shell* 39
4.4 Pembuatan Model Simulasi *Kowangan* 41
4.4.1 Pengukuran Dimensi *Kowangan* 42
4.4.2 Pembuatan Model Tiga Dimensi *Shell* Seperdelapan Bola 44
BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN 55
5.1 Validasi 55
5.2 Hasil Simulasi *Kowangan* Secara Bertahap 56
5.2.1 Simulasi *Modal Analysis Hemispherical Shell* 56
5.2.2 Simulasi *Modal Analysis* Shell Seperdelapan Bola 57
5.2.3 Simulasi *Modal Analysis* Tudung Kowangan tanpa Anyaman 59
5.2.4 Simulasi *Modal Analysis* Tudung Kowangan dengan Anyaman 60
5.2.5 Simulasi *Modal Analysis* Kowangan Tanpa slumpring 61
5.3 Pengaruh Penambahan *Slumpring* pada *Kowangan* 62
5.3.1 Simulasi *Modal Analysis* Kowangan dengan Slumpring Kering 62
5.3.2 Simulasi *Modal Analysis* Kowangan dengan Slumpring Basah 63
5.3.3 Perbandingan Slumpring Basah dan Slumpring Kering 64
5.4 Perbandingan Hasil Simulasi dengan Eksperimen 66
BAB VI PENUTUP 71
6.1 Kesimpulan 71
6.2 Saran 72
DAFTAR PUSTAKA 73

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI MODAL ANALYSIS KOWANGAN BERBAHAN BAMBU APUS DENGAN VARIASI KONDISI SLUMPRING
Lawrence Garth Andrie, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1. Alat musik *bundengan*. 1
Gambar 2.1. Proses penganyaman kerangka *kowangan*. 5
Gambar 2.2. Proses memincuk kerangka *kowangan*. 6
Gambar 2.3. *S*truktur bilah kendang *bundengan*. 7
Gambar 2.4. Struktur dawai *bundengan*. 7
Gambar 2.5. Konstruksi *bundengan* secara keseluruhan. 8
Gambar 2.6. Bentuk anyaman pada *kowangan*. 9
Gambar 2.7. Bentuk dasar *kowangan* (hijau), dengan pusat bola (magenta). 9
Gambar 2.8. Variasi bentuk *kowangan* berdasarkan jumlah bilah vertikal dan horizontal. 9
Gambar 2.9. Penempatan titik ukur akselerometer dan titik pukul *impact hammer* pada *kowangan*. 10
Gambar 2.10. Contoh grafik koherensi: (a) seluruh titik dan (b) titik 1. 11
Gambar 2.11. Grafik *FRF* di seluruh titik: (a) magnitudo, (b) imajiner, dan (c) imajiner diperbesar. 12
Gambar 2.12. Perbandingan hasil simulasi frekuensi alami pada beberapa model. 15
Gambar 2.13. Contoh model tiga dimensi *kowangan*. 16
Gambar 2.14. Bentur ragam getar *kowangan* hasil simulasi. 17
Gambar 2.15. (a) Anatomi sisi dalam *slumpring*, (b) permukaan sisi dalam *slumpring*, (c) permukaan sisi luar *slumpring*, (d) penampang *slumpring*. 18
Gambar 2.16. (a) *Slumpring* kondisi kering dan (b) *slumpring* kondisi basah. 18
Gambar 2.17. Hasil uji *three point bending* pada *slumpring* kering. 19
Gambar 2.18. Hasil uji *two point bending* pada *slumpring* kering. 20
Gambar 2.19. Hasil uji *three point bending* pada *slumpring* basah. 20
Gambar 2.20. Hasil uji *two point bending* pada *slumpring* basah. 21
Gambar 2.21. Perbandingan hasil uji *three point bending* pada *slumpring* kering dan *slumpring* basah. 21
Gambar 2.22. Perbandingan hasil uji *two point bending* pada *slumpring* kering dan *slumpring* basah. 22
Gambar 2.23. Skema eksperimen *modal analysis* pada *hemispherical shell* aluminium. 23
Gambar 2.24. Ragam getar dan frekuensi alami pada kondisi *shell* kosong. 23
Gambar 2.25. Ragam getar dan frekuensi alami pada kondisi *shell* berisi fluida. 23
Gambar 3.1. Tiga kondisi batas pada getaran batang. 25
Gambar 3.2. Rumus radius girasi untuk beberapa bentuk sederhana. 26

