

# Layang-layang Tradisional: Warisan Budaya Kedirgantaraan Sebagai Potensi Kajian Studi Aerodinamis

Gatut Rubiono

Teknik Mesin Universitas PGRI Banyuwangi, Jl. Ikan Tongkol 22 Banyuwangi 68416

Email: [g.rubiono@fdi.or.id](mailto:g.rubiono@fdi.or.id)

---

**Abstrak**-Layang-layang dapat dimanfaatkan sebagai alat bantu penelitian berbasis teknologi ilmiah. Layang-layang sebagai alat bantu penelitian telah banyak dimanfaatkan sejak dulu. Penelitian-penelitian terdahulu menunjukkan bahwa layang-layang dapat dimanfaatkan sebagai perangkat pemetaan, pembangkit listrik dan penggerak kapal laut. Indonesia memiliki warisan budaya layang-layang yang beraneka ragam di setiap daerah. Keunikannya termasuk dari segi desain dan bentuk layang-layang tersebut. Pada umumnya, layang-layang di Indonesia masih terbatas pada hobi permainan dan wisata. Sedangkan pada aspek riset, penelitian layang-layang di Indonesia masih sebatas dilakukan pada sudut pandang deskriptif sejarah. Layang-layang memanfaatkan kekuatan hembusan angin sebagai media pengangkatnya. Hal ini menyebabkan layang-layang memiliki perilaku aerodinamika sebagai karakteristik unjuk kerja suatu obyek di aliran udara (angin). Studi karakteristik aerodinamis meliputi aspek gaya hambat dan gaya angkat yang menunjukkan perilaku gerak dan kestabilan layang-layang di udara. Studi ini dapat dilakukan di laboratorium menggunakan perangkat terowongan angin atau studi langsung di lapangan sesuai aplikasinya. Karena itu, layang-layang sebagai warisan budaya kedirgantaraan memiliki potensi sebagai bahan kajian karakteristik aerodinamis agar dapat diaplikasikan dalam perangkat berbasis teknologi.

**Kata kunci:** layang-layang, tradisional, riset, aerodinamis

---

**Abstract** - Kites can be used as research tools based on science and technology. Earlier research show that kites used as mapping tool, electric generation device and ship traction. Indonesia has various kites as culture legacy in every region. The kite has specific design and shape. Kites in Indonesia still used as hobby game and tourism. Kite research in Indonesia still concern in historical description. Kite used wind force as lift medium. It caused the kite has aerodynamic behavior as as performance characteristic of an object in air stream. Aerodynamic characteristic study cover drag and lift force aspect which describe motion kite behavior and stability in the air stream. This study can be done at laboratory using wind tunnel or in field as action research. There for, Indonesian kite as aerospace culture legacy has potency as aerodynamic characteristic study to develop technological devices.

**Keywords:** kite, traditional, research, aerodynamic

---

## I. PENDAHULUAN

Layang-layang merupakan lembaran bahan tipis berkerangka yang diterbangkan ke udara dan terhubung dengan tali atau benang ke daratan atau pengendali. Layang-layang memanfaatkan kekuatan hembusan angin sebagai alat pengangkatnya. Dikenal luas di seluruh dunia sebagai alat permainan, layang-layang diketahui juga memiliki fungsi ritual, alat bantu memancing atau menjerat, menjadi alat bantu penelitian ilmiah, serta media energi alternatif [1].

Catatan pertama yang menyebutkan permainan layang-layang adalah dokumen dari Cina sekitar 2500 SM. Penemuan sebuah lukisan gua di Pulau Muna, Sulawesi Tenggara, pada awal abad ke-21, memberikan spekulasi bahwa orang telah bermain layang-layang di kawasan Nusantara lebih dulu dari Cina. Diduga terjadi perkembangan bebas antara tradisi di Cina dan di Nusantara karena di Nusantara banyak ditemukan bentuk-bentuk primitif layang-layang yang terbuat dari daun-daunan. Catatan

pertama di Nusantara mengenai layang-layang adalah dari sejarah Melayu abad ke-17 (Sulalatus Salatin) yang menceritakan suatu festival layang-layang yang diikuti oleh seorang pembesar kerajaan [1].

Layang-layang terbang karena gaya-gaya aerodinamika dari gerakan relatifnya terhadap angin. Angin relatif itu ditimbulkan oleh aliran udara alamiah atau tarikan layang-layang lewat benang penghubung. Bentuk layang-layang menjadi salah satu bagian dari bangun datar dalam bidang ilmu matematika. Layang-layang sering dibuat dalam berbagai bentuk dan ukuran. Layang-layang yang umum dikenal memiliki panjang diagonal berkisar 20-40 cm. Dalam perkembangannya, bentuk layang-layang tidak selalu segiempat tetapi juga dibuat berbentuk lingkaran, segienam, atau bentuk lainnya [2].

