



Analisis Uji Bending Pada Komposit Fiberglass Dan *Hibiscus Cannabius* Dengan Metode *Hand Lay-up* Dan *Vacuum Assisted Resin Infusion* (VARI) Sebagai Alternatif Pada *Skin Vertical Stabilizer* Pesawat Grob G 120 TP

Analysis Of Bending Test On Fiberglass And Hibiscus Cannabinus Composites Using Hand Lay-Up And Vacuum Assisted Resin Infusion (Vari) Methods As An Alternative For The Vertical Stabilizer Skin Of Grob G 120 Tp Aircraft

Galatia Kevin Putra Aritya^{1*}, Dedy Eko Sulistiyono²

^{1,2} Program Studi Teknik Aeronautika Pertahanan, Akademi Angkatan Udara

E-mail: galatiakevinputra09@gmail.com

Abstract— This study analyzes the flexural strength of composite materials made from fiberglass and natural Hibiscus Cannabinus (kenaf) fibers as an alternative material for the vertical stabilizer skin of the Grob G 120 TP aircraft. The specimens were fabricated using two manufacturing methods: Hand Lay-Up and Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI), with compositions of 100% fiberglass and a 50:50 fiberglass–kenaf hybrid. These were compared with the original carbon fiber skin material. The bending test followed ASTM D790 standards. The results showed that the original carbon fiber material had the highest flexural strength of 607 MPa, followed by fiberglass Hand Lay-Up at 559 MPa, fiberglass VARI at 368 MPa, fiberglass–kenaf VARI at 352 MPa, and fiberglass–kenaf Hand Lay-Up at 218 MPa. Therefore, the tested composites cannot yet replace carbon fiber, as their flexural strength remains lower.

Keywords— composite, fiberglass, kenaf, Hand Lay-Up, VARI, bending test.

Abstrak— Penelitian ini menganalisis kekuatan lentur (*bending strength*) komposit berbahan fiberglass dan serat alami Hibiscus Cannabius (kenaf) sebagai alternatif material *skin* vertikal stabilizer pesawat Grob G 120 TP. Spesimen dibuat dengan dua metode, yaitu Hand Lay-Up dan Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI), menggunakan variasi 100% fiberglass dan campuran fiberglass–kenaf 50:50, kemudian dibandingkan dengan material asli berbahan carbon fiber. Pengujian dilakukan sesuai standar ASTM D790. Hasil menunjukkan material asli memiliki kekuatan tertinggi 607 MPa, diikuti fiberglass Hand Lay-Up 559 MPa, fiberglass VARI 368 MPa, fiberglass–kenaf VARI 352 MPa, dan fiberglass–kenaf Hand Lay-Up 218 MPa. Berdasarkan hasil tersebut, komposit yang diuji belum dapat menggantikan carbon fiber karena nilai kekuatan bending masih lebih rendah.

Kata Kunci— komposit, fiberglass, kenaf, Hand Lay-Up, VARI, uji bending.

*Galatia Kevin Putra Aritya
E-mail: Galatia @gmail.com

I. PENDAHULUAN

Perkembangan Pesawat **Grob G 120 TP** merupakan pesawat latih militer berbahan **carbon fiber** yang ringan, kuat, dan tahan korosi. Untuk mencari alternatif material yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis, penelitian ini menggunakan **serat alami Hibiscus Cannabius (kenaf)** yang dikombinasikan dengan **fiberglass** sebagai bahan komposit. Serat kenaf memiliki keunggulan ramah lingkungan dan mudah terurai, sedangkan fiberglass memiliki kekuatan mekanik tinggi.

Penelitian ini bertujuan **menganalisis kekuatan lentur (bending strength)** komposit campuran kenaf–fiberglass serta komposit fiberglass murni, yang dibuat dengan dua metode manufaktur, yaitu **Hand Lay-Up** dan **Vacuum Assisted Resin Infusion (VARI)**, sebagai **alternatif material skin vertikal stabilizer pesawat Grob G 120 TP**.

Metode penelitian meliputi pembuatan spesimen, pengujian bending sesuai standar **ASTM D790**, dan analisis perbandingan hasil kekuatan antara masing-masing jenis komposit dengan material asli pesawat berbahan **carbon fiber**.

