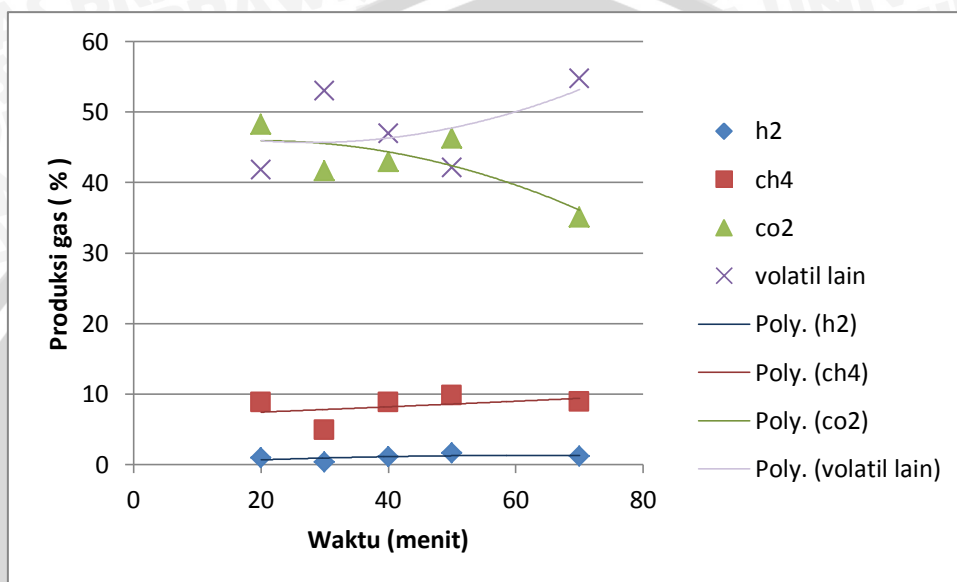


BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

4.1 Komposisi Gas

4.1.1 Komposisi Gas Hasil Pirolisis Temperatur 350°C

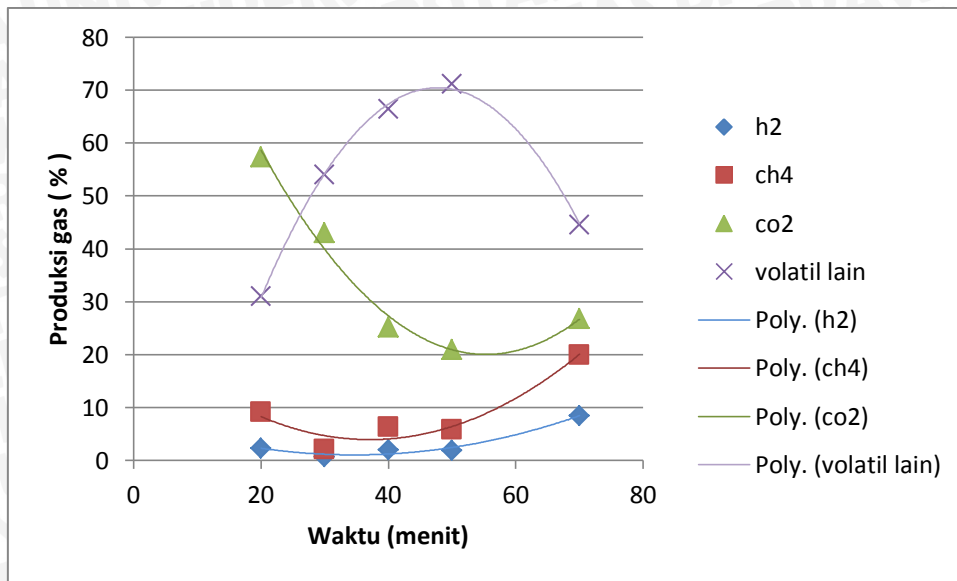


Gambar 4.1 Grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 350°C

Grafik diatas merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 350°C. Dapat dilihat dari grafik diatas pada menit 20 masih banyak volatil lain yang terbentuk yaitu sebesar 41.884% ,CO₂ 48.272% ,CH₄ 8.863%,H₂ 0.981%. Pada menit 30 terbentuk volatil lain 53.008%, CO₂ 41.673%, CH₄ 4.932%, H₂ 0.387%. Pada menit 40 terbentuk volatil lain 47.017%, CO₂ 43.003%, CH₄ 8.846 H₂ 1.134%. jika dibandingkan dengan menit 30 ,pada menit ini metana yang terbentuk semakin banyak karena temperatur sudah mulai mendekati temperatur 350°C dan selulosa dan hemiselulosa semakin banyak yang terdekomposisi. Pada menit 50 gas CH₄ yang terbentuk mulai meningkat lagi. Pada menit 70 gas CH₄ yang terbentuk sudah mulai berkurang hal ini karena biomassa yang terdekomposisi sudah mulai berkurang.. Pada temperatur 350°C dekomposisi yang terjadi paling banyak adalah hemiselulosa dan selulosa



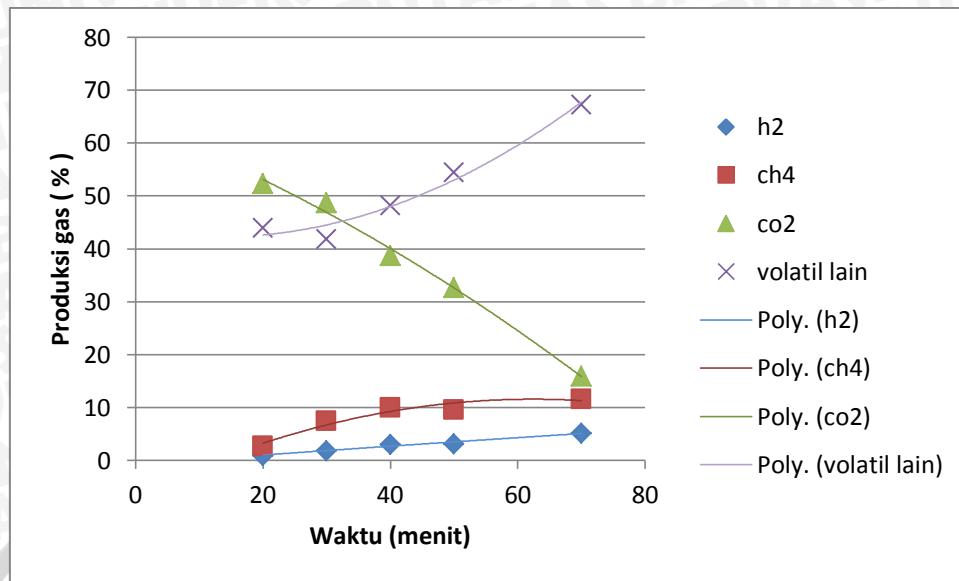
4.1.2 Komposisi Gas Hasil Pirolisis Temperatur 450°C



