Skripsi Geofisika

PENELUSURAN SIKLUS HIDROLOGI ATMOSFER DI ANTARA TANDON LEMBAB DAN TANDON KERING

OLEH:

DEWI RAHMAWATI L.N

H221 13 004

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019

Optimization Software:
www.balesio.com

PENELUSURAN SIKLUS HIDROLOGI ATMOSFER DI ANTARA TANDON LEMBAB DAN TANDON KERING

Skripsi untuk melengkapi tugas-tugas dan memenuhi syarat

untuk mencapai gelar sarjana

DEWI RAHMAWATI L.N

H221 13 004

PROGRAM STUDI GEOFISIKA

FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM

UNIVERSITAS HASANUDDIN

MAKASSAR

2019

Optimization Software:
www.balesio.com

PENELUSURAN SIKLUS HIDROLOGI ATMOSFER DI ANTARA TANDON LEMBAB DAN TANDON KERING

Oleh:

DEWI RAHMAWATI L.N

H221 13 004

SKRIPSI

Untuk memenuhi salah satu syarat ujian
Guna memperoleh gelar Sarjana Sains
Program Pendidikan Sarjana, Program Studi Geofisika ini
Telah disetujui oleh Tim Pembimbing pada tanggal
Seperti tertera di bawah ini

Makassar, 28 Februari 2019

Disetujui oleh :

Pembimbing Utama

Prof. Dr. Dadang Ahmad S, M.Eng
NIP. 19560930 198003 1 004

Pembimbing Pertama

Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M. Eng.
NIP. 19670929 199303 1 003

Optimization Software:
www.balesio.com

PERNYATAAN KEASLIAN

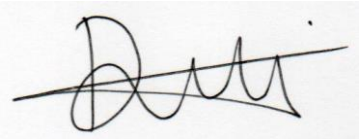
Saya yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama	: Dewi Rahmawati L.N
NIM	: H221 13 004
Program Studi	: Geofisika
Judul TA	: Penelusuran Siklus Hidrologi Atmosfer Di Antara Tandon Lembab Dan Tandon Kering

menyatakan bahwa skripsi ini merupakan karya orisinil saya dan sepanjang pengetahuan saya tidak memuat bahan yang pernah dipublikasikan atau ditulis oleh orang lain dalam rangka tugas akhir untuk suatu gelar akademik di Universitas Hasanuddin atau lembaga pendidikan lainnya dimanapun, kecuali bagian yang telah dikutip sesuai kaidah yang berlaku. Saya juga menyatakan bahwa skripsi ini merupakan murni gagasan, rumusan dan penelitian saya sendiri, dan dalam batas tertentu melalui arahan komisi pembimbing dan masukan tim penguji.

Makassar, 28 Februari 2019

Yang membuat pernyataan



Dewi Rahmawati L.N

Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRAK

Siklus hidrologi di atmosfer berperan penting dalam sistem bumi, sebagai sumber air tawar bagi kehidupan di bumi. Mulai dari massa jenis air yang berat diubah menjadi massa jenis uap yang ringan memungkinkan terjadi kenaikan uap dari permukaan laut menuju ke titik embun di mana proses perubahan uap menjadi air bisa berlangsung. Mesin atmosfer diwakili oleh siklus Carnot yang dimodifikasi di bawah kubah air yang berisi campuran uap air dan cairan dalam lapisan atmosfer. Penelitian ini bertujuan untuk menjelaskan proses evaporasi dan kondensasi berdasarkan diagram *P-V* (cair dan uap) berdasarkan quasi siklus Carnot reversibel dengan mempelajari perubahan parameter termodinamika, yaitu potensial termodinamika, panas, energi internal dan kerja, dan bertujuan menjelaskan kuantitas curah hujan berdasarkan beda kelembaban. Informasi dasar yang direkam oleh radiosonde digunakan sebagai uap air dan parameter cair yang mewakili kondisi atmosfer awal dalam memproduksi air tawar. Hasilnya akan memberikan informasi yang diperlukan untuk mengetahui proses penguapan dan kondensasi di troposfer dan hubungan antara kelembaban dengan curah hujan.

Kata kunci: Curah Hujan; Kelembaban; Parameter termodinamika; Siklus Carnot; Siklus hidrologi.

Optimization Software:
www.balesio.com

ABSTRACT

The hydrological cycle in the atmosphere plays an important role in the earth's system, as a source of fresh water for life on earth. Starting from the density of heavy water, it is converted into a mild vapor density which allows an increase in steam from the sea surface to the dew point where the process of changing steam into the water can take place. The atmospheric engine is represented by the Carnot cycle which is modified under a water dome that contains a mixture of water vapor and liquid in the atmosphere layer. This study aims to explain the evaporation and condensation process based on the P-V diagram (liquid and steam) based on the quasi-cycle of reversible Carnot by studying changes in thermodynamic parameters, namely thermodynamic potential, heat, internal energy and work, and aims to explain the quantity of rainfall based on humidity differences. The basic information recorded by radiosonde is used as water vapor and liquid parameters that represent the initial atmospheric conditions in producing fresh water. The results will provide the information needed to know the evaporation and condensation processes in the troposphere and the relationship between humidity and rainfall.