II. LANDASAN TEORI

A. Komposit.

. Komposit merupakan gabungan dari dua atau lebih bahan yang berbeda yang digabung atau dicampur menjadi satu secara makroskopis. Bahan komposit umumnya terdiri dari dua unsur serat (fiber) sebagai bahan pengisi dan bahan pengikat serat-serat tersebut yang disebut matrik. Di dalam komposit unsur utamanya adalah serat, sedangkan bahan pengikatnya menggunakan bahan polimer yang mudah dibentuk dan mempunyai daya pengikat yang tinggi.

B. *Hibiscus Cannabius*

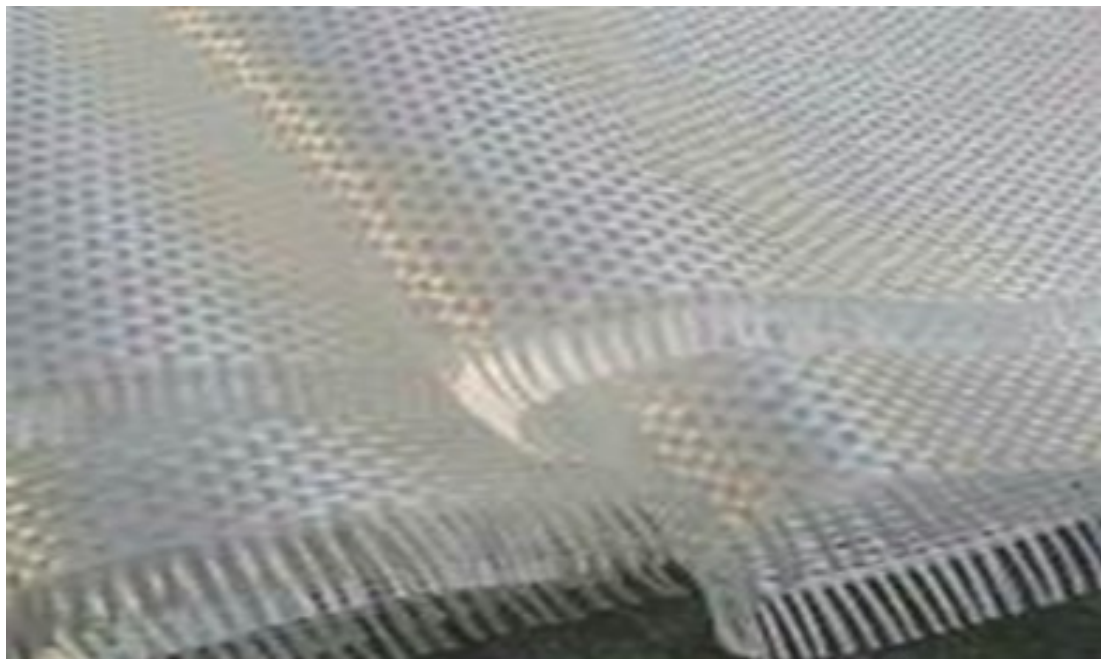
Hibiscus cannabius atau Kenaf merupakan salah satu tanaman penghasil serat alam terpenting di dunia. Tanaman ini berasal dari Afrika dan banyak dibudidayakan di negara-negara berkembang. *Hibiscus cannabius* mampu tumbuh pada berbagai lingkungan mulai dari lahan bonorowo(lahan yang menjadi rawa saat musim hujan) hingga lahan kering dengan sedikit perawatan. *Hibiscus cannabius* memiliki produk diversifikasi yang sangat banyak dan bernilai ekonomis tinggi (Saba *et al.*,2015;Sudjindro, 2012). Selain itu *hibiscus cannabius* juga dikenal sebagai tanaman ramah lingkungan karena kemampuannya sebagai agensia bioremediasi. Berikut gambar *hibiscus cannabius* pada Gambar 1 di bawah ini.



Gambar 1. Hibiscuss Cannabius

C. Serat Fiberglass

Fiberglass atau dalam bahasa Indonesia dikenal sebagai kaca serat dan serat gelas merupakan kaca cair yang ditarik menjadi serat tipis dengan diameter sekitar 0,005 sampai dengan 0,01 mm (Gambar 2). Serat ini selanjutnya dipintal menjadi benang atau ditenun menjadi kain kemudian diresapi dengan resin sehingga menjadi material yang kuat dan tahan korosi. *Fiberglass* memiliki banyak kegunaan seperti dalam pembuatan perahu, mobil, tangki air, atap, perpipaan, pelapisan (*coating*), dan lain-lain.