Gambar 4.2 Grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 450°C

Grafik diatas merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 450°C. Dapat dilihat dari grafik diatas pada menit 20 masih banyak volatile lain yang terbentuk yaitu sebesar 31.039% dan CO₂ sebesar 57.386%. Pada menit 30 terbentuk volatil lain 54.09%, CO₂ 43.044%, CH₄ 2.09%, H₂ 0.776%. dengan semakin lama waktu pemanasan maka temperatur di dalam piroliser akan meningkat sehingga energi untuk memecah biomassa juga semakin besar dan mulai terbentuk gas yang mampu terbakar seperti metana. Pada menit 40 terbentuk volatile lain 66.437%, CO₂ 25.195%, CH₄ 6.371%, H₂ 1.997%. selulosa dan hemiselulosa semakin banyak yang terdekomposisi. Pada menit 70 gas CH₄ terbentuk paling banyak yakni sebesar 19.984%. Komposisi gas yang terjadi pada temperatur 400°C seperti tampak pada grafik dikarenakan pada temperatur 450°C temperatur relatif rendah dan gas yang mampu terbakar yang terbentuk masih sedikit. Pada temperatur 450°C dekomposisi yang terjadi paling banyak adalah hemiselulosa dan selulosa yang berisi gas ringan seperti CO₂.

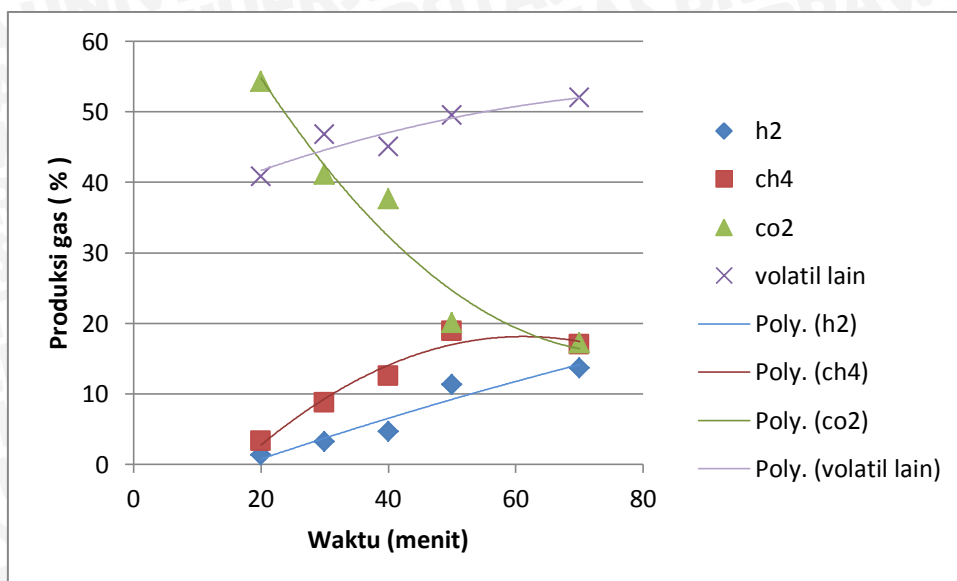
4.1.3 Komposisi Gas Hasil Pirolisis Temperatur 500°C



Gambar 4.3 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Persentase Gas Pirolisis Temperatur 500°C

Grafik diatas merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 500°C. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada menit 20 volatil lain yang terbentuk yaitu, 43.98%, CH₄ 2.71%, CO₂ 52.348%, H₂ 0.962%, pada menit 20 ini gas yang terbentuk masih didominasi oleh CO₂ dengan sedikit CH₄ hal ini dikarenakan temperatur belum mencapai 500°C, sehingga terbentuk gas CO₂ seperti pada proses pembakaran. Pada menit 30 terbentuk volatil lain 41.914%, CH₄ 7.462%, CO₂ 48.763%, pada menit 30 ini seiring bertambahnya waktu temperatur semakin meningkat dan mendekati temperatur 500°C, sehingga energi untuk dekomposisi biomassa akan bertambah dan didapatkan metana yang semakin bertambah dan CO₂ berkurang. Pada menit 40 terbentuk volatil lain 48.238%, CH₄ 10.029%, CO₂ 38.704%, H₂ 3.029%, pada menit 40 ini, metana semakin bertambah dan CO₂ juga berkurang hal ini dikarenakan biomassa sudah mulai terpirolisis sepenuhnya atau bisa disebut juga biomassa sudah jenuh, sehingga komposisi CH₄ bertambah dan CO₂ berkurang. Pada menit 50 dan 70 gas gas CO₂ yang diproduksi mengalami penurunan, hal ini dikarenakan biomassa sudah hamper terdekomposisi semua untuk temperatur 500°C.

