

VOLUME 15, NOMOR 1 MARET 2021

ISSN: 1907-8056
e-ISSN: 2527-5410

AGROINTEK

JURNAL TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN
UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA

AGROINTEK: Jurnal Teknologi Industri Pertanian

Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian is an open access journal published by Department of Agroindustrial Technology, Faculty of Agriculture, University of Trunojoyo Madura. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian publishes original research or review papers on agroindustry subjects including Food Engineering, Management System, Supply Chain, Processing Technology, Quality Control and Assurance, Waste Management, Food and Nutrition Sciences from researchers, lecturers and practitioners. Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian is published twice a year in March and August. Agrointek does not charge any publication fee.

Agrointek: Jurnal Teknologi Industri Pertanian has been accredited by ministry of research, technology and higher education Republic of Indonesia: 30/E/KPT/2019. Accreditation is valid for five years. start from Volume 13 No 2 2019.

Editor In Chief

Umi Purwandari, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Editorial Board

Wahyu Supartono, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta, Indonesia

Michael Murkovic, Graz University of Technology, Institute of Biochemistry, Austria

Chananpat Rardniyom, Maejo University, Thailand

Mohammad Fuad Fauzul Mu'tamar, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Khoirul Hidayat, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Cahyo Indarto, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Managing Editor

Raden Arief Firmansyah, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Assistant Editor

Miftakhul Efendi, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Heri Iswanto, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Safina Istighfarin, University of Trunojoyo Madura, Indonesia

Alamat Redaksi

DEWAN REDAKSI JURNAL AGROINTEK

JURUSAN TEKNOLOGI INDUSTRI PERTANIAN

FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS TRUNOJOYO MADURA

Jl. Raya Telang PO BOX 2 Kamal Bangkalan, Madura-Jawa Timur

E-mail: Agrointek@trunojoyo.ac.id

APLIKASI INTERPOLASI LAGRANGE TERHADAP EFISIENSI TURBIN PADA PABRIK KELAPA SAWIT MAYANG KAPASITAS 40 TON/JAM

Siti Aisyah^{*}, Zulham Effendi, Dicky Vernanda Maha

Teknologi Pengolahan Hasil Perkebunan, STIPER Agrobisnis Perkebunan, Medan, Indonesia

Article history

Diterima:

23 Januari 2020

Diperbaiki:

11 September 2020

Disetujui:

26 Januari 2021

Keyword

Efficiency;

*Interpolation; Turbine
and Enthalpy*

ABSTRACT

Energy can't be created and can't be destroyed but energy can be transformed from one energy into another. The success rate of energy change is called efficiency. The success of a steam turbine certainly can't be separated from the level of efficiency and application of good and correct procedures in its use. Efficiency values can be found by using data from the power released by the turbine, mass flow rate and enthalpy. Enthalpy search can use the Lagrange interpolation method. Data is collected for 3 months in September, October and November 2018 at the Mayang palm oil mill. The greatest efficiency value in the three months occurred in October, amounting to 43.50 % and the lowest occurred in November, amounting to 36.98 %. High or low efficiency can occur because of the large and small comparison of the power released by the turbine enthalpy and mass flow rate. As well as the effect of the wet steam produced by the boiler can cause rotation of the blades to weaken and result in little power released by the steam turbine.

© hak cipta dilindungi undang-undang

^{*} Penulis korespondensi

Email: sitiaisyahchan76@gmail.com

DOI 10.21107/agrointek.v15i1.6515

PENDAHULUAN

Kebutuhan terhadap energi merupakan hal mendasar yang dibutuhkan dalam usaha meningkatnya taraf hidup serta kuantitas dari masyarakat. Pada saat ini kebutuhan energi berhubungan langsung dengan tingkat kehidupan masyarakat serta kemajuan industrisasi contohnya Pabrik Kelapa Sawit (PKS). Dalam hal ini, energi listrik yang menjadi salah satu bentuk energi yang paling banyak digunakan oleh masyarakat dapat dengan mudah dan efisien diubah ke bentuk energi yang lainnya (Sinaga, 2015).