Layang-layang sebagai alat bantu penelitian telah banyak dimanfaatkan sejak dulu. Layang-layang dapat dimanfaatkan untuk memetakan atmosfer pada lapisan rendah [3]. Aspek desain, model dan kontrol

layang-layang dilakukan dengan kegiatan studi awal [4]. Aplikasi layang-layang membutuhkan metodologi desain rekayasa yang lebih terkontrol [5]. Pemodelan layang-layang dapat digunakan untuk memanfaatkan energi angin sebagai bagian sistem pembangkit listrik ([6], [7], [8], [9], [10], [11]).

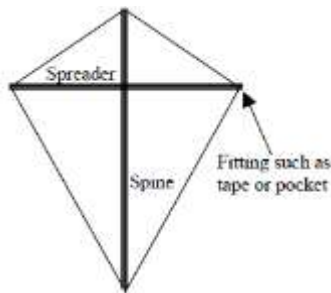
Penelitian juga dilakukan untuk pemanfaatan layang-layang sebagai komponen penggerak kapal laut ([12], [13], [14], [15]). Layang-layang merupakan alat bantu untuk penangkapan ikan jenis Tuna di Samudera Hindia [16]. Penelitian semakin berkembang dengan konsep layang-layang sebagai perangkat angkasa berukuran mikro [17]. Layang-layang juga menjadi obyek kajian secara model matematis ([18], [19]) dan simulasi numerik [20].

Perilaku layang-layang di aliran angin juga banyak diteliti sebagai riset di bidang aerodinamika. Penelitian dilakukan untuk pengujian tarikan layang-layang dan aspek aerodinamisnya [21]. Unjuk kerja layang-layang pada angin alamiah diteliti dengan aplikasi anemometri [23]. Aspek dinamika dan kontrol layang-layang diteliti untuk pengendalian manuver [22]. Penelitian juga dilakukan untuk memprediksi perilaku aerodinamis layang-layang tetrahedral [24] dan mengaplikasikan sensor untuk alat bantu analisis aerodinamis layang-layang fleksibel [25].

Indonesia yang memiliki warisan budaya layang-layang yang beragam sangat berpotensi untuk meneliti layang-layang dari segi teknologi. Pemanfaatan layang-layang sebagai alat bantu masih bersifat tradisional. Hal ini membuka peluang penelitian untuk pengembangannya.

## II. LAYANG-LAYANG

Layang-layang adalah sebuah obyek yang ditambatkan menggunakan satu tali atau lebih. Layang-layang tergantung pada udara yang bergerak di permukaannya agar dapat terbang. Semua layang-layang memiliki satu atau lebih permukaan yang diterpa angin, kekang untuk memegang layang-layang pada sudut yang efisien terhadap angin dan tali untuk menjaga layang-layang agar tidak hilang tertiuap angin [26].



Gambar 1. Bagian layang-layang segiempat [26]

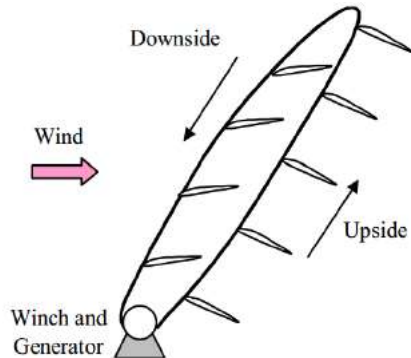
TABEL 1.  
MACAM LAYANG-LAYANG [26]

Jenis	Contoh
Flat	Snake, Hexagonal, Diamond, Delta
Bowed	Eddy, Edo, Rokkaku
Cellular	Star, Box Kite
Multi-line	Dual-line Stunt Kite, Quad-line Stunt Kite
Fighter & felxible	Hata, Indian Fighter, Korean Fighter
Figure	Bird, Bat
Soft	Soft Airfoil, Parafoil, Flowform
Stack & Trains	Single-line train of Kites, Dual-line stackof kites
Others	Many other styles and variations exist!



