

BAB I

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Indonesia merupakan negara berpenduduk terbesar ke-4 di dunia setelah Tiongkok, India, dan Amerika Serikat dengan jumlah penduduk sebesar 263,9 juta jiwa (World Bank Group, 2019). Jumlah penduduk yang besar tersebut tentu mengundang banyak permasalahan, yaitu pemenuhan kebutuhan energi hingga meningkatnya jumlah sampah. Jambeck *et al.* (2015) menyebutkan bahwa Indonesia menempati urutan ke-2 dunia penghasil sampah plastik di lautan sebesar 3,22 juta metrik ton/tahun. Hal tersebut seiring bertambahnya penduduk maka jumlah sampah akan semakin meningkat. Kota Semarang merupakan ibukota Provinsi Jawa Tengah. Kota dengan luas wilayah 373,70 Km² ini pada tahun 2015 memiliki jumlah penduduk mencapai 1.595.267 jiwa dengan tingkat kepadatan penduduk 4.269 per Km² dan rata-rata pertumbuhan penduduk sebesar 2% per tahun (BPS Kota Semarang, 2016). Problematika masyarakat tentu banyak terjadi di kota tersebut, salah satunya adalah persampahan. Pengolahan sampah di Kota Semarang masih menggunakan sistem *open dumping* yang dipusatkan di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) Jatibarang.

Tempat Pembuangan Akhir (TPA) sampah Jatibarang terletak di Kecamatan Mijen, Semarang merupakan areal pembuangan sampah *open dumping* yang telah beroperasi sejak tahun 1992 yang dimiliki oleh pemerintah Kota Semarang (Dinas Lingkungan Hidup Kota Semarang, 2017). Berdasarkan kajian dari World Bank Group bekerjasama dengan Kementerian Koordinator Kemaritiman dan DANIDA (2018) menyebutkan Kota Semarang menghasilkan sampah sebesar 1.387,9 ton/hari yang mana 1.087,2 ton/hari terangkut sampai TPA, 300,7 ton/hari tidak terangkut, dan 35,3% dari total sampah berupa sampah plastik.

Dari sisi kebutuhan energi, Indonesia termasuk Kota Semarang bahkan di dunia dalam beberapa dekade ini pemenuhan energi masih

mengandalkan sektor minyak bumi. Pada Tahun 1965 jumlah penduduk dunia mencapai 3,1 miliar jiwa, hal tersebut akan terus meningkat dan diprediksi pada tahun 2035 mencapai 8,8 miliar jiwa (BP, 2016). Peningkatan tersebut menjadikan peran teknologi begitu besar dalam upaya pemenuhan kebutuhan di bidang energi. Hal ini dapat dilihat dari sisi konsumsi pada tahun 1965 konsumsi energi dunia sekitar 3,2 triliun TOE lalu diprediksi meningkat tajam pada 2035 sebesar 17 triliun TOE dengan peningkatan 34% selama periode 2014-2035 (BP, 2016). Pasokan kebutuhan energi masih didominasi dari sumber minyak bumi, akan tetapi produksi minyak bumi terus menurun. Sebagai contoh untuk kawasan Asia Tenggara, produksi minyak dari 2014-2040 diperkirakan akan menurun tajam semula 2,5 miliar barel/hari menjadi 1,6 miliar barel/hari (IEA, 2015). Efek dari menurunnya jumlah produksi minyak tersebut adalah mulainya dikembangkannya energi alternatif salah satunya bahan bakar dari sampah.

Pada bulan Maret 2017, harga minyak naik belum signifikan berkisar US 51,71 dollar/barel (Suara Merdeka, 17 Maret 2017). Dampak perlambatan ekonomi dunia menjadikan anjloknya berbagai komoditas andalan Indonesia mulai dari kelapa sawit, batubara, minyak bumi menjadikan perlambatan ekonomi di Indonesia dengan proyeksi awal 6% turun menjadi hingga 4,7% di 2015 dan 5,17% di 2018 (BPS, 2016 dan Bank Indonesia, 2018). Berdasarkan cuplikan dari data tersebut dapat diduga sedang dunia mengalami ancaman serius krisis energi termasuk Indonesia. Indonesia dalam bidang energi mengalami berbagai macam krisis antara lain pasokan listrik, pasokan bahan bakar minyak, dan tingginya subsidi energi. Rasio elektrifikasi Indonesia masih 91,16% dengan kapasitas 59,6 GW dan lifting minyak 803 ribu barel/hari dengan kebutuhan mencapai 1,62 juta barel/ hari pada tahun 2014 (PWC, 2017).