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI MODAL ANALYSIS KOWANGAN BERBAHAN BAMBU APUS DENGAN VARIASI KONDISI SLUMPRING
Lawrence Garth Andrie, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 3.3. Ragam getar untuk batang dengan kondisi batas (a) ujung bebas, (b) ujung dijepit bebas, dan (c) ujung tertumpu sederhana. 26
Gambar 3.4. Rumus kecepatan rambat gelombang torsional pada beberapa bentuk penampang lintang sederhana. 27
Gambar 3.5. Parameter geometri dari *shallow spherical shell*. 29
Gambar 3.6. Sistem pegas massa teredam dengan satu derajat kebebasan. 30
Gambar 3.7. Contoh grafik *Frequency Response Function*. 32
Gambar 3.8. Ragam getar pada getaran pelat dengan ujung bebas. 32
Gambar 3.9. Konstruksi mode pertama getaran pada batang dijepit berdasarkan grafik *FRF*. 33
Gambar 3.10. Konstruksi ragam getar pada batang dijepit menggunakan titik ukur lebih banyak. 33
Gambar 4.1. Diagram alur penelitian. 36
Gambar 4.2. Sketsa busur seperempat lingkaran. 39
Gambar 4.3. Model *surface hemispherical shell* hasil *Revolve.* 39
Gambar 4.4. Model tiga dimensi *hemispherical shell*. 39
Gambar 4.5. Tabel sifat material pada perangkat lunak ANSYS. 40
Gambar 4.6. Alat musik *bundengan* di Laboratorium Dinamika, Departemen Teknik Mesin dan Industri, Universitas Gadjah Mada. 42
Gambar 4.7. Pengukuran (a) lebar bilah bambu, (b) jarak antar ruas anyaman, (c) ketebalan *slumpring*, menggunakan jangka sorong. 42
Gambar 4.8. Model tiga dimensi seperdelapan bola 44
Gambar 4.9. Sketsa busur seperempat lingkaran kecil. 45
Gambar 4.10. Sketsa seperdelapan bola kecil. 46
Gambar 4.11. Sketsa busur seperempat lingkaran besar. 46
Gambar 4.12. Sketsa seperdelapan bola kecil dan besar. 46
Gambar 4.13. Hasil fitur *loft.* 46
Gambar 4.14. Model tiga dimensi tudung *kowangan.* 47
Gambar 4.15. Sketsa kaki *kowangan*. 48
Gambar 4.16. Sketsa garis sejajar sumbu X pada kaki *kowangan.* 48
Gambar 4.17. Model tiga dimensi *kowangan* tanpa anyaman. 48
Gambar 4.18. Lapisan *slumpring.* 49
Gambar 4.19. Sketsa persegi sebagai lubang anyaman *kowangan*. 50
Gambar 4.20. Sketsa lubang anyaman samping *kowangan*. 50
Gambar 4.21. Lubang anyaman samping *kowangan* hasil fitur *Extrude*. 50
Gambar 4.22. Sketsa lubang anyaman atas *kowangan.* 51
Gambar 4.23. Lubang anyaman atas *kowangan* hasil fitur *Extrude*. 51
Gambar 4.24. Sketsa persegi pada bagian tengah *kowangan.* 52
Gambar 4.25. Sketsa lubang anyaman tengah *kowangan.* 52

