

**PENGARUH PERBANDINGAN KARBON AKTIF DAN CuZn
TERHADAP PRODUKTIVITAS GAS HIDROGEN
DARI MINYAK BIJI RANDU**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



ANDRE GUNAWAN NAINGGOLAN

NIM. 125060200111063

UNIVERSITAS BRAWIJAYA

FAKULTAS TEKNIK

MALANG

2017

LEMBAR PENGESAHAN

**PENGARUH PERBANDINGAN KARBON AKTIF DAN CuZn
TERHADAP PRODUKTIVITAS GAS HIDROGEN
DARI MINYAK BIJI RANDU**

SKRIPSI

TEKNIK MESIN KONSENTRASI TEKNIK KONVERSI ENERGI

Ditujukan untuk memenuhi persyaratan
memperoleh gelar Sarjana Teknik



**ANDRE GUNAWAN NAINGGOLAN
NIM. 125060200111063**

Skripsi ini telah direvisi dan disetujui oleh dosen pembimbing
pada tanggal 2 Februari 2017

Dosen Pembimbing I

Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D.
NIP. 19590703 198303 1 002

Dosen Pembimbing II

Rudianto Raharjo, ST., MT.
NIP. 19820225 201212 1 002

Mengetahui,

Ketua Program Studi S1



Dr. Eng. Widya Wijayanti, ST., MT.
NIP. 19750802 199903 2 002

PERNYATAAN ORISINALITAS SKRIPSI

Saya menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa sepanjang sepengetahuan saya dan berdasarkan hasil penelusuran berbagai karya ilmiah, gagasan dan masalah ilmiah yang diteliti dan diulas didalam Naskah Skripsi ini adalah asli dari pemikiran saya. Tidak pernah terdapat karya ilmiah yang pernah diajukan oleh orang lain untuk memperoleh gelar akademik di suatu Perguruan Tinggi, dan tidak terdapat karya atau pendapat yang pernah ditulis atau diterbitkan oleh orang lain, kecuali yang secara tertulis dikutip dalam naskah ini dan disebutkan dalam sumber kutipan dan daftar pustaka.

Apabila ternyata di dalam naskah Skripsi ini dapat dibuktikan terdapat unsur-unsur jiplakan, saya bersedia Skripsi dibatalkan, serta diproses sesuai dengan peraturan perundang-undangan yang berlaku (UU No. 20 Tahun 2003, pasal 25 ayat 2 dan pasal 70).

Malang, 2 Februari 2017

Mahasiswa,



Andre Gunawan Nainggolan

NIM. 125060200111063

JUDUL SKRIPSI:

Pengaruh Perbandingan Karbon Aktif dan CuZn terhadap Produktivitas Gas Hidrogen dari Minyak Biji Randu.

Nama Mahasiswa : Andre Gunawan Nainggolan

NIM : 125060200111063

Program Studi : Teknik Mesin

Minat : Teknik Konversi Energi

KOMISI PEMBIMBING

Pembimbing I : Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D.

Pembimbing II : Rudianto Raharjo, ST., MT.

TIM DOSEN PENGUJI

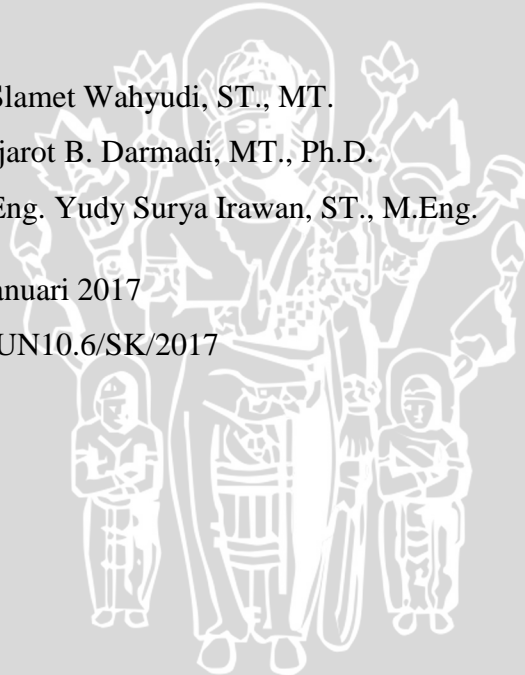
Dosen Penguji 1 : Dr. Slamet Wahyudi, ST., MT.

Dosen Penguji 2 : Ir. Djarot B. Darmadi, MT., Ph.D.

Dosen Penguji 3 : Dr. Eng. Yudy Surya Irawan, ST., M.Eng.

Tanggal Ujian : 25 Januari 2017

SK Penguji : 160/UN10.6/SK/2017



UNIVERSITAS BRAWIJAYA

Teriring Ucapan Terima Kasih kepada:

Ayahanda dan Ibunda tercinta



KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa atas segala limpahan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga skripsi yang berjudul “**Pengaruh Perbandingan Karbon Aktif dan CuZn terhadap Produktifitas Gas Hidrogen dari Minyak Biji Randu**” ini dapat terselesaikan dengan baik.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyelesaian skripsi ini telah dibantu oleh banyak pihak. Oleh sebab itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini:

1. Bapak Prof. Ir. I.N.G. Wardana, M.Eng., Ph.D., selaku pembimbing I skripsi yang telah memberikan ilmu, bimbingan, dan motivasi selama penelitian dan selama penyusunan skripsi ini.
2. Bapak Rudianto Raharjo, ST., MT., selaku pembimbing II skripsi yang telah memberikan bimbingan dan motivasi selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Dr.Eng.Nurkholis Hamidi, ST., M.Eng., selaku Ketua Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya
4. Bapak Purnami, ST., MT., selaku Sekretaris Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
5. Ibu Dr.Eng. Widya Wijayanti, ST., MT., selaku Kepala Program Studi S1 Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
6. Ibu Francisca Gayuh Utami Dewi, ST., MT., selaku Ketua Kelompok Dasar Keahlian Teknik Konversi Energi Jurusan Mesin Fakultas Teknik Universitas Brawijaya.
7. Bapak Ir. Suharto, MT., selaku dosen pembimbing akademik.
8. Segenap Staf Pengajar khususnya dosen-dosen dan jajaran Staf Karyawan Jurusan Teknik Mesin dan Fakultas Teknik.
9. Kedua orangtua yang saya cintai dan sayangi Bapak Binsar Nainggolan dan Ibu Risma Rosdiana Hutasoit yang selalu memberi semangat dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
10. Prof. Hans Schwarz dari University of Regensburg yang telah memberikan beasiswa pendidikan kepada penulis.
11. Rekan-rekan asisten Laboratorium Motor Bakar: Alfian Fatahillah, Rega Sipayung, Alfian Firdiansyah, Fariz, Welly, Fitriyani, Adimas dan Sudarsono.

- repository.ub.ac.id
12. Teman seperjuangan Javier Molya yang telah membantu saat penelitian dan penyusunan skripsi ini.
 13. Rekan-rekan Museum Kopi: Alexander Nainggolan, Yonathan Andik, Tasya Anggun, Cahya, Ade, Rofiq, Agung, Ami, dan Patarina yang telah memberikan dukungan.
 14. Teman-teman Teknik Mesin angkatan 2012 “Admiral” yang selalu memberikan semangat, dukungan dan motivasi dalam menyelesaikan skripsi ini.
 15. Semua pihak yang telah membantu terselesaikannya skripsi ini, yang tidak bisa penulis sebutkan satu-persatu.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan skripsi ini masih jauh dari kesempurnaan, oleh karena itu penulis bersedia menerima kritik yang bersifat membangun di kemudian hari. Semoga dapat memunculkan ide-ide baru, semangat untuk mengembangkan energi alternatif dan bermanfaat bagi semua pihak.

Malang, 2 Februari 2017

Penulis



DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	i
DAFTAR ISI	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
DAFTAR LAMPIRAN	viii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	x
BAB I PENDAHULUAN	
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Batasan Masalah.....	3
1.4 Tujuan Penelitian.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	
2.1 Penelitian Sebelumnya.....	5
2.2 Biji Kapuk.....	5
2.3 Minyak Randu atau Minyak Biji Kapuk.....	7
2.4 Sel Bahan Bakar.....	10
2.5 Hidrogen.....	11
2.6 <i>Steam Reforming</i>	12
2.7 Konsep Mol.....	13
2.8 Laju Reaksi.....	13
2.9 Orde Reaksi.....	14
2.10 Teori Tumbukan.....	14
2.11 <i>Heat Flux</i>	15
2.12 Energi Disosiasi Ikatan.....	16
2.13 Energi Aktivasi.....	16
2.14 Katalis.....	17
2.15 CuZn.....	18



2.16 Karbon aktif.....	18
2.17 Persamaan Arrhenius.....	20
2.18 Kerangka Konsep Penelitian.....	21
2.18.1 Katalis CuZn.....	21
2.18.2 Karbon aktif.....	22
2.19 Hipotesis.....	24

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian.....	25
3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.3 Variabel Penelitian.....	25
3.4 Instalasi Penelitian.....	26
3.5 Peralatan Penelitian.....	27
3.6 Bahan yang digunakan.....	29
3.7 Prosedur Penelitian.....	31
3.8 Reaksi Pencampuran.....	32
3.9 Prosedur Pelaksanaan.....	32
3.10 Diagram Alir Penelitian.....	33

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data.....	35
4.2 Perhitungan Konsentrasi Minyak Randu dan Air.....	35
4.3 Data Hasil Penelitian.....	36
4.4 Pembahasan dan Analisis Grafik.....	37
4.4.1 Analisis Grafik Hubungan Jumlah CuZn terhadap Konsentrasi H ₂	37
4.4.2 Analisis Grafik 2 Percobaan Berbeda terhadap konsentrasi H ₂	38
4.4.3 Analisis Grafik Hubungan Penambahan Karbon Aktif pada CuZn terhadap Konsentrasi Hidrogen.....	39

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

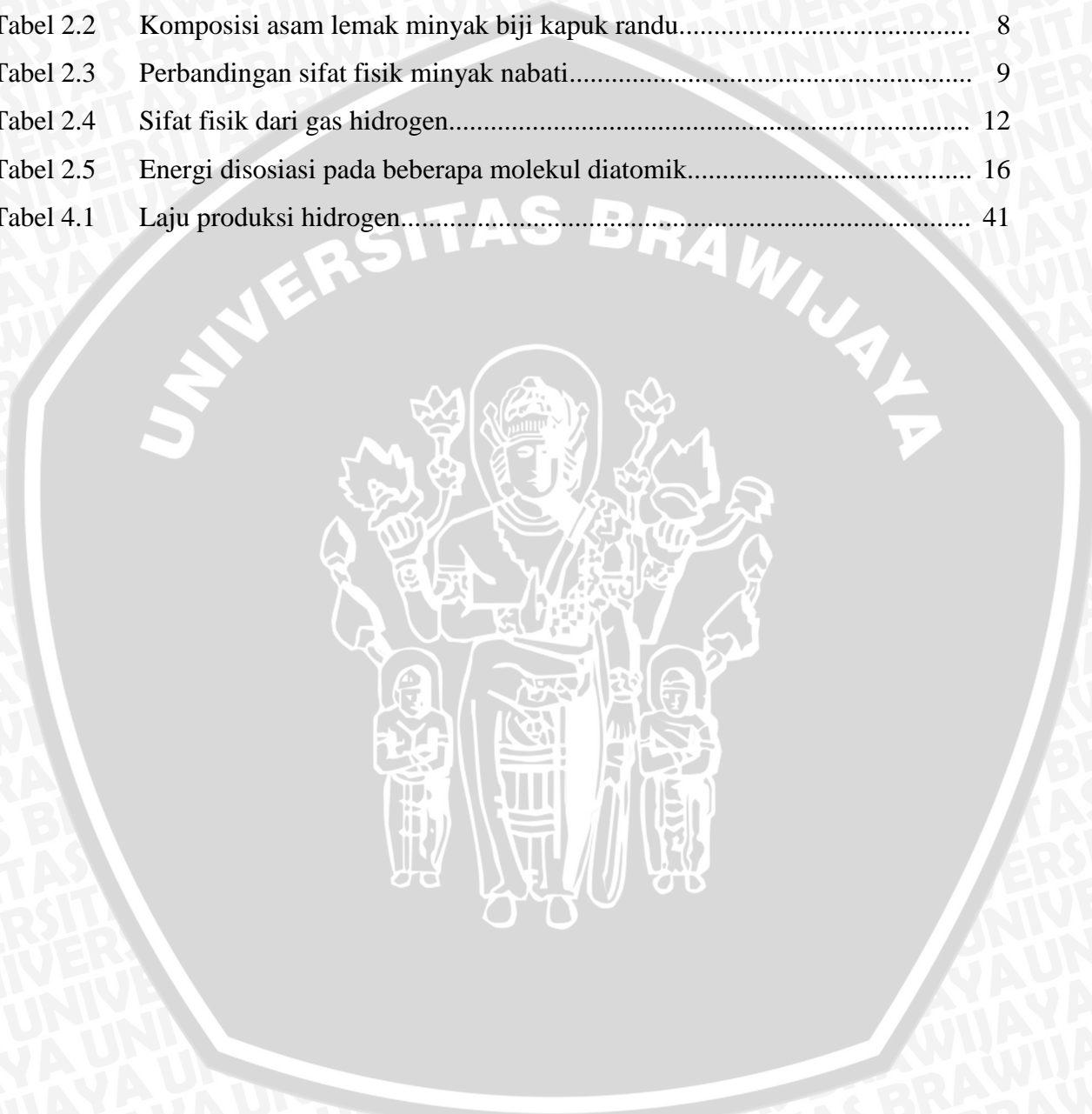
5.1 Kesimpulan.....	45
5.2 Saran.....	46

DAFTAR PUSTAKA	47
-----------------------------	----

LAMPIRAN	49
-----------------------	----

DAFTAR TABEL

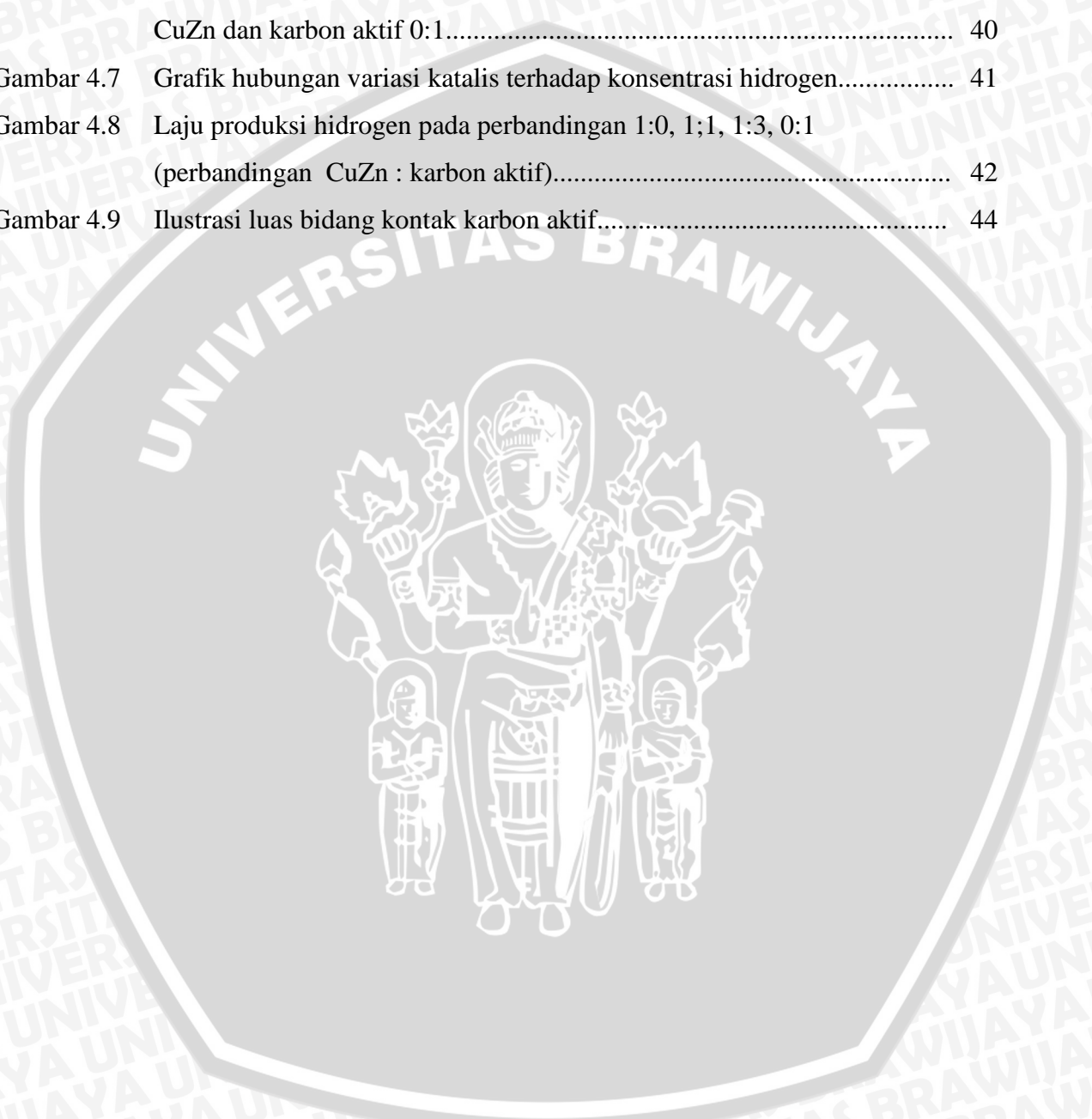
No.	Judul	Halaman
Tabel 2.1	Komposisi penyusun minyak biji randu.....	8
Tabel 2.2	Komposisi asam lemak minyak biji kapuk randu.....	8
Tabel 2.3	Perbandingan sifat fisik minyak nabati.....	9
Tabel 2.4	Sifat fisik dari gas hidrogen.....	12
Tabel 2.5	Energi disosiasi pada beberapa molekul diatomik.....	16
Tabel 4.1	Laju produksi hidrogen.....	41



DAFTAR GAMBAR

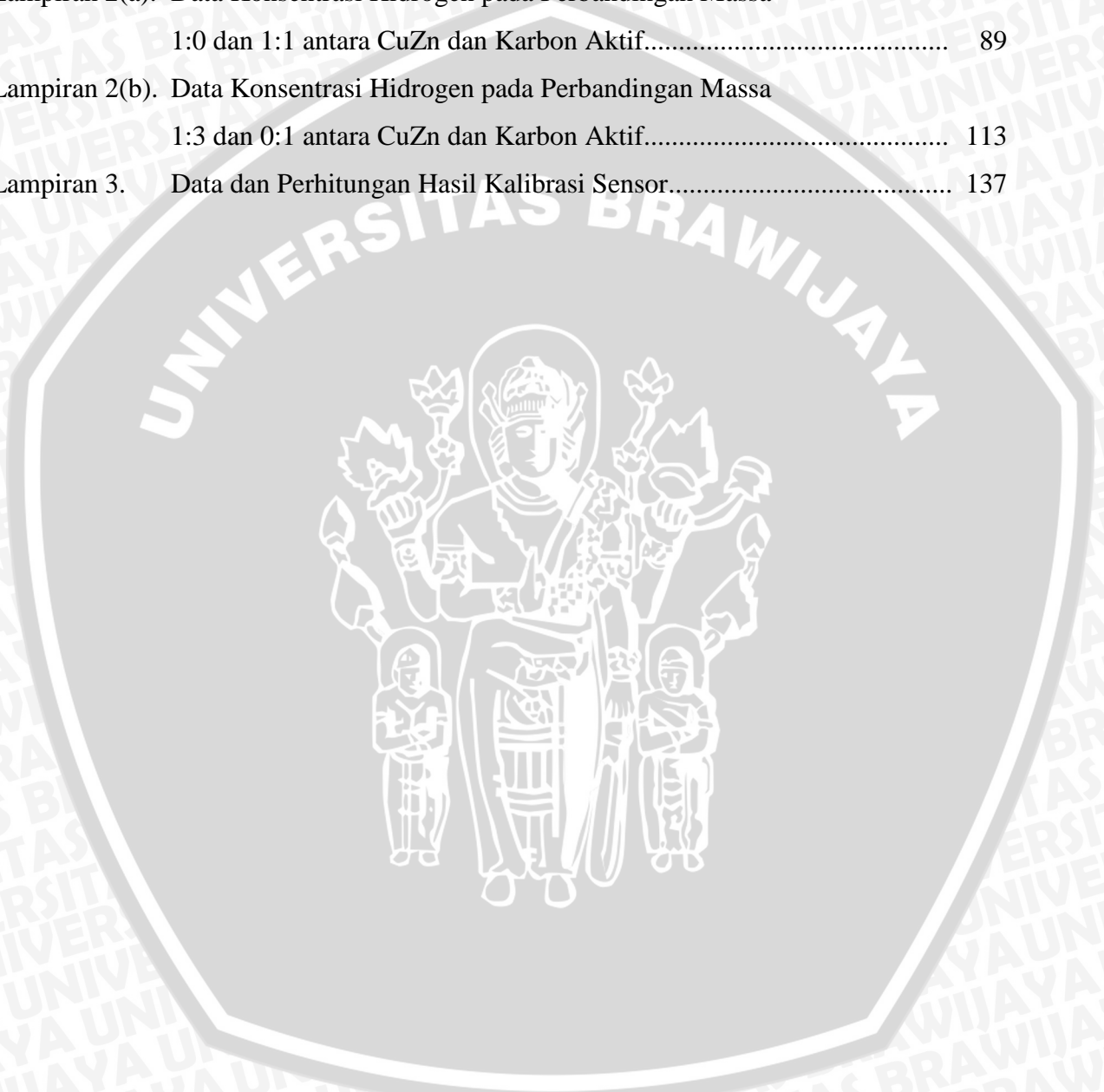
No.	Judul	Halaman
Gambar 2.1	Pohon biji kapuk.....	6
Gambar 2.2	Biji kapuk.....	6
Gambar 2.3	Susunan ikatan molekul trigliserida minyak randu.....	7
Gambar 2.4	Konfigurasi asam Linoleic.....	8
Gambar 2.5	Cadangan biji randu di salah satu pabrik penghasil minyak randu di Pandaan.....	9
Gambar 2.6	Prinsip kerja sel bahan bakar.....	10
Gambar 2.7	Proses <i>steam reforming</i>	12
Gambar 2.8	Konsep tumbukan pada suatu reaksi.....	15
Gambar 2.9	Energi aktivasi dan peran katalis.....	17
Gambar 2.10	Karbon Aktif.....	19
Gambar 2.11	Struktur kimia karbon	19
Gambar 2.12	Ilustrasi gambar skema karbon aktif.....	20
Gambar 2.13	Katalis menarik elektron $C_{18}H_{32}O_2$	21
Gambar 2.14	$(C_{18}H_{32}O_2)^+$ dan $(H_2O)^-$ berbenturan.....	22
Gambar 2.15	Ikatan rangkap berpindah.....	23
Gambar 2.16	Medan magnet dari karbon aktif mengganggu elektron minyak dan air mengorbit pada inti atomnya.....	23
Gambar 2.17	Molekul yang bermuatan tarik menarik.....	24
Gambar 3.1	Instalasi penelitian.....	26
Gambar 3.2	Konfigurasi sensor gas Hidrogen.....	28
Gambar 3.3	Minyak biji randu.....	29
Gambar 3.4	Karbon aktif.....	30
Gambar 3.5	CuZn.....	31
Gambar 3.6	Dimensi CuZn.....	31
Gambar 3.7	Diagram alir penelitian.....	31
Gambar 4.1	Grafik hubungan jumlah CuZn terhadap konsentrasi hidrogen.....	37
Gambar 4.2	Grafik konsentrasi hidrogen pada 2 percobaan berbeda.....	38
Gambar 4.3	Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:0.....	39

Gambar 4.4	Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:1.....	39
Gambar 4.5	Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:3.....	40
Gambar 4.6	Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 0:1.....	40
Gambar 4.7	Grafik hubungan variasi katalis terhadap konsentrasi hidrogen.....	41
Gambar 4.8	Laju produksi hidrogen pada perbandingan 1:0, 1;1, 1:3, 0:1 (perbandingan CuZn : karbon aktif).....	42
Gambar 4.9	Ilustrasi luas bidang kontak karbon aktif.....	44



DAFTAR LAMPIRAN

No.	Judul	Halaman
Lampiran 1.	Data Konsentrasi Hidrogen pada Penggunaan 4 CuZn dan 2 CuZn.....	49
Lampiran 2(a).	Data Konsentrasi Hidrogen pada Perbandingan Massa 1:0 dan 1:1 antara CuZn dan Karbon Aktif.....	89
Lampiran 2(b).	Data Konsentrasi Hidrogen pada Perbandingan Massa 1:3 dan 0:1 antara CuZn dan Karbon Aktif.....	113
Lampiran 3.	Data dan Perhitungan Hasil Kalibrasi Sensor.....	137



RINGKASAN

Andre Gunawan Nainggolan, Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya, Januari 2017, *Pengaruh Perbandingan Karbon Aktif dan CuZn terhadap Produktifitas Gas Hidrogen dari Minyak Biji Randu*, Dosen Pembimbing: I Nyoman Gede Wardana dan Rudianto Raharjo.

Energi merupakan keperluan mendasar dan merupakan hal yang penting bagi kehidupan manusia. Tanpa adanya energi manusia tidak dapat menjalankan aktifitas sehari-hari. Akan tetapi peningkatan kebutuhan energi tidak sejalan dengan ketersediaannya, sehingga akan menimbulkan masalah krisis energi di masa mendatang. Oleh karena itu diperlukan penelitian untuk mengatasi masalah energi.

Sel bahan bakar merupakan teknologi terbaru yang dapat dijadikan energi alternatif. Sel bahan bakar merupakan teknologi elektrokimia yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi energi listrik. Hidrogen itu sendiri dapat diperoleh dengan mengolah minyak nabati melalui proses *steam reforming*. *Steam reforming* adalah reaksi mencampurkan minyak dan air dalam fase uap untuk menghasilkan hidrogen. Salah satu minyak nabati yang dapat digunakan pada *steam reforming* adalah minyak biji randu. Selain ketersediaan yang melimpah, kandungan asam pada minyak biji randu memiliki unsur H sehingga dalam hal ini dapat memproduksi hidrogen dan menjadi sumber energi alternatif.

Pada umumnya penelitian mengenai *steam reforming* menyarankan agar menggunakan katalis CuZn karena sifat dasar Cu dan Zn sebagai logam aktif yang mudah mengikat oksigen dan mudah terdeaktivasi pada suhu tinggi. Akan tetapi CuZn merupakan katalis industri yang sulit untuk didapatkan dan memiliki harga yang relatif mahal. Pada penelitian kali ini akan mengembangkan penggunaan *bio*-katalis yaitu karbon aktif yang mudah untuk didapatkan. Produktifitas gas hidrogen dari minyak biji randu menjadi objek yang diamati.

Variasi perbandingan CuZn dan karbon aktif yang digunakan pada penelitian ini adalah 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1 dengan temperatur uap campuran minyak dan air 200°C dan perbandingan massa antara minyak dan air 3:1. Minyak dan air mula-mula diuapkan secara terpisah pada suhu 200°C. Kemudian uap minyak dan air dialirkan menuju tabung erlenmeyer yang sudah diberi katalis didalamnya. Hasil pencampuran uap minyak dan air akan bereaksi dan membentuk hidrogen. Hidrogen tersebut kemudian oleh sensor mq-8 didapatkan konsentrasi dan diolah untuk mendapatkan laju produksinya.

Hasil yang didapatkan adalah variasi perbandingan CuZn dan karbon aktif 1:3 merupakan variasi yang menghasilkan hidrogen paling tinggi dengan nilai 0,654 ppm/s. Kemudian laju produksi dengan variasi perbandingan CuZn dan karbon aktif 1:0 adalah 0,516 ppm/s, perbandingan 0:1 adalah 0,501 ppm/s dan perbandingan 1:1 adalah 0,141 ppm/s. Dalam hal ini penambahan karbon aktif memiliki pengaruh dalam reaksi dikarenakan luas bidang kontak yang semakin besar dan mempercepat proses pembentukan gas hidrogen.

Kata kunci: *steam reforming*, minyak biji randu, katalis, karbon aktif, laju reaksi

SUMMARY

Andre Gunawan Nainggolan, *Department of Mechanical Engineering, Faculty of Engineering, University of Brawijaya, January 2017, Effect of Variation Activated Carbon and CuZn to the Productivity of Hydrogen Gas from Kapok Seed Oil, Academic Supervisor: I Nyoman Gede Wardana and Rudianto Raharjo.*

Energy is a fundamental and an important thing for human life. Without energy, human can't do their daily activities. But, the increasing need of energy is not balanced with its availability, so that causing energy problem in the future. Therefore, research is needed to solve energy problem.

Fuel cell is a new technology that can be used as alternative energy. Fuel cell is thermochemical technology which convert hydrogen and oxygen into electrical energy. Hydrogen itself can be obtained by processing vegetable oil through a process of steam reforming. Steam reforming is a reaction of mixing oil and water in the vapor phase to produce hydrogen. Vegetable oil such as kapok seed oil can be used in steam reforming process. Besides its availability, acid content in kapok seed oil has Hydrogen atom, so in this case can produce hydrogen as source of alternative energy.

Generally, research of steam reforming suggests to using CuZn as catalyst for the process. Cu and Zn are an activated metal that can be reacted and deactivated with oxygen easily at high temperatures. But, CuZn is an industrial catalyst which has expensive price. In this research, the use of bio-catalyst such as activated carbon which easy to obtain will be developed. The productivity of hydrogen were the object that being observed.

The ratio of activated carbon to CuZn that used in this research are 1:0, 1:1, 1:3, and 0:1. With temperature of the process is 200°C and mass ratio between oil and water is 3:1. Oil and water were evaporated at 200°C into vapor phase. Then the vapor flowed into Erlenmeyer to react with catalyst. The mixture of oil and water will produce hydrogen as the chemical reaction result. The MQ-8 sensor is using to read the concentration and reaction rate of hydrogen.

The result of this research is the ratio 1:3 of CuZn to activated carbon is the highest production of hydrogen. It has value 0,654 ppm/s. Then, the ratio 1:0 of CuZn to activated carbon has value 0,516 ppm/s, the ratio 0:1 has value 0,501 ppm/s and the ratio 1:1 has value 0,141 ppm/s. The addition of activated carbon into the reaction will affect the production due to the improvement of collision factor.

Keywords: *steam reforming, kapok seed oil, catalyst, activated carbon, reaction rate*

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Semakin meningkatnya permintaan BBM berdampak pada krisis energi dimana ketersediaan bahan bakar fosil di Indonesia tidak sebanding dengan konsumsinya. Saat ini cadangan minyak di Indonesia mencapai 3,9 miliar barel (Kurtubi, 2012) yang diperkirakan habis selama 12 tahun kedepan.

Berdasarkan penjelasan diatas maka diperlukan penghematan energi tak terbarukan dan salah satu solusinya adalah mengembangkan sumber energi terbarukan. Indonesia dengan penghasil minyak nabati yang mencukupi mempunyai potensi yang cukup besar terhadap pemecahan masalah energi ini, namun pemanfaatannya belum optimal (EBTKE Conex, 2012). Salah satu teknologi energi baru terbarukan itu yakni teknologi *fuelcell*. Teknologi *fuelcell* adalah suatu alat konversi energi elektrokimia yang mengubah hidrogen dan oksigen menjadi air secara bersamaan menghasilkan energi listrik dan panas dalam prosesnya (Sriyono, 2012). *Fuel cell* merupakan suatu bentuk teknologi yang ramah lingkungan karena hasil konversi yang dihasilkan berupa air dan listrik serta dapat diisi ulang seperti baterai untuk dapat digunakan kembali.

Perkembangan teknologi *fuelcell* menyebabkan meningkatnya kebutuhan hidrogen. Unsur hidrogen sangat melimpah di alam akan tetapi untuk pemenuhan kebutuhan hidrogen dibutuhkan suatu teknologi untuk memproduksinya. *Fuelcell* dalam aplikasinya memiliki keuntungan yang lebih jika dibandingkan dengan *internal combustion engine*, kelebihan tersebut antara lain efisiensi lebih tinggi (kurang lebih 70%) dari pada mesin konvensional, tingkat emisi polutan rendah serta mesin bebas dari bising, getaran, transfer kalor berlebih, pencemaran termal dan masalah lain yang biasanya terdapat pada pembangkit tenaga konvensional (Chang, 2005).

Gas hidrogen biasanya dihasilkan secara industri dari berbagai senyawa hidrokarbon seperti metana melalui *steam reforming*. Gas hidrogen juga dapat dihasilkan dari air melalui proses *elektrolisis*, namun proses ini secara komersial lebih mahal daripada produksi hidrogen dari gas alam. Salah satu bahan alami yang dapat digunakan sebagai material penghasil gas hidrogen adalah minyak biji randu. Biji randu mengandung 24%-40% minyak.

Keberadaan bahan baku yang cukup melimpah merupakan kesempatan besar untuk bisa dikembangkan menjadi pilihan energi alternatif yang di produksi dalam skala komersial. Di kabupaten Pasuruan terdapat perkebunan kapuk randu seluas 12.604 hektar, dengan jumlah 2.048.757 pohon randu dan dapat menghasilkan lebih dari 7900 ton biji randu (Pasuruankab, 2011). Minyak biji randu selama ini hanya digunakan sebagai bahan baku kosmetik, minyak pelumas, campuran *coating* pada genting, campuran pada kain batik, serta sumber protein untuk sapi dan domba.

Pembuatan hidrogen melalui metode *steam reforming* pada dasarnya berlangsung pada suhu yang tinggi dan membutuhkan energi panas yang banyak. Hal ini terjadi dikarenakan proses pemutusan ikatan hidrogen dari bahan dasarnya yaitu minyak biji randu membutuhkan energi aktivasi yang tinggi. Penggunaan katalis pada proses *steam reforming* menjadi diperlukan untuk mempercepat proses pemisahan unsur hidrogen. Katalis yang digunakan dalam hal ini adalah katalis yang memiliki keaktifan dan stabilitas yang tinggi. Pada umumnya penelitian mengenai *steam reforming* menyarankan agar menggunakan katalis CuZn karena sifat dasar Cu dan Zn sebagai logam aktif yang mudah mengikat oksigen dan mudah terdeaktivasi pada suhu tinggi. Akan tetapi CuZn merupakan katalis industri yang sulit untuk didapatkan dan memiliki harga yang relatif mahal.

Pada penelitian kali ini akan mengembangkan penggunaan *bio*-katalis yaitu karbon aktif yang mudah untuk didapatkan. Pada penelitian sebelumnya seperti yang dilakukan oleh Veronika (2015) menunjukkan bahwa semakin gas hasil penguapan campuran minyak biji randu dan air melewati katalis yang lebih banyak akan menghasilkan gas hidrogen yang banyak pula. Pada penelitian ini akan dipakai kombinasi 2 katalis yaitu CuZn dan karbon aktif.

Perbandingan massa CuZn dan karbon aktif divariasikan dalam penelitian ini yaitu perbandingan massa 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1 (massa CuZn : karbon aktif). Hal ini bertujuan untuk mengetahui apakah penambahan katalis karbon aktif dapat mempengaruhi produktifitas gas hidrogen dan apakah karbon aktif dapat digunakan sebagai pengganti katalis industri CuZn yang pada umumnya digunakan sebagai katalis pada proses *steam reforming*. Diharapkan dengan adanya karbon aktif sebagai katalis pada proses *steam reforming* dapat meningkatkan produktifitas hidrogen. Pada penelitian ini juga diharapkan dapat mengetahui perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif yang optimal serta mengetahui laju reaksi pada setiap variasinya.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pengaruh penambahan karbon aktif sebagai katalis dalam proses *steam reforming* terhadap produktifitas gas hidrogen dari hasil campuran minyak randu dan air?
2. Bagaimana pengaruh variasi perbandingan karbon aktif dan CuZn terhadap produktifitas gas hidrogen yang optimal serta terhadap laju reaksi proses *steam reforming* campuran minyak randu dan air?
3. Apakah *bio*-katalis yaitu karbon aktif dapat menggantikan fungsi katalis industri yaitu CuZn sebagai katalis dalam proses *steam reforming*?