Gambar 2. Tiga periode evolusi layang-layang [5]

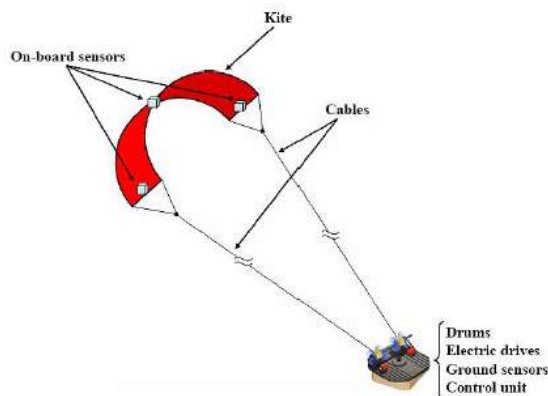
Para peneliti seluruh dunia telah menggunakan angin di ketinggian untuk menghasilkan energi bebas polusi. Konsep produksi energi berkelanjutan ini disebut *Laddermill*. Konsep *Laddermill* mengacu pada sistem layang-layang satu tali yang menggerakkan generator pembangkit saat layang-layang terbang. Keuntungan sistem ini adalah beratnya ringan, biaya rendah serta struktur, instalasi dan perawatannya mudah. Kajian teoritis menjanjikan kemampuan output daya yang relatif besar [18].



Gambar 3. Konsep awal *Laddermill* [11]

Layang-layang juga digunakan dalam sistem pembangkit listrik dengan sistem tambatan fleksibel yang digunakan untuk mentransmisikan gaya aerodinamis layang-layang ke sistem konversi daya di permukaan tanah. Sistem ini disebut *ground tethered energy* (GTE). Sistem ini memanfaatkan obyek yang terbang di ketinggian lebih dari 1000 meter dan dikendalikan oleh sebuah sistem kendali terbang otomatis [27].

Pada proyek *Kitenergy*, layang-layang dihubungkan dengan perangkat di tanah dengan 2 kabel yang digulung di 2 drum. Drum ini dihubungkan dengan 2 perangkat listrik yang dapat berfungsi ganda sebagai generator dan motor. Sistem ini dapat dilihat pada gambar 4 sebagai berikut [10]:

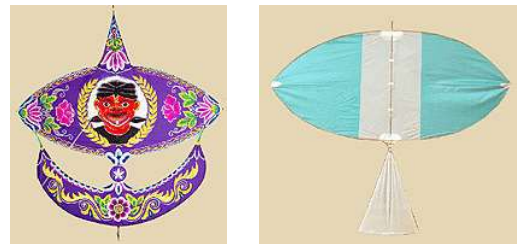


Gambar 4: Skema *Kitenergy* [10]

### III. LAYANG-LAYANG TRADISIONAL

Layang-layang sudah lama dikenal sebagai permainan tradisional anak-anak di seluruh Indonesia. Mainan ini mudah dibuat dengan bahan dasarnya adalah kertas, potongan bambu kecil, dan lem. Untuk memainkannya, layang-layang diterbangkan ke angkasa dengan segulung benang gelas yang bisa ditarikur. Selain menjadi salah satu permainan yang sering dimainkan oleh anak-anak dan orang dewasa. Perkembangan teknologi membuat minat anak-anak terhadap permainan tradisional seperti layang-layang mulai menghilang. Layang-layang laga biasa dimainkan oleh anak-anak pada masa pancaroba karena biasanya kuatnya angin berhembus pada masa itu.

Layang-layang di berbagai daerah di Indonesia memiliki keunikan tersendiri. Di Bali, masyarakat masih mengenal layang-layang untuk melindungi singgasana para dewa. Dewa layang-layang di Bali adalah Rare Angon. Masyarakat Sumatera Barat masih percaya pada layang-layang bertuah yang bisa memikat anak gadis. Layang-layang hias ini disebut *dangung-dangung*.



Gambar 5. Layang-layang Papetengan Jawa Barat dan Dangung Sumatera Barat [2]

Di pulau Jawa ada layang-layang yang digunakan untuk mengusir serangga dan burung liar di ladang sawah. Di beberapa daerah, layang-layang dimainkan sebagai bagian dari ritual tertentu. Biasanya terkait dengan proses budidaya pertanian. Layang-layang paling sederhana terbuat dari helai daun yang diberi kerangka dari bambu dan diikat dengan serat rotan. Layang-layang semacam ini masih dapat dijumpai di Sulawesi.

Di Jawa Barat, Lampung, dan beberapa tempat di Indonesia lainnya ditemukan layang-layang yang dipakai sebagai alat bantu memancing. Layang-layang ini terbuat dari anyaman daun sejenis anggrek tertentu dan dihubungkan dengan mata kail. Di Pangandaran dan beberapa tempat lain, layang-layang dipasang jerat untuk menangkap kalong atau kelelawar [2].

Terdapat berbagai tipe layang-layang permainan, di Sunda layang-layang dikenal dengan istilah *maen langlayangan*. Tipe yang paling umum adalah layang-layang hias jika dalam bahasa Betawi disebut koang dan layang-layang aduan laga. Selain itu, ada pula layang-layang yang diberi sendaringan dan

dapat mengeluarkan suara karena hembusan angin. Di beberapa daerah Nusantara, layang-layang juga dimainkan sebagai bagian dari ritual tertentu, biasanya terkait dengan proses di pertanian [28].