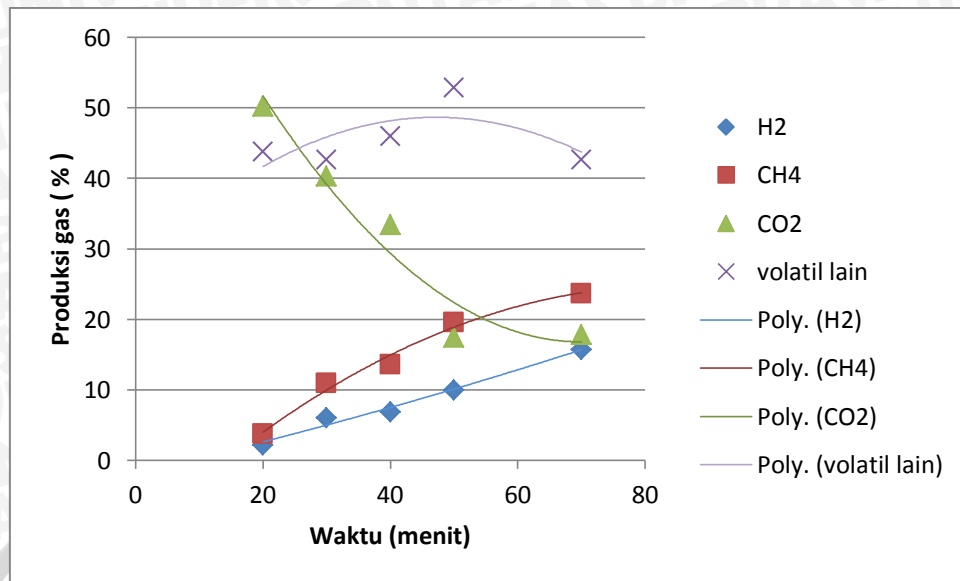
4.1.4 Komposisi Gas Hasil Pirolisis Temperatur 600°C



Gambar 4.4 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Persentase Gas Pirolisis Temperatur 600°C

Grafik diatas merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 600°C. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada menit 20 gas yang terbentuk yaitu, volatile lain 40.878%, CH₄ 3.363%, CO₂ 54.36%, H₂ 1.399%, pada menit 20 pada temperatur ini komposisi gas CO₂ cukup tinggi hal ini dikarenakan temperatur sudah cukup tinggi sehingga mampu untuk terjadi proses dekomposisi biomassa menjadi flammable gas. Pada menit 30 terbentuk volatil lain 46.836%, CH₄ 8.757%, CO₂ 41.155%, H₂ 3.252%. Pada menit 30 ini komposisi CO₂ semakin berkurang dan CH₄ semakin bertambah karena pada menit 30 biomassa masih belum terdekomposisi secara keseluruhan.. Pada 40 terbentuk volatil lain 45.067%, CH₄ 12.538%, CO₂ 37.686%, H₂ 4.709%. Pada menit 40 ini komposisi gas CO₂ semakin berkurang dan CH₄ semakin bertambah hal ini karena sebagian besar biomassa sudah hampir terdekomposisi. Pada menit 50 terbentuk volatile lain 49.598%, CH₄ 18.894%, CO₂ 20.123%, H₂ 11.385%. pada menit 50 ini terjadi peningkatan pada CH₄ hal ini dikarenakan adanya reaksi sekunder yaitu char yang terbentuk terpecah lagi menjadi tar dan gas. Pada menit 70 gas yang terbentuk sudah mulai berkurang, hal ini dikarenakan biomassa sudah terdekomposisi semua untuk temperatur 600°C.

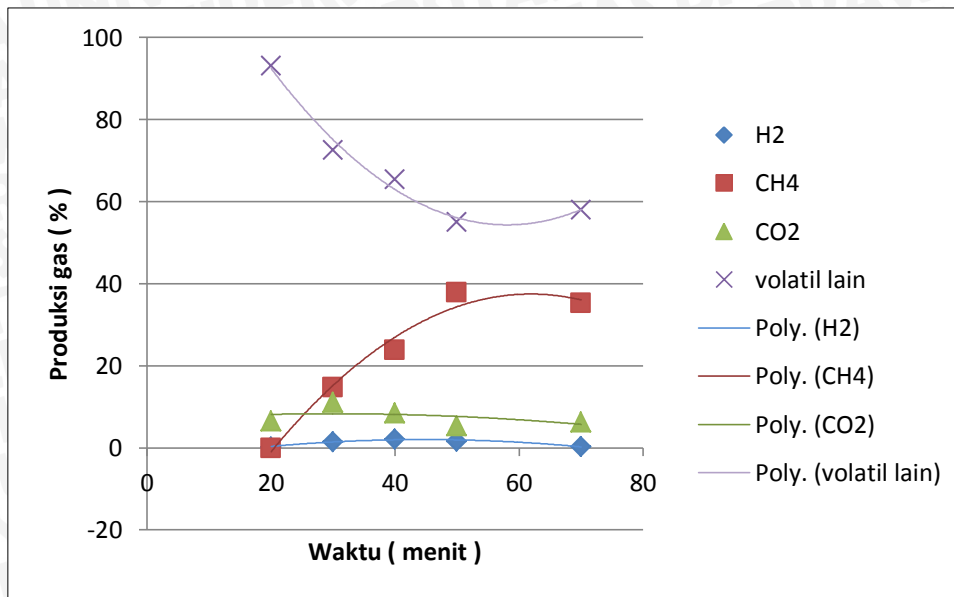
4.1.5 Komposisi Gas Hasil Pirolisis Temperatur 700°C



Gambar 4.5 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Persentase Gas Pirolisis Temperatur 700°C