1.3 Batasan Masalah

Akibat banyaknya kemungkinan yang terjadi dalam penelitian ini, permasalahan harus dibatasi dan ruang lingkup harus terungkap dengan jelas. Maka penelitian ini difokuskan kepada:

1. Proses pembuatan hidrogen dilakukan menggunakan metode *steam reforming*.
2. Bahan baku yang digunakan sebagai reaktan adalah minyak biji randu (*Ceiba pentandra*).
3. Katalis yang digunakan adalah CuZn dan Karbon aktif.
4. Suhu uap campuran minyak dan air dan katalis dijaga agar tetap konstan yaitu pada suhu 200°C.
5. Produk yang diamati adalah konsentrasi gas hidrogen menggunakan sensor gas hidrogen MQ-8 dengan satuan *part per million* (ppm).

1.4 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan penelitian ini adalah untuk:

1. Menghasilkan bahan bakar gas hidrogen sebagai sumber energi alternatif pengganti bahan bakar minyak.
2. Menganalisis pengaruh penambahan karbon aktif sebagai katalis dalam proses *steam reforming* terhadap produktifitas gas hidrogen dari campuran minyak randu dan air.
3. Memperoleh rasio karbon aktif dan CuZn yang optimal terhadap produktifitas gas hidrogen dan laju reaksi proses *steam reforming* campuran minyak randu dan air.
4. Memperoleh jenis *bio*-katalis (katalis organik) yang dapat dijadikan katalis menggantikan katalis industri CuZn dalam proses *steam reforming*.

1.5 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat penelitian ini adalah:

1. Memberikan solusi terhadap masalah menipisnya ketersediaan bahan bakar fosil (sumber energi tak terbarukan) yaitu sumber energi alternatif yang terbarukan.
2. Memaksimalkan penggunaan minyak biji randu sebagai salah satu penyedia bahan baku untuk memproduksi hidrogen melalui metode *steam reforming*.
3. Memberikan pengetahuan atau wawasan kepada penulis maupun pembaca nantinya mengenai penggunaan karbon aktif sebagai *bio*-katalis.
4. Memberikan pengetahuan atau masukan yang akan diterapkan pada industri yang bergerak di bidang energi terbarukan.



BAB II

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Penelitian Sebelumnya

Sihite (2014), melakukan penelitian mengenai pembuatan hidrogen dari minyak jarak dengan metode *steam reforming*. Metode *steam reforming* digunakan untuk proses pembuatan hidrogen dengan cara menguapkan campuran minyak jarak dan air. Hasil penguapan yang telah bercampur dilewatkan melalui katalis sehingga menghasilkan dan mempercepat produksi hidrogen. Dari penelitian tersebut diperoleh bahwa produksi hidrogen terbanyak didapatkan pada variasi perbandingan minyak jarak dan air adalah 3:1. Dengan menggunakan jumlah katalis yang semakin banyak, didapatkan produksi hidrogen semakin tinggi.

Veronika (2015), melakukan penelitian eksperimental pengaruh penggunaan katalis CuZn terhadap laju dan efisiensi pembentukan hidrogen melalui proses *steam reforming* dengan bahan dasar minyak biji kapuk. Didapatkan hasil penelitian bahwa perbandingan massa minyak dan air 3:1 merupakan perbandingan massa yang memiliki produktivitas hidrogen yang lebih tinggi dibandingkan dengan perbandingan massa 1:1 dan 1:3. Pada penelitian ini dirumuskan bahwa penambahan jumlah katalis akan meningkatkan produktivitas gas hidrogen yang disebabkan oleh semakin tingginya luas bidang kontak katalis dengan campuran uap minyak dan air.

Nada (2014), melakukan penelitian eksperimental pembuatan hidrogen dengan bantuan katalis karbon aktif dengan metode pemanasan konvensional pada variasi suhu 200°C, 225°C, 275°C, 300°C. Pada penelitian ini didapatkan bahwa penggunaan karbon aktif dapat dijadikan katalis untuk menghasilkan hidrogen melalui proses degradasi gliserol dengan pemanasan konvensional. Yield hidrogen tertinggi dicapai pada suhu 225°C dengan berat katalis 3 gram karbon aktif, yaitu 0.05 mol H₂/mol gliserol.

2.2 Biji Kapuk

Pohon kapuk randu atau kapuk merupakan pohon tropis yang tergolong ordo Malvales dan famili Malvaceae, berasal dari bagian utara dari Amerika Selatan, Amerika Tengah dan Karibia. Kata “kapuk” atau “kapok” juga digunakan untuk menyebut serat

yang dihasilkan dari bijinya. Pohon ini dikenal juga sebagai kapas Jawa atau Kapok Jawa, atau pohon kapas sutra, juga disebut sebagai ceiba. Pohon ini tumbuh hingga setinggi 60-70 m dan dapat memiliki batang pohon yang cukup besar hingga mencapai diameter 3 m. Pohon ini banyak ditanam di Asia, terutama di pulau Jawa, Indonesia, Malaysia, Filipina dan Amerika Selatan (Juanda & Cahyono, 2003).



Gambar 2.1 Pohon biji kapuk
Sumber: Kusumawardani (2015)



Gambar 2.2 Biji kapuk
Sumber: Kusumawardani (2015)

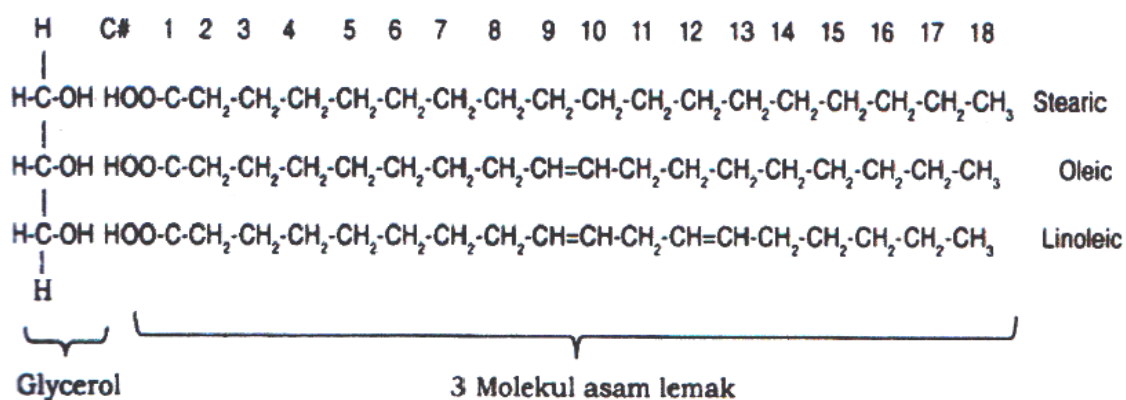
Klasifikasi tanaman biji kapuk:

- Kingdom : Plantae
- Divisi : Magnoliophyta
- Kelas : Magnoliopsida
- Ordo : Malvales
- Famili : Malvaceaea
- Genus : Ceiba
- Spesies : C.pentandra

(Oktaviani dkk, 2014)

2.3 Minyak Randu atau Minyak Biji Kapuk

Biji buah kapuk memiliki kandungan utama minyak sebesar 25,67% sampai 43,64%. Biasanya minyak ini digunakan sebagai bahan baku pada industri makanan dan bahan baku dalam industri pembuatan minyak diesel. Minyak biji kapuk randu (*Ceiba pentandra*) merupakan salah satu jenis minyak nabati. Minyak nabati tersusun dari unsur-unsur C, H, dan O. Minyak biji kapuk randu merupakan campuran triester gliserol dan asam lemak, yang secara umum disebut trigliserida. Asam lemak gliseridnya memiliki 15-20% asam lemak jenuh dan 80-85% asam lemak tak jenuh (Bailey, 1946).



Gambar 2.3 Susunan ikatan molekul trigliserida minyak randu
 Sumber: Wardana (2008,p.38)

Molekul-molekul trigliserida banyak mengandung atom karbon dan hidrogen dengan hanya 6 atom oksigen per molekul. Kandungan pada minyak nabati ini memiliki kesamaan dengan rantai karbon pada bahan bakar petroleum (Wardana, 2008), sehingga dalam hal ini menjelaskan bahwa penggunaan asam lemak dari minyak biji randu dapat dijadikan sebagai bahan bakar.

Asam lemak dapat bersifat jenuh dengan ikatan tunggal pada rantai C-nya, dan dapat bersifat tak jenuh mono dengan 1 buah ikatan rangkap pada rantai karbonnya, atau dapat bersifat tak jenuh poly dengan ikatan rangkap lebih dari satu pada rantai karbonnya. Pada gambar 2.3 diatas ketiga asam lemak memiliki nama yang berbeda tergantung struktur rantai karbonnya. Berikut ini dijelaskan komposisi asam lemak penyusun minyak biji randu.

Tabel 2.1
Komposisi Penyusun Minyak Biji Randu

Komposisi	% berat
Trigliserida	90,5
FFA (<i>Free Fatty Acid</i>)	7,5
Fosfatida	1,5
Material tak tersabunkan	0,5

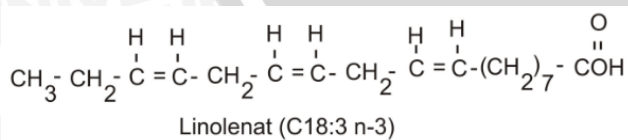
Sumber: Bailey (1996)

Tabel 2.2
Komposisi Asam Lemak Minyak Biji Kapuk Randu

No.	Persen	Retensi Waktu	Jenis Asam Lemak (Trigliserida)
1	0.176	44.669	Asam 9-heksadekanoat
2	24.765	45.112	Asam palmitat
3	0.556	46.553	Asam 2-heksil siklopropanoktanoat
4	0.611	47.328	Asam dekstro kamforat
5	35.107	48.283	Asam 8,11-oktadekadienoat
6	21.623	48.398	Asam elaidat
7	0.649	48.864	Asam stearate
8	1.005	49.659	Asam malvalat
9	2.078	50.316	Asam 2-oktil siklopropanoktanoat
10	0.334	51.386	Asam 2-oktilsiklopropena-1-oktanoat
11	0.805	52.303	Asam arakhidat
12	0.529	55.482	Asam behenat / asam dokosanoat

Sumber: Pengujian Komposisi GC-MS Laboratorium ULP Farmasi UNAIR

Pada Tabel 2.2 diatas ditunjukkan bahwa komposisi utama penyusun minyak randu adalah asam Linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$). Asam linoleat memiliki 3 ikatan rangkap yang terdapat diantara karbon ke-9 dan ke-10, kemudian diantara karbon ke-12 dan ke-13 dan diantara karbon ke-15 dan ke-16 seperti pada gambar 2.4.



Gambar 2.4 Konfigurasi asam Linoleat
Sumber: Arhi (2010)

Menurut Winarno (1991), lemak dan minyak dapat diperoleh dari ekstraksi jaringan hewan atau tanaman dengan tiga cara, yaitu *rendering*, pengepresan (*pressing*), atau dengan pelarut. Minyak biji randu diperoleh kurang lebih 20% dengan cara pengepresan,

ekstraksi pelarut atau kombinasi keduanya. Pengepresan merupakan suatu cara ekstraksi minyak atau lemak, terutama untuk bahan yang berasal dari biji-bijian yang dilakukan secara mekanik. Cara ini dilakukan untuk memisahkan minyak dari bahan yang berkadar minyak tinggi (30-70 persen). Sementara penggunaan pelarut merupakan proses ekstraksi yang digunakan pada bahan yang kandungan minyaknya rendah. Lemak atau minyak dalam bahan dilarutkan dengan pelarut.

Minyak biji kapuk memiliki beberapa keunggulan untuk dijadikan sebagai bahan baku penghasil energi alternatif yang terbarukan, yakni salah satunya sebagai penghasil hidrogen. Keunggulan tersebut adalah antara lain:

1. Biji kapuk mengandung 25,67% sampai 43,64% berat minyak.
2. Bahan bakunya mudah didapat karena masa panennya 6 bulan sekali.
3. Harganya relatif murah (Rp. 1000/kg biji).
4. Kadar asam lemak tak jenuhnya relatif tinggi (80-85%).
5. Mempunyai bilangan iodine sebesar 88g/g.

(Dewajani, 2008)

Tabel 2.3
Perbandingan Sifat Fisik Minyak Nabati

Karakteristik	Minyak Randu	Minyak Jarak	Minyak Sawit
Massa Jenis (kg/m^3)	960 – 970	900 – 910	910 – 920
Viskositas Kinematik (cSt)	46 – 50	30 – 36	30 – 36
Nilai Kalor (kkal/kg)	8000 – 8100	8300 – 8400	8300 – 8500
Titik Nyala ($^{\circ}\text{C}$)	220 – 229	229 – 235	225 – 232

Sumber : Balittas Litbang (2013:352-354)



(a)



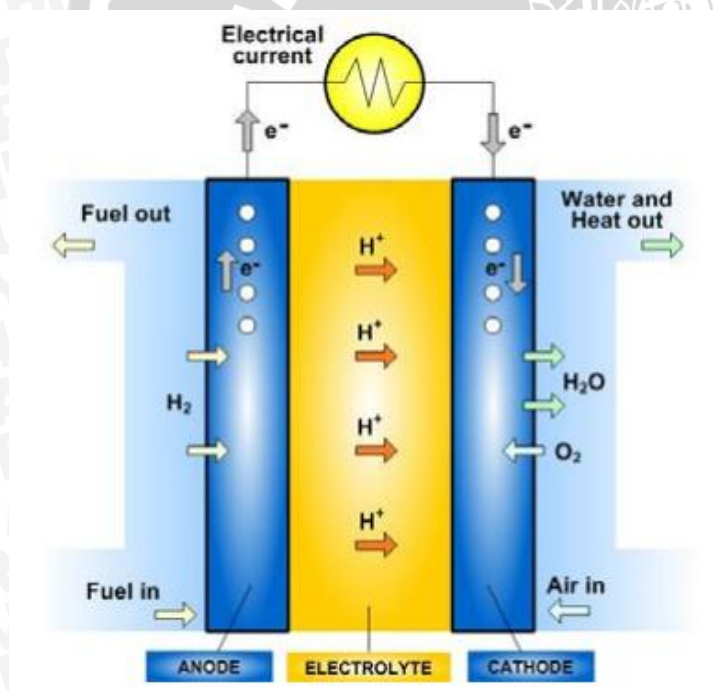
(b)

Gambar 2.5 Cadangan biji randu di salah satu pabrik penghasil minyak randu di Pandaan

2.4 Sel Bahan Bakar

Sel bahan bakar adalah alat konversi elektrokimia yang secara kontinyu mengubah energi kimia dari bahan bakar dan oksidan menjadi energi listrik. Sumber energi kimia sel bahan bakar adalah segala macam bahan bakar gas dan oksidan yang dapat dioksidasi dan direduksi secara elektrokimia, namun pada umumnya adalah hidrogen. Hidrogen memiliki reaktifitas elektrokimia yang tinggi serta dapat dihasilkan dari hidrokarbon, alkohol, atau batubara. Sedangkan oksidan yang digunakan adalah oksigen.

Sel bahan bakar memiliki potensi menjadi energi alternatif di masa depan. Tingginya efisiensi serta rendah polutan yang dihasilkan merupakan keunggulannya. Hal ini disebabkan oleh konversi energi terjadi secara langsung dari energi kimia menjadi energi listrik, dan tidak menghasilkan energi kalor dan mekanik seperti pada pembangkit konvensional. Selain itu energi listrik pada sel bahan bakar dihasilkan dari reaksi elektrokimia sehingga polutan yang dihasilkan relatif rendah (Ismail, 2008).



Gambar 2.6 Prinsip kerja sel bahan bakar
Sumber: Green spec (2003)

Prinsip kerja sebuah sel bahan bakar dapat diilustrasikan pada gambar 2.6 dimana terdapat 2 elektroda yaitu anoda dan katoda diantara elektrolit yang terpisah satu sama lain. Bahan bakar, dalam hal ini hidrogen akan dialirkan ke permukaan anoda dan secara bersamaan oksigen yang berasal dari udara bebas, dialirkan ke permukaan katoda.

Hydrogen (H_2) yang menyentuh permukaan anoda akan bereaksi secara kimia (reduksi), menghasilkan ion Hidrogen (H^+) dan elektron (e). Sedangkan di katoda terjadi reaksi kimia (oksidasi) dimana oksigen (O_2) diubah menjadi ion. Ion hidrogen (H^+) akan bergerak dari permukaan anoda menuju katoda melalui elektrolit. Sedangkan elektron di anoda bergerak melalui kawat yang dihubungkan beban sirkuit di luar yang akhirnya menuju katoda. Ion Hidrogen dan elektron akan mengalami reaksi kimia dengan oksigen di katoda maka pada permukaannya akan menghasilkan air (H_2O) dan panas sebagai efek dari reaksi tersebut.

2.5 Hidrogen

Hidrogen berasal dari bahasa Latin “*hydrogenium*” dan dari bahasa Yunani: “*hydro*” yang memiliki arti: air dan “*genes*” yang memiliki arti: membentuk. Hidrogen merupakan unsur kimia yang memiliki simbol H dengan nomor atom 1. Pada suhu dan tekanan standar, hidrogen tidak berwarna, tidak berbau, bersifat non-logam, bervalensi tunggal, dan merupakan gas diatomik yang sangat mudah terbakar. Hidrogen merupakan unsur teringan di alam dengan massa atom 1,00794 amu (Simpson & Weiner, 1989).

Hidrogen merupakan unsur paling melimpah dengan persentase kira-kira 75% dari total massa unsur yang ada di alam semesta. Pada umumnya bintang tersusun oleh hidrogen dalam keadaan plasma. Senyawa hidrogen relatif jarang ditemukan secara alami di bumi. Sebanyak 95 persen hidrogen yang digunakan saat ini berasal dari pemrosesan gas alam, sementara sisanya diproduksi secara elektrolisa (Stewart, 2012). Pada umumnya pembuatan hidrogen terbagi dalam 4 metode, yaitu *steam reforming*, oksidasi parsial, gasifikasi, dan *elektrolisis* air.

Di alam, unsur hidrogen paling mudah ditemukan pada senyawa air dan senyawa organik. Bersama molekul oksigen keduanya berperan membentuk molekul air. Hal mendasar yang paling membedakan hidrogen dengan sumber energi lain yakni sifatnya sebagai *energy carier* (pembawa energi) seperti halnya energi listrik dan bukan sebagai *energy source* (sumber energi) seperti sumber energi fosil. Oleh karena sifatnya sebagai pembawa energi, maka di alam hidrogen tidak terdapat dalam molekul bebasnya sehingga tidak dapat ditambang seperti energi fosil.

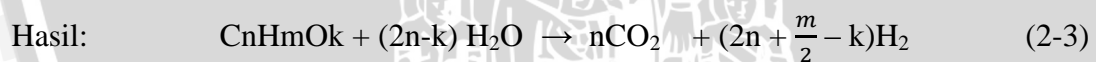
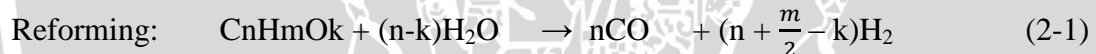
Tabel 2.4
Sifat Fisik dari Gas Hidrogen

Sifat	Hidrogen
Warna	Tidak berwarna
Fase	Gas
Titik lebur	13,99 K atau -259,16°C
Titik didih	20,271 K atau -252,879°C
Densitas	0,08988 gr/L pada (0°C dan 101,325 kPa)
Nilai kalor	28,836

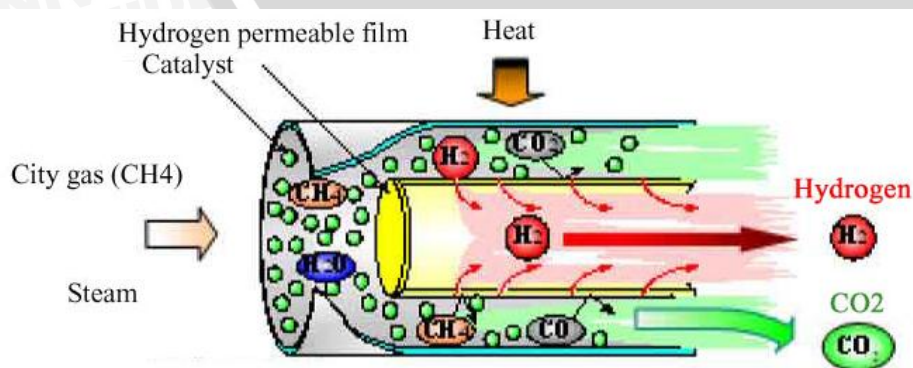
Sumber: Othmer, K (1967)

2.6 Steam reforming

Steam reforming adalah metode untuk memisahkan unsur hidrogen dari rantai karbon ataupun dari ikatan asam lemak bahan dasarnya. Pada umumnya proses ini dilakukan pada suhu 650-1000°C, pada tekanan 100-700 psig. Proses *steam reforming* juga menghasilkan hasil samping berupa gas karbon dioksida (CO₂), karbon monoksida (CO), dan *syn-gas* (CO+H₂) yang pada beberapa *plant* berguna sebagai bahan baku. Tahapan yang terjadi adalah reaksi *reforming*, reaksi pergeseran CO, dan pemurnian hasil. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut:



Proses *steam reforming* terjadi dalam perangkat pengolahan yang disebut *reformer* yang bereaksi dengan uap pada suhu tinggi dengan suatu bahan alam. Pembaharuan uap metana secara luas digunakan dalam industri untuk membuat hidrogen.



Gambar 2.7 Proses *steam reforming*
Sumber: Kantola, 2009

2.7 Konsep Mol

Mol (n) adalah yaitu konsep untuk menentukan jumlah atom pada suatu zat yang diberi satuan mol. Suatu unsur akan berjumlah 1 mol, jika unsur itu mengandung $6,02 \times 10^{23}$ butir atom. Mol dapat dirumuskan sebagai:

$$n = \frac{\text{massa unsur}}{Ar \text{ unsur}} \quad (2-4)$$

$$n = \frac{\text{massa molekul}}{Mr \text{ molekul}} \quad (2-5)$$

dengan:

Ar = massa atom relatif

Mr = massa molekul relatif

2.8 Laju Reaksi

Laju reaksi adalah laju penurunan reaktan (pereaksi) atau laju bertambahnya produk (hasil reaksi). Laju reaksi dapat menggambarkan cepat lambatnya suatu reaksi kimia, sedangkan reaksi kimia merupakan proses mengubah suatu zat (pereaksi) menjadi zat baru yang disebut sebagai produk.

Secara umum laju reaksi dapat dirumuskan dalam persamaan berikut:

$$V = \frac{\Delta[M]}{t} \quad (2-6)$$

dengan:

V = laju reaksi (mol/detik)

$\Delta[M]$ = penambahan konsentrasi hasil reaksi (mol)

t = waktu (detik)

Laju reaksi dipengaruhi oleh beberapa faktor antara lain:

a. Suhu

Kenaikan suhu dapat mempercepat laju reaksi karena dengan naiknya suhu, energi kinetik partikel zat-zat meningkat sehingga memungkinkan semakin banyaknya tumbukan efektif yang menghasilkan reaksi.

b. Konsentrasi

Konsentrasi mempengaruhi laju reaksi, karena banyaknya partikel memungkinkan lebih banyak tumbukan dan membuka peluang semakin banyak tumbukan efektif yang menghasilkan reaksi.

c. Luas permukaan sentuh

Luas permukaan mempercepat laju reaksi karena semakin luas permukaan zat, semakin banyak bagian zat yang saling bertumbukan dan semakin besar peluang adanya tumbukan efektif yang menghasilkan reaksi. Semakin kecil ukuran partikel zat, semakin luas permukaan zat sehingga reaksi akan berlangsung lebih cepat.

d. Katalis

Katalis adalah suatu zat yang mempercepat laju reaksi kimia pada suhu tertentu, tanpa mengalami perubahan atau terpakai oleh reaksi itu sendiri. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu lebih rendah sehingga membutuhkan energi aktivasi lebih rendah sehingga energi yang dibutuhkan untuk bereaksi menurun dan reaksi dapat berlangsung lebih cepat.

(Fakultas Teknologi Pangan Universitas Brawijaya [FTP-UB], 2012)

2.9 Orde reaksi

Orde reaksi merupakan jumlah pangkat konsentrasi-konsentrasi yang menghasilkan suatu garis lurus. Persamaan umum kinetika reaksi adalah sebagai berikut:

$$\frac{dA}{dt} = k[A]^n \quad (2-7)$$

dengan:

$$\frac{dA}{dt} = \text{laju reaksi A}$$

$$k = \text{konstanta laju reaksi A}$$

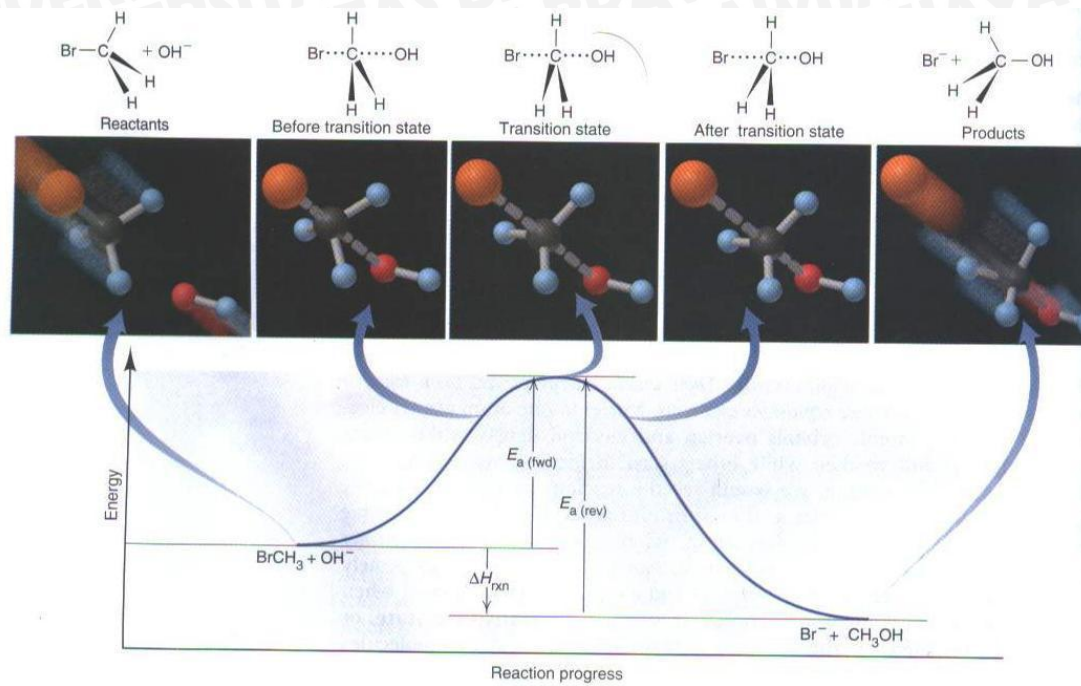
$$[A] = \text{konsentrasi A}$$

$$n = \text{orde reaksi}$$

2.10 Teori Tumbukan

Reaksi terjadi akibat adanya molekul reaktan yang bertumbukan. Tumbukan antar molekul yang memiliki tingkat energi yang tinggi akan menyebabkan terganggunya gaya tarik-menarik antar molekul, sehingga terbentuk suatu ikatan molekul yang baru.

Secara struktural, molekul mempunyai suatu bagian (gugus) yang bersifat labil. Jika tingkat energi pada gugus yang labil tersebut ditingkatkan yaitu dengan meningkatkan suhu, maka akan terjadi reaksi dengan melepaskan kelebihan energi sehingga diperoleh tingkat energi baru yang lebih rendah atau lebih stabil.



Gambar 2.8 Konsep tumbukan pada suatu reaksi
 Sumber: (Fakultas Teknologi Pangan Universitas Brawijaya [FTP-UB], 2012)

2.11 Heat Flux

Heat flux berkaitan dengan konduksi, yaitu perpindahan panas yang diakibatkan adanya interaksi antar partikel. Energi panas berpindah akibat persentuhan/ kontak antar molekul terutama pada benda padat. Sedangkan *heat fluks* adalah laju panas per satuan luas permukaan yang tegak lurus dengan arah perpindahan panas/kalor (W/m^2).

$$\text{Heat flux} = \frac{\text{Daya yang digunakan}}{\text{Luas area yang terkena panas}} \quad (2-8)$$

Dalam perhitungan *heat flux* berguna untuk menghitung nilai efisiensi dari produksi hidrogen yang dihasilkan dalam proses *steam reforming*. Nilai efisiensi didapatkan dari rumusan dibawah ini:

$$\text{Efisiensi} = \frac{Q_{\text{hidrogen}}}{Q_{\text{total}}} \quad (2-9)$$

$$Q_{\text{total}} = Q_{\text{m.randu}} + \text{Daya}_{\text{total}} \quad (2-10)$$

dengan:

$$Q = \text{energi panas (kkal)}$$

2.12 Energi Disosiasi Ikatan

Energi disosiasi ikatan adalah jumlah energi yang dibutuhkan untuk memutuskan satu mol ikatan kimia. Kekuatan suatu ikatan kimia ditentukan oleh energi disosiasi ikatan yang besarnya tergantung pada sifat ikatan antar atom-atom. Ikatan rangkap lebih kuat daripada ikatan tunggal, ikatan *tripel* lebih kuat daripada ikatan rangkap dan begitu seterusnya. Semakin kuat suatu ikatan, akan semakin pendek jarak ikatannya. Hal ini sesuai dengan hukum Newton bahwa “besar gaya tarik menarik dua buah massa berbanding terbalik dengan jaraknya”. Jadi semakin pendek jarak antar atom maka gaya tarik menarik atau gaya ikatan molekul akan lebih kuat.

Berikut ini dijelaskan beberapa contoh energi yang diperlukan untuk melepaskan ikatan kimia pada molekul diatomik.

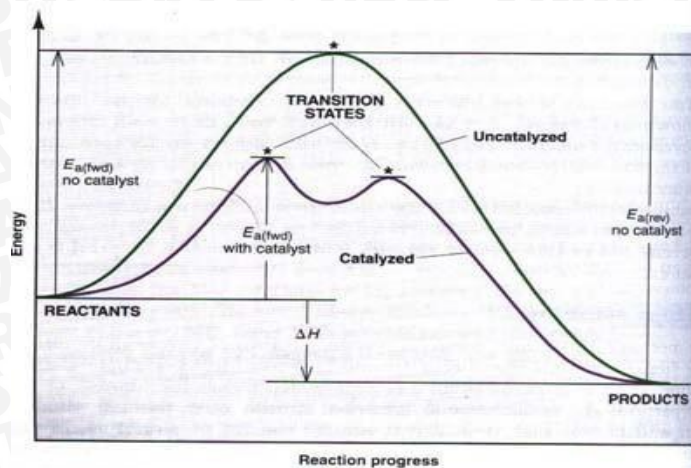
Tabel 2.5
Energi Disosiasi pada Beberapa Molekul Diatomik

Ikatan	Energi Disosiasi (kJ/mol)
H-H	435
H-C	414
H-O	464
C-C	347
C=C	611
C-O	360
C=O	736

Sumber: Wardana (2008,p.6)

2.13 Energi Aktivasi

Energi aktivasi adalah energi minimum yang diperlukan untuk melangsungkan terjadinya suatu reaksi. Di dalam reaksi kimia, ikatan-ikatan diputus dengan sejumlah energi dan membentuk ikatan-ikatan baru yang melepaskan sejumlah energi. Umumnya, ikatan-ikatan harus diputuskan sebelum ikatan yang baru terbentuk. Energi aktivasi dilibatkan dalam pemutusan beberapa ikatan-ikatan tersebut. Ketika tabrakan-tabrakan antar molekul relatif lemah dan tidak cukup energi untuk memulai proses pemutusan ikatan mengakibatkan molekul-molekul tersebut tidak bereaksi.



Gambar 2.9 Energi aktivasi dan peran katalis

Sumber: Kurniawati (2012)

Setiap proses kimia tidak selalu mempunyai energi aktivasi yang sama, beberapa proses kimia memerlukan energi aktivasi yang tinggi. Jika molekul-molekul bertabrakan dengan energi yang lebih rendah dari energi aktivasi, maka reaksi tidak akan terjadi. Molekul-molekul tersebut akan kembali ke keadaan semula. Dengan adanya katalis, dapat membuat energi aktivasi yang tinggi tersebut menjadi lebih rendah, sehingga proses kimia bisa terjadi.

2.14 Katalis

Katalis merupakan suatu zat yang digunakan untuk mempercepat laju reaksi kimia. Katalis memungkinkan reaksi berlangsung pada suhu lebih rendah sehingga energi aktivasi yang dibutuhkan menjadi lebih rendah dan energi yang dibutuhkan untuk bereaksi menurun. Hal ini mengakibatkan reaksi dapat berlangsung lebih cepat.

Katalis dibedakan menjadi katalis homogen dan katalis heterogen. Katalis heterogen adalah katalis yang berada dalam fase berbeda dengan pereaksi, sedangkan katalis homogen berada dalam fase yang sama.

Katalis bekerja dengan cara mengganggu ikatan kimia reaktan sehingga elektron dari substrat reaktan untuk sementara terperangkap. Ikatan kimia molekul reaktan menjadi lemah sehingga memungkinkan terbentuknya ikatan yang baru. Ikatan antara produk dan katalis akhirnya lepas akibat gaya antar molekul yang lemah. Berikut ini digambarkan skema umum reaksi katalitik, di mana C melambangkan katalisnya:



Meskipun katalis (C) bereaksi pada Persamaan (2-11), namun selanjutnya dihasilkan kembali oleh reaksi kedua pada Persamaan (2-12), sehingga untuk reaksi keseluruhannya menjadi:



2.15 CuZn

Pada penelitian (Adityo,2011) menggunakan katalis CuZn untuk membantu proses produksi gas hidrogen. Sifat dasar Cu dan Zn mudah mengalami korosi, yakni mengikat oksigen. Sehingga katalis membantu proses penguraian asam lemak dari bahan produksi yaitu minyak randu yang dipanaskan dalam *reformer*. Hal ini menyebabkan pembentukan hidrogen berlangsung lebih cepat. Katalis yang digunakan menyerupai batu api pemantik korek, berbentuk silindris diameter 1,5 - 2 milimeter dengan panjang 2 – 3 milimeter. Mengikat oksigen efektif pada temperatur 180 - 260°C dengan ketahanan hingga 450°C, pada temperatur selanjutnya katalis akan melumer.

Berbagai unsur telah digunakan untuk memperbaiki sifat kimia katalis. Sehingga kinerja katalis CuZn dalam penggunaannya dapat disesuaikan dengan kebutuhan. Beberapa unsur yang dapat ditambahkan antara lain aluminium, silika, zirkonium dan krom.

2.16 Karbon aktif

Karbon aktif merupakan adsorben yang digunakan untuk membantu mempercepat terjadinya reaksi. Karbon memiliki luas permukaan dan daya serap (*adsorpsi*) yang lebih baik dibandingkan adsorben lainnya (Walas, 1990).

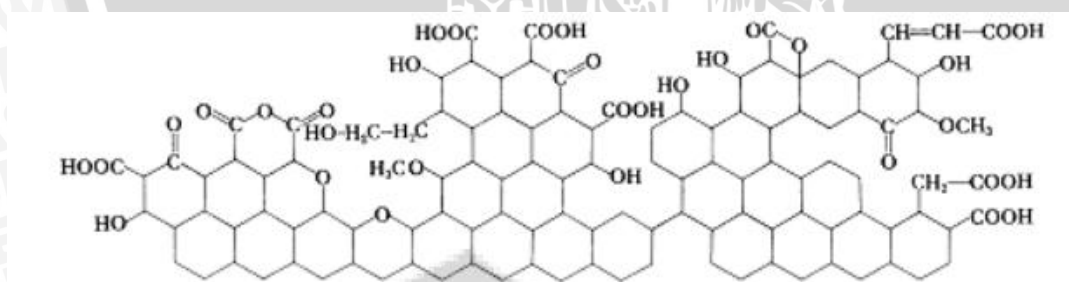
Menurut Sundibandriyo *dkk* (2003), karbon aktif dengan luas area permukaan yang besar memiliki daya adsorpsi yang besar juga. Karbon aktif adalah senyawa karbon yang telah ditingkatkan daya adsorpsinya dengan proses aktivasi, yaitu suatu perlakuan terhadap karbon yang bertujuan memperbesar pori. Proses aktivasi dilakukan dengan cara memecahkan ikatan hidrokarbon atau mengoksidasi molekul-molekul permukaan sehingga karbon mengalami perubahan sifat, baik kimia maupun fisik, memiliki luas permukaan aktif yang lebih besar dan berpengaruh terhadap daya adsorpsinya.