Gambar 2. Serat fiberglass

Analisis Uji Bending Pada Komposit Fiberglass Dan Hibiscus Cannabius Dengan Metode Hand Lay-up Dan Vacuum Assisted Resin Infusion (vari) Sebagai Alternatif Pada Skin Vertikal Stabilizer Pesawat Grob G 120 TP (Galatia Kevin Putra Aritya)

D. Matrik

Resin epoxy digunakan sebagai matriks karena daya rekat, kekuatan, dan ketahanannya terhadap panas dan bahan kimia yang baik.

E. Hand Lay-up dan Vacuum Assisted Resin Infusion

Metode Hand Lay-Up dilakukan secara manual, sedangkan VARI menggunakan tekanan vakum untuk meresapkan resin ke dalam serat. VARI menghasilkan komposit yang lebih padat dan minim gelembung udara.

F. Uji Bending

Uji bending dilakukan untuk mengukur kekuatan lentur material menggunakan metode *three-point bending* sesuai standar ASTM D790 (Gambar 3).



Gambar 3. Uji Bending

III. METODE/MODEL YANG DIUSULKAN

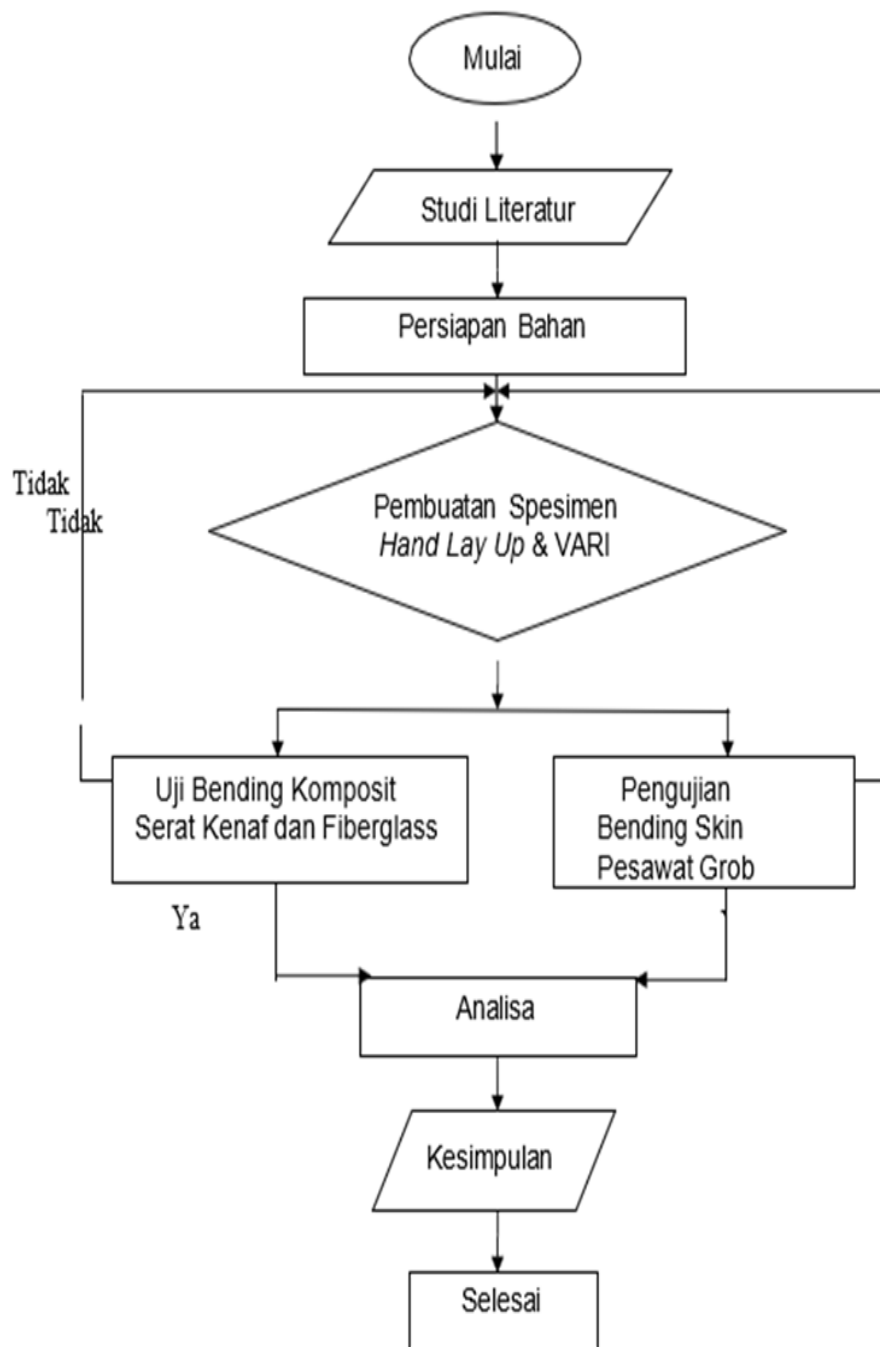
Bab ini berisikan diagram alir (*flowchart*) yang meliputi proses penelitian, uraian data secara rinci mengenai penelitian, variabel penelitian, alat atau instrumen untuk mengumpulkan data, prosedur pengambilan pengumpulan data dan cara analisis data. Pengujian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh komposit campuran alami dan sintetis maupun komposit sintetis yang dibuat

