

BAB II

TINJAUAN PUSTAKA DAN HIPOTESIS

2.1. Tinjauan Pustaka

A. Potensi Sampah Plastik di Kota Semarang

Dalam kehidupan modern saat ini, produk berbahan plastik sudah sangat dikenal masyarakat luas. Berdasarkan data Asosiasi Industri Olefin, sepanjang 2011 kebutuhan plastik nasional tumbuh 6,3% dibanding 2010. Pada 2011 konsumsi *Polyethylene* (PE) sebesar 892 ribu ton, *Polypropylene* (PP) 1,25 juta ton, *Polystyrene* (PS) sebesar 141 ribu ton, *Polyvinyl chloride* (PVC) sebesar 579 ribu ton, dan *Polyethylene Terephthalate Ethylene* (PETE) sebesar 400 ribu ton (<http://www.ipotnews.com>, 2012). Data tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan bahan plastik di Indonesia sangat tinggi. Tingginya kebutuhan bahan plastik tersebut sebanding dengan jumlah sampah plastik yang akan dihasilkan. Menurut Budi Susanto Sadiman dari Wakil Ketua Umum Pengembangan Bisnis Inaplas (Asosiasi Industri Aromatik, Olefin, dan Plastik) menyebutkan total produksi plastik nasional mencapai 4,68 juta ton dan menyerap lebih dari 30 ribu tenaga kerja dan meningkat secara konsisten sebesar lima persen saat pameran Indoplas 2016 tanggal 11 Mei 2016 yang lalu (Vir dhani, 2016). Hal ini menunjukkan bahwa industri plastik di Indonesia sangat prospektif dalam penggerak ekonomi nasional sekaligus akan meningkatkan jumlah sampah plastik di lingkungan.

Agus Haryono dari Kepala Pusat Penelitian Kimia LIPI menyebutkan konsumsi plastik di Indonesia per kapita sudah mencapai 17 kilogram per tahun dengan pertumbuhan konsumsi mencapai 6-7% per tahun (Koran Jakarta, edisi 4 Maret 2016 hal. 4). Artinya jika penduduk Indonesia per 2015 mencapai 255 juta jiwa maka konsumsi plastik per tahun mencapai 4,335 miliar Kg per tahun dan akan meningkat 6-7% per tahun. Jika seluruh plastik yang dikonsumsi

tersebut menjadi sampah maka akan ada potensi sampah plastik secara nasional 4,335 miliar Kg sampah plastik. Hal tersebut tentu jika tidak ada kajian maupun sistem pengelolaan sampah plastik yang terpadu akan menjadikan sampah plastik masalah lingkungan dan nasional yang serius. Berdasarkan Menurut Badan Pusat Statistik Provinsi Jawa Tengah merilis bahwa pada tahun 2013 sebesar 33,26 juta jiwa atau 13,92% dari total penduduk Indonesia (BPS Provinsi Jawa Tengah, 2014). Jika asumsi jumlah penduduk Provinsi Jawa Tengah tahun 2013 tersebut dikaitkan dengan konsumsi per tahun plastik sebesar 17 kg maka potensi sampah plastik yang dihasilkan di Provinsi Jawa Tengah sebesar 565,42 juta kg sampah plastik per tahun.

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 (Nindrasari *et al.*, 2012). Berdasarkan data Dinas Kebersihan dan Pertamanan Kota Semarang, volume sampah yang masuk ke TPA Jatibarang Semarang 800-1000 m³/hari (Tribun Jateng, 8 Juni 2013). Dasar tersebut diperkuat dengan data terbaru dari Setda Kota Semarang Bagian Perekonomian tahun 2013 yang menyebutkan produksi sampah di TPA Jatibarang Semarang sebesar 750-800 m³/hari atau setara dengan 3.750 ton/tahun. Merujuk pada data Semarang dalam angka tahun 2016 dari total sampah yang terangkut di TPA Jatibarang sebanyak 13,21% berupa sampah plastik.

Tabel 2. Jumlah produksi total sampah dan sampah plastik di Kota Semarang tahun 2014-2015 (1 ton = 2,83 m³)

Tahun	Sampah Total			Sampah Plastik		
	Produksi (ton/hari)	Terangkut (ton/hari)	Tak Terangkut (ton/hari)	Produksi (ton/hari)	Terangkut (ton/hari)	Tak Terangkut (ton/hari)
2014	1.737,46	1.476,68	260,78	229,52	195,07	34,45
2015	1.766,38	1.536,75	229,63	233,34	203,00	30,33
	Produksi (ton/tahun)	Terangkut (ton/tahun)	Tak Terangkut (ton/tahun)	Produksi (ton/tahun)	Terangkut (ton/tahun)	Tak Terangkut (ton/tahun)
2014	634.171,08	538.987,47	95.183,61	83.773,71	71.200,19	12.573,16
2015	644.727,97	560.913,39	83.814,59	85.168,37	74.096,46	11.071,55

Sumber: BPS Kota Semarang, 2016 (telah diolah penulis)

