UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Konversi Biomassa Menjadi Syngas dengan Reaktor Dual Fluidized Bed Gasifier
NUR AKLIS, Prof. Dr.Ing. Ir. Harwin Saptoadi, M.SE, IPM, ASEAN Eng.;3) Dr. Ir. Jayan Sentanuhady, S.T., M.Eng., I
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

INTISARI

Dual fluidized bed gasifier (DFBG) adalah salah satu teknologi yang memiliki prospek untuk dikembangkan sebagai pengkonversi biomassa menjadi *syngas* kualitas tinggi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui karakteristik hidrodinamika dan karakteristik gas yang dihasilkan reaktor DFBG berbahan bakar tempurung kelapa dengan agen gasifikasi udara, uap dan campuran uap-udara dengan variasi parameter operasi. Penelitian dilakukan dengan metode simulasi numerik berbasis *multiphase particle in-cell* (MP-PIC). Instalasi DFBG yang digunakan memiliki dua reaktor, yaitu *riser* untuk reaktor pembakaran dan *gasifier* untuk proses gasifikasi dimana keduanya terhubung dengan dua buah *non-mechanical* yaitu *loop-seal* untuk penghubung bagian atas dan *L-valve* untuk bagian bawah. Dimensi reaktor berdiameter 0,20 m dan tinggi 2 m, sedangkan *riser* berdiameter 0,114 m. Untuk menentukan parameter kecepatan *loop-seal* dilakukan uji dingin DFBG yang menghasilkan kecepatan reaktor *gasifier* 0,21 m/s, *riser* 5,76 m/s, *L-Valve* 0,068 m/s, *loop- seal supply chamber* 0,107 m/s dan *recycle chamber* 0,198 m/s. *Bed material* menggunakan pasir silika dengan densitas 2650 kg/m^3 dan ukuran 180-600 *µm*. Biomassa yang digunakan tempurung kelapa dengan ukuran 2-4 mm. Simulasi dibedakan berdasarkan basis fluida yang digunakan, yaitu udara dan uap sebagai agen gasifikasi. Simulasi dengan agen gasifikasi udara menggunakan variasi temperatur awal (IT) yang besarnya 827 K, 973 K dan 1073 K dan variasi *equivalence ratio* (ER) sebesar 0,15,0,25 dan 0,25. Simulasi dengan agen gasifikasi uap menggunakan variasi *thermal wall (t.w)* dan *Steam to Biomass Ratio* (S/B). *Thermal wall* yang digunakan sebesar 873 K, 973 K dan 1073 K, sedangkan nilai S/B yang digunakan S/B 0,1, S/B 0,2, S/B 0,35, S/B 0,5, S/B 0,65. Simulasi dengan agen gasifikasi udara-uap menggunakan perbandingan komposisi udar-uap dengan perbandingan 0,75-0,25, 0,5-0,5 dan 0,75-0,25.

Hasil penelitian menunjukkan *initial temperatur*e tidak berpengaruh signifikan terhadap karakteristik sirkulasi aliran partikel dan fraksi volume partikel. *Initial temperature* (IT) berpengaruh terhadap temperatur sistem DFBG dan temperatur reaktor *gasifier* dimana semakin tinggi IT temperatur reaktor *gasifier* dan *riser* semakin besar. Dikarenakan berpengaruh terhadap temperatur, IT berpengaruh terhadap karakteristik gas yang dihasilkan dimana berubahnya IT dari 873 K menjadi 973 K menyebabkan persentase gas CH_4, CO, CO_2, dan H_2 naik sedangkan pada kenaikan IT selanjutnya persentase gas CO naik dan gas lainnya turun. Secara