#### IV. LAYANG-LAYANG DI INDONESIA

Selain sebagai bentuk permainan dan budaya, layang-layang juga dapat menjadi daya tarik wisata. Festival layang-layang di kabupaten Siak pada tahun 2014 dikunjungi 694 wisatawan [34]. Festival layang-layang tahun 2015 di Banyuwangi diikuti ratusan peserta [35]. Kedatangan peserta dan wisatawan nusantara maupun mancanegara pada festival layang-layang internasional tahun 2016 di kabupaten Pangandaran diharapkan dapat meningkatkan pendapatan asli daerah (PAD) hingga 10% [29].



Gambar 6. Layang-layang penari Gandrung Banyuwangi [35]

Kegiatan penelitian layang-layang di Indonesia masih dilakukan pada aspek deskriptif budaya. Permainan layang-layang merupakan sebuah wadah untuk memperlihatkan sisi kehidupan masyarakat Nagari Gunuang Rajo yaitu kekerabatan dan nilai-nilai sosial budaya selama permainan layang-layang tersebut dilangsungkan. Kebutuhan akan prestise dan simbol kepemimpinan dalam suku merupakan sisi yang dimaksudkan tersebut. Permainan layang-layang tersebut secara tidak langsung juga mencerminkan kepribadian masyarakat Nagari Gunuang Rajo, yang pada dasarnya memiliki rasa solidaritas sosial yang tinggi, adanya hubungan baik yang terikat diantara anggota kekerabatan yang diperlihatkan dalam proses permainan layang-layang. Tentunya semua itu dalam rangka memperkaya diri dan tidak merubah tatanan nilai yang ada di dalam kehidupan sosial budaya masyarakatnya. Ini juga dimaksudkan untuk menjaga keseimbangan hubungan sosial antar manusia dalam masyarakat itu sendiri [36].

Layang-layang Bebean di desa Ungasan kecamatan Kuta Selatan Kabupaten Badung memiliki nilai visual dan estetik. Secara visual layang-layang memiliki unsur-unsur garis, bidang, dan warna. Garis terbagi lagi menjadi garis horizontal, vertikal, dan lengkung terbentuk oleh adanya garis dan adanya warna yang berbeda. Sedangkan warna pada layang-layang Bebean merupakan warna yang

menyimbolkan Tridatu yaitu merah sebagai Dewa Siwa, hitam sebagai Dewa Wisnu, dan putih sebagai Dewa Brahma. Secara estetik layang-layang Bebean mengandung prinsip harmoni pada keserasian penyusunan kerangka dan prinsip kontras pada perpaduan warnanya. Sedangkan asas yang terkandung dalam desain layang-layang Bebean adalah asas proporsi, kesederhanaan, kesatuan, serta keseimbangan yang bersifat simetris [37].

Referensi [38] meneliti permainan layang-layang masyarakat Muna. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan tradisi pembuatan dan permainan *kaghati kalope* yang keberadaannya hampir punah di tengah kemajuan teknologi modern. Penelitian ini bersifat deskriptif dengan pendekatan kualitatif dan teknik koleksi data berupa pengamatan dan wawancara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pembuatan *kaghati kalope* hanya dapat dilakukan oleh orang-orang tertentu, karena sarat dengan pantangan-pantangan dan melalui berbagai ritual. *Kaghati kalope* telah berkali-kali menang dalam ajang festival dunia sebagai layang-layang yang paling alami. Dalam permainan *kaghati kalope* terkandung nilai-nilai budaya yang dapat dijadikan sebagai bagian dari pembentukan jati diri dan karakter bangsa.

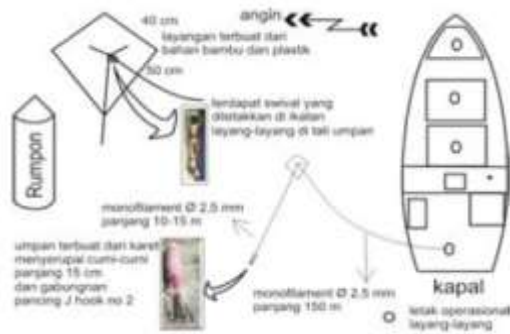
#### V. POTENSI KAJIAN TEKNIS

Pancing layang-layang (*kite lines*) telah dimanfaatkan untuk penangkapan ikan tuna di perairan Samudera Hindia. Pancing ini menggunakan bahan dari *monofilament* berdiameter 2,5 mm dengan panjang 150 m. Layang-layang yang digunakan terbuat dari plastik dengan panjang 40 x 50 cm. Pancing ini dilengkapi dengan *swivel* setelah ikatan tali pada layang-layang. Pancing yang digunakan adalah *J-hook* no 2 berjumlah tiga terangkai pada umpan buatan.