Mesin-mesin konversi energi yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi listrik diantaranya turbin uap. Turbin uap adalah suatu penggerak mula yang mengubah energi potensial uap menjadi energi kinetik yang selanjutnya energi kinetik ini diubah menjadi energi mekanis dalam bentuk putaran poros turbin. Poros turbin langsung atau dengan bantuan roda gigi reduksi. Turbin uap dapat digunakan pada berbagai bidang industri, untuk pembangkit tenaga listrik dan untuk transportasi (Shlyakhin, 1999).

Keberhasilan dari suatu turbin uap tidak lepas dari tingkat efisiensi dan penerapan prosedur yang baik dan benar dalam penggunaannya. Efisiensi ini sangat erat kaitannya dengan kinerja peralatan yang digunakan dan Sumber Daya Manusia (SDM) yang menangani sistem turbin (Sinaga, 2015). Jika kedua hal ini tidak saling berkaitan maka akan menimbulkan kerugian (*losses*) yang melebihi standar dan dapat merugikan perusahaan. Faktor-faktor yang mempengaruhi nilai efisiensi turbin uap antara lain daya yang dikeluarkan turbin, mass flow, tekanan dan temperatur uap masuk turbin, serta tekanan dan temperatur uap keluar turbin, dan semakin besar putaran poros turbin maka, efisiensi

juga akan meningkat (Sutikno *et al.*, 2011).

Interpolasi adalah proses pencarian dan perhitungan nilai suatu fungsi yang grafiknya melewati sekumpulan titik yang di berikan. Interpolasi bertujuan untuk menentukan nilai fungsi pada suatu titik dengan menggunakan nilai fungsi titik disekitarnya (Ilham, 2014). Metode simulasi dilakukan dengan mengikuti beberapa langkah yaitu; langkah pertama adalah melakukan input data berupa jumlah kelompok data yang diperoleh dari pengoperasian turbin uap di PKS Unit Mayang, dengan Output data adalah efisiensi. Langkah berikut ialah berupa pengolahan data untuk menghitung entalpi berdasarkan data pada tabel *superheated steam*, menggunakan metode numerik Interpolasi Lagrange yang mengacu pada persamaan berikut (Linda *et al.*, 2016).

$$f_1(x) = f(x_0) + (x - x_0)f[x_1, x_0]$$

Tujuan dari penelitian ini adalah: 1) Mengetahui realisasi efisiensi turbin uap pada Pabrik Kelapa Sawit Mayang, 2) Mengetahui pengaruh yang ditimbulkan oleh efisiensi turbin, 3) Mengetahui penyebab menurunnya efisiensi turbin.

METODE

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilakukan selama 9 Bulan yaitu pada bulan Desember 2018 - Agustus 2019 yang bertempat di Pabrik Kelapa Sawit Mayang Kapasitas 40 Ton/Jam.

Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam proses penelitian ini adalah Turbin Uap, *Pressure Gauge*, Termometer dan *Control Panel*.

Bahan yang digunakan dalam proses penelitian ini yaitu data sekunder *log sheet* harian karyawan selama 3 bulan

(September, Oktober dan November 2018)

Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode pengumpulan data dan pengolahan data berupa tekanan uap masuk turbin, temperatur uap masuk turbin, tekanan uap keluar turbin, temperatur uap keluar turbin, laju aliran masa serta daya yang dihasilkan turbin uap.

Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini dilaksanakan dengan cara pengumpulan data *log sheet* dengan 3 bulan terakhir karyawan, verifikasi bagian terkait, mencatat ulang data yang tidak lengkap. Analisa data agar dapat mengetahui efisiensi turbin dan membuat alternatif solusi serta saran agar efisiensi turbin dapat meningkat.

Perhitungan

Perhitungan yang digunakan pada penelitian ini yaitu persamaan : (Linda *et al.*, 2016).

$$\eta = \frac{W_{actual}}{W_{Input}} \times 100\% \tag{1}$$

Dimana :

W_{actual} adalah daya (KW) listrik dari perusahaan
 W_{input} dihasilkan dari laju aliran massa dan entalpi.

