TUGAS AKHIR – RE 184804

KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA *(Roystonea regia)* DAN KETAPANG *(Terminalia catappa)*

GALUH PERMATA HABSARI
03211540000023

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

TUGAS AKHIR – RE 184804

KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA *(Roystonea regia)* DAN KETAPANG *(Terminalia catappa)*

GALUH PERMATA HABSARI
03211540000023

Dosen Pembimbing
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

***FINAL PROJECT* – RE 184804**

THE STUDY OF PLANT AGE TO REDUCING CO_2 IN AMBIENT AIR BY ROYAL PALM (Roystonea regia) AND KETAPANG (Terminalia catappa)

GALUH PERMATA HABSARI
03211540000023

Supervisor
Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

DEPARTEMENT OF ENVIRONMENTAL ENGINEERING
Faculty of Civil, Environment, and Geo Engineering
Institut Teknologi Sepuluh Nopember
Surabaya 2019

LEMBAR PENGESAHAN

KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA *(Roystonea regia)* DAN KETAPANG *(Terminalia catappa)*

TUGAS AKHIR

Diajukan untuk Memenuhi Salah Satu Syarat
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik
pada

Program Studi S-1 Departemen Teknik Lingkungan
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan, dan Kebumian
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh :

GALUH PERMATA HABSARI

NRP. 03211540000023

Disetujui oleh Pembimbing Tugas Akhir :

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, M.T.
NIP. 1965058 199303 1 001

SURABAYA,
JANUARI 2019

KEMENTERIAN RISET, TEKNOLOGI, DAN PENDIDIKAN TINGGI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
FAKULTAS TEKNIK SIPIL, LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN
DEPARTEMEN
TEKNIK LINGKUNGAN

Kajian Mengenai Umur Tanaman terhadap Reduksi CO_2 Udara Ambien oleh Tanaman Palem Raja *(Roystonea regia)* dan Ketapang *(Terminalia catappa)*

Nama Mahasiswa	: Galuh Permata Habsari
NRP	: 03211540000023
Departemen	: Teknik Lingkungan
Dosen Pembimbing	: Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

ABSTRAK

Konsentrasi CO_2 yang meningkat dapat menyebabkan suhu bumi memanas sebesar 1,5-4,5°C. Konsentrasi emisi gas CO_2 yang dihasilkan manusia relatif lebih tinggi sehingga dapat mengganggu sistem keseimbangan udara dan pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan manusia. Pada penelitian ini dipilih tanaman Palem Raja *(Roystonea regia)* dan Ketapang *(Terminalia catappa)* karena memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida yang cukup besar. Palem Raja mampu menyerap karbon dioksida hingga 142,36 ton/ha sedangkan Ketapang 44,36 ton/ha. Proses fotosintesis bergantung pada usia tanaman. Usia tanaman yang optimal juga berpengaruh pada laju fotosintesis. Tinggi suatu tanaman mengikuti umur tanaman tersebut. Tujuan dari penelitian ini adalah menganalisis tinggi tanaman optimum pada tanaman Palem Raja dan Ketapang terhadap reduksi CO_2 udara ambien.

Penelitian dilaksanakan di Departemen Teknik Lingkungan ITS. Tanaman Palem Raja dan Ketapang yang digunakan divariasikan tingginya yang merepresentasikan umur tanaman tersebut. Tanaman memiliki 3 kategori yaitu A, B dan C dengan 3 sampel masing-masing kategori. Tanaman Palem Raja dengan tinggi A adalah <100 cm, B adalah 100-120 cm dan C adalah >120 cm sedangkan tanaman Ketapang dengan tinggi A adalah <125 cm, B adalah 125-150 cm dan C adalah >150 cm. Pada tanaman kategori A berumur < 2 tahun, kategori B < 3 tahun dan kategori C < 4 tahun. Dilakukan pengukuran konsentrasi

karbon dioksida mulai pukul 06.00-18.00 WIB menggunakan prinsip *box model* untuk mengetahui besar reduksi CO_2 oleh masing-masing tanaman. Parameter yang diukur adalah suhu dan konsentrasi karbon dioksida yang dilakukan selama 7 hari. Data pengukuran konsentrasi karbon dioksida akan diplotkan ke dalam grafik (Ct). Persamaan konsentrasi Ct dideferensi untuk mendapatkan persamaan laju perubahan konsentrasi karbon dioksida (dC/dt). Persamaan laju perubahan konsentrasi karbon dioksida diintegrasi untuk mendapatkan nilai kumulatif konsentrasi karbon dioksida (Net-CO_2-Con).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman Palem Raja dan Ketapang memiliki konsentrasi terendah rata-rata terjadi pada pukul 12.00 – 14.00 WIB, yang artinya tanaman melakukan reduksi CO_2 secara maksimal pada siang hari. Nilai KCO_2 tanaman Palem Raja kategori A adalah -662,76 ppm, kategori B adalah -720,09 ppm dan kategori C adalah -781,73 ppm. Nilai KCO_2 tanaman Ketapang kategori A adalah -742,30 ppm, kategori B adalah -773,14 ppm dan kategori C adalah -779,04 ppm, dengan nilai KCO_2 blanko sebesar -523,78 ppm. Melalui hasil uji kolerasi dan regresi, setiap bertambah umur 1 tahun maka terjadi pertambahan reduksi pada Palem Raja sebesar 3,48 ppm sedangkan Ketapang sebesar 0,523 ppm.

Kata kunci : *box model,* karbon dioksida, Ketapang, Palem Raja, tinggi tanaman

The Study of Plant Age to Reducing CO_2 in Ambient Air by Royal Palm *(Roystonea regia)* and Ketapang *(Terminalia catappa)*

Student Name	: Galuh Permata Habsari
NRP	: 03211540000023
Departement	: Teknik Lingkungan
Supervisor	: Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

ABSTRACT

The increasing concentration of carbon dioxide (CO_2) can cause the earth's temperature heat up to 1.5-4.5° C. Concentration of CO_2 emissions produced by humans that relatively higher so it can disrupt the air balance system and the human life. In this study, the Royal Palm *(Roystonea regia)* and Ketapang *(Terminalia catappa)* were chosen because they have ability to absorb considerable carbon dioxide. The Royal Palm able to adsorb carbon dioxide up to 142,36 ton/ha while Ketapang 44,36 ton/ha. Process photosynthesis depends on plant age. The height of a plant follows the age of plant. The purpose of this research is to analyze the optimum plant height in Royal Palm and Ketapang to reduce CO_2 in ambient air.

This research was conducted at Departement of Environmental Engineering ITS. Royal Palm and Ketapang varied based on height that representated age of plant, namely A, B and C which each category have 3 samples . Royal Palm with height A is <100 cm, B is 100-120 cm and C is> 120 cm while Ketapang with height A is <125 cm, B is 125 -150 cm and C is > 150 cm. Measuring concentration of carbon dioxide from 06.00-18.00 WIB using the box model principle to determine the amount of CO_2 reduction by each plant. The parameters measured were temperature and carbon dioxide concentration carried out for 7 days. Data measuring the concentration of carbon dioxide will be

plotted into the graph (Ct). The Ct concentration equation was deferred to get the rate equation for the change in carbon dioxide concentration (dC / dt). Rate of changed in carbon dioxide concentration is integrated to obtain the cumulative value of carbon dioxide concentration (Net-CO_2-Con).

The results showed that the Royal Palm and Ketapang plants had the lowest concentration on average at 12.00-14.00 WIB, which means that the plants did maximal reduce CO_2 during at daytime. The KCO_2 value of Royal Palm category A is -662,76 ppm, category B is -720,09 ppm and category C is -781,73 ppm. The KCO_2 value of Ketapang plant in category A is -742,30 ppm, category B is -773,14 ppm and category C is -779,04 ppm, with a blank KCO_2 value of -523,78 ppm. Through the results of the correlation and regression test, every 1 year of age increases the reduction of Royal Palm is 3.48 ppm while Ketapang is 0.523 ppm.

Keywords: box model, carbon dioxide, Ketapang, plant height, Royal Palm

KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Allah SWT karena berkat rahmat-Nya, penulis dapat menyelesaikan laporan Tugas Akhir yang berjudul **"Kajian Mengenai Umur Tanaman terhadap Reduksi CO_2 Udara Ambien oleh Tanaman Palem Raja *(Roystonea regia)* dan Ketapang *(Terminalia catappa)".*** Laporan Tugas Akhir ini disusun sebagai salah satu syarat kelulusan pada program Srata-1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumian, Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Penyusunan laporan ini dapat terlaksana dengan baik berkat dukungan dari banyak pihak. Untuk itu pada kesempatan ini peneliti mengucapkan terima kasih kepada:

1. Orang tua penulis dan kakak atas doa, motivasi, semangat serta bimbingan yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan laporan ini dengan baik.
2. Departemen Teknik Lingkungan atas kerjasama selama penelitian berlangsung.
3. Bapak Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT., selaku dosen pembimbing, atas bimbingan, saran serta motivasi yang telah diberikan.
4. Ibu Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD., Ibu Ipung Fitri Purwanti, ST., MT., Ph.D., dan Bapak Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, ST., MPEM., selaku dosen pengarah, atas bimbingan, saran dan motivasi yang diberikan.
5. Welly Herumurti, ST., M.Sc., selaku koordinator Tugas Akhir Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS.
6. M. Ishmat Ihza Pratama atas kasih sayang, bantuan, semangat dan dorongan dalam melaksanakan penelitian hingga menyelesaikan laporan dengan baik.
7. Fathyah, Salsabila Septina Yunanda, Pingky Trivera Ariskha, dan Putri Aliphina Icha Sari atas kasih sayang, bantuan, motivasi serta dorongannya selama Tugas Akhir berlangsung.

8. Teman-teman L-33 Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS atas motivasi dan doa yang diberikan.
9. Seluruh pihak yang tidak dapat penulis sebutkan atas doa serta dukungan yang diberikan.

Surabaya, Desember 2018

Penulis

DAFTAR ISI

ABSTRAK i
ABSTRACT iii
KATA PENGANTAR v
DAFTAR ISI vii
DAFTAR GAMBAR xi
DAFTAR TABEL xiii
DAFTAR LAMPIRAN xv
BAB 1 PENDAHULUAN 1
1.1 Latar Belakang 1
1.2 Rumusan Masalah 3
1.3 Tujuan 3
1.4 Ruang Lingkup 3
1.5 Manfaat Penelitian 4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA 5
2.1 Definisi Karbon Dioksida (CO_2) 5
2.2 Dampak Karbon Dioksida (CO_2) 5
2.2.1 Dampak Terhadap Kesehatan 5
2.2.2 Dampak Terhadap Lingkungan 6
2.3 Siklus Karbon 6
2.4 Proses Fotosintesis 8
2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Fotosintesis 9
2.4.1 Faktor Internal 9
2.4.2 Faktor Eksternal 11
2.6 Jenis-Jenis Reaksi Fotosintesis 13

2.5.1 Reaksi Gelap 13
2.5.2 Reaksi Terang 14
2.7 Konsentrasi Karbon Dioksida (CO_2) 15
2.7.1 Laju Perubahan Konsentrasi CO_2 (K).....15
2.7.2 Nilai Kumulatif Konsentrasi CO_2 (Net-CO_2-Con) 16
2.7.3 Perhitungan Konsentrasi dengan *Box Model* 17
2.8 Tanaman Penyerap Karbon Dioksida (CO_2) 18
2.7.1 Palem Raja *(Roystonea regia)* 18
2.7.2 Ketapang *(Terminalia catappa)* 20
2.9 Penelitian Terdahulu.....21
BAB 3 METODE PENELITIAN 23
3.1 Umum 23
3.2 Kerangka Penelitian 23
3.3 Ide Penelitian.....27
3.4 Tahapan Penelitian.....27
3.4.1 Studi Literatur 27
3.4.2 Variabel Penelitian.....27
3.4.3 Pengumpulan Data 29
3.4.4 Persiapan Alat dan Bahan 29
3.4.5 Penelitian Laboratorium.....32
3.4.6 Analisis dan Pembahasan 35
3.4.7 Kesimpulan dan Saran 36
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN 37
4.1 Penentuan Umur Tanaman 37
4.1.1 Penentuan Umur Palem Raja.....37
4.1.2 Penentuan Umur Ketapang 38

4.2. Proses Aklimatisasi Tanaman 39
4.3. Pengukuran Tinggi Tanaman 41
4.4. Pengukuran Konsentrasi Karbon Dioksida 43
4.4.1 Pengukuran dengan Metode *Box Model* 45
4.4.2 Pola Konsentrasi Karbon Dioksida (CO_2) 49
4.4.3 Mekanisme Proses Fitoremediasi 55
4.5 Perhitungan Laju dan Net-CO_2-Con 55
4.6 Perbandingan dengan Pengukuran Biomassa 60
4.7 Pengaruh Suhu terhadap Reduksi CO_2 62
4.7.1 Pengaruh Suhu terhadap Palem Raja 63
4.7.2 Pengaruh Suhu terhadap Ketapang 64
4.8 Perhitungan Regresi Linear KCO_2 66
4.9 Uji Signifikansi 70
4.9.1 Kolerasi dan Regresi Tinggi Tanaman terhadap Reduksi CO_2 70
4.9.2 Kolerasi dan Regresi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 76
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN 83
5.1. Kesimpulan 83
5.2. Saran 83
DAFTAR PUSTAKA 85
LAMPIRAN 93
BIOGRAFI PENULIS 123

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1 Siklus Karbon 7
Gambar 2.2 Proses Fotosintesis Pada Daun Tanaman..... 10
Gambar 2.3 Reaksi Gelap Fotosintesis..... 14
Gambar 2.4 Reaksi Terang Fotosintesis..... 15
Gambar 2.5 Kurva Nilai Kumulatif Konsentrasi CO_2 16
Gambar 2.6 Konsep *Box Model* 17
Gambar 2.7 Palem Raja (*Roystonea regia*) 19
Gambar 2.8 Ketapang (*Terminalia catappa*) 21
Gambar 3.1 Kerangka Penelitian 26
Gambar 3.2. CO_2 Meter 30
Gambar 3.3 *Anemometer* 31
Gambar 3.4 Mistar Skala Milimeter 31
Gambar 3.5 *Box Model*..... 33
Gambar 3.6 Sketsa Penelitian..... 33
Gambar 4.1 Proses Aklimatisasi Awal 40
Gambar 4.2 Daun Baru pada Ketapang..... 40
Gambar 4.3 Daun Baru pada Palem Raja..... 41
Gambar 4.4 Pengukuran Tinggi Tanaman 42
Gambar 4.5 Pencatatan Hasil Pengukuran..... 43
Gambar 4.6 Pengukuran konsentrasi karbon dioksida 44
Gambar 4.7 *Box Model*..... 45
Gambar 4.8 Pengukuran CO_2 dengan *Box Model* 46
Gambar 4.9 Pola Konsentrasi CO_2 Rata-Rata Palem Raja 51
Gambar 4.10 Pola Konsentrasi CO_2 Rata-Rata Ketapang 53

Gambar 4.11 Kurva Kumulatif CO_2 Palem Raja A 59
Gambar 4.12 Kurva Kumulatif CO_2 Ketapang A.....59
Gambar 4.13 Pertambahan Diameter dan Tinggi Tanaman 61
Gambar 4.14 Pertambahan Tinggi dan Biomassa Tanaman 62
Gambar 4.15 Pengaruh Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Palem Raja 64
Gambar 4.16 Pengaruh Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Ketapang 66
Gambar 4.17 Nilai Kumulatif CO_2 pada Palem Raja 68
Gambar 4.18 Nilai Kumulatif CO_2 pada Ketapang 69

DAFTAR TABEL

Tabel 2.1 Biomassa Tanaman 18
Tabel 4.1 Tinggi Tanaman..... 41
Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Rata-Rata CO_2 Palem Raja 47
Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Rata-Rata CO_2 Ketapang 48
Tabel 4.4 Konsentrasi CO_2 Palem Raja Rata-Rata..... 49
Tabel 4.5 Konsentrasi CO_2 Ketapang Rata-Rata..... 50
Tabel 4.6 Laju Perubahan Konsentrasi Palem Raja A..... 56
Tabel 4.7 Laju Perubahan Konsentrasi Ketapang A 57
Tabel 4.8 Konsentrasi CO_2 Palem Raja dan Suhu..... 63
Tabel 4.9 Konsentrasi CO_2 Ketapang dan Suhu..... 65
Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Nilai KCO_2..... 67
Tabel 4.11 Kolerasi Tinggi Palem Raja terhadap KCO_2..... 70
Tabel 4.12 Regresi Tinggi Palem Raja terhadap KCO_2 71
Tabel 4.13 Kolerasi Tinggi Ketapang terhadap KCO_2..... 73
Tabel 4.14 Regresi Tinggi Ketapang terhadap KCO_2 74
Tabel 4.15 Kolerasi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Palem Raja..... 76
Tabel 4.16 Regresi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Palem Raja..... 77
Tabel 4.17 Kolerasi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Ketapang 79
Tabel 4.18 Regresi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Ketapang . 80

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR LAMPIRAN

LAMPIRAN A Hasil Pengukuran CO_2 Selama 7 Hari.....93
LAMPIRAN B Perhitungan Laju Perubahan Konsentrasi.....107
LAMPIRAN C Grafik Nilai KCO_2 Palem Raja dan Ketapang.....113
LAMPIRAN D Dokumentasi Kegiatan Penelitian 119

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BAB 1
PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di atmosfer akan meningkat hingga tiga kali lipat pada abad ke-22 bila dibandingkan masa sebelum era industri. Peningkatan panas bumi disebabkan oleh peningkatan karbon dioksida. Karbon dioksida menyumbang hingga 60% dari penyebab terjadinya panas bumi atau sekita 1,5-4,5°C (Adeyemi, 2017). Sumber gas buang atau emisi CO_2 di daerah perkotaan terkait dengan beragam fungsi bangunan dan transportasi. Pencemaran yang diakibatkan oleh CO_2 bersumber dari 2 hal yaitu alam dan manusia. Konsentrasi emisi gas CO_2 yang dihasilkan manusia relatif lebih tinggi sehingga dapat mengganggu sistem keseimbangan udara dan pada akhirnya dapat mengganggu kehidupan manusia (Abdullah dan Khairuddin, 2009).

Menurut Adjers dan Otsamo (1996) tumbuhan sangat efektif sebagai akumulator pencemaran udara. Proses pengurangan kadar pencemar terutama CO_2 pada hakekatnya melalui proses fotosintesis oleh tumbuhan. Proses fotosintesis terjadi di daun yang berklorofil. Karbon dioksida dan air dengan bantuan cahaya matahari melalui berbagai proses metabolisme diubah menjadi gula, oksigen dan air. Persamaan kimia dari reaksi fotosintesis adalah sebagai berikut:

$$6CO_2 + 6H_2O \xleftrightarrow[\text{Klorofil}]{\text{Cahaya Matahari}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Laju fotosintesis antar jenis tumubuhan berbeda-beda. Menurut Ceulmens dan Sauger (1991) tumbuhan yang tumbuh cepat memiliki laju fotosintesis yang tinggi. Tumbuhan dengan laju fotosintesis tinggi mampu menyerap CO_2 dalam jumlah yang banyak dibanding tumbuhan dengan laju fotosintesis rendah. Variasi kapasitas fotosintesis dipengaruhi oleh faktor internal dan eksternal. Faktor internal dari tumbuhan adalah klorofil pada daun dan umur tanaman, sedangkan faktor eksternalnya termasuk cahaya matahari, konsentrasi CO_2 dan ketersediaan air.

Menurut Ceulmus dan Sauger (1991) cahaya sebagai faktor eksternal dalam proses fotosintesis memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan faktor internal. Cahaya matahari merupakan faktor penting terhadap berlangsungnya fotosintesis. Laju fotosintesis dapat menurun apabila cahaya matahari berkurang yang artinya penyerapan CO_2 juga berkurang. Cahaya matahari berperan dalam mengontrol pembukaan stomata yang dapat mengatur besarnya pertukaran air dan penyerapan CO_2.

Menurut Haryadi (2017) proses fotosintesis paling tinggi terjadi pada pertengahan hari atau sekitar pukul 11 siang hingga 2 siang. Waktu tersebut disebut sebagai waktu efektif proses fotosintesis karena intensitas cahaya matahari yang tinggi. Proses fotosintesis akan menurun apabila cahaya matahari tertutup oleh awan.

Tidak hanya faktor eksternal, namun faktor internal seperti daun dan umur tanaman juga mempengaruhi proses fotosintesis. Menurut Sumardi (2010) umur tanaman yang optimum dalam menyerap karbon dioksida bergantung pada masing-masing tanaman. Semakin tua suatu tanaman, tinggi tanaman pun juga bertambah. Selain itu bertambahnya tinngi tanaman akan memperlebar daun serta klorofil pada daun juga akan menua. Klorofil ini memiliki usia optimum dalam penyerapan CO_2. Daun juga menangkap cahaya menggunakan pigmen yang dinamakan klorofil. Klorofil akan membantu proses fotosintesis dan penyerapan CO_2 (Hidayati, 2013).

Tanaman yang dapat digunakan sebagai media penyerap CO_2 seharusnya dapat tumbuh pada berbagai aera dengan potensi penyerapan yang besar. Menurut Baruna (2017) tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dalam kondisi eksisting memiliki kemampuan menyerap CO_2 sebesar 142,36 ton/ha sedangkan Ketapang 44,36 ton/ha. Palem Raja memiliki batang yang kokoh, daun yang hijau dan berbentuk sejajar, sedangkan Ketapang memiliki batang berkayu, daun yang menyirip dan lebar. Melihat dari permasalahan yang ada dan potensi tanaman Palem Raja dan Ketapang maka dilakukan penelitian mengenai pengaruh umur tanaman terhadap kemampuan reduksi CO_2 udara ambien.

1.2 Rumusan Masalah

Permasalahan yang timbul pada penelitian ini adalah:

1. Berapa jumlah konsentrasi reduksi karbon dioksida (CO_2) oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*?
2. Bagaimana pengaruh umur tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* terhadap reduksi karbon dioksida (CO_2)?

1.3 Tujuan

Tujuan dilakukan penelitian ini adalah:

1. Menganalisis jumlah konsentrasi reduksi karbon dioksida (CO_2) oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*.
2. Menganalisis perbedaan umur tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* paling optimum terhadap reduksi karbon dioksida (CO_2).

1.4 Ruang Lingkup

Penelitian ini dilakukan dengan batasan berdasarkan ruang lingkup yang mencakup sebagai berikut:

1. Waktu penelitian dilakukan selama bulan September hingga Oktober 2018.
2. Variabel yang digunakan pada penelitian ini adalah:
   - Variasi jenis tanaman yaitu Palem Raja dan Ketapang.
   - Variasi tinggi tanaman masing-masing 3 dengan 3 kategori.
3. Pengukuran konsentrasi karbon dioksida dilakukan selama 13 jam (06.00-18.00) WIB.
4. Waktu penelitian selama 7 hari.
5. Metode pengukuran nilai konsentrasi karbon dioksida menggunakan *box model*.
6. Indikator yang digunakan untuk menentukan nilai reduksi karbon dioksida tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* dengan perhitungan kumulatif konsentrasi karbon dioksida.
7. Penelitian dilakukan skala laboratorium.

8. Tempat penelitian dilakukan di Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Menambah pengetahuan serta memberi informasi tentang umur tanaman terhadap reduksi karbon dioksida (CO_2) oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*.
2. Menambah jenis tanaman yang dapat direkomendasikan sebagai tanaman penghias jalan di area ITS dengan potensi reduksi karbon dioksida yang cukup tinggi.

BAB 2
TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Definisi Karbon Dioksida (CO_2)

Karbon dioksida (CO_2) merupakan senyawa yang terdiri dari dua atom oksigen yang berikatan kovalen dengan sebuah senyawa karbon. Senyawa tersebut terbentuk dari dua zat yaitu karbon dan oksigen dengan rumus molekulnya yaitu CO_2, dan merupakan salah satu gas yang sudah banyak dikenal yang terdapat di udara (Ai, 2012). Menurut Kiran dan Kinnary (2011) karbon dioksida (CO_2) dikenal sebagai penyumbang terbesar gas rumah kaca atau disebut dengan GRK. Efek rumah kaca adalah naiknya suhu permukaan bumi akibat terhambatnya gelombang panjang ke atmosfer.

Karbon dioksida (CO_2) merupakan salah satu hasil proses pembakaran bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil digunakan untuk menjalankan mesin pada kendaraan bermotor dan berbagai macam kegiatan manusia lain (Pane, 2016). Kegiatan manusia yang memerlukan bahan bakar fosil terutama di perkotaan seperti kegiatan transportasi, industri, perkantoran, hotel dan rumah tangga .

2.2 Dampak Karbon Dioksida (CO_2)

Menurut Sutoyo (2011) gas efek rumah kaca terdiri dari karbon dioksida, sulfur dioksida, nitrogen monoksida, nitrogen dioksida serta beberapa senyawa organik lainnya. Proses terjadinya efek rumah kaca berkaitan dengan daur ulang energi matahari. Radiasi matahari sebesar 30% yang telah mencapai tanah dipantulkan kembali ke atmosfer. Hasil pantulan diserap oleh uap air, gas karbon dioksida, nitrogen, oksigen serta gas lain di atmosfer. Karbon dioksida menimbulkan dampak bagi lingkungan dan kesehatan, sebagai berikut:

2.2.1 Dampak Terhadap Kesehatan

Menurut Bierwirth dan Faculty (2017) menghirup terlalu banyak CO_2 menyebabkan kadar CO_2 yang tinggi dalam darah (hiperkapnia) sehingga terjadi penurunan pH darah (peningkatan keasaman) yang dapat menghasilkan kondisi asidosis. Penurunan pH darah dalam jaringan dapat mengganggu kerja sistem

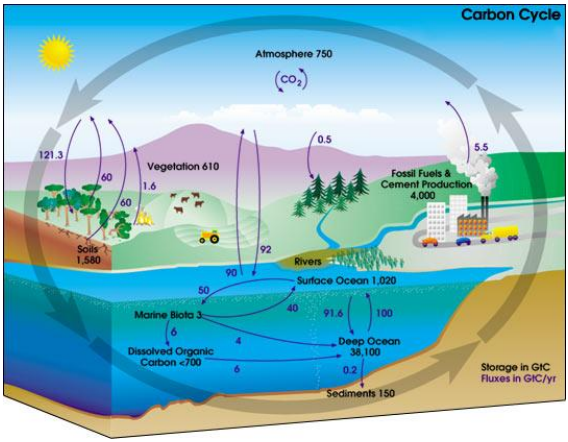
pernapasan, kardiovaskular, dan sistem saraf pusat (CNS) (Eckenhoff dan Longnecker 1995). Perubahan pH berdampak secara langsung dan tidak langsung pada sistem tersebut menghasilkan efek seperti tremor, sakit kepala, hiperventilasi, gangguan penglihatan, dan penurunan kinerja saraf pusat. Badan Administrasi Keselamatan dan Kesehatan Kerja AS telah menetapkan batas pemajanan yang diizinkan (PEL) untuk CO_2 yaitu 5.000 ppm atau 0,5% selama 8 jam per hari kerja (OSHA 2012). Paparan tingkat CO_2 di atas ambang batas tersebut dapat menyebabkan masalah dengan konsentrasi, cepat lelah, peningkatan denyut jantung, sakit kepala dan pusing.