Keywords: Rainfall; Humidity; Thermodynamic parameters; Carnot cycle; Hydrological cycle.

Optimization Software:
www.balesio.com

PRAKATA

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَٰنِ الرَّحِيمِ

Alhamdulillahi Rabbil 'alamin sesungguhnya segala puji bagi Allah *Subhanahu wa Ta'ala*, kami memuji-Nya, memohon pertolongan dan meminta ampunan kepada-Nya. Kami berlindung kepada Allah dari kejahatan diri kami serta keburukan amal perbuatan kami. Barang siapa yang diberikan petunjuk oleh Allah, tak seorangpun yang dapat menyesatkannya. Dan barang siapa yang disesatkan oleh Allah, tak ada seorangpun yang dapat memberinya petujuk. Aku bersaksi bahwa tiada illah yang berhak disembah secara benar selain Allah yang tiada sekutu bagi-Nya, dan aku bersaksi bahwa Muhammad *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam* adalah hamba dan utusan-Nya. Shalawat dan salam senantiasa kita haturkan kepada Rasulullah *Shallallahu 'Alaihi wa Sallam*, kepada para keluarga beliau, para shahabat, istri-istri beliau serta orang-orang yang senantiasa menjalankan sunnah-sunnah beliau. *Amma ba'du*.

Skripsi ini berjudul **"Penelusuran Siklus Hidrologi Atmosfer Di Antara Tandon Lembab Dan Tandon Kering"** disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Hasanuddin.

Untaian terima kasih tak terkira kepada kedua orangtua sumber inspirasi yang sangat dicintai dan disayangi penulis, Ayahanda **Naim Laadi** dan Ibunda **Farida Dimoniu** atas segala dukungan yang telah diberikan, motivasi dahsyat, pengorbanan besar, kesabaran yang kuat, doa-doa yang dilantunkan tanpa henti. Semoga Allah memberi balasan dengan sebaik-baik balasan. Skripsi ini penulis dedikasi dan persembahkan untuk keduanya. Terima kasih pula kepada adik-adikku **Muh Muhajir, Nurmasita** dan **Putri Adinda** sahabat perjuangan dari kecil hingga saat ini yang juga telah banyak memberi dukungan dan motivasi penulis. Semoga Allah senantiasa mengistiqamahkan dan senantiasa jalan kebaikan hingga akhir hidup.

Optimization Software:
www.balesio.com

Ucapan terima kasih penulis haturkan kepada semua pihak yang telah memberikan bantuan, bimbingan, motivasi dalam menyelesaikan studi.

Rampungnya skripsi ini adalah sumbangsih dari berbagai pihak. Oleh karena itu, dengan segala kerendahan hati penulis mengucapkan terima kasih dan penghargaan sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak **Prof. Dr. Dadang Ahmad S, M.Eng.,** selaku pembimbing utama dan Bapak **Dr. Muh. Alimuddin Hamzah, M. Eng.,** selaku pembimbing pertama di kampus yang telah banyak meluangkan waktu dalam membimbing, memberi nasihat, motivasi, memberi masukan-masukan dan penuh kesabaran dalam membimbing penulis dalam menyelesaikan skripsi. Banyak pelajaran hidup yang sangat berharga penulis dapatkan Semoga Allah memberi balasan dengan sebaik-baik balasan.
2. Bapak **Prof. Dr. Halmar Halide, M.Sc.,** Bapak **Dr. Sakka, M.Si** dan Bapak **Dr. Eng. Amiruddin, S.Si, M.Si.,** selaku tim penguji yang telah memberikan koreksi dan masukan dalam penulisan skripsi.
3. Bapak **Dr. Muh. Altin Massinai, MT.Surv** selaku Ketua Program Studi Geofisika UNHAS.
4. Bapak **Syamsuddin, S.Si, MT** selaku penasehat akademik yang telah banyak memberi motivasi dan bimbingan selama penulis berada di bangku perkuliahan.
5. Bapak **Bannu, S.Si, M.Si** yang telah memberikan waktunya untuk penulis dalam membantu dan membimbing selama penulis menyelesaikan penelitian.
6. Seluruh **Dosen Program Studi Geofisika**, **Staf Fakultas**, **Jurusan**, **Laboratorium** dan **Perpustakaan FMIPA Unhas**, terima kasih atas ilmu pengetahuan yang diajarkan serta pelayanan yang telah diberikan.
7. Saudara-saudari seperjuangan di kampus **ANGKER 013** atas kebersamaannya dari Maba yang telah menorehkan kisah begitu banyak. f tak dapat disebutkan satu-satu, terima kasih untuk menjadi **88 orang ara tak sedarah**.