Pancing layang-layang dioperasikan dengan menggunakan bantuan angin. Pengoperasian pancing ini hanya dengan mengikatkan umpan buatan pada tali layang-layang. Layang-layang diterbangkan dan digerakkan sehingga umpan berada di permukaan air laut dan bergerak-gerak menyerupai umpan hidup. Pancing layang-layang biasanya dioperasikan oleh salah satu nelayan ada saat istirahat siang atau bersamaan dengan pengoperasian pancing ulur. Pancing layang-layang merupakan alat tangkap paling ekonomis dengan menghasilkan tangkapan yang memiliki kualitas ekspor sehingga berharga jual tinggi [16].

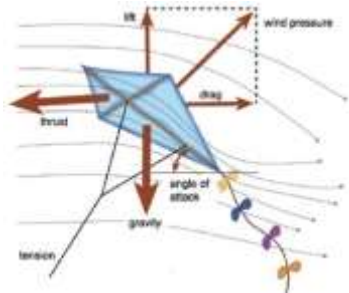
Pemanfaatan layang-layang tradisional Indonesia sebagai alat bantu berbasis teknologi memerlukan studi di bidang teknik. Hal ini terkait dengan perilaku layang-layang karena angin sebagai studi aerodinamika yang menjadi karakteristik unjuk kerja suatu obyek di aliran udara (angin). Penelitian ini dapat dilakukan dengan tujuan untuk mendapatkan

karakteristik aerodinamis layang-layang tradisional sebagai warisan budaya kedirgantaraan.



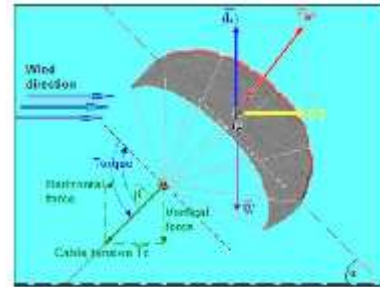
Gambar 7. Pancing layang-layang [16]

Dalam ilmu aerodinamika, setiap benda yang bergerak di udara akan mengalami gaya-gaya aerodinamik. Gaya-gaya aerodinamik ini umumnya dibagi menjadi dua komponen, yaitu gaya yang bekerja tegak lurus terhadap aliran udara, dinamakan gaya angkat (*lift*) dan gaya yang sejajar dengan arah aliran udara atau disebut gaya hambat (*drag*) [30].

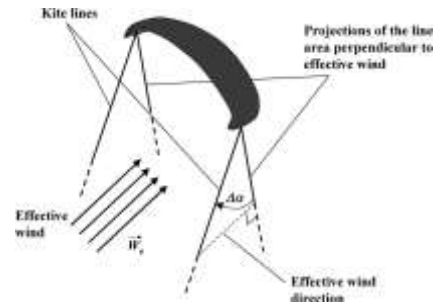


Gambar 8. Diagram layang-layang di aliran udara [31]

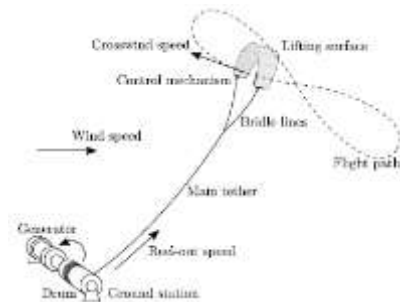
Layang-layang yang dianggap sebagai sebuah permukaan aerodinamis di aliran udara mengalami 3 gaya utama yaitu gaya berat ( $\overline{W}$ ), gaya aerodinamis total ( $\overline{T}_{af}$ ) dan tegangan tali ( $\overline{C}_t$ ). Pada gambar 9, gaya-gaya yang bekerja di permukaan aerodinamis menghasilkan resultan gaya  $\overline{T}_{af}$  yang terurai dari arah kecepatan bebas dan arah yang tegak lurus kecepatan ini. Gaya berat  $\overline{W}$  selalu beraksi di pusat massa layang-layang (G) dan berorientasi terhadap pusat bumi. Gaya aerodinamis total  $\overline{T}_{af}$  adalah resultan 2 gaya yaitu gaya hambat dan gaya angkat. Dua gaya ini bekerja di pusat tekanan layang-layang (P). Gaya ketiga, tegangan tali  $\overline{C}_t$  bekerja sepanjang tali.