2.2.2 Dampak Terhadap Lingkungan

Gas-gas yang dihasilkan tidak langsung dilepaskan ke atmosfer. Akibat menumpuknya jumlah gas rumah kaca yang menjadi perangkap gelombang radiasi ini, maka sebagian panas yang seharusnya terpantul ke atmosfer terperangkap di bumi. Proses ini terjadi berulang-ulang dan mengakibatkan suhu rata-rata di bumi terus meningkat (Abdullah dan Khairuddin, 2009). Peningkatan panas bumi disebabkan oleh peningkatan karbon dioksida. Karbon dioksida menyumbang hingga 60% dari penyebab terjadinya panas bumi atau sekitar 1,5-4,5°C (Adeyemi, 2017). Pemanasan suhu pada atmosfer ini mampu mencapai 3 kali lipat apabila tidak ditanggulangi. Peningkatan kadar karbon dioksida dan pemanasan bumi berpengaruh pula pada pertumbuhan tanaman.

2.3 Siklus Karbon

Siklus karbon yaitu siklus biokimia dari karbon yang terjadi di alam ini dengan proses bagaimana karbon diubah ke biosfer, geosfer, hidrosfer, dan atmosfer bumi (Latlef, 2008). Pada proses siklus karbon lautan dan proses alam lainnya mampu mengurangi jumlah karbon dioksida dalam atmosfer, namun aktivitas manusia yang melepaskan karbon dioksida jauh lebih cepat dan tinggi ke udara (Afdal, 2007). Gambar siklus karbon dapat dilihat pada Gambar 2.1.



Gambar 2.1 Siklus Karbon

Sumber : Latlef, 2008

Menurut Janzen (2004) menyatakan bahwa karbon dapat diambil dan dikembalikan ke atmosfer dengan berbagai cara. Proses yang ada di atmosfer dapat mengikat karbon dan nantinya karbon akan dikembalikan ke atmosfer. Berikut merupakan proses pengikatan karbon dari atmosfer :

1. Proses fotosintesis sehingga ternjadi penyerapan karbon oleh tumbuhan.
2. Permukaan laut di daerah kutub memiliki temperatur yang lebih rendah sehingga CO_2 menjadi lebih mudah larut. CO_2 yang larut ke dalam air menjadikan massa air di permukaan lebih berat dan dibawa ke lapisan air yang lebih dalam.
3. Lapisan air di dekat permukaan dengan produktivitas yang tinggi membawa aliran karbon ke air yang lebih dalam.
4. Proses pelapukan batu silikat yang menyebabkan tidak terjadinya perpindahan karbon ke dalam reservoir yang siap dikembalikan ke atmosfer.

Sedangkan untuk proses pengembalian karbon ke atmosfer adalah sebagai berikut:

1. Proses respirasi pada tumbuhan dan hewan.

2. Proses pembusukan (dekomposisi) tumbuhan dan hewan.
3. Pembakaran material organik yang mengoksidasi karbon sehingga menghasilkan karbon dioksida. Pembakaran bahan bakar fosil seperti batu bara, produk dari industri peminyakan dan gas alam.
4. Proses produksi semen.
5. Permukaan laut yang lebih hangat, sehingga karbon dioksida terlarut dilepas kembali ke atmosfer.
6. Erupsi vulkanik atau ledakan gunung berapi akan melepaskan gas ke atmosfer.

2.4 Proses Fotosintesis

Fotosintesis merupakan proses metabolisme dari tanaman untuk membentuk karbohidrat yang dipengaruhi oleh beberapa faktor (Salisbury dan Ross, 1992). Faktor yang mempengaruhi fotosintesis yaitu faktor genetik dan lingkungan. Proses fotosintesis menghasilkan metabolit primer yang dipakai untuk metabolisme tanaman sehingga terjadi pertumbuhan dan perkembangan (Fahn, 1992).

Menurut Ceulmens dan Sauger (1991) laju fotosintesis antar tanaman berbeda bergantung pada jenis dan habitat. Laju fotosintesis dipengaruhi oleh laju pertumbuhan tanaman. Tanaman dengan laju pertumbuhan cepat cenderung memiliki laju fotosintesis yang tinggi. Laju pertumbuhan tanaman yang lambat cenderung memiliki laju fotosintesis yang rendah namun ada beberapa tanaman yang memiliki laju fotosintesis yang tinggi. Beberapa faktor yang menentukan laju fotosintesis ialah intensitas cahaya, konsentrasi karbon dioksida, suhu, kadar air, kadar fotosintat (hasil fotosintesis), dan tahap pertumbuhan tanaman (Pertamawati, 2010). Persamaan kimia proses fotosintesis adalah

$$6CO_2 + 6H_2O \underset{\text{Klorofil}}{\overset{\text{Cahaya Matahari}}{\rightleftharpoons}} C_6H_{12}O_6 + 6O_2$$

Fotosintesis juga dipengaruhi oleh umur dan posisi daun pada kanopi. Umur daun berkaitan dengan klorofil daun dan plastisitas daun. Proses fotosintesis maksimum terjadi pada umur daun tertentu, sehingga prosesnya optimum. Plastisitas dan

klorofil daun mempengaruhi stomata daun untuk menyerap CO_2 di udara. Penyerapan CO_2 memiliki pengaruh besar pada fotosintesis. Menurut Treshow (1970) intensitas cahaya yang tinggi menyebabkan kelembaban udara berkurang, sehingga proses transpirasi dan penyerapan berlangsung lebih cepat.

2.5 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Proses Fotosintesis

Fotosintesis yang terjadi pada tumbuhan dipengaruhi oleh dua faktor, yaitu faktor internal dan eksternal (Ceulmens dan Sauger, 1991). Faktor internal fotosintesis adalah faktor dari dalam tumbuhan tersebut. Faktor eksternal fotosintesis adalah faktor yang meliputi lingkungan terjadinya fotosintesis (Setyanti, 2013). Faktor yang mempengaruhi fotosintesis adalah sebagai berikut:

2.4.1 Faktor Internal

Faktor internal disebut juga faktor genetik meliputi perbedaan antar spesies, jenis spesies, umur spesies dan daun spesies (Lakintan, 2007). Faktor internal yang sangat berpengaruh diantaranya daun dan umur tanaman, berikut penjelasannya:

1) Daun

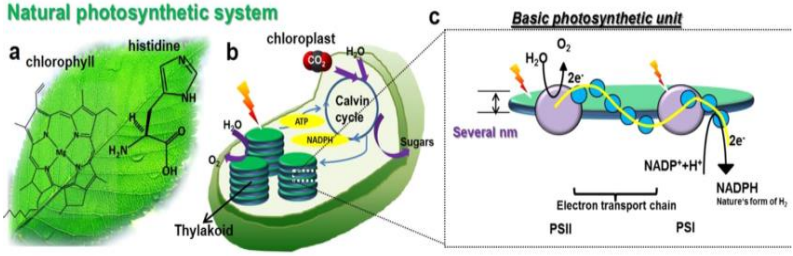
Menurut Buntoro (2014) daun merupakan organ pertama dalam menyerap cahaya matahari dan merupakan tempat berlangsungnya fotosintesis. Daun memiliki struktur mulut daun yang berguna untuk pertukaran gas O_2, CO_2, dan uap air dari daun ke alam sekitar dan sebaliknya (Sumardi, 2010). Daun memiliki dua hal penting dalam proses fotosintesis yaitu klorofil dan stomata. Jumlah klorofil dan stomata bergantung pada pertumbuhan dan luas daun suatu tanaman. Luas daun berpengaruh pada laju fotosintesis, bertambahnya luasan daun maka pasokan karbohidrat semakin besar.

Stoma atau stomata (dalam jamak) merupakan lubang yang terdapat pada epidermis tumbuhan. Stomata dibatasi oleh sel khusus yang disebut sel penutup. Sel penutup tersebut dikelilingi oleh sel-sel yang bentuknya sama atau berbeda dengan sel-sel epidermis lainnya (Papuangan, 2014). Menurut Sukmawati (2015) jumlah stomata mempengaruhi daya serap karbon suatu tamanan. Tiap jenis tamanan memiliki daya serap terhadap karbon yang berbeda bergantung pada luas daun, ketebalan relatif daun dan jumlah stomata. Stomata sangat peka terhadap CO_2 yang berada

diantara sel, tetapi tidak pada konsentrasi CO_2 di permukaan daun dan pori di stomata.

Stomata terletak pada sisi atas dan bawah daun, namun ada pula yang hanya terletak pada permukaan bawah saja. Daun dengan tulang daun menyirip seperti pada tumbuhan dikotil memiliki stomata yang tersebar. Daun monokotil dengan pertulangan sejajar memiliki stomata yang berderet sejajar (Mulyani, 2006).

Fotosintesis tidak dapat berlangsung pada daun yang tidak memiliki kandungan klorofil. Kandungan klorofil pada daun mempengaruhi laju fotosintesis. Klorofil disintesis di daun dan berperan untuk menangkap cahaya matahari yang jumlahnya berbeda untuk tiap spesies. Sintesis klorofil dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti cahaya, gula atau karbohidrat, air, temperatur, faktor genetik, unsur-unsur hara seperti N, Mg, Fe, Mn, Cu, Zn, S dan O (Hendriyani dan Setiari, 2009). Gambar 2.2 menunjukan proses fotosintesis melalui daun yang memiliki klorofil.



Gambar 2.2 Proses Fotosintesis Pada Daun Tanaman

Sumber : Zhou, 2016

2) Umur Tanaman

Umur tanaman yang optimum bergantung pada masing-masing tanaman. Pada tanaman berkayu umur tanaman dapat ditentukan dengan melihat ukuran diameter dan tinggi tanaman. Menurut Sileshi dalam Das (2017) bahwa diameter tanaman digunakan untuk menentukan model estimasi biomassa. Diameter tanaman berbanding lurus dengan tinggi tanaman. Semakin lebar diameter maka tanaman juga semakin tinggi. Selain tinggi total (H), kerapatan kayu (q) atau berat jenis tanaman juga digunakan dalam

memprediksi biomassa tanaman. Akumulasi biomassa secara cepat dan tinggi terjadi sebelum tahun ke 3, setelah itu akan mengalami penurunan dan cenderung stabil (Zhang, 2018).

Biomassa tanaman nantinya akan digunakan untuk menghitung kandungan karbon. Menurut Heriyanto dalam Pambudi (2017) kandungan karbon pada tanaman menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat karbon dioksida. Karbon digunakan tanaman untuk proses fisiologi tanaman dan ada pula yang masuk ke dalam struktur tanaman tersebut.

2.4.2 Faktor Eksternal

Faktor eksternal berasal dari lingkungan spesies yang mengalami fotosintesis meliputi keberadaan air, suhu, jumlah CO_2 di udara dan intensitas cahaya matahari (Lakitan, 2007). Penjelasan dari faktor eksternal adalah sebagai berikut:

1) Cahaya Matahari

Unsur radiasi matahari yang paling penting salah satunya adalah cahaya matahari. Cahaya matahari yang redup akan menghambat perkembangan luas daun. Peningkatan luas daun merupakan upaya tanaman untuk mengefisiensikan proses fotosintesis, sehingga tanaman melakukan penangkapan cahaya matahari. Menurut Sutoyo (2011) radiasi cahaya matahari memiliki panjang gelombang 400-700 µm sebagai pendukung proses fotosintesis. Laju fotosintesis bergantung pada daun yang dipengaruhi intesitas cahaya matahari ke permukaannya. Laju fotosintesis menjadi kecil apabila cahaya matahari redup atau rendah.

Kebutuhan cahaya matahari setiap tanaman berbeda-beda. Cahaya matahari mempengaruhi proses membuka menutupnya stomata dan sisntesis klorofil. Menurut Fanindi dan Abdullah (2010) cahaya matahari menjadi faktor pembatas proses fotosintesis. Lingkungan yang subur dan unsur hara yang cukup apabila tidak diimbangi dengan cahaya matahari yang optimum maka akan menghambat fotosintesis.

Tanaman yang mendapatkan cahaya matahari kurang dari 25% akan mengalami etiolasi. Hal ini menyebabkan tanaman akan menjadi lebih panjang dibandingkan tanaman yang tumbuh ditempat yang terang (Leopold dan Kridemann, 1975). Etiolasi adalah pertumbuhan yang cepat pada suatu tanaman namun

dengan kekuatan yang kurang. Etiolasi dipengaruhi oleh hormon akusin yaitu hormon pemacu pertumbuhan tinggi batang tanaman. Intesitas radiasi cahaya matahari yang rendah mengakibatkan pertumbuhan yang cepat namun tidak optimal pada tanaman. Proses fotosintesis tidak terlalu besar karena ukuran daun yang kecil dan tampak pucat (Buntoro, 2014).

Radiasi sinar matahari dapat memberikan efek tertentu pada tanaman bila cahaya tersebut diabsorbsi. Secara fisiologis cahaya mempunyai pengaruh baik langsung maupun tidak langsung. Pengaruh secara langsung adalah laju fotosintesis, sedangkan secara tidak langsung melalui pertumbuhan dan perkembangan tanaman akibat respon metabolik (Fitter dan Hay, 1991).

2) Karbon Dioksida (CO_2)

Jumlah CO_2 di atmosfer semakin tinggi sehingga butuh proses pengurangan. Proses pengurangan jumlah CO_2 di atmosfer dapat dilakukan oleh tanaman. Proses fotosintesis dapat disebut juga sebagai proses serapan CO_2. Tanaman yang digunakan sebagai pengurang kadar CO_2 di udara memiliki kemampuan tumbuh cepat, adaptasi yang tinggi, mampu bersaing dengan tanaman lain untuk proses penyerapan, serta memiliki sifat pionir. Kemampuan penyerapan karbon tanaman juga berbeda bergantung pada kebutuhannya (Adjers dan Otsamo, 1996).

Karbon dioksida membatu dalam proses fotosintesis dan mempengaruhi produk fotosintesis. Nilai masa karbon yang digunakan dalam proses fotosintesis sama dengan nilai karbohidrat. Apabila nilai karbohidrat yang didapatkan tinggi maka massa karbon dioksida pada tanaman akan tinggi (Sukmawati, 2015). Karbon dioksida dapat digunakan pada proses fotosintesis tanaman. Menurut Salisbury dan Ross (1992) karbon dioksida dimanfaatkan dalam proses fotosintesis dengan mengubahnya dalam bentuk gugus gula dan oksigen. Massa karbon dioksida yang diserap selama proses fotosintesis ditentukan oleh massa karbohidrat yang akan dihasilkan. Fiksasi CO_2 maksimum terjadi sekitar tengah hari, yaitu pada saat intensitas cahaya mencapai puncaknya. Penghalangan cahaya matahari oleh penutup untuk tanaman akan mengurangi laju fotosintesis (Fitter dan Hay, 1991).

3) Air

Air sangat mempengaruhi proses fotosintesis tanaman. Menurut Pertamawati (2010) persentase berat kering berhubungan dengan jumlah kadar air. Apabila kadar air sedikit dapat menyebabkan stomata pada tumbuhan menutup. Menutupnya stomata akan menghambat penyerapan karbon dioksida sehingga mengurangi laju fotosintesis. Laju fotosintesis yang berkurang dapat berakibat fotosintat yang dihasilkan jumlahnya menurun. Kadar oksigen (O_2) yang dibebaskan juga berkurang sehingga berat kering juga berkurang.

4) Suhu

Suhu udara dan sekitar akan mempengaruhi proses tanaman dalam menyerap karbon dioksida. Menurut Pertamawati (2010) enzim-enzim yang bekerja dalam proses fotosintesis hanya dapat bekerja pada suhu optimalnya. Suhu optimal adalah suhu dimana enzim yang bekerja untuk fotosintesis bekerja dengan baik. Fotosintesis sangat baik bekerja pada keadaan suhu optimal. Laju fotosintesis meningkat seiring dengan meningkatnya suhu hingga batas toleransi enzim. Suhu yang terlalu tinggi menyebabkan enzim rusak, sehingga proses fotosintesis tidak optimal.

2.6 Jenis-Jenis Reaksi Fotosintesis

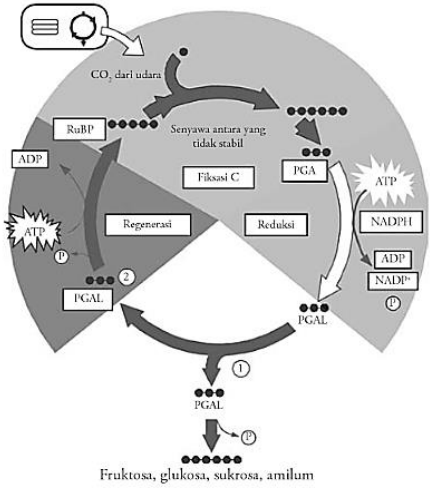
Rangkaian reaksi fotosintesis dapat dibagi menjadi dua bagian utama, yaitu reaksi terang dan reaksi gelap (Salisbury dan Ross 1995). Reaksi terang adalah reaksi fotosintesis yang memerlukan cahaya. Reaksi gelap adalah reaksi yang tidak memerlukan cahaya, berikut penjelasannya:

2.5.1 Reaksi Gelap

Menurut Pertamawati (2010) reaksi gelap merupakan reaksi yang tidak bergantung pada ada tidaknya cahaya. Reaksi gelap dapat terjadi meskipun tidak adanya cahaya atau keadaan gelap. Reaksi gelap terjadi disebabkan karena enzim-enzim stomata kloroplas tidak membutuhkan cahaya untuk aktivitasnya, namun membtuhkan ATP dan $NADPH_2$ yang dihasilkan dalam proses fotosintesis memicu berbagai proses biokimia.

Pada tanaman proses biokimia terjadi pengikatatan karbon dioksida untuk membentuk ribulosa kemudian menjadi gula seperti

glukosa (Sasmitamihardja dan Siregar, 1996). Pembentukan gula pada proses ini hampir sama seperti pada fotosintesis yang terjadi di siang hari. Tanaman dapat mengalami reaksi gelap apabila karbohidrat yang dihasilkan pada saat proses fotosintesis di siang hari belum mencukupi. Proses yang menunjukkan contoh dari terjadinya reaksi gelap pada daun tanaman terdapat pada Gambar 2.3.



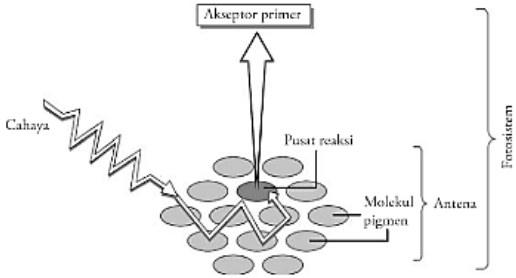
Gambar 2.3 Reaksi Gelap Fotosintesis

Sumber : Karmana, 2008

2.5.2 Reaksi Terang

Menurut Pertamawati (2010) reaksi terang adalah reaksi yang terjadi bergantung pada intensitas cahaya. Proses reaksi terang digunakan untuk menghasilkan ATP dan reduksi $NADPH_2$. Reaksi terang memerlukan molekul air guna mengubahnya menjadi oksigen. Menurut Sasmitamihardja dan Siregar (1996) reaksi terang terjadi di grana yang terdapat pada daun tanaman. Proses reaksi terang diawali dengan penangkapan foton oleh pigmen sebagai antena. Pigmen klorofil menyerap lebih banyak cahaya terlihat pada warna biru (400-450 nanometer) dan merah (650-700 nanometer) dibandingkan hijau (500-600 nanometer). Cahaya hijau akan dipantulkan dan ditangkap oleh mata manusia

sehingga menimbulkan sensasi bahwa daun berwarna hijau. Fotosintesis menghasilkan energi bergantung pada gelombang cahaya dengan panjang gelombang tertentu. Gambar 2.4 menunjukkan proses terjadinya reaksi terang.



Gambar 2.4 Reaksi Terang Fotosintesis

Sumber : Karmana, 2008

2.7 Konsentrasi Karbon Dioksida (CO_2)

Karbon dioksida dalam udara ambien dinyatakan dalam satuan ppmV atau ppm yaitu perbandingan antara volume karbon dioksida dengan volume udara ambien sesaat. Konversi dilakukan apabila satuan yang diinginkan adalah mg/liter. Konsentrasi CO_2 di udara ambien tiap saat berbeda, karena resultan dari proses yang kompleks.

2.7.1 Laju Perubahan Konsentrasi CO_2 (K)

Laju Perubahan konsentrasi CO_2 adalah perbedaan konsentrasi yang terjadi untuk selang waktu tertentu. Menurut Muzayanah (2016) persamaan K adalah sebagai berikut:

$$K = \frac{\Delta C}{\Delta t} \quad (2.1)$$

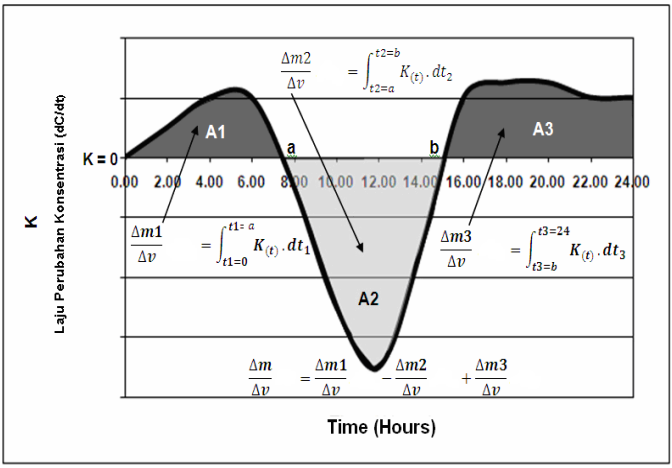
ΔC adalah perubahan konsentrasi selama satu periode waktu (Δt). Bila nilai K yang bertanda negatif (-) berarti terjadi reduksi yang lebih baik dari waktu sebelumnya. Nilai K yang bertanda positif berarti reduksi menurun. Artinya pada K yang bertanda negatif penyerapan karbon dioksida lebih besar, karena nilai reduksi karbon dioksida lebih besar dari waktu sebelumnya.

2.7.2 Nilai Kumulatif Konsentrasi CO_2 (Net-CO_2-Con)

Menurut Santoso dan Mangkoedihardjo (2012) nilai kumulatif konsentrasi dalam waktu 24 jam ditentukan dari integrasi terhadap waktu (t) dari persamaan laju perubahan konsentrasi CO_2 (persamaan 2.1), dengan persamaan :

$$\text{Net-}CO_2\text{-Con} = \int K \,.\, dt \quad \text{.....} \quad (2.2)$$

Kurva nilai kumultaif konsentrasi CO_2 dapat dilihat dari Gambar 2.5.



Gambar 2.5 Kurva Nilai Kumulatif Konsentrasi CO_2

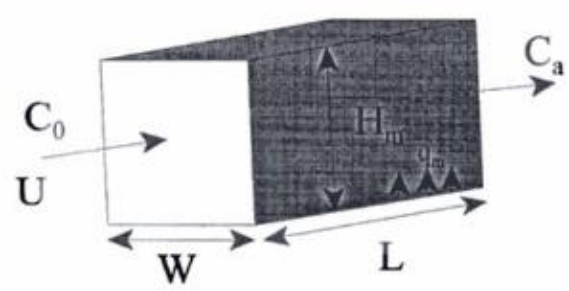
Sumber : Santoso dan Mangkoedihardjo, 2012

Kurva nilai kumulatif konsentrasi CO_2 menjelaskan bahwa massa tiap volume udara ambien ($\Delta m/\Delta v$) atau kumulatif konsentrasi setara dengan luasan antara kurva K=f(t) dengan garis K=0. Pada kurva tersebut nilai K bertanda positif pada pukul 00.00-07.00 dan 15.00-24.00. Nilai K bertanda negatif pada pukul 07.00-15.00, dan puncak dari nilai K negatif adalah pukul 12.00.

2.7.3 Perhitungan Konsentrasi dengan *Box Model*

Menurut Reible (1999) dalam bukunya *Fundamentals of Environmental Engineering* menjelaskan bahwa pada prinsip *Box Model* adalah model yang didasarkan pada keseimbangan polutan yang masuk dan keluar dari *box*, dapat dijelaskan melalui Gambar 2.6. Untuk menentukan dimensi pada *box* dapat ditentukan melalui kecepatan (U) dan arah angin. Panjang *box* (L) merupakan angin yang melalui sepanjang lintasan dengan waktu tertentu, dan ketinggian *box* (H_m) merupakan tinggi percampuran. Akumulasi dari polutan yang berada dalam *box* disebut dengan konsentasi C_a dengan perumusan sebagai berikut:

Akumulasi $= \frac{\partial Ca\ (L\ W\ Hm)}{\partial t}$.....(3)



Gambar 2.6 Konsep *Box Model*

Sumber : Reible, 1999

Melalui gambar tersebut didapatkan keterangan bahwa C_0 adalah konsentrasi pada tepi yang masuk melawan angin dan dengan asumsi teraduk secara sempurna. C_a adalah konsentrasi dalam kotak yang dianggap sama dimanapun dan di tepi arah keluar melawan arah angin. Sehingga didapatkan perumusan sebagai berikut:

Input $= UC_0\ (WHm) + qm\ (LW)$.....*(4)*

Output $= UCa\ (WHm)$.....*(5)*

Melalui perumusan diatas dapat dijelaskan bahwa konsentrasi yang berada pada titik tengah *box* sama dengan konsentrasi awal – konsentrasi akhir. Apabila mencari massa dalam *box* maka pada *box model* berlaku hukum kekekalan massa yaitu pada saat Δt terjadi perubahan massa Δm dalam *box*:

$$\Delta m = m_{in} - m_{out} + m_{emisi} - m_{reduksi} \quad (5)$$

Δm = perubahan massa di dalam *box* pada periode Δt
m_{in} = massa masuk *box* dalam Δt
m_{out} = massa keluar *box* dalam Δt
m_{emisi} = emisi massa dalam *box* dalam waktu Δt
$m_{reduksi}$ = reduksi massa dalam *box* dalam waktu Δt

2.8 Tanaman Penyerap Karbon Dioksida (CO_2)

Tanaman memiliki kemampuan menyerap karbon dioksida yang digunakan untuk proses fotosintesis. Kemampuan daya serap karbon dioksida berbeda-beda tiap tanaman. Tanaman berkayu atau pohon besar memiliki daya serap karbon dioksida yang cukup besar. Baruna (2017) melakukan perhitungan daya serap karbon dioksida tanaman dengan perhitungan biomassa tanaman pada Tabel 2.7.