Optimization Software:
www.balesio.com

8. Keluarga besar **KM FMIPA UNHAS** dan **Himpunan Mahasiswa Fisika FMIPA UNHAS** angkatan 2013.
9. Teman-teman Seperjuangan di **Geofisika 2013, Akra, Ika, Ewi, Zuhaa, Ajri, Ningsi, Nani, Nunu, Odah, Uyung, Opi, Nike, Arfah, Ida, Yanti**, **Tiara, Ami, Minu, Rista, Hilda, Pio, Hena, Jenifer, Pur, Fitrah**, **Olid, Maher, Baso, Eko, Asnur, Bahrul, Anca,Wahyudin, Ali, Reskur, Iqbal, Dhika, Mus, Mugni, Ichal, Jayadi, Iqlal, Ullah, Takdir, Zul, Kanda, Fitrawan, Sudar, Roby.**
10. Sahabat seperjuangan, sahabat *Jannah*, sahabat suka-duka, sahabat baper-baperan **Ukhty Aqramunnisah, S.Si** terima kasih atas segalanya pahit-manis, asam-asin perjuangan bersama penulis dari awal hingga akhir penelitian takkan dilupakan, ingatlah momen luar biasa ini, semua adalah takdir Allah yang indah pada waktunya. Dan ini adalah buah kesabaran.
11. Orang-orang inspiratif, **Kak Maidah** sebagai asisten sains orang pertama pengantar hidayah penulis sehingga bisa berubah menjadi lebih baik dari sebelumnya, **Kak Zahra** sebagai guru spiritual pertama dihalaqah tarbiyah *Ta'rifiyah* yang memotifasi penulis dalam belajar ilmu agama begitupun untuk **Kak Izzah** guru kedua yang tanpa lelah mendidik penulis menjadi lebih baik lagi dan kepada **Ummi Luthfah** guru spiritual dihalaqah tarbiyah *Takwiniyah* sosok Ibu kedua yang tangguh dan panutan penulis, senantiasa mengingatkan, memotivasi dalam menyelesaikan tugas akhir. Semoga Allah ntiasa menjaga kalian dan memberi sebaik-baik balasan.

bat seperjuangan *Jannah* di halaqah tarbiyah *Takwiniyah* **Abidat 5** yang ansformasi menjadi **Abidat 7: Alya, Akra, Ulfa, Hafshah, Aisyah, Kak**

Optimization Software:
www.balesio.com

Ajirah, Aqilah, Kak Latifah *rahimahullah*, **Kak Liska, Kak Jannah, Kak Najah, Aqifah, Kak Jannah Ummu Bilal, Kak Wahdah, Nisa, Kak Ana, Kak Dwi, Kak Aida, Kak Asmi, Kak Rahmah, Kak Rasmi, Ramlah, Kak Rachmi, Kak Mardhiyah, Yana, Kak Tutik, Iffah Syafira, Kak Asiqah, Kak Ayun, Kak Uci, Dek Ana, Dek Eki, Kak Hasra, Kak Aqlia,** dan **Inna**.

13. Kanda, akhawat, dan adik-adik **Pengurus Mushalla Istiqamah FMIPA Unhas**, terkhusus untuk **Kak Aliyah, Kak Cahyani, Kak Intang, Ukhty Samri, Ukhty Kiki, Ukhty Khansa, Ukhty Ulfa, Ukhty Atisah, Ukhty Nuhi, Ukhty Ayu andriani, Ukhty ayu pita, Ukhty Ana, Ukhty Dewi, Ukhty Fitri, Ukhty Rani, Dek Musdalipa, Dek Risda, Dek Wini, Dek Tuti, Adik Jumi, Adik Ifah, Adik Dewi, Adik Adhe, Adik dayah, Adik suju, Adik daya,** dan lainnya yang tidak bisa disebutkan semuanya terima kasih atas berbagai kisah indah dalam perjuangan yang telah tercipta.
14. **Pengurus FSUA** periode 1437-1439H/2016-2018M, terkhusus **Para Pejuang Unit** generasi awal dikepengurusan dan **Departemen P2U** atas segala suka-duka perjuangan dijalan yang penuh dengan keridhaan Allah dan membersamai penulis dalam penyelesaian tugas akhir ini terkhusus untuk **Kak Rahmi**, **Ukhty Suci, Dek Jusnita** dan akhawat lainnya.
15. Teristimewa untuk adik-adik *Jannah* ku **Dek Defa, Dek Eni, Dek Devi, Dek Mira, Dek Yuli, Dek Sakinah, Dek Hanifah, Dek Ukhty, Dek Muflih, Dek Ainul** dan seluruh adik-adik mutarabbiyah dan darisah penulis tak bisa tkan satu per satu yang banyak memberikan kekuatan, semangat kepada

Optimization Software:
www.balesio.com

penulis. Semoga Allah menjaga dalam kebaikan, mengistiqamahkan dan tetap semangat dalam menuntut ilmu agama dan al-quran.