Gambar 2.10 Karbon Aktif

Metoda aktivasi pada pembuatan karbon aktif adalah aktivasi kimia yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan menggunakan bahan-bahan kimia, dan dengan aktivasi fisika yaitu proses pemutusan rantai karbon dari senyawa organik dengan bantuan panas, uap, dan CO_2 .

Proses aktivasi pada karbon aktif akan membentuk struktur pori-pori baru yang semakin membesar dikarenakan adanya pengikisan atom karbon melalui proses oksidasi ataupun pemanasan. Dengan semakin besarnya pori-pori yang terbentuk dari karbon aktif, maka daya adsorpsi-nya semakin lebih besar. Ilustrasi struktur kimia karbon aktif dapat dilihat pada gambar 2.11.

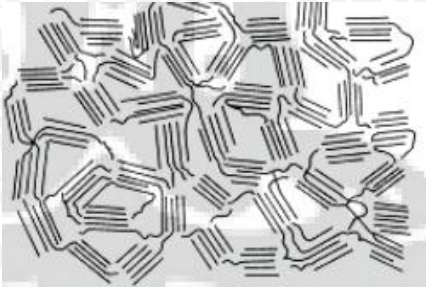


Gambar 2.11 Struktur kimia karbon aktif
Sumber: Sudibandriyo (2013)

Menurut Prabowo (2009) karbon aktif terdiri dari 87% - 97 % karbon dan sisanya berupa hidrogen, oksigen, sulfur, nitrogen serta senyawa lain yang terbentuk dari proses pembuatannya. Volume karbon aktif biasanya $0,2 \text{ cm}^3/\text{gram}$ sampai $1 \text{ cm}^3/\text{gram}$. Sedangkan luas permukaan yang dimiliki karbon aktif $300 \text{ m}^2/\text{gram}$ sampai $3000 \text{ m}^2/\text{gram}$.

Karbon aktif yang baik harus memiliki luas permukaan yang besar sehingga daya adsorbsinya juga semakin besar.

Karbon aktif memiliki bentuk yang amorf terdiri dari pelat-pelat datar dimana atom-atom karbonnya terikat dan tersusun secara kovalen dalam tatanan atom-atom hexagonal. Skema struktur karbon aktif dapat dilihat pada *Gambar 2.12*.



Gambar 2.12 Ilustrasi gambar skema karbon aktif
Sumber: Sudibandriyo (2013)

2.17 Persamaan Arrhenius

Hubungan laju reaksi dengan temperature dan *collision factor* dapat dinyatakan melalui turunan rumus berikut ini:

- Persamaan *Adsorption Rate* adalah sebagai berikut:

$$R_{ads} = k \times P^x \quad (2-14)$$

- Dengan persamaan laju reaksi yang dipakai adalah Persamaan Arrhenius, maka:

$$k = A \times e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (2-15)$$

- Dari Persamaan (2.17) dan Persamaan (2.18), maka *Adsorption Rate* menjadi

$$R_{ads} = k \times P^x \quad (2-16)$$

$$R_{ads} = P^x \times A \times e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (2-17)$$

dengan:

R_{ads} = adsorption rate

P = partial pressure

x = kinetik order

A = collision factor atau frequency factor

e = bilangan natural

Ea = energi aktivasi

R = tetapan gas

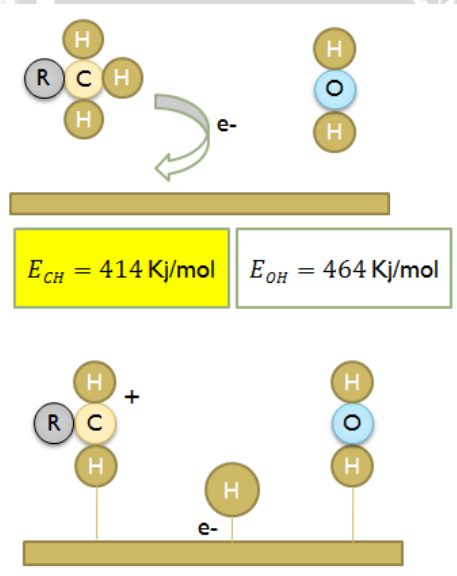
T = suhu reaksi

2.18 Kerangka Konsep Penelitian

Reaksi antara minyak randu dan air berlangsung pada fase uap dengan suhu 200°C, sesuai dengan variabel penelitian. Secara teori reaksi ini akan berlangsung lebih cepat dengan adanya penambahan katalis CuZn maupun karbon aktif. Katalis bekerja dengan konsep menurunkan energi aktivasi reaksi atau dengan cara mengganggu keseimbangan ikatan molekul awal dari minyak randu. Berikut ini dijelaskan fenomena yang terjadi pada pelepasan ikatan atom dalam reaksi.

2.18.1 Katalis CuZn

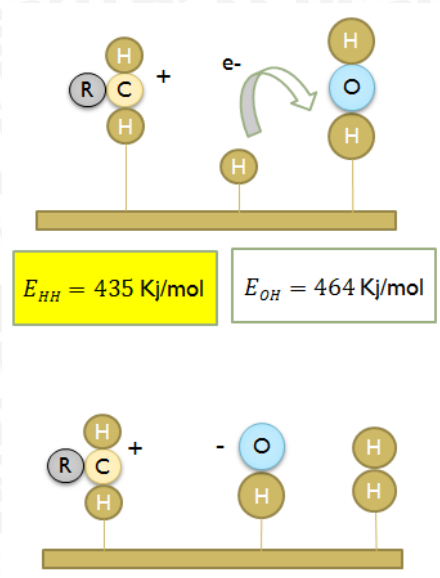
CuZn memiliki ukuran inti atom yang lebih besar dibandingkan unsur-unsur penyusun minyak biji randu. Cu memiliki nomor atom 29, Zn memiliki nomor atom 30, C memiliki nomor atom 6, dan H memiliki nomor atom 1. Perbedaan ukuran inti atom pada masing-masing unsur menyebabkan adanya perbedaan potensial. Inti atom yang lebih besar cenderung bersifat positif dan cenderung untuk menarik elektron sedangkan inti atom yang lebih kecil bersifat lebih negatif.



Gambar 2.13 CuZn menarik elektron $C_{18}H_{32}O_2$

Pertama-tama terdapat adanya beda potensial antara CuZn dengan asam Linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$) minyak randu. $C_{18}H_{32}O_2$ memiliki potensial lebih negatif sedangkan CuZn lebih positif. Akibat adanya beda potensial tersebut maka elektron berpindah dari $C_{18}H_{32}O_2$ menuju CuZn sehingga minyak randu menjadi kekurangan elektron atau kelebihan proton (+). Dengan demikian minyak randu menjadi bermuatan positif, $(C_{18}H_{32}O_2)^+$.

Kemudian karena CuZn juga memiliki beda potensial dengan O₂, yaitu katalis berpotensi lebih negatif daripada O₂ maka elektron akan pindah dari CuZn ke oksigen dan membentuk satu atom H dari H₂O. Dalam hal ini akan terbentuk satu ikatan H-H dengan energi disosiasi E_{H-H} = 435 kJ/mol sementara oksigen menjadi kelebihan elektron sehingga bermuatan negatif (O₂)⁻. Karena perbedaan muatan antara minyak randu yang positif dan oksigen yang negatif maka kedua molekul ini akan saling tarik menarik dan bereaksi.

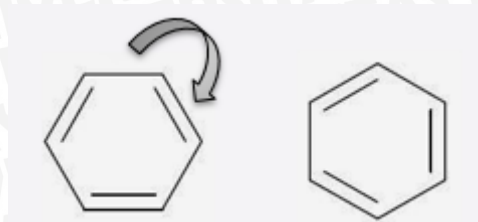


Gambar 2.14 (C₁₈H₃₂O₂)⁺ dan (H₂O)⁻ berbenturan

Fenomena tersebut akan terjadi berulang kali dalam tahap yang sama sampai atom H dalam air maupun pada rantai asam lemak pada minyak randu habis bereaksi. Dalam kasus lain elektron yang ditarik katalis lebih dari satu ikatan sehingga atom-atom bisa lepas dari molekulnya akibat kehilangan elektron pengikatnya.

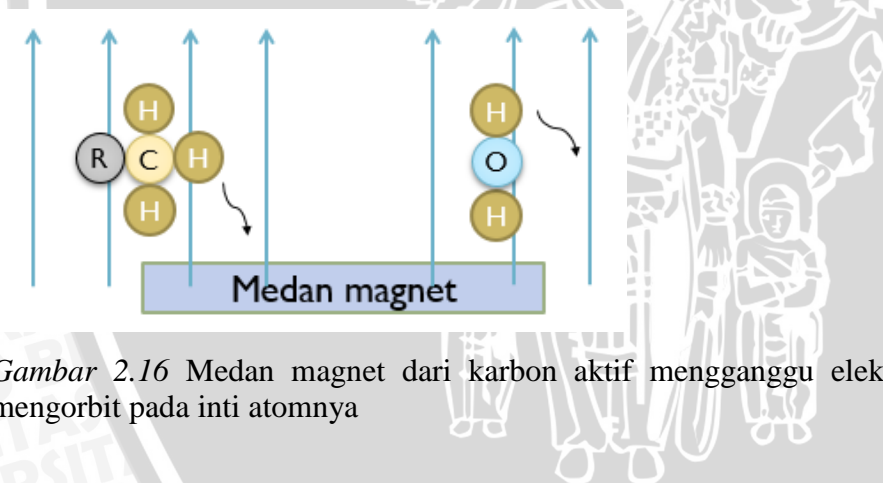
2.18.2 Karbon aktif

Karbon aktif memiliki cara kerja yang berbeda dengan CuZn. Karbon aktif bekerja dengan membentuk medan magnet yang terjadi akibat berpindahnya elektron dari ikatan rangkap menuju ikatan tunggal secara terus menerus. Karbon aktif tersusun atas unsur C yang tersusun secara kovalen dengan 6 ikatan karbon berbentuk hexagonal. Dari segi bentuk, struktur karbon aktif memiliki kesamaan dengan ikatan karbon benzene (C₆H₆) yang ditemukan oleh Friedrich August (1872). Karbon aktif memiliki tiga ikatan rangkap dan tiga ikatan tunggal yang tersusun berselang-seling. Ikatan rangkap memiliki sifat tidak terlokalisasi pada ikatan tertentu atau dapat berpindah secara terus menerus.



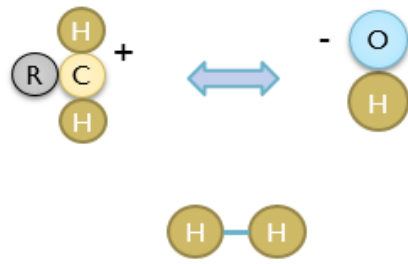
Gambar 2.15 Ikatan rangkap berpindah

Fenomena berpindahnya ikatan rangkap tersebut merupakan lepasnya elektron pada ikatan rangkap karbon dan elektron tersebut berpindah menuju ikatan tunggal untuk membentuk ikatan rangkap karbon yang baru. Perpindahan elektron tersebut terjadi secara terus menerus dan membentuk suatu resonansi lompatan elektron. Lompatan elektron yang terjadi terus menerus merupakan aliran listrik (muatan yang bergerak), sehingga menimbulkan medan magnet (Oersted, 1820). Medan magnet dapat terjadi dipengaruhi oleh putaran arus listrik yang terjadi akibat dirinya sendiri yang dalam hal ini terjadi akibat berpindahnya elektron ikatan karbon secara terus menerus.



Gambar 2.16 Medan magnet dari karbon aktif mengganggu elektron minyak dan air mengorbit pada inti atomnya

Medan magnet yang ditimbulkan karbon aktif dapat mengganggu elektron dari minyak randu dan air untuk mengorbit pada inti atomnya. Dari banyak hasil penelitian, medan magnet lemah bisa menyebabkan orbit elektron pada molekul menjadi lonjong karena ditarik medan magnet. Sedangkan pada medan magnet kuat elektron meninggalkan inti atom dan mengorbit pada medan magnet.



Gambar 2.17 Molekul yang bermuatan tarik menarik

Lepasnya elektron dari inti atom akan membuat molekul minyak dan air menjadi bermuatan. Atom H yang lepas dari inti atom minyak akan berikatan dengan atom H yang lepas dari inti atom air dan membentuk hidrogen (H_2). Sementara minyak ($(C_{18}H_{32}O_2)^+$) dan air dalam hal ini akan bermuatan dan saling tarik menarik dan bereaksi. Semakin banyak molekul yang terlepas dari inti atom maka semakin banyak pula molekul bermuatan yang terbentuk. Molekul-molekul yang bermuatan akan saling tarik menarik dan tolak menolak sehingga terjadi keacakan gerak atom. Tingginya keacakan gerak atom memperbanyak sejumlah tumbukan antar molekul yang menyebabkan energi aktivasi reaksi menjadi lebih rendah dan reaksi dapat berlangsung lebih cepat.

2.19 Hipotesis

Berdasarkan kerangka konsep penelitian dapat dirumuskan sebuah hipotesis bahwa penggunaan karbon aktif sebagai katalis proses *steam reforming* dapat meningkatkan produktivitas hidrogen. Sesuai dengan konsep penelitian, karbon aktif bekerja dengan membentuk medan magnet yang mengganggu molekul minyak dan air mengorbit pada intinya, sehingga terjadi tumbukan yang memecah ikatan awal molekul. Selain itu, karbon aktif berbentuk serbuk ukuran *nano* yang memiliki luas permukaan yang besar. Sehingga sesuai persamaan Arrhenius bahwa “penambahan *collosion factor* atau luas permukaan reaksi akan meningkatkan daya absorpsi atau *adsorbsion rate*”.

Rumusan kedua adalah bahwa perbandingan massa 1:3 antara CuZn dan karbon aktif merupakan perbandingan yang memiliki produktivitas tertinggi diantara variasi lainnya. Hal ini dapat terjadi akibat sifat dasar CuZn dan karbon aktif seperti yang telah dijelaskan pada konsep penelitian dapat mempercepat laju reaksi. Sehingga pada perbandingan 1:3 yaitu variasi dengan jumlah katalis terbanyak diantara variasi lainnya, akan membantu reaksi lebih cepat pula.

BAB III

METODE PENELITIAN

3.1 Metode Penelitian

Pada penelitian ini metode yang digunakan adalah metode eksperimental (*experimental research*) dimana dilakukan pengamatan secara langsung pada objek yang diteliti. Dalam pembahasan ini objek yang diamati adalah konsentrasi gas hidrogen hasil proses *steam reforming* berdasarkan variabel-variabel penelitian yang telah ditentukan.

3.2 Tempat dan Waktu Pelaksanaan

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Motor Bakar Jurusan Teknik Mesin, Fakultas Teknik, Universitas Brawijaya Malang. Penelitian dilaksanakan pada bulan September 2016 sampai dengan Desember 2016.

3.3 Variabel Penelitian

Variabel–variabel yang digunakan pada penelitian ini dibagi menjadi 3 jenis, yaitu variabel bebas, variabel terikat, dan variabel kontrol.

1. Variabel Bebas (*Independent Variable*)

Pada penelitian ini variabel yang divariasikan sebagai variabel bebas adalah perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif yaitu: 1:0, 1:1, 1:3, 0:1.

2. Variabel Terikat (*Dependent Variable*)

Variabel terikat merupakan variabel yang nilainya tergantung pada variasi variabel bebas, pada penelitian ini yang berperan sebagai variabel terikat adalah konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan dalam satuan *part per millions* (ppm).

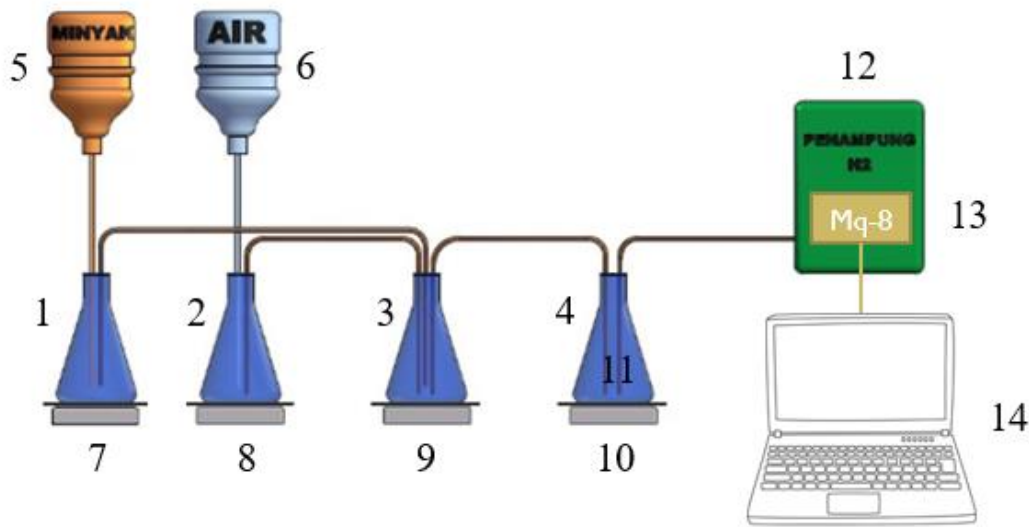
3. Variabel Kontrol

Variabel kontrol merupakan variabel yang nilainya dijaga konstan selama proses penelitian, fungsinya sebagai pemberi batasan masalah agar penelitian tidak terlalu meluas. Berikut adalah variabel kontrol selama proses penelitian:

- Perbandingan massa antara minyak dan air adalah 3:1
- Temperatur uap pada tabung katalis adalah 200°C
- Katalis CuZn yang digunakan sebanyak 2 butir dengan berat 0.11 gram
- Daya kompor pemanas adalah 600 watt

3.4 Instalasi Penelitian

Instalasi penelitian yang digunakan pada penelitian ini, ditunjukkan pada gambar 3.1:



Keterangan gambar:

1. Tabung Erlenmeyer 1
2. Tabung Erlenmeyer 2
3. Tabung Erlenmeyer 3
4. Tabung Erlenmeyer 4
5. Infus *set* minyak
6. Infus *set* air
7. Kompor listrik
8. Kompor listrik
9. Kompor listrik
10. Kompor listrik
11. Katalis CuZn dan karbon aktif
12. Penampungan hidrogen (*storage*)
13. Sensor gas hidrogen MQ-8
14. Laptop

Gambar 3.1 Instalasi penelitian

Tabung pertama diisi minyak biji randu dan tabung kedua diisi air. Untuk mengatur laju penambahan massa antara minyak dan air, pada masing-masing tabung diberikan infus *set*. Infus *set* diatur sedemikian rupa sehingga waktu setiap satu tetes minyak dan air yang masuk ke dalam Erlenmeyer, memiliki perbandingan massa 3:1. Kemudian oleh kompor

listrik dengan daya 600 Watt, uap dan minyak yang berada di dalam erlenmeyer dipanaskan hingga berubah menjadi fase uap. Hasil penguapan tersebut kemudian dialirkan ke dalam tabung ketiga.

Tabung ketiga merupakan tempat bercampurnya uap minyak dan uap air yang berasal dari tabung 1 dan tabung 2. Kemudian pada tabung ketiga diberi pemanasan kembali menggunakan kompor listrik, sehingga campuran uap tersebut memiliki temperatur 200°C. Hasil pemanasan pada tabung ketiga kemudian dialirkan menuju tabung keempat yang sudah dimasukkan katalis di dalamnya. Katalis CuZn dan karbon aktif dalam hal ini diatur massanya, sehingga membentuk perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1.

Reaksi antara minyak dan air pada dasarnya sudah terjadi pada tabung ketiga, tetapi dengan adanya penambahan katalis dalam proses, secara teori mempercepat laju reaksi. Penggunaan CuZn dan karbon aktif dengan jumlah yang berbeda-beda atau divariasikan dimaksudkan untuk mengetahui pengaruh perbandingan kedua katalis terhadap produksi hidrogen. Proses pembentukan hidrogen sudah dijelaskan dalam sub-bab 2.18 kerangka konsep penelitian. Proses tersebut terjadi disepanjang saluran dan pada tabung keempat yang telah diberi katalis.

Gas hidrogen hasil reaksi yang berasal dari tabung keempat dialirkan menuju penampungan hidrogen (*storage*). Konsentrasi gas hidrogen kemudian akan dibaca oleh sensor MQ-8. Sensor MQ-8 memiliki sensitifitas tinggi terhadap hidrogen sehingga digunakan untuk membaca konsentrasi gas. Sensor MQ-8 dinyalakan selama pengambilan data berlangsung. Data hasil pembacaan sensor, oleh *mikrokontroler* akan dihubungkan ke laptop sebagai media penyimpanan. Data tersebut kemudian dengan laptop dapat disimpan dan diolah sehingga kemudian dapat dianalisis untuk membuktikan hipotesis yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.19.

3.5 Peralatan Penelitian

1. Tabung Erlenmeyer

Tabung Erlenmeyer digunakan untuk menguapkan minyak, air serta untuk memanaskan campuran uap minyak dan air. Tabung Erlenmeyer yang dipakai pada penelitian ini adalah 4 buah tabung Erlenmeyer.

2. Pipa tembaga

Pipa tembaga digunakan untuk mengalirkan uap minyak randu dan air. Pipa tembaga memiliki sifat mudah dibentuk serta tahan terhadap panas.

3. Infus *set* dan botol infus

Infus *set* dipakai sebagai pengontrol tetesan air dan minyak randu yang akan diuapkan. Botol infus dipakai untuk menampung minyak randu dan air.

4. Kompor listrik

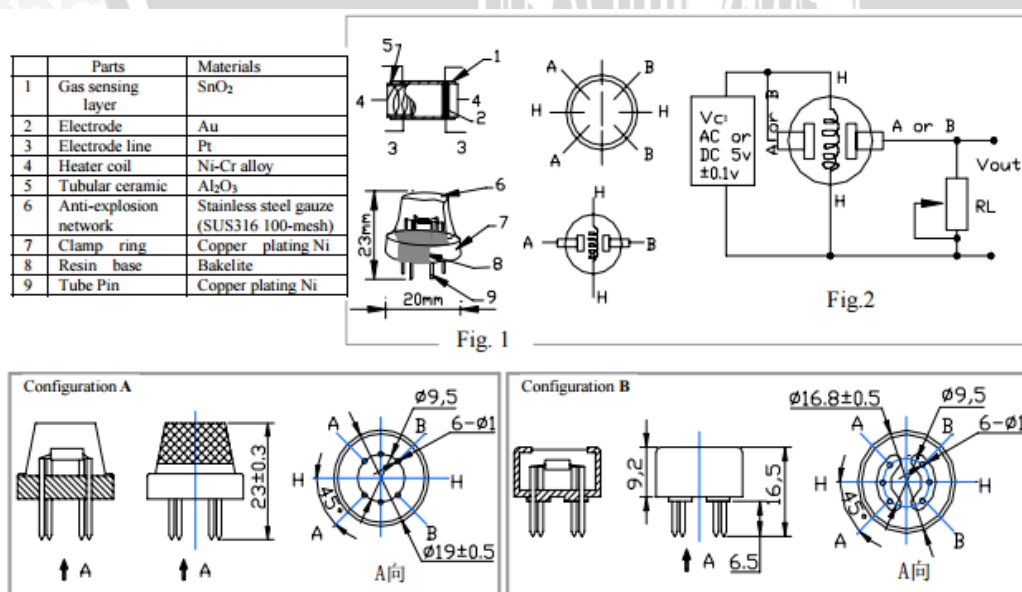
Kompor listrik yang digunakan adalah kompor dengan daya 600 watt. Kompor listrik digunakan untuk memanaskan tabung 1, 2, 3 dan 4 yang berisi minyak randu, air, campuran uap minyak dan air, dan katalis.

5. Penyumbat karet

Sumbat karet digunakan pada tabung Erlenmeyer untuk menahan agar uap minyak randu dan air tidak keluar ke lingkungan melainkan mengalir melalui pipa tembaga.

6. Sensor gas hidrogen

Sensor gas yang dipakai adalah MQ-8. Sensor ini memiliki sensitifitas yang tinggi terhadap hidrogen. Sensor gas MQ-8 memberikan perubahan resistansi/ tahanan pada saat terdeteksi adanya gas hidrogen disekitar sensor, dimana semakin kuat konsentrasi gas hidrogen yang terdeteksi maka semakin rendah resistansi *output* sensor gas MQ-8 dan sebaliknya resistansi membesar apabila tidak terdeteksi adanya gas hidrogen disekitar sensor. Struktur dan konfigurasi MQ-8 sensor gas ditunjukkan sebagai *gambar. 3.2* (Konfigurasi A atau B), sensor disusun oleh Al_2O_3 , tabung keramik *mikro*, Tin Dioxide (SnO_2) lapisan sensitif. Satuan konsentrasi yang dibaca oleh sensor MQ-8 dalam bentuk *parts per million* (ppm) dimana 1 ppm adalah 1/10000% atau = 0,0001%.



Gambar 3.2 Konfigurasi sensor gas Hidrogen
Sumber: hanweii electronics, 2015

7. Penampung gas hidrogen

Tempat penampungan gas adalah tempat hasil produksi *steam reforming* setelah melewati katalis. Hasil dari produksinya berupa gas hidrogen. Dalam tempat penampungan diletakkan sensor MQ-8 untuk mengetahui konsentrasi hidrogen dalam kurun waktu 1000 detik.

8. Stopwatch

Stopwatch digunakan untuk menghitung laju aliran minyak randu dan air.

9. Mikrokontroler

Mikrokontroler merupakan suatu modul elektronik yang menghubungkan sensor gas dengan laptop sehingga data hasil pengamatan dapat disimpan dan diproses oleh laptop.

10. Termocouple

Termocouple digunakan untuk mengetahui temperatur uap yang berada di dalam tabung Erlenmeyer.

3.6 Bahan yang digunakan

1. Minyak biji randu

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah minyak biji randu (*Ceiba petandra*).



Gambar 3.3 Minyak biji randu

Spesifikasi:

- Jenis : minyak biji randu
- Massa jenis : 960 kg/m³
- Viskositas kinematic : 46 cSr
- Nilai kalor : 8100 kkal/kg
- Titik nyala : 229°C

2. Karbon aktif

Karbon aktif pada penelitian ini digunakan sebagai katalis untuk mempercepat reaksi pembentukan hidrogen.



Gambar 3.4 Karbon aktif

Spesifikasi:

- Jenis : karbon aktif
- Moisture in air dried sample : 1,9% (ASTM D,3173)
- ASH : 1,64% (ASTM (D,3174)
- Iodine number : 612 mg/gr (ASTM D,3174)

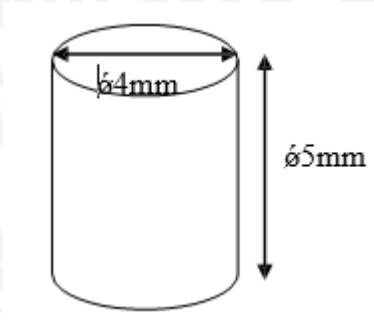
(Hasil pengujian Laboratorium Pengujian Teknologi Mineral dan Batubara, 2010)

3. CuZn

Katalis yang dipakai adalah CuZn dimana Cu dan Zn merupakan logam berat yang mudah mengalami korosi, yakni mengikat oksigen. Unsur Cu bertindak sebagai sisi aktif dari katalis dan Zn bertindak sebagai promoter dari katalis. CuZn memiliki nomor atom yang besar dibandingkan unsur C dan H pada minyak randu sehingga muncul beda potensial antara minyak dan CuZn. Hal ini menyebabkan minyak menjadi molekul bermuatan dan tarik menarik dengan air menjadi bermuatan akibat elektron yang berpindah dari CuZn. Tumbukan antar molekul yang bermuatan menyebabkan energi aktivasi menjadi rendah dan reaksi dapat berlangsung lebih cepat. CuZn yang digunakan menyerupai batu api pemantik korek, berbentuk silindris diameter 3 - 4 milimeter dengan panjang 4 – 5 milimeter.



Gambar 3.5 CuZn



Gambar 3.6 Dimensi CuZn

3.7 Prosedur Penelitian

Langkah-langkah yang digunakan dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Studi literatur

Studi literatur dilakukan untuk mempelajari hal-hal yang berhubungan dengan penelitian yang akan dilakukan sehingga dapat menguatkan dalam pengambilan hipotesis serta memperjelas hasil penelitian.

2. Observasi lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk studi terhadap peralatan yang diperlukan dalam penelitian.

3. Pembuatan alat

Pembuatan alat dilakukan dengan mempersiapkan bahan untuk pembuatan *reformer*.

4. Pengujian dan pengambilan data

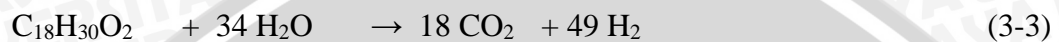
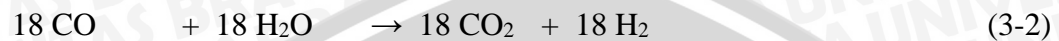
Pengujian dilakukan pada *steam reformer* dan pengambilan data yang diperlukan adalah konsentrasi gas hidrogen yang dihasilkan.

5. Analisis

Analisis pengujian dilakukan dengan menghitung laju reaksi gas hidrogen dengan menggunakan data yang sudah diperoleh kemudian disajikan dalam bentuk tabel.

3.8 Reaksi Pencampuran

Pada komposisi asam lemak minyak randu diketahui terdapat 35.107% susunan asam Linoleat ($C_{18}H_{32}O_2$). Secara teori pendekatan yang dipakai adalah menggunakan rumus kimia dengan kandungan asam lemak terbesar dengan penjabaran reaksi pencampuran dibawah ini:

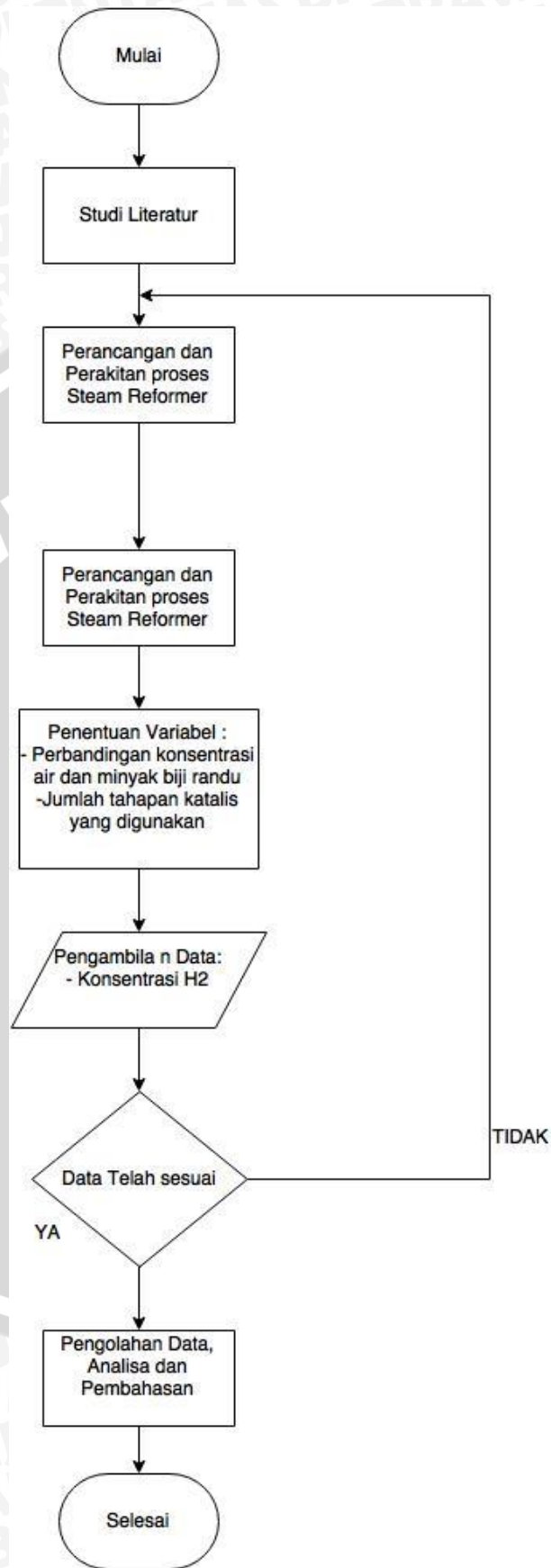


Dari reaksi diatas maka bisa dihitung perbandingan berat minyak randu dan air adalah 278 : 612 ($Mr C_{18}H_{32}O_2 = 278$ dan $Mr 34 H_2O = 612$). Jika densitas minyak randu $0,96 \text{ g/cm}^3$ dan air 1 g/cm^3 maka perbandingan volume minyak randu dan air 289,58 : 612 dan jika disederhanakan menjadi 1: 2.2.

3.9 Prosedur Pelaksanaan

1. Mempersiapkan semua peralatan yang dibutuhkan.
2. Menyusun rangkaian instalasi sesuai pada skema alat yang telah ditentukan.
3. Masukkan minyak randu dan air pada botol infus.
4. Mengukur laju aliran minyak randu dan air dengan bantuan *stopwatch* (laju aliran disesuaikan pada variabel yang akan di teliti).
5. Hidupkan kompor listrik.
6. Hidupkan *mikrokontroler* dan tunggu hingga uap mencapai suhu 200°C .
7. Sesaat setelah suhu mencapai 200°C , lakukan pengambilan data selama 1000 detik dengan menjaga suhu tetap pada suhu 200°C .
8. Setelah 1000 detik matikan kompor listrik dan lakukan penyimpanan data di laptop.
9. Buka tutup penampungan, gunakan kompresor untuk mengeluarkan gas hidrogen keluar dari penampungan agar pembacaan konsentrasi dari untuk penelitian berikutnya kembali dari awal.
10. Untuk memulai kembali penelitian dengan variabel berikutnya ulangi langkah ke 5 sampai langkah 9.
11. Setelah semua variabel dilakukan, analisa hasil data yang diperoleh dari proses *steam refoming*.
12. Selesai.

3.10 Diagram Alir Penelitian



Gambar 3.7 Diagram alir penelitian



BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Pengolahan Data

Proses pengambilan data dilakukan dalam tahap dua tahap, yaitu tahap persiapan dan tahap pengoperasian. Pada tahap persiapan semua kompor dinyalakan hingga temperatur dalam tabung Erlenmeyer mencapai 200°C. Kemudian infus yang berisi minyak randu dan air diatur sehingga mempunyai perbandingan massa alir 3:1. Laptop disiapkan sebagai media penyimpanan data.

Pada tahap pengoperasian, langkah pertama yaitu minyak randu dan air dipanaskan dalam tabung Erlenmeyer sehingga menjadi uap yang dilewatkan pada katalis dengan variasi: 1:0, 1:1 dan 1:3 (perbandingan katalis CuZn : karbon aktif) untuk kemudian uap tersebut dialirkan ke dalam *storage* atau penyimpanan dan dilakukan pengambilan data selama 1000 detik.

Pengambilan data dilakukan menggunakan sensor MQ-8 yang diletakkan di dalam *storage*, dimana sensor MQ-8 spesifik untuk membaca gas hidrogen. Data yang terbaca sensor dihubungkan oleh modul *mikrokontroler* dalam bentuk *data logger* sehingga dapat disimpan dan diolah di dalam laptop. Data yang didapatkan dari modul mikrokontroler adalah berupa data digital dalam satuan ppm (*part per million*) yang dikonversi ke dalam bentuk tabel dan grafik sehingga mempermudah dalam pengolahan data dan analisis.