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI MODAL ANALYSIS KOWANGAN BERBAHAN BAMBU APUS DENGAN VARIASI KONDISI SLUMPRING
Lawrence Garth Andrie, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

Gambar 4.26. Model tiga dimensi *slumpring* dan *kowangan* dilihat dari sisi dalam *bundengan.* 53
Gambar 4.27. Lokasi kondisi batas pada ujung atas model *kowangan.* 53
Gambar 4.28. Lokasi kondisi batas pada sisi bawah model *kowangan.* 54
Gambar 5.1. Ragam getar hasil (a) eksperimen dan (b) simulasi Eslaminejad, dan (c) ragam getar hasil simulasi penelitian ini. 56
Gambar 5.2. Ragam getar *hemispherical shell.* 57
Gambar 5.3. Ragam getar *shell* seperdelapan bola. 58
Gambar 5.4. Ragam getar *tudung kowangan.* 59
Gambar 5.5. Ragam getar *tudung kowangan* dengan lubang anyaman. 61
Gambar 5.6. Ragam getar *kowangan* tanpa *slumpring.* 62
Gambar 5.7. Ragam getar *kowangan* dengan *slumpring* kering. 63
Gambar 5.8. Ragam getar *kowangan* dengan *slumpring* basah. 64
Gambar 5.9. Perbandingan frekuensi alami *kowangan*. 65
Gambar 5.10. Posisi kaki *kowangan* pada eksperimen. 68
Gambar 5.11. Perubahan kondisi batas *kowangan*. (a) ujung atas, (b) ujung kaki kiri, dan (c) ujung kaki kanan. 68
Gambar 5.12. Ragam getar *kowangan slumpring* kering dengan kondisi batas jepit ujung. 70

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
SIMULASI MODAL ANALYSIS KOWANGAN BERBAHAN BAMBU APUS DENGAN VARIASI KONDISI SLUMPRING
Lawrence Garth Andrie, Dr. Indraswari Kusumaningtyas, S.T., M.Sc.
Universitas Gadjah Mada, 2026 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1. Distribusi frekuensi alami pertama pada titik persilangan anyaman *kowangan*. 13
Tabel 4.1. Daftar perangkat penelitian. 37
Tabel 4.2. Spesifikasi dimensi model *hemispherical shell.* 38
Tabel 4.3. Data sifat material aluminium. 38
Tabel 4.4. Sifat material bambu apus 41
Tabel 4.5. Sifat material *slumpring*. 41
Tabel 4.6. Spesifikasi dimensi komponen penyusun *kowangan*. 43
Tabel 4.7. Dimensi yang digunakan dalam pembuatan model *kowangan.* 43
Tabel 5.1. *Mesh independence study* pada simulasi *hemispherical shell* aluminium 55
Tabel 5.2. Frekuensi alami *hemispherical shell.* 57
Tabel 5.3. Frekuensi alami *shell* seperdelapan bola. 58
Tabel 5.4. Frekuensi alami tudung *kowangan* tanpa anyaman. 60
Tabel 5.5. Frekuensi alami tudung *kowangan* dengan anyaman. 61
Tabel 5.6. Frekuensi alami *kowangan* tanpa *slumpring* 62
Tabel 5.7. Frekuensi alami *kowangan* dengan *slumpring* kering. 63
Tabel 5.8. Frekuensi alami *kowangan* dengan *slumpring* basah. 64
Tabel 5.9. Perbandingan frekuensi alami *kowangan*. 65
Tabel 5.10. Perbandingan frekuensi *kowangan* dengan *slumpring* kering dan basah. 66
Tabel 5.11. Perbandingan frekuensi alami hasil eksperimen Imaduddin dengan hasil simulasi. 67
Tabel 5.12. Perbandingan frekuensi alami hasil eksperimen Imaduddin dengan hasil simulasi. 68
Tabel 5.13. Frekuensi alami *kowangan slumpring* kering dengan kondisi batas baru. 70