Gambar 9. Gaya dan momen pada layang-layang [13]



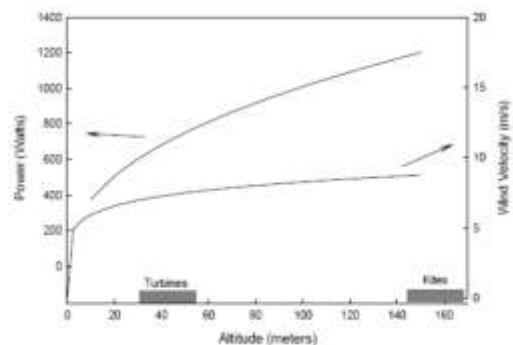
Gambar 10. Diagram tali layang-layang dan proyeksinya [7]



Gambar 11. Pembangkitan listrik dengan layang-layang [32]



Gambar 12. Layang-layang sebagai penarik kapal [15]



Gambar 13. Output daya dan kecepatan angin untuk turbin dan layang-layang untuk luasan 10 m² [6]

Indonesia memiliki kekayaan budaya layang-layang, dalam jenis standar maupun hias. Layang-layang dapat dikaji sebagai kajian aerodinamis yang mempelajari perilaku obyek di aliran udara. Obyek akan mengalami gaya hambat (*drag*) yang bekerja tegak lurus terhadap arah angin dan gaya angkat (*lift*) yang bekerja searah dengan arah angin. Karakteristik aerodinamis layang-layang dapat digunakan sebagai acuan desain aplikasi dan pengembangan.

Penelitian dapat dilakukan dengan model skala di terowongan angin. Model uji dengan skala tertentu dapat digunakan untuk mendapatkan distribusi tekanan udara di sekitar obyek. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan nilai gaya hambat dan gaya angkat sebagai parameter karakteristik aerodinamis suatu benda. Karakteristik ini merupakan acuan bagi desain yang lebih aplikatif untuk diterapkan secara teknis di lapangan. Selain itu, dapat pula dilakukan pengukuran gerak arah depan, belakang dan arah samping. Hal ini dilakukan untuk mendapatkan perilaku keseimbangan obyek di aliran udara.

Gaya hambat dan angkat dihitung dengan persamaan [9]:

$$L_{ift} = \frac{1}{2} \rho A C_L V_w^2 \cos^2 \theta$$

$$D_{rag} = \frac{1}{2} \rho A C_D V_w^2 \cos^2 \theta$$

Dimana:

$\rho$  = berat jenis udara ( $\text{kg/m}^3$ )

A = luas penampang terkena angin ( $\text{m}^2$ )

$C_L$  = koefisien *lift*

$C_D$  = koefisien *drag*

$V_w$  = kecepatan angin (m/dt)

$\theta$  = sudut datang angin

Variabel desain terpenting untuk sistem energi angin ketinggian adalah efisiensi aerodinamis yang didefinisikan sebagai rasio antara *lift* dan *drag*[33]:

$$E = \frac{L}{D} = \frac{C_L}{C_D} = \frac{V_{kite}}{V_{wind}}$$

Gaya tali layang-layang T berada dalam keseimbangan dengan gaya-gaya aerodinamis:

$$T = \sqrt{L^2 + D^2} = L \sqrt{1 + \frac{1}{E^2}}$$

Perhitungan nilai-nilai teoritis koefisien *lift* dan *drag* sangat penting untuk hasil eksperimen laboratorium. Nilai-nilai ini dihitung dengan persamaan [13]:

$$C_1 = \frac{C_{10}}{1 + \frac{C_{10}}{\pi * AR}}$$

$$C_D = C_{do} + \frac{C_1^2}{7 * \pi * AR}$$

Dimana:

$C_{10}$  = koefisien *lift* untuk plat datar=  $2 * \pi * AOA$

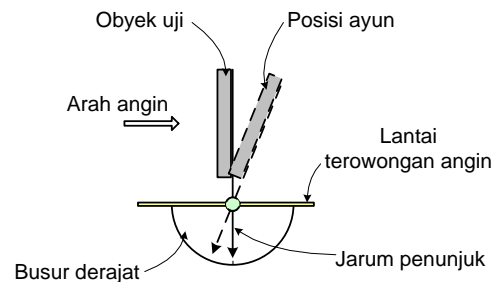
$C_{do}$  = koefisien *drag* layang-layang  
=  $1,28 * \sin AOA$

AR = aspek rasio = (bentang sayap<sup>2</sup>/luas area)

Gaya tarik (traksi) di tali layang-layang terutama berasal dari gaya aerodinamis yang bekerja pada layang-layang tersebut ketika terbang di lintasannya. Besar dan arah gaya aerodinamis tergantung pada bentuk layang-layang dan kecepatan aliran udara yang mengenai layang-layang (*inflow*). Kecepatan efektif *inflow* didefinisikan sebagai komponen dari kecepatan aliran udara relatif yang terjadi pada permukaan potongan melintang layang-layang [15].