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Konversi Biomassa Menjadi Syngas dengan Reaktor Dual Fluidized Bed Gasifier
NUR AKLIS, Prof. Dr.Ing. Ir. Harwin Saptoadi, M.SE, IPM, ASEAN Eng.;3) Dr. Ir. Jayan Sentanuhady, S.T., M.Eng., I
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

keseluruhan komposisi gas yang dihasilkan simulasi dengan IT memiliki komposisi dalam volume dari tinggi ke rendah CO, H_2, CH_4, CO_2. Kenaikan IT menyebabkan LHV dan *yield* gas naik. Hasil dari simulasi dengan variasi *Equivalence Ratio* menunjukkan ER 0,15, 0,20 dan 0,25 tidak berpengaruh terhadap laju sirkulasi partikel DFBG tetapi ER memiliki pengaruh terhadap fraksi volume padatan di gasifier. Pengaruh ER juga terlihat di karakteristik gas yang dihasilkan dimana kenaikan ER menyebabkan komposisi gas CO, H_2, CH_4, CO_2 turun sehingga LHV gas juga akan turun. Hal berbeda ditunjukkan pengaruh ER terhadap *yield* gas dimana *yield* terbesar dihasilkan oleh ER 0,20. Hasil simulasi *DFBG* dengan agen gasifikasi uap dengan variasi *thermal wall* (t.w) menunjukkan t.w tidak berpengaruh signifikan terhadap karakteristik sirkulasi aliran dan fraksi volume padatan di reaktor *gasifier* tetapi berpengaruh terhadap temperatur operasi system DFBG. Hal ini berpengaruh terhadap karakteristik gas hasil gasifikasi dimana kenaikan t.w menyebabkan persentase gas CO, H_2, CO_2 dan CH_4 naik. Kenaikan juga terjadi pada LHV gas dan *yield* gas. S*team to biomass ratio* (S/B) pada kisaran 0,65, 0,5, 0,35, 0,2 dan 0,1 berpengaruh terhadap karakteristik sirkulasi aliran partikel di DFBG dan fraksi volume partikel di *gasifier*. Semakin kecil nilai S/B potensi terjadi ketidakseimbangan aliran partikel di DFBG semakin besar. S/B juga berpengaruh terhadap fraksi volume partikel di *gasifier* dimana penggunaan S/B yang kecil (S/B 0,1 dan S/B 0,2) menyebabkan perubahan rezim di reaktor dari *bubbling fluidized bed* menjadi rezim *turbulent.* S/B berpengaruh terhadap karakteristik gas yang dihasilkan. Pada S/B antara 0,65 sampai dengan 0,2, persentase gas CH_4, CO, CO_2 dan H_2 naik saat S/B turun. *Yield* gas dan LHV gas juga naik saat S/B diperkecil. Pengaruh S/B akan berubah saat S/B diperkecil dimana penurunan nilai S/B akan menyebabkan persentase gas CH_4, CO, CO_2 dan H_2, yield gas dan LHV gas turun, Simulasi dengan agen gasifikasi udara-uap dengan perbandingan komposisi udara-uap mendapatkan hasil bahwa perbandingan agen gasifikasi udara-uap dengan variasi masing-masing 0,75-0,25, 0,5-0,5, dan 0,25-0,75 tidak berpengaruh terhadap karakteristik sirkulasi aliran, fraksi volume padatan di *gasifier* dan karakteristik gas.

Kata Kunci: *Dual fluidized bed gasifier*, Simulasi, komposisi *Syngas*, Tempurung kelapa, Karakteristik hidrodinamika

UNIVERSITAS
GADJAH MADA
Konversi Biomassa Menjadi Syngas dengan Reaktor Dual Fluidized Bed Gasifier
NUR AKLIS, Prof. Dr.Ing. Ir. Harwin Saptoadi, M.SE, IPM, ASEAN Eng.;3) Dr. Ir. Jayan Sentanuhady, S.T., M.Eng., I
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