Nilai entalpi dapat dilihat pada tabel uap dan dapat dicari menggunakan interpolasi lagrange sebagai berikut : (Zahedi *et al.*, 2009)

$$p_1(x) = \frac{x-x_1}{x_0-x_1}y_0 + \frac{x-x_0}{x_1-x_0}y_1 \tag{2}$$

Dimana :

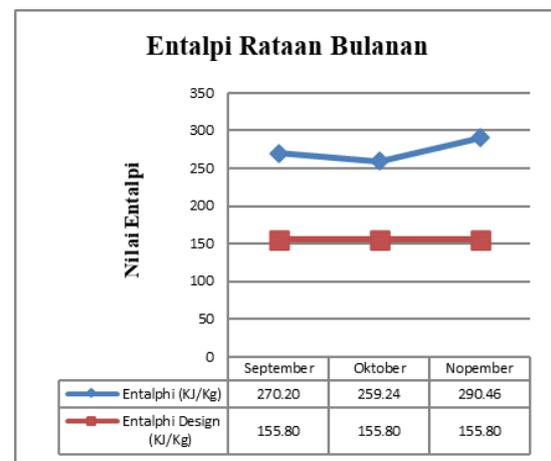
$p_1(x)$ = Fungsi ditanya
 x_0 = Fungsi atas
 x_1 = Fungsi Bawah

y_0 = Entalpi batas atas
 y_1 = Entalpi batas bawah

PEMBAHASAN

Analisa dan Pembahasan Entalpi

Entalpi menyatakan jumlah energi internal dari suatu sistem termodinamika ditambah energi yang digunakan untuk melakukan kerja. Entalpi yang digunakan merupakan entalpi uap *superheated*. *Superheated* merupakan sebuah komponen *boiler subcritical* yang berfungsi untuk memanaskan kembali uap *saturated*, pada tekanan kerja konstan, sehingga menjadi uap *superheater*. Tujuan utamanya adalah untuk meningkatkan energi panas yang terkandung didalam uap, sehingga efisiensi termal mesin akan ikut meningkat. Berikut merupakan data entalpi rata-rata pada bulan September, Oktober, dan November 2018.



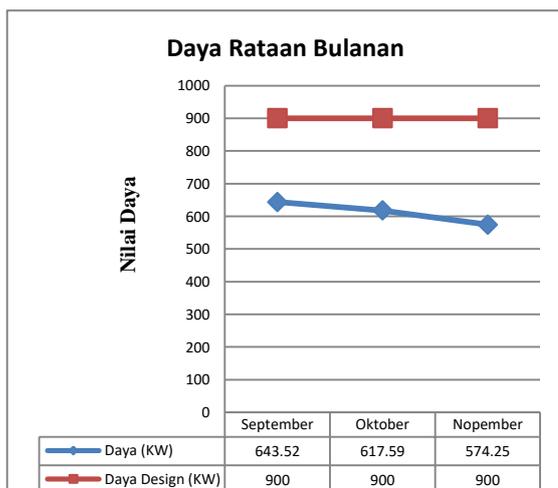
Gambar 1. Entalpi rata-rata bulan September – November 2018

Pada data grafik di atas menunjukkan jumlah total selisih entalpi pada turbin uap bulanan. Selisih entalpi di dapatkan dari tekanan masuk turbin dan temperatur masuk turbin dikurangi dengan tekanan keluaran dari turbin dan temperatur keluaran dari turbin, dengan kata lain semakin tinggi temperatur maka semakin tinggi entalpi dan semakin tinggi tekanan *steam* maka semakin rendah nilai entalpi (Adamczyk *et al.*, 2014). Total selisih

entalpi tertinggi terdapat pada bulan Nopember 2018 yaitu sebesar 290,46 KJ/Kg dan nilai total selisih entalpi terendah terdapat pada bulan Oktober 2018 yaitu sebesar 259,24 KJ/Kg serta untuk nilai standar selisih entalpi berdasarkan *design* awal yaitu sebesar 155,80 KJ/Kg.

Analisa dan Pembahasan Daya Turbin Uap

Daya keluar turbin uap merupakan daya yang dihasilkan oleh turbin berupa energi listrik yang digunakan dalam menjalankan alat/mesin pabrik serta sebagai penerangan yang ada di pabrik maupun lingkungan bahkan perumahan di sekitar pabrik. Daya rata-rata yang dihasilkan oleh turbin uap pada bulan September, Oktober, dan November 2018 seperti pada gambar dibawah ini.



