ABSORPSI EMISI GAS BUANG CO_2 PADA KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN LARUTAN PENJERAP KOH

SKRIPSI

Diajukan untuk memenuhi salah satu syarat mencapai
gelar Sarjana Sains (S.Si.) Program Studi Kimia
pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Islam Indonesia
Yogyakarta

Diajukan oleh:
YERIKA PUSPITA SARI
No Mhs: 16612124

PROGRAM STUDI KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS ISLAM INDONESIA
YOGYAKARTA
2020

ABSORPSI EMISI GAS BUANG CO_2 PADA KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN LARUTAN PENJERAP KOH

oleh :

YERIKA PUSPITA SARI

No. Mhs: 16612124

Telah dipertahankan di hadapan Dewan Penguji Skripsi

Program Studi Kimia Fakulas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Islam Indonesia

Yogyakarta, 04 Desember 2020

Dewan Penguji	Tanda Tangan
1. Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.	.....
2. Mai Anugrahwati, M.Sc.	.....
3. Argo Khoirul Anas, M.Sc.	.....

Mengetahui,

Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan alam

Universitas Islam Indonesia

Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D.

PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN

Yang bertandatangan dibawah ini:

Nama : Yerika Puspita Sari

NIM : 16612124

Program studi : Ilmu Kimia

Fakultas : Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Dengan ini menyatakan bahwa skripsi saya dengan judul ABSORPSI EMISI GAS BUANG CO_2 PADA KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN LARUTAN PENJERAP KOH bersifat asli da tidak berisi material yang diterbitkan sebelumnya kecuali referensi yang disebutkan di dalam skripsi ini.

Apabila terdapat konstribusi dari penulisan lain, maka penulis tersebut secara eksplisit telah disebutkan dalam skripsi ini. Apabila dikemudian hari ditemukan ketidaksesuaian dengan pernyataan ini, maka saya bersedia dituntut dan diproses sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sesungguhnya dan penuh tnggung jawab.

Yogyakarta, 07 Agustus 2020

Yang menyatakan,

Yerika Puspita Sari

NIM. 16612124

HALAMAN MOTTO

"*Sesungguhnya Allah tidak akan merubah keadaan suatu kaum sehingga mereka merubah keadaan yang ada pada diri mereka sendiri*" (Qs. Ar Ra'd: 11)

"*Dan bahwasannya seorang manusia tiada memperoleh selain apa yang telah diusahakannya*" (An Najm: 39)

"*Barangsiapa yang mempelajari ilmu pengetahuan yang seharusnya yang ditunjukkan untuk mencari ridho Allah bukan hanya untuk mendapatkan kedudukan/kekayaan duniawi maka ia tidak akan mendapatkan baunya surga nanti pada hari kiamat* (Hadist Riwayat Abu Hurairah r.a)

Jika seorang manusia mati maka terputuslah darinya amalnya kecuali dari tiga hal: dari sedekah jariyah atau ilmu yang diambil manfaatnya atau anak shalih yang mendoakannya.(HR. Muslim no. 1631)

"*Sebaik-baik manusia adalah yang paling bermanfaat bagi manusia*" (HR. Ahmad, ath-Thabrani, ad-Daruqutni. Hadits ini dihasankan oleh al-Albani di dalam *Shahihul Jami'* no:3289).

HALAMAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahirobbil'alamiin

Sembah sujud serta syukur kepada Allah *Subhanallahu wa Ta'ala* dengan cinta dan kasih sayang-Mu telah memberikanku kekuatan, membekaliku dengan ilmu serta memberikanku hidayah dan taufik dalam menjalankan perintah dan menjauhi laranganNya. Atas karunia serta kemudahan yang Engkau berikan akhirnya skripsi yang sederhana ini dapat terselesaikan. Shalawat dan salam selalu terlimpahkan kepada Nabi Muhammad *Shallalahu 'alahi wassalam*.

Karya sederhana ini sebagai tanda bakti serta rasa hormat yang kupersembahkan kepada orang yang sangat kusayangi yaitu Ibu dan Bapak. Terima kasih teruntuk Ibu Setyaningsih dan Bapak Yantho yang telah memberikan kasih sayang, dukungan, pengorbanan, ridho dan cinta yang tiada hentinya yang tidak mungkin dapat kubalas dengan selembar kertas yang tercantum kata persembahan. Semoga dengan ini dapat menjadi langkah awal untuk membuat Ibu dan Ayah bahagia, karena kusadar selama ini belum bisa berbuat lebih dan memberikan yang terbaik pada ibu dan ayah. Terima kasih Ibu dan Ayah yang senantiasa mendoakanku, selalu memberikan seluruh kasih sayang, selalu menasehatiku, selalu meridhoiku dalam melakukan hal yang lebih baik serta membuatku termotivasi. Serta adik-adikku, Yesika Marfa Aura Risky dan Ryehan Apriliyanto Nurfiransyah yang selalu mendukungku dan keluarga besar Pakdhe Joni, Pakdhe Rudi, Budhe Tikil, Tante Yeni, Tante Sari, Pakdhe Agus, Om Eko serta kakak-kakak sepupuku, saya ucapkan terimakasih untuk semuanya yang telah memberikan semangat, motivasi dan dukungan baik moral maupun materi.

Buat sahabat dan teman seperjuanganku Nava Sapitri, Yustika, Irpan Aji Nugroho, Sri Wahyuni, Sukma Radika M, Nuke Sulis Tyagustin, Yanti Apriani, Nini Riani, Riza Purnaramadhan, Nimas Putri D.P, Cahyaning Rahayu, Aditya Deska Ramadhan, Anis Prasetyawan, Muhammad Farhan A.T, Hanifatun Azizah, Uswatun Chasanah, Suzanna, Diah Hanifah dan Imas Siti Nurhamida yang selalu memberikan dukungan moral, material serta membuatku semangat untuk

menyelesaikan skripsi ini dan tanpa bantuan kalian semua tak kan mungkin aku sampai disini. Terimakasih untuk canda tawa, tangis, kenangan manis yang telah diberikan dan perjuangan yang kita lewati bersama. serta terimakasih untuk Nava Sapitri dan teman satu tim yang selalu memberiku semangat, memotivasi dan selalu mendukungku dalam melakukan kebaikan.

KATA PENGANTAR

Bismillaahirrahmannirrahiim,

Assalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Dengan mengucap syukur *Alhamdulillah* akhirnya skripsi yang berjudul "Absorpsi Emisi Gas Buang CO_2 Pada Kendaraan Bermotor Menggunakan Larutan Penjerap KOH" dapat diselesaikan dengan baik. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat akademis yang harus dipenuhi untuk mendapatkan gelar Sarjana Sains pada Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Islam Indonesia Yogyakarta.

Penulis menyadari bahwa keberhasilan dalam menyusun skripsi ini karena adanya bimbingan, pengarahan, saran, serta motivasi dari berbagai pihak, sehingga penulis menyampaikan banyak terimakasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Allah *Subhanallahu wa Ta'ala* kemudian Nabi Muhammad *Shallalahu 'alahi wassalam* yang selalu memberikan kasih dan sayang serta petunjuk bagi Hamba-Nya
2. Yantho dan Setyaningsih selaku orang tua yang selalu mendoakan, memberi bimbingan, dukungan, motivasi, semangat, serta sarana dan prasarana dalam menuntut ilmu. Serta Yesika dan Ryehan selaku adik, dan seluruh keluarga besar yang senantiasa mendoakan.
3. Prof. Fathul Wahid, S.T., M.Sc., Ph.D. selaku Rektor Universitas Islam Indonesia.
4. Prof. Riyanto, S.Pd., M.Si., Ph.D. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Islam Indonesia serta selaku Dosen pembimbing yang selalu memberikan ilmu dan bimbingannya.
5. Dr. Dwiarso Rubiyanto, S.Si., M.Si. selaku Ketua Progran Studi Kimia FMIPA Universitas Islam Indonesia.
6. Semua pihak, khususnya pada laboran yang telah memberikan pertolongan selama kuliah ini.

7. Teman–teman seperjuangan kami yang ikut mendukung, sabar dan memberi semangat selama proses penelitian sampai selesai.

Penulis menyadari bahwa skripsi ini jauh dari kesempurnaan, masih banyak kekurangan. Oleh karena itu, diharapkan saran dan kritik yang dapat membangun untuk perbaikan serta kesempurnaan skripsi penelitian dan diharapkan dengan adanya skripsi penelitian ini dapat bermanfaat oleh pembaca.

Wassalaamu'alaikum Warahmatullaahi Wabarakaatuh

Yogyakarta, 07 Agustus 2020



(Yerika Puspita Sari)

DAFTAR ISI

HALAMAN PENGESAHAN……..……..ii
PERNYATAAN KEASLIAN TULISAN……..iii
HALAMAN PERSEMBAHAN……...v
KATA PENGANTAR vii
INTISARI..... xvi
ABSTRACT..... xvii
BAB I PENDAHULUAN..... 1
1.1 Latar Belakang..... 1
1.2 Perumusan Masalah..... 3
1.3 Tujuan..... 4
1.4 Manfaat Penelitian..... 4
BAB II TINJAUAN PUSTAKA..... 5
BAB III DASAR TEORI..... 8
3.1 Pengertian Pencemaran Lingkungan..... 8
3.2 Pencemaran Udara..... 8
3.3 Kendaraan Bermotor..... 9
3.4 Emisi..... 9
3.4.1 Emisi Gas Buang..... 9
3.4.2 Komposisi Emisi Gas Buang..... 10
3.4.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang..... 11
3.5 Karbon Dioksida (CO_2)..... 12
3.6 Absorbsi..... 13
3.6.1 Proses Absorbsi Karbon Dioksida (CO_2)..... 13

3.6.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Absorbsi 14
3.7 Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Memilih Pelarut 14
3.8 Kalium Hidroksida (KOH) 15
3.9 Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan 16
3.9.1 Pengertian Kelarutan 16
3.9.2 Hasil Kali Kelarutan 17
3.9.3 Hubungan Antara Ksp Dengan Pengendapan 18
3.10 *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR) 18
3.11 *X-Ray Diffraction* (XRD) 21
BAB IV METODE PENELITIAN 25
4.1 Alat dan Bahan 25
4.1.1 Alat 25
4.1.2 Bahan 25
4.2 Cara Kerja 25
4.2.1 Persiapan Kendaraan Uji 25
4.2.1.1 Persiapan kendraan uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut : 25
4.2.2 Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) 25
4.2.2.1 Variasi Konsentrasi 25
4.2.2.2 Variasi Volume 26
4.2.2.3 Variasi Waktu 27
4.2.3 Proses penjerapan CO_2 oleh Kalium Hidroksida (KOH) terhadap variasi waktu pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2) 28
4.2.4 Identifikasi Endapan K_2CO_3 29
4.2.4.1 Identifikasi Ion Karbonat (CO_3^{2-}) 29
4.2.4.2 Identifikasi Endapan dengan Spektofotometer Inframerah 30

4.2.4.3 Identifikasi Endapan dengan *X-Ray Difraction* 30

BAB V HASIL DAN PEMBAHASAN..... 30

5.1 Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) Volume 50 mL dalam Jangka Waktu 90 Menit dengan Variasi Konsentrasi 30

5.2 Penjerapan Gas CO_2 Murni Konsentrasi 7 M dalam jangka waktu 90 menit dengan Variasi Volume..... 32

5.3 Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M volume 50 mL dengan Variasi Waktu 34

5.4 Penjerapan Gas CO_2 Kendaraan Bermotor oleh KOH (Kalium Hidroksida) Volume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit dengan Variasi Konsentrasi 36

5.5 Penjerapan Gas CO_2 Kendaraan Bermotor oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M dalam Waktu 90 Menit dengan Variasi Volume 37

5.6 Penjerapan Gas CO_2 Kendaraan Bermotor oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M bervolume 50 mL dengan Variasi Waktu..... 38

5.7 Pengujian Sampel Menggunakan Uji Karbonat..... 39

a. Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas CO_2 Murni dan KOH 40

b. Pengujian pada Endapan K_2CO_3 Murni 41

c. Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas Kendaraan Bermotor dan KOH.. 41

d. Perbandingan Hasil Endapan 43

5.8 Pengujian Sampel Menggunakan Spektofotometer Inframerah 44

a. Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas CO_2 Murni dan KOH 46

b. Pengujian pada Endapan K_2CO_3 Murni 48

c. Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas Kendaraan Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit..... 49

d. Perbandingan Secara Keseluruhan pada Sampel K_2CO_3 51

5.9 Pengujian Sampel Menggunakan *X-Ray Difraction* 53

BAB VI KESIMPULAN DAN SARAN 53

6.1 Kesimpulan 53

6.2 Saran 54

DAFTAR PUSTAKA 59

Lampiran 1 65

Gambar Endapan K_2CO_3 yang Diperoleh 65

A. Hasil Penjerapan Gas CO2 Murni…….....65

B. Hasil Penjerapan Gas Kendaraan Bermotor 73

Lampiran 2 75

Hasil Uji dengan Uji Karbonat 75

Lampian 3 76

Hasil Uji dengan Spekroskopi Inframerah 76

A. Spektrogram Endapan K2CO3 Hasil Penjerapan dari Gas CO2 Murni dan KOH Konsentrasi 7 M Volume 50 mL 76

B. Spektrogram Endapan K_2CO_3 Murni 76

C. Spektogram Endapan K_2CO_3 dari Gas Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit 77

Lampiran 4 78

Hasil Uji dengan *X-Ray Difraction* 78

A. Difraktogram Endapan K_2CO_3 Gas CO_2 Murni dan KOH 7 M Volume 50 mL dalam Waktu 90 Menit 78

B. Difraktogram Endapan K_2CO_3 murni 78

C. Difraktogram Endapan K_2CO_3 Gas CO_2 Murni dan KOH 7 M Volume 50 mL dalam Waktu 90 Menit 79

Lampiran 5 80

Perhitungan % Rendemen 80

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Bentuk Molekul CO_2 12

Gambar 2. Kalium Hidroksida 16

Gambar 3. Skematik Prinsip Kerja Spektrofotometer Inframerah 19

Gambar 4. Difraksi sinar-X oleh elektron-elektron di dalam atom suatu material 23

Gambar 5. Rangkaian Alat Penjerap Gas CO_2 murni 27

Gambar 6. Rangkaian Alat Penjerap CO_2 pada Kendaraan 28

Gambar 7. Penjerapan Gas CO_2 Murni menggunakan KOH volume 50 mL dalam waktu 90 menit dengan Variasi Konsentrasi 31

Gambar 8. Penjerapan Gas CO2 Murni menggunakan KOH Konsentrasi 7 M waktu 90 menit dengan variasi Volume 333

Gambar 9. Penjerapan Gas CO2 Murni Menggunakan KOH konsentrasi 7 M volume 50 mL dengan Variasi Waktu 35

Gambar 10. Endapan Reaktor A pada Variasi Konsentrasi 37

Gambar 11. Endapan Reaktor B pada Variasi Konsentrasi 37

Gambar 12. Cairan Tabung Reaktor A pada Variasi Waktu 38

Gambar 13. Cairan Tabung Reaktor B pada Variasi Waktu 38

Gambar 14. Cairan dari Tabung Reaktor A dan B pada Variasi Waktu 39

Gambar 15. Uji Karbonat pada K_2CO_3 gas CO_2 murni 40

Gambar 16. Uji Karbonat pada K2CO3 murni 41

Gambar 17. Uji Karbonat pada endapan K_2CO_3 gas bermotor 42

Gambar 18. Perbandingan Hasil Endapan K_2CO_3 43

Gambar 19. Spektrogram FTIR K_2CO_3 Standar 44

Gambar 20. Ikatan pada Senyawa K_2CO_3 45

Gambar 21. Hasil Spektrogram Endapan K_2CO_3 dari Gas CO_2 Murni dan KOH Konsentrasi 7 M Volume 50 mL 46

Gambar 22. Hasil Spektrogram K_2CO_3 Murni 48

Gambar 23. Hasil Spektrogram Endapan K_2CO_3 dari Gas Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit 50

Gambar 24. Hasil difraktogram Sampel K_2CO_3m, K_2CO_3c, K_2CO_3g 53

Gambar 25. K2CO3 referensi penelitian (Hapsari, 2019) 55

Gambar 26. K2CO3 referensi penelitian (Veselovskaya, 2013) 55

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Daerah Gugus Fungsi IR 20

Tabel 2. Hasil Penjerapan Gas CO2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) volume 50 mL dalam waktu 90 menit dengan Variasi Konsentrasi 31

Tabel 3. Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M waktu 90 menit dengan Variasi Volume 32

Tabel 4. Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) 7 M volume 50 mL dengan Variasi Waktu 34

Tabel 5. Serapan pada Spektrogram FTIR K_2CO_3 Standart 44

Tabel 6. Serapan pada Spektrogram FTIR Endapan K_2CO_3 gas CO_2 Murni dan KOH Konsentrasi 7 M Volume 50 mL 47

Tabel 7. Serapan pada Spektrogram FTIR Endapan K_2CO_3 gas CO_2 murni 48

Tabel 8. Serapan pada Spektrogram FTIR Endapan K_2CO_3 Gas Kendaraan Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit 50

Tabel 9. Perbandingan Serapan pada Spektrogram FTIR K_2CO_3 Referensi dan Hasil Sampel 52

Tabel 10. Perbandingan Ukuran Kristal Endapan K_2CO_3……..56

ABSORPSI EMISI GAS BUANG CO_2 PADA KENDARAAN BERMOTOR MENGGUNAKAN LARUTAN PENJERAP KOH

INTISARI

Yerika Puspita Sari

16612124

Telah dilakukan penelitian tentang penjerapan gas CO_2 pada gas kendaraan bermotor dengan menggunakan larutan basa alkali KOH yang dilakukan dalam dua reactor untuk memperoleh K_2CO_3 yang murni dan memaksimalkan penjerapan pada gas buang CO_2. Penelitian ini dilakukan menggunakan variasi konsentrasi (3, 4, 5, 6 dan 7 M), variasi volume 50 mL serta variasi waktu (30, 45, 60, 75 dan 90 menit) untuk mengetahui kondisi optimal pada dalam menjerap gas CO_2 pada kendaraan bermotor. Sehingga batas ambangnya sesuai dengan PERMENLH no 05 tahun 2006 mengenai ambang batas emisi gas buang kendaraan bermotor. Endapan itu diidentifikasi menggunakan uji karbonat, FTIR dan XRD dengan difraksi standar. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kondisi optimal dalam proses absorbsi pada gas CO_2 murni pada konsentrasi 7 M, volume 125 mL dalam waktu 90 menit. Penjerapan maksimal gas buang CO_2 pada kendaraan bermotor terjadi pada konsentrasi 7 M bervolume 50 mL dalam jangka waktu 240 menit. Hasil uji karbonat serta identifikasi FTIR dan XRD memiliki kemiripan antara K_2CO_3 murni dan K_2CO_3 hasil penelitian. Pada aplikasi kendaraan bermotor dengan variasi konsenrasi, % rendemen endapan pada reaktor A memperoleh 6,704 % sedangkan % rendemen endapan pada reaktor B sebesar 4,001 %, sedangkan variasi volume dan waktu tidak menghasilkan endapan. Larutan KOH dapat digunakan untuk menjerap gas kendaraan bermotor, namun masih kurang efektif, karena penjerapannya yang lambat.

Kata Kunci: CO_2, K_2CO_3, absorbsi, kendaraan bermotor, XRD, FTIR

ABSORPTION OF CO_2 GASES EMISSIONS IN MOTOR VEHICLES USING KOH ABSORBER SOLUTIONS

ABSTRACT

Yerika Puspita Sari

16612124

Research has been carried out about absorption of CO_2 gas in motor vehicle gases using alkaline KOH solution which is carried out in two reactors to get pure K_2CO_3 and maximize the absorption of exhaust CO_2 gases. The research was conducted using various concentrations (3, 4, 5, 6 and 7 M), volume variations of 50 mL and time variations (30, 45, 60, 75 and 90 minutes) to see the optimal conditions for absorbing CO_2 gas in motorized vehicles. The threshold is in accordance with minister of environment regulation no 05 of 2006 about the threshold for motor vehicle exhaust emissions. The precipitate was identified using carbonate, FTIR and XRD tests with standard diffraction. The results showed that the optimal conditions were in the absorption process of pure CO_2 gas at a concentration of 7 M, a volume of 125 mL within 90 minutes. The maximum absorption of CO_2 exhaust gas in motorized vehicles occur at a concentration of 7 M with a volume of 50 mL for a period of 240 minutes. The results of the carbonate test and indications of FTIR and XRD have similarities between pure K_2CO_3 and K_2CO_3 results. In motorized vehicle applications with variations in concentration, the% yield of sediment in reactor A obtained 6.704%, while the% yield of sediment in reactor B was 4.001%, while variations in volume and time did not produce sediment. KOH solution can be used to absorb motorized vehicles, but it is still less effective, because of its slow absorption.

Keywords: CO_2, K_2CO_3, absorbtion, motor vehicles, XRD, FTIR

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Pertumbuhan penduduk di tahun 2010-2016 diperoleh laju pertumbuhan penduduk di Indonesia mencapai 1,36% (BPS, 2017). Dari data tersebut menunjukan bahwa semakin banyaknya laju pertumbuhan maka akan semakin pesat laju pembangunan di negeri ini. Semakin meningkatnya pembangunan dan pertumbuhan penduduk maka dibutuhkan mobilisasi untuk membantu manusia memenuhi kebutuhan hidup mereka. Dalam rangka mobilisasi dari suatu tempat ke tempat yang lain, membutuhkan kendaraan sehingga dapat memudahkan mereka dalam memenuhi kebutuhan hidupnya, dari kebutuhan primer, sekunder hingga tersier yang mendukung keberlangsungan hidup seperti pemenuhan kebutuhan makanan, kebutuhan pendidikan, kebutuhan bekerja, dan lain-lain. Dilihat dari sisi ini kebutuhan kendaraan semakin hari semakin meningkat terutama kendaraan bermotor karena dapat mempercepat pergerakan manusia dari satu tempat ke tempat yang lainnya dalam waktu yang dapat ditempuh dengan cepat serta memudahkan pekerjaan manusia. Dapat berpengaruh pada perubahan tata guna lahan dan ruang hijau akan semakin sempit sehingga konsumsi energi fosil meningkat sepadan dengan kenaikan suhu bumi.

Tingginya pertumbuhan kepemilikan kendaraan pribadi dapat memberikan kontribusi emisi gas rumah kaca yang tinggi (Wrigth dan Fulton 2005). Sektor transportasi menghasilkan emisi yang mengganggu kualitas lingkungan, seperti karbon dioksida dan emisi polusi udara lainnya, menghasilkan kebisingan, polusi air, mengganggu kondisi fisik alam, dan lingkungan. Secara umum emisi kendaraan bermotor dengan bahan bakar fosil menghasilkan 14% karbon monoksida, 50-60% karbon dioksida dan hidrokarbon serta sekitar 30% menghasilkan emisi nitrogen oksida (Hwang, 2007).

Penggunaan bakar bakar fosil seperti minyak bumi, gas alam, batubara cenderung meningkat dari tahun ke tahun, sejalan dengan pertumbuhan penduduk

dan ekonomi meningkat pula gas buang CO_2. Pada tahun 2009, di negara Amerika

Serikat gas buang CO_2 yang ada di udara mengalami peningkatan emisi gas buang hingga 3%, yang awalnya 7.352 metrik ton menjadi 7.645 metrik ton. Rata-rata gas buang CO_2 yang dihasilkan berasal dari kendaraan yang paling banyak menyumbangkan gas emisi (https://www.epa.gov).

Sedangkan di Indonesia, dari tahun 2004 sampai 2010 kenaikan konsentrasi gas CO_2 meningkat dari 373 ppm menjadi 383 ppm. Daerah yang paling banyak menyumbangkan gas emisi CO_2 di Indonesia adalah propinsi Jawa Barat dan Banten dengan total 95 juta ton gas CO_2 di tahun 2004 (Samiaji, 2011). Dengan meningkatnya sumbangan emisi gas buang CO_2 dari kendaraan bermotor, maka akan menimbulkan masalah dalam pemeliharaan kualitas udara. Gas buang CO_2 ini lah yang nantinya akan menyebabkan terjadinya pemanasan global.