ABSTRACT

A dual fluidized bed gasifier (DFBG) is a technology that has the potential to be evolved into a high-quality syngas converter. The purpose of this study is to evaluate the hydrodynamic properties and characteristics of the gas produced by the coconut shell-fueled DFBG reactor using air, steam, and a steam-air mixture as gasification agents, as well as the operating parameters. The study was undertaken through the use of a numerical simulation technique based on multiphase particle-in-cell dynamics (MP-PIC). The DFBG installation utilized two reactors, a combustion reactor and a gasifier for the gasification process, which are both connected to two non-mechanical devices, a loop-seal at the top and an L-valve at the bottom. The reactor has a diameter of 0.20 m and a height of 2 m, while the riser has a diameter of 0.114 m. The loop-seal velocity parameters were determined using a DFBG cold flow test, which resulted in a gasifier reactor velocity of 0.21 m/s, a riser velocity of 5.76 m/s, an L-Valve velocity of 0.068 m/s, a loop-seal supply chamber velocity of 0.107 m/s, and a recycling space velocity of 0.198 m/s. Silica sand with a density of 2650 kg/m3 and a particle size of 180-600 m is used as the bed material. Coconut shells with a diameter of 2-4 mm were used as biomass. Made in accordance with the fluids utilized, specifically air and steam as gasification agents. Initial temperature variations (IT) of 827 K, 973 K, and 1073 K were employed in simulations with air gasification agents, as well as variations in the equivalency ratio (ER) of 0.15, 0.25, and 0.25. Variations of the thermal wall (t.w) and the Steam to Biomass Ratio (S/B) are used in the steam gasification simulation. The thermal walls used are 873 K, 973 K, and 1073 K, respectively, with S/B values of 0.1, 0.2, 0.35, 0.5, and 0.65. Air-stream gasification agent simulations with air-steam ratios of 0.75-0.25, 0.5-0.5, and 0.75-0.25. The results indicated that the initial temperature had no discernible effect on the particle flow circulation and volume fraction of particles. The initial temperature (IT) has an effect on the temperature of the DFBG system and the gasifier reactor, with the gasifier and riser reactor IT temperatures increasing. Due to its effect on temperature, IT has an effect on the gas produced, where a change in IT from 873 K to 973 K results in an increase in the percentage of CH_4, CO, CO_2, and H_2 gases, while an increase in IT results in an increase in the percentage of CO gas and a decrease in the percentage of other gases. In general, the gas composition generated by IT simulation ranges from high to low CO, H_2, CH_4, CO_2. Increased IT results in an increase in LHV and gas yield. The simulation findings indicate that whereas ER 0.15, 0.20, and 0.25 have no influence on the circulation

Konversi Biomassa Menjadi Syngas dengan Reaktor Dual Fluidized Bed Gasifier
NUR AKLIS, Prof. Dr.Ing. Ir. Harwin Saptoadi, M.SE, IPM, ASEAN Eng.;3) Dr. Ir. Jayan Sentanuhady, S.T., M.Eng., I
Universitas Gadjah Mada, 2022 | Diunduh dari http://etd.repository.ugm.ac.id/

rate of DFBG particles, they do affect the volume proportion of solids in the gasifier. The effect of ER is also visible in the properties of the gas produced, where an increase in ER results in a drop in the composition of CO, H_2, CH_4, CO_2, and therefore in a decrease in the LHV gas. The effect of ER on gas production demonstrates a variety of things, with the most significant yield in ER being 0.20.

The simulation findings indicate that while t.w has no discernible effect on the flow circulation features and volume fraction of solids in the gasifier reactor, it does affect the operating temperature of the DFBG system. This has an effect on the gasification gas outcomes, as an increase in t.w results in a rise in the percentage of CO, H_2, CO_2, and CH_4 gases. Additionally, LHV gas and gas yield increased. Steam to biomass ratios (S/B) of 0.65, 0.5, 0.35, 0.2, and 0.1 have an effect on the particle flow circulation features in DFBG and the particle volume fraction in the gasifier. The lower the S/B ratio, the greater the possibility of particle flow imbalance within the DFBG. S/B also has an effect on the particle volume fraction in the gasifier, where the usage of tiny S/B (S/B 0.1 and S/B 0.2) changes the reactor's regime from a bubbling fluidized bed to a turbulent regime. S/B has an effect on the properties of the gas produced. When S/B is between 0.65 and 0.2, the percentage of CH_4, CO, CO_2, and H_2 gas increases. When S/B is greater than 0.2, the percentage of CH_4, CO, CO_2, and H_2 gas increases. When S/B is reduced, gas yield and LHV gas both increase. When S/B is reduced, the effect changes, with a decrease in the percentage of CH_4, CO, CO_2, and H_2 gas, gas yield, and LHV all decreasing.

With an air-stream gasification agent and a ratio of air-stream composition, simulations become possible. The results indicated that changing the ratio of air-steam gasification agent by 0.75-0.25, 0.5-0.5, or 0.25-0.75 had no effect on the flow circulation features, solids volume percentage in the gasifier, or gas properties.

Keywords: Dual Fluidized Bed Gasifier, Simulation, Composition of Syngas, Coconut shell, Hydrodynamics Characteristic.