4.2 Perhitungan konsentasi minyak randu dan air

Pada pengambilan data, debit minyak randu dan air keluar tabung infus diatur sesuai perhitungan waktu tiap tetes minyak randu dan air. Untuk mendapatkan perbandingan massa alir minyak randu dan air yaitu 3:1 sesuai dengan variabel terkontrol penelitian, dilakukan perhitungan sebagai berikut:

Diketahui: 33 tetes minyak randu = 1 ml = 0,96 gr

19 tetes air = 1 ml = 1,013 gr

Maka berat minyak randu dan air setiap 1 tetes adalah:

$$1 \text{ tetes minyak randu} = \frac{0,96}{33} \text{ gr} = 0,029 \text{ gr} \quad (4-1)$$

$$1 \text{ tetes air} = \frac{1,013}{19} \text{ gr} = 0,053 \text{ gr} \quad (4-2)$$

Kemudian ditetapkan waktu alir tiap 1 tetes air adalah 10 detik, maka waktu alir minyak randu tiap tetes dengan perbandingan massa minyak dan air 3:1 adalah:

$$\frac{3 \times m_{air}}{t_{air}} = \frac{m_{minyak}}{t_{minyak}} \quad (4-3)$$

$$\frac{3 \times 0,052}{10} = \frac{0,029}{t_{minyak}}$$

$$t_{minyak} = \frac{10 \times 0,029}{3 \times 0,052} = 1,84 \text{ detik}$$

dengan:

M_{air} = massa 1 tetes air (gr)

M_{minyak} = massa 1 tetes minyak randu (gr)

t_{air} = waktu 1 tetes air (detik)

t_{minyak} = waktu 1 tetes minyak randu (detik)

4.3 Data Hasil Penelitian

Data hasil penelitian proses *steam reforming* dengan variasi katalis 1:0, 1:1, 1:3, dan 0:1 (perbandingan katalis CuZn : karbon aktif) dapat dilihat pada lampiran. Data yang diperoleh berupa kandungan konsentrasi gas hidrogen dalam satuan ppm (*part per million*) yang disajikan dalam tabel pada lampiran dan diolah dalam bentuk grafik yang dibahas dalam pembahasan.

Satuan ppm (*part per million*) yang didapatkan dalam penelitian ini merupakan satuan yang digunakan untuk fluida yang memiliki konsentrasi yang sangat kecil. Berikut ini contoh perhitungan konversi satuan ppm menjadi gram/mililiter.

Data produksi hidrogen = 100 ppm

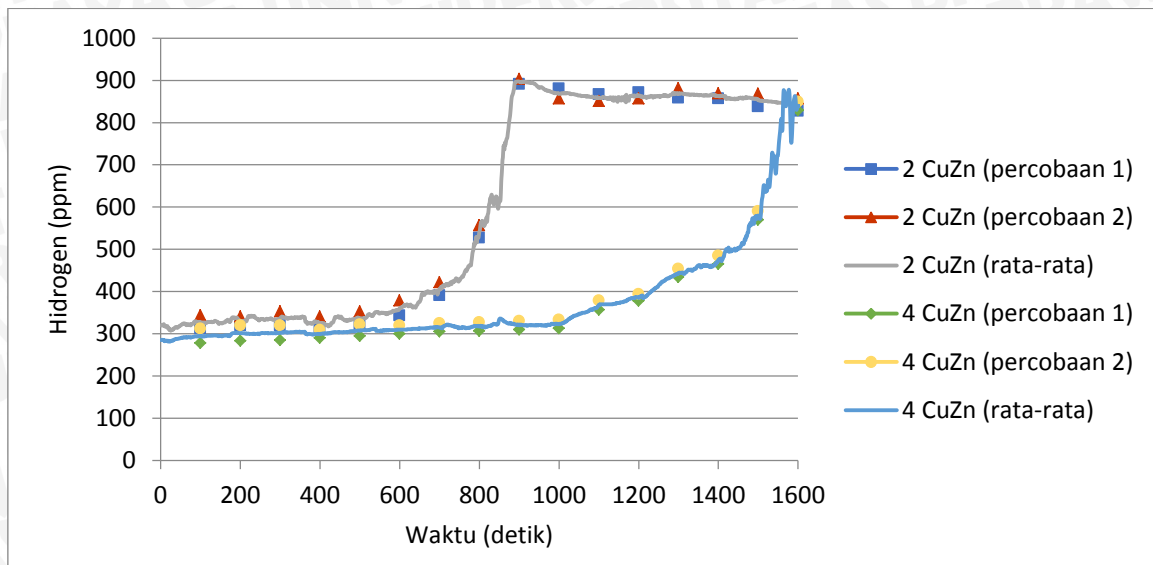
$$1000 \text{ ppm} = \frac{1 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}} \quad (4-4)$$

$$1 \text{ ppm} = \frac{0,001 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}}$$

$$\begin{aligned} 100 \text{ ppm} &= 100 \times \frac{0,001 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}} \\ &= \frac{0,1 \text{ gram}}{1000 \text{ mililiter}} = 10^{-4} \text{ gram/ml} \end{aligned}$$

4.4 Pembahasan dan Analisis Grafik

4.4.1 Analisis Grafik Hubungan Jumlah CuZn terhadap Konsentrasi Hidrogen



Gambar 4.1 Grafik hubungan jumlah CuZn terhadap konsentrasi hidrogen

Gambar 4.1 membandingkan laju produksi hidrogen dengan jumlah CuZn yang berbeda, yaitu 4 buah CuZn dan 2 buah CuZn. Hal ini ditujukan untuk mengetahui jumlah CuZn yang optimal terhadap laju produksi hidrogen. Variasi CuZn dengan laju produksi yang tertinggi akan dijadikan sebagai acuan untuk menentukan massa karbon aktif yang dipakai sesuai perbandingan massa katalis yang telah ditetapkan pada variabel penelitian.

Pada gambar 4.1 dapat dilihat bahwa penggunaan 2 CuZn merupakan variasi yang memiliki laju produksi tertinggi. Konsentrasi hidrogen secara drastis meningkat pada detik ke-800 dengan laju produksi 0,48 ppm/s. Sedangkan pada penggunaan 4 CuZn, peningkatan terjadi pada detik ke-1450 dengan laju produksi 0,22 ppm/s. Perbedaan laju produksi terjadi akibat perbedaan massa yang dimiliki oleh CuZn.

$$Q = m \times c \times \Delta T \quad (4-5)$$

dengan:

Q = energi panas (kkal)

m = massa (kg)

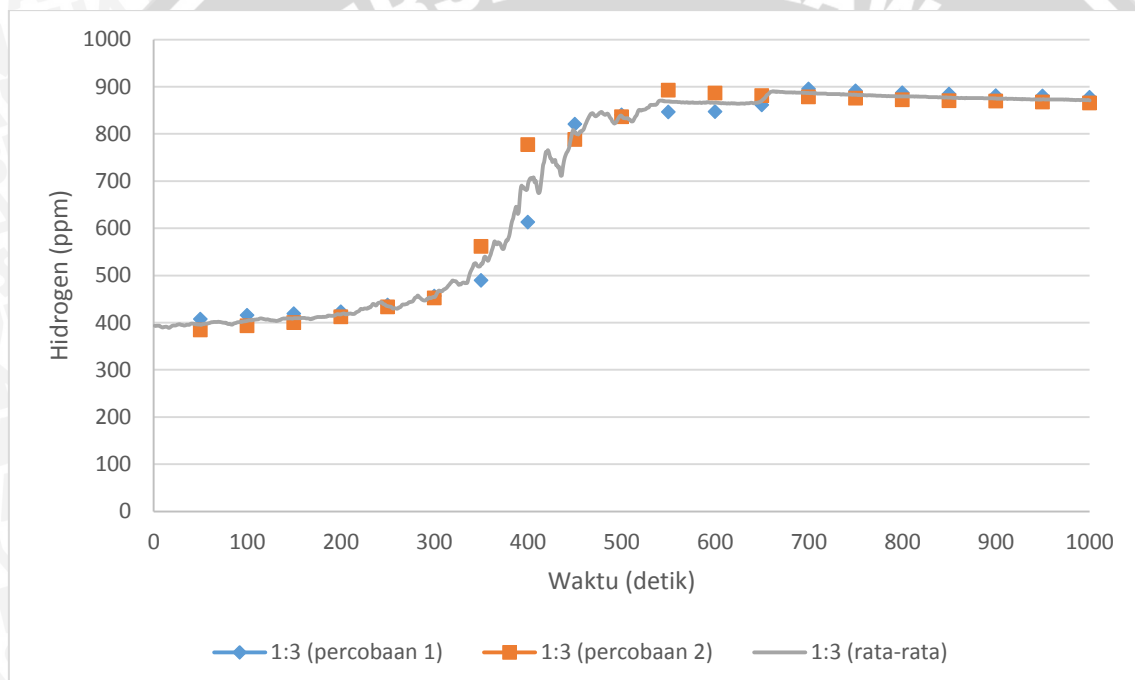
c = koefisien perpindahan panas (kkal/kg·K)

ΔT = perubahan temperatur (K)

Pada Persamaan (4-5) menunjukkan bahwa massa yang lebih besar membutuhkan energi panas yang lebih banyak. Dalam hal ini, 4 buah CuZn memiliki massa dua kali lebih

besar dibandingkan 2 CuZn, yaitu 0,44 gram berbanding 0,22 gram. Sehingga energi panas yang dibutuhkan 4 CuZn dua kali lebih besar juga dibandingkan 2 CuZn. Energi panas dibutuhkan katalis untuk proses aktivasi. Semakin besar massa katalis maka semakin lama proses aktivasinya, sehingga reaksi pembentukan hidrogen yang terjadi juga semakin lama. Semakin banyaknya panas yang terserap CuZn juga mengakibatkan berkurangnya panas yang digunakan molekul-molekul minyak dan air untuk bertumbukan. Sehingga dalam proses pemutusan ikatan kimia berlangsung lebih lama. Hal inilah yang menyebabkan penggunaan 4 CuZn membutuhkan waktu produksi yang lebih lama.

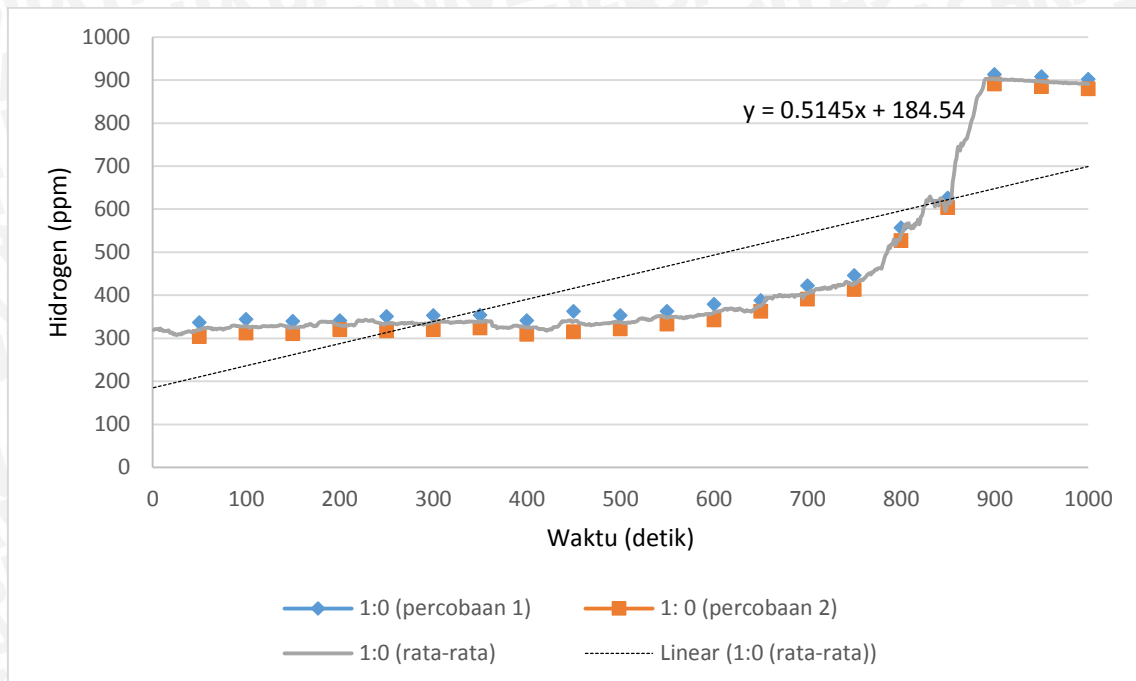
4.4.2 Analisis Grafik 2 Percobaan Berbeda terhadap Konsentrasi Hidrogen



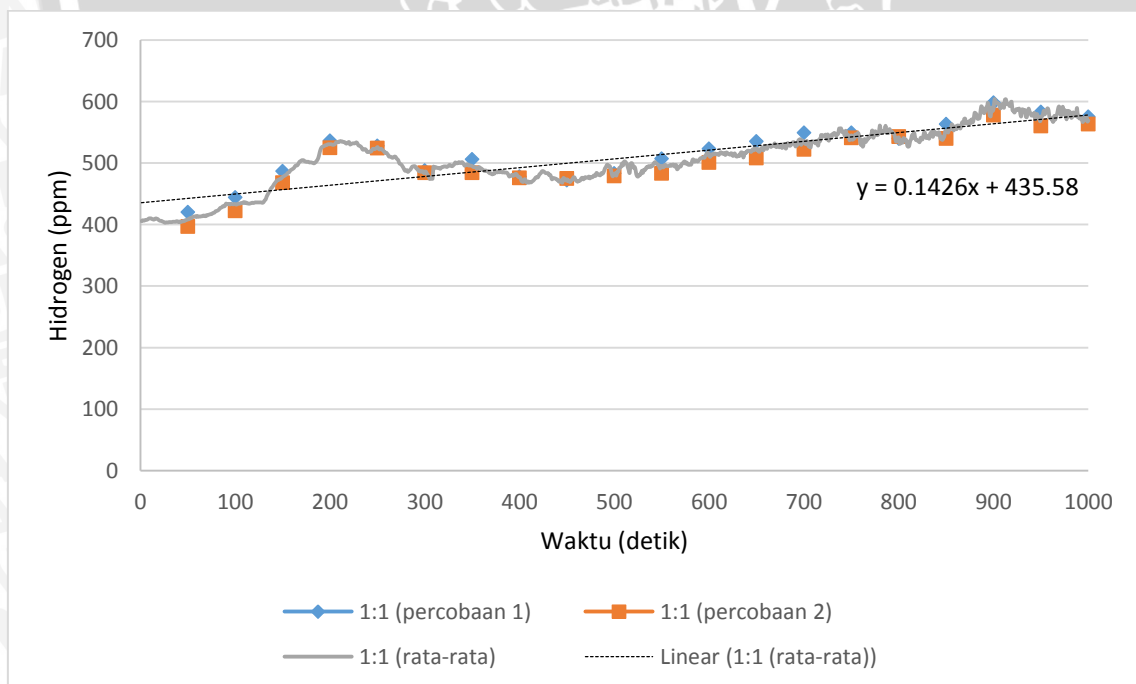
Gambar 4.2 Grafik konsentrasi hidrogen pada 2 percobaan berbeda

Pada gambar 4.2 membandingkan 2 percobaan berbeda pada proses *steam reforming*. Percobaan ini menggunakan katalis CuZn dan karbon aktif dengan perbandingan massa 1:3. Pada setiap pengambilan data pada suatu variasi tidak selalu menghasilkan konsentrasi hidrogen yang sama. Akan tetapi *tren* garis kedua percobaan tersebut memiliki pola yang hampir sama, hanya terdapat perbedaan konsentrasi pada detik tertentu. Hal ini dapat terjadi akibat laju aliran gas hasil penguapan minyak dan air yang mengalir melalui pipa tembaga tidak konstan.

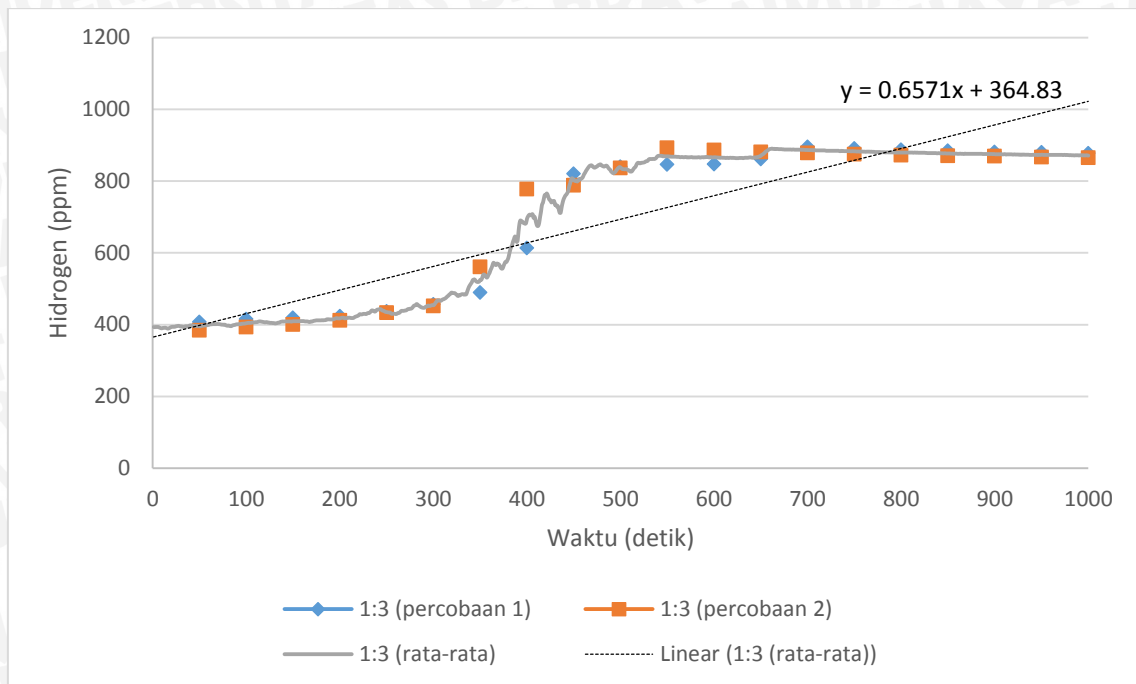
4.4.3 Analisis Grafik Hubungan Penambahan Karbon Aktif pada CuZn terhadap Konsentrasi Hidrogen



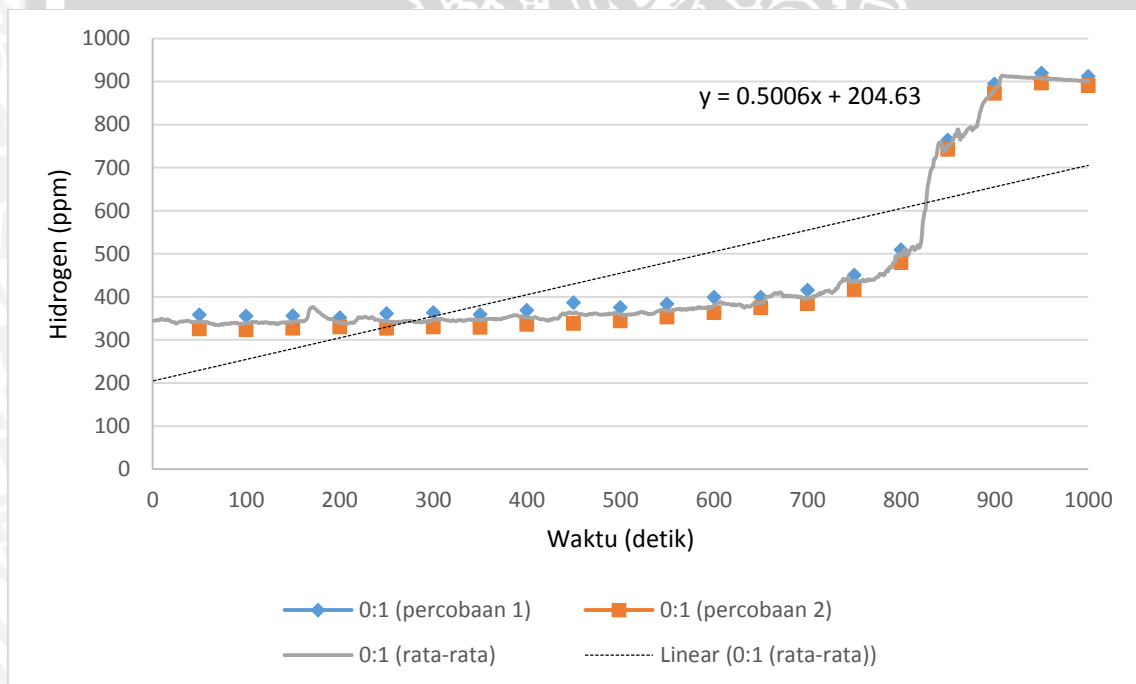
Gambar 4.3 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:0



Gambar 4.4 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:1

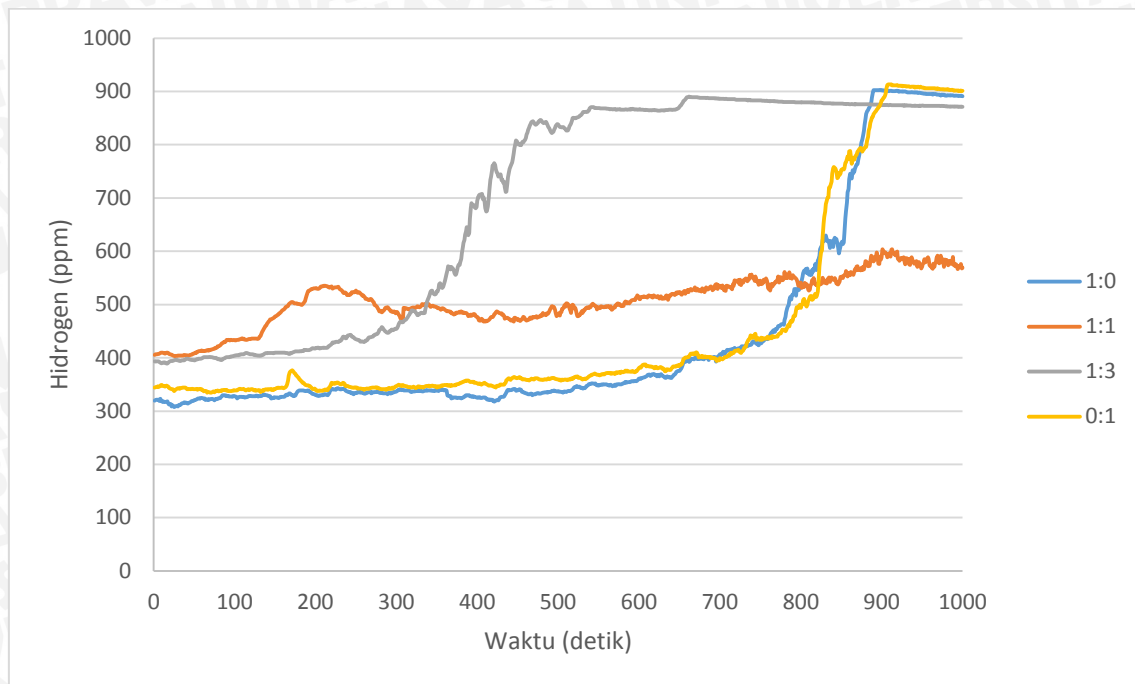


Gambar 4.5 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 1:3



Gambar 4.6 Grafik konsentrasi hidrogen pada perbandingan massa antara CuZn dan karbon aktif 0:1

Gambar 4.3 hingga gambar 4.6 menunjukkan konsentrasi gas hidrogen hasil proses *steam reforming* pada tiap-tiap variasi katalis. Pada setiap pengujian suatu variasi, dilakukan dua kali percobaan. Kemudian dari kedua data tersebut dicari nilai rata-ratanya dan disajikan dalam grafik pada gambar 4.7.



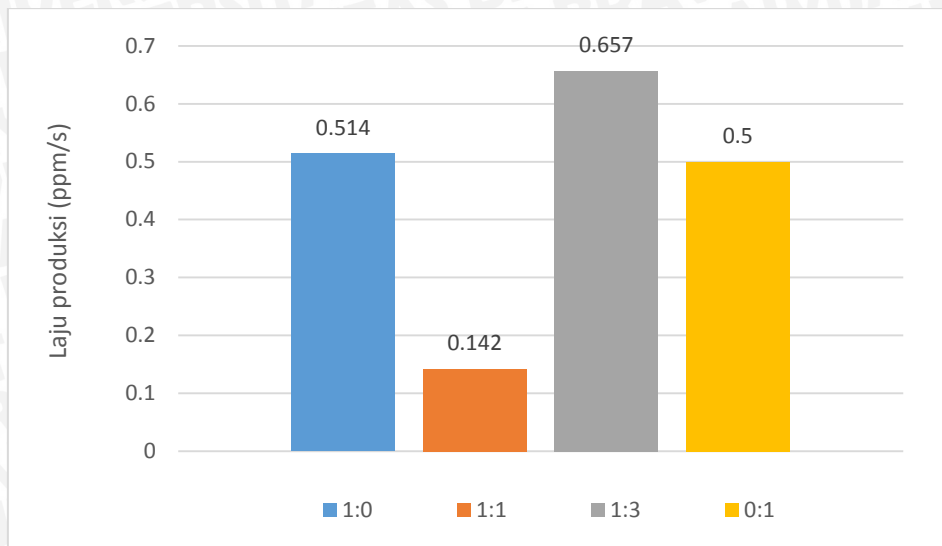
Gambar 4.7 Grafik hubungan variasi katalis terhadap konsentrasi hidrogen

Pada gambar 4.7 didapatkan hubungan variasi katalis terhadap konsentrasi hidrogen. Pada setiap variasi katalis memiliki laju produksi yang berbeda-beda. Laju produksi tersebut kemudian ditampilkan dalam Tabel 4.1. Nilai laju produksi dicari dengan metode pendekatan grafis yaitu mencari nilai gradien atau kemiringan garis. Berikut ini ditampilkan laju produksi hidrogen pada setiap variasi:

Tabel 4.1

Laju Produksi Hidrogen

CuZn : karbon aktif	Laju produksi (ppm/s)
1:0	0.514
1:1	0.142
1:3	0.657
0:1	0.500



Gambar 4.8 Laju produksi hidrogen pada perbandingan 1:0, 1:1, 1:3, 0:1 (perbandingan CuZn : karbon aktif)

Gambar 4.8 menunjukkan produktivitas hidrogen dari masing-masing variasi. Jika diurutkan dari produktivitas tertinggi hingga terendah adalah perbandingan 1:3, 1:0, 0:1, dan 1:1 (CuZn : karbon aktif). Hal ini sesuai dengan hipotesis yang menyatakan bahwa perbandingan massa 1:3 antara CuZn dan karbon aktif merupakan variasi yang memiliki produktivitas tertinggi. Hal ini dapat terjadi akibat jumlah katalis pada variasi 1:3 merupakan variasi dengan jumlah katalis terbanyak diantara variasi lainnya. Katalis memiliki sifat mempercepat sebuah reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi. Adapun cara kerja katalis CuZn maupun karbon aktif sudah dijelaskan seperti pada subbab 2.18 kerangka konsep penelitian.

Penambahan karbon aktif sebagai katalis proses *steam reforming* dalam hal ini juga memiliki pengaruh terhadap produktivitas. Pada variasi 1:3 memiliki produktivitas lebih tinggi dibandingkan dengan penggunaan katalis CuZn (variasi 1:0). Variasi 1:3 memiliki produktivitas 0,657 ppm/s sedangkan variasi 1:0 memiliki produktivitas 0,5 ppm/s. Bahkan pada variasi 0:1 memiliki produktivitas yang hampir sama dengan CuZn, yaitu 0,514 ppm/s berbanding 0,5 ppm/s (variasi 0:1). Hal ini dapat membuktikan bahwa penggunaan karbon aktif dapat menggantikan fungsi katalis industri CuZn pada proses *steam reforming*. Kedua hal diatas sesuai dengan hipotesis yaitu penambahan jumlah karbon aktif dalam proses akan meningkatkan laju produktivitas hidrogen.

Fungsi dari karbon aktif adalah mempercepat laju reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi. Energi aktivasi adalah energi yang dibutuhkan untuk menghasilkan tumbukan sehingga terjadi reaksi. Semakin kecil energi aktivasi suatu proses maka

semakin besar kecepatan tumbukan atau laju reaksi yang dihasilkan. Untuk menghitung laju produksi pada pembahasan menggunakan persamaan *adsorption rate*.

Persamaan *Adsorption Rate* sebagai berikut:

$$R_{ads} = k \times P^x \quad (4-6)$$

Dengan persamaan laju reaksi yang dipakai adalah Persamaan Arhenius, maka:

$$k = A \times e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (4-7)$$

Dari persamaan (4.6) dan persamaan (4.7), maka *Adsorption Rate* menjadi:

$$R_{ads} = k \times P^x \quad (4-8)$$

$$R_{ads} = P^x \times A \times e^{-\frac{Ea}{RT}} \quad (4-9)$$

dengan:

R_{ads} = *adsorption rate*

P = *partial pressure*

x = *kinetik order*

A = *collision factor* atau *frequency factor*

e = bilangan natural

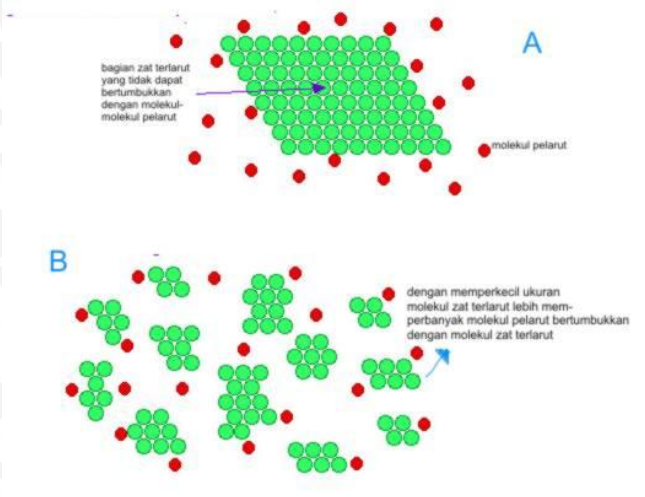
Ea = energi aktivasi

R = tetapan gas

T = suhu reaksi

Pada persamaan (4-9) dapat dilihat bahwa *adsorption rate* (R_{ads}) berbanding terbalik dengan energi aktivasi (Ea). Semakin kecil energi aktivasi, maka laju reaksi semakin besar. Tetapi, semakin besar energi aktivasi, maka laju reaksi semakin rendah. Dalam hal ini, karbon aktif berfungsi untuk menurunkan energi aktivasi, sehingga dengan penggunaan karbon aktif produktivitas hidrogen meningkat.

Dari persamaan (4-9) didapatkan hal lain yang mempengaruhi laju produksi yaitu *collision factor* atau *frequency factor*. *Collision factor* merupakan luas bidang kontak katalis. Diketahui bahwa karbon aktif memiliki ukuran yang sangat kecil, yaitu ukuran *nano*. Sehingga jika dibandingkan dengan katalis CuZn dengan volume 78 mm³, dengan massa yang sama karbon aktif memiliki luas permukaan yang sangat besar. Semakin besar luas permukaan katalis maka semakin besar pula *collision factor*. Penggunaan katalis karbon aktif yang berbentuk serbuk memiliki luas permukaan yang besar sehingga *adsorption rate* menjadi besar dan meningkatkan laju produksi gas hidrogen.



Gambar 4.9 Ilustrasi luas bidang kontak karbon aktif
Sumber: Nurul (2012)

Akan tetapi pada variasi 1:1 memiliki nilai produktivitas yang berbeda, yaitu lebih rendah dibandingkan katalis CuZn. Variasi 1:1 memiliki produktivitas 0,142 ppm/s sedangkan variasi 1:0 memiliki produktivitas 0,5 ppm/s. Hal ini bertentangan dengan hipotesis, bahwa seharusnya variasi 1:1 memiliki produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan variasi 1:0 dan variasi 0:1. Hal ini dapat terjadi akibat sifat karbon aktif yang mampu mengabsorpsi logam berat, seperti: Ag, Cd, Cr, Pb, Cu, dan Zn. Hal ini didukung oleh penelitian yang dilakukan (Fauziah, 2012), bahwa “karbon aktif dapat mengabsorpsi logam Cu dengan persentase penyerapan optimum logam Cu sebesar 86,3 persen”. Dalam hal ini, CuZn dan karbon aktif tidak berperan sebagai katalis dalam proses, sehingga reaksi memiliki produktivitas yang rendah. Gaya tarik menarik yang seharusnya diberikan CuZn untuk memutus ikatan kimia molekul, ternyata digunakan untuk saling berikatan dengan karbon aktif. Demikian juga medan magnet yang ditimbulkan oleh karbon aktif mempengaruhi CuZn. Sehingga kemampuan CuZn dan karbon aktif sebagai katalis menjadi menurun. Proses pemutusan ikatan kimia juga berlangsung lebih lama dan menyebabkan produktivitas menjadi rendah.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan analisis data yang telah dilakukan, dapat diperoleh beberapa kesimpulan sebagai berikut:

1. Penggunaan jumlah CuZn paling efektif adalah 2 buah CuZn. Penggunaan jumlah CuZn yang lebih banyak mengakibatkan panas yang terserap semakin besar. Hal ini mengakibatkan panas yang diperlukan molekul minyak dan air untuk bertumbukan menjadi berkurang. Sehingga proses pemutusan ikatan molekul kimia berlangsung lebih lama.
2. Variasi perbandingan 1:3 antara CuZn dan karbon aktif merupakan variasi dengan produktivitas tertinggi. Hal ini dipengaruhi oleh jumlah katalis pada variasi 1:3 merupakan variasi dengan jumlah katalis terbanyak diantara variasi lainnya. Katalis memiliki sifat mempercepat sebuah reaksi dengan cara menurunkan energi aktivasi reaksi.
3. Karbon aktif dapat menggantikan fungsi katalis industri CuZn pada proses *steam reforming*. Hal ini terbukti dari produktivitas variasi 0:1 (hanya karbon aktif) memiliki nilai yang hampir sama dengan variasi 1:0 (hanya CuZn), yaitu 0,514 ppm/s berbanding 0,5 ppm/s.
4. Penggunaan karbon aktif dan CuZn secara bersamaan dapat menghambat proses. Produktivitas variasi 1:1 lebih rendah dibandingkan CuZn, yaitu 0,142 ppm/s berbanding 0,5 ppm/s. Hal ini dipengaruhi oleh sifat karbon aktif yang mampu mengabsorpsi logam berat, seperti: Ag, Cd, Cr, Pb, Cu, dan Zn. Gaya tarik menarik yang seharusnya diberikan CuZn untuk memutus ikatan kimia molekul, ternyata digunakan untuk saling berikatan dengan karbon aktif. Demikian juga medan magnet yang ditimbulkan oleh karbon aktif mempengaruhi CuZn. Sehingga kemampuan CuZn dan karbon aktif sebagai katalis menjadi menurun. Proses pemutusan ikatan kimia juga berlangsung lebih lama dan menyebabkan produktivitas menjadi rendah.

5.2 Saran

Adapun saran yang penulis harapkan dari penelitian tentang pembuatan hidrogen dari campuran minyak biji kapuk dan air dengan metode *steam reforming* ini adalah sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut untuk menyempurkan proses pembuatan hidrogen dari minyak biji randu pada metode *steam reforming*.
2. Perlu dilakukan penelitian terhadap fenomena antara CuZn dan karbon aktif yang saling melemahkan kinerja katalis dalam proses *steam reforming*.
3. Sebaiknya memperhatikan pengaruh laju penguapan minyak kapuk dan air. Perbedaan laju penguapan minyak kapuk dan air akan merubah pembacaan konsentrasi hidrogen.
4. Sebaiknya menggunakan sensor gas hidrogen yang lebih sensitif dan tahan terhadap uap panas.
5. Sebaiknya dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pembuatan hidrogen dari minyak nabati lain seperti minyak kelapa, minyak jarak, minyak biji matahari dan minyak kelapa sawit.