Gas NO_2, CH_4 serta CO_2 menjadi penyumbang terbesar dalam pemanasan global dengan total 296 kg; 23 kg dan 1 kg. Sehingga setiap 1 kilogram gas NO_2 setara dengan 296 kg gas CO_2, Begitu juga dengan 1 kilogram gas CH_4 setara dengan 23 kg CO_2. Sehingga apabila kadar gas buang berupa gas NO_2 semakin tinggi, maka kemungkinan terjadi *global warming* semakin bertambah besar (Snip, 2010). Pada kendaraan terjadi proses pembakaran bahan bakar minyak yang tidak sempurna sehingga menghasilkan unsur-unsur kimiawi yang dapat mencemari udara. Unsur-unsur kimiawi tersebut meliputi Karbon Monoxida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO), Hidrokarbon (HC), partikulat dan timbal (PB) (Suryanto, .2012).

Banyaknya penggunaan kendaraan bermotor 4 langkah memicu dilakukannya penelitian ini, mengingat besarnya dampak emisi yang dihasilkan. 4 langkah dimaksudkan terjadi 4 siklus, yaitu : siklus hisap, siklus kompresi, siklus usaha dan siklus buang. Dalam siklus kompresi ini, akan terjadi proses pembakaran antara campuran bahan bakar dan udara oleh percikan bunga api busi (Sukidjo, 2011). Hasil dari proses pembakaran bahan bakar berupa energi dan gas buang, dimana komposisi gas buang dipengaruhi dari kualitas pembakaran yang terjadi, kecukupan udara pembakar, kualitas pencampuran bahan bakar dan udara serta sifat penguapan bahan bakar (Heywood, 2001).

Apabila gas buang tidak mengandung gas CO, hal ini menandakan bahwa jumlah udara pembakarnya cukup. Gas CO terjadi apabila jumlah udara pembakarnya kurang, karena tidak semua C terbakar sempurna. Apabila campuran bahan bakar dan udara yang masuk ke dalam silinder mesin teralu banyak maka akan dihasilkan gas HC. Pembakaran sempurna akan menghasilkan konsentrasi CO_2 yang tinggi. Sebenarnya molekul nitrogen tidak terbakar, tetapi pada suhu tinggi akan terbentuk NO (Sukidjo, 2011). Zat-zat pencemar dengan konsentrasi lebih dapat membahayakan kesehatan manusia atau hewan, menyebabkan kerusakan tanaman, atau material, serta gangguan lainnya seperti berkurangnya jarak pandang dan bau konsentrasi zat pencemar di udara bebas dipengaruhi beberapa faktor seperti volume bahan pencemar, karakteristik zat, iklim (terutama curah hujan, arah dan kecepatan angin) serta topografi (Manik, 2007).

Oleh karena itu, untuk meminimalkan dampak emisi gas buang kendaraan bermotor diperlukan inovasi lain untuk meminimalkan gas CO_2 dengan memanfaatkan basa kuat sebagai larutan penjerap untuk mengabsorpsi gas CO_2. Basa kuat yang digunakan untuk menjerap gas tersebut dalam penelitian ini adalah kalium hidroksida (KOH). KOH dipilih sebagai larutan penjerap gas CO_2 karena selain mudah diperoleh, KOH termasuk dalam kategori basa kuat, mudah berinteraksi dengan gas CO_2.

Dan hasil dari absorbsi tersebut akan membentuk endapan dengan sistem Ksp, dan endapan yang dihasilkan tersebut dapat dimanfaatkan kembali. Sistem absorbsi sendiri merupakan salah satu proses pemisahan dengan cara mengontakkan campuran gas dengan cairan penyerap, yang mana sitem kerjanya cairan penyerap tersebut akan menyerap satu atau lebih pada komponen gas yang direaksikan. Absorbsi dapat berlangsung dalam dua macam proses, yaitu absorbsi fisik dan absorsi kimia (Kumoro, 2004).

1.2 Perumusan Masalah

1. Bagaimana pengaruh variasi konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2)?
2. Bagaimana pengaruh variasi volume Kalium Hidroksida (KOH) pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2)?

3. Bagaimana pengaruh Kalium Hidroksida (KOH) terhadap variasi waktu pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2)?
4. Bagaimana hasil karakterisasi endapan dengan menggunakan XRD (*X-ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*)?

1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh variasi konsentrasi Kalium Hidroksida (KOH) pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2).
2. Mengetahui pengaruh variasi volume Kalium Hidroksida (KOH) pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2).
3. Mengetahui pengaruh Kalium Hidroksida (KOH) terhadap variasi waktu pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2).
4. Mengetahui hasil karakterisasi endapan dengan XRD (*X-ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*).

1.4 Manfaat Penelitian

1. Memberikan informasi mengenai penjerapan karbon dioksida (CO_2) menggunakan larutan penjerap Kalium Hidroksida (KOH).
2. Memberikan informasi mengenai endapan yang dihasilkan pada proses penjerapan sehingga bisa dimanfaatkan kembali.
3. Diharapkan dapat menjadi salah satu alternatif dalam menekan efek pemanasan global akibat dari kadar karbon dioksida (CO_2) yang jumlahnya kian meningkat.

BAB II
TINJAUAN PUSTAKA

Pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/komponen lainyya kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, mutu udara turun sampai ke tingkat tertentu yang menyebabkan udara ambien tidak dapat memenuhi fungsinya (PP RI No. 41 tahun 1999).

Mendukung pertumbuhan ekonomi, diantaranya investasi infrastruktur itu sendiri karena untuk memenuhi kebutuhan barang dan jasa, kemudian pengembangan infrastruktur transportasi dapat mengurangi waktu tempuh, memperlancar perpindahan orang/penumpang dan mempercepat transportasi barang sehingga dapat menghemat pengeluaran keuangan (Gunasekera, 2008).

Sektor transportasi merupakan salah satu sektor yang menjadi perhatian karena berkaitan dengan perubahan iklim, terutama terkait dengan kendaraan yang menggunakan bahan bakar fosil. Tingginya pertumbuhan kepemilikan kendaraan pribadi di negara-negara berkembang disinyalir memberikan kontribusi emisi gas rumah kaca yang tinggi (Wrigth, 2005).

Penggunaan transportasi menghasilkan emisi yang mengganggu kualitas lingkungan, seperti karbon dioksida dan emisi polusi udara lainnya, menghasilkan kebisingan, polusi air, mengganggu kondisi fisik alam, dan lingkungan. Secara umum emisi kendaraan bermotor dengan bahan bakar fosil menghasilkan 14% karbon monoksida, 50-60% karbon dioksida dan hidro karbon serta sekitar 30% menghasilkan emisi nitrogen oksida (Hwang, 2007).

Karbon dioksida (CO_2) merupakan senyawa kimia yang terdiri dari dua atom oksigen (O_2) yang terikat secara kovalen dengan atom karbon (C) sebagai buangan dari sisa hasil pembakaran karbon yang sempurna. Karbon dioksida (CO_2) mempunyai sifat menyerap sinarpanas matahari yaitu inframerah sehingga membuat suhu udara di permukaan bumi tinggi karenanya. Dalam proses terbentuknya karbon dioksida (CO_2) yang berada di udara, senyawa karbon (C) bereaksi dengan oksigen (O_2) menggunakan bantuan energi sinar matahari sehingga terbentuk gas karbon dioksida (CO_2). Bila

pembakaran karbon sempurna akan menghasilkan gas karbon dioksida (CO_2). Namun jika pembakaran karbon tidak sempurna karena kurangnya oksigen maka akan mengasilkan gas karbon monoksida (CO) yang bersifat racun (Sihotang, 2010).

Karbon dioksida (CO_2) umumnya tidak berbahaya bagi manusia, namun dengan meningkatnya kadar CO_2 dapat mempengaruhi naiknya suhu di bumi. Pada kendaraan bermotor konsentrasi gas CO_2 yang semakin tinggi menunjukkan kinerja mesin pembakaran pada kendaraan bermotor semakin baik. Tetapi ada kalanya konsentrasi CO_2 yang tinggi berbanding terbalik dengan keadaan iklim (Sudarmadji, 2004). Berbagai metode telah dilakukan untuk menanggulangi produksi karbon dioksida (CO_2) seperti melakukan adsopsi dengan memanfaatkan bahan-bahan berpori sebagai adsorben seperti zeolit, karbon aktif dan sebagainya.

Penelitian yang dilakukan oleh Yusuf (2015), dengan penelitian penjerapan gas buang pada kendaraan bermotor roda empat menggunakan karbon aktif dari limbah ampas tebu. Dalam penelitian ini untuk mengadsorpsi emisi gas buang pada kendaraan bermotor roda empat digunakan karbon aktif dari ampas tebu yang telah diaktivasi menggunakan KOH 5 M dengan variasi suhu mulai dari 350, 400 dan 500 ºC yang dipasang di knalpot mobil. Dari hasil penelitian dapat diketahui bahwa media karbon aktif yang dimasukkan pada tabung adsorpsi memberikan hasil penurunan konsentrasi gas CO sebesar 33,3 % pada suhu 350 ºC, 33,3% pada suhu 400 ºC dan 47,6% pada suhu 500 ºC.

Penelitian lainnya yang dilakukan oleh Syarif (2016), yaitu Komparasi Aktivator KOH dan HCl pada Aktivasi Kimia-Fisik *Fly Ash* Batubara terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4-Langkah, hasil dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa adsorben yang terbuat dari *fly ash* batubara yang telah diaktivasi secara kimia-fisik dengan aktivator KOH dan HCl dapat meningkatkan prestasi mesin sepeda motor bensin 4-langkah pada peningkatan penyerapan kadar CO_2 sebesar 4.44% dengan menggunakan larutan agen aktif KOH 0,50 N massa 10 gram dibanding dengan penggunaan larutan aktif HCl. Sedangkan pada penelitian Sanjaya (2014), penelitian yang telah dilakukan adalah untuk mengetahui pengaruh ukuran dan massa karbon aktif yang telah diaktivasi

menggunakan KOH dalam proses penjerapan gas CO dan penjernihan asap. Hasil penelitiannya menunjukkan bahwa karbon aktif yang diaktivasi menggunakan KOH dapat menyerap gas CO dan menjernihkan emisi asap kebakaran.

Penelitian lain juga dilakukan oleh Maryana (2008), dalam penelitian proses pemunian metana dari biogas menggunakan larutan NaOH dan KOH. Penelitian ini dilakukan untuk mengurangi kandungan karbondioksida sehingga memperoleh metana yang murni, sehingga metana tersebut dapat digunakan dalam proses produksi hidrogen. Biogas tersebut diabsorbsi menggunakan larutan NaOH dan KOH dengan variasi konsentrasi 0,5, 1, 1,5 dan 2 M selama 5, 10, dan 15 menit. Dari variasi konsentrasi dan waktu yang diujikn, hasil maksimal diperoleh pada konsentrasi NaOH dan KOH pada konsentrasi 1 M dalam menyerap CO_2. KOH 1 M menunjukkan linearitas penyerapan yang lebih bagus dibanding dengan NaOH. Metode penyerapan CO_2 dengan menggunakan larutan KOH dipilih, karena harganya cukup murah dan mudah untuk diperoleh. Selain itu, larutan KOH bersifat stabil dan mudah bereaksi dengan CO_2 (Mulyono, 2005).

BAB III

DASAR TEORI

3.1 Pengertian Pencemaran Lingkungan

Pencemaran lingkungan adalah perubahan lingkungan yang merugikan, sebagian terjadi karena tindakan manusia, ada juga yang disebabkan oleh perubahan pola penggunaan energi dan materi, tingkat radiasi, bahan-bahan fisika dan kimia dan jumlah organisme (Sastrawijaya, 2009).

Undang-undang nomor 33 tahun 2009 tentang pengelolaan dan perlindungan lingkungan hidup 1 ayat 14 menyatakan bahwa pencemaran lingkungan adalah adanya mahkluk hidup, zat, energi, dan atau komponen lain yang masuk atau dimasukkan ke dalam lingkungan hidup dengan adanya kegiatan manusia sehingga melampaui baku mutu lingkungan hidup yang telah ditetapkan. Berdasarkan pengertian tersebut dapat diambil kesimpulan yaitu, pencemaran lingkungan adalah masuk atau dimasukkannya suatu zat atau polutan tertentu terhadap lingkungan hidup melalui suatu kegiatan tertentu sehingga mengakibatkan perubahan tatanan lingkungan tersebut dan tidak sesuai dengan parameter yang berlaku.

3.2 Pencemaran Udara

Menurut PERMENLH nomor 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara menjelaskan bahwa pencemaran udara adalah masuknya atau dimasukkannya zat, energi, dan/komponen lain kedalam udara ambien oleh kegiatan manusia, sehingga melampaui baku mutu udara yang telah ditetapkan.

Pencemaran udara terutama dikota-kota besar telah menyebabkan turunnya kualitas udara sehingga mengganggu kenyamanan lingkungan bahkan telah menyebabkan terjadinya gangguan kesehatan. Menurunnya kualitas udara terutama disebabkan oleh perusahaan fosil yang tidak terkendali dan tidak efisien pada sarana transportasi dan industry yang umumnya terpusat dikota-kota besar, disamping kegiatan rumah tangga, *illegal logging*, dan kebakaran hutan (Mukono, 2007).

3.3 Kendaraan Bermotor

Kendaraan bermotor adalah kendaraan yang digerakkan oleh peralatan teknik yang berada pada kendaraan itu. Peralatan teknik yang dimaksud adalah mesin kendaraan yang menggerakkan kendaraan agar fungsinya sebagai alat transportasi semakin mudah dan cepat sampai ke tujuan (PP No.41 Tahun 1993). Kendaraan bermotor merupakan sumber pencemaran udara yang banyak memberikan sumbangsih atas tingginya konsentrasi pencemaran udara.

Menurut Dr. Soetomo (1996) menyatakan bahwa pencemaran udara terjadi karena beberapa sebab, diantaranya gas buang kendaraan bermotor. Gas tersebut mengandung unsur pencemar seperti karbon dioksida (CO_2), karbon monoksida (CO), sulfur dioksida (SO_2), nitrogen oksida (NO), hidrokarbon (HC) dan partikel yang terdiri dari asap, abu melayang, timah hitam (Pb), debu serta campuran gas dan partikel yang dioksidasi oleh matahari.

3.4 Emisi

3.4.1 Emisi Gas Buang

Menurut PP nomor 41 tahun 1999 tentang pengendalian pencemaran udara yang dimaksud emisi adalah zat, energi atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang masuk dan atau dimasukkannya kedalam udara ambien yang memiliki atau tidak memiliki potensi sebagai unsur pencemar. Sumber emisi adalah setiap usaha atau kegiatan yang mengeluarkan emisi dari sumber bergerak, sumber bergerak spesifik, sumber tidak bergerak dan sumber tidak bergerak spesifik.

Emisi gas buang berupa Nitrogen Oksida (NO), karbon monoksida (CO) dan hidrokarbon tak terbakar (*unburned hydrocarbon*) atau HC. Gas NOx dapat terbentuk pada suhu tinggi, adanya gas CO disebabkan karena adanya proses pembakaran tidak sempurna dan HC dapat dihasilkan akibat terjadinya pencampuran antara bahan bakar dan udara yang terlau banyak. Nilai batas emisi ditentukan antara lain berdasar Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009, tentang Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.

3.4.2 Komposisi Emisi Gas Buang

1. CO (Karbon Monoksida)

Karbon monoksida adalah gas yang tak berwarna dan tidak beraroma, gas CO terjadi apabila bahan bakar yang mengandung unsur C tidak dapat berikatan dengan O_2 artinya kurangnya udara yang masuk ke ruang silinder atau berlebihnya suplai bahan bakar. Kelebihan CO dapat mengakibatkan menurunya berat janin, meningkatnya jumlah kematian bayi serta kerusakan pada otak (Kristianto, 2001).

2. NO (Nitrogen Oksida)

Tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat panas yang tinggi pada ruang bakar akibat proses pembakaran sehingga kandungan nitrogen pada udara berubah menjadi NO. Selain NO, pembakaran bahan bakar juga akan menghasilkan bersama NO_2 (Masito, 2018). Semakin bertambahnya populasi kendaraan setiap tahunnya, semakin meningkat pula NO_2 dan dapat memberikan efek negatif pada kesehatan (Wijayanti, 2012).

3. HC (Hidrokarbon)

Warna kehitam-hitaman dan beraroma cukup tajam, adanya gas HC akibat dari adanya bahan bakar yang tidak terbakar dan ikut terbuang dengan sisa pembakaran. Jika pembakarannya sempurna akan dihasilkan CO_2 dan H_2O (Efendri, 2013). Jika gas HC yang dihasilkan melimpah dan mulai memasuki atmosfir, maka akan bersifat karsinogenik yang menyebabkan penyakit kanker (Syarif, 2016). HC merupakan polutan primer karena dilepas ke udara secara langsung, sedangkan polutan sekunder seperti oksidan fitokimia dapat diperoleh dari reaksi yang meilbatkan polutan primer. Selain proses industri, HC dapat diperoleh dari hasil emisi gas transportasi. Pada umumnya pada pagi hari kadar HC tinggi di udara, menurun pada siang hari, meningkat lagi pada sore hari dan menurun kembali pada malam hari (Mahendro, 2014).

4. CO_2 (Karbon Dioksida)

Tingi rendahnya konsentrasi CO_2 tergantung dengan adanya proses pembakaran yang terjadi di ruang bakar. Tidak berwarna dan tidak beraroma, gas ini terjadi akibat pembakaran yang sempurna antara bahan bakar dan udara dalam

hal ini oksigen (Efendri, 2013). Karakteristik karbon dioksida adalah tidak berwarna dan tidak berbau. Gas ini diperoleh akibat adanya pambakaran yang sempurna antara bahan bakar dengan udara, salah satunya oksigen (Muziansyah, 2015).

5. SO_2 (Sulfur Dioksida)

SO_2 merupakan komponen yang jumlahnya paling banyak dalam pencemaran udara. Karakteristik gas SO_2 antara lain: tidak berwarna dan berbau tajam. Efek yang ditimbulkan dari oksida belerang adalah mengalami iritasi di saluran pernafasan sehingga menyebabkan gejala batuk, sesak nafas dan meningkatnya penyakit asma. Selain berbahaya pada kesehatan manusia, gas SO_2 jika bereaksi dengan uap air di udara akan membentuk H_2SO_4 menghasilkan hujan asam, dampak yang ditimbulkan dari hujan asam ini dapat merusak material, benda atau tanaman (Suyono, 2014).

6. PM10 (*Particulate Matter*)

PM10 merupakan partikulat yang berukuran lebih kecil dari 10 μm atau dengan berbagai ukuran, bentuk, dan ratusan bahan kimia yang berbeda. PM10 terdapat di debu konstruksi, debu jalan, debu dari pengangkutan material, emisi gas kendaraan, dan asap industri, serta aktivitas *crushing* dan *grinding* (USEPA, 2013). PM10 dapat menyebabkan penyakit jantung dan pernafasan (Zeng, 2017). Konsentrasi PM10 yang mencapai 140 $\mu g/m^3$ dapat menurunkan fungsi paru-paru pada anak-anak, sementara pada konsentrasi 350 $\mu g/m^3$ dapat memperparah kondisi penderita bronchitis (Huboyo, 2009). Partikel berukuran kecil di udara yang terhisap ke dalam sistem pernapasan akan menyebabkan penyakit gangguan pernapasan serta kerusakan paru-paru (Alves, 2017). Kerusakan kesehatan akibat PM10 tergantung pada konsentrasi partikulat dalam udara, lamanya kontak, jenis partikulat dan lain-lain (Agusnar, 2008).

3.4.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Emisi Gas Buang

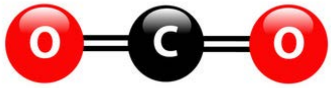
Faktor penting akibat dominannya pengaruh sektor transportasi terhadap pencemaran udara perkotaan Indonesia antara lain:

1. Peningkatan jumlah kendaraan yang cepat (eksponensial)

2. Tidak seimbangnya parasarana transportasi dengan sarana trasnportasi yang ada (salah satunya jalan yang sempit)
3. Pola lalu lintas perkotaan yang berorientasi secara terpusat
4. Masalah turunan akibat pelaksanaan kebijakan pengembangan kota yang ada, misalnya daerah pemukiman penduduk yang semakin menjauhi pusat kota
5. Kesamaan waktu aliran lalu lintas
6. Jenis, umur dan karakteristik kendaraan bermotor
7. Faktor perawatan kendaraan dan jenis bahan bakar yang digunakan
8. Jenis permukaan jalan dan struktur pembangunan jalan
9. Siklus dan pola mengemudi (*driving pattern*) (Tugaswati, 2007).

3.5 Karbon Dioksida (CO_2)

Menurut Sihotang (2010), karbon dioksida (CO_2) merupakan senyawa yang terdiri atas dua atom oksigen (O_2) yang berikatan secara kovalen dengan atom karbon (C). Karbon dioksida (CO_2) mempunyai sifat menyerap sinar panas matahari yaitu inframerah sehingga dapat membuat suhu udara di permukaan bumi naik (Prawiro, 1983). Struktur CO_2 memiliki bentuk linier seperti pada Gambar 1.



Gambar 1. Bentuk Molekul CO2

Karbon dioksida CO_2 memiliki bentuk molekul linier dengan atom C sebagai atom pusat. Atom O lebih elektronegatif dibandingkan dengan atom C yang bertindak sebagai atom pusat, (pada gambar yang berwarna hitam) sehingga electron ikatan lebih tertarik kearah atom O. Namun, atom C mengikat dua atom yang sejenis maka momen ikatan yang terbentuk tertarik kearah yang berlawanan dengan kekuatan yang sama, sehingga molekulnya bersifat nonpolar (Syarifudin, 2008). Berikut ini sifat-sifat karbon dioksida CO_2:

- Rumus Kimia: CO_2
- Penampilan: gas tidak berwarna
- Densitas: 1,600 g/L (padat), 1,98 g/L (gas)

- Massa molar: 4,0095 (1) g/mol
- Titik didih: -78 °C (195 K) menyublim
- Titik lebur: -57 °C (216 K) dibawah tekanan
- Keasamaan (pKa): 6,35 dan 10,33
- Kelarutan dalam air: 1,45 g/L

3.6 Absorbsi

3.6.1 Proses Absorbsi Karbon Dioksida (CO_2)

Absorbsi merupakan salah satu proses perpindahan massa dengan adanya kontak antara fasa gas dengan cairan sebagai larutan penyerapnya, larutan tertentu tersebut akan menyerap satu komponen atau lebih di gas yang dialirkan. Mekanisme perpindahan massanya ada yang sebagian dikendalikan oleh laju difusi yang dipengaruhi oleh perbedaan konsentrasi gas dan cair (Treybal, 1981). Absorbsi dapat berlangsung dalam dua macam proses, yaitu absorbsi fisik dan absorbs kimia. Absorbsi fisik yaitu absorbsi dimana gas terlarut dalam cairan menyerap tanpa disertai reaksi kimia. Contoh absorbsi ini adalah absorbsi H_2S dengan air, metanol, atau propilen. Adapun absorbsi kimia yaitu absorbsi dimana gas terlarut dalam larutan penyerap dan terjadi reaksi kimia (Servatius, 2012). Contohnya yaitu dapat dilihat pada absorbsi gas CO_2 dengan larutan Na_2CO_3, NaOH, K_2CO_3 dan lain sebagainya.

Penggunaan pelarut KOH dalam mengabsorbsi CO_2 ini merupakan salah satu contoh dari absorbsi secara kimia. Karbondioksida yang larut di dalam air cenderung bersifat asam, maka salah satu cara untuk menghilangkan CO_2 dengan mereaksikan dengan basa. Basa yang digunakan adalah KOH, keduanya memuliki sifat yang cenderung alkali. Namun pada penelitian ini, digunakan KOH untuk mengetahui keefektifan KOH dalam menghilangkan CO_2 (Maryana, 2008).