Tabel 2.1 Biomassa Tanaman

Nama Tumbuhan	Nama Ilmiah	Berat Jenis (kg/m^3)	Jumlah	Total Biomassa (kg/pohon/ tahun)
Ketapang	*Terminalia catappa*	0,64	2	1336,92
Palem Raja	*Roystonea regia*	0,47	5	3982,74

Sumber : Baruna, 2017

2.7.1 Palem Raja *(Roystonea regia)*

Berdasarkan data BAPPEKO (2014) pengembangan RTH di Kota Mojokerto untuk tahun 2019 mencapai 332,67 ha. Pemilihan pohon seperti trembesi, pohon jati, beringin, sukun dan akasia sangat disarankan, namun tanaman tersebut dapat merusak kontruksi jalan serta lahan yang diperlukan cukup luas. Menangani

masalah tersebut jenis vegetasi yang mulai dikembangkan berupa anggrek tanah, teratai, kembang kacing dan berbagai jenis palem. Berdasarkan Tabel 2.1 Palem Raja (*Roystonea regia*) dalam kondisi eksisting memiliki total biomassa 3982,74 kg/pohon. Palem Raja memiliki batang yang kokoh, daun yang hijau dan lebar.

Klasifikasi botani tanaman Palem Raja adalah sebagai berikut:

Divisi	: Spermatophyta
Sub divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledonae
Keluarga	: Aracaceae (*Palmaceae*)
Genus	: Archontophoenix, Mascarena, Cyrtostachys, Roystonea
Spesies	: Palem Raja (*Roystonea regia*).

Gambar dari tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) seperti pada Gambar 2.7.

Gambar 2.7 Palem Raja (*Roystonea regia*)

Sumber : Hasil Penelitian

Heriyanto mengatakan dalam Pambudi (2017) kandungan karbon ditentukan oleh biomassa pada tanaman yang

menggambarkan berapa besar tanaman tersebut dapat mengikat karbon dioksida. Karbon digunakan tanaman untuk proses fisiologi tanaman dan ada pula yang masuk ke dalam struktur tanaman tersebut.

Menurut Pangemanan (2008) Palem Raja merupakan palem alam yang eksotis sehingga cocok dijadikan tanaman penghias jalan sekaligus kawasan RTH. Selain digunakan sebagai penghias jalan, pelepah yang mengelupas dari tanaman palem dapat dimanfaatkan. Pemanfaatan pelepah palem memungkinkan untuk dikembangkan menjadi salah satu alternatif yang bermanfaat dan memiliki nilai tambah, baik secara fungsi maupun ekonomis (Dharmawan, 2015).

2.7.2 Ketapang *(Terminalia catappa)*

Ketapang merupakan tanaman yang berasal dari Asia Tenggara. Ketapang dapat tumbuh hingga 35 m. Permukaan daun licin, berwarna hijau tua dan daun lebar. Panjang daun mencapai 15-25 cm, dengan lebar 10-14 cm (Anand, 2015). Berdasarkan Tabel 2.1 tanaman Ketapang (*Terminalia catappa*) dalam kondisi eksisting memiliki biomassa sebesar 1336,92 kg/pohon.

Klasifikasi botani tanaman Ketapang adalah sebagai berikut:

Kerajaan : Plantae
Divisi : Magnoliophyta
Kelas : Magnoliopsida
Keluarga : Combretaccae
Genus : Teminalia
Spesies : Ketapang (*Terminalia catappa*)

Menurut Orwa (2009) pemanfaatan tanaman Ketapang paling banyak pada kayu dan daunnya. Kayu Ketapang memiliki kualitas tinggi, keras dan elastis, sehingga dapat digunakan sebagai bahan baku bangunan, lantai, jembatan, dan perabotan rumah seperti meja, kursi, almari serta berbagai macam hiasan kayu lainnya. Daun muda Ketapang dapat dimanfaatkan untuk obat sakit kepala. Ketapang sangat bermanfaat untuk obat-obatan sehingga banyak di budidayakan masyarakat sebagai penghias jalan sekaligus obat. Gambar Ketapang (*Terminalia catappa*) dapat dilihat pada Gambar 2.8.

Gambar 2.8 Ketapang (*Terminalia catappa*)

Sumber : Hasil Penelitian

2.9 Penelitian Terdahulu

Menurut Indah (2014) keberadaan RTH perlu ditanamkan agar dapat memenuhi kebutuhan manusia dalam upaya mewujudkan lingkungan hidup berkelanjutan. Perancangan jalur hijau saat ini mulai diterapkan di kota Malang. Tanaman yang memiliki stok karbon dan kemampuan menyerap karbon dioksida yang cukup besar sangat dibutuhkan untuk kawasan tersebut. Perancangan jalur hijau di kawasan jalan Ijen kota Malang di rekomendasikan menggunakan tanaman Palem Raja (*Roystonea regia).* Penyusunan jalur hijau di sepanjang jalan menggunakan tanaman Palem Raja ini lebih bermanfaat sebagai pengarah jalan bukan sebagai peneduh.

Menurut Baruna (2017) dalam penelitiannya perhitungan penyerapan karbon dioksida (CO_2) tanaman dilakukan dengan perhitungan biomassa tanaman. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian tersebut adalah *non-destructive* atau pengambilan data tanpa menebang. Didapatkan hasil perhitungan biomassa Palem Raja sebesar 3982,74 kg/pohon sedangkan Ketapang 1336,92 kg/pohon. Hasil perhitungan serapan karbon

dioksida Palem Raja adalah 142,36 ton/ha sedangkan Ketapang 44,36 ton/ha.

Penelitian Yuliana (2012) potensi penyerapan karbon dioksida oleh tanaman *Shorea leprosula* divariasikan berdasarkan umur tanaman, yaitu 1-8 tahun. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanaman pada umur 1 tahun menyerap paling sedikit karbon dioksida. Pada umur 4 ke 5 tahun, terjadi peningkatan penyerapan secara drastis sedangkan paling tinggi pada umur 7 tahun. Tanaman dengan umur 8 tahun penyerapan karbon dioksidanya mengalami penurunan, hal ini disebabkan karena jumlah kadar abu dan kadar zat terbang juga semakin tinggi. Kadar abu dan kadar zat terbang dapat mempengaruhi perhitungan penyerapan karbon dioksida.

BAB 3
METODE PENELITIAN

Metode penelitian berisi tentang beberapa tahapan yang akan dilakukan selama penelitian tugas akhir. Hal-hal yang dilakukan adalah persiapan penelitian, analisis data, serta penarikan kesimpulan. Penelitian dilaksanakan dalam skala laboratorium dengan tanaman yang sudah ditentukan serta alat pengukur jumlah reduksi karbon dioksida (CO_2).

3.1 Umum

Penelitian ini bertujuan untuk mengukur perbedaan umur tanaman terhadap jumlah reduksi karbon dioksida (CO_2) pada udara ambien. Pada penelitian ini digunakan tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* sebagai objek penelitian. Dasar pemikiran dari penelitian ini adalah tinggi tanaman sangat bergantung pada umur, semakin tua suatu tanaman maka tingginya juga bertambah. Hal ini berpengaruh pada proses fotosintesis tanaman. Pada proses fotosintesis karbon dioksida (CO_2) memiliki peran yang sangat penting. Karbon dioksida membatu dalam proses fotosintesis dan mempengaruhi produk fotosintesis. Penyerapan karbon dioksida dilakukan oleh daun, sehingga luasan daun juga merupakan peran yang penting. Daun yang memiliki klorofil melakukan fotosintesis melalui stomata. Umur klorofil daun juga mempengaruhi besarnya penyerapan karbon dioksida.

3.2 Kerangka Penelitian

Kerangka penelitian menjelaskan mengenai langkah kerja yang dilakukan selama penelitian berlangsung. Tujuan dari pembuatan kerangka penelitian adalah untuk mempermudah pemahaman tentang metode penelitian apa saja yang akan dilakukan. Kerangka penelitian mencakup ide yang diperoleh dan tahapan penelitian. Diagram alir kerangka penelitian dapat dilihat pada Gambar 3.1 pada halaman 24-27.

Kondisi Eksisting

1. Kadar CO_2 yang meningkat dapat menyebabkan suhu bumi memanas sebesar 1,5-4,5°C.
2. Palem Raja memiliki kemampuan menyerap CO_2 142,36 ton/ha sedangkan Ketapang 44,36 ton/ha.

GAP

Kondisi Ideal

1. Pengurangan jumlah konsentrasi CO_2 dengan tanaman Palem Raja dan Ketapang.
2. Pemanfaatan antara Palem Raja dan Ketapang sebagai tanaman penghias jalan ITS yang memiliki potensi paling besar mereduksi konsentrasi CO_2.

Ide Penelitian

Perbedaan umur tanaman terhadap reduksi CO_2 udara ambien oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*.

Rumusan Masalah

1. Berapa jumlah konsentrasi reduksi karbon dioksida (CO_2) oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*?
2. Bagaimana pengaruh umur tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* terhadap reduksi karbon dioksida (CO_2)?

Tujuan Penelitian

1. Menganalisis jumlah konsentrasi reduksi karbon dioksida (CO_2) oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*
2. Menganalisis umur tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* paling optimum untuk reduksi karbon dioksida (CO_2).

A

Studi Literatur

1. Jumlah karbon dioksida yang dihasilkan dari kegiatan manusia
2. Dampak kesehatan dan lingkungan akibat semakin meningkatnya karbon dioksida
3. Karakteristik tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*
4. Kemampuan penyerapan karbon dioksida pada tanaman khususnya tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*
5. Proses fotosintesis tanaman, serta faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis, internal maupun eksternal
6. Penelitian terdahulu

↓

Penentuan Variabel dan Parameter

Menganalisis jumlah reduksi karbon dioksida oleh tanaman *Roystonea regia* dan Ketapang *(Terminalia catappa).*

Variabel penelitian :

1. Jenis Tanaman
2. Tinggi tanaman

Parameter yang diukur:

Jumlah reduksi karbon dioksida (CO_2) udara ambien.

↓

Pengumpulan data

1. Kecepatan angin.
2. Tinggi tanaman Palem Raja.
3. Tinggi tanaman Ketapang.
4. Konsentrasi karbon dioksida.

↓

B

B

Persiapan alat penelitian

CO_2 meter**,** *anemometer,* dan mistar dengan skala milimeter.

Persiapan bahan penelitian

Tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)*

Penelitian Laboratorium

Pengambilan data dilakukan selama 7 hari, di Departemen Teknik Lingkungan FTSLK ITS.

Analisis Data dan Pembahasan

1. Hasil dan pembahasan diperoleh dari analisis data hasil uji laboratorium yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik.
2. Data pengaruh tinggi tanaman terhadap reduksi karbon dioksida disajikan dalam bentuk tabel untuk mengetahui kondisi paling optimum.
3. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh tinggi tanaman terhadap penyerapan karbon dioksida oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*

Kesimpulan dan Saran

1. Menyimpulkan hasil analisis data dan pembahasan
2. Memberikan saran sebagai penyempurnaan hasil

Gambar 3.1 Kerangka Penelitian

3.3 Ide Penelitian

Tanaman memiliki kemampuan mereduksi karbon dioksida di udara. Tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) selain digunakan sebagai tanaman hias, tanaman memiliki ketahanan pada daerah yang kurang stabil. Tanaman Ketapang *(Terminalia catappa)* banyak digunakan sebagai peneduh jalan dan juga bahan baku mebel. Pada penelitian ini akan diketahui seberapa besar kemampuan tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* mampu mereduksi karbon dioksida. Hal ini juga diperhatikan faktor dari luar dan dalamnya yaitu tinggi tanaman yang merepresentasikan umur tanaman.

3.4 Tahapan Penelitian

Tahapan penelitian ini berupa studi literatur, penentuan variabel penelitian, pesiapan penelitian, penelitian pendahuluan, dan penelitian utama. Berikut merupakan tahapan penelitian yang akan dilakukan:

3.4.1 Studi Literatur

Studi literatur digunakan sebagai penunjang jalannya penelitian dari awal hingga penyusunan laporan. Studi literatur yang digunakan pada penelitian ini bersumber dari jurnal ilmiah, *text book,* internet dan laporan penelitian terdahulu. Studi literatur digunakan sebagai informasi pendukung. Studi literatur yang dipelajari untuk penelitian kali ini diantaranya:

1) Jumlah karbon dioksida (CO_2) yang dihasilkan dari kegiatan manusia.
2) Dampak kesehatan dan lingkungan akibat semakin meningkatnya karbon dioksida (CO_2).
3) Karakteristik tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*
4) Kemampuan penyerapan karbon dioksida (CO_2) pada tanaman khususnya tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*
5) Proses fotosintesis tanaman, serta faktor-faktor yang mempengaruhi fotosintesis, internal maupun eksternal
6) Penelitian terdahulu.

3.4.2 Variabel Penelitian

Variabel penelitian ini adalah sebagai berikut:

1) Variabel bebas

Variabel bebas pada penelitian ini ada 2 yaitu : jenis tanaman dan tinggi tanaman. Penentuan variabel ini berdasarkan tujuan dari penelitian yang akan dilaksanakan. Jenis tanaman yang digunakan adalah Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*

Tinggi tanaman divariasikan masing-masing kategori 3 buah. Menurut Matondang (2009) dalam melakukan penelitian yang berupa pengukuran agar hasil dapat dipercaya maka perlu dilakukan berurangkali dengan objek yang sama dan objek yang serupa untuk membandingkan hasilnya. Konsep ini disebut reliabilitas. Pengetesan 2 kali atau 2 objek yang serupa merupakan syarat minimal untuk menentukan hasilnya konsisten atau tidak. Untuk mendapatkan hasil reliabilitas yang konsisten dan akurat maka digunakan 3 tanaman tiap kategorinya. Tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) digunakan memiliki tinggi A adalah <100 cm, B adalah 100-120 cm dan C adalah >120 cm. Ketapang *(Terminalia catappa)* digunakan memiliki tinggi A adalah <125 cm, B adalah 125-150 cm dan C adalah >150 cm. Tinggi tanaman merepresentasikan umur tanaman, yaitu semakin tinggi tanaman tersebut maka umurnya semakin tua.

Kecepatan angin yang ada pada kondisi tersebut diukur setiap jam nya menggunakan *anemometer*. Pengukuran kecepatan angin dilakukan mulai pukul 06.00 – 18.00 WIB. Kecepatan angin dapat mempengaruhi dispersi karbon dioksida dan penyerapan karbon dioksida oleh masing-masing tanaman.

2) Variabel terikat

Variabel terikat pada penelitian ini adalah jumlah reduksi konsentrasi karbon dioksida udara ambien oleh tanaman. Tanaman yang digunakan pada penelitian ini adalah tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).* Variabel terikat ini nilainya akan berubah bergantung dengan variabel

bebas. Semakin banyak variasi dari variabel bebas maka semakin banyak hasil dari variabel terikat.

3.4.3 Pengumpulan Data

Pengumpulan data untuk penelitian ditujukan agar mempermudah dalam mencari informasi pendukung penelitian. Data yang dibutuhkan pada penelitian tersebut diantaranya : kecepatan angin, tinggi tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*), tinggi tanaman Ketapang *(Terminalia catappa)* dan konsentrasi karbon dioksida. Hasil ini didapatkan dari penelitian lapangan.

Pengukuran konsentrasi karbon dioksida dilakukan setiap jam selama 13 jam (06.00–18.00 WIB). Menurut Purwanto (2007) untuk melakukan validasi data dilakukan pengulangan minimal 6 kali. Pada penelitian ini data yang diambil dilakukan selama 13 jam dalam satu hari. Hasil yang dianalisis dalam 1 hari, maka apabila dilaksanakan sebanyak 7 kali pengulangan, penelitian dilakukan selama 7 hari pemantauan (mewakili hari dalam satu minggu).

3.4.4 Persiapan Alat dan Bahan

Persiapan alat dan bahan yang digunakan selama penelitian akan menunjang keberhasilan dari suatu penelitian.

A. Alat

Alat yang digunakan pada penelitian antara lain:

1) CO_2 meter

Alat ini digunakan untuk mendeteksi suhu dan konsentrasi karbon dioksida di udara yang mememiliki ambang batas 4000 ppm karbon dioksida. CO_2 meter yang digunakan merk Lutron tipe GC-2028 dengan prinsip sensor NDIR (non-dispersive infrared) merupakan sensor pendeteksi gas karbon dioksida udara melalui pengukuran absorbansi karakteristik panjang gelombang. Pembacaan hasil konsentrasi melalui sensor dan ditampilkan pada layar panel. CO_2 meter dapat dilihat pada Gambar 3.2.

Gambar 3.2. CO_2 Meter

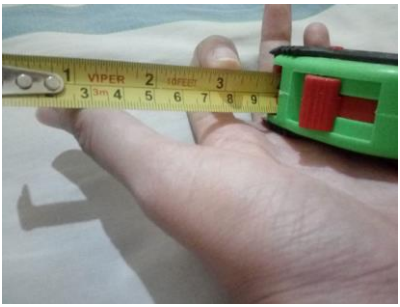
2) *Anemometer*

Anemometer merupakan alat yang digunakan untuk mengukur kecepatan angin di suatu wilayah atau tempat (Lakintan, 1997). *Anemometer* yang digunakan merupakan *anemometer* tipe AM-4836C Pada *anemometer* tipe tersebut selain dapat digunakan untuk mengukur kecepatan angin dapat pula digunakan untuk menentukan arah angin. Satuan yang digunakan pada alat ini untuk hasil pembacaan kecepatan angin adalah m/s. Pengukuran kecepatan angin tersebut dilakukan per jam mulai pukul 06.00-18.00 WIB. Gambar dari alat a*nemometer* dapat dilihat pada Gambar 3.3.

Gambar 3.3 *Anemometer*

3) Mistar dengan skala milimeter

Mistar digunakan untuk mengukur tinggi tanaman. Mistar dengan skala milimeter dpilih karena memiliki tingkat ketelitian pengukuran yang cukup tinggi. Penggunaan skala milimeter bertujuan untuk mempermudah pembacaan serta tingkat ketelitian. Gambar mistar dengan skala milimeter dapat dilihat pada Gambar 3.4.



Gambar 3.4 Mistar Skala Milimeter

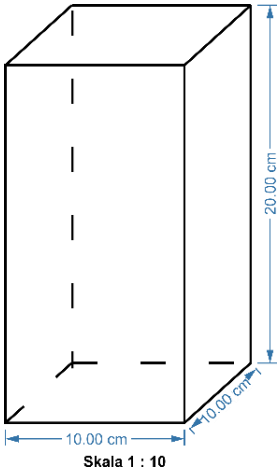
B. Bahan

Bahan yang digunakan selama penelitian adalah tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).* Tanaman yang digunakan berasal dari Penangkaran Bibit di Keputih Surabaya. Jumlah tanaman yang digunakan adalah 18 buah tanaman, dengan masing-masing jenis terdapat 9 tanaman.

3.4.5 Penelitian Laboratorium

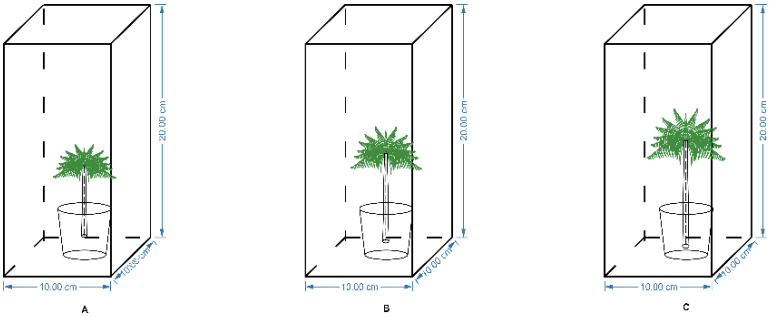
Penelitian dilakukan untuk mengetahui reduksi karbon dioksida oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).* Tahapan penelitian ini adalah sebagai serikut :

1) Mempersiapkan tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa)* dengan proses aklimatisasi minimal selama 2 minggu. Menurut Raharjo (2017) proses aklimatisasi waktu tanam setidaknya 2-4 minggu. Tanaman diletakkan pada pot dengan volume yang sama dengan ketentuan kategori A terdapat 3 buah yaitu A1, A2, dan A3. Ketegori B terdapat 3 buah yaitu B1, B2 dan B3. Kategori C terdapat 3 buah yaitu C1, C2, dan C3. Setelah dua minggu, tanaman dalam kondisi stabil yang ditandai dengan munculnya daun baru pada tanaman sehingga dapat dilakukan penelitian.
2) Metode penelitian adalah metode *box model* sehingga penutup tanaman bersifat maya. Penggunaan metode *box model* digunakan karena penelitian ini akan menghitung reduksi karbon dioksida pada udara ambien per jam sehingga diperlukan udara yang tidak dibatasi. *Box* maya berukuran 200 x 100 x 100 cm. Pengukuran dilaksanakan pada ketinggian 2 meter karena kecepatan angin menurut data klimatologi dalam Lakitan (1997) adalah kecepatan angin yang diukur secara horizontal pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah yang ditanami dengan rumput. Sehingga ketinggian 2 meter dipilih untuk mendapatkan konsentrasi CO_2 yang maksimal. Gambaran area *box model* dapat dilihat pada Gambar 3.5.



Gambar 3.5 *Box Model*

3) Pengambilan data dan pengamatan dilakukan selama 7 hari. Sebelum melakukan penelitian dilakukan pengukuran blanko pada ruang terbuka dengan jarak lebih dari 2 meter dari tempat penelitian guna tidak terkontaminasi dan mengetahui kondisi karbon dioksida ketika tidak terdapat tanaman. Pengukuran ini disebut sebagai blanko. Selanjutnya pengukuran konsentrasi CO_2 dilakukan pula pada masing-masing jenis dengan variasi A, B dan C dapat dilihat sketsa sepeti Gambar 3.6.



Gambar 3.6 Sketsa Penelitian

4) Pengukuran angin yang akurat adalah menggunakan *anemometer. Anemometer* merupakan alat ukur untuk mengetahui kecepatan angin. Cara penggunaan *anemometer* adalah sebagai berikut*:*
   - Tekan tombol *power* berwarna merah pada *anemometer*.
   - Mengatur satuan hasil pembacaan angin menjadi m/s.
   - Memasang alat pengukur angin pada sebelah kanan lubang.
   - Mengarahkan sensor angin pada daerah yang akan diukur kecepatan anginnya, pada penelitian ini dilakukan pada ketinggian 2 meter dari ketinggian tanah.
   - Melihat hasil pengukuran pada layar panel.
   - Pengukuran dilakukan selama 1 menit dengan kecepatan angin tidak melebihi 0,0167 m/s.
5) Pada pengukuran tinggi tanaman digunakan mistar dengan skala satu millimeter. Proses pengukuran tinggi tanaman adalah dari dasar tanah ke pangkal daun bagian paling atas.
6) Tanaman diukur jumlah reduksi karbon dioksidanya menggunakan alat CO_2 meter. Prinsip kerjanya menggunakan sensor NDIR (*non-dispersive infrared*) merupakan sensor pendeteksi gas karbon dioksida udara melalui pengukuran absorbansi karakteristik panjang gelombang. Pengukuran dilkakukan pada 9 tanaman tiap jenisnya, dengan tinggi tanaman yang berbeda-beda dan juga pada blanko. Saat pengukuran dilakukan, sensor CO_2 meter diarahkan pada bagian titik tengah *box* maya atau pada ketinggian 1 meter. Hal ini dilakukan karena pada prinsip *box model* pencampuran teraduk secara sempurna sehingga untuk mencari nilai rata-rata adalah pada bagian titik tengah. Sifat udara yang dinamis dapat dikontrol dengan memperhatikan kecepatan angin yang tidak melebihi 0,0167 m/s. Hasilnya akan dibandingkan dengan blanko.

   Berdasarkan tata cara penggunaan alat CO_2 meter Lutron GC-2028, pengukuran dilakukan di titik

tengah dari tinggi *box* dengan probe mengarah ke atas, yakni sensor menghadap pada permukaan daun. Cara penggunaan alat CO_2 meter sebagai berikut:

- Mengkoneksikan sensor stick pada alat.
- Menekan tombol power pada alat, tunggu hingga alat selesai melakukan *warm up* yang ditandai dengan munculnya nilai konsentrasi (ppm) dan suhu (^oC).
- Memposisikan sensor pada titik pengukuran berada di tengah-tengah *box*.
- Alat akan mengukur setiap perubahan konsentrasi karbon dioksida per 6 detik, pencatatan dilakukan setiap 6 detik dalam 1 menit hingga alat mulai stabil kemudian hasilnya di rata-rata, dengan perhitungan sebagai berikut:

  $Ct = (C_1+C_2+....Cn) / \Delta t$.....(1)
- Mengulangi langkah diatas dengan perlakuan sama pada tiap sampel (17 tanaman lainnya).
- Untuk penentuan nilai reduksi karbon dioksida udara ambien oleh tanaman dengan metode analisa numerik. Selanjutnya dilakukan perhitungan reduksi karbon dioksida pada masing-masing tamanan.

3.4.6 Analisis dan Pembahasan

Analisis data dan pembahasan dilakukan pada setiap data yang diperoleh dari hasil penelitian, berikut penjelasannya :

1. Hasil diperoleh dari analisis data hasil uji laboratorium yang kemudian disajikan dalam bentuk tabel, kurva dan grafik. Kurva yang dibuat merupakan kurva nilai konsentrasi CO_2 fungsi waktu (t) selama pengukuran yaitu pukul 06.00-18.00 WIB. Dibuat pula kurva laju konsentrasi karbon dioksida yang nantinya menentukan nilai komulatif karbon dioksida (CO_2).
2. Data pengaruh tinggi tanaman terhadap reduksi karbon dioksida disajikan dalam bentuk tabel untuk mengetahui kondisi paling optimum. Data tersebut dibandingkan dengan memperhatikan pengukuran tiap sampel pada saat pagi dan siang untuk mengetahui pola konsentrasinya. Analisis terhadap data konsentrasi CO_2 yang telah diperoleh dari hasil pengukuran

digunakan untuk penentuan tingkat reduksi CO_2 oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*

3. Mendapatkan informasi mengenai pengaruh tinggi terhadap reduksi karbon dioksida oleh tanaman Palem Raja (*Roystonea regia*) dan Ketapang *(Terminalia catappa).*

3.4.7 Kesimpulan dan Saran

Dari analisis dan pembahasan yang dilakukan, maka akan diambil suatu kesimpulan yang menyatakan ringkasan dari hasil penelitian yang menjawab rumusan masalah. Penelitian dapat juga dihasilkan saran-saran yang dapat digunakan untuk penelitian lanjutan.