Pada tahun 2014 produksi sampah di Kota Semarang mencapai 4.917 m³/hari setara dengan 1.737,455 ton/hari (1 ton = 2,83 m³) namun yang terangkut ke TPA hanya 4.179 m³/hari = 1.476,678 ton/hari, selanjutnya pada tahun 2015 produksi sampah di Kota Semarang mencapai 4.998,85 m³/hari = 1.766,378 ton/hari namun yang terangkut ke TPA hanya 4.349 m³/hari = 1.536,749 ton/hari. Pada kedua tahun tersebut jumlah sampah plastik yang dihasilkan sebesar 13,21%. Pada tahun 2014 produksi sampah plastik di Kota Semarang mencapai 229,517 ton/hari setara dengan 83.773,705 ton/tahun tetapi yang mampu terangkut menuju TPA sebesar 195,069 ton/hari setara dengan 71.200,185 ton/tahun. Pada tahun tersebut maka ada sebesar 34,447 ton/hari setara dengan 12.573,155 ton/tahun sampah plastik yang tidak terangkut.

Tahun 2015 produksi sampah plastik di Kota Semarang mencapai 233,338 ton/hari setara dengan 85.168,37 ton/tahun tetapi yang mampu terangkut menuju TPA sebesar 203,004 ton/hari setara dengan 74.096,46 ton/tahun. Pada tahun tersebut maka ada sebesar 30,333 ton/hari setara dengan 11.071,545 ton/tahun sampah plastik yang tidak terangkut (BPS Kota Semarang, 2016). Data tersebut juga mengindikasikan bahwa jumlah produksi sampah plastik di Kota Semarang dalam dua tahun meningkat sekitar 3,821 ton/hari atau setara

dengan 1.375,56 ton/tahun atau sekitar 5% per tahun. Data tersebut menunjukkan dalam 20 tahun ke depan peningkatan jumlah sampah plastik di Kota Semarang 27.511,2 ton. Jika tahun 2015 sudah mencapai 85.168,37 ton/tahun maka pada tahun 2035 menjadi 112.679,57 ton produksi sampah plastik. Berdasarkan data tersebut maka untuk membangun fasilitas pengolahan plastik di TPA Jatibarang Semarang dalam jangka panjang memerlukan kapasitas pengolahan mencapai 120.000 ton/tahun.

Salah satu pengelolaan sampah plastik adalah dengan mengubah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak atau biofuel. Kajian dari International Renewable Energy Agency (IRENA) (2017) menyebutkan bahwa industri energi baru terbarukan yang bergerak di bidang penghasil biofuel mampu menyerap 1,724 juta pekerja di seluruh dunia. Indonesia menyumbang penyerapan tenaga kerja sebanyak 154.300 pekerja yang bernaung dalam produksi biofuel berbasis kelapa sawit. Artinya masih ada peluang besar dalam pengembangan biofuel dari sampah plastik di Indonesia yang masih belum dikembangkan.

Produksi biodiesel di dunia pada tahun 2014 mencapai 29,7 miliar liter dengan jumlah negara yang menerapkan mandatori penggunaan biodiesel ada 64 negara (REN21, 2015). Berbagai negara yang menerapkan mandatori penggunaan biodiesel tersebut tersebar di berbagai belahan dunia antara lain 27 negara anggota Uni Eropa, 13 negara benua Amerika, 2 negara non anggota Uni Eropa dan 12 negara di Asia (Lane, 2016). Berdasarkan kajian tersebut, potensi pengolahan sampah plastik menjadi biodiesel masih sangat terbuka lebar. Apabila pasar domestik tidak bisa menyerap hasil produksi maka pasar internasional masih sangat prospektif.

B. Bahan Bakar dari Plastik

Bahan bakar biodiesel pada dasarnya merupakan bahan bakar yang berasal dari minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak hewani yang

diproses dengan cara esterifikasi (Mandil and Adnan, 2010). Namun seiring dengan perkembangan teknologi dan semakin banyaknya minyak tumbuh-tumbuhan dan minyak hewani penggunaannya beragam maka biodiesel berkembang tidak semata-mata hanya menggunakan bahan-bahan tersebut. Proses produksi biodiesel juga dapat menggunakan bahan plastik.

Bahan bakar dari plastik menurut Oxford Dictionaries termasuk kedalam kata *Synfuel* yang berarti bahan bakar yang terbuat dari batubara, minyak shale, dan lain sebagainya sebagai pengganti minyak bumi dan produk turunannya. Menurut Perpres No. 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional Pasal 1 Ayat 7 menjelaskan sumber energi alternatif tertentu adalah jenis sumber energi tertentu pengganti bahan bakar minyak. Pada UU No. 30 Tahun 2007 tentang Energi Pasal 1 Ayat 6 menjelaskan Sumber energi terbarukan adalah sumber energi yang dihasilkan dari sumber daya energi yang berkelanjutan jika dikelola dengan baik, antara lain panas bumi, angin, bioenergi, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut. Merujuk dari kedua peraturan tersebut dan definisi *Synfuel* dari Oxford Dictionaries maka biodiesel dari plastik maupun bahan bakar dari plastik di Indonesia belum terklasifikasi secara jelas tergolong ke dalam bahan bakar jenis apa.