16. **Keluarga Sakan D5** dari periode awal tinggal bersama hingga saat ini dengan komposisi personil yang berbeda-beda, Syukran wa Jazakumullahu Khairan atas kebaikan, kebersamaan, motivasi dan segala momen yang tercipta atas kebersamaan selama ini terkhusus **Kak Ajirah, Kak Umi, Dek Azizah, Dek Alfi** dan akhawat lainnya.
17. **Kakak-kakak 2013 (SO13AT)** atas segala motivasi, dorongan dan doa-doa yang dilantunkan untuk penulis. Terkhusus untuk **Alya, Ulfa, Hafshah, Yunisa, Samri, Atisah, Aisyah, Hasma, Aqifah, Iffah Syahamah, Wahidah, Amma** dan akhawat lainnya. *Uhubbukifillah*.
18. **PSL Squad** generasi pertama **Ningsi, Ami, Minu, Bahrul, Ical, Reskur, Anca, Sudar, Wahyu,** berjuang bersama yang terlebih dahulu mendahului penulis bersamaa **Akra** hingga berjuang bersama ke generasi kedua **Dek Inna, Dek Nur, Dek Rusmi, Dek Nunu,** tetap semangat, jangan menyerah, akan tiba waktu indah yang diimpikan.
19. Geng seperjuangan skripsian satu bimbingan **Kak Indri, Kak Inna, Adik Inna, Adik Nur, Adik Rusmi, Adik Abet, Adik Fatma.** Semoga dimudahkan tugas akhirnya, tetap semangat dan jangan menyerah hingga selesai.
20. Geng seperjuangan KP di Stasiun Meteorologi Hasanuddin Makassar; **Nurul** [illegible]**ah, S.Si** dan **Nurwahidah, S.Si** atas segala suntikan kenangan yang tak [illegible]pakan dalam simulasi dunia kerja.

Optimization Software:
www.balesio.com

21. Teman-teman **KKN Gel. 93 Kota Makassar, Kec Tamalanrea.** Terkhusus teman-teman seposko di kelurahan Tamalanrea Jaya: **Kak Adit, Nofi, Layla, Kak Febi, Ade, Kak Rudi, Resky, Kak Ria,** dan **Kak Tri.**
22. Kanda-kanda **Fisika 2009, 2010, 2011, 2012** dan Adik-adik **Fisika 2014, 2015, 2016** dan generasi seterusnya
23. Teman-teman **SD Inpres KM 8 Luwuk, SMP Negeri 3 Luwuk, SMA Negeri 3 Luwuk angkatan 2010.**
24. Junior Inspiratif **Dek Mutmainnah Miranti** sosok energik, penuh semangat, selalu berupaya membantu seniornya dikala dibutuhkan, banyak membantu juga dalam penyelesaian skripsi ini, terima kasih banyak dinda *fillah*. **Dek Putri Wulandari, S.Si** yang juga banyak membantu penulis dalam menyelesaikan tugas akhir ini. Semoga Allah memberi yang terbaik untuk kalian.

Serta kepada orang-orang luar biasa yang telah mengisi dan membuat hari-hari penulis menjadi lebih berwarna selama 5 tahun terakhir. Terima kasih dan permohonan maaf yang sebesar-besarnya bila ada nama yang terlewat. Hanya Allah pemilik catatan yang lebih lengkap dan sebaik-baik pemberi balasan atas semua kebaikan.

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan. Sehingga dengan segala kerendahan hati penulis mengharapkan kritik dan saran yang bersifat konstruktif guna perbaikan kekurangan yang ada. Walau demikian, penulis berharap agar skripsi ini sedikitnya dapat bermanfaat bagi siapapun yang membaca dan membacanya.

Makassar, 28 Februari 2019

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR ISI

SAMPUL ..... **i**

HALAMAN PENUNJUK SKRIPSI ..... **ii**

LEMBAR PENGESAHAN ..... **iii**

LEMBAR PERNYATAAN ..... **iv**

ABSTRAK ..... **v**

PRAKATA ..... **vii**

DAFTAR ISI ..... **xiii**

DAFTAR TABEL ..... **xv**

DAFTAR GAMBAR ..... **xvi**

DAFTAR LAMPIRAN ..... **xvii**

BAB I PENDAHULUAN **1**

I. 1 Latar Belakang 1

I.2 Identifikasi Masalah 3

I.3 Rumusan Masalah 4

I.4 Tujuan Penelitian 4

I.5 Ruang Lingkup 4

BAB II TINJAUAN PUSTAKA **5**

II.1 Kelembaban Udara 5

II.2 Siklus Carnot Udara Lembab 5

II.3 Modifikasi Siklus Carnot 7

II.3.1 Persamaan keadaan untuk uap air sebagai gas ideal 7

II.3.2 Kelembaban Relatif 8

II.3.3 Sistem Campuran 9

Optimization Software:
www.balesio.com

BAB III METODOLOGI PENELITIAN 10

III.1 Lokasi Penelitian 10

III.2 Bahan Penelitian 10

III.3 Tahapan Penelitian..... 10

III.3.1 Tahap Persiapan 10

III.3.2 Tahap Pengumpulan Data 11

III.3.3 Tahap Pengolahan Data..... 11

III.3.4 Tahap Pengembangan penelitian..... 14

III.4 Diagram Alir Penelitian..... 15

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN 16

IV.1 Modifikasi Siklus Carnot..... 16

IV.1.1 Proses evaporasi dan kondensasi berdasarkan quasi siklus carnot reversibel 16