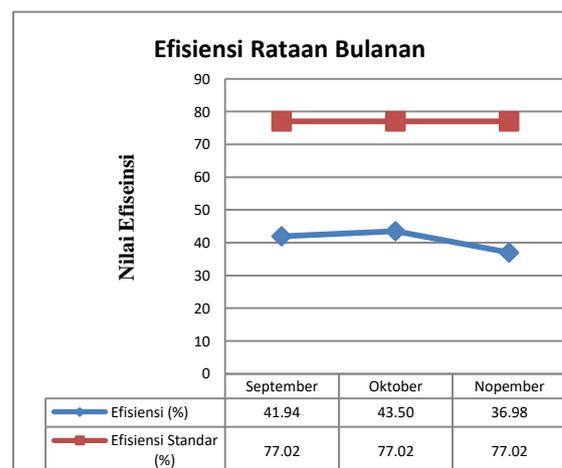
Gambar 2. Daya rata-rata bulan September – November 2018

Pada grafik dapat dilihat bahwa daya turbin terbesar dikeluarkan oleh turbin uap berada pada bulan September yaitu sebesar 643,52 KW sedangkan daya terendah berada pada tanggal Nopember yaitu sebesar 574,25 KW serta untuk daya *design* pada turbin uap yaitu 900 KW. Perbedaan daya yang dikeluarkan oleh turbin uap dipengaruhi oleh besarnya kinerja turbin uap itu sendiri (Hidayanto, 2016). Semakin banyak energi listrik yang

dipergunakan dalam proses ataupun perumahan warga maka semakin besar daya yang akan dikeluarkan turbin uap tersebut. Biasanya dimalam hari daya yang akan dikeluarkan akan semakin besar dikarenakan listrik yang dipergunakan pada perumahan di area pabrik akan meningkat dan jika pabrik banyak mengalami *stagnasi* maka daya yang akan dikeluarkan akan semakin rendah (Adamczyk *et al.*, 2014)

Analisa dan Pembahasan Efisiensi Turbin Uap

Efisiensi turbin merupakan ukuran keberhasilan dari sebuah kinerja alat/mesin turbin itu sendiri berdasarkan *design* awal dengan satuan persen (%). Efisiensi rata-rata turbin uap pada bulan September, Oktober dan November 2018 seperti pada gambar dibawah ini.



Gambar 3 Efisiensi rata-rata bulan September – November 2018

Pada gambar dapat dilihat bahwa daya efisiensi turbin yang tertinggi dihasilkan pada bulan Oktober 2018 yaitu sebesar 43,50 % sedangkan efisiensi terendah berada pada Nopember 2018 dengan efisiensi sebesar 36,98 % dimana efisiensi *design* pada turbin uap itu sendiri yaitu 77,02 %. Tingginya efisiensi dapat dipengaruhi oleh daya, entalpi dan laju aliran massa yang masuk ke dalam turbin uap (Effendi, 2013). Semakin besar daya turbin uap yang dikeluarkan dan semakin

kecil entalpi dan laju aliran massa maka efisiensi yang dihasilkan akan semakin besar, sebaliknya jika daya yang dikeluarkan besar sedangkan entalpi dan laju aliran massa juga besar maka efisiensi yang dihasilkan akan kecil (Zhao *et al.*, 2018). Efisiensi tertinggi pada bulan Oktober 2018 disebabkan karena daya yang dikeluarkan sebesar 617,59 KW dan entalpi sebesar 259,24 KJ/Kg serta laju aliran massa sebesar 19,97 Ton/jam sehingga menghasilkan efisiensi sebesar 43,50 % sedangkan pada minggu ke empat bulan Oktober 2018 daya yang dihasilkan rendah yaitu sebesar 574,25 KW dan laju aliran massa yang cukup banyak yaitu sebesar 19,39 Ton/jam sehingga efisiensi yang dihasilkan rendah yaitu sebesar 36,98 %.

Pembahasan dari Efisiensi, Entalpi serta Daya pada Turbin

Efisiensi dapat menjadi tinggi dan rendah tergantung dengan nilai daya yang dikeluarkan, entalpi serta laju aliran massa pada turbin uap itu sendiri. Semakin tinggi daya yang dikeluarkan turbin dengan nilai W_{input} yang sama maka akan menghasilkan nilai efisiensi yang tinggi, begitu juga sebaliknya. Selain faktor tersebut ada beberapa faktor lainnya yang dapat menyebabkan nilai efisiensi menjadi rendah yaitu manusia, metode, mesin dan material.