Demirbas (2008) mendefinisikan biofuel berdasarkan bahan baku yang digunakan untuk membuat bahan bakar, yaitu bahan baku bio yang bersifat terbarukan maupun bahan baku terbarukan yang dapat terbakar. Pernyataan tersebut diperjelas oleh Tomo (2015) bahan baku yang dimaksud adalah bahan baku yang dapat dihasilkan secara langsung seperti tanaman, mikroorganisme; dan bahan baku yang dihasilkan secara tidak langsung seperti limbah industri, limbah domestik, limbah komersial, maupun limbah pertanian. Namun secara umum biodiesel dari plastik dapat dikategorikan ke dalam sumber energi terbarukan dan sumber energi alternatif yang termasuk ke dalam

lingkup bioenergi, namun secara internasional tergolong ke dalam minyak sintetis.

Dalam kehidupan moderen saat ini penggunaan bahan plastik semakin populer. Semakin populernya penggunaan plastik tersebut secara tidak langsung akan meningkatkan jumlah limbah atau sampah plastik di lingkungan sekitar. Menurut Jambeck *et al.* (2015) Indonesia merupakan penyumbang sampah plastik terbesar ke-2 di dunia setelah Tiongkok dengan jumlah 3,22 juta metrik ton per tahun. Jumlah tersebut sekitar 0,48-1,29 juta metrik ton per tahun sampah masuk ke dalam lautan. Hal tersebut mengindikasikan bahwa potensi sampah plastik di Indonesia sangat tinggi. Jika jumlah sampah plastik yang tinggi tersebut tidak segera dikelola dengan baik maka akan menimbulkan berbagai permasalahan dalam kehidupan manusia. Seiring dengan pertumbuhan penduduk di Indonesia maka akan semakin meningkat pula produksi sampah plastik. Hartriani (2016) pada tahun 2015 nilai ekonomi komoditas sampah plastik mencapai 35,5 miliar rupiah. Hal tersebut menandakan bahwa potensi sampah plastik sebagai sumber penggerak ekonomi baru sangat besar, maka diperlukan pengelolaan sampah plastik yang baik pula.

Salah satu upaya dalam rangka pengelolaan sampah plastik di Indonesia adalah dengan cara mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak atau yang biasa disebut dengan biodiesel plastik. Telah banyak penelitian yang membahas tentang pembuatan biodiesel plastik tersebut. Proses yang cukup sederhana yang biasa dilakukan adalah dengan metode pirolisis untuk mengolah sampah plastik menjadi biodiesel. Beberapa penelitian terkait produksi biodiesel dari plastik telah dilakukan baik oleh peneliti dalam negeri maupun luar negeri.

Juliastuti *et al.* (2015) mengkaji tentang pengolahan sampah plastik LDPE (*Low Density Polyethylene*) dengan metode pirolisis *microwave*, dari metode tersebut menunjukkan hasil bahwa metode pirolisis *microwave* dapat menghasilkan biodiesel dari plastik selama 60 menit memperoleh hasil 23,65% yield cair, yield CH₄ 30,41%, dan yield

padat 4,67% pada suhu 500°C. Nugraha *et al.* (2013) meneliti tentang pengolahan sampah plastik PP (*Polypropylene*) dengan menggunakan metode pirolisis dihasilkan minyak pada suhu berkisar 400-500°C bergantung juga dengan jenis reaktan yang digunakan.

Mustofa dan Zaenuri (2014) meneliti tentang pengolahan sampah plastik (campuran berbagai jenis plastik) dengan menggunakan metode pirolisis dihasilkan bahan bakar minyak yang ramah lingkungan jika dipanaskan hingga suhu 900°C. Khan *et al.* (2016) juga melakukan penelitian tentang produksi biodiesel dari plastik berbahan HDPE (*High Density Polyethylene*) menggunakan metode pirolisis yang dipanaskan 330-490°C dihasilkan bahan bakar minyak (biodiesel) dengan kualitas lebih baik dari minyak solar.

Escola *et al.* (2012) melakukan penelitian tentang produksi biodiesel dengan metode pirolisis menggunakan bahan campuran plastik 46% LDPE, 27% HDPE, dan 28% PP dipanaskan dengan *thermal cracking* mencapai suhu 400°C dapat menghasilkan bahan bakar minyak dari plastik. Sarker (2011) meneliti tentang biofuel dari plastik yang menghasilkan bahan bakar minyak setara bensin dan solar, biofuel tersebut dihasilkan melalui proses yang mirip dengan pirolisis yaitu proses termal langsung dengan suhu 370-420°C untuk membakar berbagai jenis plastik mulai dari HDPE, LDPE, PP, dan PS (*Polysthyrene*) yang selanjutnya dilakukan proses cracking baik menggunakan katalis maupun tidak.