Berdasarkan fenomena tersebut, pengembangan energi terbarukan sebagai energi alternatif sangat diperlukan. Indonesia memiliki beberapa potensi energi baru terbarukan untuk dikembangkan. Beberapa energi baru terbarukan tersebut antara lain air sebagai pembangkit listrik (75.091 MW), minihidro dan mikrohidro (19.385 MW), surya (207.898 MW), energi laut

(secara teoritis 287.822 MW, teknis 71.955 MW, praktis 17.989 MW), panas bumi (17.546 MW), biofuel/biomassa (30.051,2 MW), biogas (2.602,6 MW), sampah kota (2.066 MW), biodiesel (produksi 2014 mencapai 3.962.232 KL dan 2015 hanya sebesar 1.652.801 KL), dan bioethanol (kapasitas terpasang 2015 sebesar 40.000 KL) (Direktorat Jenderal EBTKE, 2016). Berdasarkan data tersebut maka pengembangan energi baru terbarukan di Indonesia masih sangat dibutuhkan.

Dampak lain penggunaan minyak bumi yang tinggi sebagai sumber energi adalah terjadinya perubahan iklim dan efek gas rumah kaca. Pada tahun 2014 kadar CO₂ di atmosfer mencapai 397.7±0.1 ppm atau meningkat 143% dari masa Pra-industri 1750; Kadar Metana (CH₄) mencapai 1833±1 ppb atau meningkat 254% dari masa Pra-industri 1750; Nitrogen Oksida (N₂O) 327.1±0.1 ppb atau meningkat 121% dari masa Pra-industri 1750; Karbon Monoksida (CO) 89±2 ppb dengan jumlah terbanyak di bagian bumi utara; Nitrogen Monoksida (NO), Nitrogen Dioksida (NO₂), & Sulfur Dioksida (SO₂) masih ditemukan di wilayah Eropa dengan kadar yang relatif rendah (WMO, 2016). Jumlah zat Metana (CH₄) yang masih tergolong tinggi menandakan bahwa masih banyak sampah terutama sampah anorganik yang belum terolah dengan baik.

Sampah menurut UU No. 18 Tahun 2008 tentang Pengelolaan Sampah adalah sisa kegiatan sehari-hari manusia dan/atau proses alam yang berbentuk padat. Sistem pengolahan sampah di Indonesia rata-rata masih menggunakan sistem *open dumping* di Tempat Pembuangan Akhir (TPA) turut serta dalam meningkatkan jumlah gas-gas perusak ozon di atmosfer. Pengelolaan sampah masih menggunakan paradigma lama kumpul-angkut-buang atau dikenal dengan pendekatan akhir (*end of pipe*), yaitu sampah dikumpulkan, diangkut, dan dibuang ke tempat pemrosesan akhir sampah atau tempat pembuangan akhir (Ernawati *et al.*, 2012). Sampah dapat mengakibatkan tiga pencemaran yaitu pencemaran tanah, pencemaran air, dan pencemaran udara. Dampak lain dari meningkatnya jumlah sampah ini adalah terjadinya bencana alam seperti banjir, menurunnya kesuburan tanah,

dan tanah longsor (Suharto, 2011). Hal ini dikarenakan pengelolaan sampah yang belum optimal.

Hasil kajian dari Jambeck (2015) menunjukkan ada potensi yang sangat signifikan untuk mengembangkan bahan bakar dari plastik di Indonesia. Pengolahan sampah plastik yang tepat tersebut selain dapat mengurangi tingkat konsumsi minyak bumi juga ikut membantu dalam mengurangi dampak negatif sampah khususnya plastik. Terdapat beberapa penelitian yang dilakukan di Indonesia dan dunia mengenai penggunaan sampah plastik untuk bahan bakar minyak atau biodiesel dari bahan plastik, akan tetapi biaya proses produksi hingga harga keekonomian sesungguhnya dari produksi biodiesel tersebut belum diketahui pasti.