Grafik diatas merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 700°C. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada menit 20 gas yang terbentuk yaitu volatil lain 43.825%, CH₄ 3.765%, CO₂ 50.208%, H₂ 2.202%, pada menit 20 ini gas metana masih terbentuk sedikit dan hanya banyak gas CO₂ karena temperatur masih relatif rendah sehingga belum mampu menghasilkan flammable gas. Pada menit 30 terbentuk volatil lain 42.651%, CH₄ 10.955%, CO₂ 40.328%, H₂ 6.066%, pada menit 30 ini CO₂ menurun diiringi dengan peningkatan CH₄ hal ini dikarenakan temperatur sudah tinggi sehingga selulosa dan hemiselulosa sudah banyak terdekomposisi. Pada menit 40 terbentuk volatil lain 45.994%, CH₄ 13.622%, CO₂ 33.469%, H₂ 6.915%, pada menit 40 ini dikarenakan temperatur sudah semakin tinggi dan mendekati 700°C maka terjadi pemecahan lignin. Pada menit 50 terbentuk volatile lain 52.904%, CH₄ 19.586%, CO₂ 17.475%, H₂ 10.035%, pada menit 50 gas CO₂ berkurang jumlahnya, hal ini dikarenakan terjadi reaksi dekomposisi sekunder sehingga ikatan CH₄ banyak terjadi. Pada menit 70 terbentuk gas lain 42.643%, CH₄ 23.705%, CO₂ 17.87%, H₂ 15.782%, pada menit 70 ini, gas CO₂ jumlahnya sama seperti pada menit 50 dan gas CH₄ semakin bertambah, hal ini karena adanya dekomposisi dari char sehingga terbentuk ikatan CH₄.

4.1.6 Komposisi Gas Hasil Pirolisis Temperatur 800°C

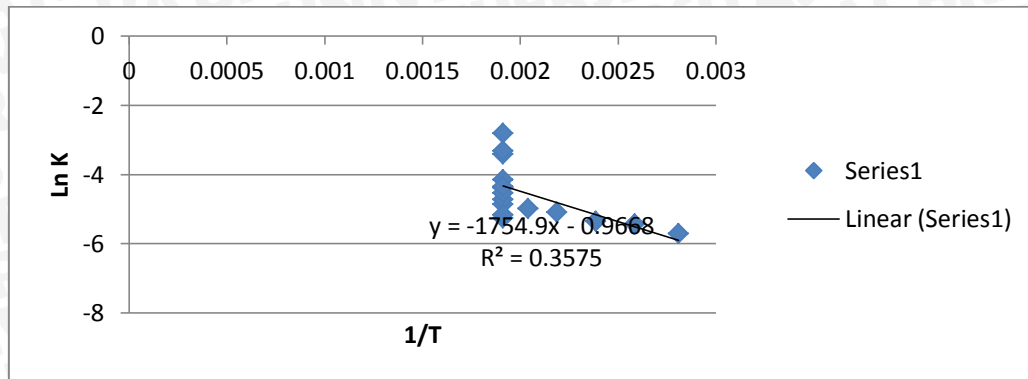


Gambar 4.6 Grafik Hubungan antara Waktu terhadap Persentase Gas Pirolisis Temperatur 800°C

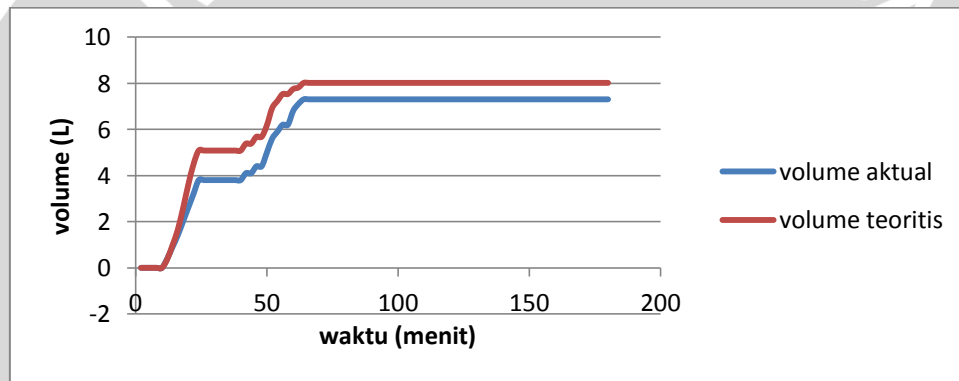
Grafik diatas merupakan grafik hubungan antara waktu terhadap persentase gas pirolisis temperatur 800°C. Dari grafik di atas dapat dilihat bahwa pada menit 20 gas yang terbentuk yaitu volatil lain 93.172%, CO₂ 6.562%, H₂ 0.266%, Pada saat ini belum mulai terbentuk gas CH₄ hal ini dikarenakan belum terjadi dekomposisi biomassa secara keseluruhan. Pada menit 30 terbentuk volatile lain 72.643%, CH₄ 14.7%, CO₂ 11.141, H₂ 1.516%, pada menit 30 ini CH₄ mulai banyak terbentuk, CO₂ dan H₂ sedikit hal ini dikarenakan pada temperature tinggi ikatan hidrogen hanya terjadi pada temperatur tinggi. Pada menit 40 terbentuk volatil lain 65.474%, CH₄ 23.88%, CO₂ 8.47%, H₂ 2.176%, pada menit 40 ini CH₄ dan H₂ semakin meningkat hal ini dikarenakan temperatur yang semakin tinggi dan adanya reaksi primer. Pada menit 50 terbentuk volatil lain 55.059%, CH₄ 37.84%, CO₂ 5.427%, H₂ 1,674%. Pada menit 70 terbentuk gas lain 58.076%, CH₄ 35.286%, CO₂ 6.344%, H₂ 0.294%, pada menit 70 ini terbentuk lagi H₂ hal ini dikarenakan pada temperature yang tinggi terjadi reaksi sekunder dan juga terjadi pemecahan lignin sehingga lignin yang terdekomposisi ada yang membentuk gas H₂.