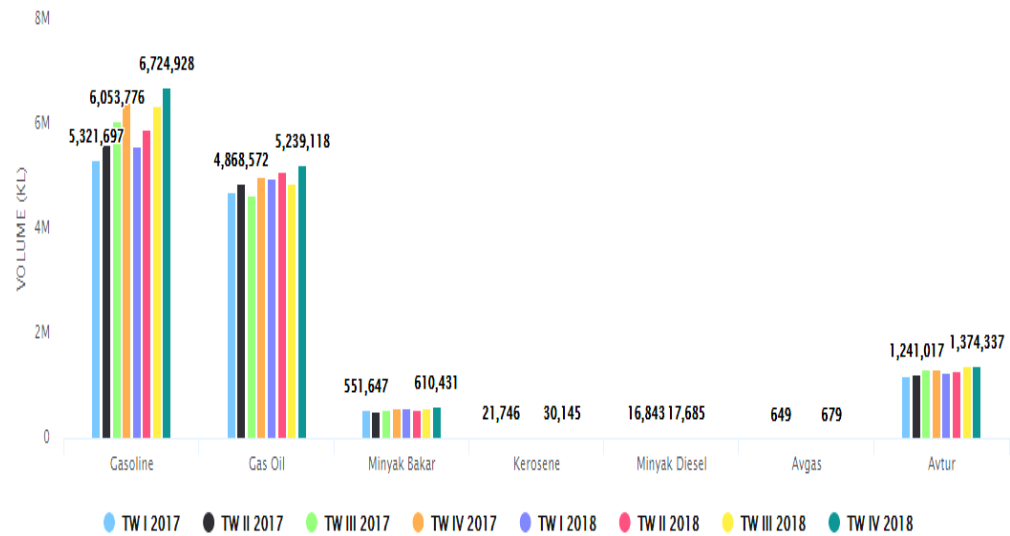
Menurut Patil *et al.* (2015) jenis - jenis plastik yang baik untuk dijadikan sebagai bahan bakar minyak antara lain *Polysthyrene* (PS), *Polypropylene* (PP), dan *Polyethylene* (PE). Plastik jenis PS biasa digunakan sebagai wadah CD dan kaset, meja plastik, tempat makanan, gelas dan piring plastik; plastik jenis PP biasa digunakan untuk bahan pembuatan sedotan, tutup botol, tempat yogurt, peralatan dari plastik, *bumper* pada mobil, dan sistem pipa plastik bertekanan; dan plastik jenis PE biasa digunakan pada botol plastik dan tas plastik supermarket.

Berbagai penelitian yang dilakukan dalam beberapa tahun terakhir tersebut telah memeperkuat peneliti untuk lebih mengkaji lebih mengenai proses produksi biodiesel dari plastik. Berdasarkan berbagai penelitian di beberapa paragraf di atas menunjukkan bahwa belum ada penelitian tentang analisis kebutuhan energi dari produk biodiesel dari plastik yang selanjutnya dihitung seberapa besar harga keekonomian untuk setiap produksi per liternya.

Sarker (2011) menjelaskan bahwa di Amerika Serikat 30 juta ton sampah plastik yang dihasilkan setiap tahunnya membutuhkan 300 juta barel minyak untuk melakukan pengolahannya, artinya setiap 1 juta sampah plastik yang dihasilkan membutuhkan 10 barel bahan bakar minyak. Hal ini tentu menjadi sebuah pekerjaan yang sangat serius mengingat bahwa sampah plastik juga membahayakan bagi lingkungan. Terkait dengan harga keekonomian dari pernyataan tersebut adalah apabila harga keekonomian dari produksi bahan bakar minyak berbahan plastik dapat ditemukan (minimal untuk jenis biodiesel plastik saja) maka akan mampu menarik minat investor dalam berbisnis sampah plastik untuk diolah menjadi bahan bakar minyak khususnya biodiesel. Apabila bisnis tersebut semakin berkembang maka secara tidak langsung akan mengurangi dampak penggunaan plastik terhadap lingkungan.

PROGONOSA JBU

TAHUN 2017 DAN 2018



Gambar 1. Diagram batang prakiraan permintaan BBM JBU (Jenis Bahan Bakar Umum) di Indonesia tahun 2017-2018 (Sumber: www.bphmigas.go.id)

Dari sisi permintaan, kebutuhan biodiesel di Indonesia masih cukup tinggi. BPH Migas memprediksi sepanjang tahun 2017 kebutuhan solar atau *gasoil* (solar dan biosolar) mencapai 19.228.921 kiloliter dan pada tahun 2018 mencapai 20.190.366. Tingginya kebutuhan tersebut juga terjadi untuk minyak diesel pada triwulan II 2017 mencapai 16.843 kiloliter dan triwulan II 2018 akan meningkat mencapai 17.685 kiloliter. Grafik tersebut menunjukkan bahwa ke depan permintaan bahan bakar khususnya solar dan minyak diesel akan mengalami peningkatan. Pada tahun 2015 realisasi penyaluran BBM jenis solar mencapai 14.156.373 kiloliter dan tahun 2016 terjadi sedikit penurunan menjadi 13.747.236 kiloliter serta mencapai puncaknya pada tahun 2014 mencapai 16.245.107 kiloliter dengan persebaran terbanyak meliputi Pulau Jawa sekitar 50%, Pulau Sumatera 30%, Pulau Kalimantan 9%, dan Pulau Sulawesi 7% (BPH Migas, 2015). Pada tahun 2014 konsumsi BBM solar bersubsidi mencapai 12,8 juta kiloliter, kemudian tahun 2015 menjadi 14,1 juta kiloliter, dan tahun 2016 mencapai 16 juta kiloliter (Katadata Indonesia, 30 Mei 2017). Dari data tersebut dapat diketahui bahwa dalam rentang 2014-2016

khusus BBM jenis solar masih terjadi kekurangan pasokan sekitar 3 juta kiloliter.