BAB 4
HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Penentuan Umur Tanaman

Menurut Sumanto dan Witono (2010) dalam memperkirakan umur tanaman digunakan perhitungan mulai dari masa perkecambahan tanaman hingga masa dimana tanaman dapat dipindahkan ke lapangan namun kondisi ruas belum muncul. Perhitungan perkiraan umur selanjutnya melalui kecepatan pertumbuhan tanaman pertahun. Kecepatan pertumbuhan palem bervariasi mulai dari 2,6 cm/tahun hingga 107,8 cm/tahun. Kecepatan pertumbuhan pada tanaman Ketapang mencapai 150 cm/tahun pada kondisi yang optimal dan di daerah tropis (Thomson dan Evans, 2006).

Berdasarkan data diatas menentukan umur dapat diambil selisih tinggi dengan pertumbuhan Palem Raja per tahun adalah 20 cm dengan umur perkecambahan kurang lebih 1,5-3 bulan (BAPPENAS, 2000). Pada periode perkecambahan tanaman mengalami kondisi yang belum optimal karena mengalami masa pertumbuhan yang mulai stabil. Pada tanaman Ketapang selisih tinggi pertumbuhan per tahun adalah 25 cm dengan masa perkecambahan dan semai total selama 4 bulan (Thomson dan Evans, 2006).

4.1.1 Penentuan Umur Palem Raja

Pada penelitian kali ini perhitungan umur tanaman dilakukan dengan perbandingan kecepatan pertumbuhan tanaman. Menurut Sumanto dan Witono (2010) perbandingan laju pertumbuhan Palem Merah dan Palem Raja adalah 1:3,39 kali. Tinggi Palem Merah rata – rata pada umur 5 tahun adalah 100 cm (Zuhro, 2017). Maka perhitungan umur Palem Raja adalah sebagai berikut :

Umur Palem Raja = Umur Palem Merah x Perbandingan

= 5 tahun x 1 : 3,39

= 1,47 tahun

Maka berdasarkan hasil perhitungan tersebut Palem Raja dengan ketinggian 100 cm berumur 1,47 tahun atau < 2 tahun. Sehingga dipilih tanaman dengan tinggi bervariasi dan dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut:

1. Tanaman Palem Raja kategori A merupakan tanaman dengan tinggi kurang dari 100 cm. Berdasarkan keterangan yang telah dipaparkan, kategori A merupakan tanaman Palem Raja dengan umur kurang dari 2 tahun.
2. Tanaman Palem Raja kategori B merupakan tanaman dengan tinggi lebih dari 100 cm sampai 120 cm dengan umur kurang dari 3 tahun.
3. Tanaman Palem Raja kategori C merupakan tanaman dengan tinggi lebih dari 120 cm dengan umur kurang dari 4 tahun.

4.1.2 Penentuan Umur Ketapang

Menurut Thomshon dan Evans (2006) tinggi tunas awal Ketapang adalah 15 cm. Setelah itu tanaman akan mengalami masa semai hingga 4 bulan sebelum bisa dipindahkan ke lapangan. Dalam waktu setiap 6 minggu masa semai, tinggi tanaman mengalami pertambahan sebesar 20-30 cm. Maka untuk menentukan umur tanaman adalah sebagai berikut:

H tunas = 15 cm

H 4 bulan = 60 cm

H total Ketapang perkecambahan = 75 cm

Kecepatan pertumbuhan = 25 cm/tahun

Maka pada umur 1 tahun tinggi tanaman adalah 100 cm, sehingga dipilih tanaman dengan tinggi bervariasi dan dibagi menjadi 3 kategori, sebagai berikut:

1. Tanaman Ketapang kategori A merupakan tanaman dengan tinggi kurang dari 125 cm. Berdasarkan keterangan yang telah dipaparkan, kategori A merupakan tanaman Ketapang dengan umur kurang dari 2 tahun.

2. Tanaman Ketapang kategori B merupakan tanaman dengan tinggi lebih dari 125 cm sampai 150 cm dengan umur kurang dari 3 tahun.
3. Tanaman Ketapang kategori C merupakan tanaman dengan tinggi lebih dari 150 cm dengan umur kurang dari 4 tahun.

Pemilihan umur tanaman lebih dari 1 tahun dikarenakan tanaman dengan umur 1 tahun masih dalam tahap pertumbuhan pesat sehingga karbon dioksida kecil. Pada umur 4 ke 5 tahun, terjadi peningkatan penyerapan karbon dioksida secara drastis (Yuliana, 2012).

4.2. Proses Aklimatisasi Tanaman

Tanaman yang terpilih sesuai kategori tersebut kemudian diaklimatisasi. Menurut Pudjiono dalam Raharjo (2017) aklimatisasi adalah proses penyesuaian suatu organisme pada lingkungan baru. Proses aklimatisasi dapat mengkondisikan tanaman agar mampu beradaptasi pada lingkungan baru sehingga tanaman mampu tumbuh seperti semestinya. Menurut Raharjo (2017) proses aklimatisasi waktu tanam setidaknya 2-4 minggu dengan pemindahan dari *polybag* ke dalam pot. Pada penelitian ini proses aklimatisasi tanaman Palem Raja dan Ketapang dilakukan selama 17 hari.

Menurut Sudrajat (2010) aklimatisasi dilakukan dengan cara meningkatkan pencahayaan pada bibit serta mengurami frekuensi penyiraman pada bibit *(hardening off)*. Sehingga diharapkan bibit dapat mengalami proses pengayuan *(lignifikasi)* dan siap diletakkan di lapangan. Pada proses aklimatisasi tanaman Palem Raja dan Ketapang berlangsung, kedua jenis tanaman tersebut diletakkan pada tempat yang terkena sinar matahari namun tidak terlalu terik dan dilakukan penyiraman sesuai kebutuhan. Proses aklimatisasi dilaksanakan di tempat pembibitan tanaman selama 2 minggu, dilanjutkan pemindahan tanaman ke Departemen Teknik Lingkungan selama 3 hari untuk proses penyesuaian cahaya dan lingkungan yang baru. Proses aklimatisasi berakhir ditandai dengan munculnya daun baru pada tanaman dapat dilihat pada Gambar 4.1, 4.2 dan 4.3.

Gambar 4.1 Proses Aklimatisasi Awal

Sumber : Hasil Pengamatan

Gambar 4.2 Daun Baru pada Ketapang

Sumber : Hasil Pengamatan

Gambar 4.3 Daun Baru pada Palem Raja

Sumber : Hasil Pengamatan

4.3. Pengukuran Tinggi Tanaman

Pengukuran tinggi tanaman dilakukan sebelum penelitian. Pengukuran ini digunakan untuk mengetahui kategori tinggi tanaman yang akan diteliti. Menurut Laise (2017) pengukuran tinggi tanaman dilakukan dengan meletakkan mistar lalu diukur mulai dari permukaan tanah hingga ujung tertinggi tanaman dan diperhatikan pula jumlah daun. Berdasarkan keterangan diatas hasil pengukuran tinggi tanaman dapat dilihat pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Tinggi Tanaman

Tanaman	Tinggi Tanaman (cm)								
	A			B			C		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Palem Raja	80	88	90	109	109	119	120	121	121
Ketapang	105	115	120	144	145	145	155	161	165

Sumber : Hasil Pengukuran

Tanaman yang terpilih tersebut telah diaklimatisasi dan tanaman mampu beradaptasi pada lingkungan baru. Aklimatisasi pada penelitian ini dilakukan selama 17 hari. Pada awal penelitian diukur tinggi tanaman dengan menggunakan mistar. Pengukuran tinggi tanaman dapat dilihat pada Gambar 4.4 dan 4.5.

Gambar 4.4 Pengukuran Tinggi Tanaman

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil pengukuran tanaman yang telah dikatagorikan berdasarkan kategori A, B dan C, kemudian dipantau perkembangan tingginya mulai awal penelitian hingga akhir penelitian. Masing-masing kategori terdapat 3 tamanan untuk Palem Raja dan Ketapang sehingga jumlah yang diukur adalah 18 tanaman.

Gambar 4.5 Pencatatan Hasil Pengukuran

Sumber : Hasil Penelitian

4.4. Pengukuran Konsentrasi Karbon Dioksida

Karbon dioksida (CO_2) merupakan senyawa yang terdiri dari dua atom oksigen yang berikatan kovalen dengan sebuah senyawa karbon. Senyawa tersebut terbentuk dari dua zat yaitu karbon dan oksigen dengan rumus molekulnya yaitu CO_2, dan merupakan salah satu gas yang sudah banyak dikenal yang terdapat di udara (Ai, 2012). Pengukuran konsentrasi CO_2 dilakukan menggunakan alat CO_2 meter yang menggunakan prinsip NDIR *(non dispersive infrared)* sensor, merupakan sebuah metode spektroskopi yang biasa digunakan untuk mendeteksi gas.

Pada penelitian ini, tanaman tidak diberi *box* karena penggunaan metode penelitian adalah metode *box model* sehingga *box* yang digunakan bersifat maya. Tanaman memiliki variasi jenis dan tinggi tanaman dengan variasi A, B dan C. Proses pengukuran CO_2 dapat dilihat pada Gambar 4.6.

Gambar 4.6 Pengukuran konsentrasi karbon dioksida

Sumber : Hasil Penelitian

Data yang dikumpulkan pada penelitian ini adalah data seri waktu konsentrasi CO_2 selama 13 jam dimulai pukul 06.00 – 18.00 WIB. Pengambilan data dilakukan per jam untuk mendapatkan hasil yang kontinu. Pengukuran dilakukan dengan pengulangan selama 7 hari yang bertujuan untuk validasi data. Validasi data didapatkan dengan pengulangan minimal 6 kali percobaan (Purwanto, 2007). Pengukuran dengan alat CO_2 meter dilakukan pada titik tengah dari ketinggian *box.*

Pengukuran konsentrasi CO_2 dilakukan pada siang hari karena cahaya merupakan salah satu faktor eksternal dalam proses fotosintesis yang memiliki pengaruh lebih besar dibandingkan faktor internal. Cahaya matahari merupakan faktor penting terhadap berlangsungnya fotosintesis (Ceulmus dan Sauger, 1991).

4.4.1 Pengukuran dengan Metode *Box Model*

Menurut Pasaribu dan Tangahu (2015) *box model* digunakan untuk menghitung konsentrasi karbon dioksida pada udara ambien. Lebar area dan panjang diukur sesuai panjang dan lebar kota dengan menggunakan titik koordinat apabila ingin mengukur skala kota (Vyankatesh, 2014). Penentuan lebar dan panjang area *box* dapat ditentukan melalui kecepatan angin (U) dan Δt (Nevers,1995). Apabila panjang dan lebar ditentukan maka kecepatan angin dibatasi.

Pada penelitian ini panjang *box* yang digunakan adalah 100 cm sebagai dasar penentuan kecepatan angin maksimal ketika pengukuran berlangsung dengan perhitungan sebagai berikut:

U = L/t ..... (4.1)

dengan keterangan sebagai berikut :

L = panjang *box* (m)

t = waktu pengukuran (s)

U = kecepatan angin (m/s)

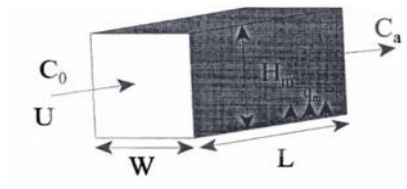
Kecepatan angin maksimal yang diperbolehkan selama pengukuran terhitung:

U = 100 cm / 60 s

U = 0,0167 m/s

Pengukuran berlangsung selama 1 menit bersama dengan pengukuran CO_2 meter, maka diambil hasil rata – rata dengan kecepatan angin maksimal 0,0167 m/s. Gambar pengambilan data kecepatan angin dapat dilihat pada lampiran D.

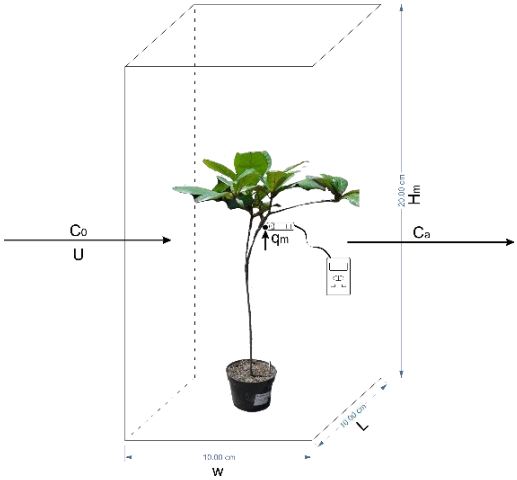
Pada *box model* menganggap bahwa aliran percampuran dalam *box* merata dan teraduk secara sempurna. Menurut Reible (1999) prinsip *box model* merupakan penjumlahan aliran keluar dan masuk seperti Gambar 4.7.



Gambar 4.7 *Box Model*

Sumber : Reible, 1999

Apabila digambarkan melalui sketsa pengukuran konsentrasi karbon dioksida sesuai dengan metode *box model* dapat dilihat pada Gambar 4.8.



Gambar 4.8 Pengukuran CO_2 dengan *Box Model*

Melalui Gambar 4.8 tersebut didapatkan keterangan bahwa C_0 adalah konsentrasi pada tepi yang masuk melawan angin dan dengan asumsi teraduk secara sempurna. C_a adalah konsentrasi dalam kotak yang dianggap sama dimanapun dan di tepi arah keluar melawan arah angin (Reible, 1999). Konsentrasi yang berada di dalamnya sama dengan konsentrasi yang terwakili pada titik tengah *box* (karena asumsi teraduk secara sempurna) (Nevers, 1995).

Alat akan mengukur setiap perubahan konsentrasi karbon dioksida per 6 detik, pencatatan dilakukan setiap 6 detik dalam 1 menit hingga alat mulai stabil kemudian hasilnya di rata-rata, dengan perhitungan sebagai berikut:

$$Ct = (C_1+C_2+....Cn) / \Delta t \qquad (4.2)$$

Konsentrasi terukur pada alat CO_2 meter merupakan konsentrasi *box model,* dengan hasil pada Tabel 4.2 dan 4.3.

Tabel 4.2 Hasil Pengukuran Rata-Rata CO_2 Palem Raja

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (°C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	381	374	378	383	375	376	383	381	381	416	30	0.0
07.00	370	365	361	355	355	356	356	356	355	401	30	0.0
08.00	344	347	346	335	328	332	327	327	335	384	32	0.0
09.00	340	335	332	332	333	336	325	329	332	377	34	0.0
10.00	326	325	325	322	322	316	309	318	315	375	36	0.0
11.00	324	320	316	309	316	314	308	312	315	372	37	0.0
12.00	310	313	306	306	302	306	304	304	309	358	37	0.0
13.00	307	291	309	307	306	308	306	304	307	370	36	0.0
14.00	311	309	310	308	306	304	304	308	310	366	34	0.0
15.00	312	309	312	308	309	309	305	309	311	365	33	0.0
16.00	318	314	315	314	311	317	314	317	318	370	33	0.0
17.00	320	320	323	324	323	321	320	322	322	373	32	0.0
18.00	338	332	330	325	326	323	321	324	322	380	31	0.0

Sumber : Hasil Pengukuran

Tabel 4.3 Hasil Pengukuran Rata-Rata CO_2 Ketapang

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (°C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	390	388	387	383	386	387	386	386	386	416	30	0.0
07.00	372	370	372	363	365	365	362	365	366	401	30	0.0
08.00	351	345	342	338	342	339	338	339	336	384	32	0.0
09.00	344	345	345	334	331	337	334	334	328	377	34	0.0
10.00	332	331	331	320	314	318	320	321	316	375	36	0.0
11.00	332	330	324	321	319	320	316	316	317	372	37	0.0
12.00	309	312	313	311	310	311	311	313	314	358	37	0.0
13.00	318	314	315	311	309	308	308	315	310	370	36	0.0
14.00	312	306	304	307	311	312	310	306	307	366	34	0.0
15.00	320	317	313	311	311	314	311	310	314	365	33	0.0
16.00	321	316	314	314	314	314	314	316	314	370	33	0.0
17.00	325	323	318	319	317	323	323	313	315	373	32	0.0
18.00	336	331	331	326	332	326	335	331	334	380	31	0.0

Sumber : Hasil Pengukuran

Pengambilan data perhari dapat dilihat pada lampiran A. Ketentuan ketinggian *box* (H) berdasarkan aktivitas penyerapan tanaman yang diukur tidak melebihi 2 meter. Selain itu penetapan tinggi *box* adalah 2 meter karena kecepatan angin dalam data klimatologi adalah kecepatan angin horizontal pada ketinggian 2 meter dari permukaan tanah yang ditanami dengan rumput (Lakitan, 1997).

4.4.2 Pola Konsentrasi Karbon Dioksida (CO_2)

Pola konsentrasi dibuat untuk mempermudah pembacaan hasil pengukuran dari tanaman setiap kategori. Dalam menentukan pola konsentrasi karbon dioksida (CO_2) pengukuran konsentrasi pada setiap kategori tanaman di rata-rata, dan dibandingkan hasilnya dengan blanko. Hasil rata-rata setiap kategori dan blanko dapat dilihat hasilnya pada Tabel 4.4 dan 4.5.

Tabel 4.4 Konsentrasi CO_2 Palem Raja Rata-Rata

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 (ppm)			Blanko (ppm)
	A	B	C	
06.00	378	378	382	416
07.00	366	356	356	401
08.00	346	332	330	384
09.00	336	334	329	377
10.00	325	320	314	375
11.00	320	313	311	372
12.00	310	305	306	358
13.00	302	307	306	370
14.00	310	306	308	366
15.00	311	309	308	365
16.00	315	314	316	370
17.00	321	323	321	373
18.00	333	325	322	380

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.5 Konsentrasi CO_2 Ketapang Rata-Rata

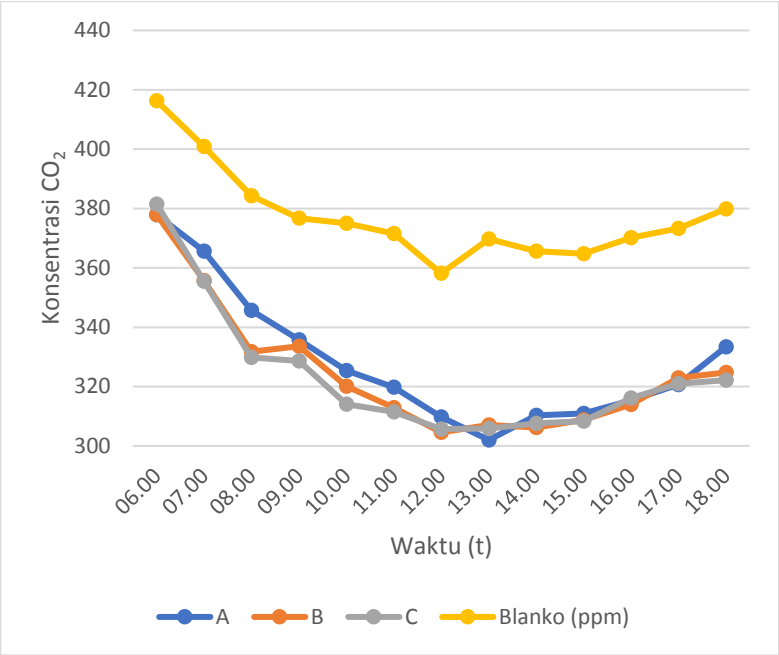
Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 (ppm)			Blanko (ppm)
	A	B	C	
06.00	388	385	386	416
07.00	371	364	364	401
08.00	346	340	338	384
09.00	345	334	332	377
10.00	331	317	319	375
11.00	329	320	316	372
12.00	312	311	312	358
13.00	316	309	311	370
14.00	307	310	308	366
15.00	317	312	312	365
16.00	317	314	315	370
17.00	322	319	317	373
18.00	333	328	333	380

Sumber : Hasil Perhitungan

Berdasarkan tabel tersebut maka dapat dibuat suatu grafik pola konsentrasi karbon dioksida (CO_2) setiap jamnya, kemudian dari grafik dapat diketahui pola reduksi CO_2. Terdapat dua grafik setiap tanaman yaitu grafik pola konsentrasi perubahan CO_2 rata-rata pada tanaman Palem Raja dan grafik pola konsentrasi perubahan CO_2 rata-rata pada tanaman Ketapang. Dari grafik tersebut akan diketahui konsentrasi terendah dan tertinggi yang di reduksi oleh tanaman.

A. Tanaman Palem Raja *(Roystonea regia)*

Pola konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di udara pada tanaman Palem Raja mulai pukul 06.00 – 18.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 4.9.



Gambar 4.9 Pola Konsentrasi CO_2 Rata-Rata Palem Raja

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan Gambar 4.9 dapat dilihat bahwa perubahan konsentrasi karbon dioksida di udara terjadi setiap jam. Nilai konsentrasi tertinggi pada tanaman Palem Raja ketegori A, B dan C terjadi pada pagi hari pukul 06.00 WIB dengan nilai konsentrasi masing-masing sebesar 378 ppm, 378 ppm dan 382 ppm. Kecenderungan konsentrasi yang tinggi pada pagi hari disebabkan oleh belum adanya cahaya matahari sehingga laju fotosintesis kecil pada pagi hari (Sutoyo, 2011). Konsentrasi CO_2 juga dipengaruhi oleh proses respirasi tanaman pada waktu malam hari.

Nilai konsentrasi karbon dioksida di udara akan cenderung mengalami penurunan pada siang hari. Fiksasi CO_2 maksimum

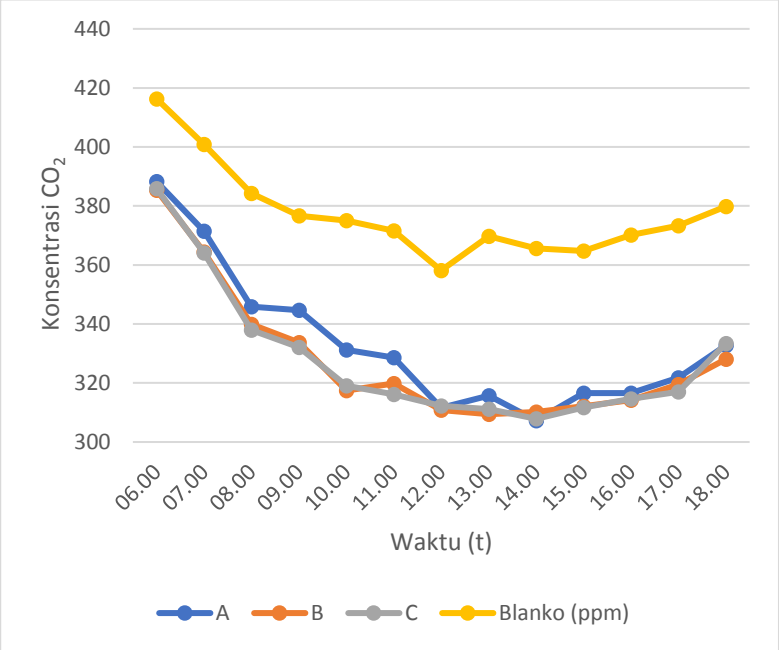
terjadi sekitar tengah hari, yaitu pada saat intensitas cahaya mencapai puncaknya (Fitter dan Hay, 1991). Proses fotosintesis ini akan mempengaruhi tanaman Palem Raja dalam mereduksi CO_2. Dilihat dari grafik tersebut tanaman Palem Raja memiliki kencenderungan penurunan konsentrasi yang berbeda beda. Pada tanaman kategori A konsentrasi terendah terjadi pada pukul 13.00 WIB dengan konsentrasi 302 ppm. Tanaman kategori B konsentrasi terendah terjadi pada pukul 12.00 WIB dengan konsentrasi 305 ppm dan tanaman kategori C konsentrasi terendah terjadi pada pukul 12.00 dan 13.00 WIB dengan hasil konsentrasi yang sama yaitu 306 ppm. Hasil pengukuran ini dapat diartikan bahwa kemampuan reduksi tanaman terhadap CO_2 pada siang hari meningkat. Tanaman cenderung melakukan fotosintesis dengan laju yang maksimal pada pukul 12.00 – 13.00 WIB. Hal ini ditunjukkan melalui hasil penurunan konsentrasi CO_2 terukur ketika siang hari.

Setelah mencapai kondisi maksimal dalam mereduksi CO_2, nilai konsentrasi CO_2 cenderung naik lagi dilihat pada grafik yang kembali mengalami kenaikan setelah pukul 13.00 WIB. Hal ini juga dapat disebabkan oleh penurunan cahaya matahari ditandai dengan suhu yang menurun sehingga konsentrasi CO_2 terukur juga menurun.

Konsentrasi CO_2 udara ambien pada blanko menunjukkan hasil yang hampir sama yaitu konsentrasi CO_2 yang tinggi pada pagi hari atau pukul 06.00 WIB dengan konsentrasi 416 ppm. Pada pukul 12.00 WIB terukur nilai konsentrasi CO_2 sebesar 358 ppm. Setelah mencapai konsidi maksimal konsentrasi blanko juga akan kembali naik pada sore hari hingga pukul 18.00 WIB. Blanko merupakan udara bebas tanpa tanaman terletak 2 meter dari lokasi penelitian. Nilai konsentrasi CO_2 udara pada blanko pada setiap jamnya lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi CO_2 pada setiap kategori tanaman. Dapat diartikan bahwa dengan adanya tanaman dapat menurunkan konsentrasi CO_2 udara karena adanya aktifitas tanaman untuk mereduksi CO_2 saat siang hari.

B. Tanaman Ketapang *(Terminillia Catappa)*

Pola konsentrasi karbon dioksida (CO_2) di udara pada tanaman Ketapang mulai pukul 06.00 – 18.00 WIB dapat dilihat pada Gambar 4.10.