Pada kondisi fase gas terjadi absorbsi fisik, sedangkan pada fase cair, selain terdapat lapisan tipis cairan juga terdapat zona reaksi. Reaksi kimia yang terjadi adalah *ineversible*, dimana CO_2 pada fase gas akan diabsorbsi oleh larutan KOH pada fase cair. Pada saat gas mendekati interfase cair, gas CO_2 akan larut dan langsung bereaksi dengan larutan KOH (Maryana, 2008).

Sedangkan pada penelitian Mulyono (2005) untuk menjerap CO_2 menggunakan larutan KOH sebagai larutan penjerap dalam tangki berpengaduk dan berbaffle, reaksi yang terjadi antara ion hidroksida dengan CO sangat cepat. Penyerapan CO_2 dari campuran gas biasa dilakukan menggunakan larutan KOH dikarenakan harganya yang terjangkau dan mudah untuk diperoleh. Selebihnya, sifat dari larutan KOH sendiri memiliki sifat yang stabil dan mudah bereaksi dengan gas karbondioksida. Proses absorbsi pemisahan yang terjadi antara KOH dan CO_2.

$$CO_{2(g)} + 2KOH_{(aq)} \rightarrow K_2CO_{3(s)} + H_2O_{(l)} \quad \text{---- (1)}$$

3.6.2 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Absorbsi

Yang mempengaruhi laju absorbsi, antara lain :

1. Luas permukaan kontak, keluasan permukaan meningkatkan peluang gas untuk berdifusi dengan pelarut.
2. Laju alir fluida, waktu kontak akan semakin lama jika luas alir fluidanya kecil yang dapat mempengaruhi jumlah gas yang berdifusi.
3. Konsentrasi gas, adanya perbedaan konsentrasi sebagai driving force antara dua fluida tersebut dalam proses difusi.
4. Tekanan operasi, semakin meningkat tekanan maka akan semakin meningkat pula efisiensi pemisahan.
5. Temperatur komponen terlarut dan pelarut, temperature sedikit berpengaruh dalam proses laju absorbsi.
6. Kelembaban gas, kelembaban yang tinggi dapat mempengaruhi proses absorbsi, karena membatasi gas dalam mengambil kalor laten, maka dari itu sebelum dilakukan absorbsi, dianjurkan untuk melakukan proses *dehumidification* (Primasto, 2015).

3.7 Hal Yang Harus Diperhatikan Dalam Memilih Pelarut

Dalam proses absorbsi, perlu memperhatikan pelarut yang akan digunakan:

1. Tujuan dari absorbsi, dilihat dari tujuan dilakukannya absorbsi, seperti: untuk menghasilkan larutan spesifik, untuk menghilangkan komponen tertentu dan lain sebagainya.

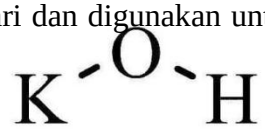
2. Kelarutan gas, kelarutan yang dimiliki harus tinggi agar dapat meningkatkan laju absorbsi serta meminimalkan kuantitas pelarut yang digunakan.
3. Volatilitas, pelarut harus memiliki tekanan uap yang rendah untuk meminimalkan pelarut terbuang karena gasnya jenuh dengan pelarut. Bahkan bisa digunakan cairan pelarut kedua dengan volatilitasnya lebih rendah untuk menangkap gas yang teruapkan.
4. Korosivitas, pelarut yang korosif dapat merusak material.
5. Harga, penggunaan pelarut yang mahal dan tidak mudah ter-*recovery* akan meningkatkan biaya operasi absorber.
6. Ketersediaan, pelarut yang tersedia di dalam negeri akan sangat berpengaruh terhadap stabilitas biaya operasional secara keseluruhan.
7. Viskositas, laju absorbsi yang tinggi jika pelarut yang digunakan memiliki viskositas yang rendah.
8. Lain-lain, sebaiknya pelarut yang tidak memiliki sifat toksik, *flammable*. Seharusnnya pelarut harus bersifat stabil secara kimiawi dan memiliki titik beku yang rendah (Primasto, 2015).

3.8 Kalium Hidroksida (KOH)

Larutan KOH dapat menyerap gas karbondioksida dari udara sehingga sebagian KOH dalam larutan akan membentuk garam karbonat atau bikarbonat. Keadaan tersebut dapat mengurangi kadar KOH dalam larutan sehingga konsentrasi larutan ketika dibuat akan lebih rendah setelah dibiarkan beberapa lama. Dalam arti lain, konsentrasi larutan KOH tidak dapat dihitung berdasarkan bobot padatan KOH yang dilarutkan ketika larutan itu dibuat. Oleh sebab itu, untuk mengetahui konsentrasi larutan KOH yang sebenarnya perlu dilakukan dengan suatu larutan baku (standar). Larutan baku adalah larutan yang tidak berubah konsentrasinya ketika dibuat (Sutanto, 2002).

Untuk mempercepat pemutusan ikatan gas hidrogen dan oksigen dalam proses elektrolisis, dibutuhkan katalis. Dalam penelitian ini digunakan katalis berupa kalium hidroksida (KOH). KOH merupakan senyawa basa, jika dilarutkan dalam air menjadi larutan KOH (Putra, 2010). Penyerapan kimia oleh basa kuat seperti NaOH, KOH, Na_2CO_3, K_2CO_3, $Ca(OH)_2$ (Goeppert, 2012). Penyerapan

CO_2 ke dalam hidroksida dan karbonat dari logam alkali, terutama lithium, natrium dan kalium, telah dipelajari dan digunakan untuk beberapa aplikasi sejak awal abad ke-20 (Gondal, 2014).



Gambar 2. Kalium Hidroksida

Kalium Hidroksida, biasa disebut potas api dengan rumus KOH. Nama lain Kalium Hidroksida yaitu Kaustik Kalium, Potash Alkali, Potassia, Kalium Hidrat. KOH adalah senyawa kimia alkali kaustik yang mudah larut dalam air dan mudah terbakar. Zat ini cepat menyerap karbon dioksida dan air dari udara. Sifat Fisik dan Kimia :

- Reaktivitas : Hidroskopis, menyerap karbondioksida
- Bentuk : Padat tetapi dapat dibentuk menjadi butir, stik, gumpalan dan serpihan.
- Warna : Tidak berwarna (putih)
- Bau : Tak Berbau
- pH : 13,5 (0,1 molar larutan)
- Titik Lebur : 3600 ºC (68 ºF)
- Titik Didih : 1.320 ºC (2408 ºF) – 1324 ºC
- Massa molar : 56,1056 gr/mol
- Densitas : 2,04 g/cm^3 pada 20 ºC
- Kelarutan : 121 gr/100 mL (25 ºC), 178 gr/100 mL(100 ºC) dalam air
- Korosi : dapat merusak logam
- Tekanan Uap : 1.0 torr pd 714 ºC (1317 ºF) (mm Hg)
- Berat Mol : 56,1047
- Kelarutan : larut dalam alkohol, gliserol, larut dalam meter, cairan (Mahendro, 2014)

3.9 Kelarutan dan Hasil Kali Kelarutan

3.9.1 Pengertian Kelarutan

Kelarutan merupakan konsentrasi bahan terlarut dalam larutan jenuh dengan suhu tertentu. Larutan sebagai campuran homogen antara satu bahan

dengan bahan yang lain baik larutan dari gas, cairan dan bahan padat dalam cairan sehingga diperoleh larutan dalam keadaan padatan misalnya gelas, pembentukan campuran kristal (Voight, 1994).

3.9.2 Hasil Kali Kelarutan

Ksp senyawa dimana proses untuk mengukur kelarutan hingga tepat jenuh. Kemampuan pelarut telah maksimum untuk melarutkan atau mengionkan zat terlarut apabila didapati endapan. Apabila zat terlarut porsinya kelebihan sedikit, maka akan terjadi endapan. Hasil kali kelarutan merupakan angka akhir yang dicapai dari hasil kali ion-ion dalam kesetimbangan yang telah tercapai antara fase padat dari garam yang larut pada larutan itu (Syukri, 1999).

Hasil kali konsentrasi dari ion-ion pembentuk di setiap suhu tertentu adalah konstan, dimana konsentrasi ion tersebut dipangkatkan dengan bilangan berdasarkan jumlah masing-masing ion yang bersangkutan. Kelarutan merupakan total zat terlarut yang telah larut dalam sejumlah pelarut sampai membentuk larutan jenuh. Sedangkan hasil kali kelarutan merupakan hasil akhir yang diperoleh dari hasil kali ion saat tercapainya kesetimbangan antara fase padat dari garam yang sedikit larut dalam larutan tersebut (Keenan, 1991).

Kelarutan suatu endapan dalam analisis kuantitatif dapat meningkat dengan bertambahnya temperatur. (Bassett, 1994). Ksp = HKK = hasil perkalian kation dengan anion dari larutan jenuh suatu elektrolit yang sukar larut menurut kesetimbangan heterogen. Kelarutan suatu elektrolit dapat dilihat dari banyaknya mol elektrolit yang mampu melarutkan tiap liter larutannya. Apabila konsentrasi ion total dalam larutan meningkat, gaya tarik antar ion menjadi lebih kecil dibandingkan konsentrasi stoikhiometrinya. Untuk ion yang terlibat dalam proses pelarutan, artinya konsentrasi yang lebih tinggi dapat terjadi sebelum kesetimbangannya tercapai atau kelarutannya akan meningkat (Oxtoby, 2001). Misalkan KOH yang merupakan basa kuat, dimana ada elektrolit kuat yang terionisasi sempurna didalam air. Menurut Chang (2003), reaksi ionisasi KOH:

$$KOH_{(s)} \rightarrow K^{+}_{(aq)} + OH^{-}_{(aq)} \qquad \text{---- (2)}$$

Dari contoh tersebut maka akan didapatkan kesetimbangannya yaitu :

$K = [K^{+}]\,[OH^{-}]$

Dimana pada larutan jenuh KOH, harga kelarutan KOH dalam air akan setara dengan harga konsntrasi ion K^+ dan OH^-, sehingga harga K pada kesetimbangan kimia disebut hasil kali kelarutan dan yang dilambangkan dengan Ksp.

3.9.3 Hubungan Antara Ksp Dengan Pengendapan

Konsep Ksp dapat digunakan untuk memprediksikan ada tidaknya zat elektrolit yang mengendap dalam larutan. Reaksi kesetimbangan K_2CO_3 sebagai berikut:

$$K_2CO_{3(s)} \rightarrow 2K^+_{(aq)} + CO_3^{2-}{}_{(aq)} \qquad \text{---- (3)}$$

Hasil kali konsentrasi ion $2K^+$ dengan konsentrasi CO_3^{2-} dari senyawa K_2CO_3 dinyatakan dengan Qc. Secara matematis dapat ditulis sebagai berikut:

$Qc = [K^+]^2 [CO_3^{2-}]$

Qc adalah hasil kali konsentrasi ion yang dipangkatkan dengan koefesien masing-masing ion menurut reaksi kesetimbangan.

Hubungan antara Ksp dan Qc, antara lain:

Qc < Ksp berarti larutan belum jenuh.

Qc = Ksp berarti larutan sudah tepat jenuh.

Qc > Ksp berarti larutan lewat jenuh sehingga terjadi pengendapan.

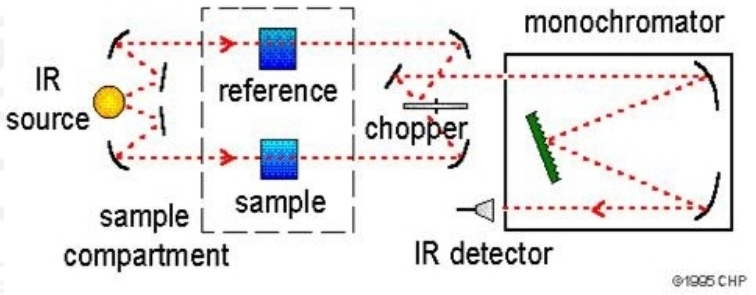
3.10 *Fourier Transform Infra-Red Spectroscopy* (FTIR)

Fourier Transform Infra Red (FTIR) yang merupakan salah satu metode pengukuran untuk mendeteksi struktur molekul senyawa dengan mengidentifikasi gugus fungsi penyusun senyawa tersebut. Metode spektroskopi yang digunakan adalah metode spektroskopi yang didasarkan atas perbedaan penyerapan radiasi infra merah oleh molekul suatu materi. Penyerapan inframerah pada suatu materi dapat terjadi jika dipenuhi dua syarat yakni kesesuaian antara frekuensi radiasi infra merah dengan frekuensi vibrasional molekul sampel dan perubahan momen dipol selama proses vibrasi (Chatwal, 1985).

Spektrofotometer inframerah merupakan instrumen yang digunakan untuk mengukur resapan radiasi inframerah pada berbagai panjang gelombang. Setiap senyawa memiliki resapan tertentu yang unik di daerah sidik jari. Meskipun pada bagian kiri suatu spektrum sama dengan senyawa-senyawa yang mirip, daerah sidik jari juga penting untuk memutuskan kedua senyawa yang sama

(Fessenden, 1982). Radiasi inframerah terletak pada spektrum elektromagnetik antara daerah visibel dan daerah *microwave* (gelombang mikro). Penggunaannya paling banyak untuk kimia organik pada batas panjang gelombang antara 4000 dan 400 cm^{-1}. Ada dua tipe vibrasi molekuler yaitu *stretching* dan *bending*. Hanya vibrasi yang menghasilkan perubahan secara ritmik pada momen dipol yang diobservasi dalam IR (Silverstein, 2005).

Daerah antara 1400-4000 cm^{-1} pada bagian kiri spektrum inframerah merupakan daerah khusus untuk identifikasi gugus-gugus fungsional dimana daerah absorpsi diakibatkan oleh *stretching*. Daerah disebelah kanan 1400 cm^{-1} absorpsinya disebabkan oleh adanya *stretching* dan *bending*. Instrumen *Fourier Transform Infrared Spectrometer* (FTIR) berdasarkan pada interferometer yang terdiri dari *beam splitter*, cermin diam, dan cermin bergerak. Sinar radiasi yang berasal dari sumber melewati *beam splitter* dan terbagi menjadi dua berkas yang direfleksikan pada cermin yang diam dan berkas lainnya direfleksikan pada cermin yang bergerak tegak lurus. Cermin tersebut akan merefleksikan kembali radiasi pada *beam splitter* berulang kali sehingga menghasilkan satu berkas pada detektor dan berkas yang lain kembali ke sumber (Stuart, 2004).



Gambar 3. Skematik Prinsip Kerja Spektrofotometer Inframerah

Tabel 1. Daerah Gugus Fungsi IR

Ikatan	tipe senyawa	daerah frekuensi (cm^{-1})	Intensitas
C – H	Alkana	2850 – 2970	Kuat
		1340 – 1470	Kuat
C – H	Alkena	3010 – 3095	Sedang
		675 – 995	Kuat
C – H	Alkuna	3300	Kuat
C – H	cincin aromatic	3010 – 3100	Sedang
		690 – 900	Kuat
O – H	fenol, monomer alkohol,	3590 – 3650	berubah – ubah
	alkohol ikatan hidrogen, fenol	3200 – 3600	berubah - ubah,
			terkadang melebar
	monomer asam karboksilat,	3500 – 3650	Sedang
	ikatan hidrogen asam	2500 – 2700	Melebar
	Karboksilat		
N – H	amina, amida	3300 – 3500	sedang
C = C	Alkena	1610 – 1680	berubah - ubah
C = C	cinci aromatik	1500 – 1600	berubah - ubah
C C	Alkuna	2100 – 2260	berubah - ubah
C – N	amina, amida	1180 – 1360	kuat

C N	Nitril	2210 – 2280	kuat
C – O	asam karboksilat, alcohol	1050 – 1300	kuat
	ester, eter		
C = O	aldehid, keton, ester	1690 – 1760	kuat
	asam karboksilat		
NO2	senyawa nitro	1500 – 1570	Kuat
		1300 – 1370	Kuat

Sumber : *Skoog*, 1998

3.11 *X-Ray Diffraction* (XRD)

X-Ray Diffraction (XRD) merupakan suatu teknik pengujian yang digunakan untuk menentukan unsur dan senyawa kimia, struktur kristal, parameter kisi, volume kisi dan lain-lain. Teknik pengujian ini tidak akan merusak material yang akan diuji (Smallman, 2000). Berdasarkan prinsip yang terjadi pada saat berkas sinar-X berinteraksi dengan material sampel sebagaimana diuraikan di atas, beberapa teknik analisa telah berhasil diturunkan baik untuk analisa kualitatif maupun kuantitatif, diantaranya adalah difraksi sinar-X *(X-Ray Diffraction)* atau yang biasa disingkat XRD. Teknik XRD menganalisa sinar-X yang dihamburkan oleh material sampel sebagai hasil dari tumbukan antara sinar-X dengan material sampel tanpa mengalami kehilangan energi.

Difraksi sinar-X merupakan metode analisa yang memanfaatkan interaksi antara sinar-X dengan atom yang tersusun dalam sebuah sistem kristal. Untuk dapat memahami prinsip dari difraksi sinar-X dalam analisa kualitatif maupun kuantitatif, terlebih dahulu diuraikan penjelasan mengenai sistem kristal. Struktur kristal merupakan susunan atom-atom atau kumpulan atom yang teratur dan berulangdalam ruang tiga dimensi. Keteraturan susunan tersebut disebabkan oleh kondisi geometris yang dipengaruhi oleh ikatan atom yang memiliki arah (Setiabudi, 2012). Dalam menentukan sistem kristal, parameter kisi, derajat kristalinitas dan fase yang terdapat dalam suatu sampel dapat digunakan XRD,

selain itu juga dapat memberi informasi secara kuantitatif maupun secara kualitatif tentang komposisi fasa-fasa suatu sampel tersebut (Cullity, 2001).

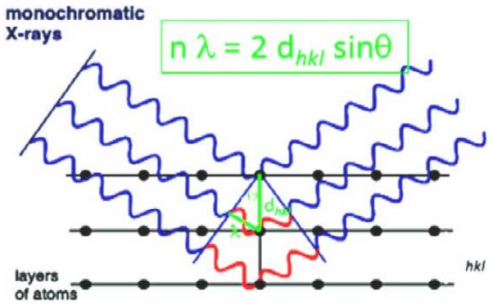
Prinsip kerja dari XRD dapat dijelaskan sebagai berikut. Setiap senyawa terdiri dari susunan atom-atom yang membentuk bidang tertentu. Jika sebuah bidang memiliki bentuk yang tertentu, maka partikel cahaya (foton) yang datang dengan sudut tertentu hanya akan menghasilkan pola pantulan maupun pembiasan yang khas. Dengan kata lain, tidak mungkin foton yang datang dengan sudut tertentu pada sebuah bidang dengan bentuk tertentu akan menghasilkan pola pantulan ataupun pembiasan yang bermacam-macam. Sebagai gambaran, bayangan sebuah objek akan membentuk pola yang sama seandainya cahaya berasal dari sudut datang yang sama. Kekhasan pola difraksi yang tercipta inilah yang dijadikan landasan dalam analisa kualitatif untuk membedakan suatu senyawa dengan senyawa yang lain menggunakan instrumen XRD. Pola unik yang terbentuk untuk setiap difraksi cahaya pada suatu material seperti halnya *fingerprint* (sidik jari) yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi senyawa yang berbeda. Gambar berikut ini memperlihatkan pengaruh orientasi bidang pantul dan arah datang cahaya terhadap pembentukan pola bayangan (Setiabudi, 2012).

Sistem kerja difraktometer sinar-X didasarkan pada hukum Bragg yang menjelaskan tentang pola, intensitas dan sudut difraksi (2θ) yang berbeda-beda pada tiap bahan. Interferensi berupa puncak-puncak sebagai hasil difraksi dimana terjadi interaksi antar sinar-X dengan atom-atom pada bidang kristal (Cullity, 1978).

Jika berkas sinar-X dengan panjang gelombang λ diarahkan pada permukaan kristal dngan sudut θ, sinar tersebut akan dihamburkan oleh bidang atom kristal dan akan menghasilkan puncak difraksi. Besar sudut tergantung pada panjang gelombang λ berkas sinar-X dan jarak d antar bidang. Difraksi sinar-X terjadi pada hamburan elastis foton-foton sinar-X oleh atom dalam sebuah kisi periodik. Hamburan monokromatis sinar-X dalam fasa tersebut memberikan interferensi yang konstruktif.

Dasar dari penggunaan difraksi sinar-X untuk mempelajari kisi kristal adalah berdasarkan persamaan Bragg :

$$n.\lambda = 2.d.\sin\theta$$



Gambar 4. Difraksi sinar-X oleh elektron-elektron di dalam atom suatu material

Pada XRD, pola difraksi dinyatakan dengan besar sudut-sudut yang terbentuk sebagai hasil dari difraksi berkas cahaya oleh kristal pada material. Nilai sudut tersebut dinyatakan dalam 2θ, dimana θ merepresentasikan sudut datang cahaya. Sedangkan nilai 2θ merupakan besar sudut datang dengan sudut difraksi yang terdeteksi oleh detektor. Jika sinar datang mengenai bidang yang tersusun secara paralel dan berjarak d satu sama lain maka terdapat kemungkinan bahwa sinar-sinar datang akan dipantulkan kembali oleh bidang dan saling berinterferensi secara konstruktif sehingga menghasilkan penguatan terhadap sinar pantul dan menyebabkan terjadinya difraksi. Sebagaimana terlihat pada gambar dibawah ini, panjang gelombang lintasan berkas cahaya yang dikenal sebagai Hukum Bragg:

$$\lambda n = 2d\sin\theta$$

Berdasarkan hukum Bragg ($\lambda n = 2d\sin\theta$), terdapat dua variabel yang dapat divariasikan untuk menghasilkan pola difraksi, yakni panjang gelombang dan sudut difraksi. Nilai d tidak dapat divariasikan karena merupakan rusuk yang menghubungkan antara bidang kristal dan bernilai tetap bagi suatu sistem kristal tertentu, kecuali jika struktur kristal tersebut mengalami perubahan (misalnya karena proses interstisi/penyusupan pada material komposit). Oleh karena itu, metode difraksi dalam XRD dapat dibagi menjadi dua jenis, antara lain: difraksi berdasarkan perubahan panjang gelombang (Metode Laue) dan berdasarkan perubahan sudut difraksi (Metode Debye-Scherrer) (Setiabudi, 2012).

BAB IV

METODE PENELITIAN

4.1 Alat dan Bahan

4.1.1 Alat

Dalam penelitian ini, peralatan yang digunakan antara lain: gelas beaker Pyrex 250 mL, labu ukur Pyrex 250 mL, pipet ukur Pyrex 25 mL, pipet tetes, propipet, neraca analitik, botol aquades, sendok sungu, selang kendaraan bermotor (Yamaha), reaktor penjerap, vacum, buchner, Erlenmeyer buchner dan oven. Instrumen yang digunakan untuk mengkarakterisasi adalah XRD dan FTIR.

4.1.2 Bahan

Dalam penelitian ini, bahan yang digunakan antara lain: Kalium Hidroksida (KOH), sampel asap sebelum dilakukan penjerapan, sampel asap sesudah penjerapan, kertas saring, aquadest, plastik klip dan gas CO_2 murni.

4.2 Cara Kerja

4.2.1 Persiapan Kendaraan Uji

4.2.1.1 Persiapan kendraan uji dilakukan dengan tahapan sebagai berikut :

1. Kendaraan yang akan diukur harus dalam kondisi datar.
2. Pipa gas buang (knalpot) tidak bocor.
3. Temperatur mesin normal (60 °C sampai dengan 70 °C) atau sesuai rekomendasi manufaktur dan sistem asesoris (lampu dalam kondisi mati).
4. Kondisi temperatur tempat kerja pada 20 °C sampai 35 °C.