DAFTAR PUSTAKA

- Adityo. (2011). Pengaruh Temperatur dan Waktu Pemanasan terhadap Konsentrasi Hidrogen pada *Hydrogen Reformer*. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Bailey. (1996). *Bailey's Industrial Oil and Fat Product, 5th edition*. Edited by Y.H. Hui, Wiley-Interscience Publication, USA.
- Bob Foster. (2004). *Instan Kimia*. Bandung: Erlangga.
- Chang, R. (2005). *General Chemistry: The Essential Concepts*. New York: The McGraw-Hill Companies.
- Dewajani & Heny. (2008). Potensi Minyak Biji Randu (*Ceiba pentandra*) sebagai Alternatif Bahan Baku Biodiesel. Laboratorium Satuan Operasi Skala Kecil. Jurusan Teknik Kimia Politeknik Negeri Malang.
- Faujiah, F. (2012). Pemanfaatan Karbon Aktif dari Limbah Padat Industri Agar-Agar sebagai Adsorben Logam Berat dan Bahan Organik dari Limbah Industri Tekstil. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Hambali, E., Mujdalipah, S., Tambunan, A.H., Pattiwiri, A.W. & Hendroko, R. (2007). *Teknologi Bio Energi*. Jakarta: Agro Media Pustaka.
- Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral. (2012). *Penanggulangan Krisis Energi Melalui Indonesia EBTKE Conex 2012*. <http://www.ebtke.esdm.go.id/id/publikasi/press-release/590-penanggulangan-krisis-energi-melalui-indonesia-btke-conex-2012.html>. (diakses 10 November 2016).
- Kristianingrum, S. (2003). Kinematika Kimia. *Workshop Guru Bidang Studi Kimia*. Sidoarjo, 23-24 Mei 2003.
- Kusumawardani, N.I. (2015). Pengaruh Temperatur, Kecepatan Putar Ulir Dan Waktu Pemanasan Awal Terhadap Perolehan Minyak Biji Kapuk Dari Biji Kapuk Dengan Metode Penekanan Mekanis (*Screw Press*). *Tugas Akhir*. Tidak dipublikasikan. Semarang: Universitas Diponegoro.
- Nada, Z.N. (2014). Pembuatan Hidrogen dengan Katalis Karbon Aktif dan Ni/Hzsm-5 dengan Metode Pemanasan Konvensional. *Jurnal Teknik POMITS*. 2 (1): 1-5.
- Oktaviani, S., Melwita, E. & Fatmawati. (2014). Ekstraksi Minyak Biji Kapuk dengan Metode Ekstraksi Soxhlet. *Jurnal Teknik Kimia*. Vol. 20, No.1. Universitas Sriwijaya.

- Preddy. (2014). Pengaruh Jumlah Katalis dan Perbandingan Campuran Minyak Randu dengan Air terhadap Laju Produksi Hidrogen serta Karbondioksida. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Pujiyanto. (2010). Pembuatan Karbon Aktif Super dari Batubara dan Tempurung Kelapa. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Depok: Universitas Indonesia.
- Salimon, Jumat, Ahmed & Waled. (2009). Sifat Fizikokimia Minyak Biji *Jatropha Curcas* Tropika. *Jurnal Sains Malaysiana*. 41 (3) (2009): 313–317.
- Sihite, J. (2014). Pembuatan hidrogen dari campuran minyak jarak dan air dengan metode *steam reforming*. *Tesis*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Sriyono. (2012). *Fuel Cell Energi Alternatif*. <https://id.scribd.com/document/332331989/fuel-cell>. (diakses 15 November 2016).
- Veronika. (2015). Pengaruh Jumlah Tahapan Katalis terhadap Produksi Hidrogen dari Minyak Biji Randu dan Air. *Skripsi*. Tidak dipublikasikan. Malang: Universitas Brawijaya.
- Wardana, I.N.G. (2008). *Bahan Bakar dan Teknologi Pembakaran*. Malang: PT. Danar Wijaya-Brawijaya University Press.
- Winarno, F. G. (1991). *Kimia Pangan dan Gizi*. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.



Lampiran 1. Data Konsentrasi Hidrogen pada Penggunaan 4 CuZn dan 2 CuZn

Waktu	4 CuZn (percobaan 1)	4 CuZn (percobaan 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (percobaan 1)	2 CuZn (percobaan 2)	2 CuZn (rata-rata)
1	275	296	285.5	296	343	319.5
2	275	296	285.5	296	346	321
3	275	297	286	297	346	321.5
4	275	297	286	297	346	321.5
5	274	297	285.5	297	346	321.5
6	275	297	286	297	346	321.5
7	275	294	284.5	294	344	319
8	275	297	286	297	349	323
9	275	293	284	293	347	320
10	274	291	282.5	291	345	318
11	274	293	283.5	293	345	319
12	274	292	283	292	342	317
13	275	293	284	293	342	317.5
14	275	293	284	293	341	317
15	275	292	283.5	292	342	317
16	275	292	283.5	292	344	318
17	275	293	284	293	344	318.5
18	275	289	282	289	339	314
19	275	290	282.5	290	335	312.5
20	275	292	283.5	292	335	313.5
21	275	292	283.5	292	334	313
22	275	288	281.5	288	330	309
23	275	291	283	291	331	311
24	275	290	282.5	290	329	309.5
25	276	289	282.5	289	326	307.5
26	276	290	283	290	326	308
27	276	292	284	292	327	309.5
28	276	292	284	292	327	309.5
29	276	292	284	292	327	309.5
30	276	291	283.5	291	327	309
31	276	294	285	294	330	312
32	276	294	285	294	328	311
33	276	295	285.5	295	329	312
34	276	297	286.5	297	330	313.5
35	276	298	287	298	331	314.5
36	276	298	287	298	331	314.5
37	276	299	287.5	299	332	315.5
38	276	300	288	300	333	316.5
39	276	300	288	300	332	316

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
40	276	301	288.5	301	331	316
41	276	300	288	300	330	315
42	276	300	288	300	328	314
43	276	301	288.5	301	330	315.5
44	276	301	288.5	301	331	316
45	276	301	288.5	301	332	316.5
46	276	302	289	302	333	317.5
47	276	303	289.5	303	335	319
48	276	303	289.5	303	335	319
49	276	303	289.5	303	335	319
50	276	304	290	304	337	320.5
51	277	304	290.5	304	337	320.5
52	276	304	290	304	339	321.5
53	277	305	291	305	339	322
54	277	306	291.5	306	340	323
55	276	306	291	306	342	324
56	276	306	291	306	342	324
57	276	305	290.5	305	341	323
58	277	307	292	307	342	324.5
59	277	307	292	307	343	325
60	277	308	292.5	308	341	324.5
61	277	307	292	307	340	323.5
62	277	307	292	307	339	323
63	277	308	292.5	308	340	324
64	277	305	291	305	336	320.5
65	277	306	291.5	306	337	321.5
66	277	306	291.5	306	337	321.5
67	277	307	292	307	338	322.5
68	277	306	291.5	306	335	320.5
69	277	307	292	307	337	322
70	277	308	292.5	308	337	322.5
71	277	308	292.5	308	337	322.5
72	277	308	292.5	308	338	323
73	277	307	292	307	338	322.5
74	277	307	292	307	337	322
75	277	305	291	305	335	320
76	277	306	291.5	306	337	321.5
77	277	307	292	307	339	323
78	277	307	292	307	338	322.5
79	278	307	292.5	307	340	323.5
80	277	308	292.5	308	340	324
81	278	308	293	308	341	324.5
82	278	308	293	308	341	324.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
83	278	308	293	308	344	326
84	278	309	293.5	309	347	328
85	278	310	294	310	349	329.5
86	278	310	294	310	349	329.5
87	278	310	294	310	350	330
88	278	310	294	310	349	329.5
89	278	310	294	310	347	328.5
90	278	310	294	310	348	329
91	278	310	294	310	346	328
92	278	311	294.5	311	346	328.5
93	278	310	294	310	345	327.5
94	278	311	294.5	311	344	327.5
95	278	311	294.5	311	344	327.5
96	278	311	294.5	311	344	327.5
97	278	311	294.5	311	343	327
98	278	312	295	312	344	328
99	278	312	295	312	345	328.5
100	278	312	295	312	344	328
101	278	312	295	312	343	327.5
102	278	311	294.5	311	343	327
103	278	308	293	308	340	324
104	278	309	293.5	309	341	325
105	278	310	294	310	342	326
106	278	310	294	310	344	327
107	278	310	294	310	344	327
108	278	309	293.5	309	344	326.5
109	279	309	294	309	344	326.5
110	279	309	294	309	343	326
111	279	310	294.5	310	344	327
112	279	310	294.5	310	341	325.5
113	279	310	294.5	310	341	325.5
114	278	311	294.5	311	341	326
115	279	311	295	311	341	326
116	279	311	295	311	342	326.5
117	279	312	295.5	312	344	328
118	279	312	295.5	312	345	328.5
119	279	312	295.5	312	344	328
120	279	312	295.5	312	345	328.5
121	279	312	295.5	312	344	328
122	279	312	295.5	312	344	328
123	279	312	295.5	312	344	328
124	279	312	295.5	312	344	328
125	279	312	295.5	312	344	328

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
126	279	312	295.5	312	344	328
127	279	313	296	313	345	329
128	279	313	296	313	344	328.5
129	279	312	295.5	312	343	327.5
130	279	313	296	313	343	328
131	279	313	296	313	344	328.5
132	279	313	296	313	343	328
133	279	313	296	313	344	328.5
134	279	314	296.5	314	345	329.5
135	279	314	296.5	314	345	329.5
136	279	314	296.5	314	348	331
137	279	314	296.5	314	348	331
138	279	313	296	313	348	330.5
139	279	313	296	313	347	330
140	279	313	296	313	346	329.5
141	279	313	296	313	345	329
142	280	312	296	312	344	328
143	280	312	296	312	344	328
144	280	312	296	312	344	328
145	280	309	294.5	309	339	324
146	280	309	294.5	309	339	324
147	280	310	295	310	340	325
148	280	310	295	310	339	324.5
149	279	311	295	311	341	326
150	279	311	295	311	340	325.5
151	279	311	295	311	340	325.5
152	278	311	294.5	311	340	325.5
153	278	311	294.5	311	340	325.5
154	278	310	294	310	339	324.5
155	279	311	295	311	340	325.5
156	279	311	295	311	340	325.5
157	279	312	295.5	312	341	326.5
158	279	312	295.5	312	342	327
159	280	312	296	312	342	327
160	280	312	296	312	342	327
161	280	312	296	312	342	327
162	280	312	296	312	343	327.5
163	280	313	296.5	313	347	330
164	280	313	296.5	313	349	331
165	280	312	296	312	348	330
166	280	312	296	312	349	330.5
167	280	313	296.5	313	352	332.5
168	280	313	296.5	313	354	333.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
169	280	313	296.5	313	353	333
170	280	310	295	310	351	330.5
171	281	310	295.5	310	351	330.5
172	281	308	294.5	308	349	328.5
173	281	309	295	309	347	328
174	281	311	296	311	348	329.5
175	281	311	296	311	347	329
176	281	314	297.5	314	350	332
177	281	317	299	317	353	335
178	281	320	300.5	320	354	337
179	281	321	301	321	355	338
180	281	322	301.5	322	356	339
181	281	322	301.5	322	355	338.5
182	281	323	302	323	355	339
183	281	323	302	323	354	338.5
184	281	323	302	323	354	338.5
185	281	323	302	323	355	339
186	281	323	302	323	353	338
187	281	323	302	323	352	337.5
188	282	323	302.5	323	353	338
189	281	322	301.5	322	353	337.5
190	282	323	302.5	323	354	338.5
191	282	323	302.5	323	354	338.5
192	281	322	301.5	322	351	336.5
193	282	323	302.5	323	351	337
194	283	322	302.5	322	348	335
195	283	322	302.5	322	346	334
196	283	321	302	321	343	332
197	283	321	302	321	343	332
198	283	320	301.5	320	343	331.5
199	283	320	301.5	320	343	331.5
200	283	320	301.5	320	341	330.5
201	283	320	301.5	320	339	329.5
202	283	321	302	321	339	330
203	283	321	302	321	336	328.5
204	283	321	302	321	337	329
205	283	320	301.5	320	337	328.5
206	283	320	301.5	320	340	330
207	283	320	301.5	320	340	330
208	283	320	301.5	320	340	330
209	283	320	301.5	320	340	330
210	283	320	301.5	320	343	331.5
211	283	319	301	319	343	331

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
212	283	319	301	319	344	331.5
213	283	319	301	319	344	331.5
214	284	318	301	318	343	330.5
215	283	317	300	317	342	329.5
216	284	317	300.5	317	346	331.5
217	284	317	300.5	317	351	334
218	284	318	301	318	358	338
219	284	317	300.5	317	364	340.5
220	284	317	300.5	317	367	342
221	284	316	300	316	365	340.5
222	284	317	300.5	317	366	341.5
223	284	316	300	316	365	340.5
224	284	316	300	316	365	340.5
225	284	315	299.5	315	365	340
226	284	316	300	316	368	342
227	284	316	300	316	370	343
228	284	316	300	316	370	343
229	284	316	300	316	368	342
230	284	316	300	316	366	341
231	284	316	300	316	365	340.5
232	284	317	300.5	317	365	341
233	284	317	300.5	317	367	342
234	284	315	299.5	315	367	341
235	284	317	300.5	317	368	342.5
236	284	316	300	316	366	341
237	284	316	300	316	361	338.5
238	284	316	300	316	359	337.5
239	284	316	300	316	358	337
240	284	316	300	316	358	337
241	284	316	300	316	356	336
242	284	316	300	316	355	335.5
243	284	316	300	316	353	334.5
244	285	317	301	317	353	335
245	285	316	300.5	316	351	333.5
246	284	316	300	316	351	333.5
247	284	314	299	314	349	331.5
248	284	316	300	316	352	334
249	284	316	300	316	352	334
250	285	317	301	317	351	334
251	285	318	301.5	318	352	335
252	285	318	301.5	318	351	334.5
253	285	319	302	319	352	335.5
254	285	319	302	319	352	335.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
255	285	318	301.5	318	351	334.5
256	285	319	302	319	352	335.5
257	285	319	302	319	351	335
258	285	319	302	319	349	334
259	285	319	302	319	349	334
260	285	319	302	319	347	333
261	285	318	301.5	318	347	332.5
262	285	318	301.5	318	348	333
263	285	319	302	319	350	334.5
264	285	319	302	319	350	334.5
265	285	319	302	319	351	335
266	285	320	302.5	320	352	336
267	285	319	302	319	351	335
268	285	319	302	319	352	335.5
269	285	317	301	317	350	333.5
270	285	318	301.5	318	353	335.5
271	285	318	301.5	318	352	335
272	285	318	301.5	318	352	335
273	285	318	301.5	318	354	336
274	285	318	301.5	318	354	336
275	285	318	301.5	318	354	336
276	285	318	301.5	318	353	335.5
277	285	319	302	319	355	337
278	285	319	302	319	352	335.5
279	285	318	301.5	318	351	334.5
280	285	318	301.5	318	350	334
281	285	318	301.5	318	350	334
282	285	319	302	319	350	334.5
283	285	318	301.5	318	349	333.5
284	285	318	301.5	318	349	333.5
285	285	318	301.5	318	349	333.5
286	285	319	302	319	348	333.5
287	285	319	302	319	349	334
288	285	319	302	319	348	333.5
289	285	317	301	317	346	331.5
290	285	318	301.5	318	348	333
291	285	319	302	319	350	334.5
292	285	319	302	319	349	334
293	285	318	301.5	318	348	333
294	285	319	302	319	350	334.5
295	285	319	302	319	351	335
296	285	319	302	319	350	334.5
297	285	319	302	319	352	335.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
298	285	320	302.5	320	352	336
299	285	320	302.5	320	353	336.5
300	285	320	302.5	320	353	336.5
301	285	320	302.5	320	356	338
302	285	320	302.5	320	358	339
303	285	321	303	321	360	340.5
304	285	321	303	321	360	340.5
305	285	321	303	321	361	341
306	285	320	302.5	320	359	339.5
307	286	321	303.5	321	358	339.5
308	286	321	303.5	321	359	340
309	286	321	303.5	321	357	339
310	286	321	303.5	321	356	338.5
311	286	321	303.5	321	356	338.5
312	286	322	304	322	355	338.5
313	286	322	304	322	355	338.5
314	286	322	304	322	355	338.5
315	286	323	304.5	323	355	339
316	285	322	303.5	322	354	338
317	285	321	303	321	354	337.5
318	285	320	302.5	320	352	336
319	286	320	303	320	351	335.5
320	286	321	303.5	321	353	337
321	286	321	303.5	321	353	337
322	286	321	303.5	321	353	337
323	286	321	303.5	321	353	337
324	286	321	303.5	321	355	338
325	286	321	303.5	321	355	338
326	286	320	303	320	355	337.5
327	286	321	303.5	321	356	338.5
328	286	321	303.5	321	355	338
329	286	322	304	322	356	339
330	286	322	304	322	353	337.5
331	286	322	304	322	353	337.5
332	286	322	304	322	352	337
333	286	322	304	322	352	337
334	286	322	304	322	353	337.5
335	286	323	304.5	323	355	339
336	287	322	304.5	322	355	338.5
337	287	322	304.5	322	354	338
338	287	323	305	323	356	339.5
339	287	323	305	323	355	339
340	287	323	305	323	355	339

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
341	287	323	305	323	355	339
342	287	323	305	323	355	339
343	287	322	304.5	322	354	338
344	287	323	305	323	355	339
345	287	322	304.5	322	354	338
346	287	322	304.5	322	353	337.5
347	287	323	305	323	354	338.5
348	287	323	305	323	353	338
349	287	324	305.5	324	355	339.5
350	285	324	304.5	324	354	339
351	285	323	304	323	354	338.5
352	285	322	303.5	322	353	337.5
353	285	323	304	323	354	338.5
354	285	323	304	323	357	340
355	285	323	304	323	357	340
356	286	324	305	324	359	341.5
357	286	323	304.5	323	357	340
358	286	323	304.5	323	356	339.5
359	286	323	304.5	323	355	339
360	286	324	305	324	356	340
361	287	323	305	323	355	339
362	287	323	305	323	355	339
363	287	314	300.5	314	344	329
364	287	314	300.5	314	344	329
365	287	313	300	313	343	328
366	287	314	300.5	314	343	328.5
367	288	313	300.5	313	343	328
368	288	309	298.5	309	338	323.5
369	288	310	299	310	339	324.5
370	288	311	299.5	311	340	325.5
371	289	311	300	311	340	325.5
372	289	311	300	311	340	325.5
373	289	311	300	311	340	325.5
374	289	311	300	311	340	325.5
375	289	310	299.5	310	339	324.5
376	289	310	299.5	310	340	325
377	289	310	299.5	310	340	325
378	289	310	299.5	310	340	325
379	289	310	299.5	310	340	325
380	289	308	298.5	308	339	323.5
381	289	308	298.5	308	342	325
382	289	307	298	307	343	325
383	289	308	298.5	308	344	326

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
384	290	308	299	308	345	326.5
385	289	309	299	309	348	328.5
386	290	309	299.5	309	350	329.5
387	290	309	299.5	309	349	329
388	290	309	299.5	309	350	329.5
389	290	309	299.5	309	350	329.5
390	290	309	299.5	309	350	329.5
391	290	309	299.5	309	347	328
392	290	309	299.5	309	346	327.5
393	290	310	300	310	346	328
394	290	309	299.5	309	345	327
395	290	310	300	310	346	328
396	290	310	300	310	344	327
397	290	310	300	310	344	327
398	290	309	299.5	309	343	326
399	290	309	299.5	309	342	325.5
400	290	309	299.5	309	341	325
401	290	310	300	310	341	325.5
402	290	310	300	310	341	325.5
403	291	310	300.5	310	342	326
404	290	310	300	310	340	325
405	291	310	300.5	310	339	324.5
406	291	310	300.5	310	340	325
407	292	310	301	310	341	325.5
408	292	310	301	310	341	325.5
409	292	310	301	310	341	325.5
410	292	311	301.5	311	340	325.5
411	292	310	301	310	338	324
412	292	309	300.5	309	335	322
413	292	310	301	310	334	322
414	292	310	301	310	332	321
415	292	311	301.5	311	333	322
416	292	310	301	310	333	321.5
417	292	310	301	310	333	321.5
418	292	311	301.5	311	332	321.5
419	292	310	301	310	329	319.5
420	292	311	301.5	311	329	320
421	292	310	301	310	325	317.5
422	292	311	301.5	311	327	319
423	292	311	301.5	311	328	319.5
424	292	311	301.5	311	331	321
425	292	311	301.5	311	331	321
426	292	310	301	310	330	320

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
427	292	312	302	312	332	322
428	292	314	303	314	337	325.5
429	292	314	303	314	338	326
430	292	314	303	314	339	326.5
431	292	314	303	314	339	326.5
432	292	314	303	314	339	326.5
433	293	315	304	315	340	327.5
434	293	315	304	315	344	329.5
435	293	315	304	315	351	333
436	293	314	303.5	314	356	335
437	293	315	304	315	362	338.5
438	293	315	304	315	365	340
439	293	314	303.5	314	363	338.5
440	293	315	304	315	364	339.5
441	293	315	304	315	364	339.5
442	293	315	304	315	364	339.5
443	293	315	304	315	365	340
444	293	315	304	315	367	341
445	293	314	303.5	314	368	341
446	293	315	304	315	369	342
447	293	315	304	315	367	341
448	293	313	303	313	363	338
449	293	315	304	315	364	339.5
450	293	315	304	315	363	339
451	293	315	304	315	365	340
452	293	315	304	315	367	341
453	293	315	304	315	366	340.5
454	293	315	304	315	365	340
455	293	314	303.5	314	359	336.5
456	293	314	303.5	314	357	335.5
457	293	314	303.5	314	356	335
458	294	314	304	314	356	335
459	293	314	303.5	314	354	334
460	294	314	304	314	353	333.5
461	294	315	304.5	315	352	333.5
462	294	314	304	314	350	332
463	294	314	304	314	349	331.5
464	294	314	304	314	349	331.5
465	294	314	304	314	349	331.5
466	294	315	304.5	315	351	333
467	294	315	304.5	315	351	333
468	294	313	303.5	313	347	330
469	294	314	304	314	348	331

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
470	294	315	304.5	315	348	331.5
471	294	315	304.5	315	348	331.5
472	294	315	304.5	315	348	331.5
473	294	317	305.5	317	350	333.5
474	294	317	305.5	317	350	333.5
475	294	318	306	318	350	334
476	294	318	306	318	348	333
477	294	318	306	318	348	333
478	294	319	306.5	319	347	333
479	294	319	306.5	319	348	333.5
480	294	319	306.5	319	349	334
481	294	319	306.5	319	350	334.5
482	294	319	306.5	319	350	334.5
483	294	319	306.5	319	351	335
484	294	319	306.5	319	351	335
485	295	319	307	319	351	335
486	294	319	306.5	319	352	335.5
487	295	318	306.5	318	351	334.5
488	295	318	306.5	318	353	335.5
489	295	319	307	319	353	336
490	295	319	307	319	353	336
491	295	319	307	319	355	337
492	295	319	307	319	355	337
493	295	320	307.5	320	356	338
494	295	320	307.5	320	355	337.5
495	295	321	308	321	357	339
496	295	321	308	321	354	337.5
497	295	321	308	321	354	337.5
498	295	321	308	321	353	337
499	295	321	308	321	353	337
500	295	322	308.5	322	353	337.5
501	296	320	308	321	352	336.5
502	295	320	307.5	321	352	336.5
503	295	321	308	321	352	336.5
504	295	321	308	321	350	335.5
505	296	321	308.5	321	351	336
506	296	321	308.5	320	349	334.5
507	296	321	308.5	322	351	336.5
508	296	322	309	322	352	337
509	296	321	308.5	321	352	336.5
510	296	321	308.5	321	351	336
511	296	321	308.5	322	352	337
512	296	321	308.5	322	353	337.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
513	296	321	308.5	322	354	338
514	296	320	308	322	353	337.5
515	296	322	309	321	354	337.5
516	296	322	309	323	355	339
517	296	321	308.5	323	356	339.5
518	296	321	308.5	324	357	340.5
519	296	322	309	325	361	343
520	296	322	309	326	364	345
521	296	322	309	326	365	345.5
522	296	322	309	326	365	345.5
523	296	321	308.5	327	367	347
524	296	323	309.5	326	365	345.5
525	296	323	309.5	327	364	345.5
526	296	324	310	327	365	346
527	296	325	310.5	326	362	344
528	296	326	311	326	361	343.5
529	296	326	311	327	362	344.5
530	296	326	311	326	359	342.5
531	296	327	311.5	326	359	342.5
532	297	326	311.5	327	360	343.5
533	297	327	312	327	359	343
534	297	327	312	329	361	345
535	297	326	311.5	331	364	347.5
536	297	326	311.5	332	364	348
537	297	327	312	333	364	348.5
538	297	326	311.5	335	367	351
539	297	326	311.5	335	367	351
540	297	327	312	335	367	351
541	297	317	307	336	368	352
542	297	317	307	335	369	352
543	297	317	307	335	369	352
544	297	317	307	334	369	351.5
545	297	317	307	334	369	351.5
546	297	317	307	335	369	352
547	297	317	307	332	366	349
548	297	317	307	333	364	348.5
549	297	317	307	333	364	348.5
550	297	317	307	333	363	348
551	298	318	308	334	364	349
552	297	317	307	334	365	349.5
553	298	318	308	333	365	349
554	297	317	307	334	367	350.5
555	297	317	307	334	366	350

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
556	297	317	307	333	366	349.5
557	298	318	308	334	366	350
558	299	319	309	334	366	350
559	298	318	308	334	366	350
560	298	318	308	334	366	350
561	299	319	309	333	365	349
562	298	318	308	333	365	349
563	298	318	308	332	364	348
564	298	318	308	333	364	348.5
565	298	318	308	334	365	349.5
566	299	319	309	333	363	348
567	299	319	309	331	362	346.5
568	298	318	308	332	362	347
569	299	319	309	333	364	348.5
570	299	319	309	334	365	349.5
571	299	319	309	332	363	347.5
572	298	318	308	333	367	350
573	299	319	309	333	367	350
574	299	319	309	333	368	350.5
575	299	319	309	334	368	351
576	299	319	309	334	367	350.5
577	299	319	309	334	366	350
578	299	319	309	334	366	350
579	299	319	309	335	367	351
580	299	319	309	336	368	352
581	299	319	309	337	367	352
582	299	319	309	338	368	353
583	299	319	309	340	370	355
584	299	319	309	339	368	353.5
585	299	319	309	339	369	354
586	299	319	309	340	369	354.5
587	299	319	309	340	369	354.5
588	299	319	309	340	369	354.5
589	299	319	309	340	369	354.5
590	299	319	309	341	370	355.5
591	299	319	309	342	371	356.5
592	300	320	310	342	371	356.5
593	300	320	310	341	370	355.5
594	300	320	310	341	371	356
595	300	320	310	342	372	357
596	300	320	310	341	371	356
597	300	320	310	341	371	356
598	300	320	310	342	373	357.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
599	300	320	310	342	376	359
600	300	320	310	343	379	361
601	300	320	310	343	379	361
602	300	320	310	342	379	360.5
603	300	320	310	343	382	362.5
604	300	320	310	342	383	362.5
605	300	320	310	343	383	363
606	300	320	310	343	384	363.5
607	300	320	310	343	384	363.5
608	300	320	310	344	385	364.5
609	300	320	310	346	384	365
610	300	320	310	348	385	366.5
611	300	320	310	350	386	368
612	300	320	310	350	386	368
613	300	320	310	351	387	369
614	300	320	310	349	383	366
615	300	320	310	351	385	368
616	300	320	310	351	385	368
617	300	320	310	353	386	369.5
618	300	320	310	353	385	369
619	301	321	311	354	385	369.5
620	301	321	311	352	383	367.5
621	301	321	311	352	384	368
622	301	321	311	350	380	365
623	301	321	311	352	381	366.5
624	301	321	311	353	383	368
625	301	321	311	350	381	365.5
626	301	321	311	352	383	367.5
627	301	321	311	354	385	369.5
628	301	321	311	354	383	368.5
629	301	321	311	352	380	366
630	301	321	311	353	379	366
631	302	322	312	352	376	364
632	302	322	312	352	374	363
633	302	322	312	351	373	362
634	302	322	312	353	376	364.5
635	302	322	312	354	377	365.5
636	302	322	312	353	374	363.5
637	302	322	312	354	373	363.5
638	302	322	312	355	373	364
639	302	322	312	355	370	362.5
640	302	322	312	354	370	362
641	302	322	312	356	373	364.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
642	302	322	312	356	376	366
643	302	322	312	358	378	368
644	302	322	312	359	379	369
645	302	322	312	360	380	370
646	302	322	312	362	385	373.5
647	303	323	313	362	386	374
648	302	322	312	363	388	375.5
649	303	323	313	363	388	375.5
650	302	322	312	363	388	375.5
651	303	323	313	365	390	377.5
652	303	323	313	365	394	379.5
653	303	323	313	365	399	382
654	303	323	313	367	407	387
655	303	323	313	368	415	391.5
656	303	323	313	370	420	395
657	303	323	313	368	417	392.5
658	303	323	313	369	418	393.5
659	303	323	313	370	419	394.5
660	303	323	313	370	419	394.5
661	303	323	313	369	419	394
662	303	323	313	366	418	392
663	303	323	313	367	421	394
664	303	323	313	371	425	398
665	303	323	313	372	424	398
666	303	323	313	373	423	398
667	303	323	313	373	422	397.5
668	303	323	313	373	421	397
669	303	323	313	375	425	400
670	304	324	314	375	427	401
671	304	324	314	373	424	398.5
672	304	324	314	375	425	400
673	304	324	314	375	420	397.5
674	304	324	314	376	419	397.5
675	304	324	314	379	421	400
676	305	325	315	377	419	398
677	305	325	315	379	419	399
678	305	325	315	379	418	398.5
679	305	325	315	381	418	399.5
680	305	325	315	379	415	397
681	305	325	315	382	417	399.5
682	305	325	315	382	417	399.5
683	305	325	315	383	418	400.5
684	304	324	314	382	418	400

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
685	305	325	315	382	418	400
686	305	325	315	379	413	396
687	306	326	316	383	417	400
688	305	325	315	384	417	400.5
689	305	325	315	384	417	400.5
690	305	325	315	383	416	399.5
691	306	326	316	384	417	400.5
692	306	326	316	385	418	401.5
693	305	325	315	386	418	402
694	306	326	316	386	416	401
695	306	326	316	378	408	393
696	306	326	316	384	412	398
697	306	326	316	387	416	401.5
698	306	326	316	388	418	403
699	305	325	315	389	420	404.5
700	305	325	315	391	422	406.5
701	305	325	315	389	421	405
702	305	325	315	390	422	406
703	305	325	315	393	425	409
704	304	324	314	395	428	411.5
705	305	325	315	391	424	407.5
706	305	325	315	390	425	407.5
707	303	323	313	394	428	411
708	305	325	315	396	430	413
709	307	327	317	397	433	415
710	308	328	318	396	432	414
711	309	329	319	396	432	414
712	309	329	319	396	431	413.5
713	309	329	319	398	434	416
714	309	329	319	397	430	413.5
715	310	330	320	400	433	416.5
716	311	331	321	401	433	417
717	311	331	321	399	431	415
718	312	332	322	403	434	418.5
719	312	332	322	402	433	417.5
720	312	332	322	401	432	416.5
721	312	332	322	399	430	414.5
722	312	332	322	401	430	415.5
723	310	330	320	403	433	418
724	311	331	321	401	430	415.5
725	311	331	321	402	431	416.5
726	311	331	321	405	435	420
727	310	330	320	406	437	421.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
728	310	330	320	407	437	422
729	310	330	320	406	436	421
730	310	330	320	402	433	417.5
731	309	329	319	406	438	422
732	309	329	319	408	439	423.5
733	309	329	319	408	441	424.5
734	308	328	318	406	438	422
735	309	329	319	408	441	424.5
736	307	327	317	407	440	423.5
737	307	327	317	406	442	424
738	307	327	317	405	443	424
739	308	328	318	406	445	425.5
740	307	327	317	410	449	429.5
741	307	327	317	411	451	431
742	307	327	317	412	451	431.5
743	306	326	316	410	447	428.5
744	305	325	315	410	448	429
745	306	326	316	411	447	429
746	306	326	316	408	443	425.5
747	306	326	316	409	444	426.5
748	303	323	313	407	440	423.5
749	304	324	314	411	444	427.5
750	305	325	315	413	446	429.5
751	304	324	314	411	443	427
752	304	324	314	414	446	430
753	304	324	314	414	447	430.5
754	304	324	314	416	448	432
755	305	325	315	418	449	433.5
756	306	326	316	419	451	435
757	304	324	314	420	452	436
758	305	325	315	420	452	436
759	306	326	316	419	451	435
760	306	326	316	422	456	439
761	306	326	316	423	457	440
762	305	325	315	425	460	442.5
763	305	325	315	428	463	445.5
764	305	325	315	431	465	448
765	305	325	315	432	466	449
766	303	323	313	436	467	451.5
767	304	324	314	433	464	448.5
768	304	324	314	434	464	449
769	304	324	314	439	469	454
770	304	324	314	438	469	453.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
771	304	324	314	440	472	456
772	305	325	315	443	476	459.5
773	304	324	314	444	476	460
774	304	324	314	443	476	459.5
775	304	324	314	446	478	462
776	305	325	315	447	479	463
777	305	325	315	447	479	463
778	305	325	315	447	479	463
779	306	326	316	446	478	462
780	306	326	316	455	487	471
781	307	327	317	461	493	477
782	307	327	317	470	501	485.5
783	307	327	317	477	508	492.5
784	307	327	317	481	511	496
785	307	327	317	484	515	499.5
786	308	328	318	493	523	508
787	309	329	319	499	530	514.5
788	309	329	319	494	525	509.5
789	309	329	319	502	533	517.5
790	308	328	318	502	536	519
791	308	328	318	502	536	519
792	308	328	318	512	547	529.5
793	309	329	319	510	544	527
794	309	329	319	500	533	516.5
795	308	328	318	513	545	529
796	308	328	318	512	544	528
797	309	329	319	511	543	527
798	309	329	319	512	544	528
799	309	329	319	520	550	535
800	307	327	317	527	557	542
801	308	328	318	529	559	544
802	309	329	319	537	566	551.5
803	309	329	319	544	574	559
804	309	329	319	549	578	563.5
805	308	328	318	548	577	562.5
806	307	327	317	552	581	566.5
807	308	328	318	545	574	559.5
808	306	326	316	553	582	567.5
809	307	327	317	544	573	558.5
810	307	327	317	542	571	556.5
811	308	328	318	541	570	555.5
812	308	328	318	546	576	561
813	308	328	318	541	571	556