Gambar 4.10 Pola Konsentrasi CO_2 Rata-Rata Ketapang

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan Gambar 4.10 dapat dilihat bahwa perubahan konsentrasi karbon dioksida di udara terjadi setiap jam. Nilai konsentrasi tertinggi pada tanaman Ketapang ketegori A, B dan C terjadi pada pagi hari pukul 06.00 WIB dengan nilai konsentrasi sebesar 388 ppm, 385 ppm, dan 386 ppm. Kecenderungan konsentrasi yang tinggi pada pagi hari disebabkan oleh belum adanya cahaya matahari sehingga laju fotosintesis kecil pada pagi hari (Sutoyo, 2011). Konsentasi yang tinggi juga disebabkan oleh proses respirasi tanaman pada malam hari.

Nilai konsentrasi karbon dioksida di udara akan cenderung mengalami penurunan pada siang hari. Menurut Fitter dan Hay (1991) fiksasi CO_2 maksimum terjadi sekitar tengah hari, yaitu pada saat intensitas cahaya mencapai puncaknya. Proses fiksasi tersebut terjadi pada fotosintesis sehingga tanaman membutuhkan cahaya matahari. Konsentrasi yang terukur pada setiap tanaman memiliki kencenderungan penurunan yang berbeda beda. Pada tanaman Ketapang kategori A konsentrasi terendah terjadi pada pukul 14.00 WIB dengan konsentrasi 307 ppm. Tanaman kategori B konsentrasi terendah terjadi pada pukul 13.00 WIB dengan konsentrasi 309 ppm dan tanaman kategori C konsentrasi terendah terjadi pada pukul 14.00 WIB dengan konsentrasi 308 ppm. Proses fotosintesis paling maksimum terjadi pada pukul 13.00 – 14.00 WIB. Hasil pengukuran ini dapat diartikan bahwa kemampuan reduksi tanaman terhadap CO_2 pada siang hari. Hal ini ditunjukkan melalui hasil penurunan konsentrasi CO_2 terukur ketika siang hari.

Setelah mencapai kondisi maksimal dalam mereduksi CO_2, nilai konsentrasi CO_2 cenderung naik lagi dilihat pada grafik yang kembali mengalami kenaikan. Hal ini juga dapat disebabkan oleh penurunan cahaya matahari ditandai dengan suhu yang menurun sehingga konsentrasi CO_2 terukur juga menurun.

Konsentrasi CO_2 udara ambien pada blanko menunjukkan hasil yang hampir sama yaitu konsentrasi CO_2 yang tinggi pada pagi hari atau pukul 06.00 WIB dengan konsentrasi 416 ppm. Pada pukul 12.00 WIB terukur nilai konsentrasi CO_2 sebesar 358 ppm. Setelah mencapai konsidi maksimal konsentrasi blanko juga akan kembali naik pada sore hari hingga pukul 18.00 WIB. Blanko merupakan udara bebas tanpa tanaman terletak 2 meter dari lokasi penelitian. Nilai konsentrasi CO_2 udara pada blanko pada setiap jamnya lebih besar dibandingkan dengan konsentrasi CO_2 pada setiap kategori tanaman. Dapat diartikan bahwa dengan adanya tanaman dapat menurunkan konsentrasi CO_2 udara karena adanya aktifitas tanaman untuk mereduksi CO_2 saat siang hari.

C. Mekanisme Proses Fitoremediasi

Proses reduksi CO_2 merupakan salah satu proses fitoremediasi yang dilakukan oleh tanaman yang bersifat hiperakumulator (Jaswiah, 2016). Bentuk fitoremediasi yang terjadi adalah fitodegradasi kontaminan dari udara. Mekanisme proses dari fitodegradasi kontaminan melalui udara diantaranya adalah *phytovolatization* dan *phytotransformation. Phytovolatization* adalah proses penyerapan polutan oleh tumbuhan dan merubahnya menjadi bersifat volatil agar tidak berbahaya lagi untuk selanjutnya diuapkan ke atmosfer, sedangkan *phytotransformation* adalah proses penyerapan polutan oleh tanaman untuk proses metabolisme (Irawanto, 2010).

Menurut Kurniawati (2016) mekanisme penyerapan CO_2 dari udara oleh tanaman adalah melaui daun. CO_2 diserap melalui stomata atau mulut daun melalui proses fotosintesis. CO_2 diproses pada daun untuk membentuk glukosa yang akan ditransfer dari daun menuju batang dan diolah sehingga ketika dikeluarkan lagi oleh tanaman telah berbentuk gas yang tidak mencemari lingkungan. Pada proses ini gas yang dihasilkan berupa oksigen (O_2), sehingga dapat dimanfaatkan oleh lingkungan. Proses ini terjadi secara maksimal dengan bantuan sinar matahari.

4.5 Perhitungan Laju dan Net-CO_2-Con

Laju perubahan konsentrasi CO_2 adalah perbedaan konsentrasi yang terjadi untuk selang waktu tertentu. Menurut Muzayanah (2016) persamaan K adalah sebagai berikut:

$$K=\Delta C/\Delta t \qquad (4.3)$$

ΔC adalah perubahan konsentrasi selama satu periode waktu (Δt). Bila nilai K yang bertanda negatif (-) berarti terjadi reduksi yang lebih baik dari waktu sebelumnya. Nilai K yang bertanda positif berarti reduksi menurun. Artinya pada K yang bertanda negatif reduksi karbon dioksida lebih besar. Apabila nilai K adalah 0 maka jumlah reduksi sama dengan emisi yang dikeluarkan. Berdasarkan rumus tersebut didapatkan hasil perhitungan laju konsentrasi CO_2 pada Tabel 4.6 dan 4.7.

Tabel 4.6 Laju Perubahan Konsentrasi Palem Raja A

Jam	Konsentrasi CO_2 *box* model	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	378	0	0.0000	0	0
07.00	366	60	-12.3333	60	-0.2056
08.00	346	120	-32.2857	120	-0.5381
09.00	336	180	-42.1905	180	-0.7032
10.00	325	240	-52.5238	240	-0.8754
11.00	320	300	-58.1429	300	-0.9690
12.00	310	360	-68.1429	360	-1.1357
13.00	302	420	-75.9048	420	-1.2651
14.00	310	480	-67.6667	480	-1.1278
15.00	311	540	-66.9524	540	-1.1159
16.00	315	600	-62.5238	600	-1.0421
17.00	321	660	-57.2381	660	-0.9540
18.00	333	720	-44.5714	720	-0.7429

Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.7429
$\sum_(i=n)^(n-1)$ ▒ 〖$f(ci)$〗	-10.6746
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-21.3492
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-22.0921
KCO_2	**-662.762**

Sumber : Hasil Perhitungan

Tabel 4.7 Laju Perubahan Konsentrasi Ketapang A

Jam	Konsentrasi CO_2 *box* model	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	388	0	0.0000	0	0
07.00	371	60	-16.8095	60	-0.2802
08.00	346	120	-42.3810	120	-0.7063
09.00	345	180	-43.5714	180	-0.7262
10.00	331	240	-57.0000	240	-0.9500
11.00	329	300	-59.5714	300	-0.9929
12.00	312	360	-76.6190	360	-1.2770
13.00	316	420	-72.4762	420	-1.2079
14.00	307	480	-80.9524	480	-1.3492
15.00	317	540	-71.6667	540	-1.1944
16.00	317	600	-71.6190	600	-1.1937
17.00	322	660	-66.4286	660	-1.1071
18.00	333	720	-55.4762	720	-0.9246

Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.9246
$\sum_{-}(i=n)^{\wedge}(n-1)$ ▒ 〖$f(ci)$〗	-11.9095
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-23.819
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-24.7437
KCO_2	**-742.31**

Sumber : Hasil Perhitungan

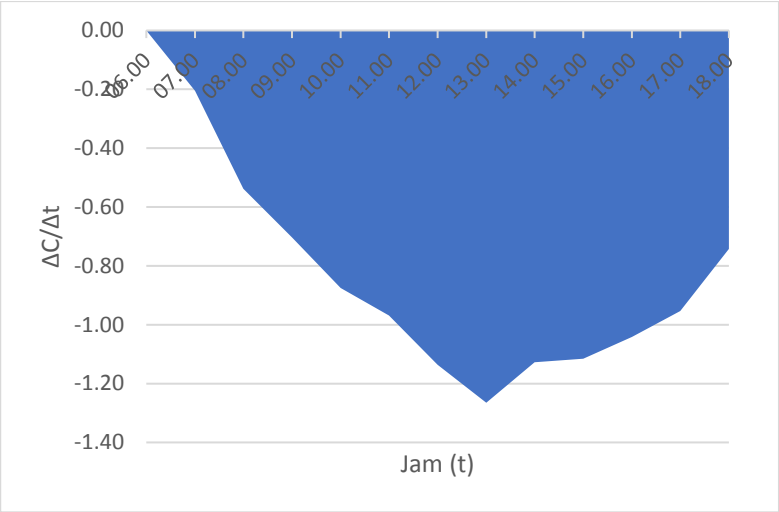
Berdasarkan hasil perhitungan diatas nilai K bertanda negatif yang berarti terjadi pengurangan kadar CO_2 atau terjadi reduksi CO_2. Nilai K pada Tabel 4.6 Palem Raja kategori A memiliki nilai KCO_2 sebesar -662,762 artinya terjadi reduksi sebesar 662,62 ppm. Pada Tabel 4.7 nilai K pada Ketapang kategori A bernilai -742,31 yang artinya terjadi reduksi sebesar 742,31 ppm. Nilai K terhitung pada semua kategori tanaman bertanda negatif. Semakin tinggi tanaman maka nilai K negatif semakin besar. Perhitungan untuk semua kategori terdapat pada lampiran B.

Data hasil perhitungan laju (ΔC / Δt) pada Tabel 4.6 dan 4.7 digunakan untuk menghitung nilai kumulatif konsentrasi karbon dioksida udara ambien (Net-CO_2-Con). Menurut Santoso dan Mangkoedihardjo (2012) nilai komulatif konsentrasi dalam waktu 24 jam ditentukan dari integrasi terhadap waktu (t) dari persamaan laju perubahan konsentrasi CO_2 (persamaan 4.3), dengan persamaan :

$$\text{Net-}CO_2\text{-Con} = \int K \,.\, dt \quad \text{.....} \quad (4.4)$$

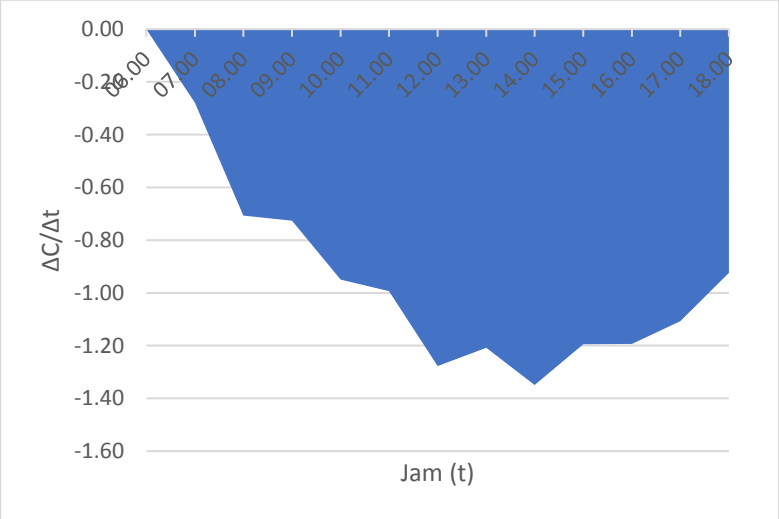
Berdasarkan persamaan tersebut langkah perhitungan untuk menghitung nilai kumulatif adalah dengan deferensiasi konsentrasi CO_2 terhadap waktu (ΔC / Δt) sehingga didapatkan nilai kumulatif dari laju perubahan konsentrasi CO_2. Perhitungan nilai kumulatif dilakukan untuk menghitung berapa besar total reduksi yang terjadi oleh masing-masing tanaman selama waktu pengukuran. Pada penelitian ini waktu pengukuran adalah 13 jam mulai pukul 06.00 WIB hingga pukul 18.00 WIB.

Nilai KCO_2 didapatkan melalui perhitungan luas kurva laju perubahan konsentrasi CO_2, menurut Santoso dan Mangkoedihardjo (2012) luas kurva setara dengan nilai KCO_2 total. Kurva nilai kumulatif konsentrasi CO_2 menjelaskan bahwa massa tiap volume udara ambien ($\Delta m/\Delta v$) atau kumulatif konsentrasi setara dengan luasan antara kurva K=f(t) dengan garis K=0. Berdasarkan hasil perhitungan nilai diferensiasi didapatkan hasil kurva yang dapat dilihat pada Gambar 4.11 dan 4.12 mengenai kurva kumulatif konsentrasi karbon dioksida. Gambar kurva kumulatif secara lengkap untuk semua kategori tanaman terdapat pada lampiran C.



Gambar 4.11 Kurva Kumulatif CO_2 Palem Raja A

Sumber : Hasil Penelitian



Gambar 4.12 Kurva Kumulatif CO_2 Ketapang A

Sumber : Hasil Penelitian

Hasil menunjukkan bahwa nilai (ΔC / Δt) pada Palem Raja kategori A paling rendah terjadi pada pukul 13.00 WIB dengan perhitungan nilai (ΔC / Δt) adalah -1,2651. Nilai (ΔC / Δt) pada Ketapang kategori A paling rendah pada pukul 14.00 WIB dengan nilai -1,3492.

4.6 Perbandingan dengan Pengukuran Biomassa

Pada penelitian Baruna pada tahun 2017 perhitungan penyerapan karbon dioksida (CO2) tanaman dilakukan dengan perhitungan biomassa tanaman. Metode penelitian yang digunakan pada penelitian tersebut adalah non-destructive atau pengambilan data tanpa menebang. Perhitungan pendugaan biomassa pohon yang digunakan adalah sebagai berikut:

AGB = p x exp (-1,499 + 2,148 Ln (D) + 0,207 (Ln D2) – 0,0281 (Ln D2) .....(4.6)

dengan keterangan sebagai berikut :

AGB = Biomassa tanaman atas tanah (kg/pohon)

D = Diameter tanaman (cm)

p = Berat jenis kayu (kg/cm3)

Hasil yang didapatkan pada penelitian tersebut adalah biomassa Palem Raja sebesar 3982,74 kg/pohon sedangkan Ketapang 1336,92 kg/pohon. Selanjutnya biomassa dihitung per satuan luas untuk menghitung stok karbon (ton/ha).

Biomassa per satuan luas = AGB / Area .....(4.7)

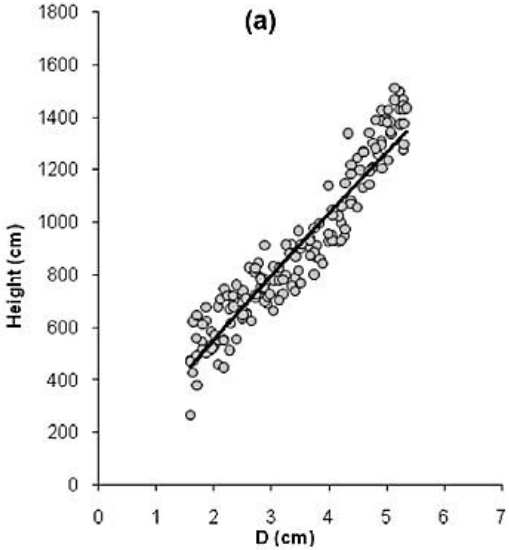
Karbon stok = biomassa per luas x 0,5 ....(4.8)

Serapan CO_2 = bmr CO_2/bmr C x C stock...(4.9)

Apabila luas keseluruhan adalah 2,3 ha dengan 2,23% adalah luas seluruh tanaman Palem Raja, sedangkan 2,4% adalah luas seluruh tanaman Ketapang. Hasil perhitungan serapan

karbon dioksida Palem Raja adalah 142,36 ton/ha sedangkan Ketapang 44,36 ton/ha.

Pada hasil penelitian tersebut didapatkan daya serap CO_2 Palem Raja lebih besar dibanding Ketapang pada umur yang sama. Menurut Sumanto dan Witono (2010) umur tanaman ditentukan oleh kecepatan pertumbuhan tanaman yang akan mempengaruhi ketinggian tanaman. Pertambahan ketinggian tanaman berbanding lurus dengan diameter batang, hingga ketinggian mencapai batas maksimal (kurva S). Berdasarkan hasil penelitian Singnar (2017) didapatkan hasil grafik petambahan diameter tanaman berbanding lurus terhadap tinggi tanaman pada Gambar 4.13.

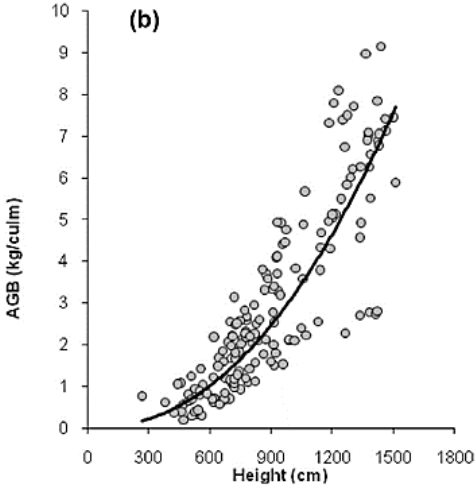


Gambar 4.13 Pertambahan Diameter dan Tinggi Tanaman

Sumber : Singnar, 2017

Pertambahan tinggi tanaman juga mempengaruhi nilai biomassa tanaman, hal ini dikarenakan berat kering tanaman akan bertambah seiring dengan pertambahan tinggi dan diameter

tanaman. Grafik pertambahan tinggi tanaman berbanding lurus dengan biomassa tanaman dapat dilihat pada Gambar 4.14.



Gambar 4.14 Pertambahan Tinggi dan Biomassa Tanaman

Sumber : Singnar, 2017

Berdasarkan hasil penelitian perhitungan menggunakan metode biomassa tanaman menunjukkan Palem Raja menyerap CO_2 lebih besar dibanding dengan Ketapang. Hal ini serupa dengan penelitian menggunakan perhitungan reduksi CO_2 udara ambien metode *box model* dengan Net-CO_2-Con. Pada hasil penelitian kali ini didapatkan hasil perhitungan KCO_2 Palem Raja umur < 4 tahun adalah -781,738 sedangkan KCO_2 Ketapang umur < 4 tahun adalah -779,047. Perhitungan metode biomassa, tinggi dan diameter tanaman akan berpengaruh pada hasil biomassa. Sama halnya dengan perhitngungan reduksi KCO_2 lebih besar pada umur tanaman yang lebih tua. Umur tanaman direpresentasikan oleh tinggi tamanan.

4.7 Pengaruh Suhu terhadap Reduksi CO_2

Suhu pada setiap pengukuran berbeda – beda. Didapatkan suhu rata – rata selama 7 hari pengukuran berkisar 30 – 37^{0}C. Hasil pengukuran suhu didapatkan melalui alat CO_2 meter. Suhu

tertinggi terjadi pada siang hari sekitar pukul 12.00 – 14.00 WIB seiring dengan radiasi cahaya matahari yang maksimal pada pukul tersebut. Perbandingan suhu terhadap perubahan konsentrasi berbeda beda pada setiap jenis tanaman.

4.7.1 Pengaruh Suhu terhadap Palem Raja

Hasil pengukuran konsentrasi Palem Raja rata-rata selama 7 hari setiap kategori dipengaruhi oleh suhu. Dapat dilihat pada Tabel 4.8.

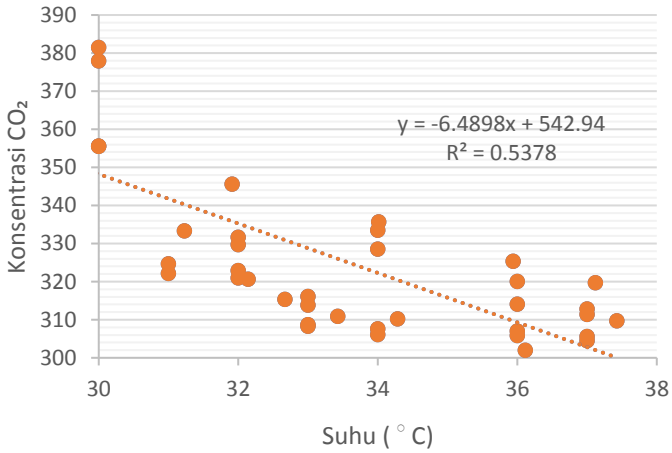
Tabel 4.8 Konsentrasi CO_2 Palem Raja dan Suhu

Jam (WIB)	Konsentrasi (ppm)			Suhu (°C)
	A	B	C	
06.00	378	378	382	30
07.00	366	356	356	30
08.00	346	332	330	32
09.00	336	334	329	34
10.00	325	320	314	36
11.00	320	313	311	37
12.00	310	305	306	37
13.00	302	307	306	36
14.00	310	306	308	34
15.00	311	309	308	33
16.00	315	314	316	33
17.00	321	323	321	32
18.00	333	325	322	31

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 4.8 nilai konsentrasi CO_2 terendah pada Palem Raja terjadi pada pukul 12.00 dengan suhu 37^0C dan pukul 13.00 WIB dengan suhu 36^0C. Konsentrasi terendah kategori A terjadi pada pukul 13.00 WIB sebesar 302 ppm, kategori B pada pukul 12.00 WIB sebesar 305 ppm dan kategori C pada

pukul 12.00 dan 13.00 WIB sebesar 306 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu maka reduksi CO_2 oleh tanaman Palem Raja semakin besar. Kecenderungan konsentrasi yang tinggi pada pagi hari disebabkan oleh belum adanya cahaya matahari dan suhu rendah sehingga laju fotosintesis kecil pada pagi hari (Sutoyo, 2011). Menurut Fitter dan Hay (1991) fiksasi CO_2 maksimum atau penyerapan CO_2 oleh tanaman secara maksimum terjadi sekitar tengah hari atau siang hari, yaitu pada saat intensitas cahaya mencapai puncaknya. Semakin besar intensitas cahaya pada suatu tempat semakin tinggi pula suhu di tempat tersebut. Berdasarkan Tabel 4.8 dapat dibuat sebuah grafik sesuai Gambar 4.15.



Gambar 4.15 Pengaruh Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Palem Raja

Sumber : Hasil Penelitian

4.7.2 Pengaruh Suhu terhadap Ketapang

Hasil pengukuran konsentrasi Ketapang rata-rata selama 7 hari setiap kategori dipengaruhi oleh suhu. Suhu berkisar antara 30^0C hingga 37^0C. Pengukuran dilakukan pada setiap kategori tanaman. Hasil pengukuran dapat dilihat pada Tabel 4.9.

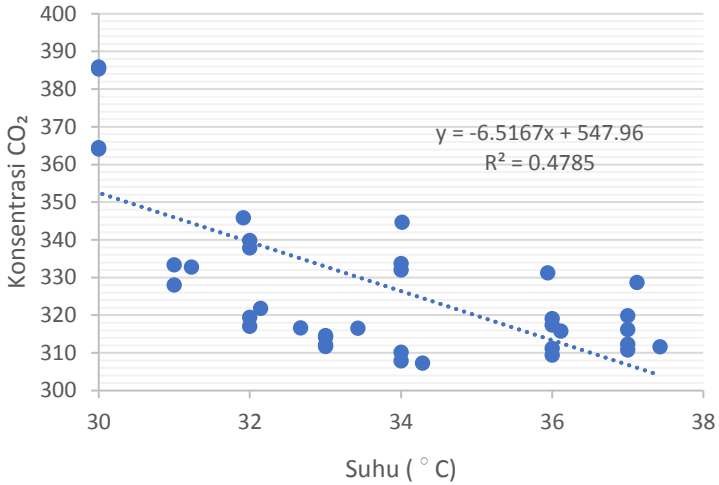
Tabel 4.9 Konsentrasi CO_2 Ketapang dan Suhu

Jam (WIB)	Konsentrasi (ppm)			Suhu (°C)
	A	B	C	
06.00	388	385	386	30
07.00	371	364	364	30
08.00	346	340	338	32
09.00	345	334	332	34
10.00	331	317	319	36
11.00	329	320	316	37
12.00	312	311	312	37
13.00	316	309	311	36
14.00	307	310	308	34
15.00	317	312	312	33
16.00	317	314	315	33
17.00	322	319	317	32
18.00	333	328	333	31

Sumber : Hasil Penelitian

Berdasarkan Tabel 4.9 nilai konsentrasi CO_2 terendah pada Ketapang terjadi pada pukul 13.00 dengan suhu 36 ^{0}C dan pukul 14.00 WIB dengan suhu 34 ^{0}C. Konsentrasi terendah kategori A terjadi pada pukul 14.00 WIB sebesar 307 ppm, kategori B pada pukul 13.00 WIB sebesar 309 ppm dan kategori C pada pukul 14.00 WIB sebesar 308 ppm. Hal ini menunjukkan bahwa semakin rendah suhu maka reduksi CO_2 oleh tanaman Ketapang semakin besar. Kecenderungan konsentrasi yang tinggi pada pagi hari disebabkan oleh belum adanya cahaya matahari dan suhu rendah sehingga laju fotosintesis kecil pada pagi hari (Sutoyo, 2011). Menurut Fitter dan Hay (1991) fiksasi CO_2 maksimum terjadi sekitar tengah hari. Semakin besar intensitas cahaya pada suatu tempat semakin tinggi pula suhu di tempat tersebut. Suhu akan

bekerja optimum dan mempercepat sistem kerja fotosintesis tanaman. Berdasarkan Tabel 4.9 dapat dibuat sebuah grafik sesuai Gambar 4.16.



Gambar 4.16 Pengaruh Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Ketapang

Sumber : Hasil Penelitian

4.8 Perhitungan Regresi Linear KCO_2

Perhitungan nilai regresi linear bertujuan untuk mengetahui hubungan antar variabel. Pada perhitungan nilai regresi kali ini dilakukan dilakukan perhitungan selisih KCO_2 total masing-masing tanaman dengan KCO_2 blanko. Hal ini dilakukan karena nilai pada KCO_2 blanko menunjukkan kemampuan reduksi CO_2 udara yang akibat adanya aktivitas fotosintesis tanaman di kawasan tersebut. Nilai KCO_2 blanko hasilnya lebih kecil dibanding dengan adanya tanaman, yang membuktikan bahwa tanaman dapat mengurangi nilai CO_2 di udara ambien.

Berikut ini adalah hasil perhitungan besar reduksi CO_2 udara yang dilakukan oleh tanaman Palem Raja dan Ketapang yang ditunjukkan pada nilai KCO_2 tanaman dalam Tabel 4.10.