IV.1.2 Hasil Modifikasi Siklus Carnot..... 22

IV.2 Analisis kuantitas curah hujan..... 24

VI.2.1 Hasil Plotting Curah Hujan 24

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN 30

V.I Kesimpulan..... 30

V.II Saran..... 31

DAFTAR PUSTAKA xviii

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR TABEL

Tabel 3. 1 Parameter Penelitian 11

Tabel 4. 1 *Rekapitulasi dari semua proses pada siklus Carnot reversible*..... 21

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2. 1 *Representasi skematik dari siklus Carnot* 5
Gambar 2. 2 *Siklus Termodinamika* 7
Gambar 2. 3 *Siklus Carnot dari di bawah kurva kubah campuran* 8

Gambar 3. 1 *Studi area penelitian* 12
Gambar 3. 2 Diagram alir penelitian 15

Gambar 4. 1 *Panas spesifik terhadap kualitas pencampuran (x)* 22
Gambar 4. 2 *Efisiensi terhadap kualitas pencampuran (x) dengan nilai kelembaban relatif yang berbeda-beda* 23
Gambar 4. 3 *Perbandingan 3 data curah hujan yaitu data awal dari curah hujan, data filter (0.5 Tahun) dan data filter (1 Tahun) dalam 3 bulan.*.... 25
Gambar 4. 4 *Curah hujan terhadap kelembaban pada Desember, Januari dan Februari* 26
Gambar 4. 5 *Curah hujan terhadap kelembaban pada Maret, April dan Mei* 27
Gambar 4. 6 *Curah hujan terhadap kelembaban pada Juni, Juli dan Agustus* 27
Gambar 4. 7 *Curah hujan terhadap kelembaban pada September, Oktober dan November* 28

Optimization Software:
www.balesio.com

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Data harian Radiosonde meliputi Kelembaban di permukaan $\mathcal{H}_H$ dan curah hujan dalam satu tahun pada tahun 2010. xx

Lampiran 2. Data curah hujan 3 bulan: Data awal, data filter 0.5 tahun dan data filter 1 tahun xxiii

Lampiran 3. Tabel perhitungan untuk memperoleh nilai efisiensi..... xxiv

Lampiran 4. Tabel perhitungan untuk memperoleh nilai q (Panas spesifik).... xxv

Lampiran 5. Tabel nilai q (panas spesifik) berdasarkan perbedaan nilai kuantitas campuran (x) disetiap proses siklus Carnot reversibel xxv

Lampiran 6. Tabel nilai efisiensi berdasarkan perbedaan nilai kuantitas campuran (x) disetiap proses siklus Carnot reversibel..... xxv

Optimization Software:
www.balesio.com

BAB I

PENDAHULUAN

I. 1 Latar Belakang

Matahari adalah sumber energi utama bagi bumi (Aldrian,2008). Pemanasan matahari pada siang hari dan pendinginan pada malam hari dalam skala harian, atau musim panas dan musim dingin dalam skala tahunan, berperan besar pada gerakan massa udara, baik dalam skala lokal maupun global (Tjasyono,2006). Pergerakan rotasi bumi dan revolusi tahunan serta aktivitas yang terjadi di permukaannya berpengaruh pada komposisi panas yang dipancarkan sehingga berakibat pada jumlah penerimaan radiasi di setiap tempat berbeda-beda yang kemudian berpengaruh terhadap unsur-unsur pada siklus hidrologi di atmosfer, seperti suhu udara, kelembaban, dan lainnya (Kurniawan,2006).

Siklus hidrologi di atmosfer berperan penting dalam sistem Bumi (Chahine, 1992). Transisi fase air antara bentuk cair ke bentuk gas melibatkan sejumlah besar energi, sehingga fluks penguapan dan curah hujan sangat mempengaruhi tingkat pemanasan dan pendinginan di permukaan dan di atmosfer. Perbedaan pemanasan dan pendinginan yang dimana gerak atmosfer dihasilkan, mengakibatkan terangkutnya uap air dari tempat air menguap ke tempat mengembun. Oleh karena itu, siklus hidrologi membentuk keseimbangan energi dan berinteraksi secara kuat dengan gerak dan transportasi atmosfer (Kleidon dan Renner, 2013).

drologi di atmosfer merupakan sumber air tawar bagi kehidupan di bumi. ri massa jenis air yang berat diubah menjadi massa jenis uap yang ringan