Berikut beberapa penelitian yang telah dilakukan terkait produksi biodiesel dari bahan plastik. Budsareechai *et al.* (2019) menunjukkan plastik PS (Polystyrene) menghasilkan jenis bensin dan PP, LDPE, dan HDPE menghasilkan jenis solar. Sharuddin *et al.* (2018) menghasilkan bahwa pirolisis sampah plastik akan menghasilkan produk berupa minyak, gas, dan *char* atau padatan. Chiwara *et al.* (2017) menunjukkan bahwa pirolisis limbah HDPE, LPDE, PVC, PET, PP, dan PS dapat berjalan dengan baik pada rentang suhu 350-400 °C. Surono dan Ismanto (2016) menunjukkan bahwa plastik tipe PP (*Polypropylene*) dapat menghasilkan minyak paling banyak dengan kebutuhan LPG paling sedikit dan waktu proses paling cepat; plastik tipe PET (*Polyethylene Teraphtalene*) tidak menghasilkan minyak tetapi menghasilkan material berbentuk serbuk; minyak dari plastik tipe PP memiliki nilai kalor yang tinggi, lebih tinggi dari nilai kalor solar, bensin, LPG maupun minyak tanah; laju kalor yang terlalu tinggi menyebabkan minyak yang dihasilkan berkurang, sedangkan laju kalor yang kecil menyebabkan waktu proses menjadi lama; minyak yang dihasilkan dari pengolahan plastik PP dan PE berdasarkan kandungan atom karbonnya mendekati bensin dan minyak tanah; dan ketinggian air pendingin kondenser yang lebih rendah dihasilkan minyak yang lebih sedikit.

Yadav (2016) menyimpulkan bahwa minyak plastik hasil pirolisis meningkatkan efisiensi sebesar 15-20% pada motor bajaj 100 cc dibandingkan menggunakan bensin; minyak plastik hasil pirolisis mampu meningkatkan efisiensi termal dari motor bakar; minyak dari HDPE memiliki densitas sama dengan bahan bakar bensin dan minyak dari LDPE memiliki densitas sama dengan bahan bakar solar; dan proses pirolisis dalam suhu yang cukup rendah dibutuhkan katalis agar efisien dalam pembakaran.

Haig *et al.* (2015) menyimpulkan bahwa pirolisis dan depolimerisasi katalitik memiliki biaya inventasi yang relatif rendah dan sekitar 60-70% plastik dapat terkonversi menjadi minyak, dan dibutuhkan minimal kapasitas untuk melakukan pirolisis maupun depolimerisasi katalitik sebesar 1 ton per hari plastik. Desai *and* Chetan (2015) dalam penelitiannya menyimpulkan bahwa minyak hasil pirolisis dari bahan LDPE memiliki kandungan yang hampir serupa dengan bahan bakar solar meskipun viskositas, nilai kalornya masih sedikit rendah; keunggulan minyak pirolisis adalah memiliki karbon residu dan sulfur yang lebih rendah sehingga lebih ramah lingkungan; dan secara ekonomi, untuk setiap produksi minyak pirolisis dari limbah LDPE berkisar antara 14-18 rupee jauh lebih murah daripada harga solar yang mencapai 40 rupee per liternya.

Mustofa dan Zaenuri (2014) menyimpulkan bahwa proses pengolahan sampah plastik pada suhu 900°C menghasilkan bahan bakar cair dengan nilai kalor 46.848 J/g yang berarti nilai ini lebih besar dari pada pengolahan sampah plastik pada suhu 425°C yang menghasilkan nilai kalor sebesar 41.870 J/g; dan Pengujian GC-MS bahan bakar yang dihasilkan menunjukkan bahwa kadar senyawa yang berpotensi bersifat karsinogenik (asam borat dan siklopentanon) berkurang persentasenya sehingga yang berarti pengolahan sampah plastik pada suhu 900°C memiliki sifat lebih aman dari pengolahan sampah plastik pada suhu 425°C.

Cold Climate Innovation (2014) dalam kajian penelitiannya menyimpulkan bahwa alat reaktor yang dikembangkan oleh Yukon Research Centre untuk memproduksi minyak dari proses pirolisis hanya

cocok dengan plastik jenis PP, PS, PE, LDPE, dan HDPE atau dalam kode plastik HDPE (2), LDPE (4), PP (5), PS (6). Untuk plastik jenis PET atau PETE (1) dan plastik jenis Others (7) seperti nylon, ABS, dan lainnya tidak disarankan untuk dilakukan pirolisis menjadi bahan bakar minyak.