Tabel 4.10 Hasil Perhitungan Nilai KCO_2

Jenis Tumbuhan	Kategori	KCO_2 Total (ppm)	KCO_2 Tumbuhan (ppm)
Palem Raja	A	-662.761	-138.976
	B	-720.095	-196.309
	C	-781.738	-257.952
Ketapang	A	-742.309	-218.523
	B	-773.142	-249.357
	C	-779.047	-255.261
Blanko		-523.785	

Sumber : Hasil Perhitungan

Nilai tersebut kemudian diplotkan ke dalam grafik dalam Gambar 4.17 dan 4.18. Cara menentukan tanaman yang memiliki laju tertinggi dilakukan dengan membandingkan nilai slope pada tiap grafik yang akan menunjukkan perubahan nilai KCO_2 setiap penambahan tinggi tanaman pada tiap sampel. Metode tersebut disebut metode regresi linear. Menurut Katemba dan Djoh (2017) metode regresi linear adalah alat statistik yang digunakan untuk mengetahui pengaruh antara satu atau beberapa variabel terhadap satu buah variabel. Pada regresi linear terdapat slope yang merupakan kemiringan suatu garis yang menunjukkan besar kontribusi varibel x terhadap variabel y. Persamaan regresi sederhana didapatkan menggunakan aplikasi microsoft excel dengan membandingkan nilai KCO_2 dengan tinggi tanaman.

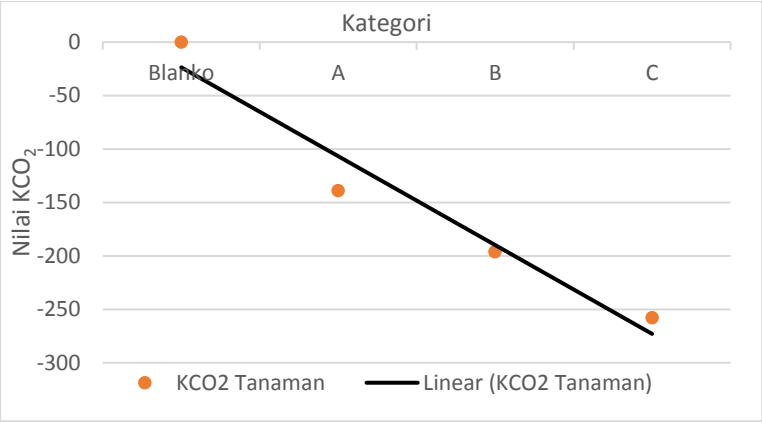
Analisis yang dilakukan adalah analisis regresi dengan bentuk umum persamaan regresi linear yang menunjukkan hubungan dua variabel y = a + bx. Dimana keterangannya adalah sebagai berikut:

x = variabel bebas (independen)

y = variabel terikat (dependen)

a = nilai intercept (titik potong kurva terhadap sumbu Y)

b = kemiringan (slope) kurva linear



Gambar 4.17 Nilai Kumulatif CO_2 pada Palem Raja

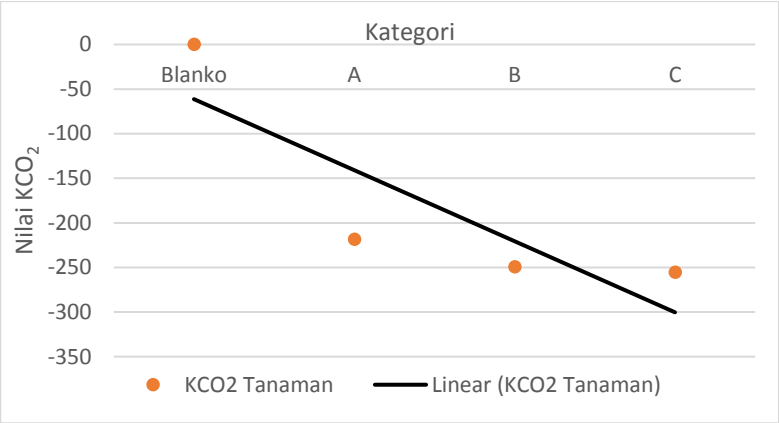
Sumber : Hasil Penelitian

Hubungan dinamik perubahan luas tumbuhan dan total serapan CO_2 dapat dilihat pada persamaan:

$$Y = -83{,}119\ X + 59{,}488$$

Dari persamaan regresi linear sederhana tersebut dapat dijelaskan bahwa koefisien X bernilai 83,119 dan bertanda negatif. Hal ini berarti bahwa jika variabel tinggi tanaman bertambah sebesar 20 cm maka reduksi konsentrasi CO_2 udara bertambah sebesar 83,119 ppm kali dari tinggi dikurangi 59,488 ppm. Semakin besar nilai negatif menunjukkan semakin besarnya penurunan konsentrasi CO_2 yang dapat terjadi. Dari grafik tersebut diketahui bahwa dengan adanya penambahan tinggi tanaman Palem Raja akan berpengaruh terhadap penurunan CO_2 udara yang semakin besar.

Pembuatan grafik juga dilakukan pada tanaman Ketapang dengan hasil pada Gambar 4.18.



Gambar 4.18 Nilai Kumulatif CO_2 pada Ketapang

Sumber : Hasil Penelitian

Hubungan dinamik perubahan luas tumbuhan dan total serapan CO_2 dapat dilihat pada persamaan:

$$Y = -79{,}662\ X + 18{,}369$$

Dari persamaan regresi linear sederhana tersebut dapat dijelaskan bahwa koefisien X bernilai 79,662 dan bertanda negatif. Hal ini berarti bahwa jika variabel tinggi tanaman bertambah sebesar 25 cm maka reduksi konsentrasi CO_2 udara bertambah sebesar 79,662 ppm kali dari tinggi dikurangi 18,369 ppm. Semakin besar nilai negatif menunjukkan semakin besarnya penurunan konsentrasi CO_2 yang dapat terjadi. Dari grafik tersebut diketahui bahwa dengan adanya penambahan tinggi tanaman Ketapang akan berpengaruh terhadap penurunan CO_2 udara yang semakin besar.

Dari kedua kurva diatas didapatkan nilai perubahan KCO_2 tiap kategori pertambahan tinggi yang merepresentasikan umur tanaman pada masing-masing jenis tumbuhan adalah:

Palem Raja = 83,119 ppm kali dari tinggi dikurangi 59,488 ppm dengan pertambahan tinggi 20 cm setiap kategori.

Ketapang = 79,662 ppm kali dari tinggi dikurangi 18,369 ppm dengan pertambahan tinggi 25 cm setiap kategori.

Sehingga dapat diketahui bahwa Palem Raja berpotensi mereduksi karbon dioksida lebih besar daripada Ketapang. Faktor-faktor laju fotosintesis memiliki pengaruh terhadap hasil reduksi CO_2 pada tiap sampel tumbuhan yang diuji.

4.9 Uji Signifikansi

Uji signifikansi berupa kolerasi dan regresi yang dilakukan untuk mengetahui hubungan antar variabel. Uji signifikansi ini merupakan analisis statistik dilakukan untuk data yang lebih banyak dibanding dengan regresi linear biasa, sehingga hasil lebih detail.

4.9.1 Kolerasi dan Regresi Tinggi Tanaman terhadap Reduksi CO_2

Tinggi tanaman diuji masing-masing pada Palem Raja dan Ketapang. Kolerasi adalah salah satu teknik satatistik yang digunakan untuk mencari hubungan antara dua variabel atau lebih yang sifatnya kuantitatif (Ilyas dan Djufry, 2013). Pada perhitungan nilai kolerasi akan didapatkan nilai r_{hitung} yang akan dibandingkan dengan r_{tabel}. Jika nilai $r_{hitung} > r_{tabel}$ maka nilai tinggi tanaman terhadap reduksi CO_2 signifikan, sebagai contoh pada Tabel 4.11.

Tabel 4.11 Kolerasi Tinggi Palem Raja terhadap KCO_2

	Tinggi Tanaman	*KCO_2*
Tinggi Tanaman	1	
KCO_2	-0.506	1

Keterangan:

$r_{hitung} > r_{tabel}$ (signifikan)

Df = n-2 = 61

∝ = 0,05 = 0,248

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui apakah nilai kolerasi bermakna atau tidak, data dicocokan dengan r melalui tabel dengan tingkat signifikansi 5% (∝ = 0,05) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2. Jumlah data konsentrasi pada tiap jenis tanaman adalah sebanyak 63 data. Maka Df = 63 – 62 = 61, yang artinya kita lihat pada r tabel dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,248. Nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} > r_{tabel}$ (0,506 > 0,248) sehingga secara nyata tinggi tanaman signifikan terhadap KCO_2 atau reduksi CO_2.

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai regresi. Menurut Tiro dalam Ilyas dan Djufry (2013) analisis regresi berguna untuk menentukan hubungan dari satu peubah tak bebas Y terhadap satu peubah lain X yang disebut peubah bebas. Pada analisis regresi akan didapatkan hasil t_{hitung}. t_{hitung} akan di bandingkan dengan nilai t_{tabel}. Nilai t_{tabel} didapatkan melalui perhitungan stastistik berdasarkan besar alpha (∝). Pada penelitian ini nilai alpha sebesar 5% atau 0,05. Nilai regresi dikatakan signifikan apabila nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Contoh regresi tinggi ranaman terhadap KCO_2 atau reduksi CO_2 dapat dilihat pada Tabel 4.12 berikut:

Tabel 4.12 Regresi Tinggi Palem Raja terhadap KCO_2

SUMMARY OUTPUT	
Regression Statistics	
Multiple R	0.506
R Square	0.25006
Adjusted R Square	0.0793
Standard Error	158.78
Observations	63

ANOVA

	Df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	159948.8	159948.8	6.343757	0.014418
Residual	61	1538028	25213.58		
Total	62	1697977			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	-338.607	149.6171	-2.26316	0.027196	-637.785	-39.4292	-637.785	-39.4292
Tinggi Tanaman	-3.48299	1.382863	-2.51868	0.014418	-6.2482	-0.71779	-6.2482	-0.71779

Keterangan :

$t_{hitung} > t_{tabel}$ (signifikan)

df = 1 (n-1) = 62

$\propto$ = 0,05 = 1,998

Sumber : Hasil Perhitungan

Output tersebut menunjukkan bahwa:

R^2 (R square) = 0,25

t_{hitung} = 2,51

a = -338,6

b = -3,48

Nilai t_{tabel} dengan df = 1 (63-1) = 62 adalah sebesar 1,998. Jika dibandingkan dengan t_{hitung} sebesar 2,51 berarti t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh tinggi tanaman Palem Raja terhadap KCO_2 adalah signifikan (bermakna). Dari nilai-nilai tersebut maka dapat dibuat persamaan bahwa:

$$Y = a + bx$$

$$Y = -338,6 - 3,48\ X$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa koefisien X bernilai 3,48 dan bertanda negatif. Hal ini berarti bahwa jika variabel tinggi tanaman berubah maka perhitungan nilai konsentrasi CO_2 udara adalah sebesar - 3,48 kali tinggi tanaman dikurangi -338,6 ppm. Semakin besar nilai negatif menunjukkan semakin besarnya penurunan konsentrasi CO_2 yang dapat terjadi.

Pada penelitian ini dilakukan perhitungan nilai kolerasi dan regresi juga pada tanaman Ketapang. Analisis kolerasi dan regresi tersebut sama yaitu mengenai tinggi tanaman Ketapang terhadap KCO_2 atau reduksi CO_2. Berikut Tabel 4.13 uji kolerasi tinggi tanaman Ketapang terhadap KCO_2.

Tabel 4.13 Kolerasi Tinggi Ketapang terhadap KCO_2

	Tinggi Tanaman	*KCO_2*
Tinggi Tanaman	1	
KCO_2	-0.458	1

Keterangan:

$r_{hitung} > r_{tabel}$ (signifikan)

Df = n-2 = 61

∝ = 0,05 = 0,248

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui apakah nilai kolerasi bermakna atau tidak, data dicocokan dengan r melalui tabel dengan tingkat signifikansi 5% (∝ = 0,05) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2. Jumlah data konsentrasi rata-rata tanaman adalah sebanyak 63 data. Maka Df = 63 – 62 = 61, yang artinya kita lihat pada r tabel n = 61 dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,248. Nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} > r_{tabel}$ (0,458 > 0,248) sehingga secara nyata tinggi tanaman Ketapang signifikan terhadap KCO_2 atau reduksi CO_2. Pada penelitian ini signifikan diartikan bahwa pada selisih tinggi 25 cm pada tanaman Ketapang berpengaruh pada KCO_2.

Langkah selanjutnya adalah mencari nilai regresi. Nilai regresi dikatakan signifikan apabila nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Contoh regresi tinggi ranaman Ketapang terhadap KCO_2 atau reduksi CO_2 dapat dilihat pada Tabel 4.14 berikut:

Tabel 4.14 Regresi Tinggi Ketapang terhadap KCO_2

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.458
R Square	0.210
Adjusted R Square	-0.0132
Standard Error	193.48
Observations	63

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	7117.332	7117.332	0.190	0.664
Residual	61	2283538	37435.06		
Total	62	2290656			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	-683.796	169.44	-4.035	0.0001	-1022.63	-344.963	-1022.63	-344.963
Tinggi Tanaman	-0.523	1.2006	-2.4360	0.664	-2.92428	1.877268	-2.92428	1.877268

Keterangan :

$t_{hitung} > t_{tabel}$ (signifikan)

df = 1 (n-1) = 62

$\propto$ = 0,05 = 1,998

Sumber : Hasil Perhitungan

Output tersebut menunjukkan bahwa:

R^2 (R square) = 0,21

t_{hitung} = 2,43

a = -683,79

b = -0,523

Nilai t_{tabel} dengan df = 1 (63-1) = 62 adalah sebesar 1,998. Jika dibandingkan dengan t_{hitung} sebesar 2,43 berarti t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh tinggi tanaman Ketapang terhadap KCO_2 adalah signifikan atau bermakna. Dari nilai-nilai tersebut maka dapat dibuat persamaan bahwa:

$$Y = a + bx$$

$$Y = -683,79 – 0,523 X$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa koefisien X bernilai 0,523 dan bertanda negatif. Hal ini berarti bahwa jika variabel tinggi tanaman berubah maka perhitungan nilai konsentrasi CO_2 udara adalah sebesar - 0,523 kali tinggi tanaman ditambah -683,79 ppm. Semakin besar nilai negatif menunjukkan semakin besarnya penurunan konsentrasi CO_2 yang dapat terjadi.

4.9.2 Kolerasi dan Regresi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2

Pada penelitian ini dilakukan pula perhitungan nilai kolerasi dan regresi suhu terhadap tinggi tanaman dan konsentrasi CO_2. Berikut Tabel 4.15 uji kolerasi suhu terhadap tinggi tanaman dan konsentrasi CO_2 Palem Raja.

Tabel 4.15 Kolerasi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Palem Raja

	Suhu	*Konsentasi*
Suhu	1	
Konsentasi	-0.733342	1

Keterangan:

$r_{hitung} > r_{tabel}$ (signifikan)

Df = n-2 = 37

$\propto$ = 0,05 = 0,316

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui apakah nilai kolerasi bermakna atau tidak, data dicocokan dengan r melalui tabel dengan tingkat signifikansi 5% ($\propto$ = 0,05) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2. Jumlah data konsentrasi pada tiap jenis tanaman adalah sebanyak 39 data. Maka Df = 39 – 2 = 37, yang artinya kita lihat pada tabel r n = 37 dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,316.

Pada hasil uji kolerasi suhu terhadap konsentrasi CO_2 Palem Raja didapatkan hasil r hitung 0,733. Nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} > r_{tabel}$ (0,733 > 0,316) sehingga secara nyata suhu berpengaruh pada jumlah konsentrasi CO_2 Palem Raja.

Setelah mendapatkan hasil kolerasi maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai regresi. Pada analisis regresi akan didapatkan hasil t_{hitung}. t_{hitung} akan di bandingkan dengan nilai t_{tabel}. Nilai t_{tabel} didapatkan melalui perhitungan stastistik berdasarkan besar alpha ($\propto$). Pada penelitian ini nilai alpha sebesar 5% atau 0,05. Nilai regresi dikatakan signifikan apabila nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Perhitungan nilai regresi tetap dilakukan pada suhu terhadap konsentrasi CO_2 Palem Raja. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.16 berikut:

Tabel 4.16 Regresi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Palem Raja

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.7333422
R Square	0.5377908
Adjusted R Square	0.5252987
Standard Error	14.895045
Observations	39

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	9551.2498	9551.25	43.05034	1.09646E-07
Residual	37	8208.9073	221.8624		
Total	38	17760.157			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	542.93	33.204	16.35	1.62E-18	475.66	610.216	475.66	610.21
Suhu	-6.48	0.989	-6.56	1.1E-07	-8.493	-4.485	-8.49	-4.485

Keterangan :

$t_{hitung} > t_{tabel}$ (signifikan)

df = 1 (n-1) = 38

$\propto$ = 0,05 = 2,022

Sumber : Hasil Perhitungan

Output tersebut menunjukkan bahwa:

R^2 (R square) = 0,537

t_{hitung} = 6,56

a = 542,93

b = -6,48

Nilai t_{tabel} dengan df = 1 (39-1) = 38 adalah sebesar 2,022. Jika dibandingkan dengan t_{hitung} sebesar 6,56 berarti t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu terhadap konsentrasi CO_2 adalah signifikan (bermakna). Dari nilai a dan b yang didapatkan maka dapat dibuat persamaan bahwa:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 542,93 – 6,48 X$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa koefisien X bernilai 6,48 dan bertanda negatif. Hal ini berarti bahwa jika terjadi perubahan suhu maka perhitungan nilai konsentrasi CO_2 udara adalah sebesar - 6,48 kali suhu ditambah 542,93 ppm. Semakin besar nilai negatif menunjukkan semakin besarnya penurunan konsentrasi CO_2 yang dapat terjadi.

Pada penelitian ini dilakukan pula perhitungan nilai kolerasi dan regresi suhu terhadap tinggi tanaman dan konsentrasi CO_2 Ketapang. Berikut Tabel 4.17 uji kolerasi suhu terhadap tinggi tanaman dan konsentrasi CO_2.

Tabel 4.17 Kolerasi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Ketapang

	Suhu	*Konsentasi*
Suhu	1	
Konsentasi	-0.69175	1

Keterangan:

$r_{hitung} > r_{tabel}$ (signifikan)

Df = n-2 = 37

$\propto$ = 0,05 = 0,316

Sumber : Hasil Perhitungan

Untuk mengetahui apakah nilai kolerasi bermakna atau tidak, data dicocokan dengan r melalui tabel dengan tingkat signifikansi 5% ($\propto$ = 0,05) dari tabel r dengan db (derajat bebas) 2. Jumlah data konsentrasi pada tiap jenis tanaman adalah sebanyak

39 data. Maka Df = 39 – 2 = 37, yang artinya kita lihat pada tabel r n = 37 dengan signifikansi 5% yaitu sebesar 0,316.

Pada hasil uji kolerasi suhu terhadap konsentrasi CO_2 Ketapang didapatkan hasil r hitung 0,6917. Nilai tersebut menunjukkan bahwa $r_{hitung} > r_{tabel}$ (0,6917 > 0,316) sehingga secara nyata suhu berpengaruh pada jumlah konsentrasi CO_2 Ketapang.

Setelah mendapatkan hasil kolerasi maka langkah selanjutnya adalah mencari nilai regresi. Pada analisis regresi akan didapatkan hasil t_{hitung}. t_{hitung} akan di bandingkan dengan nilai t_{tabel}. Nilai t_{tabel} didapatkan melalui perhitungan stastistik berdasarkan besar alpha (∝). Pada penelitian ini nilai alpha sebesar 5% atau 0,05. Nilai regresi dikatakan signifikan apabila nilai $t_{hitung} > t_{tabel}$. Perhitungan nilai regresi tetap dilakukan pada suhu terhadap konsentrasi CO_2 Ketapang. Perhitungan dapat dilihat pada Tabel 4.18 berikut:

Tabel 4.18 Regresi Suhu terhadap Konsentrasi CO_2 Ketapang

SUMMARY OUTPUT

Regression Statistics	
Multiple R	0.691753
R Square	0.478522
Adjusted R Square	0.464428
Standard Error	16.84195
Observations	39

ANOVA

	df	*SS*	*MS*	*F*	*Significance F*
Regression	1	9630.5922	9630.592	33.95221	1.08E-06
Residual	37	10495.102	283.6514		
Total	38	20125.694			

	Coefficients	*Standard Error*	*t Stat*	*P-value*	*Lower 95%*	*Upper 95%*	*Lower 95.0%*	*Upper 95.0%*
Intercept	547.961	37.54425289	14.59507	6.27E-17	471.8891	624.0329	471.8891	624.0329
Suhu	-6.51674	1.118397514	-5.82685	1.08E-06	-8.78283	-4.25065	-8.78283	-4.25065

Keterangan :

$t_{hitung} > t_{tabel}$ (signifikan)

df = 1 (n-1) = 38

$\propto$ = 0,05 = 2,022

Sumber : Hasil Perhitungan

Output tersebut menunjukkan bahwa:

R^2 (R square) = 0,478

t_{hitung} = 5,826

a = 547,96

b = -6,51

Nilai t_{tabel} dengan df = 1 (39-1) = 38 adalah sebesar 2,022. Jika dibandingkan dengan t_{hitung} sebesar 5,826 berarti t_{hitung} lebih besar dari t_{tabel} sehingga dapat disimpulkan bahwa pengaruh suhu terhadap konsentrasi CO_2 adalah signifikan (bermakna). Dari nilai a dan b yang didapatkan maka dapat dibuat persamaan bahwa:

$$Y = a + bx$$

$$Y = 547,96 – 6,51 X$$

Dari persamaan regresi tersebut dapat dijelaskan bahwa koefisien X bernilai 6,51 dan bertanda negatif. Hal ini berarti bahwa jika terjadi perubahan suhu maka nilai konsentrasi CO_2 udara adalah sebesar -6,51 kali suhu ditambah 547,96 ppm. Semakin besar nilai negatif menunjukkan semakin besarnya penurunan konsentrasi CO_2 yang dapat terjadi.

Pada penelitian ini hasil perhitungan nilai kolerasi dan regresi suhu terhadap konsentrasi CO_2 Palem Raja lebih besar dibanding Ketapang. Tanaman Palem Raja lebih sensitif terhadap suhu, sehingga hasil penyerapannya pada suhu yang tinggi lebih besar daripada Ketapang.

BAB 5
KESIMPULAN DAN SARAN

5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil analisis dan pembahasan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil reduksi CO_2 Palem Raja lebih besar daripada Ketapang dikarenakan pada umur yang sama Palem Raja memiliki ukuran batang yang lebih besar daripada Ketapang. Semakin besar ukuran batang suatu tanaman nilai biomassa yang dihasilkan semakin besar sehingga reduksi yang dihasilkan lebih besar.
2. Hasil perhitungan daya serap CO_2 secara studi literatur dengan perhitungan biomassa sama dengan hasil perhitungan kumulatif konsentrasi CO_2 (Net-CO_2-Con).

5.2. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, reduksi CO_2 Palem Raja lebih besar daripada Ketapang. Namun hal tersebut tidak memperhatikan bentuk daun tanaman, maka saran yang dapat diberikan adalah perlu dikaji dan diteliti kembali tentang pengaruh bentuk tulang daun tanaman yang sejajar dan menyirip dalam mereduksi CO_2 udara ambien. Dimana bentuk tulang daun akan mempengaruhi luas daun dan jumlah stomata yang dapat menyerap CO_2.

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

DAFTAR PUSTAKA

Abdullah dan Khairuddin. 2009. *Gas Rumah Kaca dan Pemanasan Global.* Jurnal Biocelebes, 3 (1), hal. 1-3.

Adeyemi, I., Abu-Zahra M. R. M., dan Alnashef, I. 2017. *Novel Green Solvent for CO_2 Capture.* Energy Procedia, 114, hal. 2552-2560.

Adjers, G., dan Otsamo, A. 1996. *Seedling Production Methods of Dipterocarps* in Dipterocarp Forest Ecosystem Towards Sustainable Management. Schulthe, A., dan Schone D., (Eds). Singapura : World Scientific.

Afdal. 2007. *Siklus Karbon dan Karbon Dioksida di Atmosfer dan Samudera.* Oseana, Vol XXXII (2), hal. 29-41.

Ai, N., S. 2012. *Evolusi Fotosintesis pada Tumbuhan*. Jurnal Ilmiah Sains*,* 12 (1), hal. 29-34.

Anand, V. 2015. *An Updated Review of Terminalia Catappa.* Pharmacognosy Reviews, Vol 9, hal. 93-98.

BAPPEKO. 2014. *Perencanaan Penataan Ruang Terbuka Hijau (RTH) Kota Mojokerto.* BAPPEKO. Kota Mojokerto.

BAPPENAS, 2000. *Palem (Palem Putri, Botol, Merah dan Raja).* Sistem Informasi Manajemen Pembangunan di Pedesaan, BAPPENAS, hal. 1-11.

Baruna, T., Astiani, D., dan Darwati, H. 2017. *Pendugaan Stok Karbon di Kawasan Hutan Pendopo Gubernur Kota Pontianak.* Jurnal Hutan Lestari, Vol 5 (2), hal. 547-555.

Bierwirth, P., dan Faculty, E. 2017. *Carbon Dioxide Toxicity and Climate Change: A Serious Unapprehended Risk for Human Health.*

Buntoro, B.H., Rogomulyo, R., dan Trisnowati, S. 2014. *Pemgaruh Takaran Pupuk Kandang dan Intensitas Cahaya Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Temu Putih (Curcuma zedoria L).* Vegetalika, 3 (4), hal. 29-39.

Ceulmens, R.J dan Sauger, B. 1991. *Photosynthesis* in Physiology of Tress. Raghavendra, A.S. (Ed). New York : Wiley and Sons Publ.

Dharmawan, M. F. 2015. *Pemanfaatan Material Alam Pelepah Palem Menjadi Bahan Benda Produk.* Jurnal Ilmiah Mahasiswa Universitas Surabaya, 4 (1), hal. 1-19.

Das, A., K., et al. 2017. *Allometric Scaling, Biomass Accumulation and Carbon Stocks in Different Aged Stands of Thin-Walled Bamboos Shizostachyum dullooa, Pseudostachyum polymorphum and Melocanna baccifera.* Forest and Management, Vol 395, hal. 81-91.