Banyak studi yang mengasumsikan layang-layang sebagai suatu benda kaku (*rigid body*) dengan kendali dalam bentuk arah melalui gerak berguling (*roll*) dan oleng (*yaw*). Dua parameter pendekatan ini berbasis perbedaan asumsi dan akan mengarah pada perbedaan persamaan-persamaan gerak. Koefisien aerodinamis maupun gaya aerodinamis sangat tergantung pada *yaw*. *Roll* secara langsung berpengaruh terhadap arah gaya angkat. *Yaw* berubah menurut arah datang angin karena layang-layang selalu cenderung berbelok pada arah terbang [18].

Sebuah layang-layang dapat menghasilkan tenaga (*power*) karena siklus aksigaya antara kondisi bertenaga dan tidak bertenaga. Perilaku ini disebabkan perubahan sudut datang angin (*angle of attack* - AOA). Sudut datang akan memberikan tenaga pada AOA kecil dan *stall* pada AOA yang lebih besar. Konsekuensinya, mekanisme yang merubah AOA adalah sangat penting untuk memfungsikan seluruh sistem [6].



Gambar 14. Skema pengukuran sudut ayun

## VI. PENUTUP

Layang-layang tradisional merupakan warisan budaya Indonesia. Penelitian yang ada masih terbatas pada aspek deskriptif budaya. Layang-layang memiliki potensi sebagai kajian teknis, salah satunya sebagai uji karakteristik aerodinamis. Hal ini dapat dilakukan untuk pengembangan aplikasi layang-layang tradisional di masa depan.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Anonim, 2010, *Layang-layang*, <http://www.permainanrakyat.blogspot.co.id>
- [2] D. Susantio, 2010, *Sejarah Layang-layang*, <http://www.hurahura.wordpress.com>
- [3] B.B. Balsley, M.L. Jensen, R.G. Frehlich, 1998, The Use of State-of-the-Art Kites for Profiling the Lower Atmosphere, *Boundary-Layer Meteorology* 87: 1–25
- [4] G. Weilenmann, F. Tischhauser, 2007, “Preliminary Study on Kite Autonomy, Design, Model and Control”, Master-Thesis, Swiss Federal Institute of Technology Zurich
- [5] J. Breukels, 2010, An Engineering Methodology for Kite Design, Uitgeverij BOXPress, Oisterwijk
- [6] R. Buckley, M. Hurgin, C. Colschen, E. Lovejoy, M. DeCuir, N. Simone, 2008, “Design of a One Kilowatt Scale Kite Power System”, Bachelor of Science, Aerospace Engineering, Worcester Polytechnic Institute
- [7] M. Canale, L. Fagiano, M. Milanese, 2009, High Altitude Wind Energy Generation Using Controlled Power Kites, *IEEE Transactions on Control Systems Technology*
- [8] D. Thorpe, 2011, “Modelling and Control of Tethered Kite Systems for Wind Energy Extraction”, Thesis, School of Aerospace, Mechanical and Manufacturing Engineering Science, Engineering and Health College RMIT University
- [9] H. Zhang, 2013, Kite Modeling for Higher Altitude Wind Energy, *Energy and Power Engineering* 5: 481-488
- [10] I. Azis, 2013, “Design of a High Altitude Wind Power Generation System”, Thesis, Department of Management and Engineering, Division of Machine Design, Linköping University, Sweden
- [11] T.C.M. Maia, 2014, “Optimal Control of Power Kites for Wind Power Production”, Master in Electrical and Computers Engineering, Faculdade De Engenharia Da Universidade Do Porto
- [12] L. Fagiano, M. Milanese, V. Razza, 2011, Optimization and Control of a Hybrid Kite Boat, *18<sup>th</sup> International Federation of Automatic Control (IFAC) World Congress Milano (Italy)*: 14748-14753
- [13] J. Sidhartha, M.S.P. Kumar, 2012, Kite Technology (Pull Shipping to Greener Future), *International Journal of Innovative Research & Development* 1(10): 16-39
- [14] G.M. Dadd, 2013, “Kite Dynamics for Ship Propulsion”, A dissertation, Doctor of Engineering, University of Southampton
- [15] H. Ran, C-E. Janson, B. Allenström. 2014. Auxiliary Kite Propulsion Contribution to Ship Thrust. *Proceedings of the ASME. 32<sup>nd</sup> International Conference on Ocean, Offshore and Arctic Engineering*: 1-9