Tabel 3. Realisasi Penjualan BBM di Indonesia Tahun 2012-2016

Jenis / Type	Jumlah (Kiloliter)				
	2012	2013	2014	2015	2016
Bensin 88 / Gasoline 88	28.459.985	29.501.773	29.707.002	28.107.022	21.753.536
Bensin 90 / Gasoline 90	0	0	0	379.959	5.805.578
Bensin 92 / Gasoline 92	666.461	850.408	1.062.920	2.761.956	4.789.597
Bensin 95 / Gasoline 95	149.424	158.714	154.888	278.758	290.954
Minyak Tanah / Kerosene	1.382.469	1.260.490	971.434	769.233	590.190
Minyak Solar / Higher Speed Diesel	34.209.757	34.047.721	32.673.230	29.172.694	27.527.267
Minyak Diesel / Diesel Fuel	91.600	79.137	60.870	53.069	37.720
Minyak Bakar / Fuel Oil	3.428.875	1.973.903	1.884.040	1.647.441	1.229.379

Avgas / Aviation Gasoline	2.606	2.868	1.499	3.070	2.967
Avtur / Aviation Turbin Fuel	3.898.832	4.159.010	4.229.094	4.336.624	4.665.191

Sumber: Statistik Migas 2016 Dirjen Migas Kementerian ESDM

Berdasarkan data Direktorat Jenderal Minyak Bumi dan Gas Kementerian ESDM tahun 2016 dalam rentang tahun 2011-2016 rata-rata konsumsi solar (realisasi penjualan) mencapai 32.745.684 kiloliter dan minyak diesel (industri dan mesin kapal) mencapai 83.653 kiloliter. Data dari Kementerian ESDM tersebut jika dibandingkan dengan data dari BPH Migas maka dapat ditarik kesimpulan bahwa pemenuhan kebutuhan BBM jenis solar atau biosolar dan minyak diesel sebagian masih banyak dibutuhkan impor.

Tabel 4. Konsumsi BBM (kiloliter) Tiap Jenis Pembangkit Listrik di Indonesia Tahun 2011-2017

Tahun (Year)	PLTU		PLTG		PLTGU		PLTD		
	Minyak Steam Oil	Batubara Steam Coal	Gas Alam Steam Natural Gas	Minyak Oil Gas Turbine	Gas Alam Natural Gas Turbine	Minyak Oil Combine Cycle	Gas Alam Gas Combined Cycle	Minyak Oil Diesel	Gas Alam Natural Gas
	(Kiloliter)	(Ton)	(mmscf)	(Kiloliter)	(mmscf)	(Kiloliter)	(mmscf)	(Kiloliter)	(mmscf)
2011	1.787.172	27.434.163	9.774	2.139.185	56.057	3.296.932	219.228	4.243.562	663
2012	750.990	33.468.043	48.053	1.052.986	71.517	1.467.570	235.742	4.183.078	1.435
2013	406.035	39.601.034	53.837	1.075.364	78.715	1.078.645	267.090	4.914.448	10.248
2014	316.931	43.862.412	51.347	590.588	82.073	1.034.466	293.011	5.463.831	23.759
2015	182.205	48.995.169	52.166	456.627	57.088	237.961	316.505	4.602.071	30.734
2016	947.027	50.556.446	53.836	915	505.125	1.078.644	267.089	3.331.124	-
2017	710.111	54.711.846		579	447.072	-	-	2.878.526	-

Sumber: Statistik Ketenagalistrikan 2017 Dirjen Ketenagalistrikan Kementerian ESDM

Sektor pembangkit listrik juga cukup banyak mengkonsumsi BBM jenis solar yaitu minyak diesel. Khusus untuk kebutuhan PLTD (Pembangkit Listrik Tenaga Diesel) pada tahun 2011-2017 rata-rata mengkonsumsi 4.380.919 kiloliter. Jika dijumlah kebutuhan BBM

untuk semua jenis pembangkit listrik maka dalam 5 tahun rata-rata membutuhkan BBM sebesar 7.234.724 kiloliter/tahun. Data tersebut menunjukkan bahwa kebutuhan minyak diesel untuk pembangkit sudah cukup tinggi terutama untuk mengatasi kebutuhan listrik di saat beban puncak.