4.2.2 Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida)

4.2.2.1 Variasi Konsentrasi

Ditimbang KOH sebanyak 98 g, kemudian dilarutkan ke dalam gelas beker menggunakan aquades. Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas dan diperoleh KOH dengan konsentrasi 7 M, larutan KOH 7 M sebagai larutan induk. Untuk membuat variasi konsentrasi KOH 6, 5, 4 dan 3 M, maka dihitung dengan menggunakan rumus pengenceran:

$$V_1.M_1=V_2.M_2$$

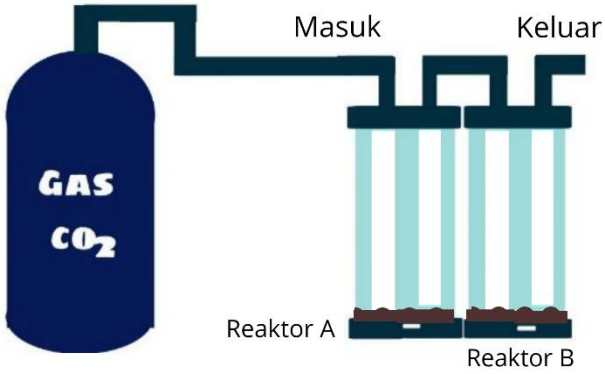
Setelah diperoleh volume yang harus diambil dari larutan induk, maka larutan KOH tersebut diencerkan dengan aquades sampai tanda batas pada labu ukur 250 mL. Dalam pengambilan larutan induk dilakukan sebanyak dua kali karena menggunakan dua tabung reaktor. Setelah larutan siap, dilanjutkan dengan pengaliran gas CO_2 murni ke dalam larutan penjerap yang sudah disiapkan dengan kondisi salah satu pipanya tidak tercelup dalam larutan, penjerapan dilakukan selama 90 menit. Dihentikan penjerap setelah 90 menit, kemudian dihentikan aliran gas CO_2 murni. Dibuka reaktor dan disaring hasil penjerapan menggunakan kertas saring dengan menggunakan vacum dan buchner. Dimasukkan filtrat ke dalam oven hingga kering dengan suhu mulai 50 ºC selama ± 5 menit, pastikan tidak sampai gosong, kemudian ditimbang filtrat tersebut untuk mengetahui % rendemen filtrat. Dimasukkan hasil filtrat yang sudah kering ke dalam plastik klip dan dilakukan identifikasi pada endapan yang diperoleh.

4.2.2.2Variasi Volume

Ditimbang KOH sebanyak 98 g, kemudian dilarutkan ke dalam gelas beker menggunakan aquades. Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas dan diperoleh KOH dengan konsentrasi 7 M. Kemudian dipipet sebanyak 25, 50, 75, 100 dan 125 mL KOH 7 M sebanyak dua kali pengambilan larutan induk karena menggunakan dua tabung reaktor. Setelah larutan siap, dilanjutkan dengan pengaliran gas CO_2 murni ke dalam larutan penjerap yang telah divariasi volumenya dimana kondisi salah satu pipanya tidak tercelup dalam larutan, penjerapan dilakukan selama 90 menit. Dihentikan penjerap setelah 90 menit, kemudian dihentikan aliran gas CO_2 murni. Dibuka reaktor dan disaring hasil penjerapan menggunakan kertas saring dengan menggunakan vacum dan buchner. Dimasukkan filtrat ke dalam oven hingga kering dengan suhu mulai 50 ºC selama ± 5 menit, pastikan tidak sampai gosong, kemudian ditimbang filtrat tersebut untuk mengetahui % rendemen filtrat. Dimasukkan hasil filtrat yang sudah kering ke dalam plastik klip dan dilakukan identifikasi pada endapan yang diperoleh.

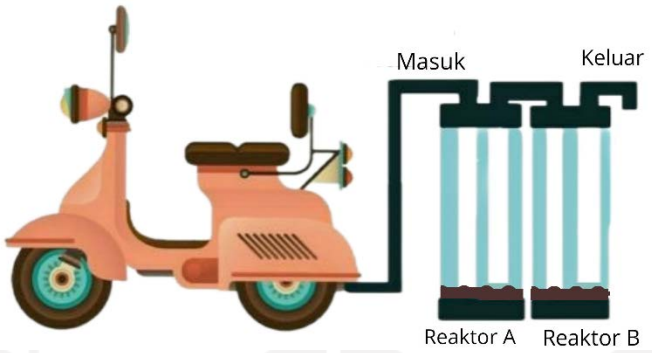
4.2.2.3 Variasi Waktu

Ditimbang KOH sebanyak 98 g, kemudian dilarutkan ke dalam gelas beker menggunakan aquades. Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas dan diperoleh KOH dengan konsentrasi 7 M. Kemudian dipipet sebanyak 50 mL Setelah larutan siap, dilanjutkan dengan pengaliran gas CO_2 murni ke dalam larutan penjerap yang sudah disiapkan dengan kondisi salah satu pipanya tidak tercelup dalam larutan, penjerapan dilakukan dengan variasi waktu dari 30, 45, 60, 75 dan 90 menit. Dihentikan penjerapan setelah mencapai variasi waktu yang ditentukan, kemudian dihentikan aliran gas CO_2 murni. Dibuka reaktor dan disaring hasil penjerapan menggunakan kertas saring dengan menggunakan vacum dan buchner. Dimasukkan filtrat ke dalam oven hingga kering dengan suhu mulai 50 ºC selama ± 5 menit, pastikan tidak sampai gosong, kemudian ditimbang filtrat tersebut untuk mengetahui % rendemen filtrat. Dimasukkan hasil filtrat yang sudah kering ke dalam plastik klip dan dilakukan identifikasi pada endapan yang diperoleh:



Gambar 5. Rangkaian Alat Penjerap Gas CO_2 murni

4.2.3 Proses penjerapan CO_2 oleh Kalium Hidroksida (KOH) terhadap variasi waktu pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2).



Gambar 6. Rangkaian Alat Penjerap CO_2 pada Kendaraan

4.2.3.1 Variasi Konsentasi

Ditimbang KOH sebanyak 98 g, kemudian dilarutkan ke dalam gelas beker menggunakan aquades. Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas dan diperoleh KOH dengan konsentrasi 7 M. Diambil sebanyak 50 mL sebanyak dua kali untuk dua tabung reactor yang digunakan. Setelah larutan siap, dilanjutkan dengan pengaliran gas bermotor ke dalam larutan penjerap yang sudah disiapkan dengan kondisi salah satu pipanya tidak tercelup dalam larutan, penjerapan dilakukan selama 90 menit. Dihentikan penjerap setelah 90 menit, kemudian dihentikan aliran gas bermotor. Dibuka reaktor dan disaring hasil penjerapan menggunakan kertas saring dengan menggunakan vacum dan buchner. Dimasukkan filtrat ke dalam oven hingga kering dengan suhu mulai 50 ºC selama ± 5 menit, pastikan tidak sampai gosong, kemudian ditimbang filtrat tersebut untuk mengetahui % rendemen filtrat. Dimasukkan hasil filtrat yang sudah kering ke dalam plastik klip dan dilakukan identifikasi pada endapan yang diperoleh.

4.2.3.2 Variasi Volume

Ditimbang KOH sebanyak 98 g, kemudian dilarutkan ke dalam gelas beker menggunakan aquades. Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas dan diperoleh KOH dengan konsentrasi 7 M. Diambil sebanyak 125 mL sebanyak dua kali untuk dua tabung reactor yang

digunakan. Setelah larutan siap, dilanjutkan dengan pengaliran gas bermotor ke dalam larutan penjerap yang sudah disiapkan dengan kondisi salah satu pipanya tidak tercelup dalam larutan, penjerapan dilakukan selama 240 menit. Dihentikan penjerap setelah 240 menit, kemudian dihentikan aliran gas bermotor. Dibuka reaktor dan disaring hasil penjerapan menggunakan kertas saring dengan menggunakan vacum dan buchner. Dimasukkan filtrat ke dalam oven hingga kering dengan suhu mulai 50 ºC selama ± 5 menit, pastikan tidak sampai gosong, kemudian ditimbang filtrat tersebut untuk mengetahui % rendemen filtrat. Dimasukkan hasil filtrat yang sudah kering ke dalam plastik klip dan dilakukan identifikasi pada endapan yang diperoleh.

4.2.3.3 Variasi Waktu

Ditimbang KOH sebanyak 98 g, kemudian dilarutkan ke dalam gelas beker menggunakan aquades. Dimasukkan ke dalam labu ukur 250 mL serta ditambah aquades hingga tanda batas dan diperoleh KOH dengan konsentrasi 7 M. Diambil sebanyak 50 mL sebanyak dua kali untuk dua tabung reactor yang digunakan. Setelah larutan siap, dilanjutkan dengan pengaliran gas bermotor ke dalam larutan penjerap yang sudah disiapkan dengan kondisi salah satu pipanya tidak tercelup dalam larutan, penjerapan dilakukan selama 240 menit. Dihentikan penjerap setelah 240 menit, kemudian dihentikan aliran gas bermotor. Dibuka reaktor dan disaring hasil penjerapan menggunakan kertas saring dengan menggunakan vacum dan buchner. Dimasukkan filtrat ke dalam oven hingga kering dengan suhu mulai 50 ºC selama ± 5 menit, pastikan tidak sampai gosong, kemudian ditimbang filtrat tersebut untuk mengetahui % rendemen filtrat. Dimasukkan hasil filtrat yang sudah kering ke dalam plastik klip dan dilakukan identifikasi pada endapan yang diperoleh.

4.2.4 Identifikasi Endapan K_2CO_3

4.2.4.1 Identifikasi Ion Karbonat (CO_3^{2-})

Dilarutkan endapan K_2CO_3 gas CO_2, K_2CO_3 murni dan K_2CO_3 gas bermotor dengan 5 ml akuades di 3 tabung reaksi yang sudah terisi endapan. Tidak ditambahkan pereaksi pada tabung reaksi pertama sedangkan ditambahkan pereaksi HCl sebanyak 2 tetes pada tabung reaksi kedua. Serta ditambahkan

pereaksi $HgCl_2$ sebanyak 2 tetes di tabung reaksi ketiga kemudian diamati perubahan yang terjadi.

4.2.4.2 Identifikasi Endapan dengan Spektofotometer Inframerah

Diambil secukupnya endapan K_2CO_3 gas CO_2, K_2CO_3 murni dan K_2CO_3 gas bermotor kemudian diidentifikasi dengan instrument FTIR, kemudian diperoleh spektra FTIR

4.2.4.3 Identifikasi Endapan dengan *X-Ray Difraction*

Diambil 1 gram endapan K_2CO3 gas CO_2, K_2CO_3 murni dan K_2CO_3 gas bermotor kemudian diidentifikasi dengan instrument XRD dengan difraksi standar dan diperoleh difraktogram XRD

BAB V

HASIL DAN PEMBAHASAN

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh variasi konsentrasi, variasi volume dan variasi waktu dari Kalium Hidroksida (KOH) pada proses penjerapan karbon dioksida (CO_2) dan mengetahui hasil karakterisasi endapan dengan XRD (*X-ray Diffraction*) dan FTIR (*Fourier Transform Infra Red Spectroscopy*). Proses penjerapan ini menggunakan konsep hasil kali kelarutan, dengan menggunakan larutan KOH yang menjerap CO_2. Dalam proses penjerapan digunakan dua tabung reaktor, karena untuk mengetahui bagaimana kemampuan larutan dalam menjerap gas CO_2 dan diharapkan mendapatkan K_2CO_3 yang lebih murni jika ada dua tabung penjerap.

Dalam proses ini, gas CO_2 akan membentuk endapan putih setelah bereaksi dengan KOH menjadi K_2CO_3. KOH dan CO_2 dapat memperoleh endapan setelah nilai Qsp lebih besar dari nilai Kspnya, nilai Qsp $8{,}75 \times 10^{-7}$ dan nilai Ksp nya $6{,}29 \times 10^{-7}$ dalam proses penelitian ini, penjerapan gas CO_2 dengan menggunakan KOH dilakukan pada gas CO_2 murni dan gas kendaraan bermotor dengan memperhatikan variasi konsentrasi (3, 4, 5, 6 dan 7 M), variasi volume (25, 50, 75, 100 dan 125 mL) serta variasi waktu (30, 45, 60, 75 dan 90 menit). Setelah memperoleh endapan putih K_2CO_3 tersebut, kemudian diuji dengan uji karbonat CO^{3-} untuk mengetahui adanya senyawa karbonat yang terbentuk dalam endapan tersebut. Untuk karakterisasi dilakukan dengan menggunakan FTIR untuk mengetahui struktur molekul senyawa dari gugus fungsi penyusun senyawa tersebut dalam endapan tersebut dan XRD digunakan untuk menentukan unsur dan senyawa kimia dalam endapan tersebut. Pada proses ini, endapan yang dihasilkan diperoleh dari 2 tabung reaktor, sehingga hasil endapannya diberi kode endapan reaktor A maupun B.

5.1 Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) Volume 50 mL dalam Jangka Waktu 90 Menit dengan Variasi Konsentrasi

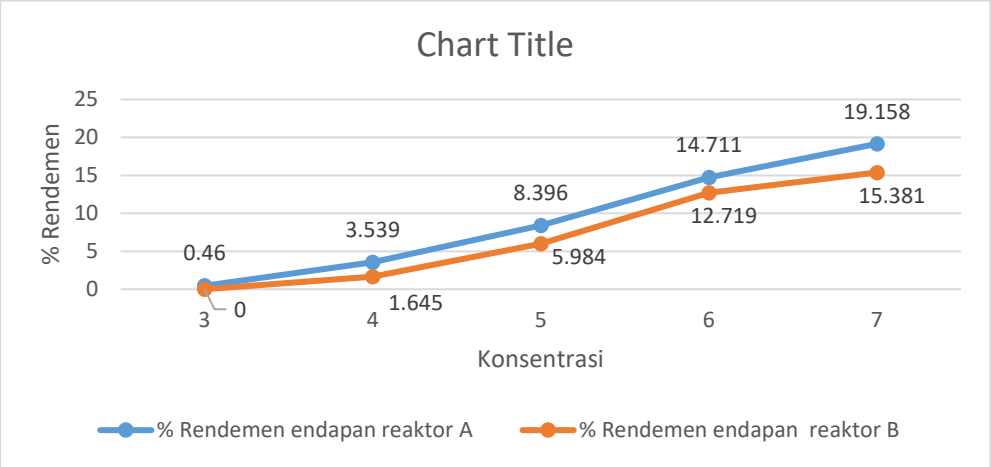
Hasil penjerapan gas CO_2 murni dengan menggunakan KOH dengan variasi konsentrasi 3 M hingga 7 M. Pemilihan variasi konsentrasi yang

digunakan pada proses ini dipilih karena untuk mengetahui kualitas konsentrasi manakah yang mampu menjerap gas CO_2 secara optimal dan maksimal. Hasil Penjerapannya dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 2. Hasil Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) volume 50 mL dalam waktu 90 menit dengan Variasi Konsentrasi

Konsentrasi (M)	Volume (mL)	Waktu (menit)	% Rendemen endapan reaktor A	% Rendemen endapan reaktor B
3	50	90	0,46	0
4	50	90	3,539	1,645
5	50	90	8,396	5,984
6	50	90	14,711	12,719
7	50	90	19,158	15,381

Berdasarkan Tabel 2 dapat disimpulkan semakin tinggi konsentrasi namun akan semakin besar pula berat endapan K_2CO_3. % rendemen endapan reaktor A yang paling rendah diperoleh pada konsentrasi 3 M sebesar 0,46 % dan % rendemen endapan yang paling tinggi diperoleh pada konsentrasi 7 M sebanyak 19,158 %. Sedangkan pada endapan % rendemen endapan reaktor B, endapan yang paling rendah diperoleh pada konsentrasi 3 M sebesar 0 % dan endapan yang paling tinggi diperoleh pada konsentrasi 7 M sebesar 15,381 %.



Gambar 7. Penjerapan Gas CO_2 Murni menggunakan KOH volume 50 mL dalam waktu 90 menit dengan Variasi Konsentrasi

Berdasarkan Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa % rendemen antara endapan reaktor A dan endapan reaktor B, hasilnya lebih besar endapan reaktor A daripada endapan reaktor B. Hasil dari setiap peningkatan konsentrasi adalah semakin meningkatnya % rendemen endapan reaktor A seiring meningkatnya konsentrasi yang digunakan. Oleh karena itu, dengan menggunakan 2 tabung reaktor ini, kemampuan larutan basa alkali masih mampu menjerap gas CO_2 secara optimal dengan konsentrasi tinggi. Sedangkan pada konsentrasi rendah, penjerapan gas CO_2 kurang optimal karena konsentrasi yang digunakan kecil. Kemampuan larutan KOH dengan konsentrasi rendah 3 M hanya mampu memperoleh endapan pada satu tabung. Maka dalam proses penjerapan CO_2 disarankan menggunakan konsentrasi yang besar, sehingga bisa lebih optimal dalam menjerap CO_2.

Dalam prinsip Le Chatelier di kesetimbangan kimia, dalam sistem kesetimbangan apabila ditambahkan atau dikurangi salah satu faktor yang mempengaruhi, sistem kesetimbangan tersebut akan mengalami perubahan. Jika konsentrasi diperkecil, maka menghasilkan produk yang kecil pula, karena terjadi pergeseran kimia, dimana konsentrasi KOH yang meningkat, menyebabkan CO_2 yang bereaksi dengannya semakin menurun dan terbatas untuk bereaksi dan perlahan reaksi antara keduanya pun mencapai kesetimbangan, sehingga CO_2 semakin banyak terjerap dan menghasilkan endapan K_2CO_3. Sedangkan jika konsentrasi KOH itu menurun maka efisiensi dalam menjerap CO_2 semakin menurun pula.

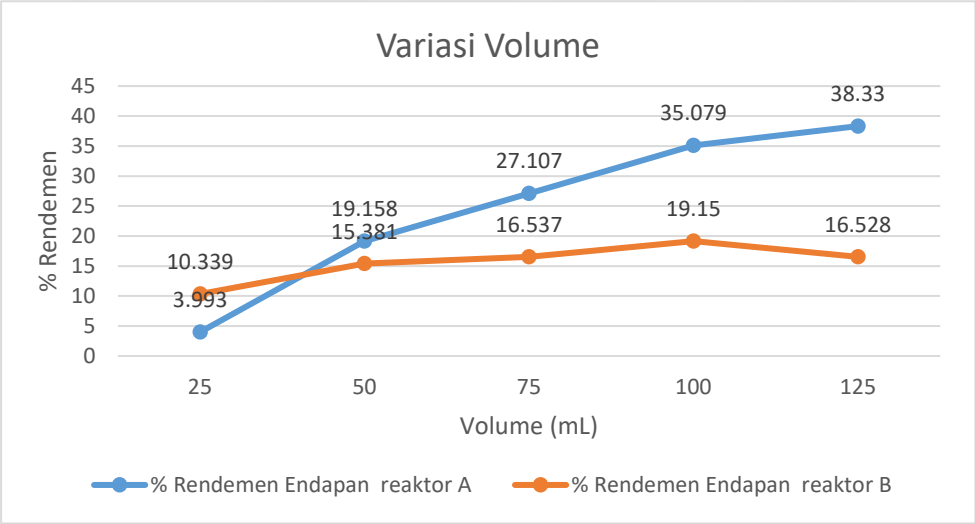
5.2 Penjerapan Gas CO_2 Murni Konsentrasi 7 M dalam jangka waktu 90 menit dengan Variasi Volume

Tabel 3. Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M waktu 90 menit dengan Variasi Volume

Volume (mL)	Konsentrasi (M)	Waktu (menit)	% Rendemen Endapan reaktor A	% Rendemen Endapan reaktor B
25	7	90	3,993	10,339

50	7	90	19,158	15,381
75	7	90	27,107	16,537
100	7	90	35,079	19,15
125	7	90	38,33	16,528

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan semakin banyak volume yang digunakan maka akan semakin besar pula berat endapan K_2CO_3. % rendemen endapan reaktor A yang paling rendah diperoleh pada variasi volume 25 mL sebesar 3,993 % dan % rendemen endapan yang paling tinggi diperoleh pada variasi volume 125 mL dengan berat 38,33 %. Sedangkan pada endapan % rendemen reaktor B, endapan yang paling rendah diperoleh pada variasi volume 25 mL sebesar 10,339 % dan endapan yang paling tinggi diperoleh pada variasi volume 125 mL sebesar 16,528 %. Perbandingan hasil antara % rendemen reaktor A dan B bisa dilihat dalam gambar sebagai berikut:



Gambar 8. Penjerapan Gas CO_2 Murni menggunakan KOH Konsentrasi 7 M waktu 90 menit dengan variasi Volume

Berdasarkan Gambar 8 dapat disimpulkan bahwa % rendemen antara endapan reaktor A dan endapan reaktor B menghasilkan % rendemen yang berbeda. % rendemen antara endapan reaktor A dan B dari masing-masing variasi volume yang menjerap gas CO_2 secara maksimal akan ditandai dengan berat % rendemen yang dihasilkan. Rendemen endapan reaktor A memiliki jumlah % rendemen yang lebih besar dibanding % rendemen endapan reaktor B.

Peningkatan dari % rendemen endapan reaktor A dan B sama-sama mengalami peningkatan sesuai besar % rendemen seiring bertambahnya volume yang digunakan.

Dalam kesetimbangan kimia menggunakan prinsip Le Chatelier, dimana jika suatu sistem ditambah atau dikurangi maka akan mempengaruhi reaksi sistem yang ada. Dan juga dari rumus molalitas:

$$M = \frac{n}{V}$$

Berdasarkan rumus ini, jika volume diperkecil maka akan bergeser ke arah yang memiliki jumlah mol yang kecil apabila volumenya diperbesar, maka kesetimbangan akan bergeser kea rah yang memiliki jumlah mol nya juga semakin besar. Sehingga ketika bereaksi dengan volume yang banyak akan menghasilkan endapan yang banyak pula, sedangkan untuk volume yang sedikit akan menghasilkan endapan yang lebih sedikit. Endapan dan pergeseran kimia mengikuti volume yang digunakan.

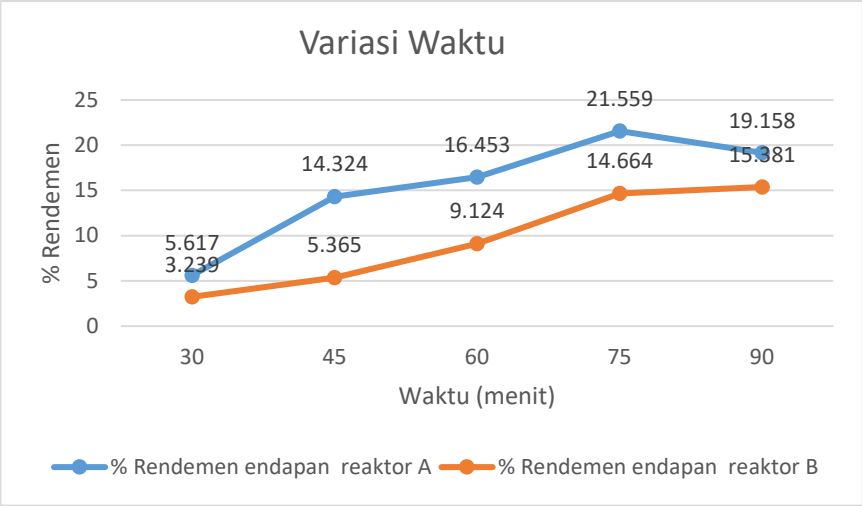
5.3 Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M volume 50 mL dengan Variasi Waktu

Tabel 4. Penjerapan Gas CO_2 murni oleh KOH (Kalium Hidroksida) 7 M volume 50 mL dengan Variasi Waktu

Waktu (menit)	Konsentrasi (M)	Volume (mL)	% Rendemen endapan reaktor A	% Rendemen endapan reaktor B
30	7	50	5,617	3,239
45	7	50	14,324	5,365
60	7	50	16,453	9,124
75	7	50	21,559	14,664
90	7	50	19,158	15,381

Berdasarkan Tabel 4 dapat disimpulkan semakin lama waktu maka akan semakin banyak pula berat endapan K_2CO_3. % rendemen endapan reaktor A yang paling rendah diperoleh pada variasi waktu 30 menit sebesar 5,617 % dan % rendemen endapan yang paling banyak diperoleh pada variasi waktu 75 menit dengan berat 21,559 %. Sedangkan pada endapan % rendemen endapan reaktor B, endapan yang paling sedikit diperoleh pada variasi waktu 30 menit dengan berat

sebesar 3,239 % dan endapan yang paling banyak diperoleh pada variasi waktu 90 menit sebesar 15,381 %. Konsentrasi KOH yang digunakan dalam variasi ini adalah KOH 7 M.