- [16] I.T. Hargiyatno, R.F. Anggawangsa, Wudianto, 2013, Perikanan Pancing Ulur di Palabuhanratu: Kinerja Teknis Alat Tangkap, *J. Lit. Perikan. Ind.* 19(3): 121-130
- [17] Pappu VSR, Steck JE, Ramamurthi G, 2016, Turbulence Effects on Modified State Observer-Based Adaptive Control: Black Kite Micro Aerial Vehicle, *Aerospace* 3(6): 1-22
- [18] Podgaets AR, Ockels WJ, 2007, Comparison of Two Mathematical Models of the Kite for Laddermill Sail Simulation, *Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science*, San Francisco, USA
- [19] Rautakorpi P, 2013, “Mathematical Modeling of Kite Generators”, Thesis, Science and Engineering, Tampere University of Technology
- [20] Shadhik M, Tamilarasan K, Ahsan Fawaad PK, 2013, Analysis and Simulation of Powerkite to Harness High Altitude Wind for the Generation of Electricity, *International Journal of Research in Engineering & Advanced Technology* 1(1): 1-6
- [21] Stevenson JC, 2003, “Traction Kite Testing and Aerodynamics”, Thesis, Mechanical Engineering, University of Canterbury
- [22] Donnelly CJ, 2013, Dynamics and Control of a Single-Line Maneuverable Kite, *Thesis*, Department of Mechanical Engineering, Kate Gleason College of Engineering, Rochester Institute of Technology, New York
- [23] Hobbs SE, 2005, “A Quantitative Study of Kite Performance in Natural Wind with Application to Kite Anemometry”, PhD Thesis, Ecological Physics Research Group, Cranfield Institute of Technology
- [24] Ashari B, 2014, “Aerodynamic Performance Prediction of a Tetrahedral Kite”, Thesis, Master of Science, Aerospace Engineering, Delft University of Technology
- [25] Franca BMR, 2014, “A Tool for Aerodynamic Analysis of Flexible Kites A MEMS Sensor Implementation, A MEMS Sensor Implementation”, Thesis, Master of Science in Aerospace Engineering at Delft University of Technology
- [26] Davison G, 2002, *Kites in The Classroom Revised Edition*, American Kitefliers Association
- [27] Isaacs MW, Hoagg JB, Hussein II, Olinger D, 2011, Retrospective Cost Adaptive Control for a Ground Tethered Energy System, *50<sup>th</sup> IEEE Conference on Decision and Control and European Control Conference (CDC-ECC)*: 824-829
- [28] Anonim, 2016, *Layang-Layang, Permainan Tradisional Favorit Semua Kalangan*. <http://www.merahputih.com>, Diakses tanggal 4 Nopember 2016
- [29] Poerwanto E, 2016, 15-16 Juli 2016, Festival Layang-layang Internasional Pangandaran 2016, <http://www.bisniswisata.co.id>, Diakses tanggal 4 Nopember 2016
- [30] Sukoco, 2015, Upaya Peningkatan Gaya Angkat Pada Model Airfoil Dengan Menggunakan *Vortex Generator*. *Jurnal Teknik* 5(2): 134-143
- [31] Hulslander M, 2012, How Kites Fly, <https://airandspace.si.edu>. Diakses tanggal 4 Nopember 2016
- [32] de Groot SGC, Breukels J, Schmehl R, Ockels WJ, Modelling Kite Flight Dynamics Using A Multibody Reduction Approach, ASSET Institute, Kluyverweg, Delft, The Netherlands
- [33] Cherubini A, 2011, Kite Dynamics and Wind Energy Harvesting, Tesis, Politecnico Di Milano
- [34] Iriani AM. 2015, Festival Attraction Siak Sri Indrapura District. *Jom Fisip* 2(2): 1-13
- [35] Anonim, 2015. Festival Layang-layang Banyuwangi 2015, <http://www.banyuwangibagus.com>, Diakses tanggal 4 Nopember 2016
- [36] Nisa A, 2008, Fungsi Permainan Layang-Layang Suku Bagi Masyarakat Gunuang Rajo (Studi Kasus: Kanagarian Gunuang Rajo Kecamatan Batipuh Kabupaten Tanah Datar), *Abstrak Tesis*, Repository Universitas Andalas, Diakses tanggal 4 Nopember 2016
- [37] Meisaroh S, Widnyana IGN, Koriawan EH. Layang-Layang Bebean di Desa Ungasan, Kecamatan Kuta Selatan, Kabupaten Badung. Jurusan Pendidikan Seni Rupa. Universitas Pendidikan Ganesha. Singaraja
- [38] Raodah, 2014, *Kaghati Kalope: Permainan Tradisional Masyarakat Muna*, *Walasuji* 5(1): 157-170