Pada target segmen pasar yang sangat potensial untuk penjualan produk biodiesel dari plastik atau bahan bakar dari plastik ini adalah bidang industri, transportasi, dan pembangkit listrik. Ketiga bidang tersebut yang sangat potensial untuk target pasar biodiesel dari plastik ini adalah bidang transportasi. Tingkat pertumbuhan transportasi khususnya darat di Indonesia rata-rata sebesar 13,7% dengan pangsa pasar minyak solar tahun 2014 mencapai 45,2%; bensin 45,5%; avtur 6,3%; dan lainnya 1,5% (BPPT, 2016). Pada tahun 2000 jumlah transportasi darat mencapai 18.975.344 unit dan tahun 2015 telah meningkat hingga 121.394.185 unit (BPS, 2015). Data dari BPS tersebut mengkategorikan kendaraan darat hanya ada 4 yaitu mobil penumpang, mobil bus, mobil barang, dan sepeda motor. Berdasarkan data tersebut total jumlah kendaraan selain sepeda motor tahun 2015 mencapai 22.512.918 unit, dengan pangsa pasar minyak solar mencapai 45,2% maka ada sekitar 10.175.839 unit kendaraan berbahan bakar solar atau biosolar. Jumlah tersebut tentu akan terus bertambah mengingat pertumbuhan kendaraan mencapai 13,7% per tahun.

C. Pirolisis

Plastik merupakan bahan polimer yang memiliki sifat *non-degradable* atau sulit diuraikan karena terdapat elemen karbon, hidrogen, dan elemen lain seperti klorin, nitrogen dan lain-lain, sifat sulit diuraikan inilah akan menjadikan masalah lingkungan maka diperlukan pengelolaan sampah khususnya plastik (Maceiras. 2016). Salah satu cara mengelola sampah plastik tersebut adalah melalui proses pirolisis. Pirolisis adalah proses degradasi suatu material dengan suhu tinggi tanpa bantuan oksigen (proses termokimia), dalam

mendegradasi material plastik diperlukan suhu antara 300-500°C hingga menjadi gas lalu dikondensasi kemudian dilakukan destilasi untuk menghasilkan minyak dan ampasnya berupa char (Patni *et al.*, 2013). Untuk menghasilkan bahan bakar berupa biodiesel dari plastik, rata-rata suhu yang diperlukan sebesar 185-290°C (diesel kelas I) dan 290-350°C (diesel kelas II), 350-538°C (*vacuum gas oil*), serta > 538°C (residu) (Kunwar *et al.*, 2016). Hal ini menandakan bahwa untuk menghasilkan biodiesel dari bahan plastik melalui proses pirolisis maksimal suhu yang diperlukan berkisar di 500°C.

Salah satu metode pirolisis adalah dengan menggunakan *microwave* pirolisis. Metode jenis tersebut untuk melakukan kajian biodiesel dari bahan plastik melalui proses pirolisis yang biasa digunakan dalam skala laboratorium. *Microwave* pirolisis merupakan suatu *treatment* untuk mengolah sampah plastik dengan suhu tinggi yang akan menghasilkan zat berupa gas, cair, dan padat menggunakan *microwave*, metode ini dikembangkan pertama kali oleh Tech-En Ltd di Hainault, Inggris dengan kelebihanya yaitu mampu menghasilkan bahan beracun di dalam minyak hasil pirolisis rendah dan mampu memisahkan material lain dari bahan polimer seperti lapisan aluminium yang terdapat pada bungkus makanan atau pasta gigi, namun untuk skala industri masih belum ekonomis (Hartman, 2014). Dalam skala uji laboratorium, pengolahan sampah plastik menjadi minyak dengan menggunakan *microwave* pirolisis ini mampu menghasilkan efisiensi yang tinggi mencapai 85%, kualitas minyak yang lebih baik, dan distribusi panas terhadap bahan polimer yang lebih merata dan mudah dikontrol (Mokhtar *et al.*, 2012; Ludlow-Palafox and Chase; dan Fernandez *et al.* dalam Hartman, 2014).

Dalam skala besar, jenis pirolisis yang digunakan untuk memproduksi biofuel (biodiesel dan methanol) untuk mengolah sampah yang ada di TPA adalah *fast pyrolysis* dan *plasma pyrolysis*. Menurut Shamfe *et al.* (2014) *Fast pyrolysis* termasuk ke dalam termokimia anaerob untuk mendekomposisi biomassa yang mengandung

lignosellulosa seperti kayu dengan suhu 450°-650°C, *fast pyrolysis* tersebut mampu menghasilkan 64% minyak, 22% gas non-kondensasi, dan 14% residu. Dalam penelitian tersebut juga disebutkan bahwa 1 Kg kayu pinus menghasilkan 96 W listrik dan membutuhkan investasi sebesar £ 16,6 juta dan harga jual minyak sebesar £ 6,25/GGE (Gasoline Gallon Equivalent). *Plasma pyrolysis* merupakan teknologi terbaru dalam proses pirolisis menggunakan plasma, pemanasan mencapai 5000°C dalam milidetik dengan hasil residu sangat minimal dan diklaim tidak menimbulkan polusi lingkungan sehingga sangat cocok untuk pengolahan sampah plastik, sampah medis, dan limbah industri berbahaya (Smriti *et al.*, 2016). Penelitian yang dilakukan tersebut mengungkapkan untuk mengolah 1 Kg plastik membutuhkan 1 kW listrik. Maka salah satu kelemahan dari teknologi tersebut adalah membutuhkan energi yang cukup besar dan tentunya modal investasi yang besar pula.