4.2 Kinetik Rate

4.2.1 Kinetik Rate Gas Temperatur 250°C



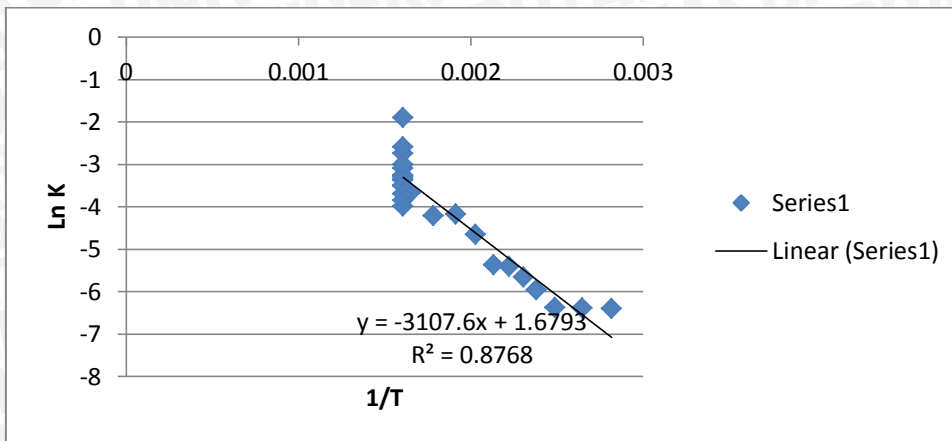
Gambar 4.7 Grafik Hubungan antara ln k dengan 1/T pada Temperatur 250°C



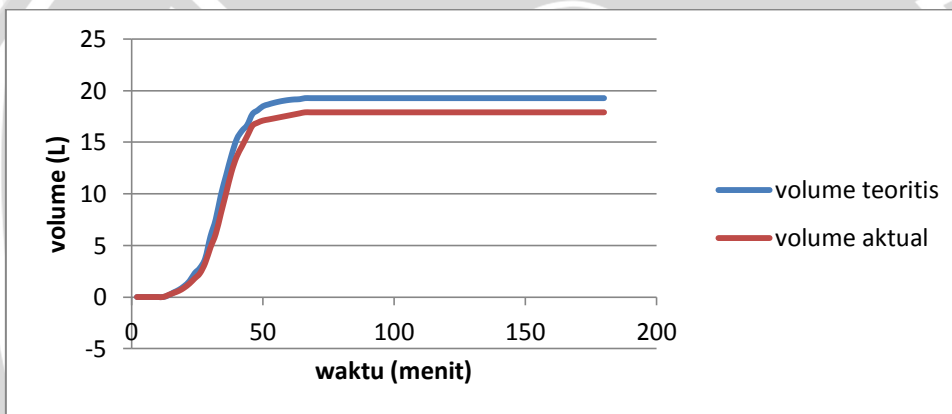
Gambar 4.8 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 250°C dengan waktu

Dapat dilihat pada Gambar 5.9 garis linear $y = -1754.9x - 0.9668$ menunjukkan nilai $E_a = 1754.9 \times 8,314 \frac{J}{KMol} = \frac{20360,99J}{Mol} = 14.5902 KJ/Mol$ dan nilai $\ln A = 0.9668$, maka nilai $A = \exp(0,9668) = 380298 \left(\frac{l}{s}\right)$. Setelah dilakukan proses perhitungan maka didapatkan kinetik rate untuk temperatur 250°C. Setelah didapatkan kinetik rate maka dikembalikan ke bentuk awal terjadinya kinetik rate yaitu volume gas. Pada gambar 5.10 menunjukkan perbedaan volume gas total yang didapatkan dari kinetik rate kinetik rate dan volume aktual, garis biru pada gambar 5.10 menunjukkan volume aktual, garis merah menunjukkan volume dari perhitungan kinetik rate.. Sehingga untuk temperatur 250°C digunakan kinetik rate local yaitu $k = 0.9668e^{-1754/T}$. Volume aktual mengalami perbedaan dengan teoritis dikarenakan karena faktor regresinya.

4.2.2 Kinetik Rate Gas Temperatur 350°C



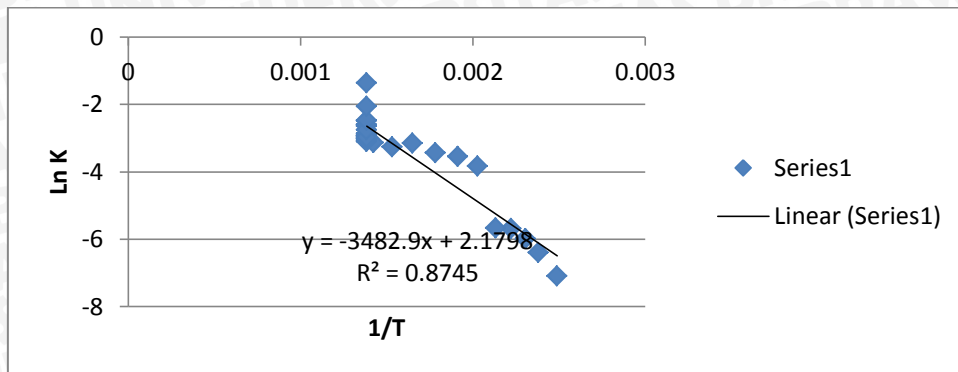
Gambar 4.9 Grafik Hubungan antara ln k dengan 1/T pada Temperatur 350°C



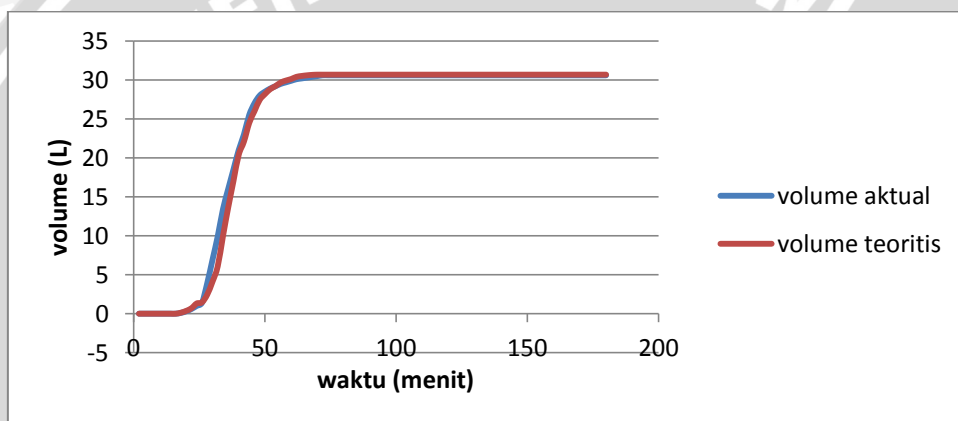
Gambar 4.10 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 350°C dengan waktu