Eckenhoff, R., G., dan Longnecker, D., E. 1995. *The therapeutic gases. Effects of carbon dioxide*. In: Goodman and Gilman's The Pharmacological Basis of Therapeutics, 9th Ed (Hardman JG,ed). McGraw Hill, hal. 355-356.

Fahn, A. 1992. *Anatomi Tumbuhan.* Jakarta: PT Gramedia.

Fanindi, A. B. R. P., dan Abdullah, L. 2010. *Pengaruh Intensitas Cahaya Terhadap Produksi Hijauan dan Benih Kalopo (Calopogonium mucunoides*). JITV, 15 (3), hal. 205-214.

Fitter, A. H., dan Hay, R. K M. 1991. *Fisiologi Lingkungan Tanaman* Diterjemahkan oleh Andani, S., dan Purbayanti, E. D., Editor Gandono, B. S. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Haryadi, Rudi., Saputra, Denis., Wijayanti, F., Yusofa, D. A., Ferlis, N. N., Alizkan, Ubed., Priane, W. T. 2017. *Pengaruh Cahaya Lampu 15 Watt Terhadap Pertumbuhan Tanaman Pandan (Pandanus amaryllifolius).* GRAVITY, 3 (2), hal. 100-109.

Hendriyani, I.S., dan Setiari, N. 2009. *Kandungan Klorofil dan Pertumbuhan Kacang Panjang (Vigna sinensis) pada*

Tingkat Penyediaan Air yang Berbeda. J. Sains & Mat, 17 (3), hal. 145-150.

Hidayati, Nuril., Mansur, M., dan Juhaeti, T. 2013. *Variasi Serapan Karbondioksida (CO_2) Jenis-Jenis Pohon di "Ecopark", Cibinong dan Kaitannya dengan Potensi Mitigasi Gas Rumah Kaca*. Buletin Kebun Raya, 16 (1), hal. 38-50.

Ilyas, A., dan Djufry, F. 2013. *Analisis Kolerasi dan Regresi Dinamika Populasi Hama dan Musuh Alami pada Beberapa Varietas Unggul Padi setelah Penerapan PHT di Kabupaten Bone Provinsi Sulawesi Selatan.* Informatika Pertanian, Vol 22 (1), hal. 29-36.

Indah, A., S., Wardiyati, T., dan Setyobudi, L. 2014. *Analisa Lanskap Jalur Hijau dan Upaya Penerapan Smart Green Land pada Ruang Terbuka Hijau.* Jurnal Produksi Tanaman, 2 (3), hal. 198-207.

Irawanto, R. 2010. *Fitoremediasi Lingkungan Dalam Taman Bali, UPT Balai Konservasi Tumbuhan Kebun Raya Purwodadi-LIPI.* 2 (4), hal. 29-35.

Janzen, H., H. 2004. *Carbon Cycling in Earth System.* Dalam Algiculcuture, Ecosystems and Environment, Vol 104. hal. 399-417.

Jaswiah, Syarifuddin, S., H., dan Novianti, I. 2016. *Fitoremediasi Logam Kadmium pada Asap Rokok Menggunakan Tanaman Lidah Mertua Jenis Sansevieria hyacinthoides dan Sansevieria trifasciata.* Chimica et Natura Acta, 4 (2), hal. 88-92.

Karmana, O. (2008). *Biologi*. Bandung : Grafindo Media Pratama.

Katemba, P., dan Djoh, R., K. 2017. *Prediksi Tingkat Produksi Kopi Menggunakan Regresi Linear.* Jurnal Ilmiah Flash, Vol 3 (1), hal. 42-51.

Kiran, G.S., dan Kinary, S. 2011. *Carbon Sequestration by Urban Tress On Roadsides of Vadodara City.* International Journal of Engineering Science and Technology (IJEST), 3 (4), hal. 3066-3070.

Kiusalaas, J. 2005. *Numerical Methods in Engineering with MATLAB*. New York : Cambrigde University Press.

Kurniawati, L., Syamsidar, H., S., dan Kurnia R. 2016. *Fitoremediasi Logam Kadmium (Cd) dari Asap Rokok Menggunakan Tanaman Puring (Codiaeum variegatum).* Al-Kimia, 4 (1), hal. 62-67.

Laise, R., A., Mestaway, A., A., dan Tangge, L. 2017. *Respon Pertumbuhan Tanaman Cabai (Capsicum frutescens L) terhadap Cekaman Air untuk Pemanfaatannya sebagai Media Pembelajaran.* E-JIB BIOL, Vol 5 (1), hal. 109-118.

Lakitan, B. 2007. *Dasar-dasar Fisiologi Tumbuhan*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.

Lakitan, B. 1997. *Dasar-dasar Klimatologi*. Jakarta : PT Raja Grafindo Persada.

Latlef, C. 2008. *Perbedaan Serapan Karbon pada Atmosfer Permukaan dan Menengah Bulan Desember 2007 Hasil Pengukuran Profil Vertikal CO_2 di Watukosek.* Seminar Nasional Aplikasi Teknologi Informasi, 21 Juni.

Leopold, A.C., dan Kriedemann, P. E. 1975. *Plant Growth and Development*. New Delhi : Mc Graw Hill Book Co. Ltd.

Liani, F. 2017. *Pengaruh Emisi Kendaraan Bermotor Terhadap Luas Daun dan Indeks Stomata pada Daun Terminalia catappa Willd sebagai Tanaman Pelindung Jalan Teuku Umar dan Jalan Endro Suratmin Bandar Lampung.* Lampung : IAINRIL.

Motadang, Z. 2009. *Validitas dan Reliabilitas suatu Instrumen Penelitian.* Jurnal Tabularasa PPS Unimed, Vol 6 (1), hal. 87-97.

Mulyani, S. 2006. *Anatomi Tumbuhan*. Yogyakarta : Gadjah Mada University Press.

Muzayanah, Ariffin, Sudarto, dan Yanuwiadi. 2016. *Effect of the Green Space Proportion with Cumulative Concentration of Particulate Matter 10 (PM10) in Surabaya-Indonesia.* International Journal of ChemTech Research, 9 (4), hal. 431-436.

Nevers, N., D. 1995. *Air Pollution Control Engineering*. New York : McGraw-Hill.

Orwa, et al. 2009. *Terminalia catappa.* Agroforestry Database: A Tree References and Selection Guide, Ver. 4.0. hal. 1-5.

OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*). 2012. *Sampling and Analytical Methods: Carbon Dioxide in Workplace Atmospheres*.

Pambudi, P. A., Rahardjanto, A., Nurwidodo, dan Husamah. 2017. *Analisa Serapan Karbon Dioksida (CO_2) Tumbuhan di Blok Puyer Kawasan Ranu Pani Taman Nasional Bromo Tengger Semeru (TNBTS) pada Tahun 2016.* Prosiding Seminar Nasional III Tahun 2017, 29 April.

Pane, M. S., Yoza, D., dan Sulaeman, R. 2016. *Potensi Serapan Karbon Dioksida (CO_2) pada Pohon Peneduh di Jalan Soekarno Hatta Kota Pekanbaru.* Jom Faperta UR, 3 (2), hal. 1-8.

Pangemanan, L., Komalig, C., dan Kaligis, T. 2008. *Beberapa Jenis Palem yang Berpotensi sebagai Tanaman Pengisi Ruang Terbuka Hijau.* Ekoton, 8 (2), hal. 49-52.

Papuangan, N., Nurhasanah, dan Djurumudi, M. 2014. *Jumlah dan Distribusi Stomata pada Tanaman Penghijauan di Kota Ternate.* Jurnal Bioedukasi, 3 (1), hal. 287-292.

Pasaribu, M., J dan Tangahu, B., V. 2015. *Kajian Kecukupan Ruang Terbuka Hijau Publik untuk Menyerap CO2 Udara Ambien dari Transportasi Darat di Jalan Perak Barat dan*

Jalan Perak Timur, Surabaya. Jurnal Teknik ITS, Vol 5 (2), hal. 138-143.

Pertamawati. 2010. *Pengaruh Fotosintesis Terhadap Pertumbuhan Tanaman Kentang (Solanum Tuberosum L). Dalam Lingkungan Fotoautotrof Secara Invitro.* Jurnal Sains dan Teknologi Indonesia, 2 (1), hal. 31-37.

Purwanto, A., Supriyanto, C., dan Samin, P. 2007. *Validasi Pengujian Cr, Cu dan Pb dengan Metode Spektrometri Serapan Atom.* Prosiding PPI-PDIPTN 2007, 10 Juli.

Rahmi, U. 2015. *Pemanfaatan Tanaman Hutan Ketapang (Terminalia catappa) dan Nilai Ekonomisnya.* Sumatera : Departemen Kehutanan.

Raharjo, K., T., P., Nubatonis, J., dan Neonbeni, Y. 2017. *Pengaruh Pemangkasan Akar dan Waktu Aklimatisasi Terhadap Pertumbuhan Bibit (Aleurites moluccana, Willd) Asal Stum.* Jurnal Pertanian Konservasi Lahan Kering, 2 (2), hal. 19-22.

Reible, D., D. 1999. *Fundamentals of Environmental Engineering*. New York : Lewis Publishers.

Ruhaibah. 2011. *Akumulasi Logam Pb, Cu, dan Zn pada Tanaman di Jalur Hijau Kota Banda Aceh.* Bogor : IPB.

Salisbury, F.B., dan Ross, C.W. 1992. *Fisiologi Tumbuhan*. Diterjemahkan oleh L. Sumaryono, Bandung : ITB.

Santoso, I., B., dan Mangkoedihardjo, S. 2013. *Mapping Cumulative Carbon Dioxide Concentration at Two Meters Above the Ground for Greenspace Asseessment in Surabaya.* Middle-East Journal of Scientific Research, 18 (3), hal. 288-292.

Sasmitamihardja, D., dan Siregar, A. H. 1996. *Fisiologi Tumbuhan*. Proyek Pendidikan Akademik Dirjen Dikti. Bandung : Depdikbud.

Setyanti, Y. H., Anwar, S., dan Slamet, W. 2013. *Karakteristik Fotosintetik dan Serapan Fosfor Hijauan Alfaalfa (Mendicago sativa) pada Tinggi Pemotongan dan Pemupukan Nitrogen yang Berbeda.* Animal Algiculture Journal, 2 (1), hal. 86-96.

Singnar, et al. 2017. *Allometric Scaling, Biomass Accumulation and Carbon Stocks in Different Aged Stands of Thin-Walled Bamboos Schizostachum dullooa, Pseudostachyum polymorphum and Melocanna baccifera.* Forest Ecology and Management, 395, hal. 81-91.

Sudjadi dan Sakti, E. P. 2005. *Pengaturan Cahaya Lampu sebagai Fotosintesis Phytoplankton Buatan dengan Menggunakan Mikrokontroler Art89s52.* Transmisi, 9 (1), hal. 11-14.

Sudrajat, D., J., et al. 2010. *Kajian Standarisasi Mutu Bibit Tanaman Hutan di Indonesia.* Seri Teknologi Pembenihan Tanaman Hutan, hal. 20-31.

Sukmawati, T., Fitrihidajati, Herlina., dan Indah, N., K. 2015. *Penyerapan Karbon Dioksida pada Tanaman Hutan Kota Surabaya*. Lentrabio, 4 (1), hal. 108-111.

Sumanto, dan Witono, J., K. 2010. *Kecepatan Pertumbuhan Palem (Arecaceae) di Lapangan: Studi Kasus di Kebun Raya Bogor.* 7th Basic Science National Seminar Proceeding, 20 Februari.

Sumardi, I., Nugroho, H., dan Purnomo. 2010. Struktur dan Perkembangan Tumbuhan. Jakarta: Penebar Swadaya.

Sutoyo. 2011. *Masalah dan Peranan CO_2 dalam Produksi Tanaman.* Buana Sains, 11 (1), hal. 83-90.

Sutrian, Y. 1992. *Pengantar Anatomi Tumbuh-tumbuhan Tentang Sel dan Jaringan*. Jakarta : Rineke Cipta.

Thomson, L., A., J. 2006. *Terminalia catappa (*narra), ver.2.I. In Elevitch, C.R. (ed.). Species Profiles for Pacifix Island Agroforestry. Hawai : Permanent Agriculture Resources (PAR).

Thomson, L., A., J., dan Evans, B. 2006. *Terminalia catappa (Tropical Almond).* Species Profiles for Pacific Island Agroforestry, Ver 2.2, hal. 1-20.

Treshow, M. 1970. *Environtment and Plant Respont*. New York: Mc Graw Hill Company.

Vyankatesh, Y., et al. 2014. *Prediction of Air Pollution Concentration Using a Fixed Box Model*. Researcher, Vol 6 (5), hal. 89-92.

Zhang, Y., Wu, X., Wang, S., dan Niu, H. 2018. *The simulation of The Vine Biomass at Different Planting Ages in Ningxia Vineyards Using DNDC Model.* Acta Ecologica Sinica, Vol 38, hal. 281-287.

Zhou, Han et al. 2016. *Biomimetic Polymeric Semiconductor Based Hybrid Nanosystems for Artificial Photosysthesis Toward Solar Fuels Generation via CO_2 Reduction.* Nano Energy, Vol 25, hal. 128-135.

Zuhro, F., Hasanah, H., U., dan Sukadi. 2017. *Aplikasi Air Kelapa Muda dan Pupuk Kascing pada Perkembangan Biji Palem Merah (Crytostachys lakka Becc.) Seed Germination.* Jurnal Ilmu Dasar, 18 (1), hal. 17-24.

LAMPIRAN A
Hasil Pengukuran CO_2 Selama 7 Hari

Tabel LA.1 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-1 (Kamis, 11 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	389	380	391	399	380	380	380	389	395	420	29.7	0
07.00	382	387	375	373	366	384	374	369	383	404	29.8	0
08.00	372	377	378	359	340	355	352	336	350	399	32	0
09.00	360	349	345	329	346	347	324	325	348	389	34.4	0
10.00	320	324	327	315	311	315	305	303	304	377	37	0
11.00	335	343	321	305	325	324	328	316	325	368	37.5	0
12.00	342	343	323	322	317	311	311	316	323	398	36	0
13.00	314	315	310	308	301	299	315	295	309	373	35	0
14.00	324	333	315	310	305	306	309	317	311	369	33	0
15.00	320	322	324	318	322	315	320	332	322	388	32	0
16.00	331	332	330	321	320	322	313	336	329	391	31	0
17.00	332	340	339	320	341	323	330	341	332	388	30.8	0
18.00	363	342	335	337	349	321	335	346	311	372	30.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.2 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-1 (Kamis, 11 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	400	388	395	380	380	381	392	395	395	420	29.7	0
07.00	378	383	366	377	374	379	371	394	383	404	29.8	0
08.00	364	356	344	365	364	358	364	346	345	399	32	0
09.00	347	348	339	345	344	345	335	326	328	389	34.4	0
10.00	325	322	320	317	308	314	302	303	300	377	37	0
11.00	319	321	315	321	317	318	311	307	302	368	37.5	0
12.00	317	323	322	316	309	307	308	317	315	398	36	0
13.00	311	310	308	318	320	317	311	328	318	373	35	0
14.00	308	311	318	314	323	318	308	325	322	369	33	0
15.00	323	319	315	329	316	325	317	318	319	388	32	0
16.00	326	320	315	324	320	322	320	324	320	391	31	0
17.00	330	331	331	341	312	329	330	321	328	388	30.8	0
18.00	356	349	346	339	375	327	353	331	339	372	30.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.3 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-2 (Jumat, 12 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	372	367	365	377	369	370	380	382	378	430	29	0
07.00	352	363	360	342	349	339	348	339	336	421	29.9	0
08.00	296	311	316	301	293	315	313	321	323	388	34.4	0
09.00	336	315	309	341	332	337	336	332	327	382	35.5	0
10.00	306	314	312	319	324	312	320	320	309	371	38	0
11.00	324	300	310	295	311	305	294	319	332	366	36	0
12.00	302	310	295	290	262	311	313	296	304	357	38	0
13.00	314	297	315	317	309	320	296	300	315	388	36	0
14.00	303	305	309	304	302	305	299	306	315	375	34.1	0
15.00	320	318	319	298	300	302	295	315	318	366	33.4	0
16.00	322	317	312	320	311	316	315	299	304	377	33	0
17.00	315	315	320	321	320	328	325	320	326	371	32.1	0
18.00	323	333	341	320	327	331	306	305	312	379	31.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.4 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-2 (Jumat, 12 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	391	390	389	382	390	370	390	381	374	430	29	0
07.00	366	353	379	346	359	351	348	346	353	421	29.9	0
08.00	354	341	322	320	330	321	305	321	325	388	34.4	0
09.00	319	325	328	310	305	306	310	324	312	382	35.5	0
10.00	314	313	321	307	283	298	293	331	319	371	38	0
11.00	314	324	307	325	317	323	304	310	311	366	35	0
12.00	309	305	302	301	298	297	304	305	318	357	38	0
13.00	300	295	297	308	308	300	293	309	310	388	36	0
14.00	299	297	297	321	320	323	316	299	308	375	34.1	0
15.00	317	302	302	297	303	304	294	298	300	366	33.4	0
16.00	313	305	304	309	315	305	306	304	300	377	33	0
17.00	310	309	308	319	316	316	314	307	310	371	32.1	0
18.00	331	341	347	334	325	323	330	326	334	379	31.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.5 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-3 (Sabtu, 13 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	373	374	393	377	370	366	370	375	370	418	30.8	0
07.00	356	349	341	355	351	333	341	343	339	401	30.1	0
08.00	344	350	330	328	321	328	324	317	323	380	31.7	0
09.00	324	328	329	324	329	329	312	320	319	372	33.9	0
10.00	311	322	322	322	320	312	288	305	326	370	33	0
11.00	316	318	320	308	319	317	296	299	303	369	37	0
12.00	300	293	291	292	295	295	285	286	290	352	39	0
13.00	292	285	281	283	288	286	290	280	285	372	37.5	0
14.00	315	301	299	298	297	290	294	294	296	369	35.3	0
15.00	304	304	315	315	301	299	303	310	320	366	34	0
16.00	304	307	309	310	310	304	297	300	304	374	33	0
17.00	323	313	323	321	320	312	303	310	320	376	32	0
18.00	334	324	319	315	315	316	310	320	325	370	31.6	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.5 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-3 (Sabtu, 13 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	394	393	389	397	396	396	399	399	388	418	30.8	0
07.00	370	378	375	353	353	350	355	347	353	401	30.1	0
08.00	343	335	340	347	343	337	332	340	331	380	31.7	0
09.00	330	319	333	330	318	321	320	327	302	372	33.9	0
10.00	320	312	330	316	322	333	340	339	318	370	33	0
11.00	319	324	323	311	309	319	315	319	322	369	37	0
12.00	299	301	307	302	294	290	299	304	304	352	39	0
13.00	298	296	306	296	302	305	299	297	294	372	37.5	0
14.00	309	291	284	289	298	300	300	292	297	369	35.3	0
15.00	310	307	305	303	305	307	307	293	298	366	34	0
16.00	315	317	323	325	313	316	317	318	312	374	33	0
17.00	318	318	317	317	320	323	324	304	303	376	32	0
18.00	330	319	314	312	316	310	306	307	306	370	31.6	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.7 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-4 (Minggu, 14 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	392	368	355	380	378	390	394	370	365	404	29.3	0
07.00	376	354	352	352	354	359	360	380	366	398	28.8	0
08.00	343	331	329	330	323	313	308	312	320	388	32	0
09.00	310	311	315	324	320	317	311	320	324	373	34	0
10.00	342	351	343	338	332	328	315	315	315	379	37.6	0
11.00	328	317	308	304	314	315	303	296	293	372	40.3	0
12.00	292	285	288	298	300	295	290	298	300	355	38.2	0
13.00	307	220	321	308	310	302	290	295	293	357	36.3	0
14.00	303	305	308	305	302	294	293	297	301	361	34	0
15.00	304	301	297	291	293	301	299	293	292	366	33.8	0
16.00	306	301	299	305	306	316	320	325	326	378	33	0
17.00	317	316	310	337	320	317	316	321	321	375	32.9	0
18.00	338	335	338	343	340	331	327	332	333	377	32	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.8 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-4 (Minggu, 14 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	369	371	372	370	380	382	370	380	390	404	29.3	0
07.00	375	367	362	366	380	373	364	368	371	398	28.8	0
08.00	348	330	328	328	327	328	326	322	320	388	32	0
09.00	325	329	330	320	317	326	326	330	325	373	34	0
10.00	348	356	339	336	333	328	323	324	319	379	37.6	0
11.00	365	338	330	336	328	324	302	304	306	372	40.3	0
12.00	306	309	309	306	310	316	310	297	295	355	38.2	0
13.00	333	319	324	313	294	297	296	300	298	357	36.3	0
14.00	310	308	304	303	304	300	303	304	301	361	34	0
15.00	312	311	305	310	312	318	317	305	305	366	33.8	0
16.00	330	315	309	310	315	318	318	310	309	378	33	0
17.00	333	326	326	326	329	328	322	323	320	375	32.9	0
18.00	329	329	332	328	331	338	350	354	345	377	32	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.9 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-5 (Senin, 15 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	392	387	370	370	371	370	395	394	396	437	30.3	0
07.00	378	377	386	368	366	363	360	360	362	431	29.2	0
08.00	355	349	367	325	340	343	329	330	347	390	30.9	0
09.00	369	367	355	345	344	342	344	347	349	393	31.5	0
10.00	344	330	329	322	316	323	314	323	321	381	32.9	0
11.00	330	325	318	319	315	316	314	320	321	383	34	0
12.00	315	319	307	315	314	308	314	317	320	375	35	0
13.00	303	305	307	305	310	313	313	320	315	380	34.3	0
14.00	313	314	309	309	311	314	318	317	312	375	34.6	0
15.00	312	307	320	317	315	318	313	310	305	369	33.5	0
16.00	308	313	315	306	304	313	315	315	312	372	33.1	0
17.00	308	318	319	316	315	320	321	326	321	380	32.3	0
18.00	331	328	323	318	315	315	315	314	314	379	30.8	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.10 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-5 (Senin, 15 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	399	380	395	382	388	399	399	380	386	437	30.3	0
07.00	388	398	398	378	370	388	385	380	374	431	29.2	0
08.00	351	351	361	350	351	348	340	341	343	390	30.9	0
09.00	388	400	398	359	365	370	364	359	362	393	31.5	0
10.00	323	337	333	314	310	305	336	326	332	381	32.9	0
11.00	320	333	337	322	317	315	332	328	330	383	34	0
12.00	317	328	340	329	323	324	328	330	328	375	35	0
13.00	319	312	304	303	308	310	310	309	310	380	34.3	0
14.00	340	320	319	311	307	319	315	305	303	375	34.6	0
15.00	332	335	323	305	302	310	317	324	322	369	33.5	0
16.00	310	303	300	304	304	305	308	307	305	372	33.1	0
17.00	320	319	308	300	302	302	300	302	307	380	32.3	0
18.00	328	318	311	314	319	326	328	330	330	379	30.8	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.11 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-6 (Selasa, 16 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	392	387	393	405	397	389	390	399	391	430	29.8	0
07.00	381	381	378	357	358	360	358	354	351	387	29.8	0
08.00	359	367	368	360	351	347	340	339	344	386	31.1	0
09.00	341	331	336	330	328	329	328	328	333	372	36.8	0
10.00	320	329	322	334	326	311	314	312	316	370	36	0
11.00	329	323	321	317	314	309	298	302	304	369	37.1	0
12.00	322	326	330	320	323	320	327	320	321	366	37	0
13.00	307	299	313	314	304	320	320	320	305	380	36.7	0
14.00	311	300	316	311	312	309	307	312	316	378	34	0
15.00	316	311	310	305	320	313	305	307	312	377	33.8	0
16.00	330	311	315	308	306	328	320	325	323	368	33.3	0
17.00	315	313	326	318	320	324	324	321	315	372	33	0
18.00	328	327	325	322	324	332	332	329	328	375	31.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.12 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-6 (Selasa, 16 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	410	417	404	399	389	405	387	389	390	430	29.8	0
07.00	362	359	370	369	366	364	366	367	368	387	29.8	0
08.00	355	351	351	324	337	332	346	357	347	386	31.1	0
09.00	356	350	347	341	333	351	349	330	327	372	36.8	0
10.00	335	338	339	331	320	331	332	315	305	370	36	0
11.00	320	325	328	315	321	327	320	323	324	369	37.1	0
12.00	316	315	311	310	313	312	312	319	320	366	37	0
13.00	330	338	333	325	326	320	327	338	330	380	36.7	0
14.00	299	302	303	310	310	305	320	315	308	378	34	0
15.00	316	318	312	312	320	317	312	315	330	377	33.8	0
16.00	322	321	322	310	312	309	316	322	330	368	33.3	0
17.00	322	326	322	313	310	317	322	309	311	372	33	0
18.00	317	319	320	328	336	334	359	340	331	375	31.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.13 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-7 (Rabu, 17 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Palem Raja (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	357	358	381	374	359	366	369	361	369	375	30.5	0
07.00	365	346	338	341	342	357	348	344	351	364	29.8	0
08.00	339	344	333	342	328	324	326	333	338	359	31.3	0
09.00	343	344	333	331	333	348	320	330	323	356	32	0
10.00	342	304	319	303	324	314	306	351	314	377	37.1	0
11.00	304	311	315	314	312	313	322	331	325	374	38	0
12.00	297	317	308	304	304	300	287	296	305	304	38.8	0
13.00	310	314	313	314	319	319	320	321	327	338	37	0
14.00	311	308	313	320	314	311	310	316	320	332	35	0
15.00	307	298	301	315	310	316	301	297	305	321	33.5	0
16.00	322	317	322	326	321	319	315	320	326	331	32.3	0
17.00	327	322	323	338	325	325	320	312	316	351	31.9	0
18.00	348	335	330	319	312	317	320	324	328	407	31.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

Tabel LA.14 Hasil Pengukuran Konsentrasi CO_2 Hari Ke-7 (Rabu, 17 Oktober 2018)

Jam (WIB)	Konsentrasi CO_2 Ketapang (ppm)									Blanko (ppm)	Suhu (^{0}C)	Kec. Angin (m/s)
	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
06.00	365	377	365	372	379	375	365	375	379	375	30.5	0
07.00	366	353	354	351	355	351	346	351	357	364	29.8	0
08.00	343	350	345	332	345	350	355	346	344	359	31.3	0
09.00	342	343	342	333	332	337	334	343	340	356	32	0
10.00	356	341	334	317	325	318	317	311	316	377	37.1	0
11.00	366	347	328	319	324	311	325	318	327	374	38	0
12.00	299	306	303	311	326	333	314	316	315	304	38.8	0
13.00	334	329	335	317	305	306	320	325	313	338	37	0
14.00	316	312	306	303	317	318	307	305	312	332	35	0
15.00	328	327	329	323	319	317	315	318	322	321	33.5	0
16.00	329	328	322	319	318	325	315	326	320	331	32.3	0
17.00	340	329	315	318	328	343	348	328	325	351	31.9	0
18.00	358	344	350	328	324	322	322	330	350	407	31.3	0