Berdasarkan kajian tersebut, maka untuk penerapan skala industri sangat dipengaruhi oleh teknologi alat pirolisis atau perengkahan sampah plastik guna menghasilkan efisiensi yang tinggi dan menyesuaikan kapasitas kebutuhan suplai sampah plastik setiap tahunnya.

D. Biaya Proses Produksi atau Biaya Produksi

Indonesia merupakan salah satu negara kepulauan terbesar di dunia. Permasalahan di dalam negara kepulauan tersebut adalah tata niaga dalam proses produksi hingga distribusi dari barang maupun jasa. Dalam konteks produksi barang tertentu yang sangat dibutuhkan oleh hajat hidup orang banyak maka perlu penguasaan oleh negara. Hal ini tertuang di dalam UUD 1945 pasal 33 ayat 2 menyebutkan bahwa Cabang-cabang produksi yang penting bagi Negara dan yang menguasai hajat hidup orang banyak dikuasai oleh Negara, dan pada ayat 3 menyebutkan Bumi, air dan kekayaan alam yang terkandung didalamnya dikuasai oleh Negara dan dipergunakan untuk sebesar-

besarnya kemakmuran rakyat serta pada ayat 4 menyebutkan bahwa Perekonomian nasional diselenggarakan berdasarkan atas demokrasi ekonomi dengan prinsip kebersamaan, efisiensi berkeadilan, berkelanjutan, berwawasan lingkungan, kemandirian, serta dengan menjaga keseimbangan kemajuan dan kesatuan ekonomi nasional.

Berdasarkan ketiga pernyataan tentang perekonomian Indonesia menurut UUD 1945 Pasal 33 ayat 2, 3, dan 4 maka produksi bahan bakar yang merupakan sebagai salah satu kebutuhan hajat hidup orang banyak maka negara melalui BUMN (Badan Usaha Milik Negara) harus menghitung berapa harga keekonomian produk bahan bakar yang diproduksi. Hal ini supaya seluruh rakyat Indonesia dapat menikmati harga bahan bakar yang sama namun BUMN selaku pelaksana masih mampu memperoleh keuntungan yang selanjutnya dari keuntungan tersebut digunakan untuk melakukan berbagai inovasi dan pengembangan.

Chauhan *et al.* (2014) dalam investasi pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dalam skala besar perlu memerhatikan berbagai biaya berikut biaya investasi meliputi biaya atas lahan, infrastruktur, pengadaan mesin, dan biaya birokrasi (validasi dan dokumentasi), sedangkan untuk biaya berjalan meliputi biaya material kasar, material pendukung, energi, air, upah pekerja dan gaji karyawan, serta pengeluaran kantor. Apabila ke semua biaya tersebut telah dihitung maka akan dapat ditentukan biaya keekonomian biofuel dari plastik yang dihasilkan setiap liter nya. Namun dalam kajian ini hanya dibatasi hingga mendapatkan biaya proses produksi. Selain menghitung berbagai biaya proses produksi tersebut, keberhasilan dalam melakukan efisiensi produksi dapat diacu melalui nilai "*Benchmark*".

Penelitian dari Cold Climate Innovation tahun 2014 menyebutkan untuk memproduksi plastik menjadi bahan bakar minyak atau biofuel membutuhkan energi sebesar **3.412 Btu/Kg** dan total emisi CO₂ yang dihasilkan sebesar 0,186 Kg/Kg plastik. Angka tersebut belum menyebutkan untuk jenis plastik tertentu saja. Artinya angka

tersebut merupakan hasil rata-rata dari pengolahan berbagai jenis plastik. Haig *et al.* (2015) pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak di Skotlandia dengan menggunakan metode pirolisis mampu menghasilkan minyak sebesar 67-80% dengan kapasitas pengolahan per tahun mencapai 7.500-10.000 ton. Kajian dari Haig tersebut menandakan bahwa pengolahan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak dapat dikatakan cukup menguntungkan.

Menurut kajian ekonomi dari American Chemistry Council bulan Oktober 2014 menyebutkan efek ekonomi dari pengolahan plastik menjadi bahan bakar minyak mencapai 8,9 miliar dollar AS dengan rincian 3,7 miliar dollar terkait untuk peningkatan produksi minyak dan 5,2 miliar dollar terkait penyuplaian bahan baku, distribusi, dan pembayaran kompensasi seperti dampak lingkungan. Dalam kajian tersebut juga menyebutkan dibutuhkan investasi mencapai 6,6 miliar dollar AS untuk membangun pabrik baru pengolahan plastik menjadi bahan bakar minyak dan setiap pengoperasian pabrik baru akan menciptakan 38.900 lapangan kerja.

