

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Plasma adalah gas yang terionisasi dan sering disebut sebagai fase keempat materi. Plasma terbentuk ketika gas mendapatkan energi yang cukup untuk memecah molekul-molekulnya menjadi ion, elektron, dan partikel sub atom lainnya [1]. Semburan plasma dapat muncul seperti api, dengan memiliki kemampuan ionisasi yang lebih tinggi dan dapat mencapai temperatur dan tekanan yang tinggi [2]. Plasma digunakan dalam berbagai teknologi, seperti pemotongan, pengelasan plasma, penyemprotan plasma, dan gasifikasi sampah untuk pengolahan limbah. Teknologi ini tidak memerlukan bahan kimia dan tidak membutuhkan area yang luas, sehingga proses penguraian senyawa organik dengan plasma berlangsung dengan cepat [3].

Plasma torch adalah perangkat yang menghasilkan plasma dengan mengalirkan arus listrik melalui gas, menciptakan suhu ekstrem yang biasanya berkisar antara 5.000°C hingga 20.000°C. Dalam proses ini, gas seperti nitrogen, argon, atau oksigen dipanaskan hingga terionisasi, membentuk plasma berenergi tinggi yang mampu menguraikan material menjadi komponen dasar, seperti *syngas* (CO, H₂, dan CO₂) dalam proses gasifikasi [4]. Salah satu keunggulan *plasma torch* adalah kemampuannya untuk mengoperasikan proses pada suhu yang jauh lebih tinggi dibandingkan dengan teknologi konvensional, memungkinkan penguraian material secara lebih efisien dan menghasilkan produk sampingan bernilai tinggi [5].

Penggunaan nitrogen dalam *plasma torch* sangat penting dalam berbagai aplikasi teknologi, khususnya untuk proses gasifikasi dan pemrosesan material. Nitrogen dipilih sebagai gas pembawa dalam plasma karena sifatnya yang inert pada suhu rendah, sehingga tidak mudah bereaksi dengan material lain hingga mencapai suhu yang sangat tinggi. Ketika nitrogen terionisasi pada suhu di atas 5.000°C, ia menciptakan plasma suhu tinggi yang stabil, yang ideal untuk proses gasifikasi, pengolahan limbah, dan pemrosesan material berenergi tinggi seperti sintesis amonia dan nanopartikel [6]. Nitrogen plasma juga memberikan keuntungan signifikan dalam menjaga stabilitas plasma dan meningkatkan efisiensi energi konversi. Dalam aplikasi pengolahan limbah, misalnya, nitrogen plasma dapat digunakan untuk menghasilkan *syngas* yang terdiri dari hidrogen dan karbon monoksida tanpa memproduksi emisi beracun, seperti dioksin atau furan, yang sering terbentuk dalam proses pembakaran pada suhu rendah. Stabilitas plasma nitrogen juga memungkinkan pengolahan material pada skala yang lebih kecil dan lebih fleksibel, menjadikannya ideal untuk aplikasi di daerah terpencil [7].

Salah satu teknologi plasma adalah Gasifikasi. Gasifikasi merupakan teknologi proses mengkonversi bahan padat menjadi gas yang mudah terbakar [8]. Gasifikasi plasma merupakan teknologi berenergi tinggi untuk dapat mengolah berbagai macam limbah yang sangat beracun dan dapat menghancurkan toksisitas atau menghasilkan produk baru dari pengolahan bahan limbah [9]. Gasifikasi plasma muncul sebagai teknologi terobosan yang tidak hanya memecah limbah menjadi bentuk unsur, tetapi juga menghasilkan listrik dan produk sampingan yang penting [10]. Kandungan organik dari limbah diubah terutama menjadi karbon monoksida, hidrogen dan jumlah metana yang lebih rendah, meskipun *syngas* umumnya terkontaminasi oleh produk yang tidak diinginkan seperti partikular, tar, logam alkali, klorida dan sulfida [11]. Gas yang dihasilkan selama proses gasifikasi dapat menjadi sumber bahan bakar. Oleh karena itu, proses gasifikasi plasma telah dikombinasikan dengan banyak teknologi lain untuk memulihkan energi dari *syngas*. Konsentrasi masing-masing gas diputuskan tergantung pada jumlah O₂, H₂O, dan entalpi plasma termal masukan yang digunakan. Reaksi utama yang terperinci adalah sebagai berikut $C + H_2O \rightarrow CO + H_2$. Bahan baku melewati kemajuan pirolisis, menghasilkan arang dan tar. Arang dan tar dipecah menjadi *syngas*, terutama terdiri dari H₂ dan CO, saat proses gasifikasi berlanjut [12].