menggunakan metode hand lay-up dan VARI yang kemudian akan dilaksanakan pengujian bending

1. Pada tahap awal adalah mencari materi yang berhubungan dengan tugas akhir dengan judul dan materi yang telah ditentukan yaitu mencari informasi mengenai komposit fiberglass dan hibiscus cannabius serta metode hand lay-up dan VARI.
2. Penyiapan bahan. Pada tahap ini adalah menyiapkan bahan yang akan digunakan dalam penelitian yaitu serat fiberglass dan hibiscus cannabius.
3. Pembuatan spesimen. Pada tahap ini dimulainya pembuatan spesimen dengan bentuk dan ukuran yang sudah ditentukan berdasarkan standar *ASTM D790*.
 - a. Langkah-Langkah membuat komposit dengan metode Hand Lay-Up:
 - 1) Siapkan semua bahan seperti resin *epoxy*, *hardener*, serat fiberglass, dan serat kenaf.
 - 2) Memotong serat fiberglass dengan ukuran 20cm (panjang) x 20cm (lebar) x 0,2cm (tebal).
 - 3) Pembuatan Spesimen dengan metode hand lay-up, dimulai dengan menyiapkan meja/papan sebagai alas pencetakan dan cetakan (mould). Sebelum cetakan digunakan lakukan pelapisan isolasi/lakban untuk mencegah kebocoran dan untuk memudahkan pelepasan komposit saat sudah kering.
 - 4) Mencampurkan resin dan hardener dengan perbandingan 1:1 pada mangkuk dan diaduk hingga rata.
 - 5) Meletakkan semua bahan sesuai dengan urutan membuat komposit dengan metode hand lay-up, campurkan serat dan resin yang sudah diatur komposisinya. setelah lapisan resin pertama terpasang tambahkan lapisan kedua hingga jumlah yang diinginkan, dalam proses tersebut serat ditekan menggunakan roller untuk mencegah timbulnya gelembung udara dan komposit rapat. Terdapat 2 cetakan, yaitu:
 - a) Cetakan untuk komposit campuran serat kenaf 50% dan fiberglass 50%.
 - b) Cetakan untuk komposit fiberglass
 - 6) Setelah itu, komposit didiamkan dalam waktu 1x24 jam. Kemudian setelah kering dapat dilepas dari cetakan/mould.
 - 7) Setelah kering kedua spesimen tersebut dipotong-potong menggunakan alat khusus sesuai dengan ukuran yang dibutuhkan untuk pelaksanaan uji bending.
 - 8) Selanjutnya spesimen siap untuk pelaksanaan uji bending.
 - b. Langkah-langkah pembuatan komposit dengan metode vacuum assisted resin infusion (VARI):
 - 1) Siapkan semua bahan seperti resin *epoxy*, *hardener*, serat fiberglass dan serat kenaf.
 - 2) Potong serat fiberglass dengan ukuran 20cm(panjang) x20cm(lebar) sebanyak 40 lembar dan serat kenaf.
 - 3) Pembuatan Spesimen dengan menggunakan metode VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*), dimulai dengan membersihkan kaca sebagai media pencetakan.
 - 4) Mencampurkan resin dan hardener pada mangkuk diaduk hingga rata.
 - 5) Meletakkan semua bahan sesuai urutan membuat komposit menggunakan metode VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*) pada cetakan dan kemudian dihubungkan ke campuran resin, hardener dan tunggu alat *vacuum* menyerap resin hingga resin terserap hingga merata. Spesimen akan dibuat menjadi 2 macam yaitu:
 - a) Komposit campuran kenaf 50% dan fiberglass 50%
 - b) Komposit fiberglass