Wilkinson (2012) melakukan kajian peluang konversi sampah plastik menjadi energi di Selandia Baru mengemukakan setiap tahunnya Selandia Baru menghasilkan sampah plastik sebesar 200.000 ton, untuk mengolahnya menjadi bahan bakar minyak menggunakan metode pirolisis merupakan pilihan yang tepat karena setiap 1 ton plastik mampu menghasilkan 1.000 liter solar. Solar tersebut merupakan solar siap pakai dengan kandungan nilai kalornya mencapai 40 MJ/Kg lebih tinggi dari batubara yang hanya 25-33 MJ/Kg, pengolahan melalui pirolisis juga dinilai ekonomis karena dengan kapasitas pengolahan mencapai 10.000 ton/tahun membutuhkan investasi sebesar 4-5 juta dollar AS dengan nilai ROI (*Return on Investment*) 2-5 tahun, dan secara lingkungan penggunaan sampah plastik menjadi bahan bakar minyak mampu mereduksi emisi CO₂ sebanyak 30% jika dibandingkan dengan menggunakan batubara. Hal ini menunjukkan dalam kajian

Wilkinson tersebut bahwa **1 Kg plastik mampu menghasilkan 1 Liter bahan bakar solar.**

Berdasarkan kedua kajian tersebut maka peluang pengembangan plastik diolah menjadi bahan bakar minyak terutama solar menggunakan metode pirolisis sangat tinggi. Namun dari kedua kajian tersebut belum dapat menghitung harga keekonomian biodiesel dari plastik yang dihasilkan per liternya melalui proses pirolisis. Kajian dari Research Triangle Park International tahun 2012 menyebutkan untuk mengolah sampah plastik menjadi bahan bakar minyak maupun menjadi listrik menggunakan teknologi pirolisis dan gasifikasi memerlukan biaya sebesar US 50 dollar per ton dan pengolahan menggunakan metode pirolisis mampu menghemat energi sebesar 1,8-3,6 MMBtu per ton jika dibandingkan dengan pengolahan secara *Landfill Disposal* (penimbunan sampah).

Salah satu langkah sebelum menentukan harga jual produksi sebuah produk, diperlukan perhitungan biaya proses produksi atau *Cost of production process* atau di dalam ilmu akuntansi lebih familiar dengan biaya produksi (*Production Cost*). Biaya produksi merupakan biaya yang digunakan untuk menghasilkan produk dalam suatu perusahaan yang dapat ditentukan secara kuantitatif (Ardianti, 2015). Riadi (2012) menyebutkan bahwa biaya produksi adalah biaya-biaya yang digunakan dalam proses produksi meliputi biaya bahan baku, biaya tenaga kerja langsung dan biaya overhead pabrik yang jumlahnya lebih besar dibandingkan dengan jenis biaya lain. Berdasarkan kedua pengertian tersebut maka dalam kajian ini sangat tepat untuk dilakukan analisis biaya produksi sebelum menentukan harga jual produk.

Menurut data Kementerian Energi dan Sumber Daya Mineral pada bulan Juli 2017 menyebutkan Harga Indeks Pasar Bahan Bakar Nabati (HIP BBN) sebesar Rp 8.131 per liter (belum termasuk ongkos angkut). Menurut Keputusan Menteri ESDM No. 6034K/12/MEM/2016 tentang Harga Indeks Pasar Bahan Bakar Nabati (Biofuel) Yang Dicampurkan Ke Dalam Bahan Bakar Minyak menyebutkan bahawa

ongkos angkut dihitung dari titik suplai terdekat. Untuk wilayah Semarang maka titik suplainya dari Gresik dengan jumlah ongkos angkut Rp 268,00 per liter. Maka harga BBN untuk wilayah Semarang dan sekitarnya sekitar Rp 8.399 per liter. Harga BBM jenis solar bersubsidi (bio solar) per 3 Juni 2019 sebesar Rp 9.800 per liter, solar non subsidi (Pertamina DEX) sebesar Rp 11.700 per liter, dan premium sebesar Rp 7.000 per liter (Pertamina, 2019). Data tersebut merupakan data harga bahan bakar nabati yang bersumber dari minyak sawit dan solar yang dicampur dengan bahan bakar nabati.

Data harga tersebut dapat dijadikan acuan dalam penelitian ini yaitu dengan mencari harga pokok produksi setiap liter dari biodiesel dari bahan plastik. Target yang realistis adalah harga yang dapat diperoleh untuk setiap liternya diantara Rp 7.000 – Rp 11.700 per liter, tetapi jika dimungkinkan dapat memperoleh hasil di bawah Rp 7.000 per liter.

2.2. Hipotesis

Bertitik tolak dari tinjauan pustaka di atas dan dihubungkan dengan permasalahan yang timbul, dapat disusun hipotesis sebagai berikut:

1. Besarnya energi yang dibutuhkan untuk memproduksi bahan bakar dari bahan limbah plastik *polyethylene* setiap liternya akan ditemukan
2. Biaya proses produksi (*cost of production process*) setiap liternya dari bahan bakar dari bahan limbah plastik *polyethylene* akan ditemukan
3. Besarnya volume, komposisi dan jumlah gas, serta sisa padatan yang dihasilkan dari produksi bahan bakar dari bahan plastik *polyethylene* setiap liternya akan ditemukan.