Nugraha *et al.* (2013) menyimpulkan bahwa plastik polipropilen dapat dikonversi menjadi fuel melalui proses pirolisis dan dilanjutkan proses katalitik reforming dengan pada katalis NiO/ γ -Al₂O₃; temperatur terbaik untuk menghasilkan *yield* aromatis terbesar adalah 500°C dan laju alir reaktan 217 mL/jam; dan kondisi operasi paling efektif dalam pembuatan bahan bakar pada proses reforming adalah loading NiO pada katalis NiO/ γ -Al₂O₃ 14 %, temperatur reforming 400°C serta laju reaktan 500 mL/jam.

Ramadhan dan Ali (2013) menyimpulkan bahwa hasil dekomposisi dengan efisiensi yang terbaik dalam menguraikan sampah plastik terjadi pada suhu 420°C dengan waktu operasi 60 menit; hasil produk minyak terbanyak pada plastik LDPE dan HDPE terjadi pada suhu 400°C dengan waktu operasi 60 menit; kinematika pada plastik HDPE mempunyai nilai $k = 0,12468 \exp(-95842/RT)$ sedangkan kinematika pada plastik LDPE mempunyai nilai $k = 0,02004 \exp(-7660/RT)$; dan minyak pirolisis dari sampah plastik ini memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan dengan karakteristik minyak diesel.

Escola *et al.* (2012) menyimpulkan bahwa perbandingan HDPE 39% dan PP 58% dengan LDPE 54,1% dan PP 84,1% ternyata campuran HDPE dan PP memiliki kandungan olefin yang lebih tinggi; dan angka RON campuran LDPE dan PP sebesar 89 cocok untuk motor bakar, dan juga memiliki angka zetan yang cukup tinggi sehingga juga bisa digunakan kedalam mesin diesel. Sarker (2011) menyimpulkan bahwa campuran plastik jenis PP, PS, LDPE, dan HDPE yang diambil dari timbunan sampah di TPA dengan kadar campuran yang tidak ditentukan menghasilkan produk yang disebut NSR-1 (Distilasi 1x) dan NSR-2 (Distilasi 2x) setelah diuji ternyata NSR-1 lebih cocok sebagai pengganti bahan bakar bensin dengan angka oktan 79,2 dan NSR-2 lebih cocok sebagai pengganti bahan bakar solar dan avtur (bahan bakar mesin aviasi); dan kandungan energi NSR-1

sebesar 113.934 Btu/gal dan NSR-2 sebesar 133.366 Btu/gal sedangkan bensin-87 sebesar 125.000 Btu/gal, avtur mesin jet sebesar 120.200 Btu/gal, dan solar sebesar 138.700 Btu/gal.

Berdasarkan beberapa hasil penelitian tersebut dapat kita ketahui bahwa rata-rata harga keekonomian pada produksi bahan bakar dari bahan plastik dan jumlah energi yang diperlukan untuk memproduksi bahan bakar dari bahan plastik setiap liter nya belum banyak dibahas oleh para peneliti sebelumnya. Oleh karena itu, penulis (peneliti) dalam tesis ini akan meneliti mengenai jumlah energi yang diperlukan untuk memproduksi bahan bakar dari bahan plastik limbah *polyethylene* setiap liter dan biaya proses produksinya untuk setiap liter dengan bahan plastik HDPE dan LDPE baik campuran dengan kadar tertentu maupun terpisah.

1.2. Rumusan Masalah

Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya, yang mana para peneliti sebelumnya belum banyak membahas tentang kebutuhan energi untuk memproduksi bahan bakar dari bahan plastik dan harga keekonomiannya untuk setiap liter. maka dapat diambil suatu perumusan masalah sebagai berikut.

1. Berapa jumlah energi yang diperlukan untuk memproduksi bahan bakar dari bahan plastik *polyethylene* setiap liter nya?
2. Berapa biaya proses produksi dari produksi bahan bakar dari bahan plastik *polyethylene* setiap liter nya?
3. Berapa volume, komposisi dan jumlah gas, serta residu yang dihasilkan dari produksi bahan bakar dari bahan plastik *polyethylene* setiap liter nya?

1.3. Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang permasalahan yang telah diungkapkan di atas, maka tujuan penelitian ini sebagai berikut.