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
814	305	325	315	550	580	565
815	306	326	316	547	577	562
816	307	327	317	552	583	567.5
817	306	326	316	551	585	568
818	307	327	317	558	594	576
819	307	327	317	547	583	565
820	307	327	317	551	588	569.5
821	308	328	318	563	602	582.5
822	308	328	318	560	609	584.5
823	308	328	318	558	624	591
824	309	329	319	566	641	603.5
825	309	329	319	569	647	608
826	309	329	319	572	650	611
827	309	329	319	576	666	621
828	310	330	320	569	669	619
829	309	329	319	565	674	619.5
830	309	329	319	574	680	627
831	311	331	321	579	680	629.5
832	311	331	321	575	669	622
833	312	332	322	574	664	619
834	313	333	323	575	665	620
835	313	333	323	571	662	616.5
836	314	334	324	565	647	606
837	313	333	323	578	661	619.5
838	313	333	323	575	662	618.5
839	313	333	323	569	665	617
840	313	333	323	555	661	608
841	313	333	323	574	669	621.5
842	312	332	322	583	668	625.5
843	312	332	322	584	659	621.5
844	313	333	323	590	656	623
845	312	332	322	591	640	615.5
846	313	333	323	589	628	608.5
847	316	331	323.5	580	612	596
848	323	332	327.5	589	615	602
849	331	333	332	598	622	610
850	336	333	334.5	604	626	615
851	338	334	336	607	629	618
852	339	333	336	602	625	613.5
853	340	333	336.5	605	628	616.5
854	339	333	336	621	647	634
855	338	333	335.5	646	678	662
856	337	333	335	658	693	675.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
857	336	332	334	670	713	691.5
858	333	332	332.5	683	739	711
859	332	333	332.5	695	739	717
860	331	332	331.5	702	769	735.5
861	330	333	331.5	707	784	745.5
862	327	331	329	709	768	738.5
863	326	332	329	715	758	736.5
864	325	333	329	725	780	752.5
865	324	333	328.5	726	768	747
866	322	334	328	731	769	750
867	321	333	327	738	773	755.5
868	321	333	327	744	776	760
869	319	333	326	748	777	762.5
870	318	333	325.5	751	776	763.5
871	317	333	325	759	783	771
872	317	332	324.5	767	791	779
873	317	332	324.5	774	798	786
874	317	333	325	784	808	796
875	317	332	324.5	792	816	804
876	316	333	324.5	798	822	810
877	316	336	326	804	828	816
878	315	335	325	814	838	826
879	314	334	324	825	849	837
880	314	334	324	837	861	849
881	315	335	325	846	870	858
882	314	334	324	851	875	863
883	313	333	323	853	877	865
884	314	334	324	856	880	868
885	314	334	324	859	883	871
886	314	334	324	864	888	876
887	314	334	324	868	891	879.5
888	312	332	322	877	900	888.5
889	312	332	322	887	901	894
890	312	332	322	891	901	896
891	312	332	322	891	902	896.5
892	312	332	322	891	902	896.5
893	312	332	322	891	902	896.5
894	312	332	322	891	903	897
895	311	331	321	891	904	897.5
896	312	332	322	891	904	897.5
897	311	331	321	891	904	897.5
898	312	332	322	891	904	897.5
899	312	332	322	891	903	897

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
900	310	330	320	891	903	897
901	311	331	321	891	902	896.5
902	312	332	322	890	902	896
903	311	331	321	890	901	895.5
904	311	331	321	890	902	896
905	312	332	322	889	901	895
906	311	331	321	890	902	896
907	311	331	321	890	904	897
908	311	331	321	889	905	897
909	311	331	321	889	904	896.5
910	310	330	320	889	904	896.5
911	310	330	320	889	903	896
912	310	330	320	889	903	896
913	310	330	320	889	904	896.5
914	310	330	320	889	904	896.5
915	311	331	321	889	904	896.5
916	311	331	321	889	904	896.5
917	311	331	321	889	903	896
918	310	330	320	889	902	895.5
919	309	329	319	889	902	895.5
920	309	329	319	889	901	895
921	310	330	320	888	902	895
922	310	330	320	888	902	895
923	310	330	320	888	902	895
924	310	330	320	888	902	895
925	311	331	321	888	901	894.5
926	311	331	321	888	900	894
927	311	331	321	888	900	894
928	311	331	321	888	900	894
929	310	330	320	888	900	894
930	310	330	320	888	902	895
931	311	331	321	887	901	894
932	311	331	321	887	903	895
933	311	331	321	887	903	895
934	310	330	320	887	901	894
935	310	330	320	887	900	893.5
936	310	330	320	887	899	893
937	310	330	320	887	898	892.5
938	310	330	320	886	899	892.5
939	310	330	320	886	897	891.5
940	311	331	321	886	895	890.5
941	310	330	320	886	895	890.5
942	310	330	320	886	893	889.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
943	311	331	321	886	891	888.5
944	310	330	320	886	889	887.5
945	311	331	321	885	887	886
946	311	331	321	886	885	885.5
947	310	330	320	886	885	885.5
948	310	330	320	885	883	884
949	311	331	321	885	881	883
950	311	331	321	885	879	882
951	311	331	321	885	880	882.5
952	311	331	321	885	880	882.5
953	311	331	321	885	882	883.5
954	311	331	321	885	883	884
955	310	330	320	884	884	884
956	310	330	320	884	884	884
957	311	331	321	884	883	883.5
958	310	330	320	884	881	882.5
959	310	330	320	884	880	882
960	310	330	320	884	879	881.5
961	310	330	320	884	876	880
962	310	330	320	884	875	879.5
963	309	329	319	883	874	878.5
964	310	330	320	884	873	878.5
965	310	330	320	884	871	877.5
966	310	330	320	884	870	877
967	310	330	320	884	870	877
968	311	331	321	883	869	876
969	309	329	319	883	870	876.5
970	311	331	321	883	869	876
971	311	331	321	883	869	876
972	312	332	322	883	868	875.5
973	312	332	322	882	867	874.5
974	311	331	321	883	868	875.5
975	311	331	321	883	867	875
976	311	331	321	883	867	875
977	312	332	322	883	866	874.5
978	311	331	321	882	865	873.5
979	312	332	322	882	864	873
980	313	333	323	882	864	873
981	314	334	324	882	863	872.5
982	314	334	324	882	863	872.5
983	314	334	324	882	861	871.5
984	314	334	324	882	861	871.5
985	314	334	324	882	861	871.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
986	313	333	323	882	860	871
987	312	332	322	882	858	870
988	313	333	323	882	859	870.5
989	313	333	323	881	858	869.5
990	314	334	324	881	858	869.5
991	314	334	324	881	859	870
992	314	334	324	881	859	870
993	314	334	324	881	858	869.5
994	314	334	324	881	858	869.5
995	314	334	324	881	858	869.5
996	313	333	323	881	858	869.5
997	313	333	323	881	858	869.5
998	313	333	323	881	856	868.5
999	313	333	323	881	857	869
1000	313	333	323	880	857	868.5
1001	313	333	323	880	857	868.5
1002	314	334	324	880	857	868.5
1003	314	334	324	880	857	868.5
1004	314	334	324	880	856	868
1005	314	334	324	880	857	868.5
1006	314	334	324	880	859	869.5
1007	314	334	324	880	859	869.5
1008	315	335	325	880	860	870
1009	316	336	326	879	860	869.5
1010	316	336	326	879	860	869.5
1011	316	336	326	879	859	869
1012	316	336	326	878	860	869
1013	317	337	327	879	861	870
1014	317	337	327	879	862	870.5
1015	319	339	329	878	861	869.5
1016	319	339	329	878	860	869
1017	319	339	329	878	860	869
1018	319	339	329	878	861	869.5
1019	321	341	331	878	861	869.5
1020	321	341	331	878	863	870.5
1021	322	342	332	878	862	870
1022	323	343	333	878	861	869.5
1023	324	344	334	878	861	869.5
1024	324	344	334	878	861	869.5
1025	326	346	336	878	860	869
1026	326	346	336	878	860	869
1027	326	346	336	878	861	869.5
1028	327	347	337	877	860	868.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1029	327	347	337	877	859	868
1030	329	349	339	877	857	867
1031	329	349	339	876	859	867.5
1032	329	349	339	876	859	867.5
1033	329	349	339	876	860	868
1034	331	351	341	876	859	867.5
1035	331	351	341	876	859	867.5
1036	331	351	341	876	859	867.5
1037	333	353	343	876	859	867.5
1038	333	353	343	875	859	867
1039	333	353	343	875	858	866.5
1040	333	353	343	875	858	866.5
1041	333	353	343	875	857	866
1042	334	354	344	875	857	866
1043	334	354	344	875	856	865.5
1044	334	354	344	875	857	866
1045	334	354	344	874	858	866
1046	335	355	345	874	857	865.5
1047	336	356	346	873	856	864.5
1048	336	356	346	873	856	864.5
1049	336	356	346	873	855	864
1050	336	356	346	873	855	864
1051	338	358	348	873	855	864
1052	338	358	348	872	857	864.5
1053	338	358	348	873	856	864.5
1054	338	358	348	873	855	864
1055	338	358	348	872	855	863.5
1056	338	358	348	872	853	862.5
1057	339	359	349	872	854	863
1058	340	360	350	872	854	863
1059	340	360	350	872	854	863
1060	340	360	350	872	855	863.5
1061	340	360	350	872	854	863
1062	340	360	350	871	855	863
1063	340	360	350	871	855	863
1064	340	360	350	871	855	863
1065	340	360	350	871	855	863
1066	341	361	351	871	855	863
1067	341	361	351	871	853	862
1068	341	362	351.5	871	855	863
1069	341	362	351.5	871	853	862
1070	341	363	352	870	852	861
1071	341	363	352	871	853	862

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1072	342	363	352.5	871	853	862
1073	343	365	354	871	854	862.5
1074	343	365	354	871	854	862.5
1075	343	365	354	870	854	862
1076	343	367	355	870	852	861
1077	345	368	356.5	870	852	861
1078	345	370	357.5	870	852	861
1079	345	368	356.5	870	851	860.5
1080	346	369	357.5	869	852	860.5
1081	346	370	358	870	851	860.5
1082	347	370	358.5	870	853	861.5
1083	347	369	358	870	852	861
1084	347	366	356.5	870	853	861.5
1085	347	367	357	869	853	861
1086	347	371	359	868	852	860
1087	348	372	360	868	851	859.5
1088	348	373	360.5	868	851	859.5
1089	348	373	360.5	868	851	859.5
1090	348	373	360.5	868	850	859
1091	348	375	361.5	868	850	859
1092	348	375	361.5	868	849	858.5
1093	348	373	360.5	868	852	860
1094	349	375	362	868	852	860
1095	349	375	362	868	851	859.5
1096	350	376	363	867	850	858.5
1097	350	379	364.5	867	852	859.5
1098	354	377	365.5	867	851	859
1099	356	379	367.5	867	852	859.5
1100	357	379	368	867	851	859
1101	358	381	369.5	867	850	858.5
1102	358	379	368.5	867	849	858
1103	360	380	370	867	850	858.5
1104	360	380	370	867	850	858.5
1105	360	380	370	867	850	858.5
1106	360	380	370	867	850	858.5
1107	360	380	370	866	850	858
1108	360	380	370	866	852	859
1109	360	380	370	866	854	860
1110	360	380	370	866	853	859.5
1111	360	380	370	866	855	860.5
1112	360	380	370	866	856	861
1113	360	380	370	866	855	860.5
1114	360	380	370	866	854	860

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1115	360	380	370	866	852	859
1116	360	380	370	865	851	858
1117	360	380	370	865	851	858
1118	360	380	370	865	852	858.5
1119	360	380	370	864	850	857
1120	360	380	370	865	851	858
1121	360	380	370	865	851	858
1122	360	380	370	864	848	856
1123	360	380	370	864	850	857
1124	360	380	370	864	849	856.5
1125	360	380	370	863	848	855.5
1126	360	380	370	865	848	856.5
1127	360	380	370	872	847	859.5
1128	360	380	370	871	848	859.5
1129	360	380	370	866	847	856.5
1130	360	380	370	872	846	859
1131	360	380	370	871	848	859.5
1132	360	380	370	869	849	859
1133	360	380	370	863	846	854.5
1134	360	380	370	868	849	858.5
1135	360	380	370	857	849	853
1136	361	381	371	872	848	860
1137	361	381	371	855	848	851.5
1138	361	381	371	862	850	856
1139	361	381	371	863	847	855
1140	361	381	371	869	849	859
1141	361	381	371	859	846	852.5
1142	361	381	371	873	846	859.5
1143	363	383	373	861	845	853
1144	363	383	373	869	847	858
1145	362	382	372	863	848	855.5
1146	363	383	373	871	847	859
1147	363	383	373	853	845	849
1148	363	383	373	868	845	856.5
1149	363	383	373	876	845	860.5
1150	363	383	373	861	846	853.5
1151	363	383	373	862	846	854
1152	363	383	373	872	847	859.5
1153	363	383	373	867	849	858
1154	365	385	375	867	850	858.5
1155	365	385	375	868	848	858
1156	365	385	375	857	847	852
1157	365	385	375	860	849	854.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1158	365	385	375	873	848	860.5
1159	365	385	375	869	847	858
1160	365	385	375	860	847	853.5
1161	365	385	375	863	848	855.5
1162	366	386	376	865	845	855
1163	367	387	377	860	847	853.5
1164	367	387	377	858	846	852
1165	367	387	377	877	847	862
1166	367	387	377	861	848	854.5
1167	367	387	377	858	848	853
1168	367	387	377	850	846	848
1169	369	389	379	883	849	866
1170	369	389	379	873	848	860.5
1171	369	389	379	865	846	855.5
1172	371	391	381	870	848	859
1173	371	391	381	865	848	856.5
1174	371	391	381	862	850	856
1175	372	392	382	855	848	851.5
1176	373	393	383	873	847	860
1177	373	393	383	873	848	860.5
1178	373	393	383	874	851	862.5
1179	373	393	383	874	850	862
1180	374	394	384	874	852	863
1181	374	394	384	874	852	863
1182	375	395	385	873	853	863
1183	375	395	385	873	855	864
1184	375	395	385	873	855	864
1185	375	395	385	873	853	863
1186	375	395	385	873	851	862
1187	375	395	385	872	853	862.5
1188	375	395	385	873	854	863.5
1189	375	395	385	873	856	864.5
1190	376	396	386	873	850	861.5
1191	377	397	387	873	853	863
1192	376	396	386	872	852	862
1193	376	396	386	872	855	863.5
1194	377	397	387	872	854	863
1195	377	397	387	872	854	863
1196	377	397	387	872	858	865
1197	377	397	387	872	853	862.5
1198	377	397	387	871	858	864.5
1199	377	394.5	385.75	871	857	864
1200	378	394	386	871	857	864

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1201	379	392	385.5	871	858	864.5
1202	379	394	386.5	871	857	864
1203	379	398	388.5	870	855	862.5
1204	379	398	388.5	870	854	862
1205	380	398	389	870	855	862.5
1206	380	397.5	388.75	870	855	862.5
1207	381	397	389	870	853	861.5
1208	381	400	390.5	869	851	860
1209	381	401	391	869	854	861.5
1210	381	398.5	389.75	869	855	862
1211	369	400	384.5	869	851	860
1212	373	397.5	385.25	869	851	860
1213	374	397.5	385.75	869	851	860
1214	375	400	387.5	868	854	861
1215	375	398	386.5	868	853	860.5
1216	377	399	388	868	854	861
1217	378	398.5	388.25	868	855	861.5
1218	379	399.5	389.25	868	850	859
1219	380	397	388.5	868	852	860
1220	381	401	391	868	850	859
1221	381	401	391	868	850	859
1222	382	402	392	868	852	860
1223	383	403	393	867	855	861
1224	384	404	394	867	857	862
1225	385	405	395	867	856	861.5
1226	386	406	396	866	854	860
1227	387	407	397	867	855	861
1228	387	407	397	867	855	861
1229	389	409	399	866	858	862
1230	389	409	399	866	860	863
1231	390	410	400	866	861	863.5
1232	391	411	401	866	860	863
1233	391	411	401	866	860	863
1234	393	413	403	866	859	862.5
1235	393	413	403	866	858	862
1236	394	414	404	865	853	859
1237	395	415	405	865	858	861.5
1238	395	415	405	865	858	861.5
1239	397	417	407	865	856	860.5
1240	397	417	407	865	857	861
1241	397	417	407	865	861	863
1242	399	419	409	864	861	862.5
1243	399	419	409	864	860	862

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1244	399	419	409	864	859	861.5
1245	400	420	410	864	860	862
1246	401	421	411	864	861	862.5
1247	401	421	411	864	862	863
1248	401	421	411	864	860	862
1249	403	423	413	864	861	862.5
1250	405	425	415	864	862	863
1251	406	426	416	864	861	862.5
1252	406	426	416	863	860	861.5
1253	408	428	418	863	864	863.5
1254	408	428	418	863	858	860.5
1255	410	430	420	863	860	861.5
1256	410	430	420	863	863	863
1257	412	432	422	863	863	863
1258	412	432	422	863	863	863
1259	414	434	424	862	863	862.5
1260	414	434	424	862	864	863
1261	414	434	424	862	866	864
1262	414	434	424	862	868	865
1263	415	435	425	862	865	863.5
1264	416	436	426	862	868	865
1265	416	436	426	862	867	864.5
1266	416	436	426	861	866	863.5
1267	418	438	428	862	867	864.5
1268	419	439	429	862	866	864
1269	419	439	429	861	866	863.5
1270	420	440	430	861	868	864.5
1271	421	441	431	861	865	863
1272	421	441	431	861	863	862
1273	421	441	431	861	863	862
1274	421	441	431	861	866	863.5
1275	421	441	431	861	865	863
1276	423	443	433	860	865	862.5
1277	423	443	433	860	867	863.5
1278	423	443	433	860	869	864.5
1279	423	443	433	860	870	865
1280	425	445	435	860	870	865
1281	425	445	435	860	872	866
1282	425	445	435	860	872	866
1283	425	445	435	860	872	866
1284	426	446	436	859	876	867.5
1285	427	447	437	860	877	868.5
1286	427	447	437	860	881	870.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1287	427	447	437	860	879	869.5
1288	427	447	437	860	876	868
1289	429	449	439	859	875	867
1290	429	449	439	859	879	869
1291	430	450	440	859	880	869.5
1292	430	450	440	859	879	869
1293	430	450	440	859	880	869.5
1294	430	450	440	858	880	869
1295	432	452	442	859	879	869
1296	432	452	442	859	878	868.5
1297	432	452	442	859	879	869
1298	432	452	442	859	877	868
1299	432	452	442	858	879	868.5
1300	434	454	444	858	881	869.5
1301	433	453	443	858	880	869
1302	435	455	445	858	878	868
1303	435	455	445	858	880	869
1304	434	454	444	858	880	869
1305	434	454	444	858	881	869.5
1306	434	454	444	858	880	869
1307	434	454	444	858	880	869
1308	435	455	445	858	880	869
1309	435	455	445	858	880	869
1310	435	455	445	857	880	868.5
1311	433	453	443	857	879	868
1312	435	455	445	857	879	868
1313	434	454	444	857	878	867.5
1314	432	452	442	857	878	867.5
1315	432	452	442	857	877	867
1316	435	455	445	857	878	867.5
1317	435	455	445	857	879	868
1318	436	456	446	857	878	867.5
1319	436	456	446	857	877	867
1320	436	456	446	857	877	867
1321	438	458	448	857	876	866.5
1322	440	460	450	857	876	866.5
1323	441	461	451	857	876	866.5
1324	442	462	452	857	878	867.5
1325	442	462	452	857	877	867
1326	442	462	452	857	876	866.5
1327	441	461	451	857	876	866.5
1328	441	461	451	857	874	865.5
1329	441	461	451	857	875	866

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1330	442	462	452	857	875	866
1331	440	460	450	857	875	866
1332	442	462	452	857	876	866.5
1333	441	461	451	857	875	866
1334	442	462	452	857	876	866.5
1335	439	459	449	857	876	866.5
1336	441	461	451	857	876	866.5
1337	442	462	452	857	876	866.5
1338	442	462	452	857	876	866.5
1339	444	464	454	857	874	865.5
1340	444	464	454	857	876	866.5
1341	444	464	454	857	874	865.5
1342	445	465	455	857	873	865
1343	444	464	454	857	874	865.5
1344	445	465	455	857	874	865.5
1345	447	467	457	857	875	866
1346	449	469	459	857	875	866
1347	450	470	460	857	875	866
1348	451	471	461	857	873	865
1349	452	472	462	857	873	865
1350	451	471	461	857	873	865
1351	450	470	460	857	872	864.5
1352	452	472	462	857	873	865
1353	453	473	463	857	872	864.5
1354	452	472	462	857	874	865.5
1355	450	470	460	857	873	865
1356	447	467	457	857	874	865.5
1357	449	469	459	857	874	865.5
1358	450	470	460	857	873	865
1359	449	469	459	857	872	864.5
1360	452	472	462	857	872	864.5
1361	450	470	460	857	872	864.5
1362	452	472	462	857	871	864
1363	453	473	463	857	871	864
1364	453	473	463	857	870	863.5
1365	451	471	461	857	873	865
1366	451	471	461	857	873	865
1367	451	471	461	857	872	864.5
1368	453	473	463	857	871	864
1369	452	472	462	857	873	865
1370	451	471	461	857	872	864.5
1371	453	473	463	857	873	865
1372	452	472	462	857	872	864.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1373	451	471	461	857	871	864
1374	451	471	461	857	870	863.5
1375	452	472	462	857	871	864
1376	451	471	461	857	871	864
1377	451	471	461	857	871	864
1378	448	468	458	857	871	864
1379	450	470	460	857	871	864
1380	448	468	458	857	873	865
1381	448	468	458	857	875	866
1382	452	472	462	857	874	865.5
1383	450	470	460	857	876	866.5
1384	450	470	460	857	877	867
1385	449	469	459	857	876	866.5
1386	450	470	460	857	875	866
1387	451	471	461	857	873	865
1388	452	472	462	857	872	864.5
1389	453	473	463	857	872	864.5
1390	452	472	462	857	873	865
1391	453	473	463	857	871	864
1392	453	473	463	857	872	864.5
1393	456	476	466	857	872	864.5
1394	455	475	465	857	869	863
1395	459	479	469	857	871	864
1396	458	478	468	857	870	863.5
1397	461	481	471	857	869	863
1398	461	481	471	857	869	863
1399	461	481	471	857	868	862.5
1400	465	485	475	857	869	863
1401	466	486	476	857	868	862.5
1402	466	486	476	857	867	862
1403	466	486	476	857	869	863
1404	468	488	478	857	870	863.5
1405	468	488	478	857	867	862
1406	465	485	475	857	870	863.5
1407	464	484	474	857	870	863.5
1408	462	482	472	857	869	863
1409	464	484	474	857	869	863
1410	466	486	476	857	871	864
1411	467	487	477	857	868	862.5
1412	471	491	481	857	870	863.5
1413	472	492	482	857	867	862
1414	473	493	483	857	867	862
1415	479	499	489	857	866	861.5

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1416	482	502	492	857	868	862.5
1417	485	505	495	857	869	863
1418	486	506	496	857	868	862.5
1419	488	508	498	846	866	856
1420	491	511	501	846	866	856
1421	487	507	497	846	866	856
1422	486	506	496	846	867	856.5
1423	489	509	499	846	867	856.5
1424	487	507	497	846	868	857
1425	494	514	504	846	870	858
1426	494	514	504	846	871	858.5
1427	484	504	494	846	869	857.5
1428	487	507	497	845	868	856.5
1429	488	508	498	845	870	857.5
1430	486	506	496	845	869	857
1431	487	507	497	845	868	856.5
1432	485	505	495	845	868	856.5
1433	490	510	500	845	869	857
1434	486	506	496	845	866	855.5
1435	488	508	498	845	868	856.5
1436	488	508	498	845	867	856
1437	489	509	499	844	868	856
1438	488	508	498	844	869	856.5
1439	488	508	498	844	869	856.5
1440	489	509	499	843	867	855
1441	492	512	502	844	870	857
1442	487	507	497	844	869	856.5
1443	487	507	497	843	867	855
1444	488	508	498	843	869	856
1445	490	510	500	843	869	856
1446	488	508	498	843	871	857
1447	492	512	502	843	869	856
1448	493	513	503	843	868	855.5
1449	491	511	501	843	869	856
1450	493	513	503	843	872	857.5
1451	493	513	503	843	871	857
1452	492	512	502	843	873	858
1453	492	512	502	843	873	858
1454	494	514	504	843	874	858.5
1455	497	517	507	843	876	859.5
1456	497	517	507	842	876	859
1457	498	518	508	842	874	858
1458	500	520	510	842	872	857

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1459	505	525	515	842	874	858
1460	504	524	514	842	875	858.5
1461	505	525	515	842	877	859.5
1462	505	525	515	842	871	856.5
1463	502	522	512	842	874	858
1464	504	524	514	842	873	857.5
1465	509	529	519	842	876	859
1466	513	533	523	841	875	858
1467	515	535	525	841	875	858
1468	512	532	522	841	879	860
1469	520	540	530	841	874	857.5
1470	522	542	532	841	879	860
1471	520	540	530	841	878	859.5
1472	522	542	532	841	876	858.5
1473	529	549	539	840	878	859
1474	530	550	540	840	878	859
1475	530	550	540	840	879	859.5
1476	541	561	551	840	878	859
1477	547	567	557	840	878	859
1478	547	567	557	840	878	859
1479	545	565	555	840	878	859
1480	550	570	560	839	878	858.5
1481	553	573	563	840	877	858.5
1482	547	567	557	840	877	858.5
1483	552	572	562	839	876	857.5
1484	554	574	564	839	876	857.5
1485	561	581	571	839	875	857
1486	564	584	574	839	876	857.5
1487	558	578	568	839	877	858
1488	553	573	563	839	876	857.5
1489	550	570	560	839	875	857
1490	553	573	563	838	875	856.5
1491	560	580	570	838	874	856
1492	563	583	573	838	874	856
1493	568	588	578	838	874	856
1494	569	589	579	838	876	857
1495	569	589	579	838	875	856.5
1496	562	582	572	838	874	856
1497	563	583	573	838	874	856
1498	565	585	575	837	872	854.5
1499	569	589	579	838	873	855.5
1500	570	590	580	838	868	853
1501	564	584	574	838	868	853

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1502	564	584	574	838	868	853
1503	563	583	573	837	867	852
1504	562	582	572	837	867	852
1505	563	583	573	837	867	852
1506	566	586	576	837	867	852
1507	578	598	588	837	867	852
1508	594	614	604	836	866	851
1509	605	625	615	837	867	852
1510	611	631	621	837	867	852
1511	615	635	625	837	867	852
1512	625	645	635	837	867	852
1513	636	656	646	836	866	851
1514	642	662	652	836	866	851
1515	641	661	651	836	866	851
1516	635	655	645	836	866	851
1517	629	649	639	836	866	851
1518	626	646	636	836	866	851
1519	626	646	636	836	866	851
1520	628	648	638	836	866	851
1521	628	648	638	836	866	851
1522	628	648	638	836	866	851
1523	635	655	645	836	866	851
1524	648	668	658	835	865	850
1525	655	675	665	835	865	850
1526	647	667	657	835	865	850
1527	639	659	649	835	865	850
1528	637	657	647	835	865	850
1529	642	662	652	835	865	850
1530	654	674	664	835	865	850
1531	665	685	675	835	865	850
1532	675	695	685	835	865	850
1533	690	710	700	835	865	850
1534	706	726	716	835	865	850
1535	719	739	729	834	864	849
1536	717	737	727	834	864	849
1537	711	731	721	834	864	849
1538	710	730	720	834	864	849
1539	712	732	722	834	864	849
1540	709	729	719	834	864	849
1541	700	720	710	834	864	849
1542	687	707	697	834	864	849
1543	676	696	686	834	864	849
1544	669	689	679	833	863	848

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1545	673	693	683	833	863	848
1546	687	707	697	833	863	848
1547	702	722	712	832	862	847
1548	712	732	722	833	863	848
1549	711	731	721	833	863	848
1550	717	737	727	832	862	847
1551	729	749	739	832	862	847
1552	742	762	752	832	862	847
1553	752	772	762	832	862	847
1554	761	781	771	832	862	847
1555	769	789	779	832	862	847
1556	781	801	791	832	862	847
1557	793	813	803	832	862	847
1558	799	819	809	832	862	847
1559	791	811	801	832	862	847
1560	770	790	780	832	862	847
1561	775	795	785	832	862	847
1562	819	839	829	832	862	847
1563	852	872	862	831	861	846
1564	867	887	877	831	861	846
1565	864	884	874	831	861	846
1566	860	880	870	831	861	846
1567	856	876	866	831	861	846
1568	843	863	853	831	861	846
1569	829	849	839	831	861	846
1570	829	849	839	831	861	846
1571	844	864	854	831	861	846
1572	854	874	864	831	861	846
1573	855	875	865	830	860	845
1574	858	878	868	830	860	845
1575	862	882	872	830	860	845
1576	865	885	875	830	860	845
1577	868	888	878	830	860	845
1578	863	883	873	830	860	845
1579	849	869	859	830	860	845
1580	821	841	831	829	859	844
1581	786	806	796	829	859	844
1582	755	775	765	829	859	844
1583	742	762	752	829	859	844
1584	748	768	758	829	859	844
1585	763	783	773	829	859	844
1586	786	806	796	829	859	844
1587	808	828	818	828	858	843

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1588	827	847	837	829	859	844
1589	838	858	848	829	859	844
1590	844	864	854	828	858	843
1591	849	869	859	828	858	843
1592	853	873	863	828	858	843
1593	852	872	862	828	858	843
1594	843	863	853	828	858	843
1595	829	849	839	828	858	843
1596	820	840	830	828	858	843
1597	822	842	832	827	857	842
1598	828	848	838	827	857	842
1599	829	849	839	827	857	842
1600	829	849	839	827	857	842
1601	830	850	840	827	857	842
1602	829	849	839	827	857	842
1603	829	849	839	827	857	842
1604	829	849	839	827	857	842
1605	829	849	839	826	856	841
1606	828	848	838	827	857	842
1607	829	849	839	827	857	842
1608	828	848	838	827	857	842
1609	828	848	838	827	857	842
1610	828	848	838	826	856	841
1611	828	848	838	826	856	841
1612	828	848	838	826	856	841
1613	827	847	837	826	856	841
1614	828	848	838	826	856	841
1615	828	848	838	825	855	840
1616	828	848	838	826	856	841
1617	827	847	837	826	856	841
1618	827	847	837	826	856	841
1619	827	847	837	826	856	841
1620	827	847	837	825	855	840
1621	827	847	837	825	855	840
1622	827	847	837	825	855	840
1623	826	846	836	825	855	840
1624	827	847	837	825	855	840
1625	826	846	836	825	855	840
1626	826	846	836	825	855	840
1627	827	847	837	825	855	840
1628	827	847	837	825	855	840
1629	826	846	836	825	855	840
1630	827	847	837	825	855	840

Waktu	4 CuZn (perc. 1)	4 CuZn (perc. 2)	4 CuZn (rata-rata)	2 CuZn (perc. 1)	2 CuZn (perc. 2)	2 CuZn (rata-rata)
1631	826	846	836	824	854	839
1632	826	846	836	824	854	839
1633	826	846	836	824	854	839
1634	826	846	836	824	854	839
1635	825	845	835	824	854	839
1636	825	845	835	824	854	839
1637	825	845	835	824	854	839
1638	825	845	835	824	854	839
1639	825	845	835	824	854	839
1640	825	845	835	824	854	839
1641	825	845	835	824	854	839
1642	825	845	835	823	853	838
1643	825	845	835	823	853	838
1644	825	845	835	823	853	838
1645	825	845	835	823	853	838
1646	825	845	835	823	853	838
1647	825	845	835	823	853	838
1648	825	845	835	823	853	838
1649	824	844	834	823	853	838
1650	824	844	834	823	853	838





Lampiran 2(a). Data Konsentrasi Hidrogen pada Perbandingan Massa 1:0 dan 1:1 antara CuZn dan Karbon Aktif

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
1	343	296	319.5	424	387	405.5
2	346	296	321	427	387	407
3	346	297	321.5	426	387	406.5
4	346	297	321.5	426	387	406.5
5	346	297	321.5	427	388	407.5
6	346	297	321.5	427	388	407.5
7	344	294	319	428	388	408
8	349	297	323	430	388	409
9	347	293	320	432	388	410
10	345	291	318	432	388	410
11	345	293	319	431	389	410
12	342	292	317	429	389	409
13	342	293	317.5	428	389	408.5
14	341	293	317	427	389	408
15	342	292	317	429	389	409
16	344	292	318	431	389	410
17	344	293	318.5	430	389	409.5
18	339	289	314	429	389	409
19	335	290	312.5	425	390	407.5
20	335	292	313.5	423	390	406.5
21	334	292	313	422	390	406
22	330	288	309	422	390	406
23	331	291	311	420	390	405
24	329	290	309.5	419	390	404.5
25	326	289	307.5	417	390	403.5
26	326	290	308	416	390	403
27	327	292	309.5	416	391	403.5
28	327	292	309.5	416	391	403.5
29	327	292	309.5	416	391	403.5
30	327	291	309	417	391	404
31	330	294	312	417	391	404
32	328	294	311	416	392	404
33	329	295	312	416	392	404
34	330	297	313.5	416	393	404.5
35	331	298	314.5	416	393	404.5
36	331	298	314.5	416	393	404.5
37	332	299	315.5	416	393	404.5
38	333	300	316.5	417	394	405.5
39	332	300	316	416	394	405

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
40	331	301	316	414	394	404
41	330	300	315	415	395	405
42	328	300	314	413	395	404
43	330	301	315.5	414	395	404.5
44	331	301	316	415	395	405
45	332	301	316.5	416	395	405.5
46	333	302	317.5	416	395	405.5
47	335	303	319	418	396	407
48	335	303	319	418	396	407
49	335	303	319	419	397	408
50	337	304	320.5	420	397	408.5
51	337	304	320.5	420	397	408.5
52	339	304	321.5	423	398	410.5
53	339	305	322	422	398	410
54	340	306	323	423	399	411
55	342	306	324	425	399	412
56	342	306	324	426	400	413
57	341	305	323	426	400	413
58	342	307	324.5	425	400	412.5
59	343	307	325	427	401	414
60	341	308	324.5	424	401	412.5
61	340	307	323.5	425	402	413.5
62	339	307	323	424	402	413
63	340	308	324	424	402	413
64	336	305	320.5	424	403	413.5
65	337	306	321.5	424	403	413.5
66	337	306	321.5	425	404	414.5
67	338	307	322.5	425	404	414.5
68	335	306	320.5	423	404	413.5
69	337	307	322	425	405	415
70	337	308	322.5	424	405	414.5
71	337	308	322.5	425	406	415.5
72	338	308	323	426	406	416
73	338	307	322.5	427	406	416.5
74	337	307	322	427	407	417
75	335	305	320	427	407	417
76	337	306	321.5	429	408	418.5
77	339	307	323	430	408	419
78	338	307	322.5	430	409	419.5
79	340	307	323.5	433	410	421.5
80	340	308	324	433	411	422
81	341	308	324.5	434	411	422.5
82	341	308	324.5	435	412	423.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
83	344	308	326	438	412	425
84	347	309	328	441	413	427
85	349	310	329.5	442	413	427.5
86	349	310	329.5	443	414	428.5
87	350	310	330	445	415	430
88	349	310	329.5	444	415	429.5
89	347	310	328.5	444	417	430.5
90	348	310	329	448	420	434
91	346	310	328	446	420	433
92	346	311	328.5	446	421	433.5
93	345	310	327.5	446	421	433.5
94	344	311	327.5	444	421	432.5
95	344	311	327.5	445	422	433.5
96	344	311	327.5	445	422	433.5
97	343	311	327	444	422	433
98	344	312	328	444	422	433
99	345	312	328.5	445	422	433.5
100	344	312	328	444	422	433
101	343	312	327.5	443	422	432.5
102	343	311	327	444	422	433
103	340	308	324	445	423	434
104	341	309	325	445	423	434
105	342	310	326	445	423	434
106	344	310	327	447	423	435
107	344	310	327	447	423	435
108	344	309	326.5	448	423	435.5
109	344	309	326.5	449	424	436.5
110	343	309	326	447	423	435
111	344	310	327	448	424	436
112	341	310	325.5	445	424	434.5
113	341	310	325.5	445	424	434.5
114	341	311	326	444	424	434
115	341	311	326	444	424	434
116	342	311	326.5	445	424	434.5
117	344	312	328	446	424	435
118	345	312	328.5	447	424	435.5
119	344	312	328	446	424	435
120	345	312	328.5	447	424	435.5
121	344	312	328	447	425	436
122	344	312	328	447	425	436
123	344	312	328	447	425	436
124	344	312	328	447	425	436
125	344	312	328	447	425	436