Pada gambar 5.11 menunjukkan nilai $-E_a/R$ dan nilai A dari kinetik rate, dapat dilihat bahwa pada gambar tersebut mempunyai garis linear $y = -3107.6x + 1.6799$ yang menunjukkan nilai $E_a = -3107.6 \times 8,314 \frac{J}{Mol} = \frac{-25836.6 J}{Mol} = -25.9366 KJ/Mol$, dan nilai $\ln A = 1.6799$ maka nilai $A = \exp(1.6799) = 5.361801 (\frac{1}{s})$. Setelah dilakukan metode yang sama seperti pada temperatur 250°C, maka dapat dilihat pada gambar 5.12 maka dapat ditentukan kinetik rate untuk temperatur 350°C adalah $k = 5.361801 e^{-3107.6/T}$. Volume aktual mengalami perbedaan dengan teoritis dikarenakan karena faktor regresinya.

4.2.3 Kinetik Rate Gas Temperatur 450°C



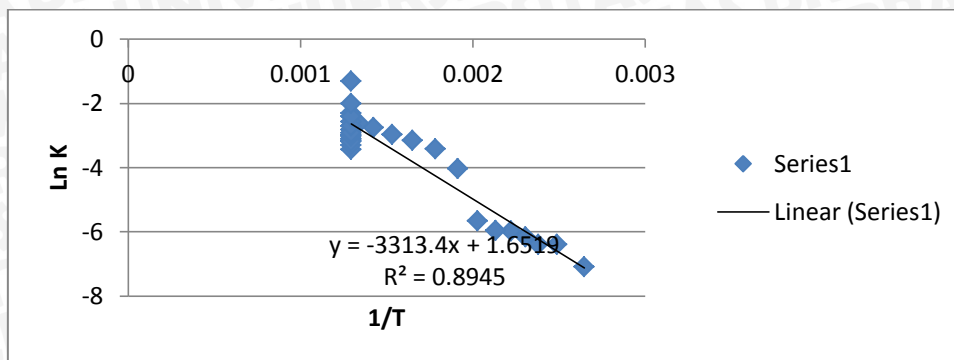
Gambar 4.11 Grafik Hubungan antara ln k dengan 1/T pada Temperatur 450°C



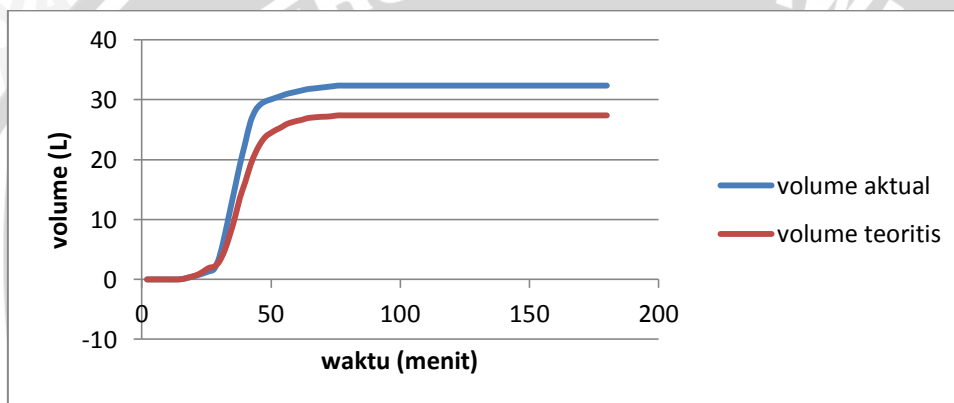
Gambar 4.12 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 450°C dengan waktu

Pada gambar 5.13 menunjukkan nilai $-E_a/R$ dan nilai A dari kinetik rate, dapat dilihat bahwa pada gambar tersebut mempunyai garis linear $y = -3482.9x + 2.1798$ yang menunjukkan nilai $E_a = -3482.9 \times 8,314 \frac{J}{K Mol} = \frac{28956.8J}{Mol} = 28.9568 KJ/Mol$, dan nilai $\ln A = 2.1798$ maka nilai $A = \exp(2.1798) = 8.844537 \left(\frac{L}{s}\right)$. Setelah dilakukan metode yang sama seperti pada temperatur 250°C, maka dapat dilihat pada gambar 5.14, maka dapat ditentukan kinetik rate untuk temperatur 450°C adalah $k = 8.844537 e^{-3482.9/T}$.

4.2.4 Kinetik Rate Gas Temperatur 500°C



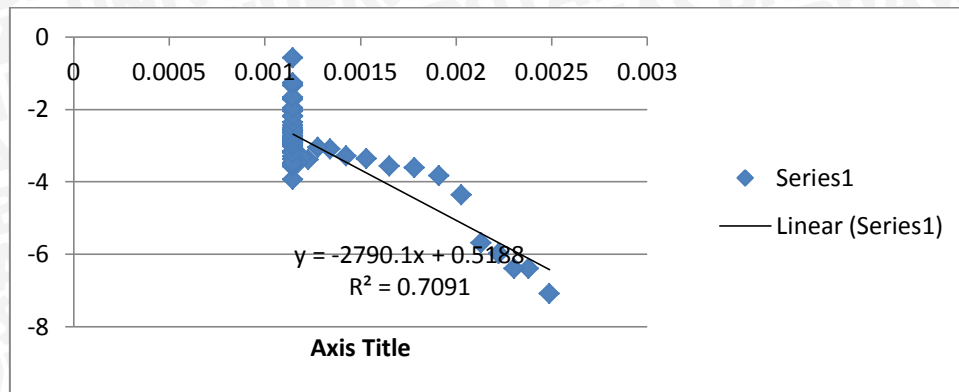
Gambar 4.13 Grafik Hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$ pada Temperatur 500°C