- a. Menentukan besarnya energi yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan bakar berbahan plastik setiap liter nya

- b. Menghitung biaya proses produksi bahan bakar berbahan plastik setiap literanya.
- c. Menghitung volume, komposisi dan jumlah gas, serta residu yang dihasilkan dari produksi bahan bakar dari bahan plastik *polyethylene* setiap literanya

1.4. Manfaat Penelitian

Dari penelitian yang dilakukan diharapkan dapat memberikan manfaat sebagai berikut:

1. Bagi Ilmu Pengetahuan: Memberi data dan informasi tentang besaran energi yang dihasilkan dan biaya proses produksi dari produksi bahan bakar berbahan plastik limbah *polyethylene* per literanya.
2. Bagi Pemerintah: Memberi masukan kepada pemerintah pusat khususnya kementerian energi sumber daya mineral terkait pengembangan bahan bakar berbahan plastik *polyethylene* di Indonesia.
3. Bagi Masyarakat: Memberi wawasan dan mengedukasi masyarakat bahwa sudah saatnya kita lebih bersikap ramah lingkungan dan mengurangi penggunaan bahan bakar minyak dari fosil.
4. Bagi Investor: Memberikan wawasan, masukan, dan gambaran mengenai program pengembangan bahan bakar berbahan plastik dapat digunakan sebagai alternatif investasi yang menarik, ikut serta dalam mengurangi dampak pencemaran lingkungan dan mampu menambah lapangan pekerjaan di Indonesia.

1.5. Sasaran Penelitian

Sasaran penelitian ini adalah untuk memberi masukan dan informasi kepada pihak terkait seperti pemerintah, investor, dan masyarakat di Indonesia tentang biaya proses produksi dalam memproduksi biodiesel berbahan plastik dengan teknik pirolisis beserta kebutuhan energi yang dibutuhkan untuk memproduksi setiap literanya.

1.6. Pembatasan Masalah

Dalam penelitian ini dibatasi dengan lingkup jenis bahan plastik *polyethylene* yang digunakan yaitu plastik HDPE, dan LDPE. Selanjutnya yang menjadi pembatasan dalam penelitian ini adalah teknik yang digunakan hanya menggunakan teknik pirolisis dalam memproduksi bahan bakar.

1.7. Originalitas Penelitian

Penelitian tentang pembuatan bahan bakar dari plastik dengan metode pirolisis ataupun yang serupa telah banyak dilakukan, baik berdasarkan jenis-jenis plastik maupun besaran campuran plastik yang digunakan sebagai bahan baku. Perbedaan penelitian ini dengan penelitian sebelumnya adalah membahas tentang jenis plastik apa yang berpotensi untuk dikembangkan biodiesel dalam skala industri dan mencari harga keekonomian produksi bahan bakar biodiesel tersebut. Berikut adalah ringkasan penelitian terdahulu yang pernah dilakukan.

Tabel 1. Ringkasan penelitian terdahulu dan rencana penelitian penulis

Peneliti	Aspek Penelitian			
	Biaya Proses Produksi	Jenis Plastik	Pengolahan Plastik	Kebutuhan Energi
Surono dan Ismanto (2016)	Tidak Ada	PP, PET, dan PE	Terpisah	Tidak Ada
Yadav (2016)	Tidak Ada	HDPE dan LDPE	Terpisah	Tidak Ada
Haig, <i>et.al.</i> (2015)	Ada (Sampai harga jual per liter)	Semua Jenis	Campuran	Tidak Ada
Desai and Chetan (2015)	Tidak Ada	LDPE	Terpisah	Tidak Ada
Mustofa dan Zaenuri (2014)	Tidak Ada	Semua Jenis (Tidak diketahui pasti)	Campuran	Tidak Ada

Cold Climate Innovation (2014)	Ada (Belum sampai harga produksi final)	Semua Jenis	Terpisah	Ada (Perkiraan saja)
Nugraha, <i>et.al.</i> (2013)	Tidak Ada	PP	Terpisah	Tidak Ada
Ramadhan dan Ali (2013)	Tidak Ada	HDPE dan LDPE	Terpisah	Tidak Ada
Escola, <i>et. al.</i> (2012)	Tidak Ada	HDPE, LDPE, dan PP	Campuran	Tidak Ada
Sarker (2011)	Tidak Ada	PP, PS, HDPE, LDPE	Campuran	Tidak Ada
Penulis/Peneliti (2017)	Ada	LDPE dan HDPE	Campuran dan Terpisah	Ada

Sumber: Olah data sekunder (2017)