Alternatif Solusi

Cara mengatasi agar *steam* basah tidak terikut kedalam turbin yaitu dilakukan *blowdown* ketel uap secara rutin selama 4 jam sekali secara teratur agar busa pada air terbuang dan air dalam kondisi steril. Solusi yang dilakukan agar mengurangi dampak air yang jorok pada sungai pihak *management* sudah menambahkan instalasi *clarifier* sebagai tempat pemisahan *flog-flog* dengan penambahan tawas sehingga *silica* dapat terminimalisir terikut masuk ke dalam

ketel uap. Kondisi saat ini instalasi tersebut masih dalam tahap pengerjaan.

KESIMPULAN

Efisiensi turbin terbesar pada bulan September 2018 terjadi pada tanggal 26 September 2018 yaitu sebesar 68,82 % dan efisiensi terendah berada pada tanggal 6 September 2018 dengan efisiensi sebesar 34,04 %. Pada bulan Oktober, efisiensi turbin terbesar terjadi pada tanggal 6 Oktober 2018 yaitu sebesar 50,11 % dan efisiensi terendah berada pada tanggal 31 Oktober 2018 dengan efisiensi sebesar 36,29 %. Efisiensi turbin terbesar pada bulan Nopember 2018 terjadi pada tanggal 22 Nopember 2018 yaitu sebesar 40,23 % dan efisiensi terendah berada pada tanggal 25 Nopember 2018 dengan efisiensi sebesar 34,23 %.

Tinggi rendahnya efisiensi turbin dipengaruhi oleh daya yang di keluarkan oleh turbin uap dan entalpi dari *steam* pada turbin uap serta laju aliran massa. Kondisi *steam* basah dapat mengakibatkan menurunnya efisiensi pada turbin uap.

UCAPAN TERIMA KASIH

Pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada Pabrik Kelapa Sawit Mayang yang telah memberikan izin peneliti untuk melakukan penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

Adamczyk, W.P., Klimanek, A., Bialecki, R.A., Wecel, G., Kozolub, P., Czakiert, T. 2014. Comparison of the standart Euler-Euler and Hybrid Euler-Lagranger Approaches for modelling particle transport in a Pilot-Scale Circulating fluidized bed. *Journal Particuology* 15, 129-137.

- Bhattacharya, S., Kresta, S.M. 2006. Reactor performance with high velocity surface feed. *Journal Chemical Engineering Science*, 61, 3033–3043.
- Dobrowolski, B., Wydrych, J. 2007. Computational and experimental analysis of gas-particle flow in furnace power boiler installations with respect to erosion phenomena. *Journal Theoretical and Applied Mechanics*, 45 (3), 513 -537.
- Effendi, D.A. 2013. Rancang bangun boiler untuk proses pemanasan sistem uap pada industri tahu dengan menggunakan Catia V5. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Hidayanto, S. 2016. Analisa perfoe boiler kapasitas 115 Ton/Jam di PT. Pertamina Refinery Unit VI Balongan-Indramayu. Skripsi. Universitas Negeri Semarang. Semarang.
- Ilham, M. 2014. Interpolasi. Program Studi Fisika. Institut Teknologi Bandung. Bandung. Indonesia
- Linda, Arman, Y., Malino, M.B. 2016. Aplikasi interpolasi Lagrange untuk menentukan efisiensi turbin PLTU. *Jurnal Prisma Fisika IV* (1), 41-44.
- Ochoa, F.G., Gomez, E. 1998. Mass transfer coefficient in stirred tank reactors for xanthan gum solutions. *Journal Biochemical Engineering* (1), 1-10.
- Rinaldi. 2012. Analisa perhitungan bahan bakar steam boiler Pabrik Kelapa Sawit (PKS). analysis fuel consumption steam boiler. *Jurnal Gema Teknologi*, 9, (2), 79-90.
- Roslyakov, P.V., Proskurin, Y.V., Ionkin, I.L., 2017. Increase of efficiency and reliability of liquid fuel combustion in small-sized boilers. *Journal of Physics*. 8 (9), 1-8. [https://doi :10.1088/1742-6596/891/1/012243](https://doi.org/10.1088/1742-6596/891/1/012243).
- Shlyakhin, P. 1999. Turbin uap. Erlangga. Jakarta.
- Sinaga, F.A. 2015. Analisa performansi turbin uap kapasitas 800 KW dengan tekanan 20 Bar dan putaran 5000 RPM di pabrik kelapa sawit. Tugas Akhir. Politeknik Negeri Medan : Medan.
- Steele, C.H., Nolan, P.F., Lowe, J.L., Hirst, A., Starkie, A.J. 1993. Monitoring reaction exotherms in pilot scale batch reactors. *Journal Loss Prev. Process Ind*, 6 (2), 115-124.
- Sutikno, D., Soenoko, R., Pratikto, P., Putra, F., Cahyo, P.M.N. 2011. Study on pressure distribution in the blade passage of the Francis turbine. *Journal Rekayasa Mesin*.
- Zahedi, G., Yaqubi, H., Ba-Shammakh, M. 2009. Dynamic modeling and simulation of heavy paraffin dehydrogenation reactor for selective olefin production in Linear Alkyl Benzene Production Plant, *Journal Applied Catalysis A: General* (358), 1–6.
- Zhao, G., Su, Z.G., Zhan, J., Zhu, H., Zhao, M. 2018. Adaptively receding galerkin optimal control for a Nonlinear Boiler-Turbine Unit, *Hindawi Complexity*, Article ID 8643623, P 13-20.