Penelitian sebelumnya [13] tentang gasifikasi limbah *Palm Mesocarp Fibre* (PMF) basah dan kering dengan *steam* menggunakan *fluidized bed gasifier*. Dalam penelitian ini, meningkatnya suhu gasifikasi dari 650°C ke 900°C menyebabkan komposisi gas CO meningkat dari 31,23% menjadi 45,89% pada PMF basah dan 34,34% menjadi 47,68% pada PMF kering. Pengolahan sampah menggunakan metode gasifikasi sudah dilakukan melakukan penelitian [14] mengenai metode gasifikasi produksi gas metan dari ampas tebu dengan peningkatan temperatur 300°C-500°C menggunakan debit udara 10-20 L/menit dengan katalis zeolit. Metode gasifikasi memerlukan tungku *gasifier updraft* yang bisa dioperasikan pada temperatur tinggi dan bisa mengkonversi limbah biomassa menjadi *syngas* dengan konversi tinggi. Hasil dari penelitian ini, semakin meningkatnya temperatur gasifikasi maka produksi *syngas* CO juga semakin meningkat. Didapatkan kadar *syngas* pada temperatur 300°C konsentrasi gas CO sebesar 18,84%. Temperatur 350°C konsentrasi gas CO sebesar 19,78%. Temperatur 400°C konsentrasi gas CO sebesar 21,24%. Tetapi pada temperatur 450°C konsentrasi gas CO sebesar 18,84%, terjadi penurunan konsentrasi gas CO dikarenakan bahan bakar yang digunakan pada temperatur 450°C semakin berkurang dengan bertambahnya temperatur yang digunakan selama proses gasifikasi. Hasil dari penelitian-penelitian sebelumnya didapatkan bahwa dengan meningkatnya suhu gasifikasi maka komposisi gas CO juga akan meningkat. Namun, teknologi gasifikasi yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sistem yang cukup rumit untuk digunakan langsung oleh masyarakat.

Dari beberapa peneliti sebelumnya [7] diketahui bahwa penggunaan gas nitrogen pada pembangkitan busur plasma untuk gasifikasi sampah dengan model gasifikasi plasma dengan N₂ atau nitrogen sebagai gas kerja, dengan di dapatkan

bahwa semakin tinggi suhu plasma akan menaikkan konsentrasi gas karbon monoksida dan hidrogen yaitu sebesar 43,24% dan 50,75%. Dengan demikian, penelitian ini akan menggunakan nitrogen pada *plasma torch* dalam mengubah limbah sampah padat menjadi gas sintetik seperti gas karbon monoksida (CO) dengan metode gasifikasi menggunakan suhu yang lebih rendah. Berdasarkan latar belakang yang telah dijelaskan, penelitian ini diberi judul “Pengaruh Penggunaan Nitrogen Pada Pembangkitan *Plasma Torch* Dalam Gasifikasi Sampah Padat.”

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang penelitian yang telah dijelaskan diatas maka dapat dibuat perumusan masalah dari penelitian ini adalah:

1. Bagaimana cara penggunaan nitrogen pada *plasma torch*.
2. Bagaimana hasil penggunaan nitrogen pada *plasma torch* dalam menghasilkan semburan plasma.
3. Bagaimana perbandingan konsentrasi gas karbon monoksida yang dihasilkan dalam proses gasifikasi menggunakan nitrogen dan kompresor udara pada *plasma torch*.

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Menerapkan penggunaan nitrogen pada *plasma torch*.
2. Menganalisa hasil penggunaan nitrogen pada *plasma torch* dalam menghasilkan semburan plasma.
3. Menganalisa perbandingan konsentrasi gas karbon monoksida yang dihasilkan dalam proses gasifikasi menggunakan nitrogen dan kompresor udara pada *plasma torch*.

1.4 Manfaat Penelitian

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Penggunaan nitrogen pada *plasma torch* untuk menghasilkan semburan plasma.
2. Dapat menghasilkan teknologi gasifikasi menggunakan busur plasma yang lebih efisien sehingga mampu mengoptimalkan pengolahan sampah padat.
3. Teknologi gasifikasi plasma dapat mengubah material sampah menjadi *syngas* yang dapat digunakan untuk menghasilkan energi yang efisien.
4. Membantu mengurangi kadar gas karbon monoksida (CO) yang dihasilkan dalam *syngas* karena bersifat beracun.

1.5 Batasan Masalah

Penelitian ini dibatasi pada hal-hal berikut:

1. Gas yang digunakan pada *plasma torch* adalah gas nitrogen.
2. Penggunaan kompresor udara hanya untuk sebagai pembanding dalam

- menghitung kadar karbon monoksida (CO).
3. Elektroda yang digunakan adalah elektroda dalam dan elektroda *nozzle* berbahan tembaga.
 4. Penelitian ini hanya mengukur kadar gas karbon monoksida menggunakan sensor MQ-7.
 5. Variasi kuat arus yang digunakan adalah 20A, 30A, dan 40A berasal dari mesin *plasma arc cutting Redbo Cut- 40*.

1.6 Sistematika Penulisan

Tugas Akhir ini disusun dalam beberapa bab dengan sistematika penulisan sebagai berikut:

BAB I PENDAHULUAN

Bab ini menjelaskan mengenai latar belakang, perumusan masalah, tujuan penelitian, manfaat penelitian, batasan masalah, dan sistematika penyusunan laporan.

BAB II TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisi mengenai teori-teori yang berkaitan dengan penelitian tugas akhir.

BAB III METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisikan informasi mengenai metodologi penelitian yang digunakan berupa metode penelitian, *flowchart* (diagram alir) penelitian, peralatan dan bahan penelitian yang digunakan.

BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN

Bab ini terdapat hasil dari pengolahan data dan analisis penelitian tugas akhir.

BAB V KESIMPULAN DAN SARAN

Bab ini terdiri dari kesimpulan dari penelitian yang dilakukan dan saran untuk penelitian tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