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
126	344	312	328	447	425	436
127	345	313	329	447	425	436
128	344	313	328.5	446	425	435.5
129	343	312	327.5	446	425	435.5
130	343	313	328	447	427	437
131	344	313	328.5	450	429	439.5
132	343	313	328	451	431	441
133	344	313	328.5	456	435	445.5
134	345	314	329.5	459	438	448.5
135	345	314	329.5	462	441	451.5
136	348	314	331	466	442	454
137	348	314	331	469	445	457
138	348	313	330.5	472	447	459.5
139	347	313	330	473	449	461
140	346	313	329.5	475	452	463.5
141	345	313	329	477	455	466
142	344	312	328	479	457	468
143	344	312	328	481	459	470
144	344	312	328	483	461	472
145	339	309	324	482	462	472
146	339	309	324	483	463	473
147	340	310	325	484	464	474
148	339	310	324.5	484	465	474.5
149	341	311	326	486	466	476
150	340	311	325.5	487	468	477.5
151	340	311	325.5	488	469	478.5
152	340	311	325.5	489	470	479.5
153	340	311	325.5	490	471	480.5
154	339	310	324.5	491	472	481.5
155	340	311	325.5	493	474	483.5
156	340	311	325.5	494	475	484.5
157	341	312	326.5	495	476	485.5
158	342	312	327	498	478	488
159	342	312	327	499	479	489
160	342	312	327	500	480	490
161	342	312	327	501	481	491
162	343	312	327.5	503	482	492.5
163	347	313	330	507	483	495
164	349	313	331	509	483	496
165	348	312	330	509	483	496
166	349	312	330.5	511	484	497.5
167	352	313	332.5	515	486	500.5
168	354	313	333.5	518	487	502.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
169	353	313	333	518	488	503
170	351	310	330.5	520	489	504.5
171	351	310	330.5	520	489	504.5
172	349	308	328.5	520	489	504.5
173	347	309	328	517	489	503
174	348	311	329.5	516	489	502.5
175	347	311	329	515	489	502
176	350	314	332	515	489	502
177	353	317	335	515	489	502
178	354	320	337	513	489	501
179	355	321	338	513	489	501
180	356	322	339	513	489	501
181	355	322	338.5	512	489	500.5
182	355	323	339	511	489	500
183	354	323	338.5	510	489	499.5
184	354	323	338.5	511	490	500.5
185	355	323	339	513	491	502
186	353	323	338	514	494	504
187	352	323	337.5	516	497	506.5
188	353	323	338	521	501	511
189	353	322	337.5	528	507	517.5
190	354	323	338.5	533	512	522.5
191	354	323	338.5	536	515	525.5
192	351	322	336.5	536	517	526.5
193	351	323	337	536	518	527
194	348	322	335	536	520	528
195	346	322	334	536	522	529
196	343	321	332	535	523	529
197	343	321	332	536	524	530
198	343	320	331.5	537	524	530.5
199	343	320	331.5	537	524	530.5
200	341	320	330.5	536	525	530.5
201	339	320	329.5	535	526	530.5
202	339	321	330	534	526	530
203	336	321	328.5	532	527	529.5
204	337	321	329	533	527	530
205	337	320	328.5	534	527	530.5
206	340	320	330	538	528	533
207	340	320	330	539	529	534
208	340	320	330	539	529	534
209	340	320	330	539	529	534
210	343	320	331.5	542	529	535.5
211	343	319	331	542	528	535

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
212	344	319	331.5	543	528	535.5
213	344	319	331.5	542	527	534.5
214	343	318	330.5	542	527	534.5
215	342	317	329.5	541	526	533.5
216	346	317	331.5	540	527	533.5
217	351	317	334	537	526	531.5
218	358	318	338	538	527	532.5
219	364	317	340.5	538	529	533.5
220	367	317	342	538	530	534
221	365	316	340.5	531	529	530
222	366	317	341.5	533	529	531
223	365	316	340.5	535	528	531.5
224	365	316	340.5	536	528	532
225	365	315	340	535	529	532
226	368	316	342	535	529	532
227	370	316	343	537	529	533
228	370	316	343	538	529	533.5
229	368	316	342	534	528	531
230	366	316	341	530	527	528.5
231	365	316	340.5	529	527	528
232	365	317	341	528	526	527
233	367	317	342	524	527	525.5
234	367	315	341	518	527	522.5
235	368	317	342.5	516	527	521.5
236	366	316	341	518	527	522.5
237	361	316	338.5	519	526	522.5
238	359	316	337.5	517	525	521
239	358	316	337	511	525	518
240	358	316	337	511	525	518
241	356	316	336	511	525	518
242	355	316	335.5	511	527	519
243	353	316	334.5	511	526	518.5
244	353	317	335	513	528	520.5
245	351	316	333.5	518	528	523
246	351	316	333.5	520	526	523
247	349	314	331.5	520	525	522.5
248	352	316	334	523	524	523.5
249	352	316	334	526	523	524.5
250	351	317	334	528	524	526
251	352	318	335	525	522	523.5
252	351	318	334.5	524	520	522
253	352	319	335.5	526	520	523
254	352	319	335.5	528	518	523

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
255	351	318	334.5	527	516	521.5
256	352	319	335.5	526	514	520
257	351	319	335	525	512	518.5
258	349	319	334	523	510	516.5
259	349	319	334	524	510	517
260	347	319	333	523	508	515.5
261	347	318	332.5	521	506	513.5
262	348	318	333	517	504	510.5
263	350	319	334.5	516	505	510.5
264	350	319	334.5	515	505	510
265	351	319	335	511	507	509
266	352	320	336	509	508	508.5
267	351	319	335	510	509	509.5
268	352	319	335.5	512	509	510.5
269	350	317	333.5	512	508	510
270	353	318	335.5	509	506	507.5
271	352	318	335	507	505	506
272	352	318	335	504	504	504
273	354	318	336	498	501	499.5
274	354	318	336	497	500	498.5
275	354	318	336	496	499	497.5
276	353	318	335.5	493	498	495.5
277	355	319	337	490	496	493
278	352	319	335.5	485	495	490
279	351	318	334.5	480	495	487.5
280	350	318	334	481	494	487.5
281	350	318	334	482	495	488.5
282	350	319	334.5	477	494	485.5
283	349	318	333.5	480	494	487
284	349	318	333.5	484	493	488.5
285	349	318	333.5	488	492	490
286	348	319	333.5	493	493	493
287	349	319	334	497	492	494.5
288	348	319	333.5	497	492	494.5
289	346	317	331.5	499	491	495
290	348	318	333	498	490	494
291	350	319	334.5	493	489	491
292	349	319	334	492	489	490.5
293	348	318	333	487	488	487.5
294	350	319	334.5	488	488	488
295	351	319	335	486	486	486
296	350	319	334.5	486	486	486
297	352	319	335.5	488	486	487

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
298	352	320	336	487	485	486
299	353	320	336.5	484	483	483.5
300	353	320	336.5	488	484	486
301	356	320	338	489	483	486
302	358	320	339	483	483	483
303	360	321	340.5	477	484	480.5
304	360	321	340.5	472	484	478
305	361	321	341	465	483	474
306	359	320	339.5	467	483	475
307	358	321	339.5	469	483	476
308	359	321	340	466	483	474.5
309	357	321	339	505	483	494
310	356	321	338.5	503	481	492
311	356	321	338.5	504	482	493
312	355	322	338.5	504	482	493
313	355	322	338.5	502	482	492
314	355	322	338.5	502	482	492
315	355	323	339	502	482	492
316	354	322	338	500	481	490.5
317	354	321	337.5	502	482	492
318	352	320	336	503	484	493.5
319	351	320	335.5	503	484	493.5
320	353	321	337	504	485	494.5
321	353	321	337	504	485	494.5
322	353	321	337	504	485	494.5
323	353	321	337	503	484	493.5
324	355	321	338	504	485	494.5
325	355	321	338	505	486	495.5
326	355	320	337.5	507	487	497
327	356	321	338.5	506	486	496
328	355	321	338	505	485	495
329	356	322	339	505	485	495
330	353	322	337.5	507	486	496.5
331	353	322	337.5	510	486	498
332	352	322	337	514	488	501
333	352	322	337	513	487	500
334	353	322	337.5	513	486	499.5
335	355	323	339	515	486	500.5
336	355	322	338.5	517	486	501.5
337	354	322	338	515	485	500
338	356	323	339.5	516	485	500.5
339	355	323	339	517	486	501.5
340	355	323	339	516	485	500.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
341	355	323	339	512	484	498
342	355	323	339	509	482	495.5
343	354	322	338	510	484	497
344	355	323	339	510	484	497
345	354	322	338	511	485	498
346	353	322	337.5	508	484	496
347	354	323	338.5	508	484	496
348	353	323	338	508	484	496
349	355	324	339.5	507	484	495.5
350	354	324	339	506	484	495
351	354	323	338.5	504	483	493.5
352	353	322	337.5	504	483	493.5
353	354	323	338.5	504	482	493
354	357	323	340	502	482	492
355	357	323	340	500	481	490.5
356	359	324	341.5	502	482	492
357	357	323	340	504	483	493.5
358	356	323	339.5	503	482	492.5
359	355	323	339	502	481	491.5
360	356	324	340	500	481	490.5
361	355	323	339	498	480	489
362	355	323	339	496	480	488
363	344	314	329	494	480	487
364	344	314	329	494	482	488
365	343	313	328	493	481	487
366	343	314	328.5	493	480	486.5
367	343	313	328	493	480	486.5
368	338	309	323.5	489	478	483.5
369	339	310	324.5	488	479	483.5
370	340	311	325.5	487	479	483
371	340	311	325.5	484	479	481.5
372	340	311	325.5	486	480	483
373	340	311	325.5	486	479	482.5
374	340	311	325.5	490	480	485
375	339	310	324.5	490	480	485
376	340	310	325	490	480	485
377	340	310	325	490	480	485
378	340	310	325	493	480	486.5
379	340	310	325	492	478	485
380	339	308	323.5	495	480	487.5
381	342	308	325	493	478	485.5
382	343	307	325	492	477	484.5
383	344	308	326	493	478	485.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
384	345	308	326.5	491	478	484.5
385	348	309	328.5	490	479	484.5
386	350	309	329.5	490	479	484.5
387	349	309	329	488	479	483.5
388	350	309	329.5	485	477	481
389	350	309	329.5	479	477	478
390	350	309	329.5	481	477	479
391	347	309	328	483	476	479.5
392	346	309	327.5	485	477	481
393	346	310	328	482	476	479
394	345	309	327	484	478	481
395	346	310	328	485	477	481
396	344	310	327	487	478	482.5
397	344	310	327	484	478	481
398	343	309	326	480	477	478.5
399	342	309	325.5	478	476	477
400	341	309	325	478	476	477
401	341	310	325.5	473	476	474.5
402	341	310	325.5	466	475	470.5
403	342	310	326	464	475	469.5
404	340	310	325	465	474	469.5
405	339	310	324.5	470	477	473.5
406	340	310	325	469	477	473
407	341	310	325.5	462	476	469
408	341	310	325.5	461	475	468
409	341	310	325.5	463	477	470
410	340	311	325.5	460	476	468
411	338	310	324	462	477	469.5
412	335	309	322	461	476	468.5
413	334	310	322	465	475	470
414	332	310	321	468	474	471
415	333	311	322	470	475	472.5
416	333	310	321.5	474	475	474.5
417	333	310	321.5	478	475	476.5
418	332	311	321.5	479	475	477
419	329	310	319.5	478	475	476.5
420	329	311	320	481	477	479
421	325	310	317.5	485	479	482
422	327	311	319	488	478	483
423	328	311	319.5	491	480	485.5
424	331	311	321	493	481	487
425	331	311	321	493	480	486.5
426	330	310	320	492	479	485.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
427	332	312	322	491	477	484
428	337	314	325.5	491	476	483.5
429	338	314	326	491	476	483.5
430	339	314	326.5	490	477	483.5
431	339	314	326.5	486	475	480.5
432	339	314	326.5	486	476	481
433	340	315	327.5	480	476	478
434	344	315	329.5	474	473	473.5
435	351	315	333	476	475	475.5
436	356	314	335	477	474	475.5
437	362	315	338.5	477	473	475
438	365	315	340	476	473	474.5
439	363	314	338.5	474	472	473
440	364	315	339.5	473	473	473
441	364	315	339.5	469	472	470.5
442	364	315	339.5	468	471	469.5
443	365	315	340	470	473	471.5
444	367	315	341	469	474	471.5
445	368	314	341	465	471	468
446	369	315	342	477	474	475.5
447	367	315	341	476	474	475
448	363	313	338	473	473	473
449	364	315	339.5	470	473	471.5
450	363	315	339	472	475	473.5
451	365	315	340	469	472	470.5
452	367	315	341	469	474	471.5
453	366	315	340.5	467	471	469
454	365	315	340	471	471	471
455	359	314	336.5	475	470	472.5
456	357	314	335.5	477	472	474.5
457	356	314	335	481	473	477
458	356	314	335	480	472	476
459	354	314	334	474	470	472
460	353	314	333.5	473	470	471.5
461	352	315	333.5	469	470	469.5
462	350	314	332	471	471	471
463	349	314	331.5	471	471	471
464	349	314	331.5	472	472	472
465	349	314	331.5	476	474	475
466	351	315	333	477	475	476
467	351	315	333	474	473	473.5
468	347	313	330	477	472	474.5
469	348	314	331	480	474	477

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
470	348	315	331.5	480	473	476.5
471	348	315	331.5	480	472	476
472	348	315	331.5	481	472	476.5
473	350	317	333.5	483	473	478
474	350	317	333.5	480	470	475
475	350	318	334	482	472	477
476	348	318	333	483	471	477
477	348	318	333	482	472	477
478	347	319	333	486	473	479.5
479	348	319	333.5	487	473	480
480	349	319	334	487	471	479
481	350	319	334.5	494	474	484
482	350	319	334.5	492	473	482.5
483	351	319	335	491	471	481
484	351	319	335	488	473	480.5
485	351	319	335	487	473	480
486	352	319	335.5	492	475	483.5
487	351	318	334.5	492	473	482.5
488	353	318	335.5	495	472	483.5
489	353	319	336	501	473	487
490	353	319	336	507	476	491.5
491	355	319	337	512	475	493.5
492	355	319	337	517	477	497
493	356	320	338	517	477	497
494	355	320	337.5	511	478	494.5
495	357	321	339	510	480	495
496	354	321	337.5	501	480	490.5
497	354	321	337.5	490	478	484
498	353	321	337	481	476	478.5
499	353	321	337	482	478	480
500	353	322	337.5	483	479	481
501	352	321	336.5	486	481	483.5
502	352	321	336.5	484	475	479.5
503	352	321	336.5	493	478	485.5
504	350	321	335.5	495	477	486
505	351	321	336	504	480	492
506	349	320	334.5	506	479	492.5
507	351	322	336.5	510	479	494.5
508	352	322	337	516	483	499.5
509	352	321	336.5	514	478	496
510	351	321	336	521	483	502
511	352	322	337	523	482	502.5
512	353	322	337.5	520	482	501

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
513	354	322	338	514	483	498.5
514	353	322	337.5	505	482	493.5
515	354	321	337.5	497	480	488.5
516	355	323	339	489	479	484
517	356	323	339.5	517	480	498.5
518	357	324	340.5	520	480	500
519	361	325	343	518	478	498
520	364	326	345	509	476	492.5
521	365	326	345.5	509	479	494
522	365	326	345.5	501	480	490.5
523	367	327	347	488	476	482
524	365	326	345.5	481	476	478.5
525	364	327	345.5	480	476	478
526	365	327	346	483	479	481
527	362	326	344	483	478	480.5
528	361	326	343.5	488	479	483.5
529	362	327	344.5	495	480	487.5
530	359	326	342.5	493	475	484
531	359	326	342.5	501	477	489
532	360	327	343.5	502	475	488.5
533	359	327	343	506	475	490.5
534	361	329	345	510	477	493.5
535	364	331	347.5	506	480	493
536	364	332	348	508	482	495
537	364	333	348.5	508	481	494.5
538	367	335	351	508	479	493.5
539	367	335	351	511	480	495.5
540	367	335	351	510	480	495
541	368	336	352	514	483	498.5
542	369	335	352	516	485	500.5
543	369	335	352	517	486	501.5
544	369	334	351.5	513	485	499
545	369	334	351.5	512	485	498.5
546	369	335	352	510	484	497
547	366	332	349	509	483	496
548	364	333	348.5	504	478	491
549	364	333	348.5	507	483	495
550	363	333	348	507	483	495
551	364	334	349	505	481	493
552	365	334	349.5	505	482	493.5
553	365	333	349	508	486	497
554	367	334	350.5	507	486	496.5
555	366	334	350	506	485	495.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
556	366	333	349.5	506	484	495
557	366	334	350	505	485	495
558	366	334	350	505	486	495.5
559	366	334	350	507	487	497
560	366	334	350	506	485	495.5
561	365	333	349	507	486	496.5
562	365	333	349	508	487	497.5
563	364	332	348	505	486	495.5
564	364	333	348.5	503	485	494
565	365	334	349.5	505	489	497
566	363	333	348	497	483	490
567	362	331	346.5	497	485	491
568	362	332	347	500	488	494
569	364	333	348.5	501	488	494.5
570	365	334	349.5	501	488	494.5
571	363	332	347.5	509	488	498.5
572	367	333	350	510	489	499.5
573	367	333	350	512	491	501.5
574	368	333	350.5	512	493	502.5
575	368	334	351	508	490	499
576	367	334	350.5	509	493	501
577	366	334	350	506	492	499
578	366	334	350	503	491	497
579	367	335	351	504	492	498
580	368	336	352	504	491	497.5
581	367	337	352	504	491	497.5
582	368	338	353	514	493	503.5
583	370	340	355	522	490	506
584	368	339	353.5	518	488	503
585	369	339	354	517	488	502.5
586	369	340	354.5	518	491	504.5
587	369	340	354.5	516	490	503
588	369	340	354.5	515	490	502.5
589	369	340	354.5	517	492	504.5
590	370	341	355.5	519	494	506.5
591	371	342	356.5	521	495	508
592	371	342	356.5	521	495	508
593	370	341	355.5	521	497	509
594	371	341	356	521	497	509
595	372	342	357	520	497	508.5
596	371	341	356	524	501	512.5
597	371	341	356	525	502	513.5
598	373	342	357.5	529	506	517.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
599	376	342	359	527	504	515.5
600	379	343	361	523	501	512
601	379	343	361	520	500	510
602	379	342	360.5	524	504	514
603	382	343	362.5	523	505	514
604	383	342	362.5	523	504	513.5
605	383	343	363	525	505	515
606	384	343	363.5	526	505	515.5
607	384	343	363.5	525	504	514.5
608	385	344	364.5	525	503	514
609	384	346	365	526	504	515
610	385	348	366.5	524	502	513
611	386	350	368	527	504	515.5
612	386	350	368	529	506	517.5
613	387	351	369	529	504	516.5
614	383	349	366	527	503	515
615	385	351	368	528	504	516
616	385	351	368	529	503	516
617	386	353	369.5	526	500	513
618	385	353	369	530	504	517
619	385	354	369.5	529	504	516.5
620	383	352	367.5	528	502	515
621	384	352	368	526	503	514.5
622	380	350	365	525	502	513.5
623	381	352	366.5	527	505	516
624	383	353	368	526	504	515
625	381	350	365.5	522	501	511.5
626	383	352	367.5	525	504	514.5
627	385	354	369.5	526	505	515.5
628	383	354	368.5	522	501	511.5
629	380	352	366	520	501	510.5
630	379	353	366	521	501	511
631	376	352	364	522	503	512.5
632	374	352	363	521	502	511.5
633	373	351	362	526	506	516
634	376	353	364.5	528	507	517.5
635	377	354	365.5	526	506	516
636	374	353	363.5	519	499	509
637	373	354	363.5	525	504	514.5
638	373	355	364	528	506	517
639	370	355	362.5	527	506	516.5
640	370	354	362	531	508	519.5
641	373	356	364.5	531	509	520

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
642	376	356	366	531	508	519.5
643	378	358	368	531	508	519.5
644	379	359	369	531	505	518
645	380	360	370	534	506	520
646	385	362	373.5	537	508	522.5
647	386	362	374	535	506	520.5
648	388	363	375.5	538	508	523
649	388	363	375.5	538	509	523.5
650	388	363	375.5	535	508	521.5
651	390	365	377.5	537	509	523
652	394	365	379.5	532	506	519
653	399	365	382	531	506	518.5
654	407	367	387	535	510	522.5
655	415	368	391.5	535	512	523.5
656	420	370	395	537	514	525.5
657	417	368	392.5	532	509	520.5
658	418	369	393.5	534	512	523
659	419	370	394.5	536	514	525
660	419	370	394.5	539	516	527.5
661	419	369	394	529	517	523
662	418	366	392	537	518	527.5
663	421	367	394	537	518	527.5
664	425	371	398	539	519	529
665	424	372	398	536	517	526.5
666	423	373	398	537	518	527.5
667	422	373	397.5	539	517	528
668	421	373	397	539	517	528
669	425	375	400	543	521	532
670	427	375	401	538	516	527
671	424	373	398.5	536	516	526
672	425	375	400	540	520	530
673	420	375	397.5	538	518	528
674	419	376	397.5	535	516	525.5
675	421	379	400	537	517	527
676	419	377	398	537	518	527.5
677	419	379	399	534	515	524.5
678	418	379	398.5	540	521	530.5
679	418	381	399.5	537	518	527.5
680	415	379	397	535	516	525.5
681	417	382	399.5	533	514	523.5
682	417	382	399.5	539	520	529.5
683	418	383	400.5	542	523	532.5
684	418	382	400	540	520	530

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
685	418	382	400	538	518	528
686	413	379	396	539	519	529
687	417	383	400	541	521	531
688	417	384	400.5	544	523	533.5
689	417	384	400.5	546	522	534
690	416	383	399.5	545	519	532
691	417	384	400.5	540	514	527
692	418	385	401.5	542	515	528.5
693	418	386	402	544	515	529.5
694	416	386	401	552	521	536.5
695	408	378	393	553	523	538
696	412	384	398	554	523	538.5
697	416	387	401.5	545	514	529.5
698	418	388	403	552	521	536.5
699	420	389	404.5	548	520	534
700	422	391	406.5	549	522	535.5
701	421	389	405	545	519	532
702	422	390	406	544	518	531
703	425	393	409	549	523	536
704	428	395	411.5	543	519	531
705	424	391	407.5	539	515	527
706	425	390	407.5	539	515	527
707	428	394	411	537	514	525.5
708	430	396	413	546	524	535
709	433	397	415	546	525	535.5
710	432	396	414	545	524	534.5
711	432	396	414	545	523	534
712	431	396	413.5	542	522	532
713	434	398	416	542	523	532.5
714	430	397	413.5	542	522	532
715	433	400	416.5	539	518	528.5
716	433	401	417	549	528	538.5
717	431	399	415	546	525	535.5
718	434	403	418.5	555	536	545.5
719	433	402	417.5	551	533	542
720	432	401	416.5	553	537	545
721	430	399	414.5	551	537	544
722	430	401	415.5	550	538	544
723	433	403	418	552	540	546
724	430	401	415.5	545	532	538.5
725	431	402	416.5	553	540	546.5
726	435	405	420	542	531	536.5
727	437	406	421.5	545	536	540.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
728	437	407	422	549	541	545
729	436	406	421	544	539	541.5
730	433	402	417.5	550	544	547
731	438	406	422	551	544	547.5
732	439	408	423.5	554	544	549
733	441	408	424.5	552	542	547
734	438	406	422	549	539	544
735	441	408	424.5	552	542	547
736	440	407	423.5	554	541	547.5
737	442	406	424	563	549	556
738	443	405	424	561	546	553.5
739	445	406	425.5	564	549	556.5
740	449	410	429.5	558	543	550.5
741	451	411	431	559	544	551.5
742	451	412	431.5	556	543	549.5
743	447	410	428.5	550	539	544.5
744	448	410	429	558	547	552.5
745	447	411	429	550	541	545.5
746	443	408	425.5	547	539	543
747	444	409	426.5	546	544	545
748	440	407	423.5	539	535	537
749	444	411	427.5	544	537	540.5
750	446	413	429.5	549	541	545
751	443	411	427	541	535	538
752	446	414	430	542	536	539
753	447	414	430.5	544	536	540
754	448	416	432	551	542	546.5
755	449	418	433.5	546	540	543
756	451	419	435	548	545	546.5
757	452	420	436	550	548	549
758	452	420	436	546	544	545
759	451	419	435	536	539	537.5
760	456	422	439	525	534	529.5
761	457	423	440	532	543	537.5
762	460	425	442.5	522	531	526.5
763	463	428	445.5	529	536	532.5
764	465	431	448	535	543	539
765	466	432	449	527	541	534
766	467	436	451.5	530	544	537
767	464	433	448.5	531	545	538
768	464	434	449	534	550	542
769	469	439	454	534	549	541.5
770	469	438	453.5	537	552	544.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
771	472	440	456	541	551	546
772	476	443	459.5	550	556	553
773	476	444	460	539	544	541.5
774	476	443	459.5	544	545	544.5
775	478	446	462	553	550	551.5
776	479	447	463	551	547	549
777	479	447	463	547	544	545.5
778	479	447	463	548	544	546
779	478	446	462	552	546	549
780	487	455	471	566	556	561
781	493	461	477	557	546	551.5
782	501	470	485.5	556	544	550
783	508	477	492.5	558	545	551.5
784	511	481	496	557	544	550.5
785	515	484	499.5	558	544	551
786	523	493	508	568	553	560.5
787	530	499	514.5	557	542	549.5
788	525	494	509.5	557	544	550.5
789	533	502	517.5	554	543	548.5
790	536	502	519	560	550	555
791	536	502	519	555	551	553
792	547	512	529.5	552	551	551.5
793	544	510	527	551	550	550.5
794	533	500	516.5	550	547	548.5
795	545	513	529	549	545	547
796	544	512	528	543	540	541.5
797	543	511	527	536	534	535
798	544	512	528	536	536	536
799	550	520	535	539	542	540.5
800	557	527	542	540	543	541.5
801	559	529	544	530	533	531.5
802	566	537	551.5	530	535	532.5
803	574	544	559	534	540	537
804	578	549	563.5	528	538	533
805	577	548	562.5	533	548	540.5
806	581	552	566.5	532	545	538.5
807	574	545	559.5	532	545	538.5
808	582	553	567.5	528	545	536.5
809	573	544	558.5	521	535	528
810	571	542	556.5	522	531	526.5
811	570	541	555.5	526	530	528
812	576	546	561	536	536	536
813	571	541	556	541	536	538.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
814	580	550	565	548	543	545.5
815	577	547	562	545	537	541
816	583	552	567.5	554	546	550
817	585	551	568	545	541	543
818	594	558	576	539	536	537.5
819	583	547	565	537	538	537.5
820	588	551	569.5	536	536	536
821	602	563	582.5	535	535	535
822	609	560	584.5	534	534	534
823	624	558	591	542	540	541
824	641	566	603.5	540	538	539
825	647	569	608	539	538	538.5
826	650	572	611	555	535	545
827	666	576	621	561	540	550.5
828	669	569	619	557	535	546
829	674	565	619.5	551	530	540.5
830	680	574	627	555	532	543.5
831	680	579	629.5	555	533	544
832	669	575	622	551	528	539.5
833	664	574	619	559	536	547.5
834	665	575	620	562	536	549
835	662	571	616.5	565	537	551
836	647	565	606	557	528	542.5
837	661	578	619.5	564	535	549.5
838	662	575	618.5	566	536	551
839	665	569	617	562	533	547.5
840	661	555	608	560	533	546.5
841	669	574	621.5	560	532	546
842	668	583	625.5	563	537	550
843	659	584	621.5	560	535	547.5
844	656	590	623	552	527	539.5
845	640	591	615.5	554	531	542.5
846	628	589	608.5	549	526	537.5
847	612	580	596	552	529	540.5
848	615	589	602	554	532	543
849	622	598	610	563	541	552
850	626	604	615	563	540	551.5
851	629	607	618	564	542	553
852	625	602	613.5	560	539	549.5
853	628	605	616.5	565	543	554
854	647	621	634	566	544	555
855	678	646	662	567	545	556
856	693	658	675.5	574	552	563

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
857	713	670	691.5	570	546	558
858	739	683	711	565	541	553
859	739	695	717	571	546	558.5
860	769	702	735.5	572	547	559.5
861	784	707	745.5	567	543	555
862	768	709	738.5	573	549	561
863	758	715	736.5	570	549	559.5
864	780	725	752.5	570	549	559.5
865	768	726	747	566	546	556
866	769	731	750	572	552	562
867	773	738	755.5	577	556	566.5
868	776	744	760	575	553	564
869	777	748	762.5	583	560	571.5
870	776	751	763.5	583	561	572
871	783	759	771	576	553	564.5
872	791	767	779	577	555	566
873	798	774	786	577	555	566
874	808	784	796	575	553	564
875	816	792	804	580	558	569
876	822	798	810	576	554	565
877	828	804	816	582	560	571
878	838	814	826	577	555	566
879	849	825	837	582	561	571.5
880	861	837	849	592	571	581.5
881	870	846	858	591	571	581
882	875	851	863	589	568	578.5
883	877	853	865	582	562	572
884	880	856	868	583	562	572.5
885	883	859	871	583	562	572.5
886	888	864	876	592	571	581.5
887	891	868	879.5	604	580	592
888	900	877	888.5	602	578	590
889	910	887	898.5	596	571	583.5
890	914	891	902.5	593	569	581
891	914	891	902.5	595	572	583.5
892	914	891	902.5	601	579	590
893	914	891	902.5	601	579	590
894	914	891	902.5	609	587	598
895	914	891	902.5	599	577	588
896	914	891	902.5	587	567	577
897	914	891	902.5	586	566	576
898	915	891	903	600	580	590
899	914	891	902.5	594	575	584.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
900	913	891	902	598	578	588
901	914	891	902.5	622	585	603.5
902	914	890	902	619	579	599
903	913	890	901.5	617	578	597.5
904	914	890	902	618	579	598.5
905	912	889	900.5	615	576	595.5
906	914	890	902	615	576	595.5
907	914	890	902	609	569	589
908	912	889	900.5	612	570	591
909	912	889	900.5	618	574	596
910	913	889	901	614	570	592
911	913	889	901	611	569	590
912	913	889	901	623	583	603
913	912	889	900.5	623	584	603.5
914	912	889	900.5	615	577	596
915	912	889	900.5	616	576	596
916	912	889	900.5	617	575	596
917	912	889	900.5	613	572	592.5
918	914	889	901.5	618	578	598
919	913	889	901	617	582	599.5
920	913	889	901	602	569	585.5
921	911	888	899.5	601	569	585
922	912	888	900	598	566	582
923	912	888	900	600	570	585
924	912	888	900	602	573	587.5
925	912	888	900	601	574	587.5
926	911	888	899.5	599	573	586
927	912	888	900	601	576	588.5
928	912	888	900	595	570	582.5
929	912	888	900	588	563	575.5
930	911	888	899.5	600	574	587
931	911	887	899	600	574	587
932	910	887	898.5	596	572	584
933	910	887	898.5	598	574	586
934	910	887	898.5	587	564	575.5
935	910	887	898.5	586	563	574.5
936	910	887	898.5	594	571	582.5
937	911	887	899	600	577	588.5
938	910	886	898	595	572	583.5
939	910	886	898	592	570	581
940	910	886	898	587	567	577
941	909	886	897.5	589	569	579
942	910	886	898	586	568	577

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
943	910	886	898	591	572	581.5
944	910	886	898	581	561	571
945	909	885	897	588	567	577.5
946	909	886	897.5	590	569	579.5
947	909	886	897.5	585	563	574
948	909	885	897	586	564	575
949	909	885	897	579	557	568
950	908	885	896.5	583	560	571.5
951	908	885	896.5	588	565	576.5
952	907	885	896	591	566	578.5
953	907	885	896	597	573	585
954	907	885	896	591	567	579
955	906	884	895	596	570	583
956	906	884	895	599	573	586
957	906	884	895	602	576	589
958	906	884	895	598	573	585.5
959	906	884	895	587	561	574
960	906	884	895	584	561	572.5
961	906	884	895	584	561	572.5
962	906	884	895	580	558	569
963	905	883	894	578	556	567
964	906	884	895	587	566	576.5
965	906	884	895	581	560	570.5
966	906	884	895	587	566	576.5
967	906	884	895	590	569	579.5
968	905	883	894	597	578	587.5
969	905	883	894	602	582	592
970	905	883	894	597	578	587.5
971	905	883	894	587	568	577.5
972	905	883	894	589	569	579
973	903	882	892.5	602	581	591.5
974	905	883	894	589	569	579
975	905	883	894	596	576	586
976	904	883	893.5	593	572	582.5
977	905	883	894	582	560	571
978	903	882	892.5	595	574	584.5
979	903	882	892.5	595	572	583.5
980	904	882	893	595	573	584
981	903	882	892.5	592	569	580.5
982	904	882	893	585	562	573.5
983	904	882	893	588	562	575
984	904	882	893	596	568	582
985	903	882	892.5	595	566	580.5

Waktu	1:0			1:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
986	904	882	893	591	562	576.5
987	904	882	893	592	562	577
988	904	882	893	604	575	589.5
989	903	881	892	588	561	574.5
990	902	881	891.5	591	563	577
991	903	881	892	585	559	572
992	903	881	892	588	563	575.5
993	903	881	892	585	560	572.5
994	902	881	891.5	578	555	566.5
995	903	881	892	581	558	569.5
996	902	881	891.5	584	561	572.5
997	902	881	891.5	581	559	570
998	903	881	892	587	565	576
999	902	881	891.5	579	556	567.5
1000	902	880	891	575	563	569



Lampiran 2(b). Data Konsentrasi Hidrogen pada Perbandingan Massa 1:3 dan 0:1 antara CuZn dan Karbon Aktif

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
1	412	375	393.5	368	321	344.5
2	413	373	393	370	320	345
3	413	374	393.5	370	321	345.5
4	413	374	393.5	370	321	345.5
5	413	374	393.5	371	322	346.5
6	413	374	393.5	370	321	345.5
7	412	372	392	371	321	346
8	412	370	391	373	321	347
9	412	368	390	376	322	349
10	412	368	390	376	322	349
11	412	370	391	373	321	347
12	411	371	391	372	322	347
13	411	372	391.5	371	322	346.5
14	410	372	391	370	322	346
15	410	370	390	372	322	347
16	410	368	389	374	322	348
17	410	369	389.5	372	321	346.5
18	411	371	391	371	321	346
19	410	375	392.5	366	321	343.5
20	410	377	393.5	364	321	342.5
21	410	378	394	363	321	342
22	410	378	394	362	320	341
23	409	379	394	361	321	341
24	409	380	394.5	360	321	340.5
25	409	382	395.5	356	319	337.5
26	409	383	396	357	321	339
27	409	384	396.5	358	323	340.5
28	409	384	396.5	359	324	341.5
29	408	383	395.5	360	325	342.5
30	408	382	395	361	325	343
31	408	382	395	361	325	343
32	406	382	394	359	325	342
33	406	382	394	360	326	343
34	406	383	394.5	360	327	343.5
35	407	384	395.5	360	327	343.5
36	407	384	395.5	361	328	344.5
37	407	384	395.5	361	328	344.5
38	407	384	395.5	361	328	344.5
39	408	386	397	360	328	344