Optimization Software:
www.balesio.com

memungkinkan terjadi kenaikan uap dari permukaan laut menuju ke titik embun di mana proses perubahan uap menjadi air bisa berlangsung. Air di atmosfer dapat berada dalam tiga wujud (fasa). Perubahan fasa cair (air) menjadi gas (uap air) disebut penguapan (evaporasi) dan sebaliknya disebut pengembunan (kondensasi). Perubahan fasa cair menjadi fasa padat (es) disebut pembekuan dan sebaliknya disebut pencairan. Perubahan fasa es menjadi fasa uap disebut sublimasi dan sebaliknya disebut deposisi. Bila uap air yaitu bagian dari udara natural (alam) berubah menjadi cair atau padat (partikel air atau es) maka partikel-partikel ini menjadi benda asing dalam atmosfer, dan menyebabkan awan, kabut, hujan, saiju, embun atau batu es *(hailstone).* Perubahan wujud (fasa) uap air di udara sangat penting dalam menentukan kondisi cuaca (Tjasyono,2006).

Pada siklus hidrologi harian, suatu urutan evapotranspirasi, konveksi basah, dan pengendapan, dapat digambarkan dalam kerangka termodinamika (Konings dkk,2012). Beberapa penelitian lainnya pun membahas tentang pendekatan termodinamika terhadap siklus hidrologi di atmosfer (Kleidon dan Renner 2013; Vehkamaki dan Riipinen 2012). Kerangka termodinamika yang dimaksud berkaitan dengan pertukaran energi antara sistem dan lingkungan yang menjelaskan proses-proses perubahan fasa melibatkan panas laten berlangsung dari sirkulasi umum berskala besar sampai sirkulasi lokal, pertukaran panas sensibel antara permukaan air laut dan atmosfer dalam membentuk awan dan aerosol melalui proses mikrofisika (Cairo,2011).

Optimization Software:
www.balesio.com

Di wilayah khatulistiwa (tropis) radiasi matahari berperan sangat kuat secara merata sepanjang waktu. Karenanya perambatan panas konvektif ke atas atmosfer sangat aktif di wilayah tropis dan sirkulasi global terbangkit untuk memeratakan panas dari wilayah tropis ke wilayah lintang yang lebih tinggi (Tjasyono,2006). Indonesia merupakan suatu wilyah dengan luasan perairan relatif cukup besar yang memiliki karakteristik yang berbeda dengan atmosfer di daerah khatulistiwa lainnya yang dikenal sebagai *Indonesia Maritime Conti*nent (IMC) atau lebih dikenal dengan istilah "Benua Maritim Indonesia" (BMI) (Hermawan,2010). Indonesia sebagai daerah tropis ekuatorial mempunyai variasi suhu yang kecil, sementara variasi curah hujannya cukup besar. Oleh karena itu curah hujan merupakan unsur iklim yang paling sering diamati (Hermawan,2010).

Kajian mengenai pendekatan termodinamika pada proses evaporasi, kondensasi, dan peninjauan kuantitas curah hujan di Indonesia masih belum banyak dibahas. Sehingga, perlunya dilakukan penelitian penelusuran siklus hidrologi tentang bahasan parameter-parameter termodinamika terhadap proses evaporasi dan kondensasi untuk lebih memahami siklus hidrologi di atmosfer

I.2 Identifikasi Masalah

1. Proses evaporasi di permukaan laut dan kondensasi pada ketinggian di bawah tropopause yang melibatkan perubahan fasa diduga terkait dengan ketinggian, suhu, tekanan dan kelembaban.

   kelembaban pada saat evaporasi dan kondensasi diduga terkait dengan

   tas curah hujan.

Optimization Software:
www.balesio.com

I.3 Rumusan Masalah

1. Bagaimana memahami proses evaporasi dan kondensasi di atmosfer?
2. Bagaimana keterkaitan kelembaban permukaan laut dengan curah hujan?

I.4 Tujuan Penelitian

Tujuan yang ingin dicapai pada penelitian ini yakni :

1. Menjelaskan proses evaporasi dan kondensasi berdasarkan diagram P-V (cair dan uap) berdasarkan quasi siklus Carnot reversibel.
2. Menjelaskan kuantitas curah hujan berdasarkan beda kelembaban.

I.5 Ruang Lingkup

Ruang lingkup penelitiaan ini dibatasi pada tinjauan profil termodinamika terhadap parameter-parameter dalam proses siklus hidrologi pada sistem tertutup dengan metode kuantitatif secara analitik dan numerik. Adapun data yang digunakan dalam penelitian ini yakni data radiosonde (udara atas) untuk wilayah Makassar dari rentang waktu 1 tahun dari Januari 2010 Sampai Desember 2010.