Gambar 9. Penjerapan Gas CO_2 Murni Menggunakan KOH konsentrasi 7 M volume 50 mL dengan Variasi Waktu

Berdasarkan Gambar 9 dapat disimpulkan bahwa % rendemen antara endapan reaktor A dan endapan reaktor B menghasilkan % rendemen yang berbeda. % rendemen antara endapan reaktor A dan B dari masing-masing variasi volume yang menyerap gas CO_2 secara maksimal ditandai dengan berat %rendemen yang dihasilkan. % rendemen endapan reaktor A memiliki jumlah yang lebih besar dibanding % rendemen endapan reaktor B. Pertambahan waktu yang terjadi antara % rendemen endapan reaktor A dan B sama-sama menghasilkan peningkatan % rendemen seiring dengan lamanya waktu penjerapan yang telah berjalan. Lamanya waktu yang digunakan ini akan mempengaruhi besarnya % rendemen yang dihasilkan.

Dalam reaksi kimia, kecepatan reaksi dapat terjadi apabila ada perubahan konsentrasi produk atau pereaksi terhadap waktu, sehingga variasi waktu erat kaitannya dengan konsentrasi yang digunakan. Kecepatan reaksi kimia dapat ditentukan dengan melakukan pengukuran kecepatan, variasi konsentrasi pereaksi atau produk. Berlangsungnya reaksi tergantung berapa lama waktu dan tingginya konsentrasi yang digunakan. Saat terjadi reaksi, ada konsentrasi yang berkurang dan bertambah dengan cepat. Setelah reaksi berlangsung lama, konsentrasi kecil

mengakibatkan kecepatan juga kecil, ini terjadi pada semua jenis reaksi kimia. Jika kadar pereaksi berkurang maka kecepatan reaksi perlahan-lahan menurun. Dalam reaksi kompleks, reaksi antara A→B tidak sesederhana itu, kecepatan pembentukan produk dan pengurangan pereaksi tergantung pada koefisien reaksi yang terjadi. Semakin tinggi konsentrasi maka waktu yang dibutuhkan dalam bereaksi semakin cepat, karena kecepatannya bertambah sesuai koefisien yang ada di dalam reaksi.

5.4 Penjerapan Gas CO_2 Kendaraan Bermotor oleh KOH (Kalium Hidroksida) Volume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit dengan Variasi Konsentrasi

Hasil penjerapan gas CO_2 murni, hasil endapan terbaik diperoleh pada variasi konsentrasi dalam waktu 90 menit dengan volume 50 mL. sedangkan hasil penjerapan gas CO_2 kendaraan bermotor, menggunakan variasi konsentrasi 7 M dalam waktu 90 menit kurang maksimal dikarenakan kurang lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menjerap CO_2 yang terkandung dalam gas kendaraan bermotor. Dalam proses penjerapannya, hasil dari penjerapan gas CO_2 kendaraan bermotor menggunakan KOH (Kalium Hidroksida) dengan variasi konsentrasi dimulai dari konsentrasi 3 M hingga 7 M. Namun, pada proses penjerapan dengan variasi konsentrasi 3 M hingga 6 M, larutan KOH belum mampu menjerap gas CO_2 secara maksimal sehingga tidak terbentuk endapan. Sedangkan untuk konsentrasi 7 M dan percobaan konsentrasi 8 M dengan volume 50 mL, endapan dapat diperoleh dalam kurun waktu 240 menit.

% rendemen endapan reaktor A



6,704%

Gambar 10. Endapan Reaktor A pada Variasi Konsentrasi

% rendemen endapan reaktor B



4,001%

Gambar 11. Endapan Reaktor B pada Variasi Konsentrasi

5.5 Penjerapan Gas CO_2 Kendaraan Bermotor oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M dalam Waktu 90 Menit dengan Variasi Volume

Hasil penjerapan gas CO_2 murni, hasil endapan terbaik diperoleh pada variasi volume 125 mL dalam waktu 90 menit dengan konsentrasi 7 M. Sedangkan, hasil penjerapan gas CO_2 kendaraan bermotor, menggunakan variasi volume 125 mL kurang bekerja secara optimal dikarenakan kurang lamanya waktu yang dibutuhkan untuk menjerap CO_2 yang terkandung dalam gas kendaraan bermotor. Ketika melakukan penjerapan gas CO_2 kendaraan bermotor dengan volume 125 mL, dilakukan selama 240 menit, menyesuaikan waktu yang telah digunakan ketika menjerap gas CO_2 dengan variasi konsentrasi yang bervolume 50 mL. Sehingga, ketika dilakukan pertambahan volume, maka waktu yang dibutuhkan pun semakin lama juga.

Tabung reaktor A



Warnanya lebih pekat dari cairan B

Gambar 12. Cairan Tabung Reaktor A pada Variasi Waktu

Tabung reaktor B



Warnanya lebih jernih dari cairan A

Gambar 13. Cairan Tabung Reaktor B pada Variasi Waktu

5.6 Penjerapan Gas CO_2 Kendaraan Bermotor oleh KOH (Kalium Hidroksida) Konsentrasi 7 M bervolume 50 mL dengan Variasi Waktu

Hasil penjerapan gas CO_2 murni, hasil endapan terbaik diperoleh pada variasi waktu 15 menit hingga 90 menit, penjerapan optimal pada 90 menit dengan volume 50 mL dan konsentrasi 7 M. Sedangkan untuk proses aplikasi dikendaraan bermotor, penjerapan 90 menit dengan volume 50 mL dan konsentrasi 7 M, kurang berkerja secara optimal dikarenakan kurang lamanya waktu yang digunakan untuk menjerap gas CO_2 yang terkandung dalam kendaraan bermotor. Dalam menjerap gas CO_2 kendaraan bermotor, proses penjerapannya mulai terbentuk endapan di menit ke 180 dan proses penjerapqan dihentikan 240 menit. Dihentikan di menit ke 240, karena untuk memaksimalkan endapan yang sudah terbentuk di menit ke 180. Apabila dilakukan penjerapan dengan waktu yang lebih lama lagi, maka hasil endapan yang sudah terbentuk juga semakin banyak seiring dengan lama waktu penjerapan, yang didukung dengan konsentrasi tinggi dan volume yang sesuai.

Cairan dari tabung reaktor A dan B



Cairan A: warna cairan lebih pekat

Cairan B: warna cairan lebih jernih

Gambar 14. Cairan dari Tabung Reaktor A dan B pada Variasi Waktu

Pada Gambar 14 variasi konsentrasi digunakan konsentrasi 7 M dengan volume 50 mL dalam waktu 240 menit, menghasilkan endapan K_2CO_3. Pada variasi volume menggunakan konsentrasi yang sama dan mencoba di waktu yang sama 240 menit, namun volume 125 mL, dalam waktu 240 menit tapi tidak memperoleh endapan, hanya ada perubahan warna, cairan tabung reaktor A berwarna lebih pekat dari pada tabung reaktor B. Begitupun pada variasi waktu, tetap menggunakan konsentrasi 7 M, volume 125 mL dan dengan waktu 90 menit, dari percobaan penelitiannyamenghasilkan cairan tabung reactor A menghasilkan warna yang lebih pekat dari tabung reaktor B. Sehingga pada variasi volume dan waktu yang belum menghasilkan endapan. Karena volume cairan semakin besar maka membutuhkan waktu yang lebih lama untuk volume lebih dari dari 50 mL.

5.7 Pengujian Sampel Menggunakan Uji Karbonat

Pengujian sampel dengan uji karbonat dilakukan pada endapan yang berbeda-beda, dalam pengujian ini, tabung pertama endpaan yang telah ditambahkan aquades, endapannya menjadi larut. Kemudian dalam tabung selanjutnya, endapan yang telah dilarutkan dengan aquades ditambahkan 2 tetes HCl untuk mengetahui adanya kandungan gas CO_2 pada endapan tersebut.

Reaksi yang terjadi ketika K_2CO_3 ditambahkan dengan HCl:

$$2HCl_{(aq)} + K_2CO_3 \downarrow_{(S)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + CO_{2(g)} + H_2O$$

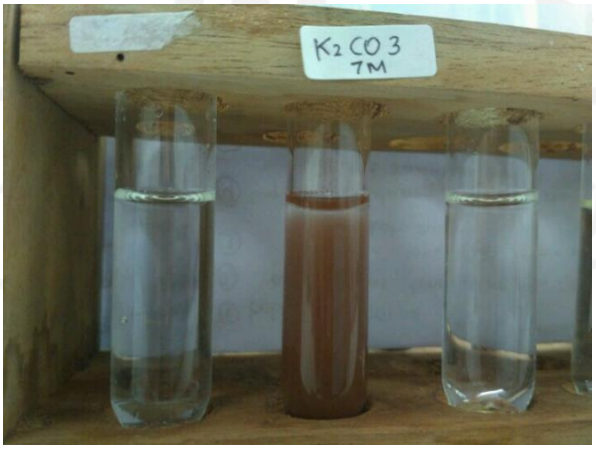
Sedangkan pada tabung selanjutnya, endapan K_2CO_3 yang telah dilarutkan dengan auades, ditambahkan HgCl untuk mengetahui adanya kandungan ion karbonat dalam endapan yang telah diperoleh. Maka reaksi yang terjadi saat K_2CO_3 ditambahkan dengan HgCl sebagai berikut:

$$K_2CO_3\downarrow_{(S)} + HgCl_{2(aq)} \rightarrow 2KCl_{(aq)} + HgCO_3\downarrow_{(S)}$$

Tujuan dari pengujian ini adalah untuk mengetahui kandungan ion karbonat yang terdapat di dalam endapan:

a) Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas CO_2 Murni dan KOH

Endapan K_2CO_3 ini diperoleh dari proses penjerapan gas CO_2 murni oleh KOH 7 M dengan volume 50 ml selama 90 menit. Kemudian, dilakukan pengujian terhadap endapan K_2CO_3 murni untuk dibandingkan dengan endapan dari gas CO_2 murni dan gas kendaraan bermotor. Uji karbonat dilakukan dengan menambahkan aquades di tabung reaksi pertama, diberikan larutan HgCl pada tabung reaksi kedua setelah dilarutkan dengan aquades, dan ditambahkan larutan HCl pada tabung reaksi ketiga setelah dilarutkan dengan aquades.



Gambar 15. Uji Karbonat pada K_2CO_3 gas CO_2 murni

Penambahan aquades pada setiap tabung bertujuan untuk melarutkan endapan K_2CO_3. Untuk tabung pertama, endapan hanya ditambahkan dengan aquades sedangkan pada tabung kedua, perubahan warna ditandai dengan adanya

endapan berwarna merah kecokelatan dari HgO serta larutannya bening, yang menandakan adanya ion karbonat yang terkandung dalam endapan tersebut. Pada tabung ketiga, perubahan yang terjadi yaitu dengan adanya buih atau gelembung yang menandakan adanya gas CO_2 yang terjerap oleh KOH.

b) Pengujian pada Endapan K_2CO_3 Murni

Endapan K_2CO_3 murni ini diperoleh dari bahan yang tersedia di lab riset kimia. Dilakukannya pengujian terhadap endapan K_2CO_3 murni untuk dijadikan standar pada sampel gas CO_2 murni dan gas kendaraan bermotor. Uji karbonat dilakukan dengan menambahkan aquadest di tabung reaksi pertama, larutan HgCl pada tabung reaksi kedua, dan larutan HCl pada tabung reaksi ketiga.



Gambar 16. Uji Karbonat pada K_2CO_3 murni

Penambahan aquadest pada tabung pertama, untuk melarutkan endapan K_2CO_3. Pada tabung kedua, perubahan warna terjadi dari adanya endapan berwarna merah kecokelatan dari HgO larutannya bening. Pada tabung ketiga, perubahan yang terjadi yaitu dengan adanya gelembung udara yang menandakan adanya gas CO_2.

c) Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas Kendaraan Bermotor dan KOH

Endapan K_2CO_3 ini diperoleh dari proses penjerapan gas kendaraan bermotor yang dijerap menggunakan larutan KOH 7M dengan volume 50 mL selama 240 menit. Kemudian, dilakukan pengujian terhadap endapan K_2CO_3 murni untuk dibandingkan dengan endapan K_2CO murni dan hasil penjerapan dari gas CO_2 murni. Uji karbonat dilakukan dengan menambahkan aquades di tabung reaksi pertama, diberikan larutan HCl pada tabung reaksi kedua setelah

dilarutkan dengan aquades, dan ditambahkan larutan HgCl pada tabung reaksi ketiga setelah dilarutkan dengan aquades.

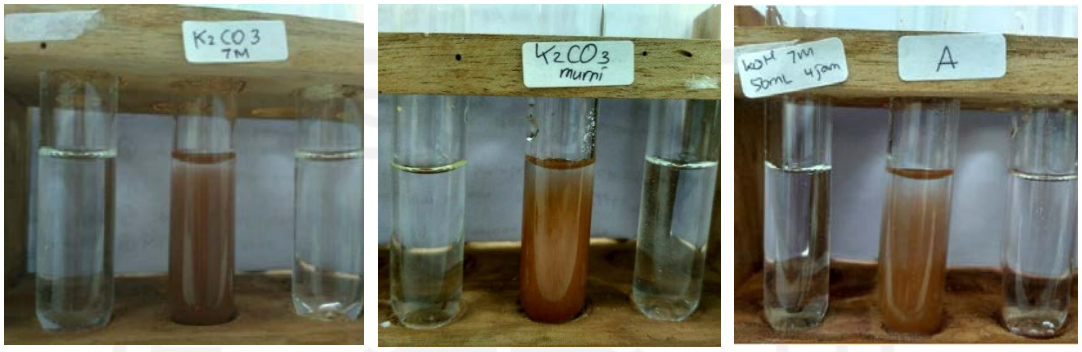


Gambar 17. Uji Karbonat pada endapan K_2CO_3 gas bermotor

Penambahan aquades pada setiap tabung bertujuan untuk melarutkan endapan K_2CO_3. Untuk tabung pertama, hanya ditambahkan aquades, sedangkan pada tabung kedua, perubahan warna terjadi dari adanya perubahan warna terjadi dari adanya endapan berwarna merah kecokelatan dari HgO larutannya bening. Dan pada tabung ketiga, perubahan warna terjadi dari adanya endapan berwarna merah kecokelatan dari HgO larutannya bening.

d. Perbandingan Hasil Endapan

K_2CO3 Gas CO_2 Murni K_2CO_3 Murni K_2CO_3 Gas Kendaraan Bermotor



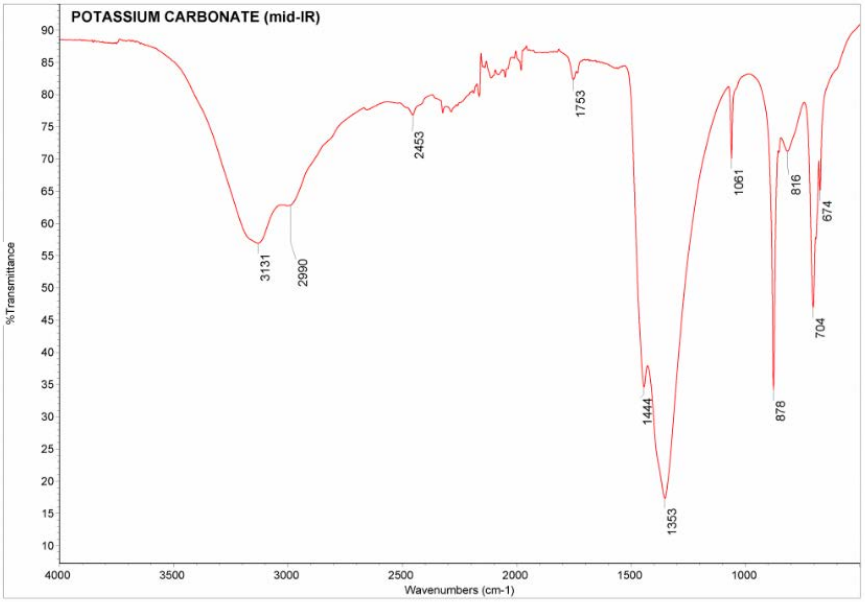
Gambar 18. Perbandingan Hasil Endapan K_2CO_3

Dari Gambar 18 tersebut terdapat disimpulkan bahwa semua endapan yang telah diuji karbonat, pada tabung pertama larutan yang telah dilarutkan dengan aquadest sama-sama berwarna bening, dan seluruh endapan dapat larut sempurna. Untuk tabung reaksi kedua, larutan sama-sama terdapat endapan merah kecokelatan. Dan untuk tabung reaksi ketiga, sama-sama mengeluarkan gelembung gas CO_2.

5.8 Pengujian Sampel Menggunakan Spektofotometer Inframerah

Pengujian sampel menggunakan FTIR ini dilakukan untuk guna mendeteksi struktur molekul senyawa dengan cara identifikasi gugus fungsi penyusun senyawa tersebut menggukan spectrogram yang dihasilkan dalam pengujian.

Dari referensi yang diperoleh, spektogram dari K_2CO_3 seperti berikut:



Gambar 19. Spektrogram FTIR K_2CO_3 Standar

Sumber: lisa.chem.ut.ee

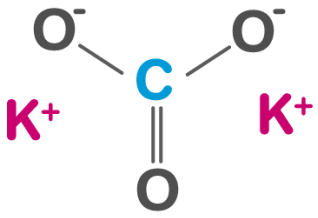
Dari gambar tersebut diperoleh serapan dalam spektrofotometer:

Tabel 5. Serapan pada Spektrogram FTIR K_2CO_3 Standart

Serapan K2CO3 referensi (lisa.chem.ut.ee)	Serapan gugus fungsi	Ikatan	Intensitas
3131	3200-3600 (*Skoog, 1998)*	O-H	Sedang
1753	1690 – 1760 (*Skoog, 1998)*	C=O	Kuat
1353	1050 – 1300 *(Skoog, 1998)*	C-O	Kuat

674	400-1000 (Sumadiyasa, 2015)	K-O	Kuat

Berdasarkan Tabel 5 dari serapan senyawa K_2CO_3 standart yang diperoleh dari sumber:lisa.chem.ut.ee ini, berdasarkan dari referensi tersebut beberapa serapan yang muncul, antara lain : 3131 cm^{-1}, 1753 cm^{-1}, 1353 cm^{-1} dan 674 cm^{-1} yang masing-masing menunjukkan intensitas yang sedang hingga kuat. Untuk serapan 3131 cm^{-1} mendekati rentang serapan gugus fungsi 3200-3600 cm^{-1} yang diduga menunjukkan ikatan O-H dengan intensitas sedang.Untuk serapan 1753 cm^{-1} berada pada rentang serapan gugus fungsi 1690-1760 cm^{-1} yang diduga menunjukkan ikatan C=O dengan intensitas kuat. Untuk serapan 1353 cm^{-1} berada pada rentang serapan gugus fungsi 1050-1300 cm^{-1} yang diduga menunjukkan ikatan C-O dengan intensitas kuat serta adanya serapan 674 cm^{-1} berada pada rentang serapan gugus fungsi 400-1000 cm^{-1} yang diduga menunjukkan ikatan K-O dengan intensitas kuat.



Gambar 20. Ikatan pada Senyawa K_2CO_3

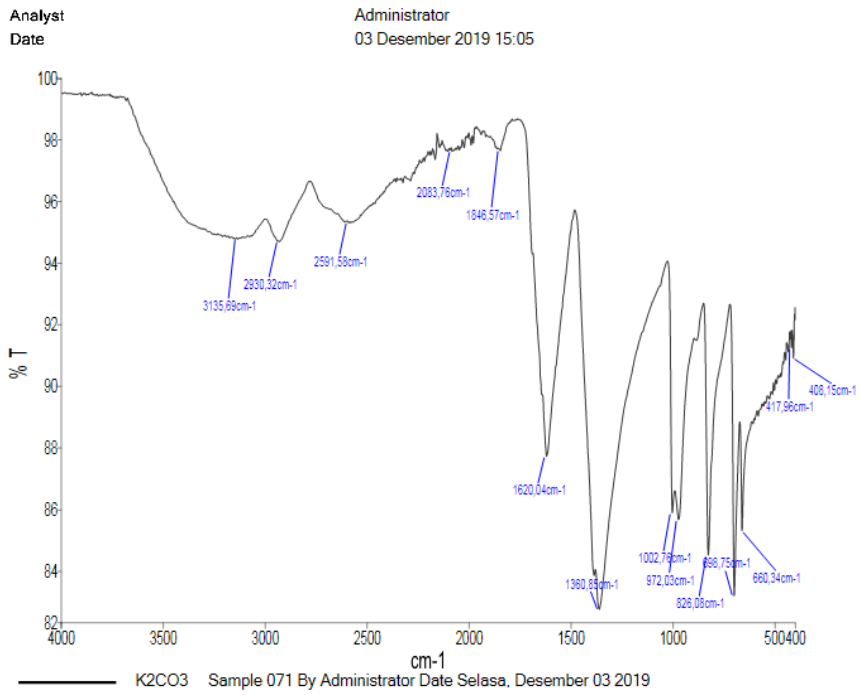
(Sumber : https://byjus.com)

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Gasc (2009) diperoleh puncak pada bilangan gelombang 3218 cm^{-1} yang diduga merupakan vibrasi dari ikatan O-H, dan pada serapan 1655 cm^{-1} yang merupakan vibrasi dari ikatan C=O, dengan ini maka bilangan gelombang yang diperoleh tersebut mendekati rentang 1690-1760 cm^{-1} yang diduga menunjukkan serapan dari ikatan C=O. Ikatan pada C-O ini merupakan ikatan puncak pada bilangan gelombang 1446 cm^{-1} yang merupakan vibrasi dari ikatan C-O, dengan ini maka bilangan gelombang yang diperoleh tersebut mendekati rentang 1050-1300 cm^{-1} yang diduga menunjukkan serapan dari ikatan C-O. Dan dari penelitian Hermawan (2016) dimana penelitian yang digunakan adalah logam Cu yang berikatan dengan O, berada pada serapan

479 cm^{-1} yang berbentuk melebar pada rentang 400-100 cm^{-1}. Sampel endapan yang diuji dengan FTIR ada 3, yaitu :

a) Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas CO_2 Murni dan KOH

Untuk sampel endapan K_2CO_3 dari proses penjerapan gas CO_2 murni menggunakan KOH konsentrasi 7M bervolume 50 mL dalam jangka waktu 90 menit. Serapan yang dihasilkan dari endapaan K_2CO_3 ini sebagai berikut:



Gambar 21. Hasil Spektrogram Endapan K_2CO_3 dari Gas CO_2 Murni dan KOH Konsentrasi 7 M Volume 50 mL

Serapan yang diperoleh dari spektrogram diatas antara lain:

Tabel 6. Serapan pada Spektrogram FTIR Endapan K_2CO_3 gas CO_2 Murni dan KOH Konsentrasi 7 M Volume 50 mL