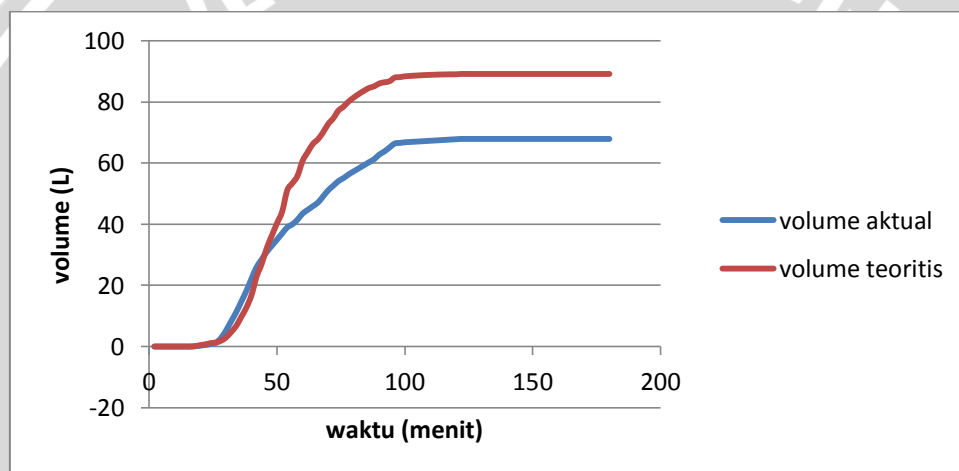
Gambar 4.14 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 500°C dengan waktu

Pada gambar 5.21 menunjukkan nilai $-E_a/R$ dan nilai A dari kinetik rate, dapat dilihat bahwa pada gambar tersebut mempunyai garis linear $y = -3313.4x + 1.6519$ yang menunjukkan nilai $E_a = -3313.4x \cdot 8,314 \frac{J}{KMol} = \frac{27547.6J}{Mol} = 27.5476 KJ/Mol$, dan nilai $\ln A = 1.6519$ maka nilai $A = \exp(1.6519) = 5.216882 \left(\frac{l}{s}\right)$. Setelah dilakukan metode yang sama seperti pada temperatur 250°C, maka dapat dilihat pada gambar 5.16, maka dapat ditentukan kinetik rate untuk temperatur 500°C adalah $k = 5.216882e^{-3313.4/T}$. Volume aktual mengalami perbedaan dengan teoritis dikarenakan karena faktor regresinya.

4.2.5 Kinetik Rate Gas Temperatur 600°C



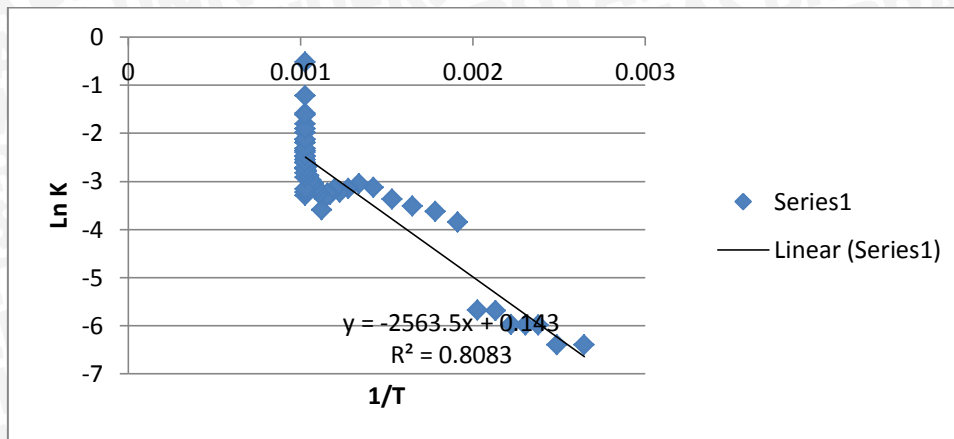
Gambar 4.15 Grafik Hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$ pada Temperatur 600°C



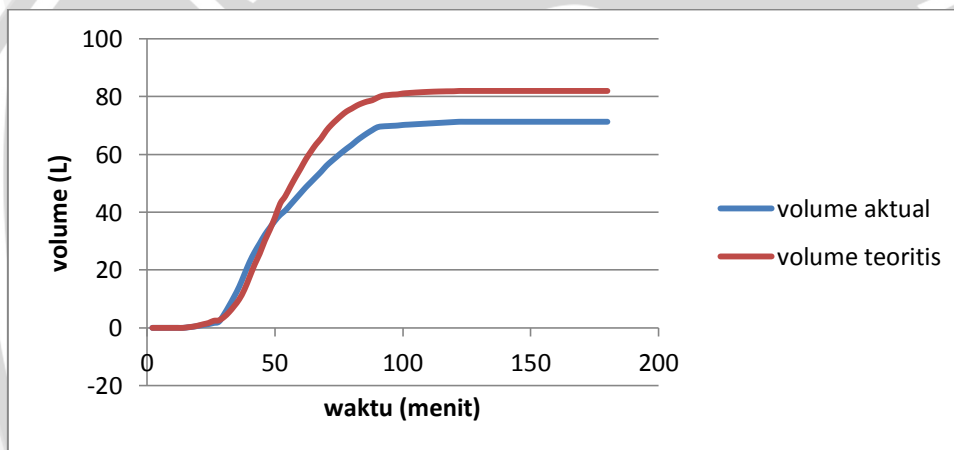
Gambar 4.16 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 600°C dengan waktu

Dari persamaan Arrhenius diketahui bahwa $k = Ae^{-Ea/RT}$, apabila diubah dalam bentuk lain maka didapatkan persamaan $\ln k = -\frac{Ea}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$ sehingga apabila dimasukkan persamaan $y = -2790.1 + 0.5188$ didapatkan nilai $-\frac{Ea}{R} = -2790.1$ maka nilai Ea (Energi aktivasi) adalah $Ea = -2790.1 \times 8,314 \frac{J}{KMol} = \frac{-23196.9J}{Mol} = -23.1969 KJ/Mol$ dan nilai $\ln A = 0.5188$, maka nilai $k = \exp(0.5188) = 1,68001(1/s)$. Kinetik rate untuk suhu 600°C adalah $k = 1,68001e^{-2790.1/T}$. Volume aktual mengalami perbedaan dengan teoritis dikarenakan karena faktor regresinya.