Optimization Software:
www.balesio.com

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

II.1 Kelembaban Udara

Dalam fisika atmosfer beberapa variabel digunakan untuk menggambarkan jumlah uap air di udara. Salah satunya adalah konsentrasi massa air berfasa uap, pada kondisi tertentu disebut kelembaban spesifik q,

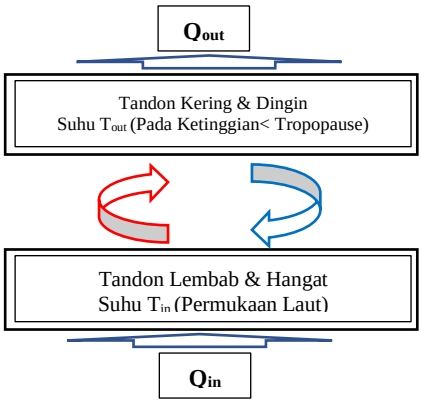
$$q = \frac{\rho_g}{\rho_d + \rho_g} \tag{1}$$

ρ_g dan ρ_d adalah massa jenis uap dan massa jenis udara kering. Kelembaban spesifik tidak berdimensi diberikan dengan satuan kg kg $^{-1}$ atau, karena biasanya uap air jauh lebih sedikit daripada udara kering, satuan g kg $^{-1}$.

Kelembaban relatif ($\mathcal{H}$) didefinisikan sebagai rasio dari tekanan uap aktual e ke tekanan uap jenuh pada suhu yang diberikan, (Ambaum,2010)

$$\mathcal{H} = \frac{e}{e_s(T)} \tag{2}$$

II.2 Siklus Carnot Udara Lembab



2. 1 *Representasi skematik dari siklus Carnot* (Zemansky dan Dittman,1997).

Optimization Software:
www.balesio.com

Siklus Carnot melewatkan kalor dari tandon hangat pada suhu T_H menuju kepada tandon dingin pada suhu T_C. Siklus ini terdiri dari empat proses (Pauluis,2010) :

- Proses dari 1 ke 2 merupakan ekspansi isotermal dari p_1 ke p_2 pada suhu T_h;
- Proses dari 2 ke 3 merupakan ekspansi adiabatik dari p_2 ke p_3 pada entropi konstan $S_2 = S_3$;
- Proses dari 3 ke 4 merupakan kompresi isotermal dari p_3 ke p_4 pada suhu konstan T_{out}; dan
- Proses dari 4 ke 1merupakan kompresi adiabatik dari p_4 ke p_1 pada entropi konstan $S_4 = S_1$.

Kerja dalam satu siklus Carnot dapat menggunakan diagram T-S seperti pada **Gambar 2.2** (b)**:**

Kerja:

$$W_{net} = \oint TdS = \int_1^2 TdS + \int_2^3 TdS + \int_3^4 TdS + \int_4^1 TdS$$

$$W = T_{in}(S_2 - S_1) + T_{out}(S_4 - S_3)$$

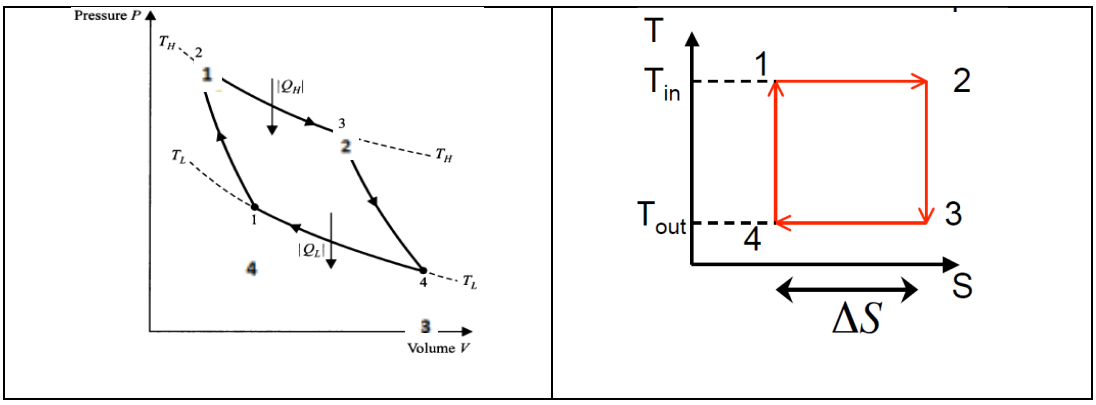
$$W = (T_{in} - T_{out})\Delta S \qquad (3)$$

Kalor masuk:

$$Q_{in} = T_{in} \int_1^2 dS = T_{in}\Delta S \qquad (4)$$

Efisiensi: $\eta = \frac{\Delta W_{net}}{Q_{in}} = 1 - \frac{T_{out}}{T_{in}}$ (5)

Optimization Software:
www.balesio.com



(a) diagram P − V *(b) diagram T-S*

Gambar 2. 2 *Siklus Termodinamika; (a) siklus Carnot pada gas ideal digambarkan pada diagram hubungan tekanan dan volume* (Zemansky dan Dittman,1997), (b) *siklus Carnot pada gas ideal digambarkan pada diagram hubungan suhu dan entropi* (Pauluis,2008)

II.3 Modifikasi Siklus Carnot

Siklus Carnot terdiri dari zat yang bekerja dalam suatu sistem melalui empat proses yang bersama-sama membentuk transformasi yang dapat dibalik dan siklik. Dalam kasus siklus Carnot yang ideal, proses 1 hingga 2 adalah isotermal, proses 2 hingga 3 adalah ekspansi adiabatik, proses 3 hingga 4 adalah isotermal dan proses 4 hingga 1 adalah kompresi adiabatik (Lynch,2015). Dalam penelitian ini, siklus Carnot dimodifikasi menjadi proses yang berada di bawah kubah campuran uap dan air, yaitu proses 1 hingga 2 adalah isotermal dan isobarik (evaporasi), proses 2 hingga 3 adalah ekspansi adiabatik, proses 3 hingga 4 adalah isotermal dan isobarik (kondensasi) dan proses 4 hingga 1 adalah kompresi adiabatik yang digambarkan pada **Gambar 2.3**.