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
40	408	388	398	358	328	343
41	408	388	398	356	326	341
42	407	389	398	355	327	341
43	407	388	397.5	356	327	341.5
44	407	387	397	357	327	342
45	407	386	396.5	357	326	341.5
46	407	386	396.5	357	326	341.5
47	407	385	396	358	326	342
48	407	385	396	358	326	342
49	407	385	396	357	325	341
50	407	384	395.5	358	325	341.5
51	407	384	395.5	358	325	341.5
52	409	384	396.5	359	324	341.5
53	409	385	397	359	325	342
54	409	385	397	357	323	340
55	411	385	398	359	323	341
56	411	385	398	359	323	341
57	411	385	398	360	324	342
58	411	386	398.5	358	323	340.5
59	412	386	399	359	323	341
60	411	388	399.5	356	323	339.5
61	412	389	400.5	355	322	338.5
62	412	390	401	353	321	337
63	412	390	401	354	322	338
64	412	391	401.5	353	322	337.5
65	412	391	401.5	353	322	337.5
66	412	391	401.5	350	319	334.5
67	412	391	401.5	351	320	335.5
68	411	392	401.5	350	321	335.5
69	412	392	402	350	320	335
70	411	392	401.5	349	320	334.5
71	411	392	401.5	349	320	334.5
72	411	391	401	350	320	335
73	411	390	400.5	352	321	336.5
74	410	390	400	352	322	337
75	410	390	400	350	320	335
76	410	389	399.5	352	321	336.5
77	411	389	400	354	322	338
78	409	388	398.5	353	322	337.5
79	409	386	397.5	355	322	338.5
80	408	386	397	353	321	337
81	409	386	397.5	354	321	337.5
82	408	385	396.5	354	321	337.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
83	409	383	396	357	321	339
84	410	382	396	357	319	338
85	412	383	397.5	359	320	339.5
86	413	384	398.5	359	320	339.5
87	414	384	399	360	320	340
88	414	385	399.5	359	320	339.5
89	414	387	400.5	357	320	338.5
90	415	387	401	359	321	340
91	414	388	401	356	320	338
92	414	389	401.5	355	320	337.5
93	414	389	401.5	355	320	337.5
94	413	390	401.5	354	321	337.5
95	414	391	402.5	354	321	337.5
96	414	391	402.5	354	321	337.5
97	414	392	403	354	322	338
98	414	392	403	354	322	338
99	415	392	403.5	356	323	339.5
100	415	393	404	355	323	339
101	415	394	404.5	354	323	338.5
102	416	394	405	355	323	339
103	416	394	405	355	323	339
104	416	394	405	356	324	340
105	416	394	405	357	325	341
106	418	394	406	359	325	342
107	418	394	406	359	325	342
108	419	394	406.5	359	324	341.5
109	419	394	406.5	359	324	341.5
110	419	395	407	358	324	341
111	419	395	407	359	325	342
112	418	397	407.5	356	325	340.5
113	419	398	408.5	355	324	339.5
114	419	399	409	354	324	339
115	419	399	409	355	325	340
116	419	398	408.5	356	325	340.5
117	419	397	408	357	325	341
118	419	396	407.5	356	323	339.5
119	418	396	407	356	324	340
120	418	395	406.5	358	325	341.5
121	418	396	407	357	325	341
122	418	396	407	357	325	341
123	417	395	406	356	324	340
124	417	395	406	355	323	339
125	416	394	405	356	324	340

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
126	416	394	405	354	322	338
127	416	394	405	355	323	339
128	415	394	404.5	354	323	338.5
129	415	394	404.5	355	324	339.5
130	414	394	404	354	324	339
131	414	393	403.5	355	324	339.5
132	414	394	404	351	321	336
133	415	394	404.5	353	322	337.5
134	416	395	405.5	354	323	338.5
135	416	395	405.5	353	322	337.5
136	419	395	407	357	323	340
137	420	396	408	357	323	340
138	421	396	408.5	358	323	340.5
139	421	397	409	358	324	341
140	420	397	408.5	357	324	340.5
141	420	398	409	356	324	340
142	420	398	409	357	325	341
143	420	398	409	357	325	341
144	420	398	409	357	325	341
145	419	399	409	355	325	340
146	419	399	409	356	326	341
147	419	399	409	355	325	340
148	418	399	408.5	354	325	339.5
149	419	399	409	357	327	342
150	419	400	409.5	356	327	341.5
151	419	400	409.5	357	328	342.5
152	419	400	409.5	358	329	343.5
153	419	400	409.5	358	329	343.5
154	419	400	409.5	359	330	344.5
155	419	400	409.5	358	329	343.5
156	419	400	409.5	358	329	343.5
157	419	400	409.5	358	329	343.5
158	420	400	410	359	329	344
159	420	400	410	359	329	344
160	420	400	410	358	328	343
161	420	400	410	358	328	343
162	420	399	409.5	360	329	344.5
163	421	397	409	362	328	345
164	422	396	409	365	329	347
165	422	396	409	368	332	350
166	422	395	408.5	376	339	357.5
167	422	393	407.5	386	347	366.5
168	423	392	407.5	393	352	372.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
169	424	394	409	394	354	374
170	424	393	408.5	396	355	375.5
171	425	394	409.5	397	356	376.5
172	426	395	410.5	396	355	375.5
173	425	397	411	392	354	373
174	425	398	411.5	390	353	371.5
175	425	399	412	388	352	370
176	425	399	412	385	349	367
177	425	399	412	384	348	366
178	424	400	412	381	347	364
179	424	400	412	380	346	363
180	424	400	412	377	343	360
181	424	401	412.5	375	342	358.5
182	423	401	412	373	341	357
183	423	402	412.5	371	340	355.5
184	423	402	412.5	369	338	353.5
185	424	402	413	369	337	353
186	425	405	415	367	337	352
187	424	405	414.5	364	335	349.5
188	425	405	415	364	334	349
189	425	404	414.5	364	333	348.5
190	425	404	414.5	364	333	348.5
191	425	404	414.5	364	333	348.5
192	424	405	414.5	362	333	347.5
193	424	406	415	361	333	347
194	424	408	416	358	332	345
195	424	410	417	356	332	344
196	424	412	418	353	331	342
197	424	412	418	352	330	341
198	424	411	417.5	353	330	341.5
199	424	411	417.5	354	331	342.5
200	423	412	417.5	351	330	340.5
201	423	414	418.5	348	329	338.5
202	423	415	419	348	330	339
203	422	417	419.5	345	330	337.5
204	422	416	419	346	330	338
205	421	414	417.5	347	330	338.5
206	423	413	418	348	328	338
207	423	413	418	348	328	338
208	424	414	419	348	328	338
209	424	414	419	348	328	338
210	426	413	419.5	351	328	339.5
211	426	412	419	352	328	340

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
212	426	411	418.5	353	328	340.5
213	426	411	418.5	352	327	339.5
214	426	411	418.5	353	328	340.5
215	427	412	419.5	352	327	339.5
216	428	415	421.5	357	328	342.5
217	428	417	422.5	362	328	345
218	429	418	423.5	366	326	346
219	429	420	424.5	374	327	350.5
220	430	422	426	378	328	353
221	430	428	429	376	327	351.5
222	431	427	429	376	327	351.5
223	432	425	428.5	377	328	352.5
224	433	425	429	376	327	351.5
225	433	427	430	377	327	352
226	433	427	430	379	327	353
227	434	426	430	381	327	354
228	434	425	429.5	380	326	353
229	434	428	431	378	326	352
230	434	431	432.5	376	326	351
231	433	431	432	375	326	350.5
232	435	433	434	374	326	350
233	435	438	436.5	377	327	352
234	435	444	439.5	379	327	353
235	434	445	439.5	378	327	352.5
236	434	443	438.5	376	326	351
237	433	440	436.5	370	325	347.5
238	433	441	437	368	325	346.5
239	433	447	440	368	326	347
240	435	449	442	368	326	347
241	435	449	442	366	326	346
242	435	451	443	365	326	345.5
243	436	451	443.5	364	327	345.5
244	435	450	442.5	363	327	345
245	435	445	440	362	327	344.5
246	436	442	439	362	327	344.5
247	436	441	438.5	361	326	343.5
248	436	437	436.5	362	326	344
249	437	434	435.5	363	327	345
250	437	433	435	361	327	344
251	436	433	434.5	361	327	344
252	436	432	434	359	326	342.5
253	437	431	434	359	326	342.5
254	438	428	433	359	326	342.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
255	436	425	430.5	359	326	342.5
256	436	424	430	359	326	342.5
257	437	424	430.5	358	326	342
258	437	424	430.5	357	327	342
259	437	423	430	356	326	341
260	437	422	429.5	354	326	340
261	438	423	430.5	356	327	341.5
262	439	426	432.5	356	326	341
263	438	427	432.5	358	327	342.5
264	439	429	434	358	327	342.5
265	439	435	437	358	326	342
266	439	438	438.5	358	326	342
267	439	438	438.5	359	327	343
268	440	437	438.5	360	327	343.5
269	441	437	439	360	327	343.5
270	441	438	439.5	362	327	344.5
271	441	439	440	361	327	344
272	442	442	442	361	327	344
273	442	445	443.5	362	326	344
274	442	445	443.5	362	326	344
275	443	446	444.5	363	327	345
276	442	447	444.5	361	326	343.5
277	443	449	446	362	326	344
278	444	454	449	359	326	342.5
279	445	460	452.5	359	326	342.5
280	447	460	453.5	358	326	342
281	448	461	454.5	357	325	341
282	449	466	457.5	357	326	341.5
283	449	463	456	357	326	341.5
284	449	458	453.5	357	326	341.5
285	450	454	452	357	326	341.5
286	450	450	450	356	327	341.5
287	451	446	448.5	355	325	340
288	450	445	447.5	356	327	341.5
289	451	443	447	356	327	341.5
290	451	443	447	358	328	343
291	450	446	448	359	328	343.5
292	452	449	450.5	357	327	342
293	450	451	450.5	357	327	342
294	453	453	453	358	327	342.5
295	453	453	453	360	328	344
296	452	452	452	358	327	342.5
297	454	452	453	361	328	344.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
298	455	453	454	361	329	345
299	455	454	454.5	363	330	346.5
300	456	452	454	363	330	346.5
301	459	453	456	366	330	348
302	460	460	460	368	330	349
303	460	467	463.5	369	330	349.5
304	461	473	467	368	329	348.5
305	459	477	468	368	328	348
306	459	475	467	368	329	348.5
307	460	474	467	366	329	347.5
308	458	475	466.5	368	330	349
309	459	478	468.5	366	330	348
310	460	481	470.5	365	330	347.5
311	460	482	471	365	330	347.5
312	461	484	472.5	363	330	346.5
313	462	486	474	363	330	346.5
314	464	489	476.5	362	329	345.5
315	465	493	479	361	329	345
316	466	496	481	361	329	345
317	469	499	484	362	329	345.5
318	469	502	485.5	360	328	344
319	473	505	489	360	329	344.5
320	472	506	489	361	329	345
321	471	505	488	362	330	346
322	472	504	488	361	329	345
323	474	501	487.5	360	328	344
324	471	499	485	360	326	343
325	470	496	483	361	327	344
326	466	494	480	363	328	345.5
327	472	492	482	364	329	346.5
328	470	492	481	363	329	346
329	472	494	483	363	329	346
330	472	497	484.5	360	329	344.5
331	473	497	485	361	330	345.5
332	473	496	484.5	360	330	345
333	472	495	483.5	359	329	344
334	474	496	485	361	330	345.5
335	470	499	484.5	362	330	346
336	472	511	491.5	363	330	346.5
337	471	527	499	363	331	347
338	473	538	505.5	364	331	347.5
339	476	544	510	363	331	347
340	480	548	514	364	332	348

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
341	478	558	518	362	330	346
342	479	569	524	363	331	347
343	476	575	525.5	363	331	347
344	478	574	526	364	332	348
345	477	568	522.5	364	332	348
346	478	562	520	362	331	346.5
347	479	559	519	362	331	346.5
348	479	559	519	362	332	347
349	480	561	520.5	361	330	345.5
350	489	561	525	359	329	344
351	488	561	524.5	362	331	346.5
352	491	568	529.5	362	331	346.5
353	495	581	538	361	330	345.5
354	492	588	540	363	329	346
355	495	580	537.5	364	330	347
356	497	572	534.5	366	331	348.5
357	492	570	531	364	330	347
358	493	575	534	365	332	348.5
359	493	587	540	365	333	349
360	491	598	544.5	365	333	349
361	496	608	552	365	333	349
362	492	623	557.5	365	333	349
363	490	639	564.5	363	333	348
364	492	652	572	364	334	349
365	492	650	571	363	333	348
366	491	644	567.5	362	333	347.5
367	489	643	566	364	334	349
368	496	645	570.5	362	333	347.5
369	495	642	568.5	363	334	348.5
370	503	633	568	363	334	348.5
371	507	620	563.5	363	334	348.5
372	508	609	558.5	363	334	348.5
373	510	602	556	363	334	348.5
374	508	606	557	365	336	350.5
375	508	620	564	365	336	350.5
376	505	635	570	366	336	351
377	505	645	575	366	336	351
378	505	644	574.5	367	337	352
379	509	650	579.5	368	338	353
380	509	662	585.5	369	338	353.5
381	518	675	596.5	371	337	354
382	530	685	607.5	373	337	355
383	538	694	616	373	337	355

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
384	540	702	621	375	338	356.5
385	548	714	631	376	337	356.5
386	549	726	637.5	378	337	357.5
387	559	732	645.5	377	337	357
388	563	724	643.5	378	337	357.5
389	558	703	630.5	378	337	357.5
390	562	708	635	377	336	356.5
391	570	752	661	374	336	355
392	579	785	682	373	336	354.5
393	581	800	690.5	373	337	355
394	575	797	686	373	337	355
395	582	793	687.5	373	337	355
396	578	789	683.5	370	336	353
397	590	776	683	371	337	354
398	600	762	681	370	336	353
399	604	762	683	369	336	352.5
400	613	777	695	368	336	352
401	615	787	701	367	336	351.5
402	622	788	705	367	336	351.5
403	622	791	706.5	368	336	352
404	614	795	704.5	366	336	351
405	616	798	707	364	335	349.5
406	614	801	707.5	366	336	351
407	599	796	697.5	367	336	351.5
408	620	782	701	368	337	352.5
409	631	754	692.5	369	338	353.5
410	644	719	681.5	366	337	351.5
411	662	688	675	365	337	351
412	676	675	675.5	363	337	350
413	686	681	683.5	361	337	349
414	705	696	700.5	359	337	348
415	712	719	715.5	359	337	348
416	727	741	734	360	337	348.5
417	719	760	739.5	360	337	348.5
418	731	771	751	358	337	347.5
419	746	777	761.5	357	338	347.5
420	737	782	759.5	355	337	346
421	745	786	765.5	353	338	345.5
422	739	785	762	354	338	346
423	732	776	754	353	336	344.5
424	734	762	748	357	337	347
425	741	753	747	358	338	348
426	726	755	740.5	357	337	347

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
427	724	761	742.5	357	337	347
428	726	762	744	361	338	349.5
429	727	762	744.5	362	338	350
430	703	764	733.5	362	337	349.5
431	702	767	734.5	362	337	349.5
432	692	766	729	362	337	349.5
433	702	759	730.5	362	337	349.5
434	693	748	720.5	366	337	351.5
435	687	736	711.5	372	336	354
436	699	725	712	379	337	358
437	739	715	727	382	335	358.5
438	772	706	739	386	336	361
439	798	699	748.5	386	337	361.5
440	814	695	754.5	385	336	360.5
441	821	698	759.5	383	334	358.5
442	826	699	762.5	385	336	360.5
443	829	704	766.5	387	337	362
444	829	716	772.5	388	336	362
445	832	736	784	391	337	364
446	828	758	793	391	337	364
447	827	776	801.5	389	337	363
448	828	788	808	387	337	362
449	822	791	806.5	386	337	361.5
450	820	788	804	386	338	362
451	817	784	800.5	388	338	363
452	817	785	801	390	338	364
453	809	790	799.5	388	337	362.5
454	803	795	799	387	337	362
455	808	799	803.5	383	338	360.5
456	810	801	805.5	381	338	359.5
457	806	803	804.5	381	339	360
458	806	809	807.5	381	339	360
459	805	812	808.5	380	340	360
460	810	816	813	378	339	358.5
461	817	821	819	377	340	358.5
462	823	823	823	376	340	358
463	830	826	828	376	341	358.5
464	835	829	832	375	340	357.5
465	840	832	836	376	341	358.5
466	843	836	839.5	377	341	359
467	846	839	842.5	379	343	361
468	846	841	843.5	377	343	360
469	847	841	844	377	343	360

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
470	845	838	841.5	376	343	359.5
471	843	835	839	378	345	361.5
472	842	833	837.5	378	345	361.5
473	843	833	838	378	345	361.5
474	845	835	840	378	345	361.5
475	846	836	841	377	345	361
476	850	838	844	375	345	360
477	850	840	845	374	344	359
478	853	840	846.5	373	345	359
479	853	839	846	373	344	358.5
480	851	835	843	374	344	359
481	852	832	842	374	343	358.5
482	850	831	840.5	374	343	358.5
483	851	831	841	376	344	360
484	850	835	842.5	376	344	360
485	850	836	843	375	343	359
486	849	832	840.5	376	343	359.5
487	846	827	836.5	377	344	360.5
488	845	822	833.5	379	344	361.5
489	845	817	831	377	343	360
490	842	811	826.5	378	344	361
491	843	806	824.5	379	343	361
492	842	802	822	380	344	362
493	843	803	823	380	344	362
494	841	808	824.5	380	345	362.5
495	843	813	828	380	344	362
496	842	821	831.5	377	344	360.5
497	841	829	835	377	344	360.5
498	840	835	837.5	376	344	360
499	841	837	839	376	344	360
500	840	836	838	375	344	359.5
501	838	833	835.5	374	343	358.5
502	838	829	833.5	375	344	359.5
503	841	826	833.5	373	342	357.5
504	842	824	833	372	343	357.5
505	845	821	833	374	344	359
506	847	820	833.5	373	344	358.5
507	848	817	832.5	373	344	358.5
508	847	814	830.5	374	344	359
509	848	812	830	375	344	359.5
510	846	808	827	374	344	359
511	847	806	826.5	373	343	358
512	846	808	827	375	344	359.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
513	846	815	830.5	376	344	360
514	846	823	834.5	375	344	359.5
515	846	829	837.5	376	343	359.5
516	845	835	840	377	345	361
517	843	848	845.5	378	345	361.5
518	844	856	850	377	344	360.5
519	844	858	851	381	345	363
520	844	856	850	382	344	363
521	843	856	849.5	384	345	364.5
522	844	858	851	384	345	364.5
523	843	859	851	384	344	364
524	843	860	851.5	385	346	365.5
525	842	862	852	381	344	362.5
526	841	865	853	382	344	363
527	843	867	855	381	345	363
528	843	868	855.5	379	344	361.5
529	843	870	856.5	378	343	360.5
530	843	877	860	376	343	359.5
531	844	879	861.5	377	344	360.5
532	846	877	861.5	377	344	360.5
533	847	876	861.5	377	345	361
534	847	876	861.5	376	344	360
535	847	877	862	378	345	361.5
536	845	878	861.5	378	346	362
537	846	879	862.5	379	348	363.5
538	846	883	864.5	381	349	365
539	845	891	868	382	350	366
540	846	894	870	383	351	367
541	847	894	870.5	383	351	367
542	847	894	870.5	386	352	369
543	847	894	870.5	386	352	369
544	847	894	870.5	387	352	369.5
545	845	893	869	388	353	370.5
546	846	893	869.5	387	353	370
547	845	893	869	386	352	369
548	846	892	869	384	353	368.5
549	846	892	869	384	353	368.5
550	846	892	869	383	353	368
551	846	892	869	382	352	367
552	845	891	868	383	352	367.5
553	846	891	868.5	384	352	368
554	845	891	868	386	353	369.5
555	845	891	868	385	353	369

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
556	845	891	868	386	353	369.5
557	845	891	868	385	353	369
558	845	891	868	386	354	370
559	845	891	868	387	355	371
560	844	891	867.5	387	355	371
561	844	891	867.5	388	356	372
562	844	891	867.5	387	355	371
563	844	890	867	388	356	372
564	843	890	866.5	386	355	370.5
565	844	890	867	387	356	371.5
566	844	890	867	385	355	370
567	843	890	866.5	387	356	371.5
568	843	890	866.5	386	356	371
569	844	890	867	387	356	371.5
570	844	890	867	385	354	369.5
571	843	889	866	386	355	370.5
572	844	889	866.5	390	356	373
573	844	888	866	388	354	371
574	844	889	866.5	390	355	372.5
575	844	889	866.5	390	356	373
576	845	889	867	390	357	373.5
577	844	888	866	387	355	371
578	844	888	866	390	358	374
579	844	888	866	389	357	373
580	844	888	866	389	357	373
581	844	888	866	388	358	373
582	844	888	866	389	359	374
583	845	888	866.5	391	361	376
584	845	888	866.5	389	360	374.5
585	844	887	865.5	391	361	376
586	844	888	866	389	360	374.5
587	845	888	866.5	389	360	374.5
588	846	887	866.5	389	360	374.5
589	845	887	866	389	360	374.5
590	847	887	867	388	359	373.5
591	846	887	866.5	389	360	374.5
592	848	887	867.5	390	361	375.5
593	847	887	867	389	360	374.5
594	847	886	866.5	388	358	373
595	846	886	866	388	358	373
596	847	886	866.5	390	360	375
597	847	886	866.5	390	360	375
598	846	886	866	392	361	376.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
599	846	886	866	396	362	379
600	847	886	866.5	399	363	381
601	847	886	866.5	400	364	382
602	846	886	866	400	363	381.5
603	846	886	866	403	364	383.5
604	846	885	865.5	407	366	386.5
605	846	885	865.5	407	367	387
606	845	885	865	408	367	387.5
607	845	885	865	408	367	387.5
608	846	885	865.5	408	367	387.5
609	845	885	865	403	365	384
610	845	885	865	403	366	384.5
611	845	885	865	403	367	385
612	845	884	864.5	402	366	384
613	845	884	864.5	402	366	384
614	845	885	865	400	366	383
615	845	884	864.5	401	367	384
616	845	884	864.5	400	366	383
617	846	884	865	399	366	382.5
618	846	884	865	398	366	382
619	845	884	864.5	396	365	380.5
620	846	884	865	398	367	382.5
621	845	884	864.5	399	367	383
622	845	884	864.5	396	366	381
623	845	883	864	395	366	380.5
624	845	883	864	396	366	381
625	845	883	864	397	366	381.5
626	845	883	864	398	367	382.5
627	846	883	864.5	398	367	382.5
628	846	883	864.5	396	367	381.5
629	846	883	864.5	393	365	379
630	846	883	864.5	393	367	380
631	846	882	864	390	366	378
632	847	882	864.5	386	364	375
633	848	882	865	386	364	375
634	847	883	865	390	367	378.5
635	848	882	865	390	367	378.5
636	848	882	865	389	368	378.5
637	849	882	865.5	387	368	377.5
638	850	882	866	386	368	377
639	850	882	866	385	370	377.5
640	849	882	865.5	388	372	380
641	848	882	865	390	373	381.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
642	849	882	865.5	394	374	384
643	850	882	866	394	374	384
644	851	881	866	394	374	384
645	851	881	866	393	373	383
646	853	881	867	396	373	384.5
647	853	881	867	397	373	385
648	855	882	868.5	399	374	386.5
649	857	881	869	397	372	384.5
650	861	881	871	399	374	386.5
651	865	881	873	398	373	385.5
652	868	881	874.5	403	374	388.5
653	871	882	876.5	405	371	388
654	877	881	879	413	373	393
655	883	881	882	421	374	397.5
656	886	881	883.5	424	374	399
657	889	881	885	425	376	400.5
658	893	881	887	425	376	400.5
659	897	881	889	425	376	400.5
660	899	880	889.5	426	377	401.5
661	899	881	890	426	376	401
662	900	881	890.5	429	377	403
663	899	880	889.5	433	379	406
664	900	880	890	435	381	408
665	899	880	889.5	434	382	408
666	899	880	889.5	433	383	408
667	899	880	889.5	433	384	408.5
668	899	880	889.5	431	383	407
669	898	880	889	432	382	407
670	898	880	889	436	384	410
671	898	880	889	436	385	410.5
672	898	880	889	434	384	409
673	898	879	888.5	427	382	404.5
674	898	879	888.5	422	379	400.5
675	897	879	888	423	381	402
676	897	879	888	424	382	403
677	897	879	888	421	381	401
678	897	879	888	423	384	403.5
679	897	879	888	419	382	400.5
680	897	879	888	420	384	402
681	897	879	888	420	385	402.5
682	897	879	888	420	385	402.5
683	896	879	887.5	418	383	400.5
684	897	879	888	419	383	401

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
685	897	879	888	419	383	401
686	896	879	887.5	419	385	402
687	896	879	887.5	418	384	401
688	896	879	887.5	416	383	399.5
689	896	879	887.5	418	385	401.5
690	896	879	887.5	417	384	400.5
691	896	879	887.5	416	383	399.5
692	896	879	887.5	416	383	399.5
693	896	879	887.5	416	384	400
694	896	878	887	413	383	398
695	896	879	887.5	413	383	398
696	896	878	887	408	380	394
697	896	878	887	411	382	396.5
698	895	878	886.5	410	380	395
699	896	878	887	411	380	395.5
700	895	878	886.5	415	384	399.5
701	895	878	886.5	414	382	398
702	895	878	886.5	414	382	398
703	895	878	886.5	413	381	397
704	895	878	886.5	415	382	398.5
705	895	878	886.5	416	383	399.5
706	894	877	885.5	419	384	401.5
707	895	878	886.5	419	385	402
708	895	877	886	418	384	401
709	894	877	885.5	421	385	403
710	894	877	885.5	421	385	403
711	894	877	885.5	424	388	406
712	894	877	885.5	422	387	404.5
713	894	877	885.5	427	391	409
714	894	877	885.5	423	390	406.5
715	894	877	885.5	426	393	409.5
716	894	877	885.5	425	393	409
717	894	877	885.5	425	393	409
718	894	877	885.5	428	397	412.5
719	893	877	885	429	398	413.5
720	893	876	884.5	429	398	413.5
721	893	876	884.5	429	398	413.5
722	893	876	884.5	429	400	414.5
723	893	876	884.5	430	400	415
724	893	876	884.5	426	397	411.5
725	893	876	884.5	425	396	410.5
726	893	876	884.5	424	394	409
727	893	876	884.5	427	396	411.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
728	893	876	884.5	428	398	413
729	893	876	884.5	429	399	414
730	893	876	884.5	434	403	418.5
731	893	876	884.5	436	404	420
732	893	876	884.5	436	405	420.5
733	893	876	884.5	444	411	427.5
734	892	875	883.5	446	414	430
735	892	875	883.5	450	417	433.5
736	893	876	884.5	451	418	434.5
737	892	875	883.5	456	420	438
738	892	876	884	461	423	442
739	892	875	883.5	458	419	438.5
740	892	875	883.5	457	418	437.5
741	892	875	883.5	461	421	441
742	892	875	883.5	458	419	438.5
743	892	875	883.5	463	426	444.5
744	892	875	883.5	464	426	445
745	892	875	883.5	452	416	434
746	891	875	883	454	419	436.5
747	891	875	883	455	420	437.5
748	892	875	883.5	451	418	434.5
749	891	875	883	452	419	435.5
750	891	875	883	450	417	433.5
751	891	875	883	454	422	438
752	891	874	882.5	450	418	434
753	891	874	882.5	453	420	436.5
754	891	874	882.5	452	420	436
755	891	874	882.5	452	421	436.5
756	891	873	882	452	420	436
757	891	874	882.5	452	420	436
758	891	874	882.5	453	421	437
759	890	874	882	456	424	440
760	890	874	882	453	419	436
761	890	874	882	453	419	436
762	889	874	881.5	455	420	437.5
763	890	874	882	457	422	439.5
764	890	874	882	454	420	437
765	890	874	882	458	424	441
766	890	874	882	456	425	440.5
767	889	874	881.5	454	423	438.5
768	890	874	882	455	425	440
769	889	874	881.5	455	425	440
770	890	873	881.5	455	424	439.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
771	890	873	881.5	456	424	440
772	889	873	881	459	426	442.5
773	889	873	881	461	429	445
774	889	873	881	462	429	445.5
775	889	873	881	462	430	446
776	889	873	881	464	432	448
777	889	873	881	469	437	453
778	888	873	880.5	468	436	452
779	888	873	880.5	469	437	453
780	888	873	880.5	469	437	453
781	888	873	880.5	466	434	450
782	888	873	880.5	467	436	451.5
783	888	872	880	472	441	456.5
784	888	872	880	475	445	460
785	888	873	880.5	478	447	462.5
786	888	872	880	474	444	459
787	888	872	880	483	452	467.5
788	888	872	880	485	454	469.5
789	888	872	880	483	452	467.5
790	888	872	880	488	454	471
791	888	872	880	495	461	478
792	888	872	880	497	462	479.5
793	887	872	879.5	496	462	479
794	887	872	879.5	506	473	489.5
795	887	872	879.5	511	479	495
796	887	872	879.5	511	479	495
797	887	872	879.5	509	477	493
798	887	872	879.5	514	482	498
799	887	872	879.5	515	485	500
800	887	872	879.5	509	479	494
801	887	872	879.5	514	484	499
802	887	872	879.5	515	486	500.5
803	887	872	879.5	523	493	508
804	887	872	879.5	525	496	510.5
805	887	872	879.5	519	490	504.5
806	887	872	879.5	514	485	499.5
807	887	872	879.5	511	482	496.5
808	887	872	879.5	514	485	499.5
809	887	872	879.5	521	492	506.5
810	887	872	879.5	524	495	509.5
811	887	872	879.5	529	500	514.5
812	887	872	879.5	531	501	516
813	886	872	879	531	501	516

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
814	887	872	879.5	524	494	509
815	887	872	879.5	525	495	510
816	886	872	879	528	497	512.5
817	887	872	879.5	535	501	518
818	886	872	879	538	502	520
819	886	872	879	532	496	514
820	886	872	879	535	498	516.5
821	886	872	879	544	505	524.5
822	886	872	879	565	516	540.5
823	886	872	879	605	539	572
824	886	872	879	621	546	583.5
825	886	872	879	637	559	598
826	886	871	878.5	641	563	602
827	885	872	878.5	672	582	627
828	885	871	878	702	602	652
829	885	871	878	719	610	664.5
830	885	871	878	728	622	675
831	885	871	878	739	638	688.5
832	885	871	878	742	648	695
833	885	871	878	745	655	700
834	885	871	878	746	656	701
835	885	871	878	765	674	719.5
836	885	871	878	761	679	720
837	885	871	878	766	683	724.5
838	884	871	877.5	774	687	730.5
839	885	870	877.5	794	698	746
840	885	871	878	809	703	756
841	885	870	877.5	806	711	758.5
842	885	870	877.5	799	714	756.5
843	885	870	877.5	793	718	755.5
844	885	870	877.5	783	717	750
845	885	869	877	762	713	737.5
846	885	870	877.5	758	719	738.5
847	885	870	877.5	763	731	747
848	884	870	877	756	730	743
849	884	870	877	758	734	746
850	884	870	877	764	742	753
851	884	870	877	765	743	754
852	884	870	877	766	743	754.5
853	884	869	876.5	765	742	753.5
854	884	869	876.5	769	743	756
855	884	869	876.5	782	750	766
856	883	869	876	785	750	767.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
857	884	869	876.5	795	752	773.5
858	884	869	876.5	806	750	778
859	884	869	876.5	795	751	773
860	883	869	876	821	754	787.5
861	883	869	876	827	750	788.5
862	883	869	876	808	749	778.5
863	884	869	876.5	786	743	764.5
864	883	869	876	802	747	774.5
865	883	869	876	801	750	775.5
866	883	869	876	803	741	772
867	883	868	875.5	809	743	776
868	884	869	876.5	812	748	780
869	883	869	876	816	746	781
870	883	869	876	821	753	787
871	883	869	876	823	754	788.5
872	883	869	876	826	756	791
873	883	869	876	829	756	792.5
874	883	869	876	829	759	794
875	883	869	876	826	759	792.5
876	883	869	876	824	750	787
877	883	869	876	821	760	790.5
878	883	869	876	820	763	791.5
879	883	869	876	817	771	794
880	883	869	876	814	778	796
881	883	869	876	808	784	796
882	883	869	876	820	796	808
883	883	869	876	827	803	815
884	883	869	876	839	815	827
885	883	869	876	845	821	833
886	883	869	876	853	829	841
887	882	869	875.5	858	835	846.5
888	882	869	875.5	863	840	851.5
889	882	869	875.5	864	841	852.5
890	882	869	875.5	869	846	857.5
891	882	869	875.5	871	848	859.5
892	882	869	875.5	873	850	861.5
893	882	869	875.5	875	852	863.5
894	882	869	875.5	877	854	865.5
895	882	869	875.5	879	856	867.5
896	882	869	875.5	882	859	870.5
897	882	869	875.5	883	860	871.5
898	882	868	875	886	862	874
899	882	869	875.5	890	867	878.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
900	881	869	875	894	872	883
901	881	868	874.5	896	873	884.5
902	882	868	875	900	876	888
903	881	868	874.5	900	877	888.5
904	882	868	875	904	880	892
905	881	868	874.5	908	885	896.5
906	882	868	875	919	895	907
907	882	868	875	924	900	912
908	881	868	874.5	925	902	913.5
909	881	868	874.5	925	902	913.5
910	882	868	875	925	901	913
911	882	868	875	925	901	913
912	881	867	874	925	901	913
913	881	868	874.5	923	900	911.5
914	881	868	874.5	923	900	911.5
915	881	868	874.5	923	900	911.5
916	881	868	874.5	923	900	911.5
917	881	868	874.5	923	900	911.5
918	882	867	874.5	924	899	911.5
919	881	867	874	924	900	912
920	881	867	874	923	899	911
921	881	868	874.5	922	899	910.5
922	881	867	874	923	899	911
923	881	867	874	923	899	911
924	881	867	874	922	898	910
925	881	867	874	923	899	911
926	880	867	873.5	921	898	909.5
927	881	867	874	922	898	910
928	880	866	873	922	898	910
929	881	867	874	922	898	910
930	880	867	873.5	921	898	909.5
931	881	867	874	921	897	909
932	880	867	873.5	921	898	909.5
933	880	867	873.5	921	898	909.5
934	880	867	873.5	921	898	909.5
935	880	867	873.5	920	897	908.5
936	880	867	873.5	920	897	908.5
937	880	866	873	921	897	909
938	880	866	873	921	897	909
939	880	866	873	921	897	909
940	880	866	873	921	897	909
941	880	867	873.5	919	896	907.5
942	880	866	873	921	897	909

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
943	880	866	873	920	896	908
944	880	866	873	920	896	908
945	880	866	873	921	897	909
946	879	866	872.5	920	897	908.5
947	880	867	873.5	919	896	907.5
948	880	866	873	921	897	909
949	880	866	873	920	896	908
950	880	867	873.5	919	896	907.5
951	880	867	873.5	919	896	907.5
952	879	867	873	918	896	907
953	879	867	873	917	895	906
954	879	867	873	917	895	906
955	879	867	873	917	895	906
956	879	867	873	917	895	906
957	879	867	873	917	895	906
958	879	867	873	917	895	906
959	879	867	873	917	895	906
960	879	867	873	917	895	906
961	879	867	873	917	895	906
962	879	867	873	917	895	906
963	879	867	873	917	895	906
964	879	867	873	917	895	906
965	879	867	873	917	895	906
966	879	867	873	917	895	906
967	879	867	873	916	894	905
968	879	867	873	916	894	905
969	879	867	873	917	895	906
970	879	867	873	916	894	905
971	879	867	873	916	894	905
972	879	867	873	915	893	904
973	878	867	872.5	915	894	904.5
974	879	867	873	915	893	904
975	879	867	873	915	893	904
976	878	867	872.5	914	893	903.5
977	879	867	873	915	893	904
978	878	867	872.5	914	893	903.5
979	878	867	872.5	914	893	903.5
980	878	866	872	915	893	904
981	878	867	872.5	914	893	903.5
982	878	866	872	915	893	904
983	878	866	872	914	892	903
984	878	866	872	914	892	903
985	877	866	871.5	913	892	902.5

Waktu	1:3			0:1		
	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata	Perc. 1	Perc. 2	Rata-rata
986	878	866	872	914	892	903
987	878	866	872	914	892	903
988	878	866	872	914	892	903
989	878	866	872	913	891	902
990	877	866	871.5	912	891	901.5
991	878	866	872	913	891	902
992	878	866	872	913	891	902
993	878	866	872	913	891	902
994	877	866	871.5	912	891	901.5
995	878	866	872	913	891	902
996	877	866	871.5	911	890	900.5
997	877	866	871.5	912	891	901.5
998	878	866	872	913	891	902
999	877	866	871.5	911	890	900.5
1000	877	865	871	912	890	901



Lampiran 3. Data dan Perhitungan Hasil Kalibrasi Sensor

ml	ppm perhitungan	Percobaan 1	Percobaan 2
0.5	250	413	403
1	500	549	528
1.5	750	644	632
2	1000	728	716
2.5	1250	794	781
3	1500	876	856
3.5	1750	923	911
4	2000	943	931
4.5	2250	983	969
5	2500	1017	1002