Sumber : Hasil Penelitian

LAMPIRAN B
Perhitungan Laju Perubahan Konsentrasi

Tabel LB.1 Hasil Perhitungan Rata-rata Laju Perubahan CO_2 Palem Raja Kategori B

Jam	Konsentrasi CO2 *box* model	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	378	0	0.0000	0	0
07.00	356	60	-22.2857	60	-0.3714
08.00	332	120	-46.2381	120	-0.7706
09.00	334	180	-44.3810	180	-0.7397
10.00	320	240	-57.9048	240	-0.9651
11.00	313	300	-65.0952	300	-1.0849
12.00	305	360	-73.3810	360	-1.2230
13.00	307	420	-70.8571	420	-1.1810
14.00	306	480	-71.8095	480	-1.1968
15.00	309	540	-69.1905	540	-1.1532
16.00	314	600	-64.0476	600	-1.0675
17.00	323	660	-55.0476	660	-0.9175
18.00	325	720	-53.2381	720	-0.8873

Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.8873
$\sum_{-}(i=n)^{\wedge}(n-1)$ ▒ 〖$f(ci)$〗	-11.5579
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-23.11587
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-24.00317
KCO_2	**-720.0952**

Tabel LB.2 Hasil Perhitungan Rata-rata Laju Perubahan CO_2 Palem Raja Kategori C

Jam	Konsentrasi CO2 *box* model	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	382	0	0.0000	0	0
07.00	356	60	-26.0000	60	-0.4333
08.00	330	120	-51.7619	120	-0.8627
09.00	329	180	-52.9524	180	-0.8825
10.00	314	240	-67.4286	240	-1.1238
11.00	311	300	-70.0714	300	-1.1679
12.00	306	360	-75.8571	360	-1.2643
13.00	306	420	-75.6190	420	-1.2603
14.00	308	480	-73.9048	480	-1.2317
15.00	308	540	-73.2381	540	-1.2206
16.00	316	600	-65.3810	600	-1.0897
17.00	321	660	-60.5238	660	-1.0087
18.00	322	720	-59.3333	720	-0.9889

Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.9889
$\sum_(i=n)^(n-1)$ ▒ 〖$f(ci)$〗	-12.5345
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-25.06905
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-26.05794
KCO_2	**-781.7381**

Tabel LB.3 Hasil Perhitungan Rata-rata Laju Perubahan CO_2 Ketapang Kategori B

Jam	Konsentrasi CO2 *box* model	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	385	0	0.0000	0	0
07.00	364	60	-20.9048	60	-0.3484
08.00	340	120	-45.4762	120	-0.7579
09.00	334	180	-51.6190	180	-0.8603
10.00	317	240	-67.9048	240	-1.1317
11.00	320	300	-65.4524	300	-1.0909
12.00	311	360	-74.5238	360	-1.2421
13.00	309	420	-75.9048	420	-1.2651
14.00	310	480	-75.1905	480	-1.2532
15.00	312	540	-73.2381	540	-1.2206
16.00	314	600	-71.1429	600	-1.1857
17.00	319	660	-65.8571	660	-1.0976
18.00	328	720	-57.2857	720	-0.9548

Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.9548
$\sum_(i=n)^(n-1)$ ▒ 〖$f(ci)$〗	-12.4083
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-24.81667
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-25.77143
KCO_2	**-773.1429**

Tabel LB.4 Hasil Perhitungan Rata-rata Laju Perubahan CO_2 Ketapang Kategori C

Jam	Konsentrasi CO2 *box* model	t	ΔC (C1 - C0)	Δt (t1 - t0)	ΔC / Δt
06.00	386	0	0.0000	0	0
07.00	364	60	-21.7143	60	-0.3619
08.00	338	120	-47.9524	120	-0.7992
09.00	332	180	-53.8095	180	-0.8968
10.00	319	240	-66.7619	240	-1.1127
11.00	316	300	-69.6667	300	-1.1611
12.00	312	360	-73.5714	360	-1.2262
13.00	311	420	-74.6667	420	-1.2444
14.00	308	480	-78.0000	480	-1.3000
15.00	312	540	-74.1429	540	-1.2357
16.00	315	600	-71.2381	600	-1.1873
17.00	317	660	-68.8095	660	-1.1468
18.00	333	720	-52.4762	720	-0.8746

Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.8746
$\sum_{-}(i=n)^{(n-1)} \llbracket f(ci) \rrbracket$	-12.5468
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-25.09365
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-25.96825
KCO_2	**-779.0476**

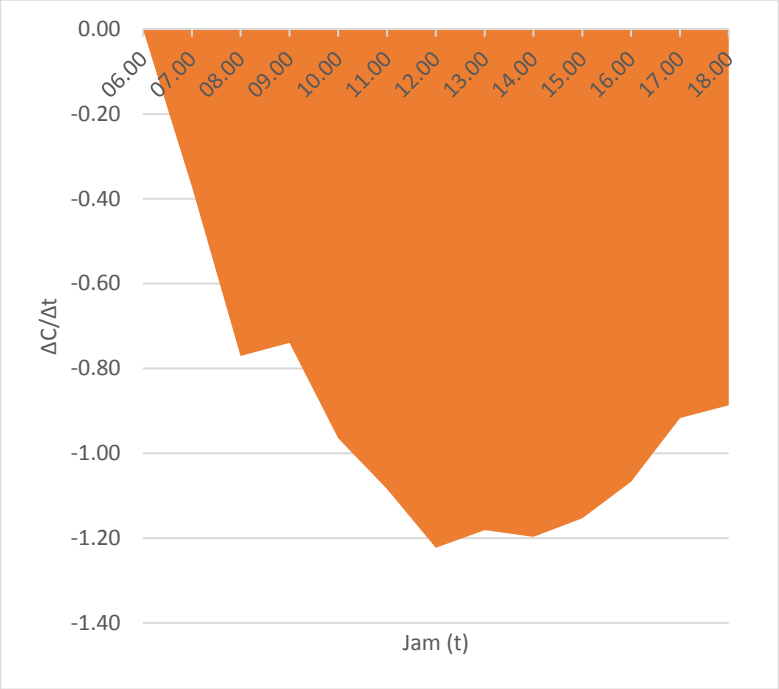
Tabel LB.5 Hasil Perhitungan Rata-rata Laju Perubahan Blanko

Jam	Konsentrasi CO2 *box* model	t	ΔC	Δt	ΔC / Δt
			(C1 - C0)	(t1 - t0)	
06.00	416	0	0.0000	0	0
07.00	401	60	-15.4286	60	-0.2571
08.00	384	120	-32.0000	120	-0.5333
09.00	377	180	-39.5714	180	-0.6595
10.00	375	240	-41.2857	240	-0.6881
11.00	372	300	-44.7143	300	-0.7452
12.00	358	360	-58.1429	360	-0.9690
13.00	370	420	-46.5714	420	-0.7762
14.00	366	480	-50.7143	480	-0.8452
15.00	365	540	-51.5714	540	-0.8595
16.00	370	600	-46.1429	600	-0.7690
17.00	373	660	-43.0000	660	-0.7167
18.00	380	720	-36.4286	720	-0.6071

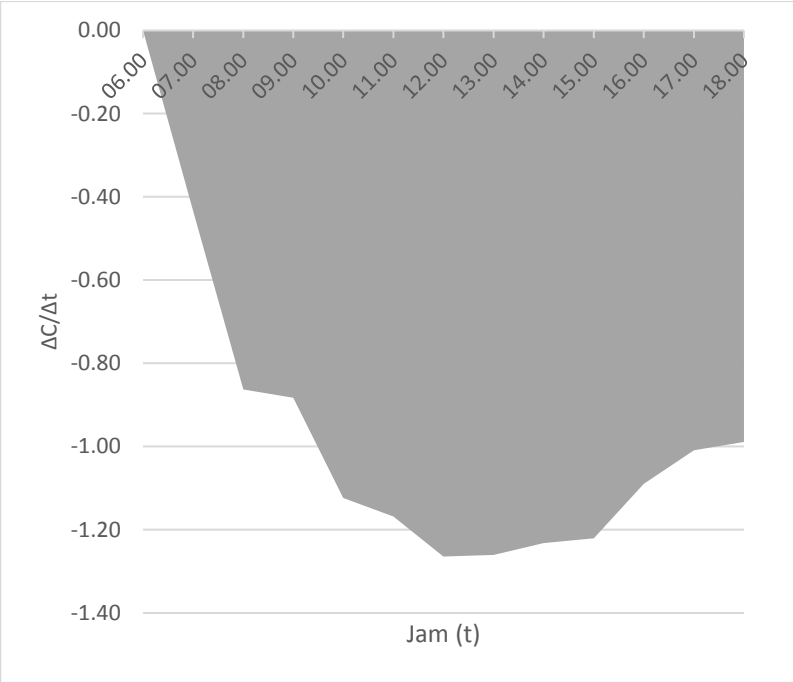
Δt	60
f(t0)	0
f(tn)	-0.6071
$\sum_(i=n)^(n-1)$ ▒ 〖$f(ci)$〗	-8.4262
Δt/2	30
2 x Σ 1 sp n	-16.85238
f(t0)+f(tn)+2 x Σ 1 sp n	-17.45952
KCO_2	**-523.786**

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

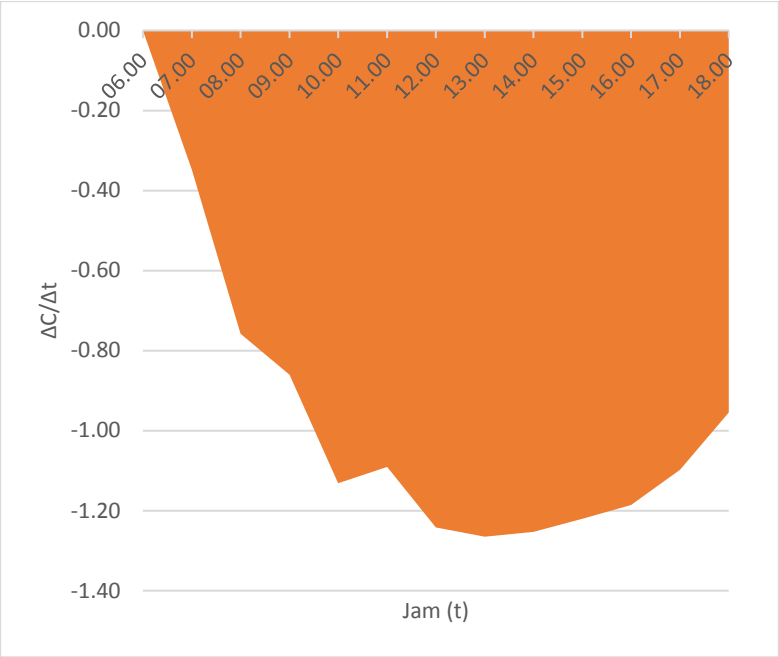
LAMPIRAN C
Grafik Nilai KCO_2 Palem Raja dan Ketapang



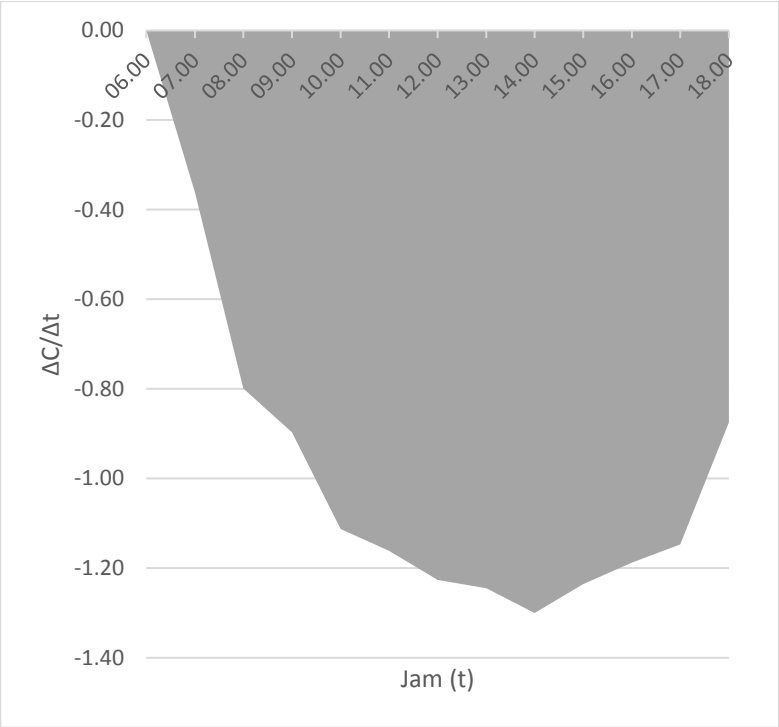
Gambar LC.1 Grafik Nilai KCO_2 Palem Raja Kategori B



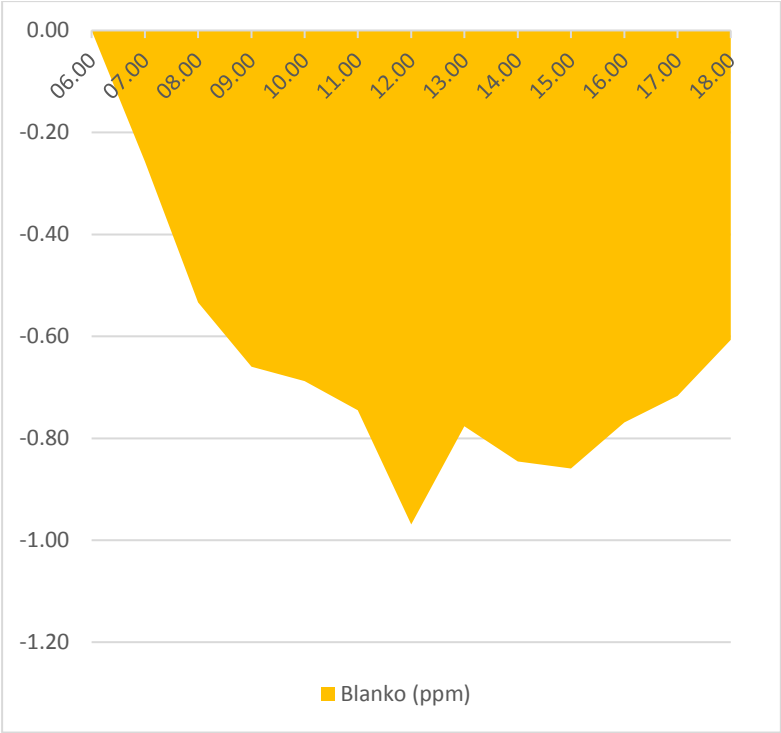
Gambar LC.2 Grafik Nilai KCO_2 Palem Raja Kategori C



Gambar LC.3 Grafik Nilai KCO_2 Ketapang Kategori B



Gambar LC.4 Grafik Nilai KCO_2 Ketapang Kategori C



Gambar LC.5 Grafik Nilai KCO_2 Blanko

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

LAMPIRAN D
Dokumentasi Kegiatan Penelitian

Gambar LD.1 Tempat Penelitian

Gambar LD.2 Tanaman Ketapang

Gambar LD.3 Tanaman Palem Raja

Gambar LD.4 Pengukuran Tinggi Tanaman Palem Raja

Gambar LD.5 Pengukuran Tinggi Tanaman Ketapang

Gambar LD.6 Pengukuran Kecepatan Angin

“Halaman ini sengaja dikosongkan”

BIOGRAFI PENULIS

Penulis merupakan putri Klaten yang lahir 21 tahun yang lalu pada tanggal 1 Mei 1997. Penulis mulai mengenyam pendidikan dasar pada tahun 2003-2009 di SDN 2 Jurangjero. Kemudian melanjutkan pendidikannya pada tahun 2009-2012 di SMPN 1 Karanganom. Selanjutnya pada tahun 2012-2015 penulis bersekolah di SMAN 1 Karanganom. Setelah itu untuk menyandang gelar sarjana penulis melanjutkan pendidikan S1 di Departemen Teknik Lingkungan, Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumian, ITS, Surabaya pada tahun 2015 dan terdaftar sebagai mahasiswi dengan NRP 03211540000023.

Selama perkuliahan, penulis aktif berorganisasi dalam tingkat Departemen maupun tingkat ITS. Penulis pernah menjabat sebagai pengurus inti Unit Kegiatan Mahasiswa Teater Tiyang Alit ITS periode 2016/2017 hingga 2017/2018, selain itu sebagai staff media relasi di KPPL HMTL ITS periode 2016/2017 dan 2017/2018. Prestasi yang pernah diraih oleh penulis adalah sebagai finalis 20 besar FESTAMASIO VIII Makassar tingkat Nasional pada tahun 2017. Berbagai pelatihan, kepanitiaan dan seminar tingkat regional hingga nasional telah diikuti dalam rangka mengasah *softskill* dan mengembangkan diri. Penulis juga memiliki pengalaman kerja praktik di PT. Pertamina Hulu Energi WMO Gresik, Jawa Timur. Penulis dapat dihubungi via email galuheneng@gmail.com.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-03

KEGIATAN ASISTENSI TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Galuh Permata Habsari

NRP : 03211540000023

Judul : **KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2** UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA *(Roystonea regia)* DAN KETAPANG *(Terminalia catappa)*

No	Tanggal	Keterangan Kegiatan / Pembahasan	Paraf
1	12-09-18	Revisi proposal tugas akhir : jumlah variabel yang diteliti dan variabel penelitian.	
2	28-09-18	Penjelasan metode sampling tentang *box model* dan penyerahan alat penelitian.	
3	22-10-18	Asistensi hasil penelitian.	
4	25-10-18	Asistensi metode *box model.*	
5	8-11-18	Revisi periapan laporan TA	
6	13-12-18	Revisi hasil seminar progress, penambahan sub bab pada pembahasan dan pembahasan kesimpulan.	
7	18-12-18	Pengumpulan final untuk sidang akhir melalui *email* (hasil telah di revisi)	
8	20-12-18	Revisi laporan progress TA	

Surabaya, 27 Desember 2018
Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FTSLK-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-02 TUGAS AKHIR
Periode: Gasal 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 07 Januari 2019
Pukul : 07.30 WIB – 09.30 WIB
Lokasi : TL-101
Judul : KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA (Roxstonea regia) DAN KETAPANG (Terminalia catappa)
Nama : GALUH PERMATA HABSARI
NRP. : 03211540000023
Topik : PENELITIAN LABORATORIUM

Nilai TOEFL 477

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Ujian Tugas Akhir
1.	Mengapa Ketapang > palem Raja – ~~ke~~ penelitian
2.	Signifikansi Tinggi Vs Konsentrasi.
3.	Saran disesuaikan dg ~~yg~~ penelitian.
4.	penjelasan tabel yg baik.
5.	Judul harus revisi.
6.	Kesimpulan. Konfirmasi.

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus dibawa mahasiswa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:

1. Lulus Ujian Tugas Akhir
2. harus mengulang Ujian Tugas Akhir semester berikutnya
3. Tugas Akhir dinyatakan gagal atau harus mengganti Tugas Akhir (lebih dari 2 semester)

Dosen Pembimbing

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FTSLK-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR — Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
Periode: Gasal 2018-2019 — No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 07 Januari 2019
Pukul : 07.30 WIB - 09.30 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA (Roystonea regia) DAN KETAPANG (Terminalia catappa)
Nama : GALUH PERMATA HABSARI
NRP. : 03211540000023
Topik : Penelitian Laboratorium

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
14.15	Gbr 2.3, 2.4 → tulisan jelas
24-27	Gbr. 3.1 → keterangan halamannya } Blm
73	Saran → bisa menambah variasi jenis tanaman. Beri penjelasan mengapa hasil yg didapat untuk palem raja lebih baik dr. ketapang.
57.	Gbr. 4.11, 4.12 Bagaimana mekanisme fotosintesis dlm reduksi CO_2? Harus dijelaskan dlm pembahasan.

22/01/2019

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji — Bieby Voijant Tangahu, ST., MT., PhD. ( )

Dosen Pembimbing — Dr. Ir. R. Irwan Bayu Samoso, MT. ( )

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FTSLK-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR — Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
Periode: Gasal 2018-2019 — No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 07 Januari 2019
Pukul : 07.30 WIB - 09.30 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA (Roystonea regia) DAN KETAPANG (Terminalia catappa)
Nama : GALUH PERMATA HABSARI
NRP. : 03211540000023
Topik : Penelitian Laboratorium

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1/.	Penulisan → gbr → Gambar ; tabel → Tabel lampiran → sdh dirujuk ?
2/	Mekanisme. → konsent. terendah.
3/	kurva kumulatif → (-)
4/.	Uji statistik → parameter kulw. dll → ↳ 1/ setiap tumbuhan.
5/.	Kesimpulan no. 2.

21/1 19

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji: Ruly Fitri Purwanti, ST., MT., PhD. ( )

Dosen Pembimbing: Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT. ( )

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN FTSLK-ITS
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

UTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Gasal 2018-2019

Kode/SKS : RE141581 (0/6/0)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR UTA-03
Formulir Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji
Ujian Tugas Akhir

Hari, tanggal : Senin, 07 Januari 2019
Pukul : 07.30 WIB - 09.30 WIB
Lokasi : TL 101
Judul : KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA (Oreodoxa regia) DAN KETAPANG (Terminalia catappa)
Nama : GALUH PERMATA HABSARI
NRP. : 03211540000023
Topik : Penelitian laboratorium

No./Hal.	Pertanyaan dan Saran Dosen Penguji Ujian Tugas Akhir
1.	Konsep kedalam CO_2 oleh tanaman
2.	Cek abstrak
3	Kesimpulan → absorbed light → more uptake CO_2 → suhu ↓ pCO_2
4.	Ada g suhu → tanaman secara umum atau Palem Raja?
5.	Tanaman yg per tumbuhan tergangga?
6.	Suhu & tanaman
7.	Tugas tanaman sejuk/dingin

21/01/19

Formulir UTA-03 diserahkan kepada Dosen Pembimbing setelah sesi Seminar Kemajuan selesai.
Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir UTA-03 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Penguji
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Penguji dan Dosen Pembimbing

Dosen Penguji Dr. Eng. Arie Dipareza Syafe'i, ST., MPEM ( )

Dosen Pembimbing Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT. ( )

PROGRAM SARJANA DEPARTEMEN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL LINGKUNGAN DAN KEBUMIAN-ITS
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111. Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

KTA-S1-TL-03 TUGAS AKHIR
Periode: Gasal 2018/2019

Kode/SKS : RE141581 (S6/6)
No. Revisi: 01

FORMULIR TUGAS AKHIR KTA-02
Formulir Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing
Seminar Kemajuan Tugas Akhir

Nilai TOEFL 477

Hari, tanggal	Jum'at 23-Nov-18
Pukul	14.00 - 15.00 WIB
Lokasi	Ruang Sidang
Judul	Kajian Mengenai Tinggi Tanaman terhadap Reduksi CO_2 Udara Ambien oleh Tanaman Palem Raja (Roystonea regia) dan Ketapang (Terminalia catappa)
Nama	Galuh Permata Habsari
NRP.	03211540000023
Topik	Penelitian Laboratorium

Tanda Tangan

No./Hal.	Ringkasan dan Saran Dosen Pembimbing Seminar Kemajuan Tugas Akhir
	[illegible] dosen pengarah 4. analisis perbedaan pertumbuhan [illegible] dg pengaruh [illegible]

Dosen Pembimbing akan menyerahkan formulir KTA-02 ke Sekretariat Program Sarjana
Formulir ini harus mahasiswa dibawa saat asistensi kepada Dosen Pembimbing
Formulir dikumpulkan bersama revisi buku setelah mendapat persetujuan Dosen Pembimbing

Berdasarkan hasil evaluasi Dosen Pengarah dan Dosen Pembimbing, dinyatakan mahasiswa tersebut:
1. Dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir
2. Tidak dapat melanjutkan ke Tahap Ujian Tugas Akhir

Dosen Pembimbing

Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-05

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Galuh Permata Habsari

NRP : 03211540000023

Judul : **KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2 UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA *(Roystonea regia)* DAN KETAPANG *(Terminalia catappa)***

No	Saran Perbaikan (sesuai Form UTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Penambahan literatur tentang biomassa tanaman.	Halaman 60
2.	Kesimpulan 1 dan 2.	Halaman 83
3.	Penambahan regresi suhu dan tinggi serta konsentrasi CO_2 tanaman masing-masing tanaman.	Halaman 77 - 80
4.	Perbaikan saran, tinggi tanaman menjadi umur tanaman.	Halaman 83
5.	Perbaikan format penulisan dan gambar.	Halaman 19 - 15

Mahasiswa Ybs, 24 Januari 2018

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

Galuh Permata Habsari
03211540000023

JURUSAN TEKNIK LINGKUNGAN
FAKULTAS TEKNIK SIPIL DAN PERENCANAAN
Kampus ITS Sukolilo, Surabaya 60111
Telp: 031-5948886, Fax: 031-5928387

FORM FTA-04

FORMULIR PERBAIKAN LAPORAN TUGAS AKHIR

Nama Mahasiswa : Galuh Permata Habsari

NRP : 03211540000023

Judul : **KAJIAN MENGENAI UMUR TANAMAN TERHADAP REDUKSI CO_2** UDARA AMBIEN OLEH TANAMAN PALEM RAJA *(Roystonea regia)* DAN KETAPANG *(Terminalia catappa)*

No	Saran Perbaikan (sesuai Form KTA-02)	Tanggapan / Perbaikan (bila perlu, sebutkan halaman)
1.	Penambahan literatur tentang biomassa tanaman.	Halaman 10 ✓
2.	Tujuan 1 dan 2 dibalik.	Halaman 3 ✓
3.	Penambahan regresi suhu dan tinggi serta konsentrasi CO_2 tanaman.	Halaman 70 ✓
4.	Perbaikan kesimpulan, tinggi tanaman menjadi umur tanaman.	Halaman 73 ✓
5.	Perbaikan format penulisan.	Halaman ix, xi, dan 33 ✓

Dosen Pembimbing,

Dr. Ir. R. Irwan Bagyo Santoso, MT.

Mahasiswa Ybs, 27 Desember 2018

03211540000023