II.3.1 Persamaan keadaan untuk uap air sebagai gas ideal

n keadaan uap air sebagai gas ideal dapat ditulis menggunakan subskrip berikut :

$R_g T$; $R_g = 461.5\ \mathrm{Jkg^{-1}K^{-1}}$ (6)

Optimization Software:
www.balesio.com

$$P = \frac{m}{V} R_g T = \rho R_g T P \alpha = R_g T; \ \alpha = \frac{1}{\rho} \quad (7)$$

Dimana P, V, m, T, R_g, ρ, dan α mewakili tekanan, volume, massa, suhu, konstanta gas masing-masing untuk uap air, densitas, dan kepadatan spesifik (Bechtold, 2015).

II.3.2 Kelembaban Relatif

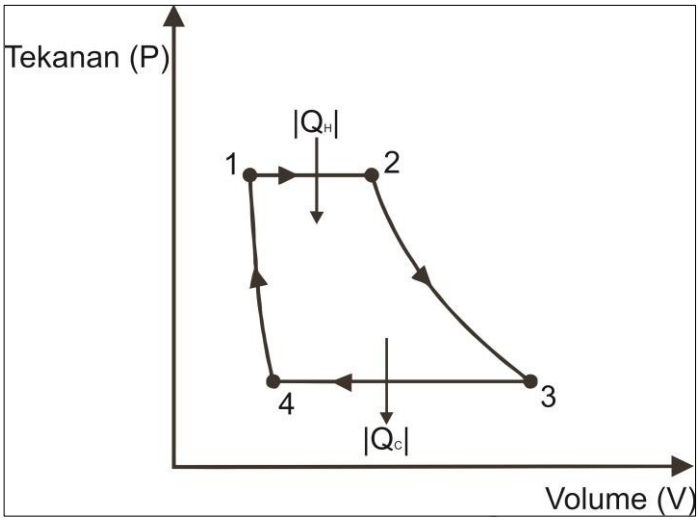
Jumlah rasio aktual dari uap air di udara dibandingkan dengan jumlah kesetimbangan (saturasi) pada suhu itu disebut kelembaban relatif (Stull, 2015)

Di permukaan laut dalam proses evaporasi, kelembaban relatifnya adalah :

$$\mathcal{H}_H = \frac{e_H}{e_s(T_H)} \quad (8)$$

Di bagian atas dalam proses kondensasi, kelembaban relatifnya adalah :

$$\mathcal{H}_c = \frac{e_C}{e_s(T_c)} \quad (9)$$



ır 2. 3 *Siklus Carnot dari di bawah kurva kubah campuran fasa cair dan uap, ot dengan tekanan sebagai fungsi volume* (Zemansky dan Dittman,1997).

Optimization Software:
www.balesio.com

II.3.3 Sistem Campuran

Sistem campuran adalah sistem dari dua fase, fase cair dan fase uap. Sistem campuran memiliki suhu dan tekanan yang bervariasi terhadap ketinggian. Energi bebas Gibbs G, dinyatakan dalam persamaan yang melibatkan U, T, S, V, p, yaitu singkatan dari energi internal, suhu, entropi, volume dan tekanan (Zemansky dan Dittman,1997).

$$G = U + pV - TS \tag{10}$$

Differensial total dari energy bebas Gibbs berbentuk:

$$dG = dU + pdV + Vdp - SdT - TdS \tag{11}$$

$$dG = -SdT + Vdp + (dU + pdV - TdS); \tag{12}$$

Karena $TdS = dU + pdV$, sehingga:

$$dG = -SdT + Vdp \tag{13}$$

Sistem ini berisi massa air cair (m_l) dan massa uap air (m_g). Fungsi energi bebas Gibbs memiliki istilah tambahan dua fase air.

$$dG = -SdT + Vdp + \mu_l dm_l + \mu_g dm_g \tag{14}$$

$$dU + pdV - TdS = \mu_l dm_l + \mu_g dm_g \tag{15}$$

$$dU + pdV - \mu_l dm_l - \mu_g dm_g = TdS \tag{16}$$

$$dU + đW - d(m_l\mu_l + m_g\mu_g) = TdS \tag{17}$$

Yang diekspresikan dalam istilah tertentu :

$$du + đw - d\mu = đq \tag{18}$$

Optimization Software:
www.balesio.com