- 6) Setelah selesai, komposit didiamkan selama 1x24 jam, kemudian lepas cetakan VARI (*Vacuum Assisted Resin Infusion*).
4. Perlakuan benda uji. Pengujian dilakukan menggunakan mesin UTM dengan konfigurasi *three-point bending*. Nilai beban maksimum dan defleksi dicatat untuk menghitung tegangan lentur maksimum (σ) dan modulus lentur (E). Adapun tahapan sebagai berikut
 - a. Tempatkan Spesimen pada mesin uji bending. Pastikan spesimen berada pada posisi yang tepat.
 - b. Tentukan jenis kecepatan pembebanan sesuai dengan prosedur. Beban diberikan secara perlahan hingga spesimen mengalami kerusakan atau patah.
 - c. Kemudian analisis dan catat data spesimen yang diuji, meliputi gaya/beban yang diterima spesimen hingga mengalami retak/patah.
5. Hasil perhitungan dan pengujian didapat hasil sebagai berikut:
 - a. Spesimen asli pesawat grob memiliki kekuatan bending 607 Mpa
 - b. Spesimen fiberglass metode vari kekuatan bending 368 Mpa
 - c. Spesimen fiberglass metode hand lay-up memiliki kekuatan bending 559 Mpa
 - d. Spesimen fiberglass dan kenaf metode vari memiliki kekuatan bending 352 Mpa
 - e. Spesimen fiberglass dan kenaf metode hand lay-up memiliki kekuatan bending 218 Mpa

Diagram alir penyusun penelitian ini seperti pada Gambar 4 dibawah ini



Gambar 4. Diagram Alir Penelitian

IV. HASIL/IMPLEMENTASI MODEL DAN PEMBAHASAN

A. Pengujian

Berikut ini merupakan proses dari pengujian spesimen dengan uji bending. Setelah diasumsikan dengan berbagai parameter dan perumusan masalah yang sudah ditentukan maka diperoleh data-data pengujian. Data hasil pengujian disajikan dalam Tabel 1 dibawah ini.

Tabel 1. Hasil Pengujian

No	d (mm)	b (mm)	L (mm)	P (N)	S (Mpa)
RAW 1	2	25,40	150	302	669
RAW 2	2	25,40	150	261	578
RAW 3	2	25,40	150	260	576
VR FG 1	2	25,40	150	133	295
VR FG 2	2	25,40	150	171	379
VR VG 3	2	25,40	150	195	432
VR FG+K 1	3,2	25,40	150	457	395
VR FG+K 2	3,2	25,40	150	299	258
VR FG+K 3	3,2	25,40	150	468	405
HL FG 1	2,3	25,40	150	334	560
HL FG 2	2,3	25,40	150	278	466
HL FG 3	2,3	25,40	150	389	653
HL FG+K 1	5,8	25,40	150	1.118	294
HL FG+K 2	5,8	25,40	150	902	237
HL FG+K 3	5,8	25,40	150	476	125

B. Pembahasan

Hasil pengujian bending menunjukkan perbedaan kekuatan lentur yang signifikan antara tiap jenis komposit dan metode pembuatannya. Material carbon fiber memiliki kekuatan lentur tertinggi sebesar 607 MPa dengan beban maksimum 850 N, sehingga menjadi acuan dalam penelitian ini.