AUTHOR GUIDELINES

Term and Condition

1. Types of paper are original research or review paper that relevant to our Focus and Scope and never or in the process of being published in any national or international journal
2. Paper is written in good Indonesian or English
3. Paper must be submitted to <http://journal.trunojoyo.ac.id/agrointek/index> and journal template could be download here.
4. Paper should not exceed 15 printed pages (1.5 spaces) including figure(s) and table(s)

Article Structure

1. Please ensure that the e-mail address is given, up to date and available for communication by the corresponding author
2. Article structure for original research contains

Title, The purpose of a title is to grab the attention of your readers and help them decide if your work is relevant to them. Title should be concise no more than 15 words. Indicate clearly the difference of your work with previous studies.

Abstract, The abstract is a condensed version of an article, and contains important points of introduction, methods, results, and conclusions. It should reflect clearly the content of the article. There is no reference permitted in the abstract, and abbreviation preferably be avoided. Should abbreviation is used, it has to be defined in its first appearance in the abstract.

Keywords, Keywords should contain minimum of 3 and maximum of 6 words, separated by semicolon. Keywords should be able to aid searching for the article.

Introduction, Introduction should include sufficient background, goals of the work, and statement on the unique contribution of the article in the field. Following questions should be addressed in the introduction: Why the topic is new and important? What has been done previously? How result of the research contribute to new understanding to the field? The introduction should be concise, no more than one or two pages, and written in present tense.

Material and methods, “This section mentions in detail material and methods used to solve the problem, or prove or disprove the hypothesis. It may contain all the terminology and the notations used, and develop the equations used for reaching a solution. It should allow a reader to replicate the work”

Result and discussion, “This section shows the facts collected from the work to show new solution to the problem. Tables and figures should be clear and concise to illustrate the findings. Discussion explains significance of the results.”

Conclusions, “Conclusion expresses summary of findings, and provides answer to the goals of the work. Conclusion should not repeat the discussion.”

Acknowledgment, Acknowledgement consists funding body, and list of people who help with language, proof reading, statistical processing, etc.

References, We suggest authors to use citation manager such as Mendeley to comply with Ecology style. References are at least 10 sources. Ratio of primary and secondary sources (definition of primary and secondary sources) should be minimum 80:20.

Journals

Adam, M., Corbeels, M., Leffelaar, P.A., Van Keulen, H., Wery, J., Ewert, F., 2012. Building crop models within different crop modelling frameworks. *Agric. Syst.* 113, 57–63. doi:10.1016/j.agsy.2012.07.010

Arifin, M.Z., Probawati, B.D., Hastuti, S., 2015. Applications of Queuing Theory in the Tobacco Supply. *Agric. Sci. Procedia* 3, 255–261. doi:10.1016/j.aaspro.2015.01.049

Books

Agrios, G., 2005. *Plant Pathology*, 5th ed. Academic Press, London.