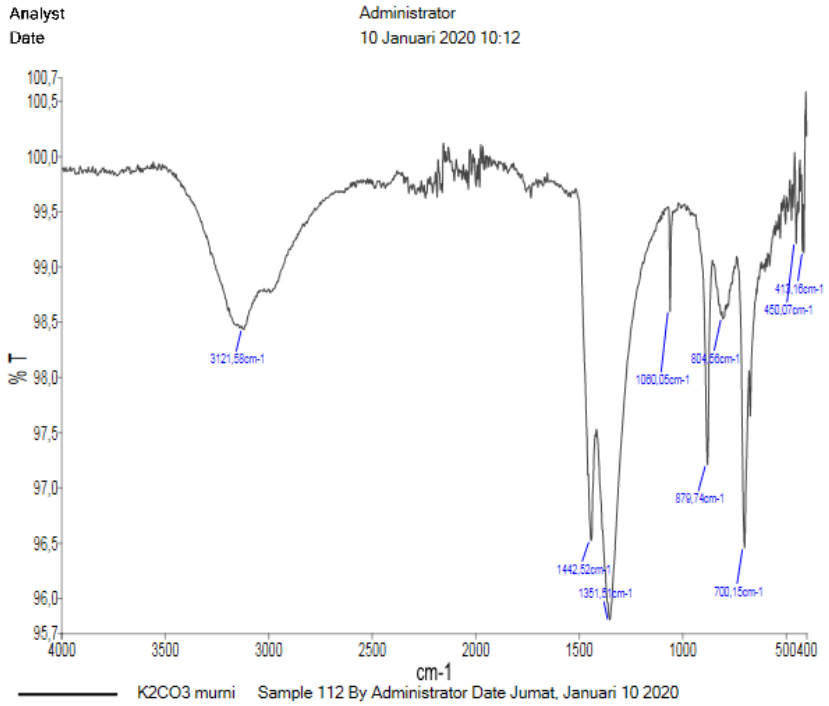
Serapan K_2CO_3 Murni (cm^{-1})	Serapan gugus fungsi (cm^{-1})	Ikatan	Intensitas
3135,69	3200 – 3600 (*Skoog,dkk,* 1998)	O-H	Sedang
1620,04	1690 – 1760 (*Skoog,dkk,* 1998)	C=O	Kuat
1360,81	1050 – 1300 (*Skoog,dkk,* 1998)	C-O	Kuat
408,15	400-100 (Stuart, 2004)	K-O	Kuat

Berdasarkan Tabel 6 serapan K_2CO_3 murni yang muncul dari spektofotometer, antara lain: pada serapan 3135,69 cm^{-1} berbentuk melebar mendekati serapan gugus fungsi 3200-3600 cm^{-1}, yang diduga adalah ikatan O-H ditandai dengan serapan melebar. Ikatan O-H merupakan ikatan kovalen, karena elektron yang ada pada atom O berbagi dengan atom H. Sedangkan pada serapan 1620,04 cm^{-1} dengan bentuk tajam dan intensitas yang kuat di serapan 1690-1760 cm^{-1} diduga merupakan ikatan C=O, pada ikatan C=O tersebut merupakan ikatan kovalen rangkap dua, dimana elektron berbagi dua pasangan elektron. Kemudian, pada serapan 1360,81 cm^{-1} dengan intensitas yang kuat di rentang 1050-1300 cm^{-1} diduga merupakan ikatan C-O, pada ikatan C-O tersebut merupakan ikatan kovalen, dimana elektron berbagi dua pasangan electron, maksudnya pada ikatan tersebut terdapat dua pasangan electron ikatan. Pada serapan 408,15 cm^{-1} yang berbentuk tajam dan melebar dengan intensitas kuat di serapan 400-100 cm^{-1} yang diduga menunjukkan adanya ikatan K-O yang merupakan ikatan ion dan termasuk atom yang memiliki massa relatif yang tinggi. Selain itu, atom K merupakan salah satu logam alkali dan senyawa kalium karbonat merupakan senyawa anorganik. Sesuai dengan referensi yang tercantum pada Stuart (2004) bahwa pembacaan spektra pada rentang 400-100 cm^{-1} memberikan informasi mengenai vibrasi atom yang memiliki massa yang besar. Dari massa atom itulah dapat dikarakterisasi senyawa yang mengandung atom halogen, senyawa organologam, senyawa

anorganik dan senyawa kompleks logam organik. Serta pada rentang bilangan gelombang 400 – 1000 cm^{-1} adalah disebabkan oleh berbagai macam ikatan logam dengan oksigen yang ada di dalam sampel (Sumadiyasa, 2015)

b) Pengujian pada Endapan K_2CO_3 Murni

Untuk pengujian sampel endapan K_2CO_3 murni dimana bahan diperoleh dari Lab Terpadu UII. K_2CO_3 murni digunakan sebagai strandart atas perbandingan hasil endapan gas CO_2 murni dan gas kendaraan bermotor. Berikut spektogram K_2CO_3 murni.



Gambar 22. Hasil Spektrogram K_2CO_3 Murni

Dari Gambar 22 dapat disimpulkan bahwa ada ikatan yang terbentuk dalam K_2CO_3 antara lain:

Tabel 7. Serapan pada Spektrogram FTIR Endapan K_2CO_3 gas CO_2 murni

Serapan K_2CO_3 Murni (cm^{-1})	Serapan gugus fungsi (cm^{-1})	Ikatan	Intensitas
3121,56	3200 – 3600 (*Skoog,dkk,* 1998)	O-H	Sedang
1442,52	1690 – 1760 (*Skoog,dkk,* 1998)	C=O	Kuat

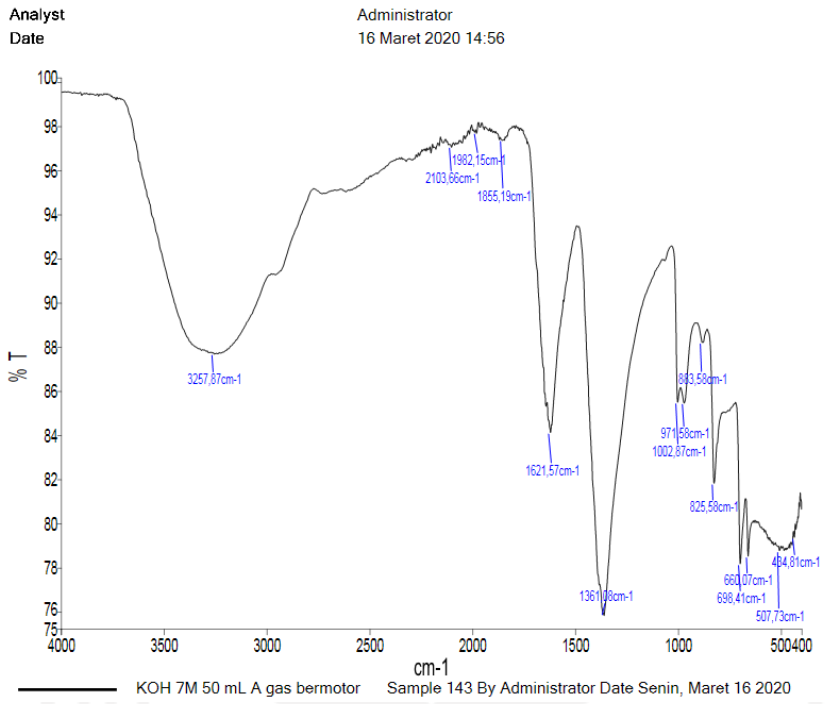
1351,50	1050 – 1300 (*Skoog,dkk*, 1998)	C-O	Kuat
413,16	400-100 (Stuart, 2004)	K-O	Kuat

Berdasarkan Tabel 7 serapan K_2CO_3 murni yang muncul dari spektofotometer, antara lain: pada serapan 3121,56 cm^{-1} berbentuk melebar mendekati serapan gugus fungsi 3200-3600 cm^{-1}, yang diduga adalah ikatan O-H. ikatan O-H merupakan ikatan kovalen, karena elektron yang ada pada atom O berbagi dengan atom H. Sedangkan pada serapan 1442,52 cm^{-1} dengan intensitas yang kuat di serapan 1690-1760 cm^{-1} diduga merupakan ikatan C=O, pada ikatan C=O tersebut merupakan ikatan kovalen rangkap dua, dimana elektron berbagi dua pasangan elektron. Kemudian, pada serapan 1351,50 cm^{-1} dengan intensitas yang kuat di rentang 1050-1300 cm^{-1} diduga merupakan ikatan C-O, pada ikatan C-O tersebut merupakan ikatan kovalen, dimana elektron berbagi dua pasangan elektron, maksudnya pada ikatan tersebut terdapat 2 pasangan elektron ikatan. Pada serapan 413,16 cm^{-1} yang berbentuk tajam dan melebar dengan intensitas kuat di serapan 400-100 cm^{-1} yang diduga menunjukkan adanya ikatan K-O yang merupakan ikatan ion dan termasuk atom yang memiliki massa relatif yang tinggi. Selain itu, atom K merupakan salah satu logam alkali dan senyawa kalium karbonat merupakan senyawa anorganik. Sesuai dengan referensi yang tercantum pada Stuart (2004) bahwa pembacaan spektra pada rentang 400-100 cm^{-1} memberikan informasi mengenai vibrasi atom yang memiliki massa yang besar. Dari massa atom itulah dapat dikarakterisasi senyawa yang mengandung atom halogen, senyawa organologam, senyawa anorganik dan senyawa kompleks logam organic. Serta pada rentang bilangan gelombang 400–1000 cm^{-1} adalah disebabkan oleh berbagai macam ikatan logam dengan oksigen yang ada di dalam sampel (Sumadiyasa, 2015)

c) Pengujian pada Endapan K_2CO_3 dari Gas Kendaraan Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit

Dalam memperoleh endapan ini, gas kendaraan bermotor kontak langsung dengan larutan KOH dengan konsentrasi 7 M bervolume 50 mL dalam

jangka waktu 240 menit. Serapan yang dihasilkan dari endapaan K_2CO_3 ini sebagai berikut:



Gambar 23. Hasil Spektrogram Endapan K_2CO_3 dari Gas Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit

Dari Gambar 23 dapat disimpulkan bahwa ikatan yang terbentuk dalam K_2CO_3 yang diperoleh dari gas bermotor yang dijerap oleh KOH, antara lain:

Tabel 8. Serapan pada Spektrogram FTIR Endapan K_2CO_3 Gas Kendaraan Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit

Serapan K_2CO_3 Murni (cm^{-1})	Serapan gugus fungsi (cm^{-1})	Ikatan	Intensitas
3257	3200 – 3600 (*Skoog,dkk*, 1998)	O-H	Sedang
1621,57	1690 – 1760 (*Skoog,dkk*, 1998)	C=O	Kuat
1361,08	1050 – 1300 (*Skoog,dkk*, 1998)	C-O	Kuat
484,81	400-100 (*Stuart, 2004*)	K-O	Kuat

Berdasarkan Tabel 8, dapat disimpulkan bahwa serapan K_2CO_3 murni yang muncul dari spektofotometer, antara lain : pada serapan 3257 cm^{-1} berbentuk

melebar mendekati serapan gugus fungsi 3200-3600 cm^{-1}, yang diduga adalah ikatan O-H. ikatan O-H merupakan ikatan kovalen, karena elektron yang ada pada atom O berbagi dengan atom H. Sedangkan pada serapan 1621,57 cm^{-1} dengan intensitas yang kuat di serapan 1690-1760 cm^{-1} diduga merupakan ikatan C=O, pada ikatan C=O tersebut merupakan ikatan kovalen rangkap 2, dimana elektron berbagi dua pasangan elektron. Kemudian, pada serapan 1361,08 cm^{-1} berbentuk tajam dengan intensitas yang kuat di rentang 1050-1300 cm^{-1} diduga merupakan ikatan C-O, pada ikatan C-O tersebut merupakan ikatan kovalen, dimana elektron berbagi dua pasangan elektron, maksudnya pada ikatan tersebut terdapat 2 pasangan elektron ikatan. Pada serapan 484,81 cm^{-1} yang berbentuk melebar dengan intensitas kuat di serapan 400-100 cm^{-1} yang diduga menunjukkan adanya ikatan K-O yang merupakan ikatan ion dan termasuk atom yang memiliki massa relatif yang tinggi. Selain itu, atom K merupakan salah satu logam alkali dan senyawa kalium karbonat merupakan senyawa anorganik. Sesuai dengan referensi yang tercantum pada Stuart (2004) bahwa pembacaan spektra pada rentang 400-100 cm^{-1} memberikan informasi mengenai vibrasi atom yang memiliki massa yang besar. Dari massa atom itulah dapat dikarakterisasi senyawa yang mengandung atom halogen, senyawa organologam, senyawa anorganik dan senyawa kompleks logam organik. Serta pada rentang bilangan gelombang 400 – 1000 cm^{-1} adalah disebabkan oleh berbagai macam ikatan logam dengan oksigen yang ada di dalam sampel (Sumadiyasa, 2015)

d) Perbandingan Secara Keseluruhan pada Sampel K_2CO_3

Dari semua hasil spektrogram yang diperoleh dari sampel K_2CO_3, maka untuk mengetahui perbandingan secara keseluruhan pada hasil spektogram, dibuatlah table sebagai berikut, untuk memudahkan dalam memahami data dan mengetahui hasil uji yang dilakukan pada sampe dan hasil uji yang diperoleh dari referensi yang diperoleh:

Tabel 9. Perbandingan Serapan pada Spektrogram FTIR K_2CO_3 Referensi dan Hasil Sampel

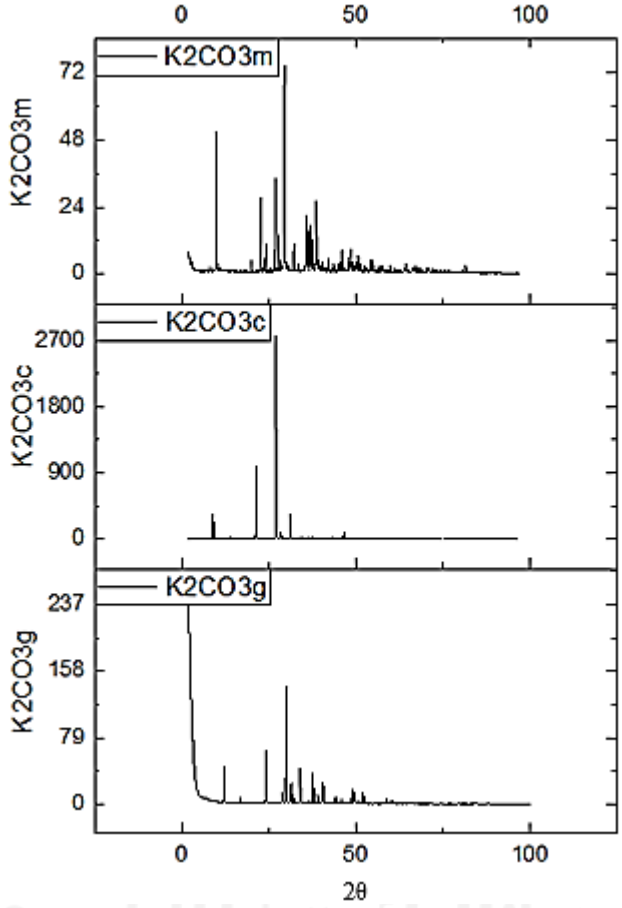
Ikatan	K_2CO_3 referensi buku	K_2CO_3 referensi jurnal	K_2CO_3 murni	K_2CO_3 gas CO_2 murni	K_2CO_3 gas bermotor
Ikatan O-H	3200 – 3600 cm^{-1} (*Skoog*, 1998)	3218 cm^{-1} (Gasc, 2009)	3121,56 cm^{-1}	3135,69 cm^{-1}	3257 cm^{-1}
Ikatan C=O	1690 – 1760 cm^{-1} (*Skoog*, 1998)	1655 cm^{-1} (Gasc, 2009)	1442,52 cm^{-1}	1620,04 cm^{-1}	1621,57 cm^{-1}
Ikatan C-O	1050 – 1300 cm^{-1} (*Skoog*, 1998)	1446 cm^{-1} (Gasc, 2009)	1351,50 cm^{-1}	1360,81 cm^{-1}	1361,08 cm^{-1}
Ikatan K-O	100-400 cm^{-1} (Stuart, 2004)	479 cm^{-1} (Hermawan, 2016)	413,16 cm^{-1}	408,15 cm^{-1}	484,81 cm^{-1}

Dari Tabel 9 dapat disimpulkan bahwa hasil serapan tersebut dapat diduga senyawa K_2CO_3 berdasar referensi yang diperoleh dari jurnal maupun dari buku. Dengan bentuk serapan yang hampir sama pada rentang-rentang yang disesuaikan dengan referensi yang ada. Untuk ikatan O-H di rentang 3200-3600 cm^{-1} maka diperoleh 3121, 56 cm^{-1}, 3135,69 cm^{-1}, 3257 cm^{-1}. Untuk ikatan C=O pada rentang 1690-1760 cm^{-1} maka diperoleh 1442,52 cm^{-1},1620,04 cm^{-1} dan 1621,57 cm^{-1}. Untuk ikatan C-O pada rentang 1050-1300 cm^{-1} maka diperoleh 1351,50 cm^{-1}, 1360, 81 cm^{-1} dan 1361,08 cm^{-1}. Sedangkan untuk ikatan K-O pada rentang 100-400 cm^{-1}, maka diperoleh 413,16 cm^{-1}, 408,15 cm^{-1} dan 484,81 cm^{-1}.

Serapan yang diperoleh dari ketiga sampel pada penelitian ini, menghasilkan serapan yag hampir sama, spektra yang berwarna hitam merupakan hasil serapan dari K_2CO_3 murni, sedangkan pada spektra merah merupakan sampel K_2CO_3 dari reaksi gas CO_2 murni dengan KOH sedangkan spektra biru merupakan hasil serapan dari reaksi gas kendaraan bermotor dengan KOH. Pada spektra merah dan biru, serapan yang diperoleh masih terdapat pengotor, sehingga hasil spektranya terdapat serapan-serapan yang muncul diluar serapan referensi yang ada pada K_2CO_3 murni.

5.9 Pengujian Sampel Menggunakan *X-Ray Difraction*

Pengujian menggunakan XRD ini bertujuan untuk menentukan unsur dan senyawa kimia, struktur kristal, parameter kisi, volume kisi dan lain-lain. Dengan cara mengidentifikasi difraktogram referensi dengan difraktogram yang dihasilkan sampel. Pengujian pada sampel dilakukan dengan menggunakan difraksi standar. Endapan yang dihasilkan berupa K_2CO_3 murni (K_2CO_3m), K_2CO_3 gas CO_2 murni (K_2CO_3c) dan K_2CO_3 gas bermotor (K_2CO_3g).



Gambar 24. Hasil difraktogram Sampel K_2CO_3m, K_2CO_3c, K_2CO_3g

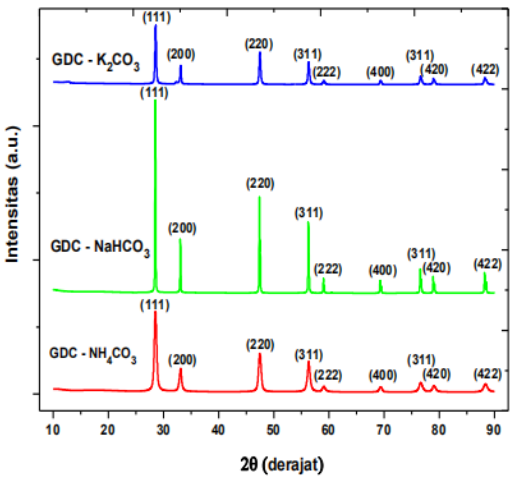
Berdasarkan Gambar 24 data XRD yang diperoleh dari penelitian yang lakukan menghasilkan 3 sampel, antara lain: K_2CO_3 murni, K_2CO_3 gas CO_2 murni dan K_2CO_3 gas bermotor. Semua sampel diuji dengan XRD, dengan difraksi standar. K_2CO_3 murni menghasilkan 2θ: 26 º, 30 º, 33 º, 42 º, K_2CO_3 gas CO_2 murni menghasilkan 2θ: 24 º, 30 º, 34 º, 38 º. K_2CO_3 gas bermotor menghasilkan 2θ: 24 º, 30 º, 34 º, 50 º. Dari hasil sudut yang dihasilkan hampir mirip, begitupun serapan yang dihasilkan. Berdasarkan penelitiian yang

dilakukan oleh Veselovskaya dan Hapsari, menghasilkan 2θ: 26 º, 30 º, 32 º, 37 º dan 29 º, 33 º, 48 º, 58 º yang diduga dapat menjerap gas CO_2 secara optimal. Dari hasil tersebut dapat didugakan bahwa serapan difraktogram yang muncul pada sampel-sampel K_2CO_3 menghasilkan nilai sudut yang mendekati nilai sudut dari K_2CO_3 referensi yang dilihat dari nilai sudut yang paling tinggi. Diduga bidang refleksi yang diperoleh pada sampel yang sudah diujikan, antara lain: (111), (200), (220) dan (311). Nilai-nilai parameter kisi merupakan hasil dari pergeseran yang dilakukan akan menjadi parameter kisi dari difraksi sinar-X serbuk hasil eksperimen (Rusli, 2011).

Dari penelitian dan hasil uji yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa penjerapan gas CO_2 murni menggunakan KOH dapat dilakukan secara optimal namun membutuhkan konsentrasi, volume dan waktu yang banyak. Begitupun penjerapan pada gas CO_2 pada kendaraan bermotor menggunakan larutan KOH yang merupakan basa alkali, kurang optimal dibandingkan larutan basa alkali lainnya, dikarenakan dalam gas kendaraan bermotor masih banyak senyawa lain selain CO_2 selain itu larutan KOH membutuhkan konsentrasi yang tinggi dan volume yang cukup, tidak terlalu banyak ataupun terlalu sedikit. Karena pengaruh banyak sedikitnya larutan yang digunakan akan mempengaruhi laju penjerapan gas CO_2 tersebut.

Kemudian untuk mengetahui apakah senyawa yang dihasilkan tersebut merupakan senyawa K_2CO_3, maka dilakukan uji karbonat, karakterisasi gugus fungsi menggunakan FTIR dan mengidentifikasi unsur dan senyawa kimia yang terkandung benar-benar K_2CO_3 maka diidentifikasi menggunakan XRD. Dan hasilnya diduga merupakan senyawa K_2CO_3 dan mengandung senyawa karbonat.

Berikut hasil referensi difraktogram K_2CO_3:



Gambar 25. K2CO3 referensi penelitian (Hapsari, 2019)

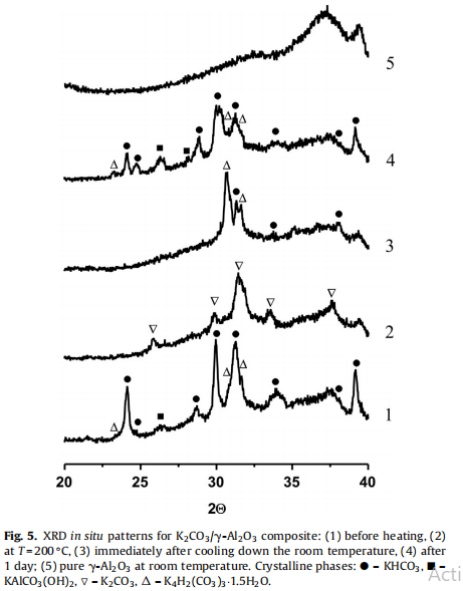


Fig. 5. XRD *in situ* patterns for K_2CO_3/γ-Al_2O_3 composite: (1) before heating, (2) at $T = 200$ °C, (3) immediately after cooling down the room temperature, (4) after 1 day; (5) pure γ-Al_2O_3 at room temperature. Crystalline phases: ● – $KHCO_3$, ■ – $KAlCO_3(OH)_2$, ▽ – K_2CO_3, Δ – $K_4H_2(CO_3)_3 \cdot 1.5H_2O$.