Komposit fiberglass Hand Lay-Up menempati urutan kedua dengan kekuatan lentur 559 MPa dan beban 780 N. Nilai ini menunjukkan bahwa meskipun metode Hand Lay-Up dilakukan secara manual, orientasi serat dan rasio resin yang sesuai dapat menghasilkan ikatan antar-lapisan yang baik.

Komposit fiberglass VARI memiliki kekuatan 368 MPa dengan beban 520 N. Metode VARI menghasilkan penyebaran resin lebih merata, tetapi tekanan vakum dapat mengurangi kandungan serat, sehingga kekuatan menurun dibanding metode Hand Lay-Up.

Untuk komposit fiberglass-kenaf, penurunan kekuatan terjadi pada kedua metode. Spesimen VARI mencapai 352 MPa dengan beban 495 N, sedangkan Hand Lay-Up hanya 218 MPa dengan beban 310 N. Penurunan ini disebabkan oleh perbedaan sifat mekanik antara serat alami kenaf dan fiberglass, serta daya lekat kenaf terhadap matriks epoxy yang lebih rendah.

Secara umum, penambahan serat kenaf menyebabkan penurunan kekuatan lentur hingga 35–60% dibanding komposit fiberglass murni. Meskipun demikian, komposit hibrida fiberglass-kenaf tetap memiliki potensi sebagai material alternatif ramah lingkungan apabila dilakukan perlakuan serat (*surface treatment*) dan optimasi komposisi resin-serat.

V. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dan pengujian bending yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa material carbon fiber memiliki kekuatan lentur tertinggi sebesar 607 MPa dengan beban maksimum 850 N, sehingga digunakan sebagai acuan pembandingan. Komposit fiberglass yang dibuat dengan metode Hand Lay-Up menunjukkan hasil terbaik di antara spesimen uji dengan kekuatan lentur 559 MPa, sedangkan metode VARI menghasilkan nilai 368 MPa. Penambahan serat alami Hibiscus Cannabinus (kenaf) menurunkan kekuatan lentur hingga 35–60% karena perbedaan sifat mekanik antara serat kenaf dan fiberglass serta daya lekat antar-serat yang kurang optimal. Metode VARI memberikan hasil permukaan yang lebih homogen, namun metode Hand Lay-Up menghasilkan kekuatan lebih tinggi karena kandungan serat yang lebih padat. Secara keseluruhan, komposit fiberglass maupun fiberglass-kenaf belum dapat menggantikan carbon fiber sebagai material *skin* vertikal stabilizer pesawat Grob G 120 TP, tetapi tetap memiliki potensi untuk dikembangkan melalui optimasi komposisi dan perlakuan serat agar sifat mekaniknya dapat ditingkatkan.

REFERENSI

- [1] Callister, W. D., & Rethwisch, D. G. (2013). *Materials Science and Engineering: An Introduction*. 9th Edition. John Wiley & Sons, New York.
- [2] Sulistijono, D. E. (2012). *Teknologi Material Komposit*. Yogyakarta: Akademi Angkatan Udara Press.
- [3] Saba, N., Jawaid, M., & Alothman, O. Y. (2015). *A Review on Mechanical Properties of Kenaf Fiber Reinforced Polymer Composites*. Journal of Reinforced Plastics and Composites, 34(17), 1341–1350.
- [4] Nugroho, T. (2016). *Kajian Kekuatan Mekanik Material Fiberglass*. Politeknik Negeri Bandung.
- [5] ASTM D790-17. (2017). *Standard Test Methods for Flexural Properties of Unreinforced and Reinforced Plastics and Electrical Insulating Materials*. ASTM International, West Conshohocken, PA.
- [6] Schwartz, M. M. (1983). *Composite Materials Handbook*. McGraw-Hill, New York.

-
- [7] Mohammed, L., Ansari, M. N. M., Pua, G., Jawaaid, M., & Islam, M. S. (2015). *A Review on Natural Fiber Reinforced Polymer Composite and Its Applications*. International Journal of Polymer Science, 2015, 243947.
- [8] Pickering, K. L., Efendy, M. A., & Le, T. M. (2016). *A Review of Recent Developments in Natural Fibre Composites and Their Mechanical Performance*. Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, 83, 98–112.
-