4.26 Kinetik Rate Gas Temperatur 700°C



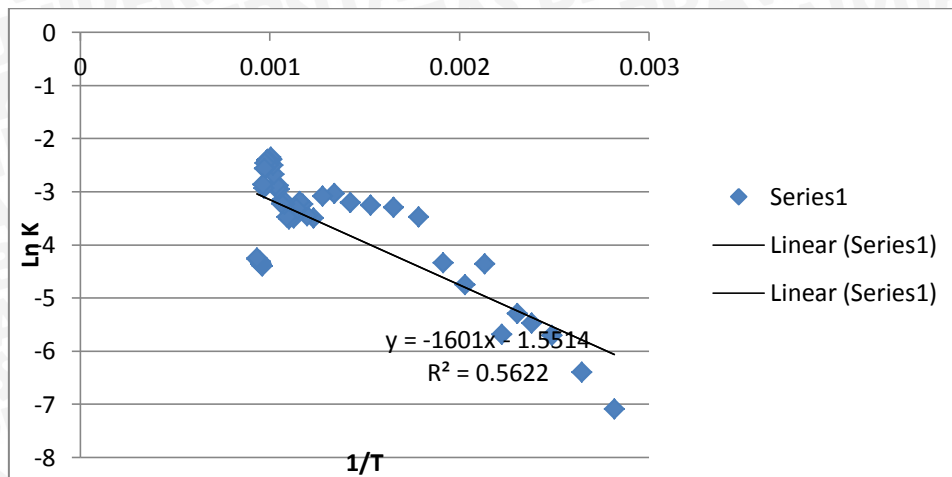
Gambar 4.17 Grafik Hubungan antara ln k dengan 1/T pada Temperatur 700°C



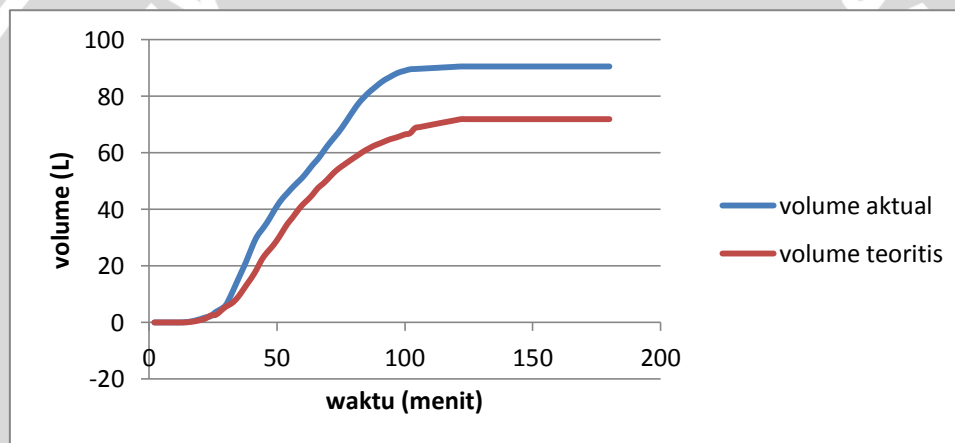
Gambar 4.18 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 700°C dengan waktu

Dari persamaan Arrhenius diketahui bahwa $k = A^{-Ea/RT}$, apabila diubah dalam bentuk lain maka didapatkan persamaan $\ln k = -\frac{Ea}{R} \left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$, sehingga apabila dimasukkan persamaan $y = -2563.5x + 0.143$ didapatkan nilai $-\frac{Ea}{R} = -2563.5$ maka nilai Ea (Energi aktivasi) adalah $Ea = -2563.5 \times 8,314 \frac{J}{KMol} = \frac{-21312.9J}{Mol} = -21.3129 KJ/Mol$ dan nilai $\ln A = 0,143$, maka nilai $A = \exp(0,143) 1,15373$ (1/s). Kinetik rate untuk suhu 700°C adalah $k = 1,153734e^{-2563.5/T}$. Volume aktual mengalami perbedaan dengan teoritis dikarenakan karena faktor regresinya.

4.2.7 Kinetik Rate Gas Temperatur 800°C



Gambar 4.19 Grafik Hubungan antara $\ln k$ dengan $1/T$ pada Temperatur 800°C



Gambar 4.20 Grafik Perbandingan Volume Gas Temperatur 800°C dengan waktu

Dari persamaan Arrhenius diketahui bahwa $k = Ae^{-Ea/RT}$, apabila diubah dalam bentuk lain maka didapatkan persamaan $\ln k = -\frac{Ea}{R}\left(\frac{1}{T}\right) + \ln A$, sehingga apabila dimasukkan persamaan $y = -1601x - 1.5514$ didapatkan nilai $-\frac{Ea}{R} = -1601$ maka nilai Ea (Energi aktivasi) adalah $Ea = -1601 \times 8,314 \frac{J}{KMol} = \frac{-13310,7 J}{Mol} = 13.3107 KJ/Mol$ dan nilai $\ln A = -1.5514$, maka nilai $A = \exp(-1.5514) = 0.21195 (1/s)$. Kinetik rate untuk suhu 800°C adalah $k = 0.21195e^{-1601/T}$. Volume aktual mengalami perbedaan dengan teoritis dikarenakan karena faktor regresinya.