Gambar 26. K2CO3 referensi penelitian (Veselovskaya, 2013)

Menurut Gambar 25 dan 26 berdasarkan penelitian Analisis Kemurnian Hasil Sintesis *Gadolinium Doped Cerium* (GDC) Menggunakan Prekursor Gd_2O_3 Dan $Ce(OH)_4$ Lokal Dengan Metode Kopresipitasi yang telah dilakukan oleh Hapsari, (2019) bahwa pada diftraktogram yang diperoleh dari analisis sampel GDC yang telah dinitrasi dengan larutan senyawa karbonat, salah satunya dengan K_2CO_3. Untuk mengetahui adanya kandungan senyawa K_2CO_3 maka dilakukan uji XRD untuk mengidentifikasi larutan tersebut sudah terdoping kedalam kisi GDC, hasil yang diperoleh GDC yang telah terdoping K_2CO_3 terdapat pada nomor difraktogram kedua. Puncak yang muncul pada 2θ dari pengolahan data grafik dapat diketahui bahwa setiap sampel berada pada satu fase intensitas yang sama yang menghasilkan senyawa karbonat. Secara detail, puncak-puncak difraksi untuk senyawa K_2CO_3 muncul pada sudut 29 º, 33 º, 48 º dan 58 º bidang refleksi (111), (200), (220) dan (311).

Sedangkan pada penelitian *Direct* CO_2 *capture from ambient air using* K_2CO_3/Al_2O_3 *composite sorbent* yang dilakukan oleh Veselovskaya (2013) senyawa K_2CO_3 yang masing-masing puncak difraksi muncul pada sudut 26 º, 30

º, 32 º dan 37 º. Kedua penelitian tersebut menghasilkan sudut pada rentang yang mendekati, sehingga menghasilkan bidang refleksi (111), (200), (220) dan (311).

Berdasarkan penelitian Irmawati (2014), kemunculan puncak 2θ, K_2CO_3 muncul di sudut 23,01 º. Sedangkan dari data XRD penelitian ini, sudut difraksi yang diperoleh muncul di puncak 2θ: 26 º, 30 º, 33 º, 42 º untuk K_2CO_3 murni, K_2CO_3 gas CO_2 murni menghasilkan 2θ: 24 º, 30 º, 34 º, 38 º dan K_2CO_3 gas bermotor menghasilkan 2θ: 24 º, 30 º, 34 º, 50 º. Kehadiran dari K_2CO_3 diamati sesuai dengan file JCPDS no.01-07-0292.

Untuk mengukur ukuran kristal dari endapan-endapaan yang diperoleh, baiknya melakukan karakterisasi menggunakan instrumen SEM. Kelebihan dari SEM ini yang merupakan teknik karakterisasi terhadap suatu material untuk mengetahui morfologi permukaan partikel, hingga ukurannya 1 nm (Charurvedi, 2012). Namun, dalam penelitian ini munggunakan XRD, karena data yang diperoleh hanya dari pengujian XRD adalah 2θ (sudut difraksi) beserta FWHM (*Full Width Half Maximum* atau analisis lebar setengah puncak).

Analisis FWHM digunakan untuk menghitung ukuran kristal melalui persamaan metode Scherrer, yaitu:

$$D = \frac{0{,}9\lambda}{\beta \cos\theta}$$

Berdasarkan persamaan Scherrer, nilai FWHM dan ukuran kristal menghasilkan nilai yang berbanding terbalik, apabila semakin kecil nilai FWHM maka akan semakin besar ukuran kristal, dan semakin besar nilai FWHM maka akan semakin kecil ukuran kristal.

Tabel 10. Perbandingan Ukuran Kristal Endapan K_2CO_3

K_2CO_3 gas CO_2 murni		K_2CO_3 murni		K_2CO_3 gas kendaraan bermotor		Ukuran Kristal (D : nm)		
Peak (º)	FWHM (º)	*Peak* (º)	FWHM (º)	*Peak* (º)	FWHM (º)	K_2CO_3 gas CO_2 murni	K_2CO_3 murni	K_2CO_3 gas kendaraan bermotor
12,140	0,084	12,964	0,107	12,035	0,102	95,10809773	74,72337053	78,31671758
16,945	0,083	25,915	0,114	24,216	0,081	96,77041067	71,5075674	100,309123
24,313	0,093	27,050	0,097	30,059	0,053	87,38190971	84,23591995	155,2013035

30,137	0,053	29,840	0,154	30,130	0,041	155,2297097	53,38613846	200,6594957
30,209	0,036	32,293	0,078	31,143	0,054	228,571339	106,0324385	152,7219366
31,282	0,091	32,485	0,079	31,226	0,050	90,65691524	104,7412113	164,9730334
31,841	0,064	32,777	0,130	31,363	0,051	129,0806323	63,69792227	161,7924379
34,162	0,054	38,777	0,073	31,766	0,061	153,9051469	115,3685046	135,4036103
34,249	0,048	39,981	0,063	34,06	0,091	173,1837423	134,1845355	91,30339247
49,706	0,067	41,459	0,073	37,815	0,096	130,6732465	116,3587177	87,47278392

Berdasarkan Tabel 10 ukuran kristal dari ketiga endapan tersebut, nilai FWHM yang terendah pada endapan K_2CO_3 gas CO2 murni sebesar 0,036 º di puncak 30,209 º dan nilai D nya 228,571 nm. Sedangkan nilai FWHM yang tertinggi terdapat pada endapan K_2CO_3 gas kendaraan bermotor sebesar 0,154 º di puncak 29,840 º dan nilai D nya 53,386 nm. Sesuai dengan persamaan Scherrer yang menyatakan bahwa nilai FWHM yang kecil, menghasilkan nilai ukuran kristal yang besar dan nilai FWHM yang besar, menghasilkan nilai ukuran kristal yang kecil. Sehingga dari persamaan Scherrer dan hasil yang diperoleh sesuai dalam mengukur kristal.

BAB VI

KESIMPULAN DAN SARAN

6.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pengolahan data penelitian Absorpsi Emisi Gas Buang CO_2 Pada Kendaraan Bermotor Menggunakan Larutan Penjerap KOH dapat disimpulkan bahwa:

1. Hasil pengolahan data mengenai variasi yang dilakukan terhadap konsentrasi, mulai dari konsentrasi rendah hingga konsentrasi tinggi yang tampak pada nilai % rendemen endapan A memiliki konsentrasi 3 M sebesar 0,46 % sedangkan % rendemen endapan yang paling tinggi diperoleh pada konsentrasi 7 M sebanyak 19,158 %. Sedangkan pada endapan % rendemen B, endapan yang paling rendah diperoleh pada konsentrasi 3 M sebesar 0 % dan endapan yang paling tinggi diperoleh pada konsentrasi 7 M sebesar 15,381 %. Semakin tinggi konsentrasi maka akan semakin banyak pula endapan yang diperoleh.
2. Hasil pengolahan data mengenai variasi yang dilakukan terhadap volume, dimulai dari volume kecil hingga volume besar yang dapat dilihat pada nilai %rendemen endapan A yang paling rendah yang bervolume 25 mL sebesar 3,993 % dan % rendemen endapan yang paling tinggi diperoleh pada variasi volume 125 mL dengan berat 38,33 %. Sedangkan pada % rendemen B, endapan yang paling rendah diperoleh pada variasi volume 25 mL sebesar 10,339 % dan endapan yang paling tinggi diperoleh pada variasi volume 125 mL sebesar 16,528 %.
3. Hasil pengolahan data mengenai variasi yang dilakukan terhadap waktu, dimulai dari 30 hingga 90 menit dan dapat dilihat pada nilai % rendemen endapan. Hasil endapan terbaik diperoleh pada variasi konsentrasi dalam waktu 90 menit dengan volume 50 mL. sedangkan hasil penjerapan gas CO_2

kendaraan bermotor, menggunakan variasi konsentrasi 7 M dalam waktu 90 menit.

4. Hasil pengolahan data yang diperoleh dari pengujian karbonat, FTIR dan XRD, adanya kandungan senyawa karbonat dan menunjukan kandungan senyawa yang dihasilkan dari endapan K_2CO_3 terdapat adanya kemiripan dengan senyawa K_2CO_3 murni berdasarkan data FTIR dan XRD serta pengukuran kristal menggunakan persamaan Scherrer dengan nilai FWHM.

6.2 Saran

Berdasarkan pengalaman selama penelitian yang telah dilakukan ada beberapa saran yang dipertimbangkan adalah:

1. Penggunaan konsentrasi tinggi dalam proses penjerapan gas CO_2 oleh KOH atau basa alkali lainnya, agar proses penjerapan lebih efektif dan efisien sehingga tidak butuh waktu yang lama. Serta melakukan perbandingan kualitas larutan basa alkali untuk mengetahui mana larutan yang paling efektif ntuk menjerap CO_2 pada kendaraan bermotor.
2. Penggunaan volume yang lebih besar untuk mengetahui seberapa efektif KOH untuk menjerap gas CO_2 dengan volume skala besar
3. Penggunaan variasi waktu dalam penelitian ini bertujuan untuk mengetahui berapa lama larutan KOH dan gas CO_2 mulai mencapai titik jenuh sehingga menghasilkan endapan.
4. Aplikasi yang dilakukan pada gas bermotor yang paling efektif dari sekian percobaan yang dilakukan adalah menggunakan larutan KOH berkonsentrasi 7 M dengan volume 50 mL dengan waktu 240 menit baru bisa memperoleh endapan K_2CO_3.

DAFTAR PUSTAKA

Agusnar, 2008, Analisa Pencemaran dan Pengendalian Pencemaran, USU Press, Medan.

Alves, C.A., Vicente, A.M, Custódio, V., Cerqueira, M., Nunes, T., Pio, C., Lucarelli, F., Calzolai, G., Nava, S., Diapouli, E., Eleftheriadis, K., Querol, X., Bandowe, B.A.M., 2017, Polycyclic Aromatic Hydrocarbons and Their Derivatives (Nitro-Pahs, Oxygenated Pahs And Azaarenes) in PM From Southern European Cities, *Science of the Total Environment*.

Aly, S.H., Selintung, M., Ramli, M.I., Sumi, T. 2011, Study on Emission Measurement of Vehicle on Road Based on Binominal Logit Model, *Journal of the Eastren Asia Society for Transportation Studies.*

Badan Pusat Statistik, 2017 tentang Persentase Pertumbuhan Penduduk Indonesia

Basset, J., R. C. Denney, G.H Jeffrey, J. Mendhom. 1994, Buku Ajar Vogel Kimia Analisa Kuantitatif Anorganik. EGC, Jakarta.

https://byjus.com/chemistry/potassium-carbonate/ diakses pda tanggal 13 Juni 2020

Chang,R.,2003, Kimia Dasar Jilid 2 Edisi Ketiga, Erlangga, Jakarta

Chatwal, G., 1985, Spectroscopy Atomic and Molecule, Himalaya Publishing House, Bombay.

Cullity, B.D., 1978, Element of X-Ray Diffraction, Addision-Wesley Publishing Company, Inc. New Jersey, USA.

Cullity B.D. and Stock S.R., 2001, Elements of X-Ray Difraction, Prentice Hall, New Jersey.

Charurvedi S., Dave P.N., 2012, Microscopy in Nanotechnology: Current Microscopy Contributions to Advances in Science and Technology. Formatex Research Center; Badajoz, Spain.

https://www.epa.gov/greenvehicles/fast-facts-transportation-greenhouse-gas-emissions) diakses tanggal 14 November 2019

Fessenden, 1982, Kimia Organik Jilid 1, Erlangga, Jakarta

Gasc, F., Thiebaud-Roux, S., Mouloungui, Z., 2009, Methods for synthesizing diethyl carbonate from ethanol and supercritical carbon dioxide by one-pot

or two-step reactions in the presence of potassium carbonate. *The Journal of Supercritical Fluids, vol. 50*

Gondal, S., 2014, The Kinetics and Equilibrium of CO_2 Absorption Into Hydroxide and Carbonate Systems. *Thesis for the degree of Philosophiae Doctor*, Norwegian University of Science and Technology, Department of Chemical Engineering,Trondheim.

Hapsari, A.U., Pravitasari, R.D., Yuliani, H., Raharjo, J., 2019, Analisis Kemurnian Hasil Sintesis Gadolinium Doped Cerium (GDC) Menggunakan Prekursor Gd_2O_3 Dan $Ce(OH)_4$ Lokal Dengan Metode Kopresipitasi, *Jurnal Inovasi dan Teknologi Material*

Hermawan, A.D., 2016, Sintesis dan Karakterisasi Senyawa Kompleks Cu(II)-Kurkumin serta Uji Aktifitasnya sebagai Inhibitor Enzim Lipase Pankreas, *Skripsi*, Departemen Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi, Universitas Airlangga, Surabaya.

Suryanto, D.A., 2012, Analisis Tingkat Polusi Udara terhadap Pengaruh Pertumbuhan Kendaraan Studi Kasus DKI Jakarta, *UGM Jurnal*, Yogyakarta.

Hong, J., Chu, Z., Wang, Q., 2011, Transport Infrastructure and Regional Economic Growth, Evidence from China, *Transporttation Journal* 38:737-752 Springer

Huboyo, S.H dan Sustrisno H., 2009, Analisis Konsentrasi Particulate Matter 10 (PM10) pada Udara di Luar Ruang, *Studi Kasus*: Stasiun Tawang, Semarang.

Irmawati, R., Shafizah, I. A., Sharina, N.H., Ahangar, A., Taufiq-Yap, Y. H., 2014, Transesterification of Palm Oil by Using Silica Loaded Potassium Carbonate (K2CO3/SiO2) Catalysts to Produce Fatty Acid Methyl Esters (FAME), Scientific & Academic Publishing, Malaysia

Keenan, Charles W., Kleinfelter, Donald C. Wood, J.H., Pudjaatmaka, Hadyana, A., 1991, Kimia Untuk Universitas Jilid 2, Erlangga. Jakarta.

Kohl, A. Neilsen, R., 1997, Gas Purification, Golf Publishing Company, Houston, Texas

Kristanto, P., Anggono, W., Michael, 2001, Peningkatan Unjuk Kerja Motor Bensin Emppat Langkah dengan Penggunaan Methyl Tertiary Buthyl Ether pada Bensin, *Jurnal Teknik Mesin* Vol. 3 No.2

Kumoro, Cahyo, A., Hadiyanto, 2004, Absorbsi Karbondiolsida dengan Larutan Soda Api dalam Kolom Unggun Tetap. *Forum Teknik* Jilid 24.

Syarif, M.Z., 2016, Komparasi Aktivator KOH dan HCl pada Aktivasi Kimia-Fisik *Fly Ash* Batubara terhadap Prestasi Mesin Sepeda Motor 4-Langkah, *Skripsi*, Univeritas Negeri Lampungma

Manik, 2007, Pengelolaan Lingkungan Hidup Edisi Revisi, Penerbit Djambatan, Jakarta

Mahendro, S., 2014, Analisis Penggunaan Elektroliser terhadap Emisi Gas Buang CO dan HC pada Sepeda Motor 4 Langkah Merk Suzuki Shogun 125 Cc Tahun Pembuatan 2010, *JTM*, Universitas Mercubuana, Jakarta

Maryana, R., Satriyo, K.W., Kismurtono, M., 2008, Proses Pemurnian Metana dari Biogas Menggunakan Larutan NaOH dan KOH, *Seminar Nasional Fundamental dan Aplikasi Teknik Kimia*, ITS, Surabaya.

Mukono, 2007, Pencemaran Udara dan Pengaruhnya Terhadap Gangguan Saluran Pernafasan, PT Garsindo: Jakarta.

Mulyono, P., Swandito, A., 2005, Absorpsi CO_2 dengan Larutan KOH dalam Tangki Berpengaduk dan Berbaflle, *Media Teknik.*

Muziansyah, D., Sulistyorini, R., Sebayang, S., 2015, Model Emisi Gas Buangan Kendaraan Bermotor Akibat Aktivitas Transportasi (Studi Kasus: Terminal Pasar Bawah Ramayana Koita Bandar Lampung), *JRSDD*, Edisi Maret 2015, Vol. 3, No. 1, Hal:57 - 70 (ISSN:2303-0011)

Natalasa, H., 2010, Kajian Pencemaran Udara di Tugu Yogyakarta (Studi Kasus Kandungan CO), *Skripsi Sarjana*, Jurusan Teknik Lingkungan STTL "YLH, Yogyakarta.

Oxtoby, 2001, *Prinsip-prinsip Kimia Modern*, Erlangga, Jakarta.

PP No 33 tahun 2009 tentang Pengelolaan dan Perlindungan Lingkungan Hidup.

Peraturan Pemerintah No. 41 Tahun 1999, tentang Pengendalian Pencemaran Udara.

Peraturan Menteri Negara Lingkungan Hidup Nomor 04 Tahun 2009, tentang

Ambang Batas Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor.

PERMENLH No. 12 tahun 2010 tentang Pelaksanaan Pengendalian Pencemaran Udara.

Prawiro, R.H., 1983, Ekologi Lingkungan Pencemara, Satya Wacana, Semarang.

Primasto, A.R., Ridha, A.N., Eresta, J., 2015, Proses Operasi Teknik 1, Modul Absorbsi, Universitas Indonesia, Jakarta.

Putri, F.N., 2012, Analisis Distribusi Gas Karbon Monoksida (CO) dan Pengaruhnya Terhadap Kualitas Udara di Jalan Slamet Riyadi Kota Surakarta, *Skripsi Sarjana*, Fakultas Geografi Universitas Muhamadiyah Surakarta, Surakarta.

Rusli, R., 2011, Petunjuk Refinement Analisis Pola Difraksi Sinar-X Serbuk Menggunakan Metode Le Bail Pada Program Rietica, Bandung.

Samiaji, T., 2011, Gas CO2 di Wilayah Indonesia, *Berita Dirgantara*,Bandung.

Sanjaya, S., 2014, Pengaruh Ukuran dan Massa Karbon Aktif Teraktivasi KOH dalam Proses Adsorpsi Karbon Monoksida dan Penjernihan Asap Kebakaran, *Jurnal* Universitas Indonesia Fakultas Teknik.

Sastrawijaya, A.T., 2009, Pencemaran Lingkungan, PT Rineka Cipta, Jakarta.

Setiabudi, A., Hardian, R., Muzakir, A., 2012, Karakterisasi Material Prinsip dan Aplikasinya untuk Penelitian Kimia, Universitas Pendidikan Indonesia, Bandung.

Servatius, B.A., 2012, Absorpsi Gas CO2 melalui Kontraktor Membran Serat Berongga Menggunakan Larutan Penyerap Tunggal dan Campuran Senyawa Amina Pengaruh Laju Alir CO2, *Skripsi*, Departemen Teknik Kimia FT UI, Depok.

Skoog, D.A., Holler, F.J., Nieman, T.A., 1998, Principles of Instrumental Analysis Ed ke5, Hourcourt Brace, Orlando.

Snip, L.J.P., 2010, Thesis project Systems and Control: Quantifying The Greenhouse Gas Emissions of Waste Water Treatment Plants, *Thesis*, Wageningen the Netherlands.

Sutanto, 2002, Titrasi Potensiometri, *modul praktikum*.

Sudarmadji, 2004, Pengantar Ilmu Lingkungan, Universitas Jember, Jember

Sumadiyasa, M, Adnyana, I.G.A.P., Widagda, I.G.A., Suharta, W.G., 2015, Analisis Spektra Ftir Bahan Superkonduktor Fase (Gd,La) $Ba_2Cu_3O_{7-D}$, *Prosiding Seminar Sains dan Teknologi 2015*, Bali

Syarifudin, 2008, Kimia, Scientific Press, Tangerang

Syukri, 1999, Kimia Dasar Jilid I, ITB, Bandung.

Smallman, R.E., Bishop, R.J., 2000. Modern Physical Metallurgy and Materials Engineering, Hill International Book Company, New York.

Sihotang S.R., Assomadi A.F., 2010, Pemetaan Distribusi Konsentrasi Karbon Dioksida (CO_2) dari Kontribusi Kendaraan Bermotor di Kampus ITS Surabaya, *Jurnal Ilmiah Surabaya*, Jurusan Teknik Lingkungan FTSP ITS, Surabaya.

Silverstein, M., Robert, Webster, Francis, X., Kiemle, J. David, 2005, Spectrometric Identification of Organic Compounds 7th Ed, College of Environmental Science & Forest, State University of New York.

Stuart, B., 2004, Infrared Spectroscopy: Fundamentals and Applications, John Wiley and Sons, Chichester, United Kingdom.

Treybal, Robert, E., 1981, Mass Transfer Operation 3rd ed, McGraw-Hill, Tokyo.

Tugaswati T, 2007, Emisi Gas Buang Kendaraan Bermotor Dan Dampaknya Terhadap Kesehatan, *Jurnal Kesehatan* (Online).

USEPA. 2013. Health Effects of Particulate Matter, Wassingthon DC, USA *http://www.epa.gov/pm/health* diakses tanggal 29 November 2019.

Veselovskaya, J.V., Derevschikov, V.S., Kardash, T.Y., Okunev, A.G., 2013, Direct CO_2 capture from ambient air using K_2CO_3/Al_2O_3 composite sorbent, *International Journal of Greenhouse Gas Control 17*

Voight,R., *1994*, Buku Pelajaran Teknologi Farmasi Edisi Kelima, Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.

Welge, H.J., 1940), Absorption of Carbon Dioxide in Aqueous Alkalies. *Industrial & Engineering Chemistry*.

Wijayanti, R.N., 2012, Analisis Pengaruh Kepadatan Lalu Lintas Terhadap Konsentrasi PM10, *Jurnal Teknik Lingkungan*, Universitas Diponegoro, Semarang

Wrigth, Fulton, 2005, Climate Change Mitigation and Transport in Developing Nation, *Transport Reviews Journal*.

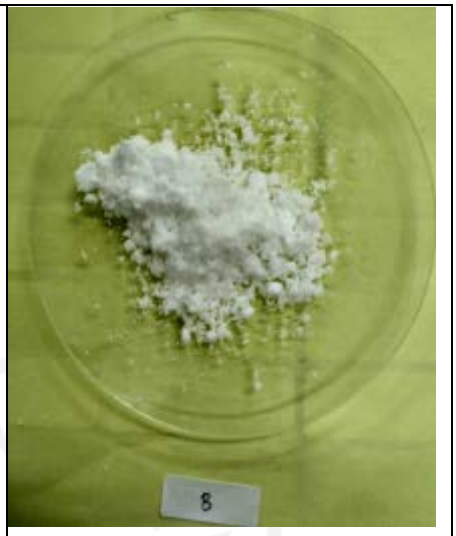
Zeng, X.W., Qian, Z., Vaughn, M.G., Nelson, E.J., Dharmage, S.C., Bowatte, G., Perret, J., Chen, D.H., Ma, H., Lin, S., Foy, B.D., Hu, L.W., Yang, B.Y., Xu, S.L., Zhang, C., Tian, Y.P., Nian, M., Wang, J., Xiao, X., Bao, W.W., Zhang, Y.Z., Dong, G.H., 2017, Positive Association between Short-Term Ambient Air Pollution Exposure and Children Blood Pressure in China–Result from the Seven Northeast Cities (SNEC) Study, *Environmental Poll*

Lampiran 1

Gambar Endapan K_2CO_3 yang Diperoleh

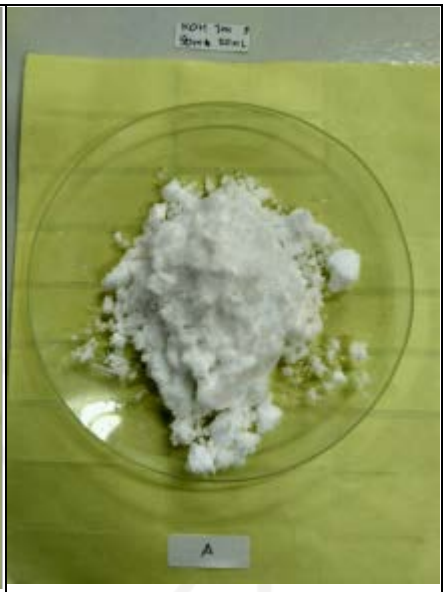
A. Hasil Penjerapan Gas CO_2 Murni

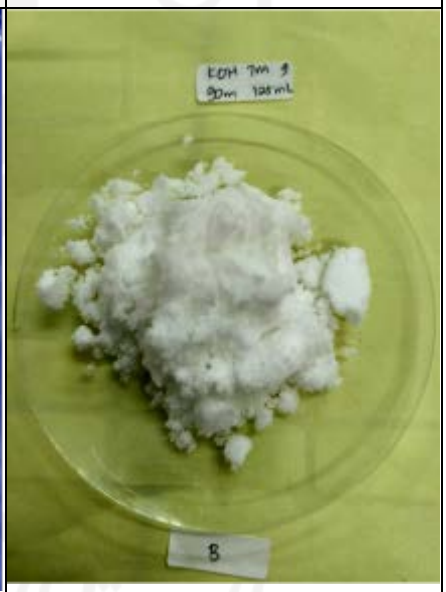
Variasi Konsentrasi	Endapan reaktor A	Endapan reaktor B
3 M	 0,46%	0%
4 M	 3,539%	 1,64%

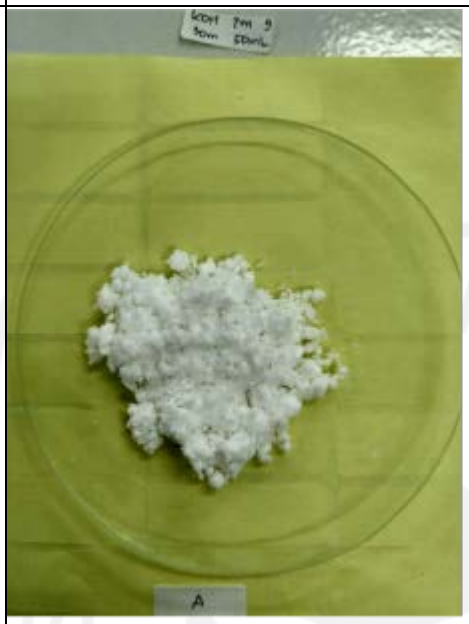
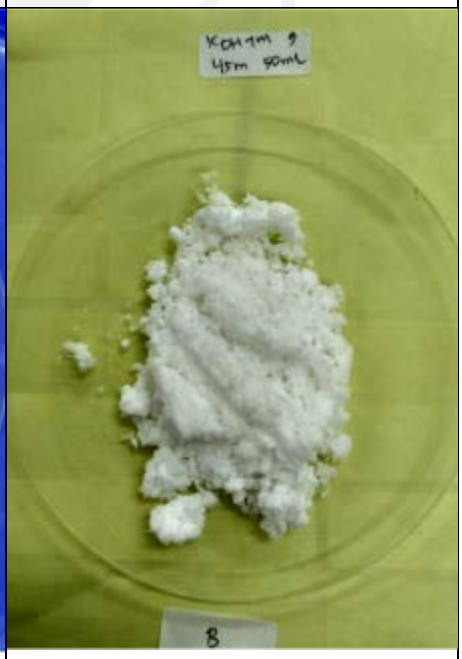
5 M	 8,396%	 5,984%
6 M	 14,711%	 12,719%
7 M		

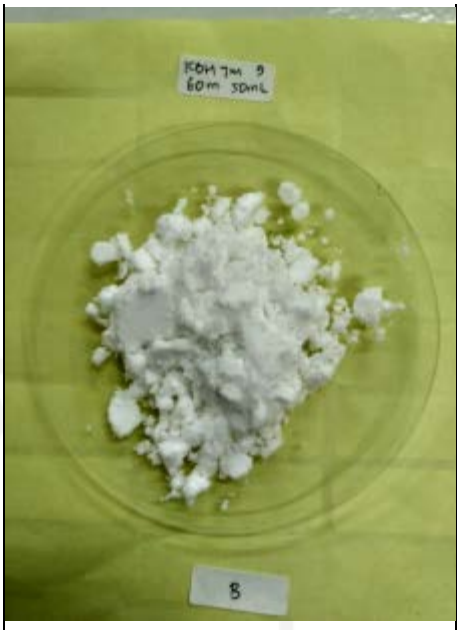
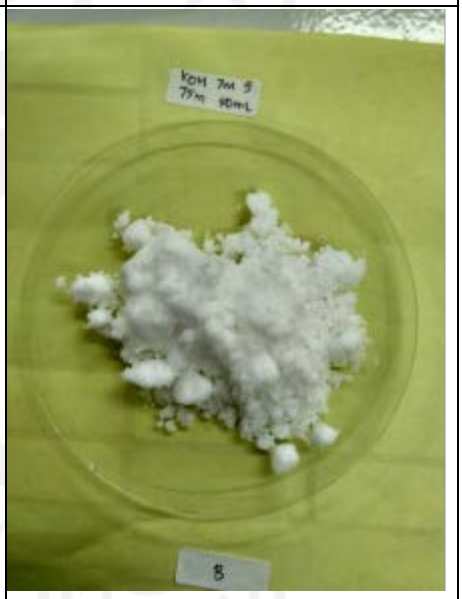
		
	19,158%	15,381%

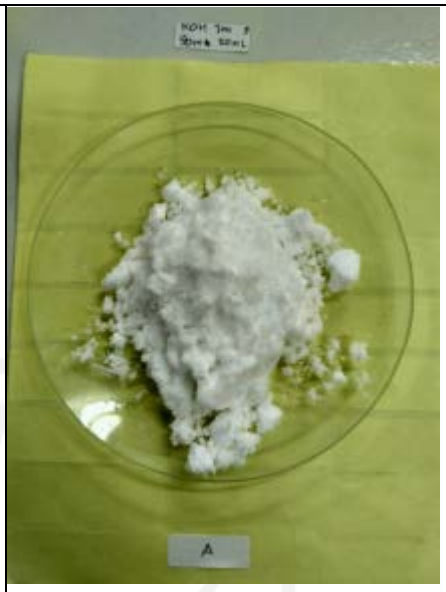
Variasi volume	Endapan reaktor A	Endapan reaktor B
25 mL		
	9,058%	10,30%

50 mL	 19,158%	 15,381%
75 mL	 27,107%	 16,573%

100 mL	 35,079%	 19,150%
125 mL	 38,330%	 16,528%

Variasi Waktu	Endapan reaktor A	Endapan reaktor B
30 menit		
	5,617%	3,239%
45 menit		
	14,324%	5,365%

60 menit	 16,453%	 9,124%
75 menit	 21,559%	 14,664%

90 menit	 19,158%	 15,381%

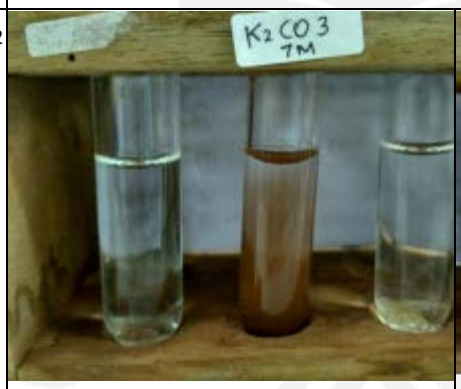
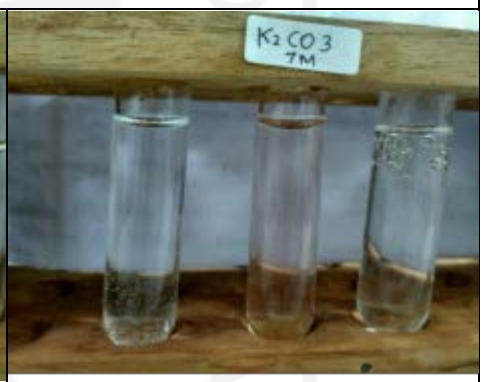
B. Hasil Penjerapan Gas Kendaraan Bermotor

Variasi	Endapan Reaktor	
	Endapan Reaktor A	Endapan Reaktor B
Variasi Konsentrasi	 6,704%	 4,001%
Variasi Volume	 Warnanya lebih pekat dari cairan reaktor B	 Warnanya lebih jernih dari cairan reaktor A

Variasi Waktu	  Cairan reaktor A: warna cairan lebih pekat Cairan reaktor B: warna cairan lebih jernih

Lampiran 2

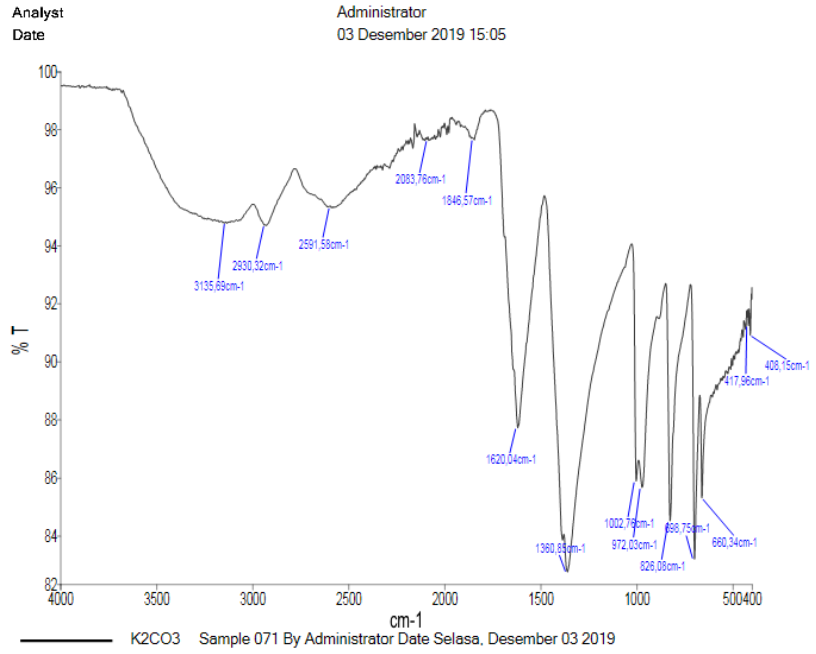
Hasil Uji dengan Spekroskopi Inframerah

Sumber	Endapan reaktor	
	Endapan reaktor A	Endapan reaktor B
K_2CO_3 murni		
Gas CO_2 murni		
Gas Kendaraan bermotor		

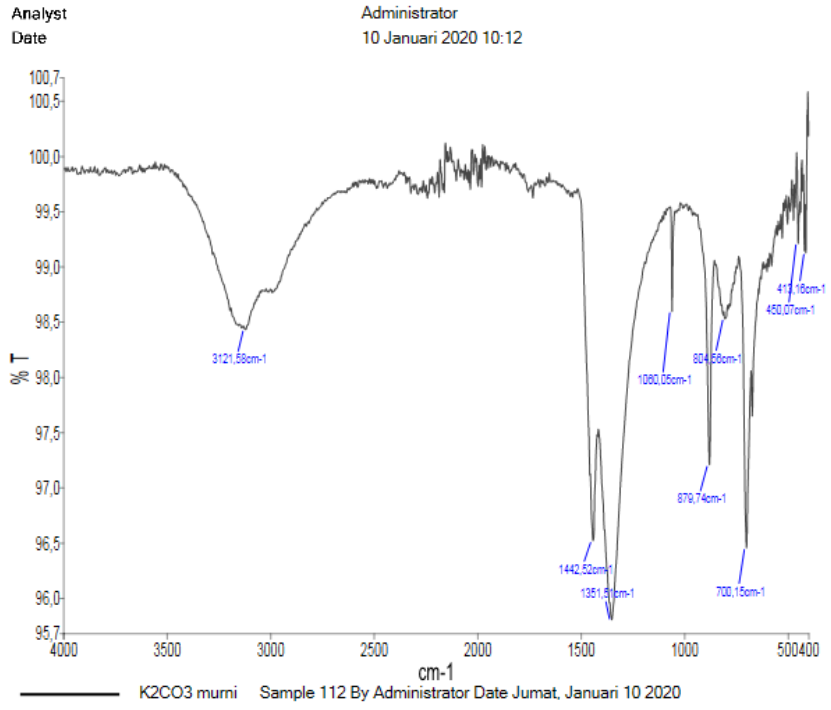
Lampian 3

Hasil Uji dengan Spekroskopi Inframerah

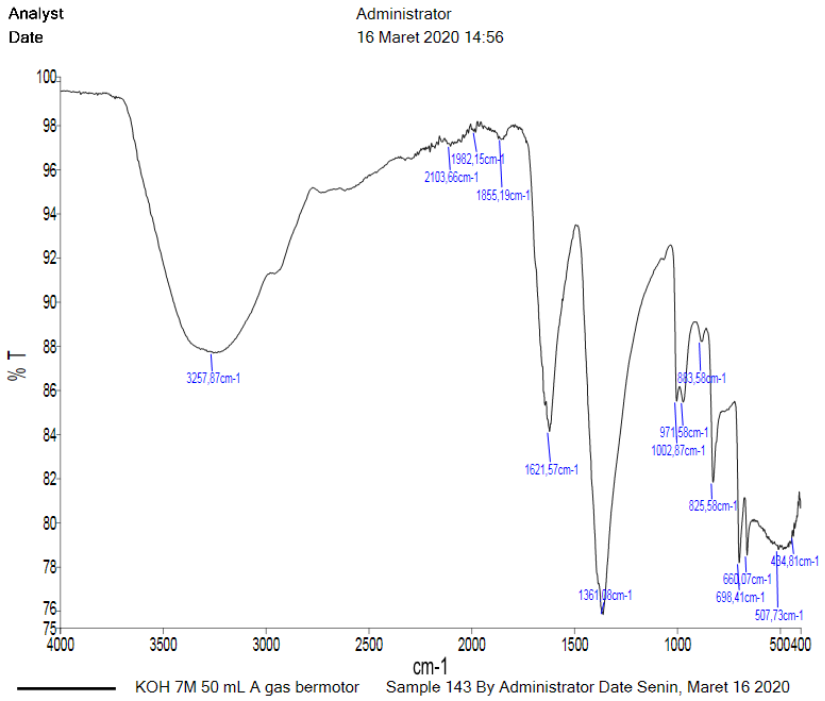
A. Spektrogram Endapan K2CO3 Hasil Penjerapan dari Gas CO2 Murni dan KOH Konsentrasi 7 M Volume 50 mL



B. Spektrogram Endapan K_2CO_3 Murni



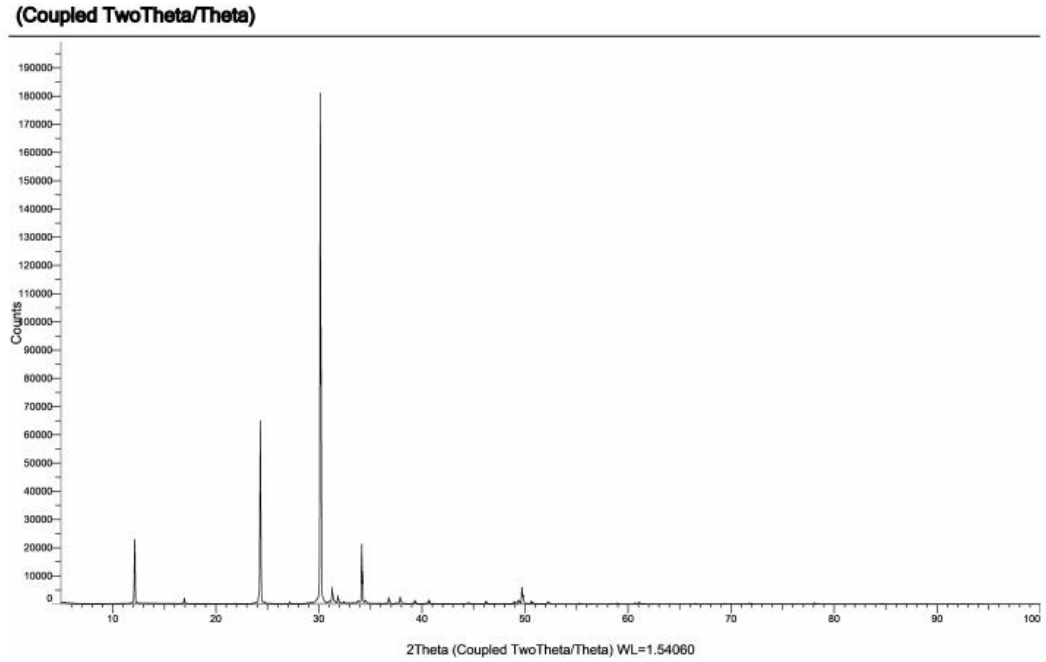
C. Spektogram Endapan K_2CO_3 dari Gas Bermotor dan KOH Konsentrasi 7 M Bervolume 50 mL dalam Jangka Waktu 240 Menit



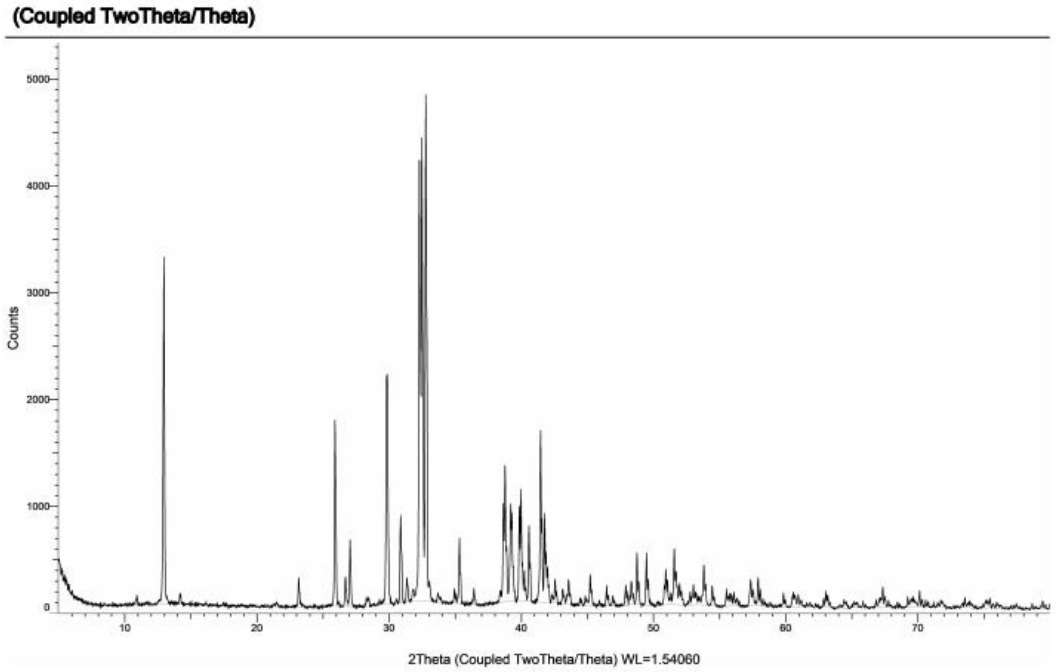
Lampiran 4

Hasil Uji dengan *X-Ray Difraction*

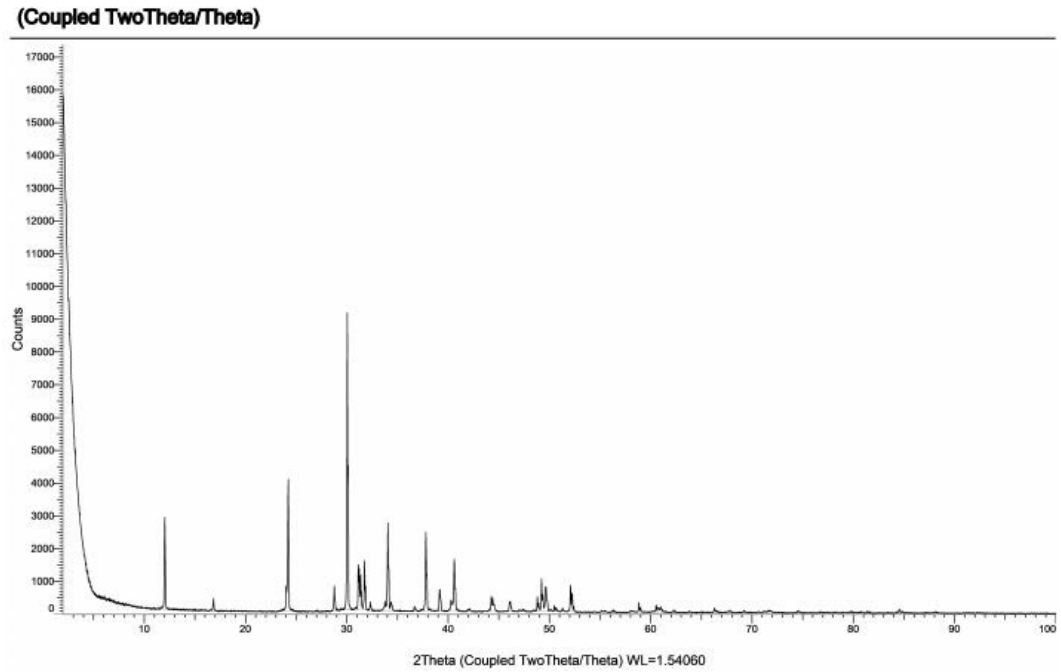
A. Difraktogram Endapan K_2CO_3 Gas CO_2 Murni dan KOH 7 M Volume 50 mL dalam Waktu 90 Menit



B. Difraktogram Endapan K_2CO_3 murni



C. Difraktogram Endapan K_2CO_3 Gas CO_2 Murni dan KOH 7 M Volume 50 mL dalam Waktu 90 Menit



Lampiran 5

Perhitungan % Rendemen
Rumus :

$$\% \textit{ Rendemen} = \frac{berat\ endapan\ akhir}{berat\ bahan} \times 100\%$$

Gas CO_2 Murni

Variasi Konsentrasi

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{18,755\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 19,158%

% Rendemen Endapan B $= \frac{15,074\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 15,381%

- KOH 6M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{14,711\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 14,711%

% Rendemen Endapan B $= \frac{12,465\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 12,719%

- KOH 5M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{8,229\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 8,396%

% Rendemen Endapan B $= \frac{5,864\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 5,984%

- KOH 4M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{3,469\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 3,539%

% Rendemen Endapan B $= \frac{1,613\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 1,64%

- KOH 3M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{0,455\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 0,46%

% Rendemen Endapan B $= \frac{0,285\ 7\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 0,29%

Variasi Volume

- KOH 7M volume 25 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{8,877\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 9,058%

% Rendemen Endapan B $= \frac{10,100\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 10,300%

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{18,775\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 19,158%

% Rendemen Endapan B $= \frac{15,074\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 15,381%

- KOH 7M volume 75 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{26,565\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

=27,107%

% Rendemen Endapan B $= \frac{16,207\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

=16,537%

- KOH 7M volume 100 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{34,378\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 35,079%

% Rendemen Endapan B $= \frac{18,767\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 19,150%

- KOH 7M volume 125 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{37,564\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

=38,330%

% Rendemen Endapan B $= \frac{16,198\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

=16,528%

Variasi Waktu

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 30 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{5,505\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 5,617%

% Rendemen Endapan B $= \frac{3,1746\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 3,239%

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 45 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{14,038\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 14,324%

% Rendemen Endapan B $= \frac{5,258\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 5,365%

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 60 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{16,124\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 16,453%

% Rendemen Endapan A $= \frac{8,942\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 9,124%

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 75 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{21,128\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 21,559%

% Rendemen Endapan B $= \frac{14,371\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 14,664%

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 90 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{18,775\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 19,158%

% Rendemen Endapan A $= \frac{15,074\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 15,381%

GAS KENDARAAN BERMOTOR

- KOH 7M volume 50 mL dalam waktu 240 menit

% Rendemen Endapan A $= \frac{6,570\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 6,704%

% Rendemen Endapan B $= \frac{3,921\ gram}{98\ gram} \times 100\%$

= 4,001%